



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za hidrotehniku
Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Operativni model upravljanja dravskim hidroelektranama za vrijeme velikih voda



Zagreb, kolovoz 2018.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za hidrotehniku
Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Naručitelj: **HRVATSKE VODE**
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Projekt: **OPERATIVNI MODEL UPRAVLJANJA DRAVSKIM**
HIDROELEKTRANAMA ZA VRIJEME VELIKIH VODA

Izradio: **SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Vrsta dokumentacije: **STUDIJA**

Klasifikacijska oznaka: **325-01/17-01/0000101**

Uredžbeni broj: **374-26-1-17-8**

Oznaka projekta: **S-400/12**

Voditelj studije: Doc.dr.sc. Damir Bekić, dipl.ing.građ.

Suradnici: Klaudija Bašić, mag.ing.aedif.
Tin Kulić, mag.ing.aedif.

Datum: kolovoz 2018.

Građevinski fakultet:

Prof.dr.sc. Neven Kuspilić (dekan)

SADRŽAJ

0	PROJEKTNI ZADATAK	1
1	UVOD	4
2	ANALIZA PODLOGA	7
	2.1 Hidrološke podloge	9
	2.1.1 Hidrološke postaje i dostupni satni podaci.....	9
	2.1.2 Mjerodavni vodostaji i protoci za primjenu mjera obrane od poplava	11
	2.1.3 Vodomjerenja DHMZ-a na Muri.....	11
	2.2 Odabrani velikovodni događaji.....	15
3	ANALIZA HIDROGRAMA VELIKIH VODA	19
	3.1 Analiza početka velikih voda.....	19
	3.1.1 Zabilježeni vodostaji i vremena početka hidrograma	19
	3.1.2 Kriteriji početka vodnog vala po postajama	22
	3.2 Analiza vršnih protoka velikih voda.....	23
	3.3 Analiza volumena velikih voda.....	26
	3.4 Analiza trajanja velikih voda.....	32
	3.5 Analiza velikovodnih događaja na hidrološkoj postaji Goričan	38
	3.6 Analiza vremena propagacije vodnog vala na Muri	44
	3.7 Analiza koincidencije vodnih valova na ušću rijeke mure u dravu.....	45
4	HIDROLOŠKI MODEL	47
	4.1 Općenito o HEC-HMS hidrološkom modelu	47
	4.2 Opis hidrološkog modela	48
	4.3 Kalibracija hidrološkog modela	51
5	POTENCIJALNI NOVI REŽIM RADA HIDROELEKTRANA	59
	5.1 Program analize novog režima	59
	5.2 Odabrani hidrološki događaji za analizu	59
	5.3 ResSim model dravskih hidroelektrana	62
	5.4 Rezultati potencijalno novog režima rada	64
6	OPERATIVNI PROGNOŠTIČKI MODEL MURADRAVA-FFS	66
	6.1 Općenito o Delft-FEWS platformi.....	66
	6.2 Operativni model MuraDrava-FFS	67
	6.3 Automatski unos podataka.....	76
	6.4 Integracija hidrološkog modela	79
	6.5 Izrada izvještaja i diseminacija.....	84
	6.6 Sigurnosna kopija prikupljenih podataka	90
7	ZAKLJUČCI I PREPORUKE	91
	7.1 Zaključno o analizi velikovodnih događaja.....	91
	7.2 Zaključno o operativnom modelu „MuraDrava-FFS“	92
	7.3 Preporuke.....	93
8	LITERATURA	94
9	PRILOZI	95
	9.1 Nivogrami i hidrogrami odabranih velikovodnih događaja	95
	9.1.1 Nivogrami odabranih velikovodnih događaja	95
	9.1.2 Hidrogrami odabranih velikovodnih događaja.....	99
	9.2 Rezultati kalibracije i verifikacije hidrološkog modela	103
	9.3 Rezultati novog režima na HEČ i HED	130
	9.4 Rezultati novog režima na h.p. Örtilos i h.p. Botovo.....	178
	9.5 Povijesni hidrološki podaci.....	202
	9.5.1 Satni vodostaji i protoci na Muri i pritokama	202
	9.5.2 Satni vodostaji i protoci na Dravi i pritokama	208

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Hidroelektrane na Dravi i Muri u Sloveniji.....	4
Slika 1.2 Situacija predmetnog područja.....	5
Slika 1.3 Konsumpcijska krivulja za h.p. Botovo za 2014. godinu.....	5
Slika 1.4 Primjer određivanja maksimalnih protoka Drave nizvodno od HE Dubrava	6
Slika 2.1. Prikaz vodomjerenja i vodomjernog profila na h.p. Mursko Središće	12
Slika 2.2. Prikaz vodomjerenja i vodomjernog profila na h.p. Goričan	13
Slika 2.3. Q-H krivulja iz 2005. godine s vodomjerenjima	14
Slika 2.4. Kronološki prikaz odabranih velikovodnih događaja s protocima Q_{max} na h.p. Botovo	16
Slika 2.5. Učestalost odabranih velikovodnih događaja na h.p. Botovo po godinama.....	18
Slika 2.6. Učestalost odabranih velikovodnih događaja na h.p. Botovo po mjesecima	18
Slika 3.1. Vršni protoci na postajama - kronološki.....	24
Slika 3.2. Vršni protoci na hidrološkim postajama na Muri po događajima	25
Slika 3.3. Q 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 i 2 za velike vode na hidrološkim postajama na Muri [6]	25
Slika 3.4. Ukupan volumen vodnih valova na postajama - kronološki.....	27
Slika 3.5. Volumen vodnih valova po razredima	31
Slika 3.6. Ukupno trajanje vodnih valova na postajama - kronološki.....	33
Slika 3.7. Trajanje vodnih valova po razredima	37
Slika 3.8. Zabilježeni hidrogrami na h.p. Goričan po događajima s izračunatim volumenima po razredima te pripadajućim vodostajima.....	41
Slika 3.9. Prosječno vrijeme propagacije vodnog vala [h] između hidroloških postajama na Muri	44
Slika 4.1. Sučelje programa HEC-HMS s modelom sustava.....	48
Slika 4.2. Prikaz parametara Muskingum metode za dionicu od ušća Trnave u Muri do postaje Őrtilos (HEC-HMS)	49
Slika 4.3. Prikaz parametara metode kinematskog vala za rijeku (HEC-HMS)	49
Slika 4.4. Shema dionice od ušća Ledave u Muri do h.p. Goričan (HEC-HMS).....	50
Slika 4.5. Shema ušća Mure u Dravu na lokaciji h.p. Őrtilos (HEC-HMS).....	50
Slika 5.1. Postojeći režim rada na dravskim hidroelektranama	61
Slika 5.2 Situacija HEČ i HED unutar ResSim modela	63
Slika 5.3 Krivulja volumena za Varaždinsko jezero i jezero Dubrava (HEC ResSim)	63
Slika 6.1. Prikaz sučelja Delft-FWES platforme	66
Slika 6.2. Prikaz lokacija hidroloških postaja i lokacija hidroelektrana unutar Delft-FEWS	67
Slika 6.3. .xml datoteka ImportHrvatskeVode	71
Slika 6.4. Prikaz vodotoka, vodnih tijela, derivacijskih kanala te podslivova na predmetnoj dionici	72
Slika 6.5 Prikaz predmetnog područja na teritoriju Republike Hrvatske unutar Delft-FEWS platforme	72
Slika 6.6 Hijerarhijski prikaz .xml datoteka potrebnih za definiranje mjera obrane od poplava	73
Slika 6.7 Zabilježeni satni vodostaji u 2014. godini na hidrološkoj postaji Gorican s prikazanim mjerama obrane od poplava.....	74
Slika 6.8 Prikaz filtera odabirom kartice <i>Data Viewer</i>	75
Slika 6.9 Prikaz filtera odabirom kartice <i>Navigation Panel</i>	75
Slika 6.10. Prikaz različitih modula unutar <i>ImportGaugeData</i> workflow-a	76
Slika 6.11. Prikaz različitih modula unutar <i>ImportExternalForecasts</i> workflow-a.....	76
Slika 6.12. Hidrološke prognoze na hidrološkoj postaji Čentiba iz DHI prognostičkog modela Mure	77
Slika 6.13. Prognoza protoka na hidrološkoj postaji Čentiba nakon primjene Q-H krivulje	77
Slika 6.14. Q-H krivulja na lokaciji hidrološke postaje Čentiba za 2018. godinu	78
Slika 6.15. Q-H krivulja na lokaciji hidrološke postaje Pristava za 2018. godinu.....	78
Slika 6.16. Sadržaj .zip mape HEC-HMS prognostičkog modela.....	79
Slika 6.17. HEC-HMS model – hidrološke simulacije i hidrološke prognoze	80
Slika 6.18. Moduli unutar workflow-a <i>HEC-HMS simulation</i>	80
Slika 6.19. Moduli unutar workflow-a <i>HEC-HMS forecast</i>	81
Slika 6.20. Ulazni podaci u prognostički model na lokaciji h.p. Gornja Radgona	82
Slika 6.21. Moduli unutar workflow-a <i>CreateReport</i>	85
Slika 6.22. Prikaz sadržaja .pdf datoteke kreirane pokretanjem <i>CreateDailyForecastReport</i> modula.....	86
Slika 6.23. Prikaz izvještaja kreiranih pokretanjem <i>CreateAlertForecastReport</i> modula.....	86
Slika 6.24. Modul unutar workflow-a <i>Email graphs and tables (daily report)</i>	87
Slika 6.25. Modul unutar workflow-a <i>Email graphs and tables (alert report)</i>	88
Slika 6.26. Moduli unutar workflow-a <i>telegramAlert</i> i <i>telegramDaily</i>	88
Slika 6.27. Pregled dobivenih grafova putem „Telegram“ aplikacije.....	89
Slika 6.28. Sigurnosna kopija i ponovni uvoz prikupljenih podataka	90

Slika 6.29. Modul unutar workflow-a <i>ExportHistoricData_PI</i>	90
Slika 6.30. Modul unutar workflow-a <i>ImportHistoricData_PI</i>	90
Slika 9.1. Računski protoci za događaj 2018_05	104
Slika 9.2. Računski protoci za događaj 2017_09	105
Slika 9.3. Računski protoci za događaj 2015_10	107
Slika 9.4. Računski protoci za događaj 2015_05	109
Slika 9.5. Računski protoci za događaj 2014_11	111
Slika 9.6. Računski protoci za događaj 2014_09	113
Slika 9.7. Računski protoci za događaj 2014_08	115
Slika 9.8. Računski protoci za događaj 2013_11	117
Slika 9.9. Računski protoci za događaj 2012_11	119
Slika 9.10. Računski protoci za događaj 2010_09	121
Slika 9.11. Računski protoci za događaj 2005_10	123
Slika 9.12. Računski protoci za događaj 2005_08	125
Slika 9.13. Računski protoci za događaj 2002_12	127
Slika 9.14. Računski protoci za događaj 2000_11	129
Slika 9.15. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05	130
Slika 9.16. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05	131
Slika 9.17. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09	132
Slika 9.18. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09	133
Slika 9.19. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08	134
Slika 9.20. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08	135
Slika 9.21. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09	136
Slika 9.22. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09	137
Slika 9.23. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10	138
Slika 9.24. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10	139
Slika 9.25. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08	140
Slika 9.26. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08	141
Slika 9.27. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05	142
Slika 9.28. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05	143
Slika 9.29. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09	144
Slika 9.30. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09	145
Slika 9.31. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08	146
Slika 9.32. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08	147
Slika 9.33. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09	148
Slika 9.34. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09	149
Slika 9.35. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10	150
Slika 9.36. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10	151
Slika 9.37. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08	152
Slika 9.38. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08	153
Slika 9.39. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05	154
Slika 9.40. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05	155
Slika 9.41. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09	156
Slika 9.42. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09	157
Slika 9.43. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08	158
Slika 9.44. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08	159
Slika 9.45. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09	160
Slika 9.46. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09	161
Slika 9.47. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10	162
Slika 9.48. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10	163
Slika 9.49. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08	164
Slika 9.50. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08	165
Slika 9.51. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05	166
Slika 9.52. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05	167
Slika 9.53. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09	168
Slika 9.54. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09	169
Slika 9.55. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08	170
Slika 9.56. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08	171
Slika 9.57. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09	172
Slika 9.58. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09	173
Slika 9.59. Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10	174

Slika 9.60 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10	175
Slika 9.61 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08	176
Slika 9.62 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08	177
Slika 9.63 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05	178
Slika 9.64 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09	179
Slika 9.65 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08	180
Slika 9.66 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09	181
Slika 9.67 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10	182
Slika 9.68 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08	183
Slika 9.69 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05	184
Slika 9.70 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09	185
Slika 9.71 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08	186
Slika 9.72 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09	187
Slika 9.73 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10	188
Slika 9.74 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08	189
Slika 9.75 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05	190
Slika 9.76 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09	191
Slika 9.77 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08	192
Slika 9.78 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09	193
Slika 9.79 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10	194
Slika 9.80 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08	195
Slika 9.81 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05	196
Slika 9.82 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09	197
Slika 9.83 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08	198
Slika 9.84 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09	199
Slika 9.85 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10	200
Slika 9.86 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08	201

POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Pregled dostupnih satnih vodostaja i protoka po postajama	9
Tablica 2-2. Koordinate hidroloških postaja	10
Tablica 2-3. Slivne površine po hidrološkim postajama	10
Tablica 2-4. Mjerodavni vodostaji i protoci za primjenu mjera obrane od poplava na hidrološkim postajama u Hrvatskoj	11
Tablica 2-5. Popis odabranih velikovodnih događaja	16
Tablica 2-6. Odabrani događaji sortirani prema vršnom vodostaju na h.p. Botovo	17
Tablica 3-1. Vodostaji početka velikovodnog događaja po postajama	19
Tablica 3-2. Vremena početka velikovodnog događaja po postajama	20
Tablica 3-3. Definirana stanja za <i>pripremno stanje</i> na h.p. Botovo	22
Tablica 3-4. Vršni protok po događajima	23
Tablica 3-5. Ukupan volumen vodnih valova po događajima	26
Tablica 3-6. Ukupno trajanje vodnog vala po događajima	32
Tablica 3-7. Trajanje vodnog vala po razredima za svaki događaj	42
Tablica 3-8. Trenutak pojave vršnog protoka	46
Tablica 3-9. Trajanje vodnih valova u vršnom dijelu hidrograma	46
Tablica 3-10. Razlika izmjerenih i teoretskih sumarnih vršnih protoka na h.p. Őrtilos	46
Tablica 4-1. Komponente HMS modela sliva [7]	47
Tablica 4-2. Popis velikovodnih događaja za kalibraciju i verifikaciju hidrološkog modela	51
Tablica 4-3. Analiza pogreške u vršnim protocima	52
Tablica 4-4. Parametri Muskingum metode po dionicama modela	57
Tablica 4-5. Parametri metode kinematskog vala za pritoke Mure	58
Tablica 5-1. Varijante potencijalno novog režima rada HEČ i HED	59
Tablica 5-2. Popis velikovodnih događaja za testiranje novog režima	60
Tablica 5-3. Maksimalni i minimalni protoci za HEČ i HED	62
Tablica 5-4. Zbirni rezultati modela za postojeći i novi režim rada hidroelektrana na h.p. Botovo	65
Tablica 6-1. Parametri definirani unutar Delft-FEWS-a	70
Tablica 6-2. Unos podataka u Delft-FEWS	70
Tablica 6-3. Izvori za prikupljanje podataka u Delft-FEWS	71
Tablica 6-4. Opis shapefile datoteka koje se nalaze unutar Delft-FEWS platforme	73
Tablica 6-5. Legenda za prikaz mjera obrane od poplava i definiranih graničnih stanja unutar Delft-FEWS platforme	74
Tablica 6-6. Opis datoteka u .zip mapi prognostičkog modela	79
Tablica 9-1. Legenda za prikaz rezultata izmjerenih i računskih protoka	103

0 Projektni zadatak

PRILOG 2 – PROJEKTNI ZADATAK

Operativni model optimalnog rada dravskih hidroelektrana za vrijeme velikih voda

OPĆI PODACI

Naručitelj:	Hrvatske vode
Pozicija Plana upravljanja vodama u 2017.g.	A.04.04.01.8.
Naziv projekta	Operativni model optimalnog rada dravskih hidroelektrana za vrijeme velikih voda
Lokacija	Rijeke Drava, Mura, Plitvica i Bednja
Očekivani rok izrade	10 mjeseci
Broj primjeraka projekata	3 (tri) s priloženim medijem koji treba sadržavati kompletan projekt i crteže u digitalnom formatu

OPIS PODRUČJA:

Predmetno područje je rijeka Drava od slovenske granice (rkm 322+800) do Botova (rkm 226+900), te rijeka Mura od ušća u Dravu do Goričana (rkm 35+600), rijeke Bednja i Plitvica.

Na rijeci Dravi nizvodno od slovenske granice pa do Donje Dubrave izgrađene su 3 hidroelektrane (HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava) i njihove akumulacije koje osim proizvodnje električne energije mogu značajno utjecati na prihvat i smanjenje vodnog vala. Na rijeci Muri nema izgrađenih hidrocentrala pa se ne može utjecati na smanjenje vodnog vala. Rijeka Drava ukupne je slivne površine 42238 km², a njena duljina u Hrvatskoj je 328 km. Rijeka Mura ukupne je slivne površine 14240 km², a njena duljina u Hrvatskoj je 79 km.

Značajniji pritoci Drave su Plitvica i Bednja koji se ulijevaju uzvodno od Donje Dubrave.

Od hidroloških podataka u Sloveniji raspoloživi su podaci za Dravu s hidrološke postaje Borl te hidroelektrane Formin. U Hrvatskoj od hidroloških stanica raspoloživi su podaci za vodostaj i protok Drave u Donjoj Dubravi i Botovu, vodostaj i protok Mure u Goričanu te vodostaj i protok Bednje u Ludbregu. Za kalibraciju modela raspoloživi su i podaci sa stanice Őrtilos (mađarska stanica na ušću Mure u Dravu).

OPIS PROJEKTA:

Prema protokolu o međusobnoj komunikaciji između Hrvatskih voda i HEP PROIZVODNJE d.o.o., PP HE SJEVER VARAŽDIN dogovorena je zajednička suradnja kod pojave velikih voda Drave i Mure s ciljem pravovremene prilagodbe rada HE i smanjenja ukupnog protoka na HE Dubrava. Time se značajno smanjuje mogućnost koincidencije vodnih valova Drave i Mure i opasnost od poplava nizvodno od ušća Mure.

Sve tri dravske hidroelektrane u RH su derivacijske s umjetnim jezerima za potpuno dnevno i djelomično tjedno izravnjanje, a njihovim radom se upravlja daljinski iz jednog središta u Varaždinu. Zajedničkim radom se optimizira korištenje voda za povećanje proizvodnje električne energije i za sigurno provođenje velikih vodnih valova kroz sustav hidroelektrana. Upravljanje hidroelektrana za vrijeme velikih voda je primarno pod utjecajem uzvodnog područja odnosno dotoka Drave iz Austrije i Slovenije.

Recentni velikovodni događaji i poplave na dionicama Drave nizvodno od ušća Mure iz 2014. godine ukazali su na činjenicu da postoji potencijal i potreba za drugačije upravljanje dravskim hidroelektranama a kojim bi se smanjile poplave na nizvodnim dionicama. Za takvo poboljšano upravljanje elektranama potrebno je uključiti i protoke na glavnim dravskim pritokama – Muri, Plitvici i Bednji.

Hrvatske vode su u proteklih nekoliko godina naručile i raspolažu matematičkim modelima tečenja u starim koritima rijeke Drave uz HE Formin, HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubravu, te modelima rijeke Bednje i Plitvice. Navedeni modeli će se koristiti u izradi operativnog modela za upravljanje Dravskim hidroelektranama za vrijeme velikih voda.

CILJ PROJEKTA:

Projektom je potrebno izraditi operativni model optimalnog rada dravskih hidroelektrana za vrijeme velikih voda. Operativnim modelom je potrebno izraditi kratkoročnu optimizaciju protoka nizvodno od HE Dubrava za vrijeme velikih voda tako da kod istovremene pojave vodnog vala na Dravi i Muri ne dođe do njihovog preklapanja. Optimalni rad dravskih hidroelektrana će se definirati kao preporučeni maksimalni protoci Drave nizvodno od HE Dubrava. Preporučeni maksimalni protoci nizvodno od HE Dubrava definirat će se temeljem hidroloških prognoza protoka Mure, Plitvice i Bednje, uz uvažavanje dotoka Drave iz Slovenije, a na način da vodostaji na stanici Botovo budu manji od 500 cm.

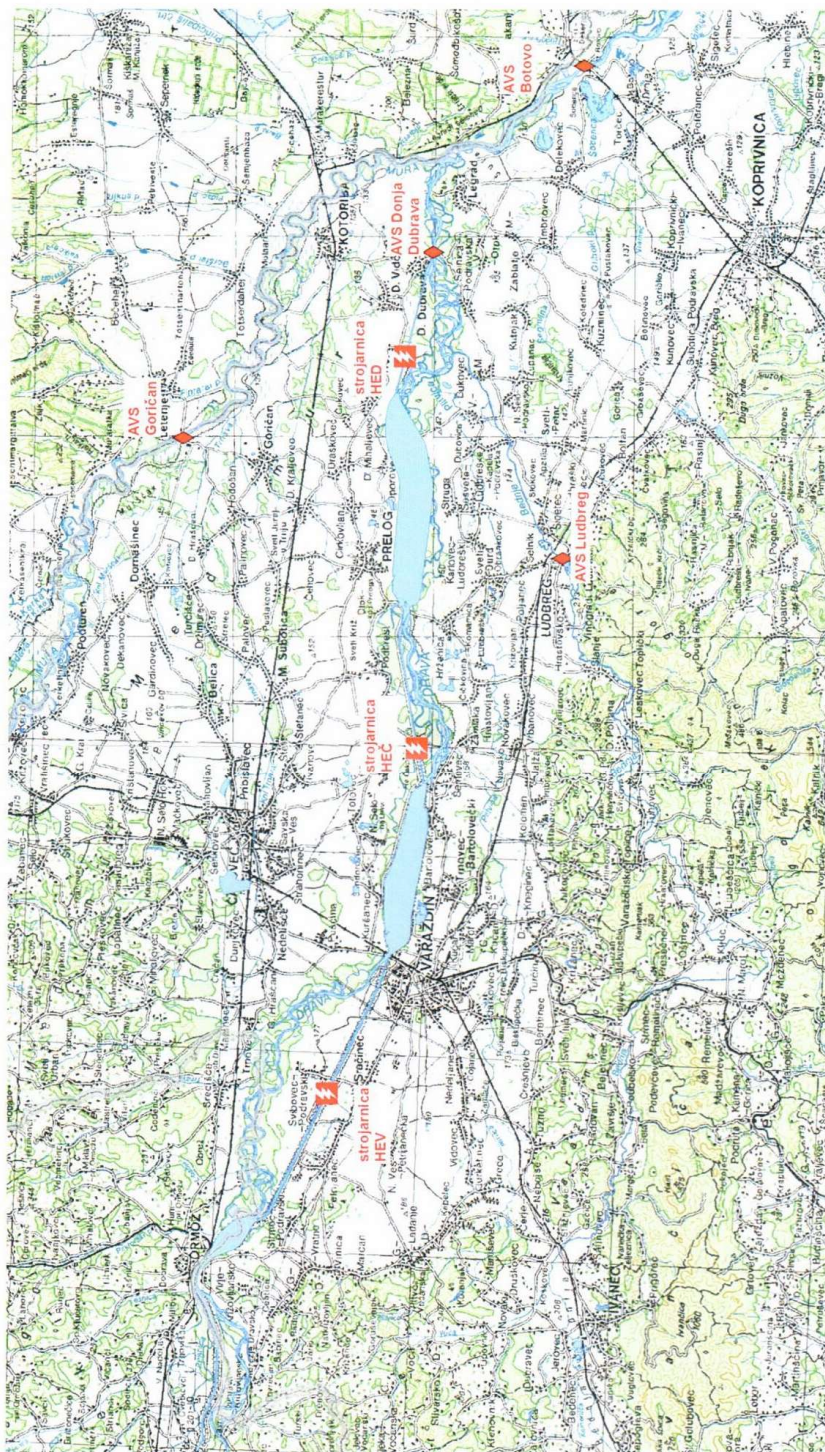
Za preporučene maksimalne protoke Drave nizvodno od HE Dubrava izradit će se kratkoročne hidrološke prognoze protoka Mure, Plitvice i Bednje. Hidrološke prognoze će se temeljiti na korelacijama vodostaja i protoka odnosno oborina i protoka, u ovisnosti koje prognoze se pokažu pouzdanije. Hidrološke prognoze Mure, Plitvice i Bednje potrebno je kalibrirati za nekoliko velikovodnih događaja.

Temeljem navedenog potrebno je:

- Izraditi analizu velikovodnih događaja na Dravi, Muri, Plitvici i Bednju po vodostajima, protocima i volumenima vode.
- Izraditi kratkoročni hidrološki prognostički model protoka Mure, Plitvice i Bednje.
- Definirati prognostičke preporučene maksimalne protoke Drave nizvodno od HE Dubrava.
- Instalirati operacionalni model na desktop računalo u Hrvatskim vodama i Hrvatskoj elektroprivredi.
- Izvršiti obuku djelatnika Hrvatskih voda i Hrvatske elektroprivrede za rad na modelu.

Raspoložive podloge:

- matematički modeli tečenja kroz stara korita Drave uz HE Formin, HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava; matematički modeli tečenja za rijeke Bednju i Plitvicu
- geodetski snimci
- podaci o vodostajima i protocima sa hidroloških stanica i brana hidrocentrala



1 Uvod

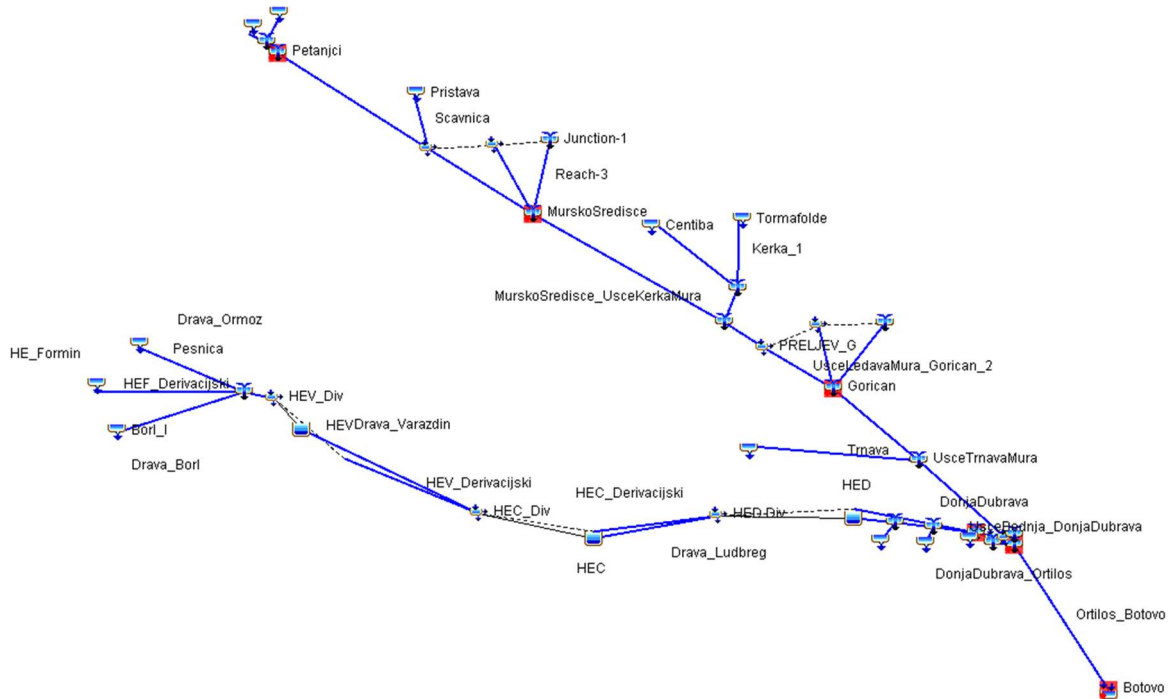
Unutar ovog projektnog zadatka izrađen je operativni model za pomoć pri upravljanju dravskim hidroelektrana za vrijeme velikih voda. Operativnim modelom prikupljaju se zabilježeni i prognostički protoci Mure i pritoka te se izrađuje 1-dnevna prognoza za Muru i 2-dnevna prognoza za Dravu te kratkoročna optimalizacija protoka Drave kao preporučeni granični hidrogram Drave nizvodno od HE Dubrava. Preporučeni granični hidrogram Drave nizvodno od HE Dubrava definira se temeljem hidrološke prognoze Mure na ušću na način da vodostaji na hidrološkoj postaji Botovo ne premaše vrijednost od $H_{Botovo}=500$ [cm], odnosno da se na h.p. Botovo ne zabilježe izvanredne mjere obrane od poplava.

Predmetno područje obuhvaća rijeku Dravu od hidrološke postaje Borl u Sloveniji do hidrološke postaje Botovo te rijeke Mure od hidrološke postaje Gornja Radgona (SLO) do ušća Mure u Dravu. Na rijeci Dravi u Sloveniji postoji niz izgrađenih hidroelektrana (Slika 1.1). Nizvodno od slovenske granice izgrađene su tri hidroelektrane: HE Varaždin (HEV), HE Čakovec (HEČ) i HE Dubrava (HED) s pripadajućim akumulacijama koje mogu utjecati na prihvat i smanjenje vodnog vala. S obzirom na da rijeci Muri u Sloveniji i u Hrvatskoj ne postoje izgrađene hidroelektrane (osim male HE Ceršak u Sloveniji), ne može se utjecati na smanjenje vodnog vala na Muri.



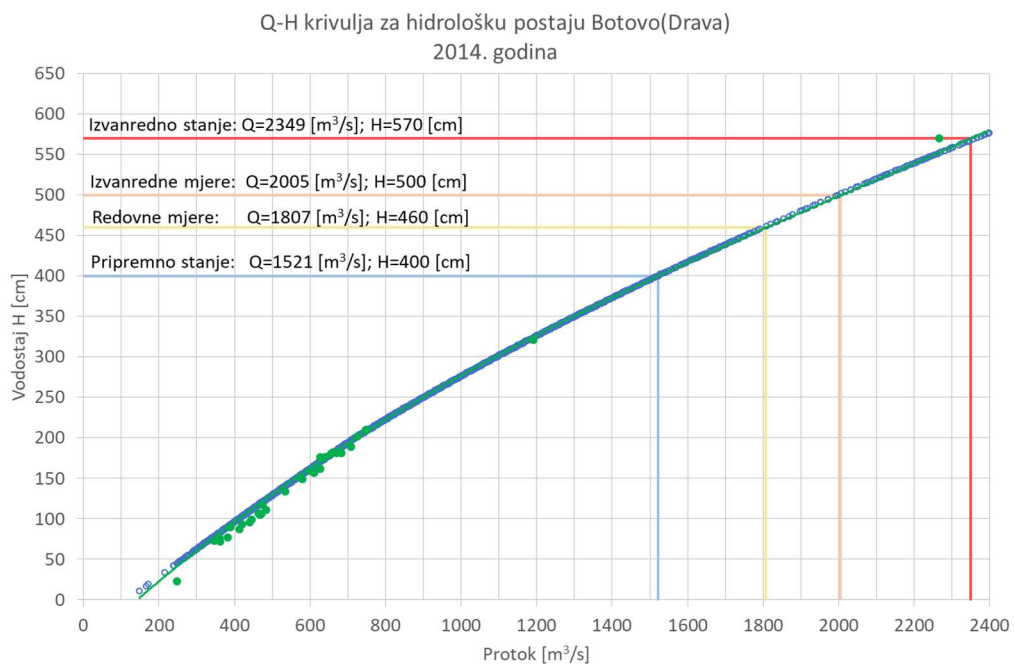
Slika 1.1 Hidroelektrane na Dravi i Muri u Sloveniji

U nastavku je shematski prikaz situacije glavnih tokova rijeke Drave i Mure sa pritocima (Slika 1.2). Značajniji pritoci rijeke Drave su Plitvica i Bednja koje se ulijevaju uzvodno od hidrološke postaje Donja Dubrava.



Slika 1.2 Situacija predmetnog područja

Prikazana je konsumpcijska krivulja za h.p. Botovo iz 2014. godine s naznačenim vodostajima za primjenu mjera obrane od poplava (Slika 1.3). Pri protoku od $Q=2005 \text{ [m}^3/\text{s]}$ na h.p. Botovo nastupaju izvanredne mjere obrane od poplava. Navedena konsumpcijska krivulja koristit će se tijekom izrade ove studije kao mjerodavna za dobivanje podataka o protoku na hidrološkoj postaji Botovo. Da je krivulja još važeća potvrđuju vodomjerenja (zelene točke) u periodu od 2014. godine do 2018. godine koja se poklapaju s Q-H krivuljom.

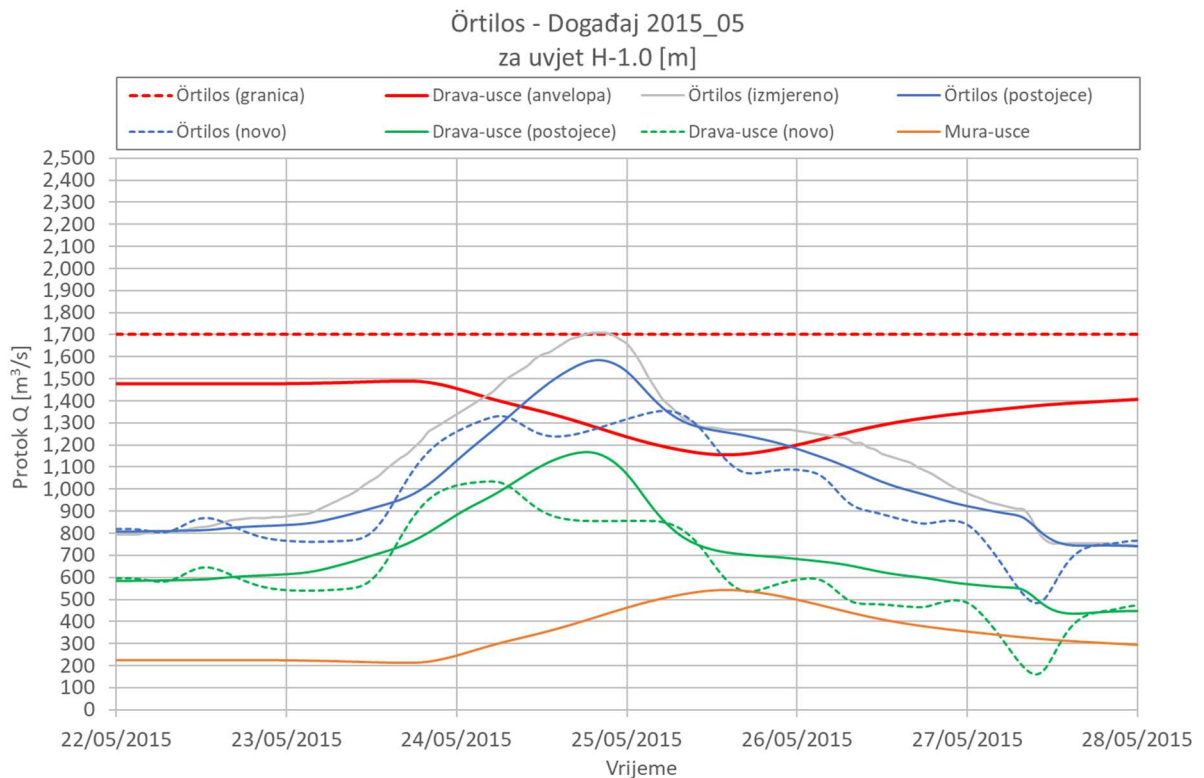


Slika 1.3 Konsumpcijska krivulja za h.p. Botovo za 2014. godinu

Optimalni rad hidroelektrana se definira kao preporučeni granični hidrogram Drave nizvodno od HE Dubrava. Za definiranje graničnog hidrograma Drave nizvodno od HE Dubrava određen je granični protok na hidrološkoj postaji Örtilos od $Q_{\text{Örtilos.granica}}=1700 \text{ [m}^3/\text{s]}$ a uz sljedeće razmatranje:

- Granični protok na hidrološkoj postaji Örtilos određen je tako da se na Botovu ne premaše redovne mjere obrane od poplave, odnosno protok od $Q_{\text{Botovo.granica}}=1807 \text{ [m}^3/\text{s]}$.
- Dodatno je smanjen vršni protok Drave za $Q=-100 \text{ [m}^3/\text{s]}$ kao sigurnost zbog nepouzdanosti hidrološkog prognostičkog modela Mure te potencijalnog uvećanja vršnih protoka na dionici Örtilos-Botovo.

Granični hidrogram Drave nizvodno od HE Dubrava definira se kao razlika graničnog protoka na Örtilosu od $Q_{\text{Örtilos.granica}}=1700 \text{ m}^3/\text{s}$ i prognostičkog hidrograma velikih voda Mure na ušću (Slika 1.4).



Slika 1.4 Primjer određivanja maksimalnih protoka Drave nizvodno od HE Dubrava

2 Analiza podloga

Podloge za izradu Studije dobivene su od Investitora, Hrvatskih voda, Vodnogospodarskog odjela za Muru i gornju Dravu. Podloge se sastoje od hidroloških i topografskih podloga te podataka o dravskim hidroelektranama.

1. Hidrološke podloge uključuju satne vodostaje i protoke na hidrološkim postajama:

Mura i pritoci:

- Gornja Radgona (Mura)
- Petanjci (Mura)
- Mursko Središće (Mura)
- Goričan (Mura)
- Cankova (Kučnica)
- Nuskova (Ledava)
- Polana (Ledava)
- Čentiba (Ledava)
- Tormafölde (Kerka)
- Pristava (Ščavnica)
- Donji Hrašćan (Trnava)

Drava i pritoci:

- HE Črneče (Drava)
- Ptuj (Drava)
- Jezero Markovci (Drava)
- Borl (Drava)
- Zavrč (Drava)
- HE Formin (Drava)
- HE Varaždin (Drava)
- HE Čakovec (Drava)
- HE Dubrava (Drava)
- Donja Dubrava (Drava)
- Őrtilos (Drava)
- Botovo (Drava)
- Zreče (Dravinja)
- Loče (Dravinja)
- Makole (Dravinja)
- Videm (Dravinja)
- Gocova (Pesnica)
- Zamušani (Pesnica)
- Lepoglava (Bednja)
- Őeljeznica (Bednja)
- Tuhovec (Bednja)
- Ludbreg (Bednja)
- Vidovićev Mlin (Plitvica)

2. Studijska dokumentacija:

- Univerzitet u Ljubljani, Fakultet građevinarstva i geodezije, *Hidrološka studija rijeke Mure*, 05/2011.
- Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Analiza protočnosti rijeke Drave na širem području HE Varaždin*, 04/2013.
- Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Analiza vodenog vala 5.11.2012. na širem području HE Varaždin*, 05/2013.
- Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Studija protočnosti starog korita rijeke Drave uz HE Čakovec*, 09/2013.
- Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Studija protočnosti starog korita rijeke Drave uz HE Dubrava*, 06/2014.
- Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, *Hidraulički model Bednje od brane u Kućanu Ludbreškom do ušća u Dravu*, 01/2017.

3. Podaci o akumulacijama dravskih hidroelektrana. [1] [2]

Hidroelektrana		HE Varaždin	HE Čakovec	HE Dubrava
Površina akumulacije	[10 ⁶ m ²]	3.0	11.5	16.6
Ukupni volumen akumulacije pri srednjem protoku	[10 ⁶ m ³]	8.0	51.0	93.5
Radni volumen akumulacije	[10 ⁶ m ³]	2.8	11.5	16.6
Kota normalnog uspora	[m n.m.]	191.0	168.0	149.6
Kota minimalnog radnog nivoa	[m n.m.]	190.0	167.0	148.6
Instalirani protok	[m ³ /s]	500.0	500.0	500.0

2.1 HIDROLOŠKE PODLOGE

2.1.1 Hidrološke postaje i dostupni satni podaci

Pregled dostupnih satnih vodostaja i protoka po postajama dan je tablično (Tablica 2-1) kao i koordinate postaja (Tablica 2-2) i pripadajuće slivne površine (Tablica 2-3). Za satne protoke koji nedostaju iz baze podataka, izvršena je nadopuna na način da su korišteni satnih vodostaji i interpolirana Q-H krivulja na postaji. Tako dobiveni satni protoci priključeni su analizi velikovodnih događaja (Poglavlje 3).

Dobiveni satni vodostaji i protoci prikazani po hidrološkim postajama na Muri i Dravi (Prilog 9.5).

Tablica 2-1. Pregled dostupnih satnih vodostaja i protoka po postajama

Dostupni podaci o satnim vodostajima i satnim protocima po događajima za svaku postaju														
Događaji	Gornja Radgona		Petanjci		Mursko Središće		Goričan		Donja Dubrava		Örtilos		Botovo	
	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok	Vodostaj	Protok
2015_10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2015_05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2014_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2014_09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2014_08	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2013_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2012_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2010_09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2005_10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2005_08	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2002_12	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2000_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1998_10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1998_09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1996_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1996_10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1996_07	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1996_04	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1995_09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1995_06	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1993_10_23	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1993_10_09	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1992_12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1991_11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1991_06	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
1990_11	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+

+	Dostupan satni vodostaj/protok na određenoj hidrološkoj postaji za odabrani velikovodni događaj
+	Podatak o satnom vodostaju/protoku dobiven na temelju interpolirane Q-H krivulje na određenoj hidrološkoj postaji
-	Podatak o satnom vodostaju/protoku ne postoji na određenoj hidrološkoj postaji za odabrani velikovodni događaj

Tablica 2-2. Koordinate hidroloških postaja

Red. br.	Vodotok	Hidrološka postaja	φ [°]	λ [°]
1	Mura	Gornja Radgona	46.682	16.000
2	Mura	Petanjci	46.649	16.059
3	Mura	Mursko Središće	46.515	16.443
4	Mura	Goričan	46.420	16.693
5	Kučnica	Cankova	46.711	16.026
6	Ledava	Nuskova	46.810	16.032
7	Ledava	Polana	46.678	16.142
8	Ledava	Čentiba	46.536	16.483
9	Kerka	Tormafölde	46.500	16.578
10	Ščavnica	Pristava	46.519	16.237
11	Trnava	Donji Hrašćan	46.413	16.646
12	Drava	Ptuj	46.417	15.872
13	Drava	Jezero Markovci	46.388	15.927
14	Drava	Borl	46.371	16.001
15	Drava	Zavrč	46.389	16.042
16	Drava	Donja Dubrava	46.309	16.816
17	Drava	Örtilos	46.298	16.887
18	Drava	Botovo	46.242	16.939
19	Dravinja	Zreče	46.380	15.388
20	Dravinja	Loče	46.302	15.499
21	Dravinja	Makole	46.320	15.675
22	Dravinja	Videm	46.369	15.908
23	Pesnica	Gocova	46.557	15.874
24	Pesnica	Zamušani	46.414	16.039
25	Bednja	Lepoglava	46.207	16.033
26	Bednja	Željeznica	46.220	16.200
27	Bednja	Tuhovec	46.211	16.463
28	Bednja	Ludbreg	46.248	16.620
29	Plitvica	Vidovićevo Mlin	46.277	16.434

Tablica 2-3. Slivne površine po hidrološkim postajama

Red. br.	Vodotok	Hidrološka postaja	Topografska površina sliva [km ²]
1	Mura	Mursko Središće	10891
2	Mura	Goričan	13148
3	Drava	Donja Dubrava	-
4	Drava	Botovo	31038
5	Bednja	Lepoglava	89
6	Bednja	Željeznica	307
7	Bednja	Tuhovec	469
8	Bednja	Ludbreg	546
9	Plitvica	Vidovićevo Mlin	-

2.1.2 Mjerodavni vodostaji i protoci za primjenu mjera obrane od poplava

Tablično su dani vodostaji i protoci za primjenu određenih mjera obrane od poplava za hidrološke postaje na Muri, Dravi, Bednji te Plitvici u Hrvatskoj te za hidroelektrane Varaždin, Čakovec i Dubrava (Tablica 2-4).

Tablica 2-4. Mjerodavni vodostaji i protoci za primjenu mjera obrane od poplava na hidrološkim postajama u Hrvatskoj

Vodotok	Hidrološka postaja	Pripremno stanje	Redovne mjere	Izvanredne mjere	Izvanredno stanje
Mura	Mursko Središće [3]	330 cm	360 cm	410 cm	450 cm
Mura	Goričan [3]	330 cm	380 cm	420 cm	460 cm
Bednja	Lepoglava [4]	180 cm	300 cm	400 cm	460 cm
Bednja	Željeznica [4]	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm
Bednja	Tuhovec [4]	420 cm	480 cm	520 cm	540 cm
Bednja	Ludbreg	-	-	-	-
Plitvica	Vidovićevo Mlin	-	-	-	-
Drava	HE Varaždin [3]	800 m ³ /s	1000 m ³ /s	1500 m ³ /s	2000 m ³ /s
Drava	HE Čakovec [3]	1000 m ³ /s	1200 m ³ /s	1600 m ³ /s	2200 m ³ /s
Drava	HE Dubrava [3]	1000 m ³ /s	1200 m ³ /s	1600 m ³ /s	2200 m ³ /s
Drava	Donja Dubrava	-	-	-	-
Drava	Botovo Vodostaj H [cm] [5]	400 cm	460 cm	500 cm	570 cm
Drava	Botovo Protok Q [m ³ /s] *	1521 m ³ /s	1807 m ³ /s	2005 m ³ /s	2349 m ³ /s

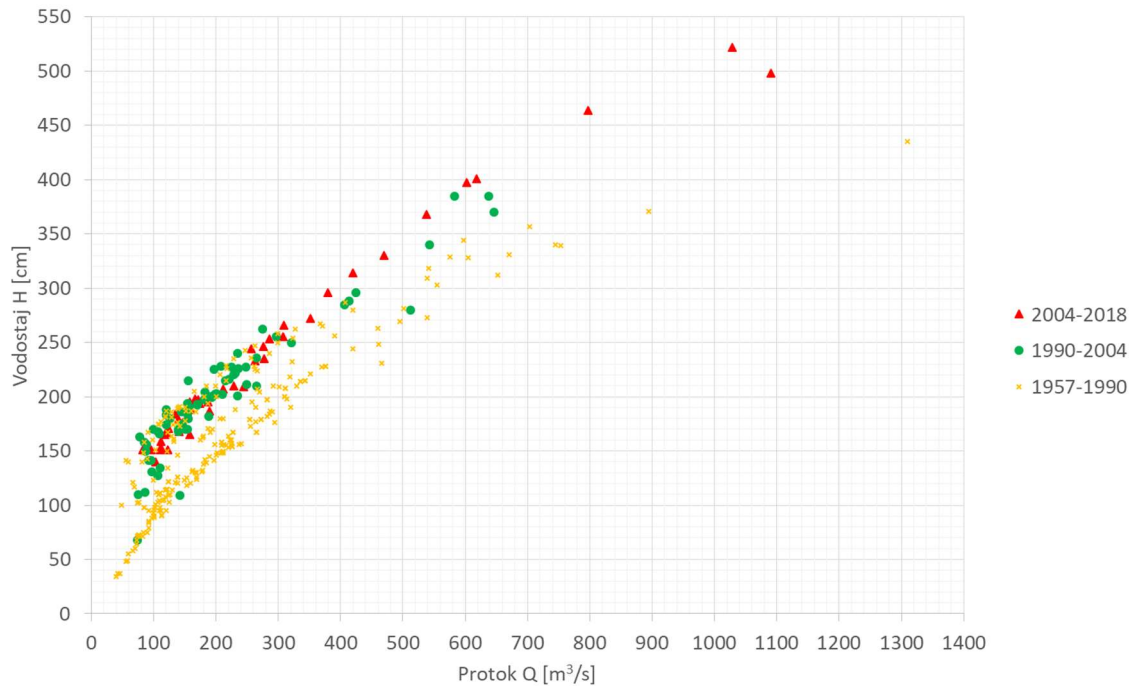
*Protoci su definirani na temelju Q-H krivulje za 2014. godinu.

2.1.3 Vodomjerenja DHMZ-a na Muri

Grafički su prikazana vodomjerenja na hidrološkim postajama Mursko Središće i Goričan na rijeci Muri (Slika 2.1, Slika 2.2). Vodomjerenja su podijeljena u tri razdoblja. Prvo razdoblje od 2004. do 2018. godine odnosi se na vodomjerenja koja su izvršena pomoću ADCP-a. Drugo razdoblje odnosi se na period od 1990. do 2004. godine. Za treće razdoblje dodana su sva vodomjerenja prije 1990. godine. Na obje postaje Mursko Središće i Goričan postoje određene nepouzdanosti mjerenja protoka kod velikih voda. Uočava se da je na h.p. Mursko Središće lijeva obala na oko $H=370$ [cm], pa mjerenja protoka vjerojatno ne obuhvaćaju cjelokupnu količinu vode iznad protoka od $Q>600$ [m³/s]. Na h.p. Goričan izlivanje u desnu inundaciju započinje kod vodostaja većih od $H>370$ [cm], odnosno protoka $Q>650$ [m³/s]. Na h.p. Mursko Središće i h.p. Goričan u periodu nakon 2004. godine postoje 3 mjerenja protoka ADCP-om pri velikim vodama.

U nastavku su grafički prikazana vodomjerenja na hidrološkim postajama Mursko Središće, Goričan i Botovo da se prikaže ispravnost korištenja Q-H krivulje iz 2005. godine za interpolaciju protoka u periodu 1990-2000 (Slika 2.3).

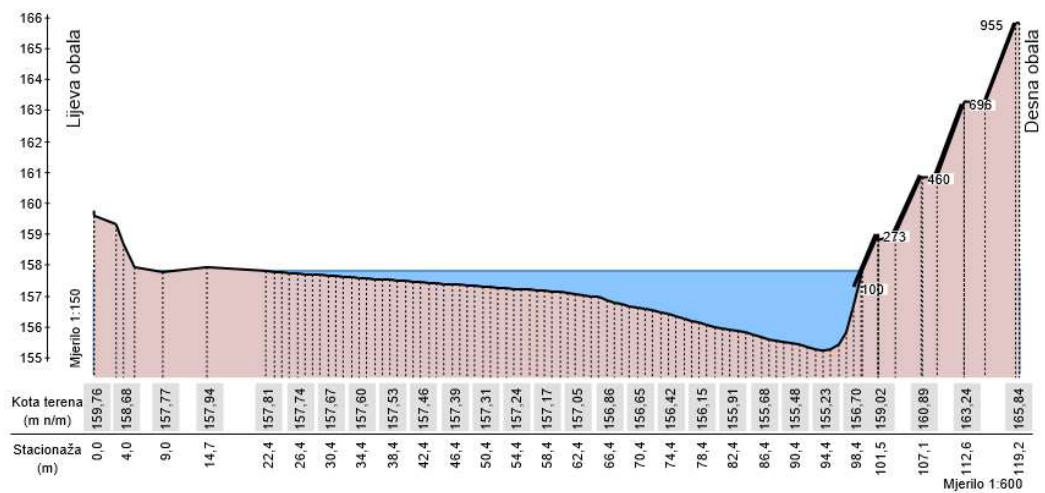
Prikaz vodomjerenja na hidrološkoj postaji Mursko Središće



POPREČNI PRESJEK KORITA

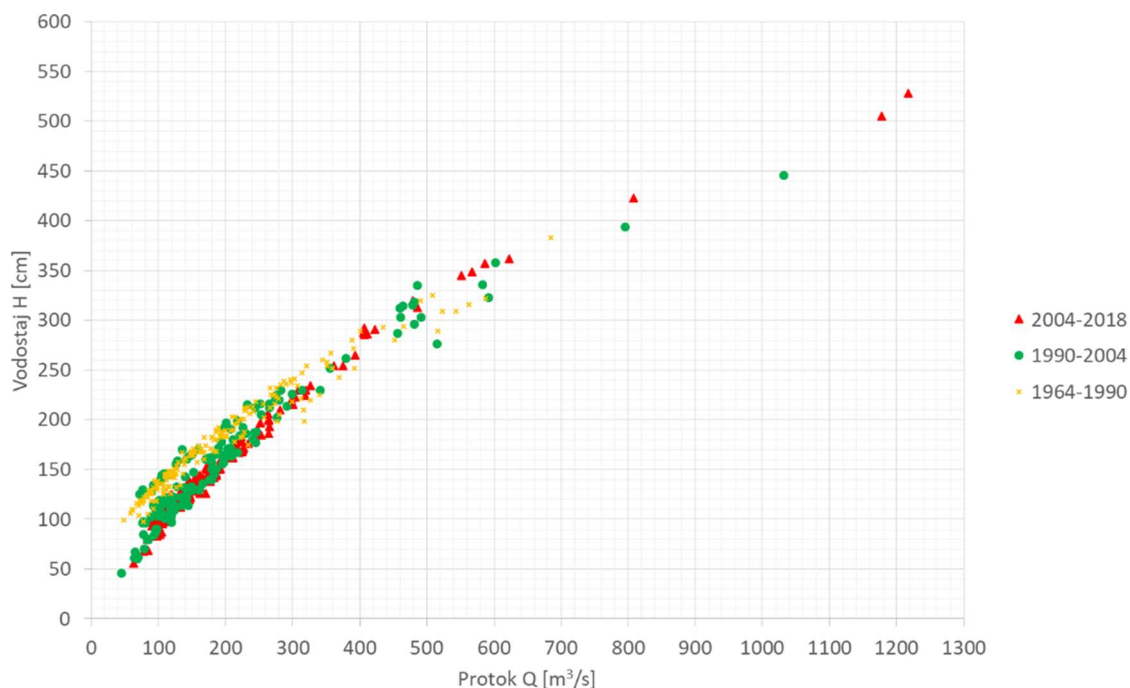
Šifra: 5044
Postaja: MURSKO SREDIŠĆE
Vodotok: MURA

Kota nule: 156,290 m n/m
Vodostaj: 152 cm
Datum mjerenja: 18. 3. 2015.



Slika 2.1. Prikaz vodomjerenja i vodomjernog profila na h.p. Mursko Središće

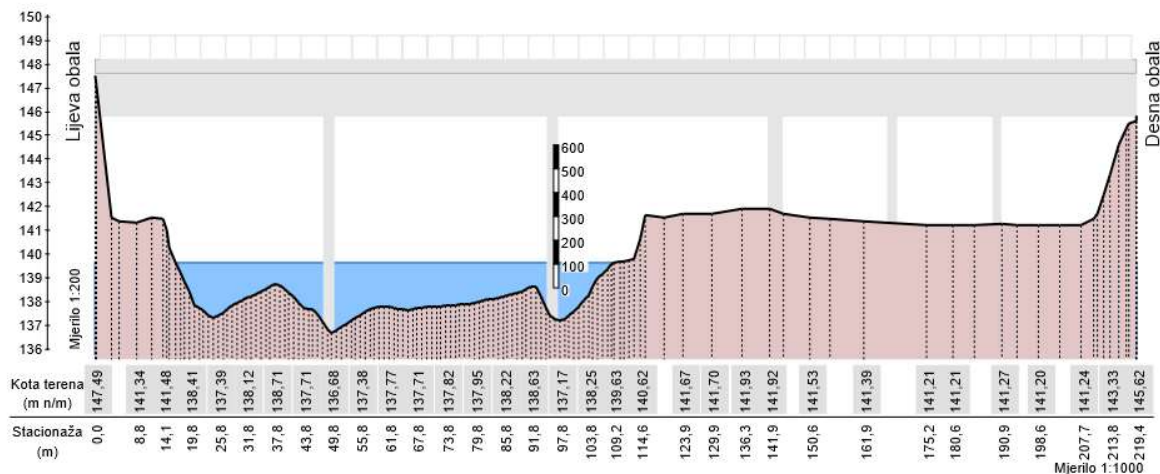
Prikaz vodomjerenja na hidrološkoj postaji Goričan



POPREČNI PRESJEK KORITA

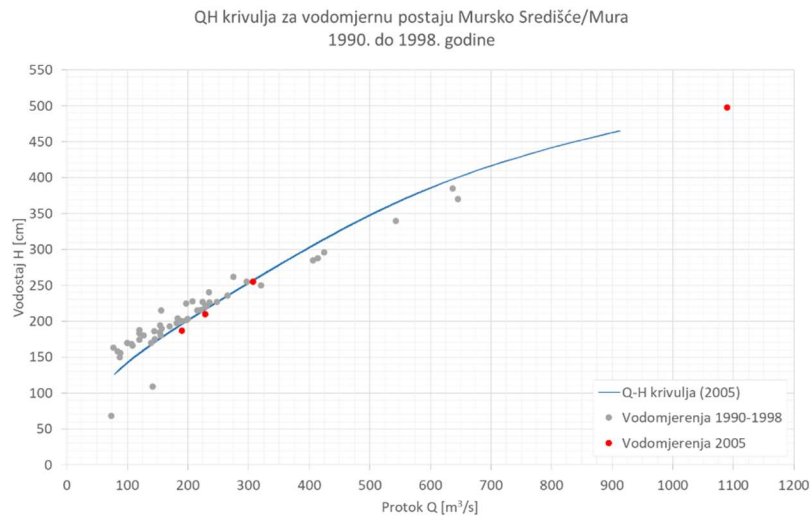
Šifra: 5035
Postaja: GORIČAN
Vodotok: MURA

Kota nule: 138,590 m n/m
Vodostaj: 105 cm
Datum mjerenja: 18. 3. 2015.

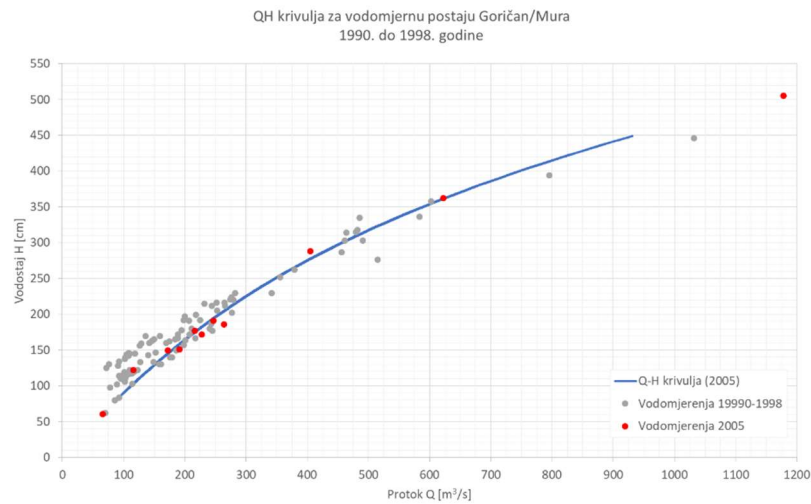


Slika 2.2. Prikaz vodomjerenja i vodomjernog profila na h.p. Goričan

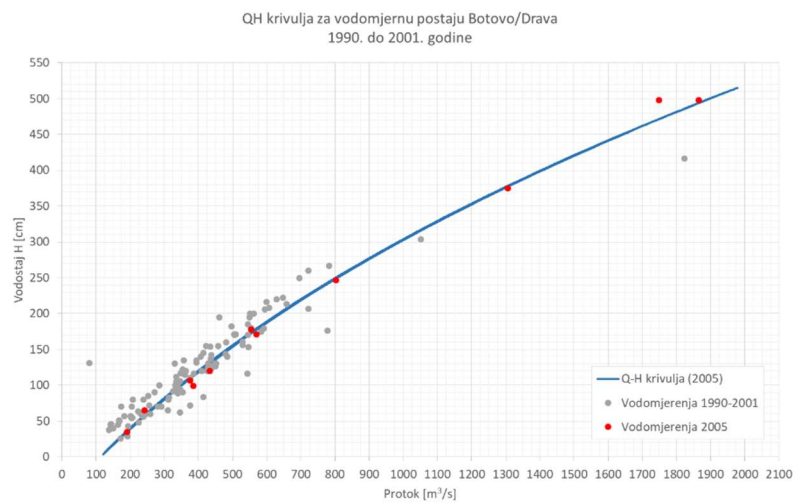
(a) Mursko Središće



(b) Goričan



(c) Botovo



Slika 2.3. Q-H krivulja iz 2005. godine s vodomjerenjima

2.2 ODABRANI VELIKOVODNI DOGAĐAJI

Iz baze hidroloških događaja sa satnim zapisima (Tablica 2-1) odabrani su oni događaji kod kojih je zabilježen vodostaj na h.p. Botovo od $H \geq 400$ [cm], a koji odgovara pripremnom stanju obrane od poplave (Tablica 2-4). Izdvojeno je ukupno 26 velikovodnih događaja od 1990. godine. Sukladno mjerama obrane od poplava na h.p. Botovo, izdvojeni su sljedeći događaji:

1. *IZVANREDNO STANJE* na h.p. Botovo = Ukupno 1 događaj
2. *IZVANREDNE MJERE* na h.p. Botovo = Ukupno 3 događaja
3. *REDOVNE MJERE* na h.p. Botovo = Ukupno 3 događaja
4. *PRIPREMNO STANJE* na h.p. Botovo = Ukupno 19 događaja

Popis odabranih velikovodnih događaja dan je kronološki zajedno s vršnim protocima i volumenima vodnih valova (Tablica 2-5). Odabrani događaji su također sortirani prema vršnom vodostaju Drave na h.p. Botovo (Tablica 2-6). U Prilogu 9.1.1 prikazani su nivogrami po hidrološkim postajama na Muri i Dravi za sve odabrane velikovodne događaje. Također su prikazani mjerodavni vodostaji za primjenu mjera obrane od poplava na h.p. Botovo. U Prilogu 9.1.2 prikazani su hidrogrami po hidrološkim postajama na Muri i Dravi za sve odabrane velikovodne događaje.

Uočava se da je većina velikovodnih događaja na h.p. Botovo pod dominantnim utjecajem dotoka od Drave (Tablica 2-5). Rijeka Mura je dominantna samo kod jednog događaja (2005_08), a podjednaki utjecaj dotoka Mure i Drave je kod 3 događaja (1996_04, 2014_08, 2014_09). Događaj 2014_09 je ujedno i događaj s najvećim protokom Mure i najvećim protokom Drave na Botovu od svih izdvojenih događaja.

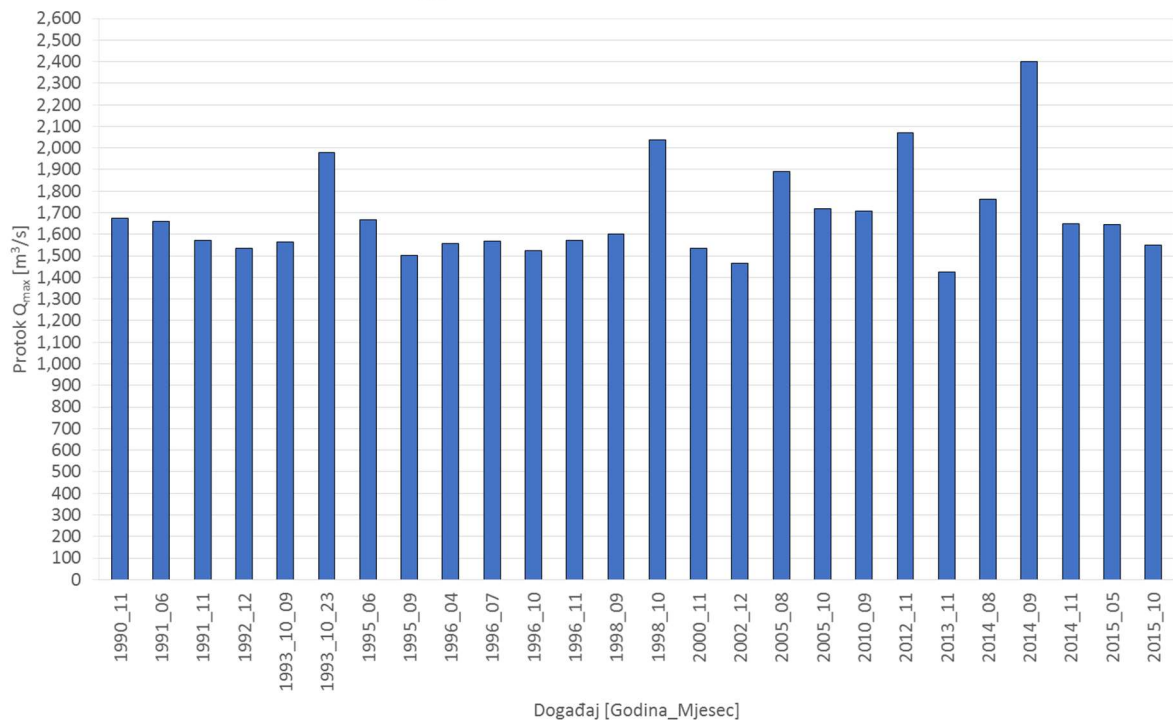
Kronološki prikaz vršnih protoka (Slika 2.4) i učestalosti po godinama (Slika 2.5) odabranih velikovodnih događaja ne pokazuju uočljiv trend promjene vršnih protoka i učestalosti događaja na h.p. Botovo.

Učestalost velikovodnih događaja na Dravi (Slika 2.6) uglavnom je u jesenskim mjesecima (rujan 4 događaja, listopad 6 događaja, studeni 7 događaja).

Tablica 2-5. Popis odabranih velikovodnih događaja

Red. br	Događaj	Mura Goričan Q_{max} [m ³ /s]	Drava Donja Dubrava Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo H_{max} [cm]	Mura Goričan Volumen [1,000,000 m ³]	Drava Donja Dubrava Volumen [1,000,000 m ³]	Mura Udio volumena [%]	Drava Udio volumena [%]
22	2015_10	523	1073	1550	407	273.661	466.992	43%	57%
17	2015_05	575	1183	1646	428	187.859	344.779	36%	64%
18	2014_11	353	1398	1648	428	207.619	769.097	23%	77%
1	2014_09	1448	1711	2399	577	758.765	887.213	48%	52%
11	2014_08	732	1083	1761	452	439.157	536.083	46%	54%
23	2013_11	739	1046	1427	403	229.702	267.548	44%	56%
4	2012_11	629	2061	2071	513	166.709	483.206	21%	79%
6	2010_09	579	1205	1707	485	208.184	372.542	38%	62%
7	2005_10	656	1249	1718	465	328.838	521.662	41%	59%
5	2005_08	1225	839	1889	498	536.566	425.891	56%	44%
25	2002_12	703	902	1467	400	283.802	387.029	45%	55%
19	2000_11	419	1517	1535	428	354.460	1478.764	16%	84%
2	1998_10	452	2095	2038	526	236.282	733.728	18%	82%
12	1998_09	557	1236	1602	442	246.006	481.179	29%	71%
26	1996_11	391	1432	1573	395	415.347	1353.736	18%	82%
24	1996_10	462	1359	1526	403	147.314	312.397	28%	72%
14	1996_07	609	1313	1568	435	172.311	336.781	35%	65%
16	1996_04	834	876	1559	433	268.050	239.940	51%	49%
21	1995_09	643	1190	1502	421	300.473	614.054	26%	74%
9	1995_06	351	1954	1666	455	91.514	218.209	30%	70%
3	1993_10_23	932	1892	1978	515	550.051	911.046	43%	57%
15	1993_10_09	246	1524	1564	434	68.248	400.784	8%	92%
20	1992_12	560	1342	1535	428	122.178	261.444	20%	80%
13	1991_11	621	1231	1573	436	344.685	583.555	32%	68%
10	1991_06	560	1544	1661	454	170.929	361.506	23%	77%
8	1990_11	652	1565	1676	457	224.356	500.385	26%	74%

Vršni protoci Q_{max} [m³/s] Drove na Botovu za analizirane događaje



Slika 2.4. Kronološki prikaz odabranih velikovodnih događaja s protocima Q_{max} na h.p. Botovo

Tablica 2-6. Odabrani događaji sortirani prema vršnom vodostaju na h.p. Botovo

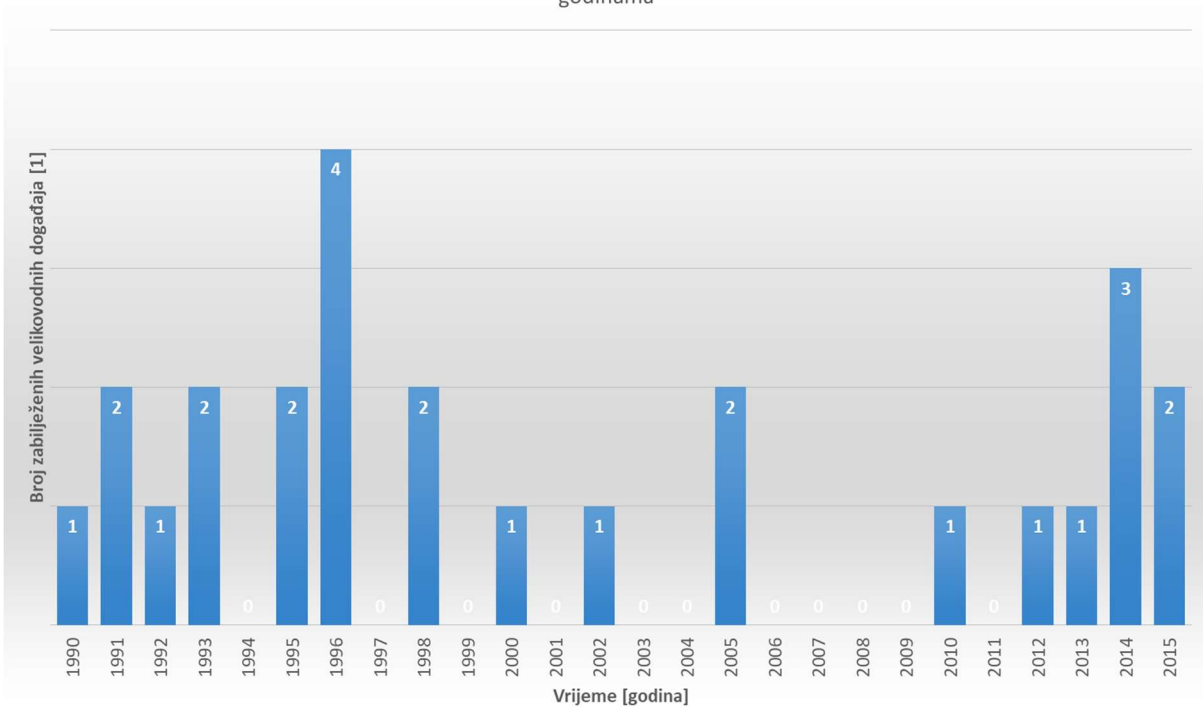
(a) Udio volumena Mure i Drave prije ušća na volumen na h.p. Botovo

Red. br	Događaj	Mura Goričan Q_{max} [m ³ /s]	Drava Donja Dubrava Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo H_{max} [cm]	Mura Goričan Volumen [1,000,000 m ³]	Drava Donja Dubrava Volumen [1,000,000 m ³]	Mura Udio volumena [%]	Drava Udio volumena [%]
1	2014_09	1448	1711	2399	577	758.765	887.213	48%	52%
2	1998_10	452	2095	2038	526	236.282	733.728	18%	82%
3	1993_10_23	932	1892	1978	515	550.051	911.046	43%	57%
4	2012_11	629	2061	2071	513	166.709	483.206	21%	79%
5	2005_08	1225	839	1889	498	536.566	425.891	56%	44%
6	2010_09	579	1205	1707	485	208.184	372.542	38%	62%
7	2005_10	656	1249	1718	465	328.838	521.662	41%	59%
8	1990_11	652	1565	1676	457	224.356	500.385	26%	74%
9	1995_06	351	1954	1666	455	91.514	218.209	30%	70%
10	1991_06	560	1544	1661	454	170.929	361.506	23%	77%
11	2014_08	732	1083	1761	452	439.157	536.083	46%	54%
12	1998_09	557	1236	1602	442	246.006	481.179	29%	71%
13	1991_11	621	1231	1573	436	344.685	583.555	32%	68%
14	1996_07	609	1313	1568	435	172.311	336.781	35%	65%
15	1993_10_09	246	1524	1564	434	68.248	400.784	8%	92%
16	1996_04	834	876	1559	433	268.050	239.940	51%	49%
17	2015_05	575	1183	1646	428	187.859	344.779	36%	64%
18	2014_11	353	1398	1648	428	207.619	769.097	23%	77%
19	2000_11	419	1517	1535	428	354.460	1478.764	16%	84%
20	1992_12	560	1342	1535	428	122.178	261.444	20%	80%
21	1995_09	643	1190	1502	421	300.473	614.054	26%	74%
22	2015_10	523	1073	1550	407	273.661	466.992	43%	57%
23	2013_11	739	1046	1427	403	229.702	267.548	44%	56%
24	1996_10	462	1359	1526	403	147.314	312.397	28%	72%
25	2002_12	703	902	1467	400	283.802	387.029	45%	55%
26	1996_11	391	1432	1573	395	415.347	1353.736	18%	82%

(b) Udio protoka Mure i Drave prije ušća na protok na h.p. Botovo

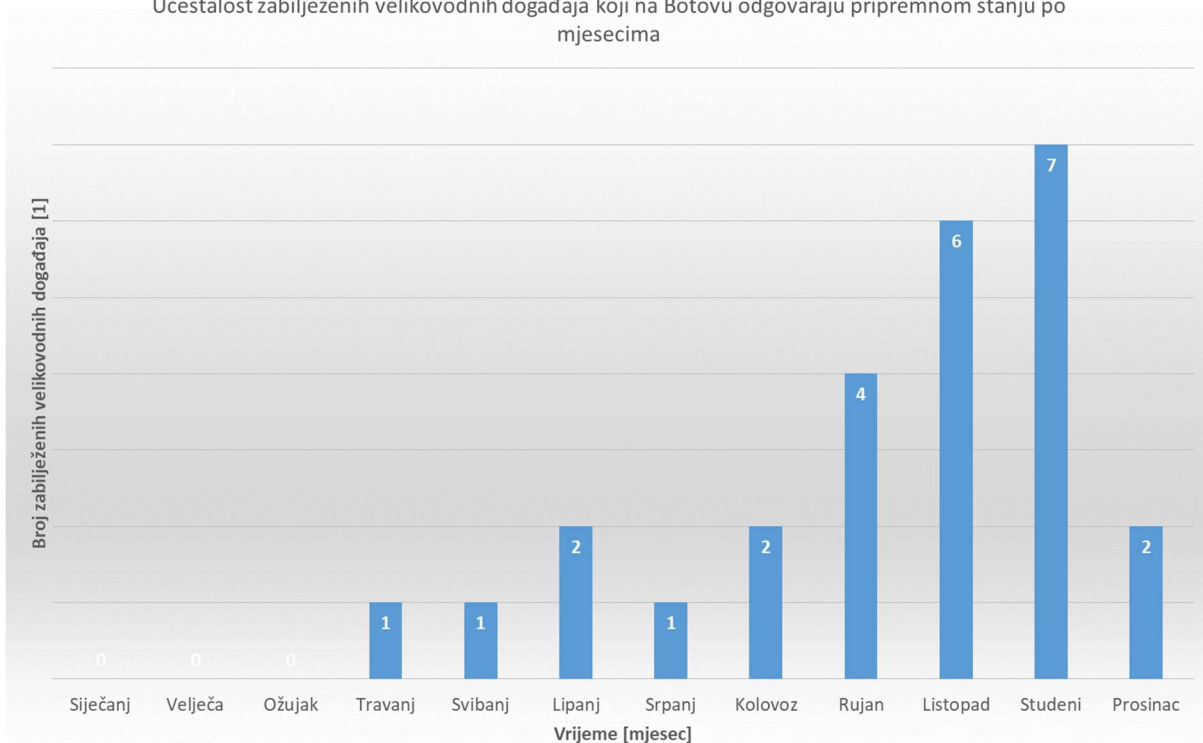
Red. br	Događaj	Mura Goričan Q_{max} [m ³ /s]	Drava Donja Dubrava Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo H_{max} [cm]	Mura Goričan Volumen [1,000,000 m ³]	Drava Donja Dubrava Volumen [1,000,000 m ³]	Mura Udio protoka [%]	Drava Udio protoka [%]
1	2014_09	1448	1711	2399	577	758.765	887.213	46%	54%
3	1998_10	452	2095	2038	526	236.282	733.728	18%	82%
4	1993_10_23	932	1892	1978	515	550.051	911.046	33%	67%
2	2012_11	629	2061	2071	513	166.709	483.206	23%	77%
5	2005_08	1225	839	1889	498	536.566	425.891	59%	41%
8	2010_09	579	1205	1707	485	208.184	372.542	32%	68%
7	2005_10	656	1249	1718	465	328.838	521.662	34%	66%
9	1990_11	652	1565	1676	457	224.356	500.385	29%	71%
10	1995_06	351	1954	1666	455	91.514	218.209	15%	85%
11	1991_06	560	1544	1661	454	170.929	361.506	27%	73%
6	2014_08	732	1083	1761	452	439.157	536.083	40%	60%
14	1998_09	557	1236	1602	442	246.006	481.179	31%	69%
15	1991_11	621	1231	1573	436	344.685	583.555	34%	66%
17	1996_07	609	1313	1568	435	172.311	336.781	32%	68%
18	1993_10_09	246	1524	1564	434	68.248	400.784	14%	86%
19	1996_04	834	876	1559	433	268.050	239.940	49%	51%
12	2014_11	353	1398	1648	428	207.619	769.097	20%	80%
13	2015_05	575	1183	1646	428	187.859	344.779	33%	67%
21	2000_11	419	1517	1535	428	354.460	1478.764	22%	78%
22	1992_12	560	1342	1535	428	122.178	261.444	29%	71%
24	1995_09	643	1190	1502	421	300.473	614.054	35%	65%
20	2015_10	523	1073	1550	407	273.661	466.992	33%	67%
23	1996_10	462	1359	1526	403	147.314	312.397	25%	75%
26	2013_11	739	1046	1427	403	229.702	267.548	41%	59%
25	2002_12	703	902	1467	400	283.802	387.029	44%	56%
16	1996_11	391	1432	1573	395	415.347	1353.736	21%	79%

Učestalost zabilježenih velikovodnih događaja koji na Botovu odgovaraju pripremnom stanju po
godinama



Slika 2.5. Učestalost odabranih velikovodnih događaja na h.p. Botovo po godinama

Učestalost zabilježenih velikovodnih događaja koji na Botovu odgovaraju pripremnom stanju po
mjesecima



Slika 2.6. Učestalost odabranih velikovodnih događaja na h.p. Botovo po mjesecima

3 Analiza hidrograma velikih voda

3.1 ANALIZA POČETKA VELIKIH VODA

3.1.1 Zabilježeni vodostaji i vremena početka hidrograma

Za izračun volumena i trajanja hidrograma potrebno je odrediti početak velikovodnog događaja. Zabilježeni početak hidrograma prikazan je zasebno za svaki odabrani velikovodni događaj po hidrološkoj postaji (Tablica 3-1). Vodostaji početka hidrograma variraju za h.p. Gornja Radgona od 100 do 185 [cm], za h.p. Petanjci od 160 do 260 [cm], za h.p. Mursko Središće od 180 do 280 [cm] te za h.p. Goričan od 130 do 265 [cm]. Razlog tomu su prethodna saturiranost tla te prethodni protok kroz korito (male vode, srednje vode, velike vode). U nastavku je dana tablica (Tablica 3-2) s vremenima početka i kraja hidrograma te volumeni za svaki analizirani događaj po hidrološkoj postaji.

Tablica 3-1. Vodostaji početka velikovodnog događaja po postajama

Red.Br.	Događaj	Gornja Radgona H [cm]	Petanjci H [cm]	Mursko Središće H [cm]	Goričan H [cm]
1	2015_10	135	200	220	180
2	2015_05	130	200	210	170
3	2014_11	100	160	180	150
4	2014_09	185	260	280	261
5	2014_08	110	175	190	140
6	2013_11	130	200	200	165
7	2012_11	130	210	220	175
8	2012_09	105	175	185	130
9	2005_10	150	220	205	178
10	2005_08	165	200	220	190
11	2002_12	150		210	140
12	2000_12	135		210	175
13	1998_10	110	205	200	155
14	1998_09	125	210	200	152
15	1996_11	115	200	185	180
16	1996_10	155	230	220	215
17	1996_07	160		225	230
18	1996_04	175		245	265
19	1995_09	130	200	190	140
20	1995_06	155	230	220	190
21	1993_10_23	135	200	190	130
22	1993_10_09	135	215	200	150
23	1992_12	160	245	220	190
24	1991_11	120	215	210	200
25	1991_06	170	250	245	220
26	1990_11	110		190	165
	MIN	100	160	180	130
	MAX	185	260	280	265

Tablica 3-2. Vremena početka velikovodnog događaja po postajama

(a) za razdoblje od 2000. do 2015. godine

	Dogadjaj2015.10			Dogadjaj2015.05		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	14.10.2015 11:00	23.10.2015 8:00	261,521,640	21.05.2015 19:00	27.05.2015 23:00	163,689,840
Petanjci	14.10.2015 12:00	23.10.2015 8:00	257,991,840	21.05.2015 20:00	27.05.2015 23:00	162,059,040
MurskoSredišće	14.10.2015 15:00	23.10.2015 8:00	263,502,000	21.05.2015 23:00	27.05.2015 23:00	168,940,800
Goričan	14.10.2015 21:00	23.10.2015 8:00	273,661,200	22.05.2015 4:00	27.05.2015 23:00	187,858,800
DonjaDubrava	15.10.2015 11:00	22.10.2015 12:00	466,992,000	21.05.2015 19:00	27.05.2015 6:00	344,779,200
Ŗrtilos	15.10.2015 2:00	23.10.2015 8:00	803,579,400	21.05.2015 23:00	27.05.2015 10:00	554,592,600
Botovo	15.10.2015 3:00	23.10.2015 8:00	814,921,200	22.05.2015 1:00	27.05.2015 11:00	542,473,200
	Dogadjaj2014.11			Dogadjaj2014.09		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	06.11.2014 1:00	15.11.2014 23:00	205,767,000	11.09.2014 15:00	24.09.2014 3:00	590,826,600
Petanjci	06.11.2014 1:00	15.11.2014 23:00	209,230,560	11.09.2014 16:00	23.09.2014 23:00	587,595,600
MurskoSredišće	06.11.2014 2:00	15.11.2014 23:00	214,052,400	11.09.2014 20:00	24.09.2014 14:00	616,248,000
Goričan	06.11.2014 23:00	15.11.2014 23:00	207,619,200	11.09.2014 23:00	25.09.2014 12:00	758,764,800
DonjaDubrava	06.11.2014 11:00	15.11.2014 23:00	769,096,800	11.09.2014 10:00	24.09.2014 1:00	887,212,800
Ŗrtilos	06.11.2014 13:00	15.11.2014 23:00	948,468,600	11.09.2014 21:00	24.09.2014 8:00	1,681,926,012
Botovo	06.11.2014 13:00	15.11.2014 23:00	993,870,000	12.09.2014 1:00	24.09.2014 10:00	1,713,067,200
	Dogadjaj2014.08			Dogadjaj2013.11		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	31.08.2014 4:00	09.09.2014 23:00	410,222,520	23.11.2013 2:00	28.11.2013 23:00	207,349,560
Petanjci	31.08.2014 5:00	09.09.2014 23:00	410,960,880	23.11.2013 3:00	28.11.2013 23:00	209,697,480
MurskoSredišće	31.08.2014 11:00	09.09.2014 23:00	398,581,200	23.11.2013 4:00	28.11.2013 23:00	203,263,200
Goričan	31.08.2014 14:00	09.09.2014 23:00	439,156,800	23.11.2013 6:00	28.11.2013 23:00	229,701,600
DonjaDubrava	01.09.2014 22:00	09.09.2014 23:00	536,083,200	23.11.2013 19:00	28.11.2013 4:00	267,548,400
Ŗrtilos	01.09.2014 12:00	09.09.2014 23:00	975,132,000	23.11.2013 20:00	28.11.2013 23:00	494,722,800
Botovo	01.09.2014 14:00	09.09.2014 23:00	984,898,800	23.11.2013 22:00	28.11.2013 23:00	480,985,200
	Dogadjaj2012.11			Dogadjaj2010.09		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	05.11.2012 11:00	09.11.2012 23:00	176,407,200	17.09.2010 12:00	23.09.2010 23:00	160,511,040
Petanjci	05.11.2012 11:00	09.11.2012 23:00	189,725,040	17.09.2010 12:00	23.09.2010 23:00	169,761,960
MurskoSredišće	05.11.2012 15:00	09.11.2012 23:00	168,422,400	17.09.2010 15:00	23.09.2010 23:00	171,997,200
Goričan	05.11.2012 20:00	09.11.2012 23:00	166,708,800	17.09.2010 16:00	23.09.2010 23:00	208,184,400
DonjaDubrava	05.11.2012 5:00	09.11.2012 23:00	483,206,400	18.09.2010 3:00	23.09.2010 23:00	372,542,400
Ŗrtilos	05.11.2012 6:00	09.11.2012 23:00	599,722,200	18.09.2010 4:00	23.09.2010 23:00	589,998,600
Botovo	05.11.2012 11:00	09.11.2012 23:00	609,483,600	18.09.2010 5:00	23.09.2010 23:00	600,663,600
	Dogadjaj2005.10			Dogadjaj2005.08		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	04.10.2005 8:00	13.10.2005 10:00	334,465,560	21.08.2005 1:00	30.08.2005 23:00	542,278,800
Petanjci	04.10.2005 8:00	13.10.2005 10:00	368,503,200			
MurskoSredišće	04.10.2005 12:00	13.10.2005 10:00	325,458,000	21.08.2005 3:00	30.08.2005 23:00	508,485,600
Goričan	04.10.2005 19:00	13.10.2005 10:00	328,838,400	21.08.2005 4:00	30.08.2005 23:00	536,565,600
DonjaDubrava	05.10.2005 13:00	13.10.2005 9:00	521,661,600	23.08.2005 1:00	30.08.2005 21:00	425,890,800
Ŗrtilos	05.10.2005 6:00	13.10.2005 10:00	874,486,800	22.08.2005 4:00	30.08.2005 23:00	957,200,400
Botovo	05.10.2005 10:00	13.10.2005 10:00	878,277,600	22.08.2005 6:00	30.08.2005 23:00	966,510,000
	Dogadjaj2002.12			Dogadjaj2000.11		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	04.12.2002 17:00	11.12.2002 9:00	234,716,040	15.11.2000 22:00	01.12.2000 5:00	296,881,200
Petanjci				16.11.2000 3:00	30.11.2000 7:00	274,125,960
MurskoSredišće	04.12.2002 21:00	11.12.2002 23:00	268,977,600	16.11.2000 5:00	01.12.2000 9:00	321,778,800
Goričan	04.12.2002 6:00	11.12.2002 23:00	283,802,400	16.11.2000 11:00	01.12.2000 16:00	354,459,600
DonjaDubrava	04.12.2002 6:00	10.12.2002 14:00	387,028,944	14.11.2000 14:00	01.12.2000 23:00	1,478,763,576
Ŗrtilos	04.12.2002 11:00	11.12.2002 22:00	696,118,968	14.11.2000 14:00	01.12.2000 23:00	1,672,761,600
Botovo	04.12.2002 11:00	11.12.2002 23:00	698,666,400	14.11.2000 15:00	01.12.2000 23:00	1,755,010,584

(b) za razdoblje od 1990. do 2000. godine

	Dogadjaj1998.10			Dogadjaj1998.09		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	06.10.1998 10:00	14.10.1998 23:00	234,256,680	12.09.1998 16:00	19.09.1998 23:00	207,319,680
Petanjci	06.10.1998 10:00	14.10.1998 23:00	229,437,720	12.09.1998 18:00	19.09.1998 23:00	210,088,440
MurskoSredišće	06.10.1998 16:00	14.10.1998 23:00	232,812,000	12.09.1998 23:00	19.09.1998 23:00	221,706,000
Goričan	06.10.1998 20:00	14.10.1998 23:00	236,282,400	13.09.1998 1:00	19.09.1998 23:00	246,006,000
DonjaDubrava	07.10.1998 8:00	14.10.1998 23:00	733,727,628	13.09.1998 10:00	19.09.1998 22:00	481,178,592
Örtilos						
Botovo	06.10.1998 23:00	14.10.1998 23:00	894,853,152	13.09.1998 11:00	19.09.1998 23:00	681,054,048
	Dogadjaj1996.11			Dogadjaj1996.10		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	14.11.1996 22:00	04.12.1996 23:00	400,667,760	16.10.1996 20:00	21.10.1996 13:00	155,390,400
Petanjci	14.11.1996 22:00	05.12.1996 20:00	417,601,440	16.10.1996 20:00	21.10.1996 13:00	156,579,480
MurskoSredišće	15.11.1996 2:00	05.12.1996 4:00	412,856,471	16.10.1996 21:00	21.10.1996 13:00	142,843,548
Goričan	15.11.1996 14:00	02.12.1996 5:00	415,346,599	17.10.1996 9:00	21.10.1996 13:00	147,314,185
DonjaDubrava	14.11.1996 20:00	05.12.1996 23:00	1,353,736,368	17.10.1996 15:00	21.10.1996 3:00	312,396,804
Örtilos						
Botovo	14.11.1996 21:00	05.12.1996 23:00	1,651,777,128	17.10.1996 12:00	21.10.1996 13:00	433,057,896
	Dogadjaj1996.07			Dogadjaj1996.04		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	02.07.1996 2:00	06.07.1996 2:00	132651360	04.04.1996 8:00	09.04.1996 23:00	191323080
Petanjci						
MurskoSredišće	02.07.1996 5:00	06.07.1996 7:00	135467349.2	04.04.1996 14:00	09.04.1996 23:00	201831719.8
Goričan	02.07.1996 9:00	06.07.1996 20:00	172310907.6	04.04.1996 16:00	09.04.1996 23:00	268049964.6
DonjaDubrava	03.07.1996 12:00	07.07.1996 23:00	336781260	05.04.1996 12:00	09.04.1996 13:00	239939784
Örtilos						
Botovo	02.07.1996 19:00	07.07.1996 23:00	521726112	04.04.1996 21:00	09.04.1996 22:00	484752240
	Dogadjaj1995.09			Dogadjaj1995.06		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	14.09.1995 1:00	24.09.1995 11:00	267,756,840	05.06.1995 1:00	09.06.1995 1:00	89,268,840
Petanjci	14.09.1995 2:00	24.09.1995 11:00	275,281,200	05.06.1995 2:00	09.06.1995 1:00	85,717,080
MurskoSredišće	14.09.1995 7:00	24.09.1995 11:00	277,145,287	05.06.1995 8:00	09.06.1995 1:00	74,697,022
Goričan	14.09.1995 12:00	24.09.1995 11:00	300,472,946	05.06.1995 13:00	09.06.1995 1:00	91,513,581
DonjaDubrava	14.09.1995 20:00	24.09.1995 7:00	614,054,268	05.06.1995 11:00	09.06.1995 1:00	218,208,996
Örtilos						
Botovo	14.09.1995 21:00	24.09.1995 11:00	832,311,504	05.06.1995 19:00	09.06.1995 1:00	311,124,492
	Dogadjaj1993.10.23			Dogadjaj1993.10.09		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	22.10.1993 1:00	06.11.1993 23:00	540,067,680	09.10.1993 14:00	13.10.1993 23:00	84,592,440
Petanjci	22.10.1993 1:00	06.11.1993 23:00	558,519,935	09.10.1993 16:00	13.10.1993 3:00	64,821,240
MurskoSredišće	22.10.1993 1:00	06.11.1993 23:00	543,432,333	09.10.1993 23:00	13.10.1993 23:00	79,047,587
Goričan	22.10.1993 3:00	06.11.1993 23:00	550,051,261	10.10.1993 3:00	13.10.1993 22:00	68,248,063
DonjaDubrava	23.10.1993 2:00	02.11.1993 18:00	911,046,420	09.10.1993 10:00	13.10.1993 23:00	400,783,572
Örtilos						
Botovo	23.10.1993 2:00	06.11.1993 23:00	1,609,205,112	09.10.1993 12:00	13.10.1993 23:00	436,069,728
	Dogadjaj1992.12			Dogadjaj1991.11		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	06.12.1992 1:00	09.12.1992 13:00	104,351,040	20.11.1991 3:00	29.11.1991 5:00	219,958,532
Petanjci	06.12.1992 1:00	09.12.1992 13:00	107,671,500	20.11.1991 4:00	29.11.1991 5:00	247,451,578
MurskoSredišće	06.12.1992 3:00	09.12.1992 13:00	108,759,456	20.11.1991 13:00	29.11.1991 5:00	262,051,444
Goričan	06.12.1992 5:00	09.12.1992 13:00	122,177,808	20.11.1991 20:00	29.11.1991 5:00	344,685,082
DonjaDubrava	06.12.1992 9:00	09.12.1992 13:00	261,443,952	21.11.1991 13:00	28.11.1991 15:00	583,555,281
Örtilos						
Botovo	06.12.1992 13:00	09.12.1992 13:00	325,205,136	21.11.1991 8:00	29.11.1991 4:00	858,049,789
	Dogadjaj1992.12			Dogadjaj1991.11		
	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV	PočetakVV	KrajVV	VolumenVV
GornjaRadgona	27.06.1991 1:00	01.07.1991 23:00	155,182,032	01.11.1990 5:00	08.11.1990 23:00	181,095,804
Petanjci	27.06.1991 1:00	01.07.1991 23:00	175,175,676			
MurskoSredišće	27.06.1991 4:00	01.07.1991 23:00	168,678,396	01.11.1990 7:00	08.11.1990 23:00	215,324,028
Goričan	27.06.1991 7:00	01.07.1991 23:00	170,929,296	01.11.1990 12:00	08.11.1990 23:00	224,355,852
DonjaDubrava	27.06.1991 8:00	01.07.1991 1:00	361,506,096	01.11.1990 22:00	07.11.1990 22:00	500,385,240
Örtilos						
Botovo	27.06.1991 9:00	01.07.1991 14:00	467,491,212	01.11.1990 15:00	08.11.1990 23:00	675,532,836

3.1.2 Kriteriji početka vodnog vala po postajama

U daljnjoj analizi velikovodnih događaja definirani su kriteriji za vodostaje i protoke uslijed kojih je došlo do pripremnog stanja za obranu od poplava na hidrološkoj postaji Botovo. Definirana su ukupno 3 kriterija za svaku hidrološku postaju uzvodno od h.p. Botovo te za svaku skupinu događaja:

- **Stanje 1**
 - opis: Početak praćenja događaja na hidrološkoj postaji.
 - oznaka: Hstanje1 [cm].
- **Stanje 2**
 - opis: Vodostaj na polovini raspona između Stanja 1 i Stanja 3.
 - oznaka: Hstanje2 [cm]
- **Stanje 3**
 - opis: Sigurna pojava velikovodnog događaja uz porast vodostaja u prethodna 3 sata.
 - oznaka: Hstanje3 [cm]

Prikaz definiranih stanja za pojedinu postaju dan je tablično (Tablica 3-3).

Tablica 3-3. Definirana stanja za *pripremno stanje* na h.p. Botovo

	Stanje	Gornja Radgona	Petanjci	Mursko Središće	Goričan	Donja Dubrava	Örtilos
VODOSTAJ	Hstanje1 [cm]	145	220	230	230	100	80
	Hstanje2 [cm]	210	290	295	295	175	170
	Hstanje3 [cm]	275	360	365	365	250	265
PROTOK	Qstanje1 [m ³ /s]	230	240	230	315	660	785
	Qstanje2 [m ³ /s]	405	415	380	450	920	1190
	Qstanje3 [m ³ /s]	585	595	535	585	1180	1600

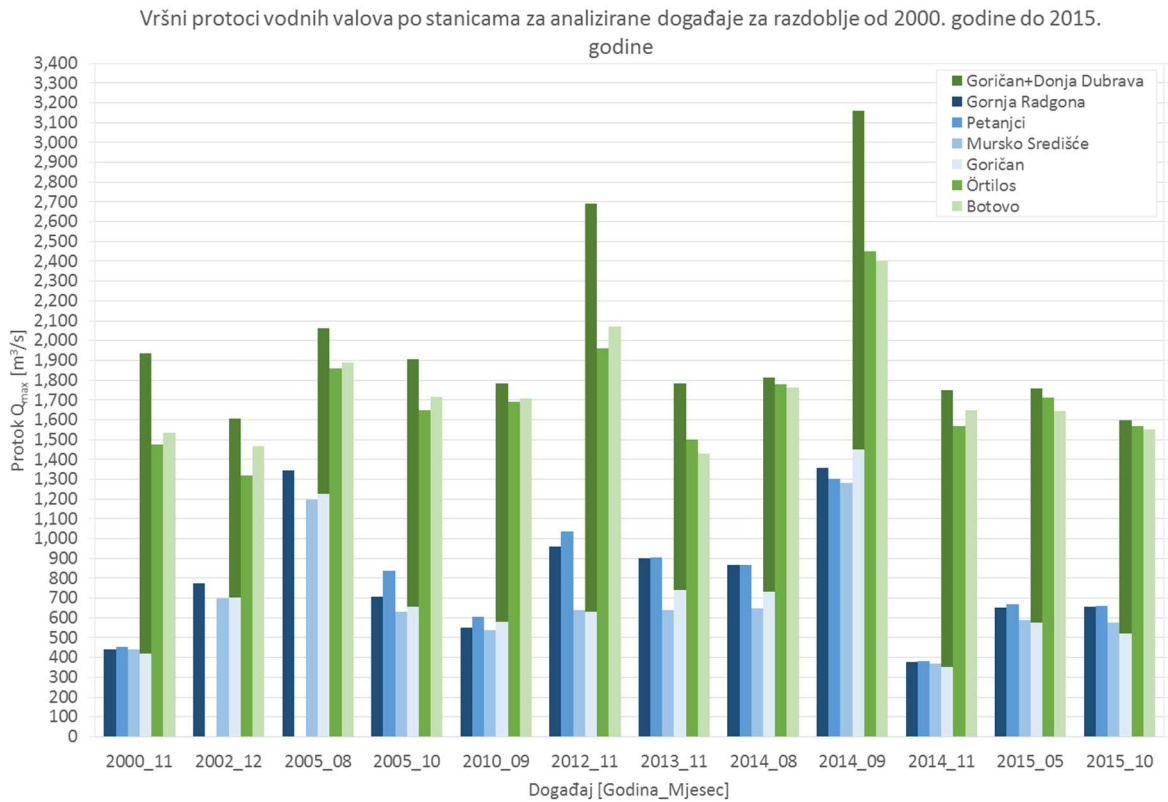
3.2 ANALIZA VRŠNIH PROTOKA VELIKIH VODA

Izrađena je analiza vršnih protoka na Muri i Dravi za odabrane velikovodne događaje. U nastavku su dani tablični i grafički prikazi vršnih protoka po odabranim događajima.

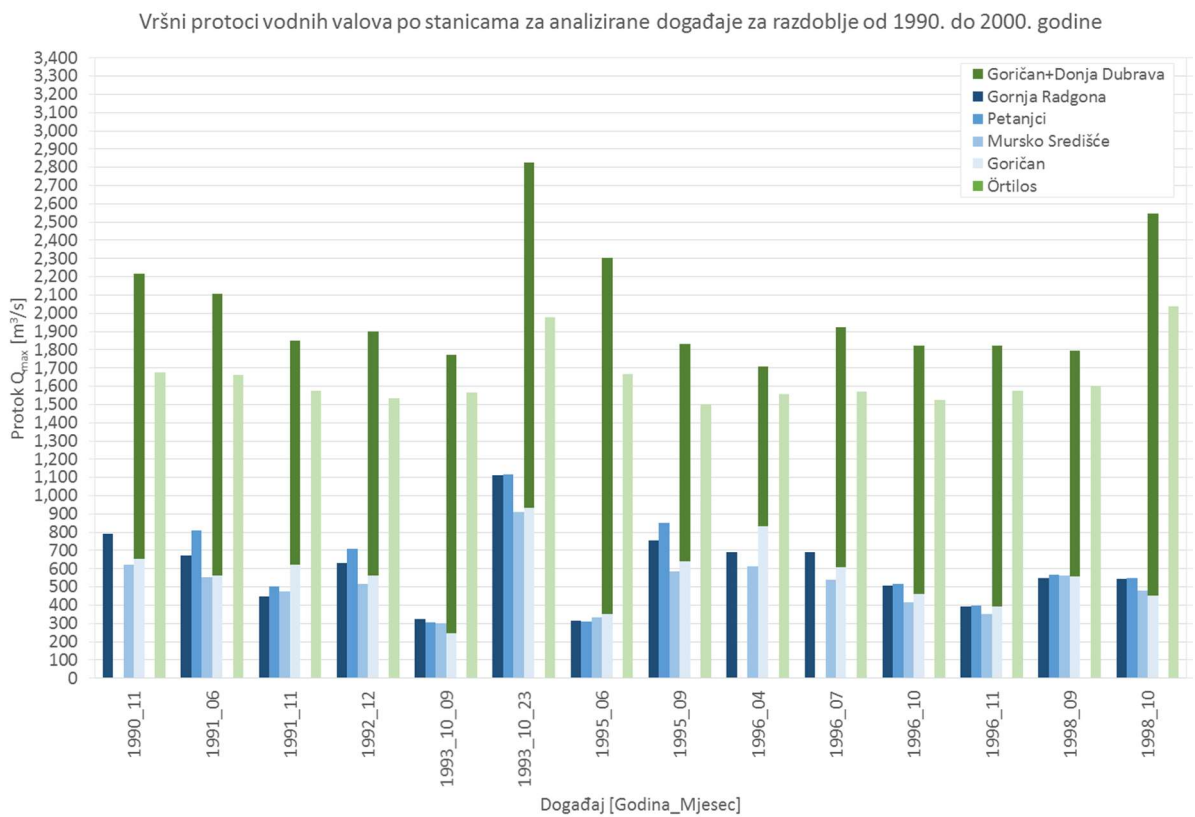
Tablica 3-4. Vršni protok po događajima

Događaj	Gornja Radgona Q_{\max} [m ³ /s]	Petanjci Q_{\max} [m ³ /s]	Mursko Središće Q_{\max} [m ³ /s]	Goričan Q_{\max} [m ³ /s]	Donja Dubrava Q_{\max} [m ³ /s]	Örtilos Q_{\max} [m ³ /s]	Botovo Q_{\max} [m ³ /s]
2015_10	657	662	575	523	1,073	1,570	1,550
2015_05	654	671	588	575	1,183	1,710	1,646
2014_11	376	383	367	353	1,398	1,570	1,648
2014_09	1,358	1,300	1,280	1,448	1,711	2,450	2,399
2014_08	868	866	646	732	1,083	1,780	1,761
2013_11	900	904	641	739	1,046	1,500	1,427
2012_11	962	1,036	641	629	2,061	1,960	2,071
2010_09	551	605	537	579	1,205	1,690	1,707
2005_10	706	838	630	656	1,249	1,650	1,718
2005_08	1,345	0	1,196	1,225	839	1,860	1,889
2002_12	774	0	700	703	902	1,317	1,467
2000_11	440	454	440	419	1,517	1,476	1,535
1998_10	546	547	480	452	2,095	0	2,038
1998_09	551	569	562	557	1,236	0	1,602
1996_11	394	400	350	391	1,432	0	1,573
1996_10	509	517	418	462	1,359	0	1,526
1996_07	690	0	541	609	1,313	0	1,568
1996_04	693	0	613	834	876	0	1,559
1995_09	754	852	587	643	1,190	0	1,502
1995_06	316	308	331	351	1,954	0	1,666
1993_10_23	1,113	1,115	913	932	1,892	0	1,978
1993_10_09	324	308	300	246	1,524	0	1,564
1992_12	632	707	518	560	1,342	0	1,535
1991_11	449	504	475	621	1,231	0	1,573
1991_06	671	810	554	560	1,544	0	1,661
1990_11	791	0	622	652	1,565	0	1,676

(a) za razdoblje 2000.-2015.

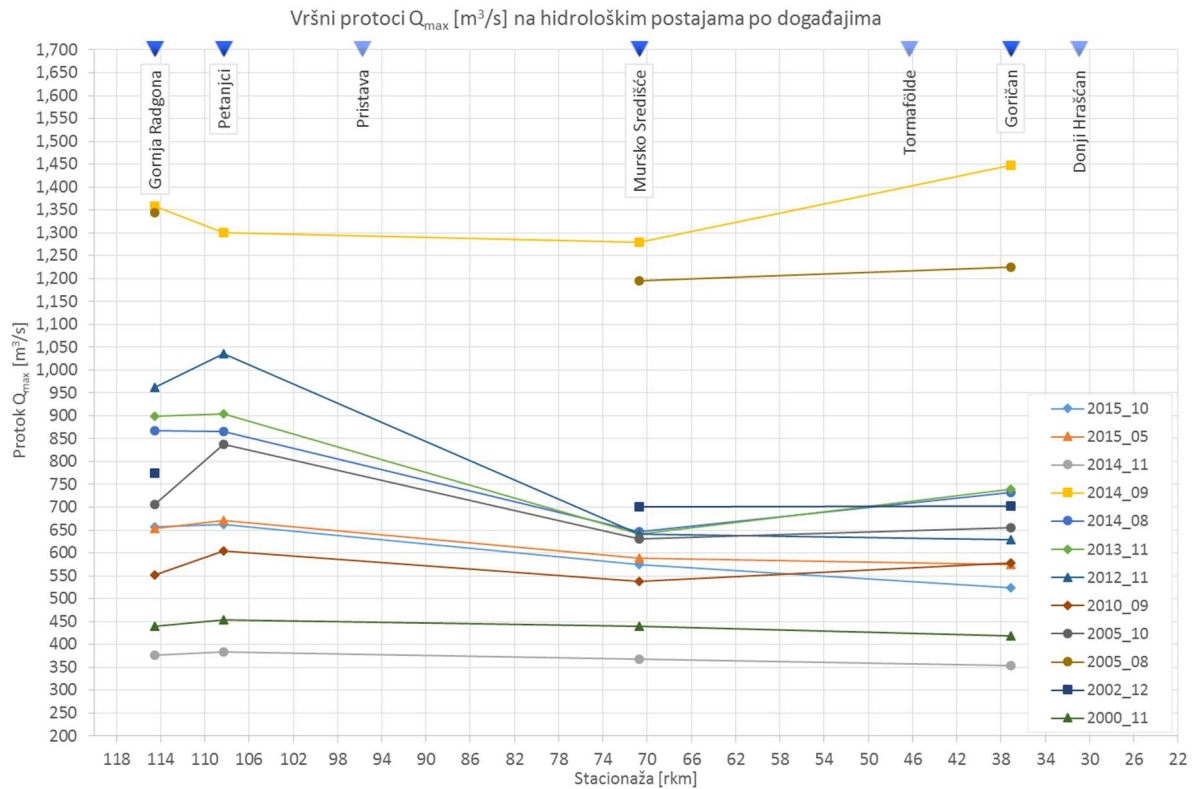


(b) za razdoblje 1990.-2000.

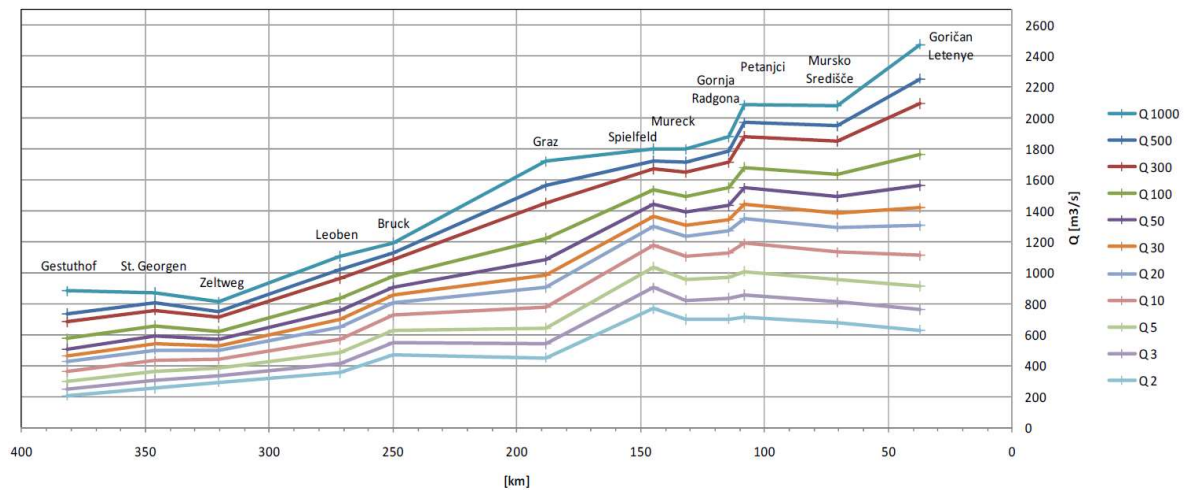


Slika 3.1. Vršni protoci na postajama - kronološki

Grafički je prikazan (Slika 3.2) uzdužni raspored vršnih protoka Q_{max} na hidrološkim postajama na Muri po velikovodnim događajima.



Slika 3.2. Vršni protoci na hidrološkim postajama na Muri po događajima



Slika 3.3. Q 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 i 2 za velike vode na hidrološkim postajama na Muri [6]

3.3 ANALIZA VOLUMENA VELIKIH VODA

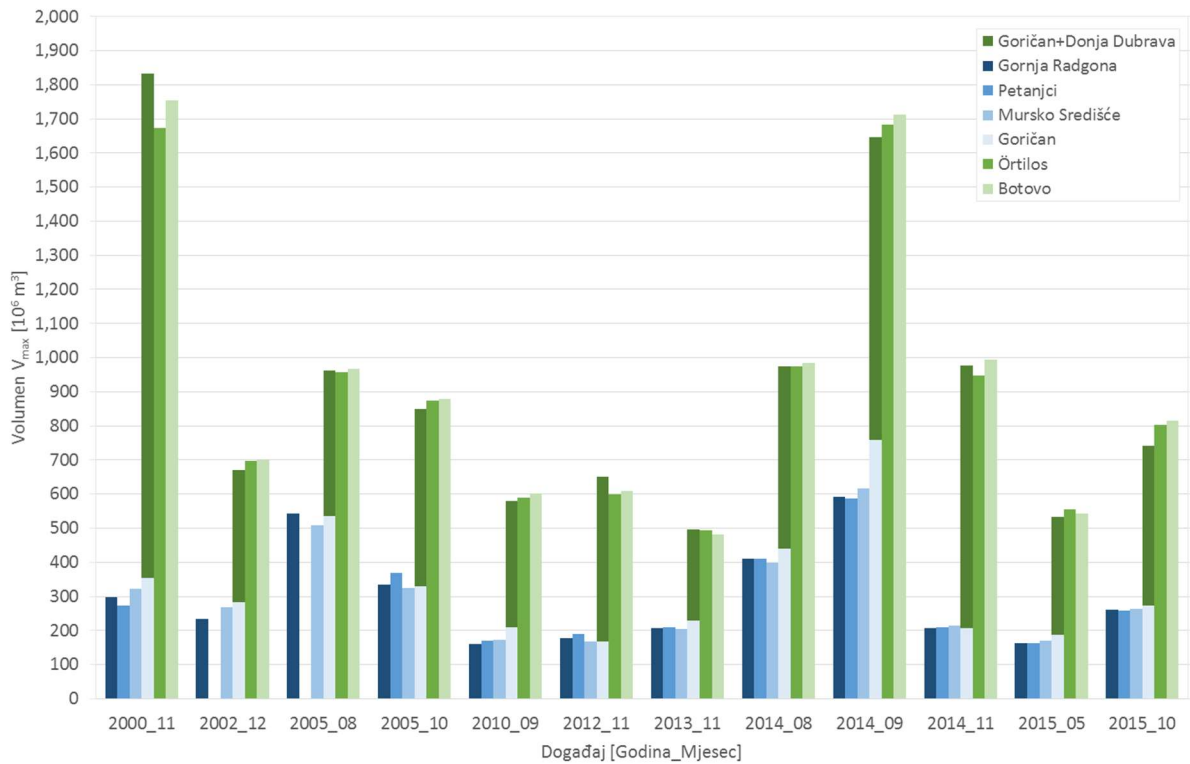
Izrađena je analiza protočnih volumena na Muri i Dravi za odabrane velikovodne događaje. Volumeni vodnih valova izračunati su po definiranim razredima vodostaja te je određen i ukupni volumen na određenoj postaji za određeni događaj. Rezultati su dani tablično i grafički.

Tablica 3-5. Ukupan volumen vodnih valova po događajima

Događaj	Gornja Radgona V_{max} [m ³]	Petanjci V_{max} [m ³]	Mursko Središće V_{max} [m ³]	Goričan V_{max} [m ³]	Donja Dubrava V_{max} [m ³]	Örtilos V_{max} [m ³]	Botovo V_{max} [m ³]
2015_10	261,521,640	257,991,840	263,502,000	273,661,200	466,992,000	803,579,400	814,921,200
2015_05	163,689,840	162,059,040	168,940,800	187,858,800	344,779,200	554,592,600	542,473,200
2014_11	205,767,000	209,230,560	214,052,400	207,619,200	769,096,800	948,468,600	993,870,000
2014_09	590,826,600	587,595,600	616,248,000	758,764,800	887,212,800	1,681,926,012	1,713,067,200
2014_08	410,222,520	410,960,880	398,581,200	439,156,800	536,083,200	975,132,000	984,898,800
2013_11	207,349,560	209,697,480	203,263,200	229,701,600	267,548,400	494,722,800	480,985,200
2012_11	176,407,200	189,725,040	168,422,400	166,708,800	483,206,400	599,722,200	609,483,600
2010_09	160,511,040	169,761,960	171,997,200	208,184,400	372,542,400	589,998,600	600,663,600
2005_10	334,465,560	368,503,200	325,458,000	328,838,400	521,661,600	874,486,800	878,277,600
2005_08	542,278,800	0	508,485,600	536,565,600	425,890,800	957,200,400	966,510,000
2002_12	234,716,040	0	268,977,600	283,802,400	387,028,944	696,118,968	698,666,400
2000_11	296,881,200	274,125,960	321,778,800	354,459,600	1,478,763,576	1,672,761,600	1,755,010,584
1998_10	234,256,680	229,437,720	232,812,000	236,282,400	733,727,628	0	894,853,152
1998_09	207,319,680	210,088,440	221,706,000	246,006,000	481,178,592	0	681,054,048
1996_11	400,667,760	417,601,440	412,856,471	415,346,599	1,353,736,368	0	1,651,777,128
1996_10	155,390,400	156,579,480	142,843,548	147,314,185	312,396,804	0	433,057,896
1996_07	132,651,360	0	135,467,349	172,310,908	336,781,260	0	521,726,112
1996_04	191,323,080	0	201,831,720	268,049,965	239,939,784	0	484,752,240
1995_09	267,756,840	275,281,200	277,145,287	300,472,946	614,054,268	0	832,311,504
1995_06	89,268,840	85,717,080	74,697,022	91,513,581	218,208,996	0	311,124,492
1993_10_23	540,067,680	558,519,935	543,432,333	550,051,261	911,046,420	0	1,609,205,112
1993_10_09	84,592,440	64,821,240	79,047,587	68,248,063	400,783,572	0	436,069,728
1992_12	104,351,040	107,671,500	108,759,456	122,177,808	261,443,952	0	325,205,136
1991_11	219,958,532	247,451,578	262,051,444	344,685,082	583,555,281	0	858,049,789
1991_06	155,182,032	175,175,676	168,678,396	170,929,296	361,506,096	0	467,491,212
1990_11	181,095,804	0	215,324,028	224,355,852	500,385,240	0	675,532,836

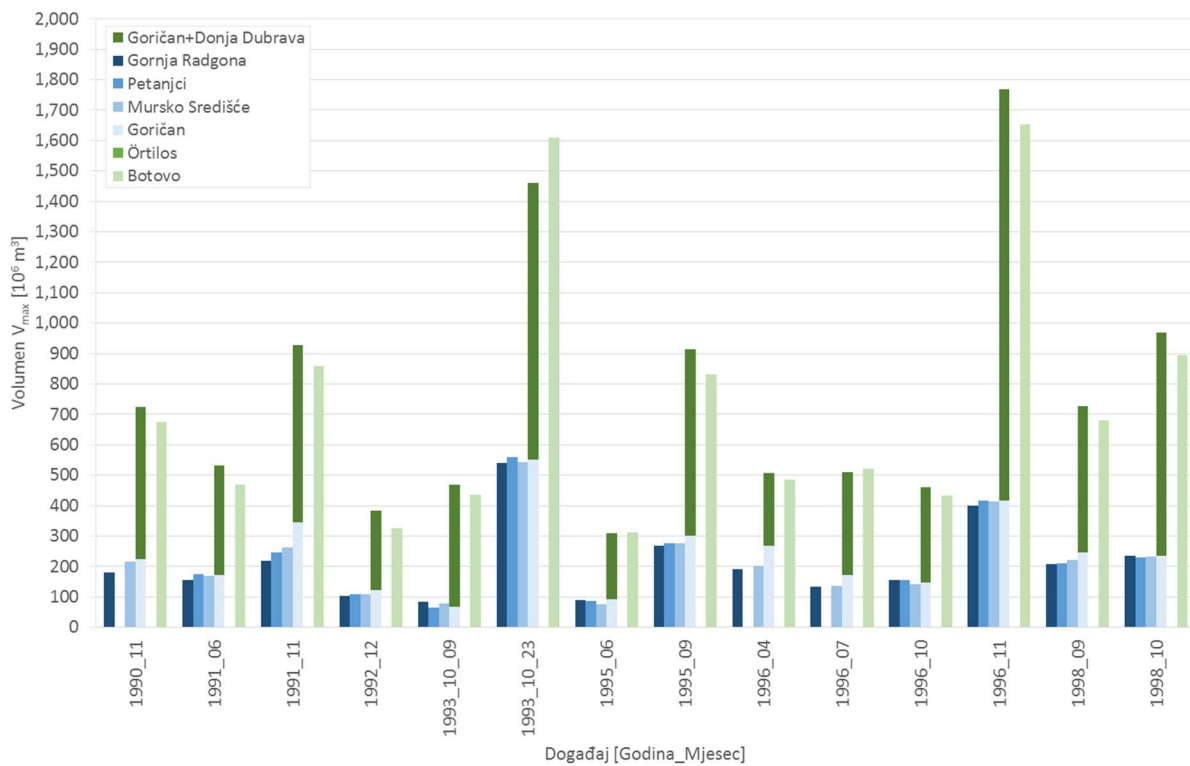
(a) za razdoblje 2000.-2015.

Voumeni vodnih valova po stanicama za analizirane događaje za razdoblje od 2000. do 2015. godine



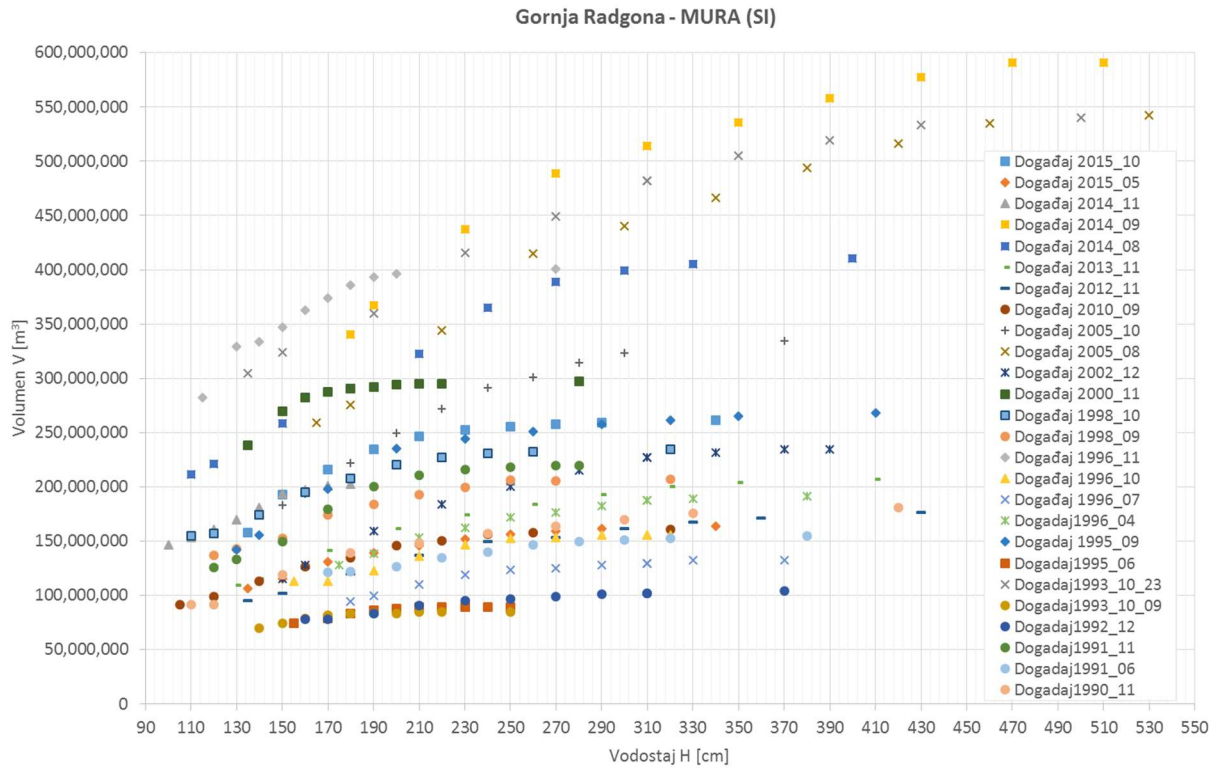
(b) za razdoblje 1990.-2000.

Voumeni vodnih valova po stanicama za analizirane događaje za razdoblje od 1990. do 2000. godine

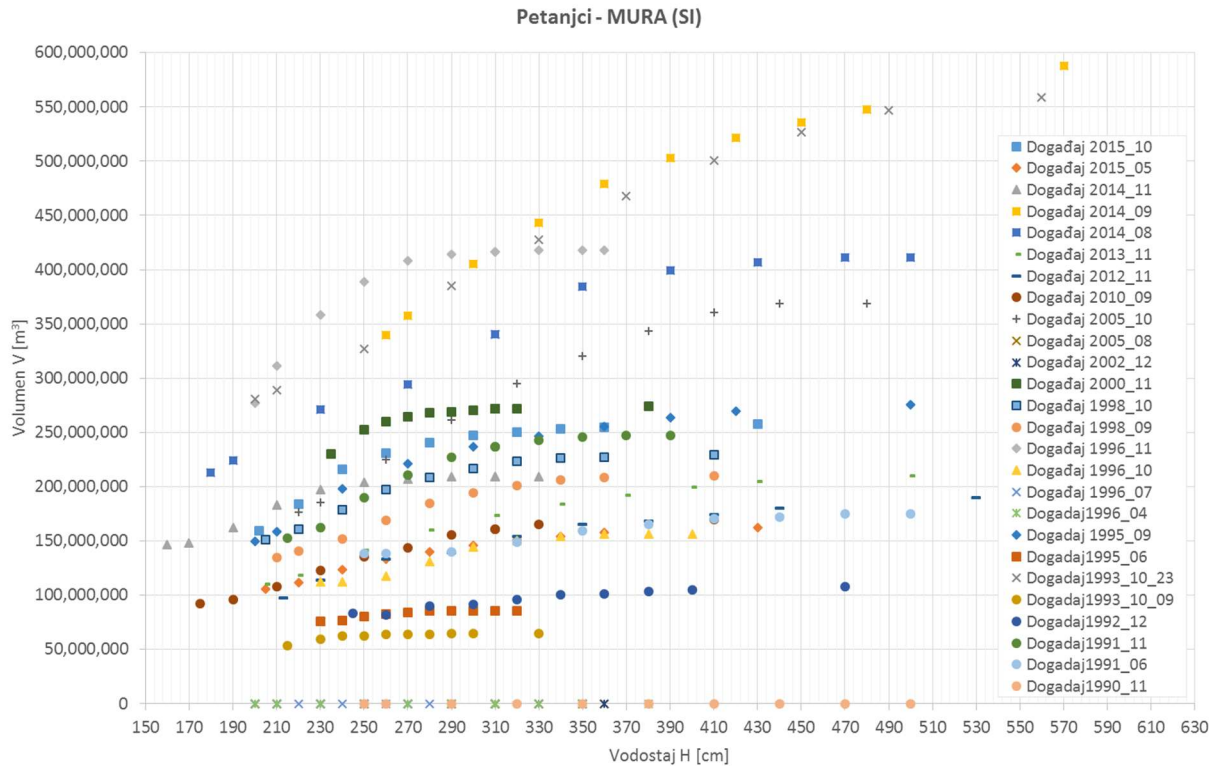


Slika 3.4. Ukupan volumen vodnih valova na postajama - kronološki

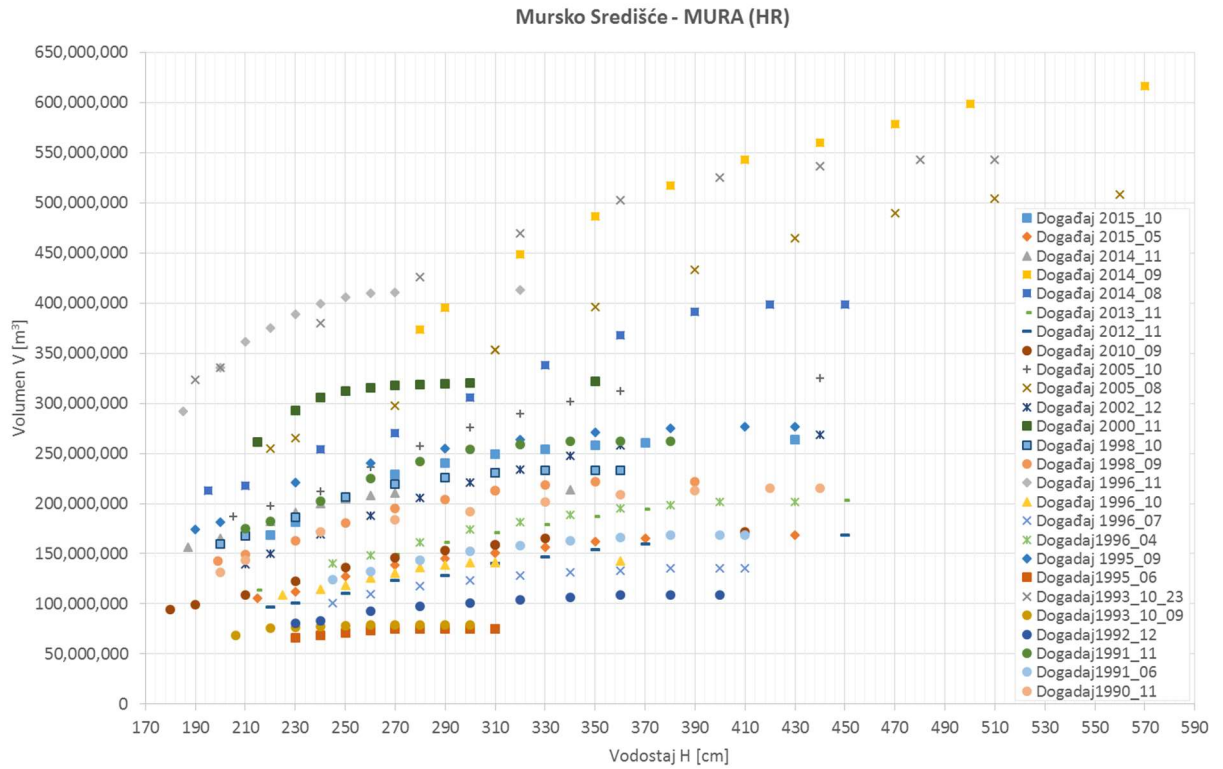
(a) Gornja Radgona



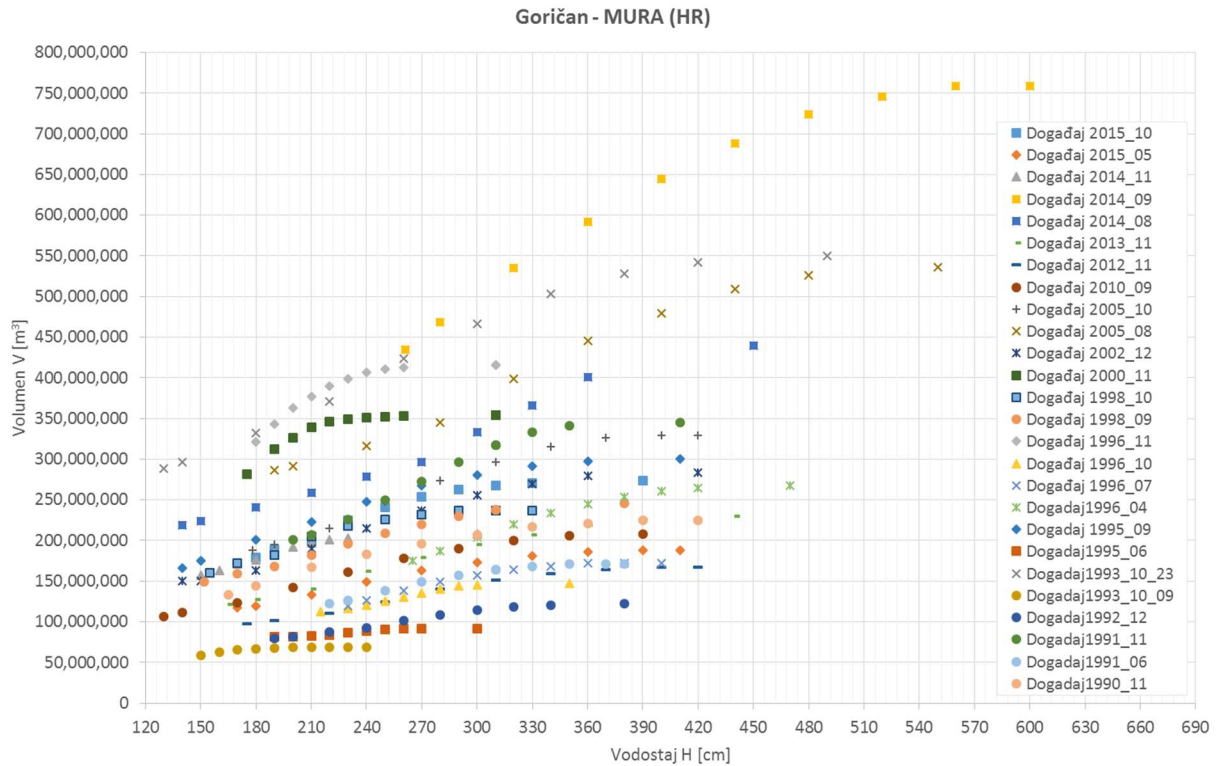
(b) Petanjci



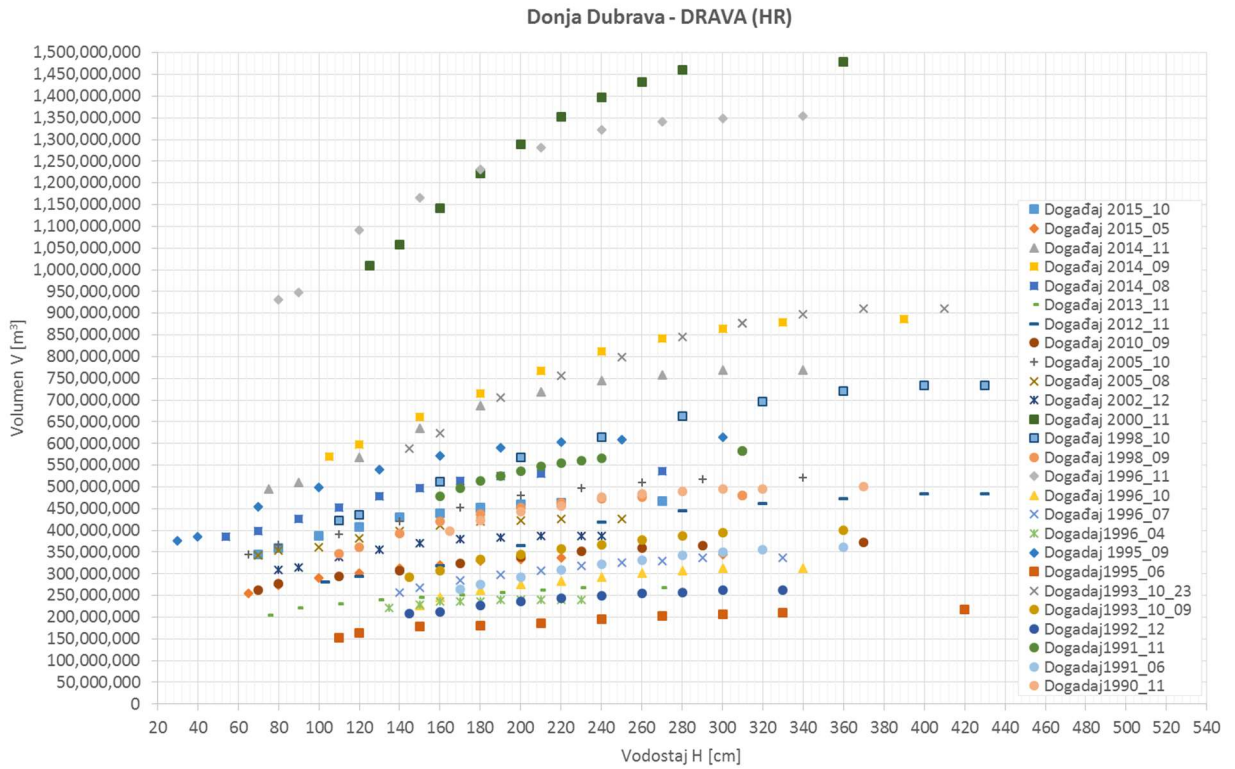
(c) Mursko Središće



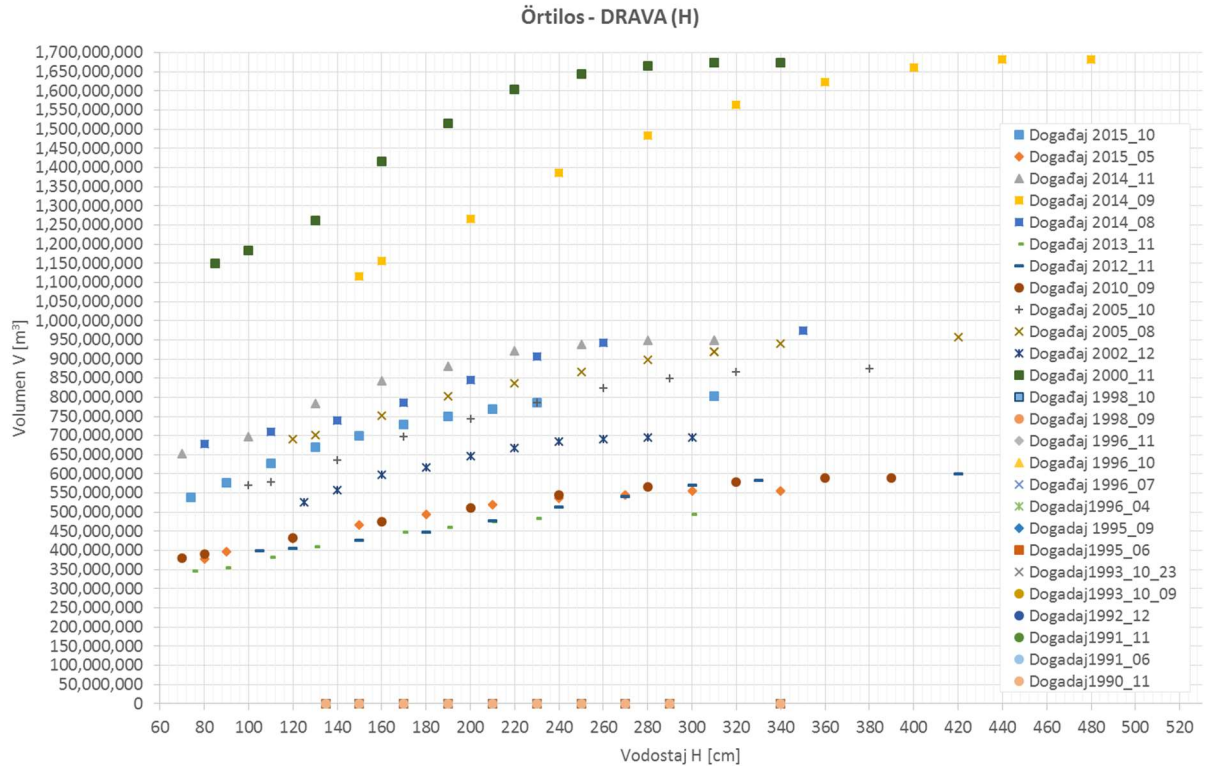
(d) Goričan



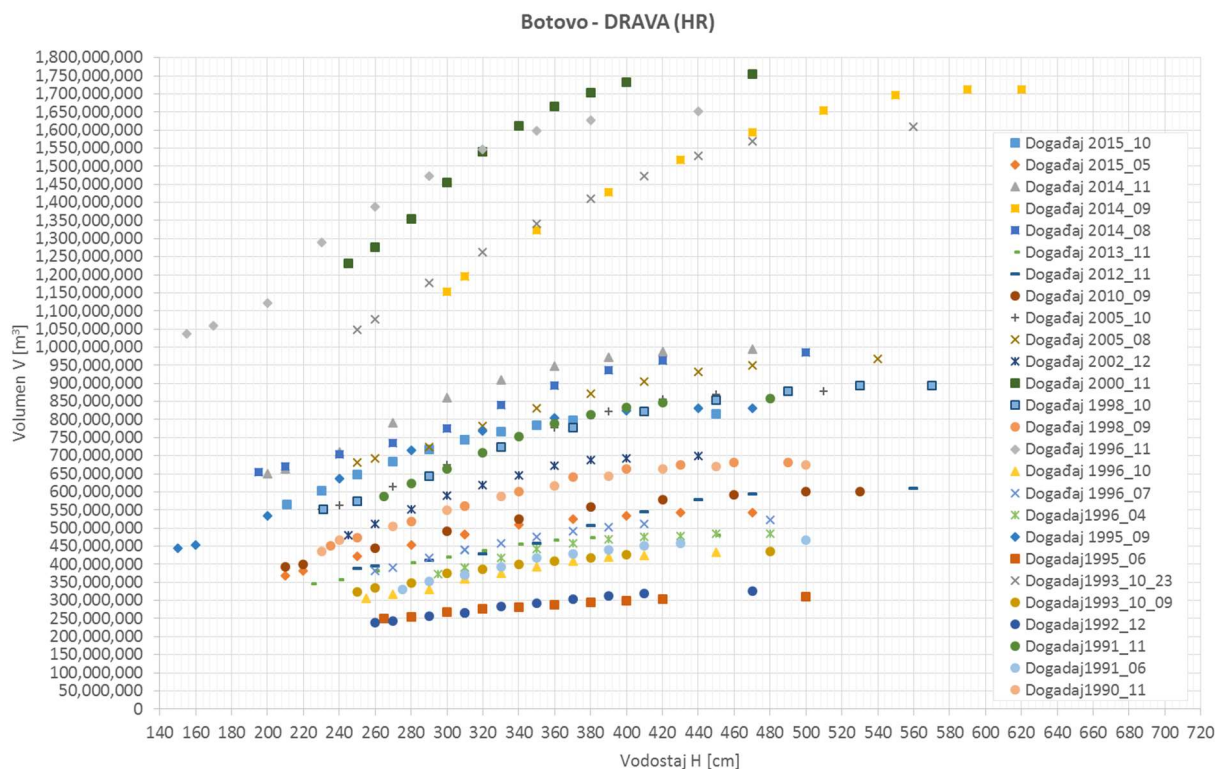
(e) Donja Dubrava



(f) Örtilos



(g) Botovo



Slika 3.5. Volumen vodnih valova po razredima

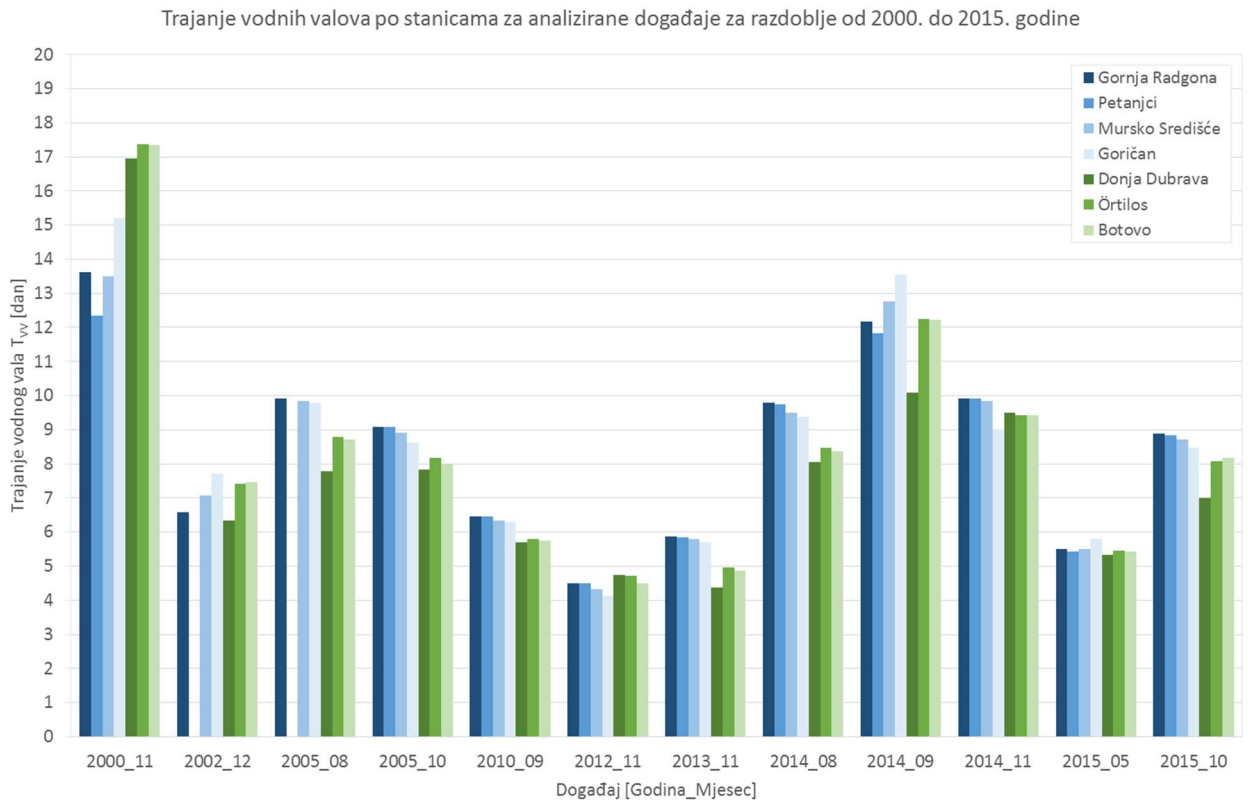
3.4 ANALIZA TRAJANJA VELIKIH VODA

Izrađena je analiza trajanja vodnih valova na Muri i Dravi za odabrane velikovodne događaje. Trajanja vodnih valova određena su po definiranim razredima vodostaja te je određeno i ukupno trajanje velikovodnog događaja na određenoj postaji za određeni događaj. Rezultati su dani tablično i grafički.

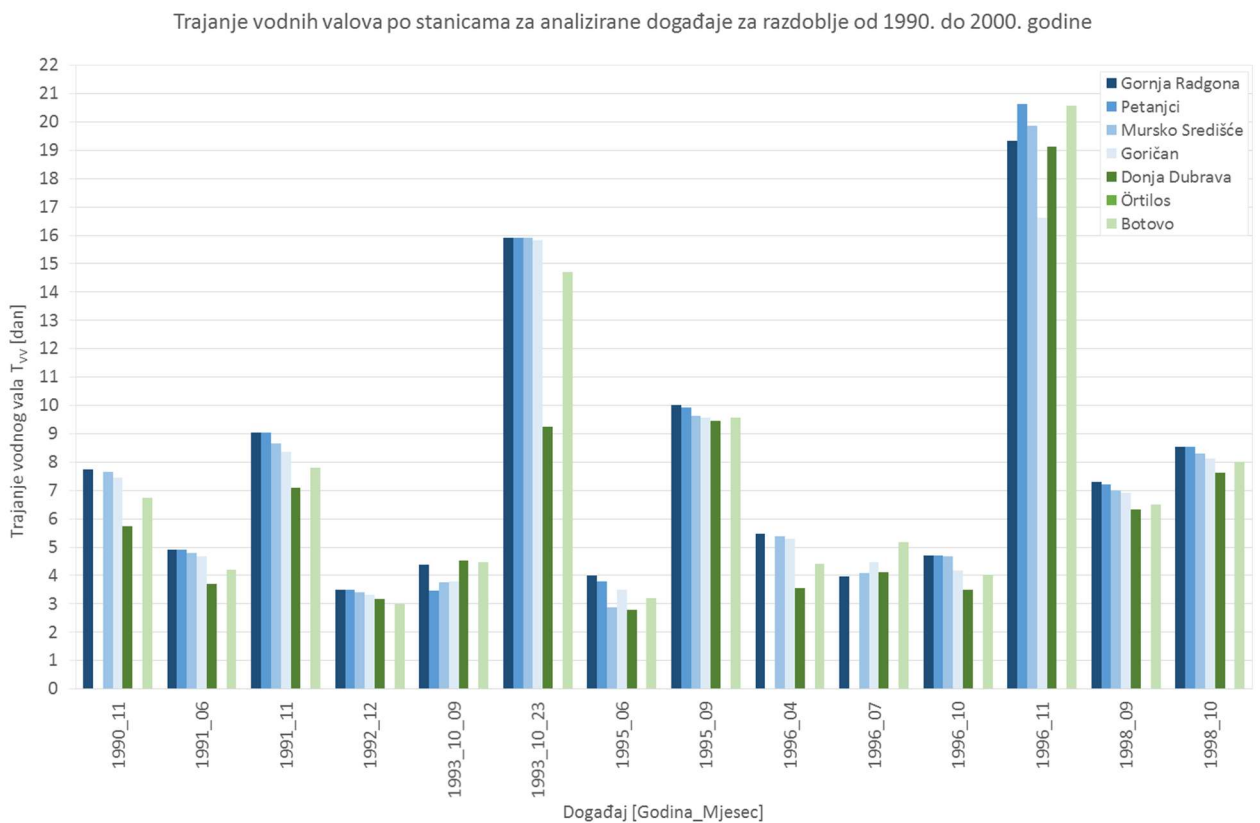
Tablica 3-6. Ukupno trajanje vodnog vala po događajima

Događaji	Gornja Radgona T _{VV} [dan]	Petanjci T _{VV} [dan]	Mursko Središće T _{VV} [dan]	Goričan T _{VV} [dan]	Donja Dubrava T _{VV} [dan]	Örtilos T _{VV} [dan]	Botovo T _{VV} [dan]
2015_10	8.88	8.83	8.71	8.46	7.00	8.08	8.17
2015_05	5.50	5.42	5.50	5.79	5.33	5.46	5.42
2014_11	9.92	9.92	9.83	9.00	9.50	9.42	9.42
2014_09	12.17	11.83	12.75	13.54	10.08	12.25	12.21
2014_08	9.79	9.75	9.50	9.38	8.04	8.46	8.38
2013_11	5.88	5.83	5.79	5.71	4.38	4.96	4.88
2012_11	4.50	4.50	4.33	4.13	4.75	4.71	4.50
2010_09	6.46	6.46	6.33	6.29	5.71	5.79	5.75
2005_10	9.08	9.08	8.92	8.63	7.83	8.17	8.00
2005_08	9.92	0.00	9.83	9.79	7.79	8.79	8.71
2002_12	6.58	0.00	7.08	7.71	6.33	7.42	7.46
2000_11	13.63	12.33	13.50	15.21	16.96	17.38	17.33
1998_10	8.54	8.54	8.29	8.13	7.63	0.00	8.00
1998_09	7.29	7.21	7.00	6.92	6.33	0.00	6.50
1996_11	19.33	20.63	19.88	16.63	19.13	0.00	20.58
1996_10	4.71	4.71	4.67	4.17	3.50	0.00	4.04
1996_07	3.96	0.00	4.08	4.46	4.13	0.00	5.17
1996_04	5.46	0.00	5.38	5.29	3.54	0.00	4.42
1995_09	10.00	9.92	9.63	9.58	9.46	0.00	9.58
1995_06	4.00	3.79	2.88	3.50	2.79	0.00	3.21
1993_10_23	15.92	15.92	15.92	15.83	9.25	0.00	14.71
1993_10_09	4.38	3.46	3.75	3.79	4.54	0.00	4.46
1992_12	3.50	3.50	3.42	3.33	3.17	0.00	3.00
1991_11	9.04	9.04	8.67	8.38	7.08	0.00	7.79
1991_06	4.92	4.92	4.79	4.67	3.71	0.00	4.21
1990_11	7.75	0.00	7.67	7.46	5.75	0.00	6.75

(a) za razdoblje 2000.-2015.

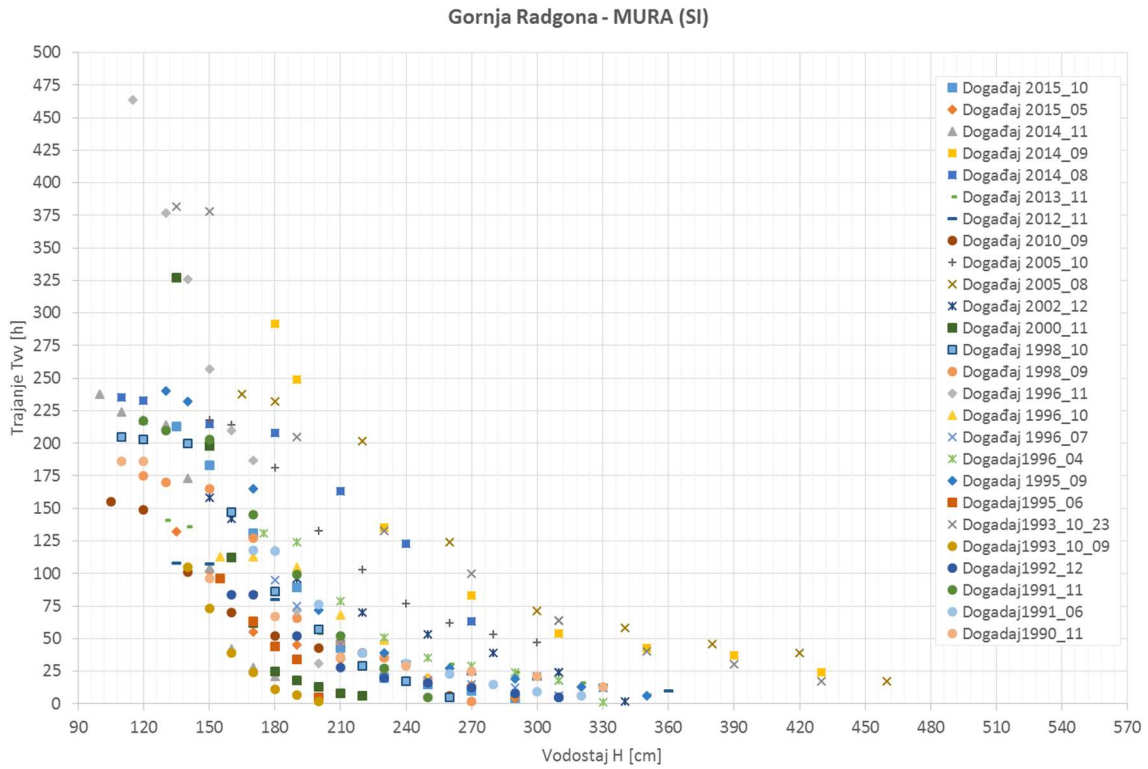


(b) za razdoblje 1990.-2000.

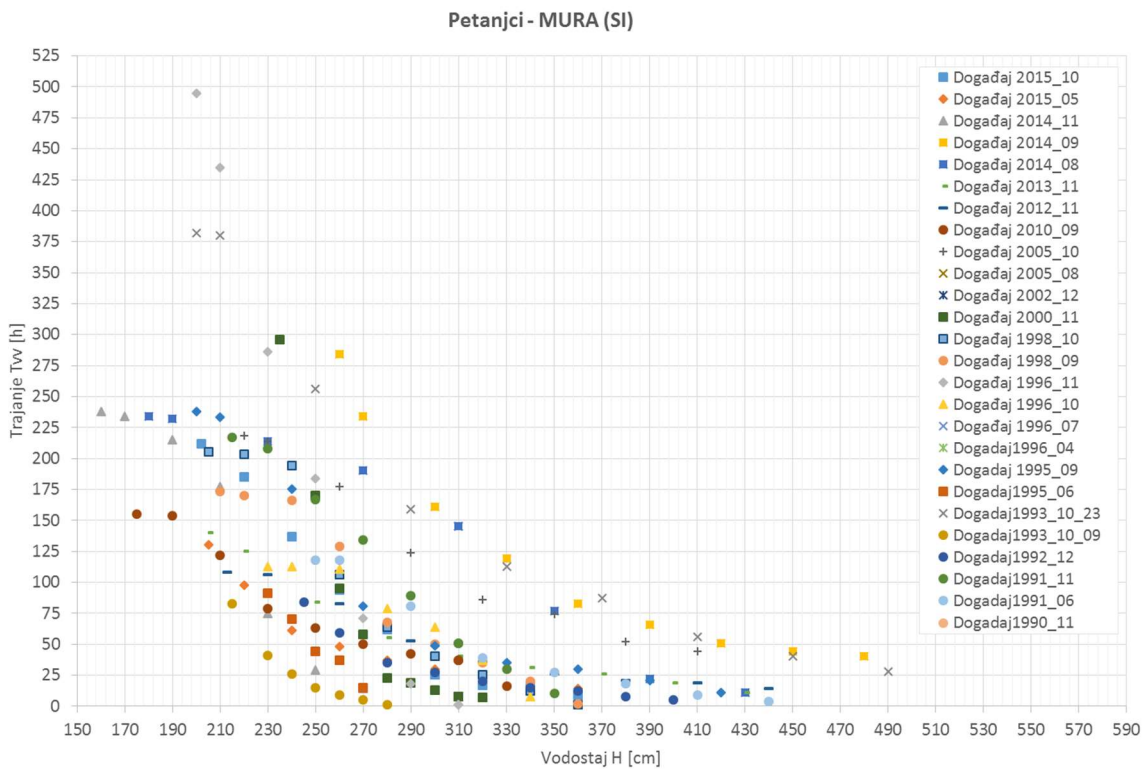


Slika 3.6. Ukupno trajanje vodnih valova na postajama - kronološki

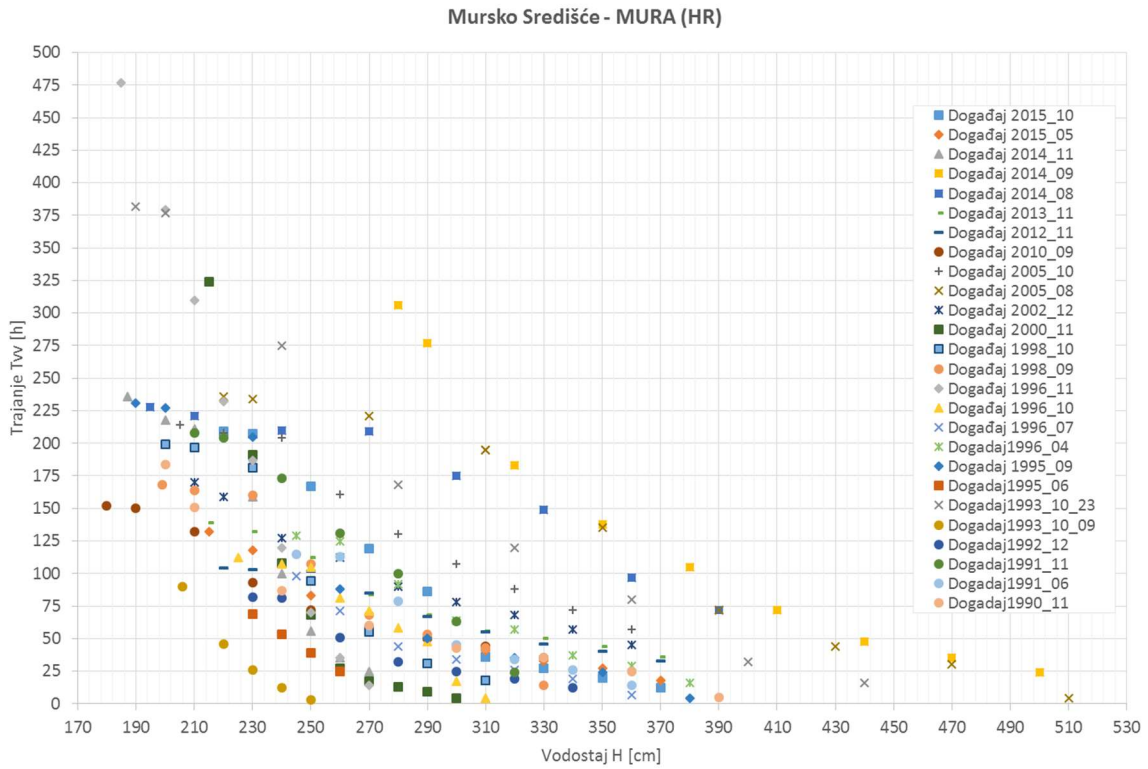
(a) Gornja Radgona



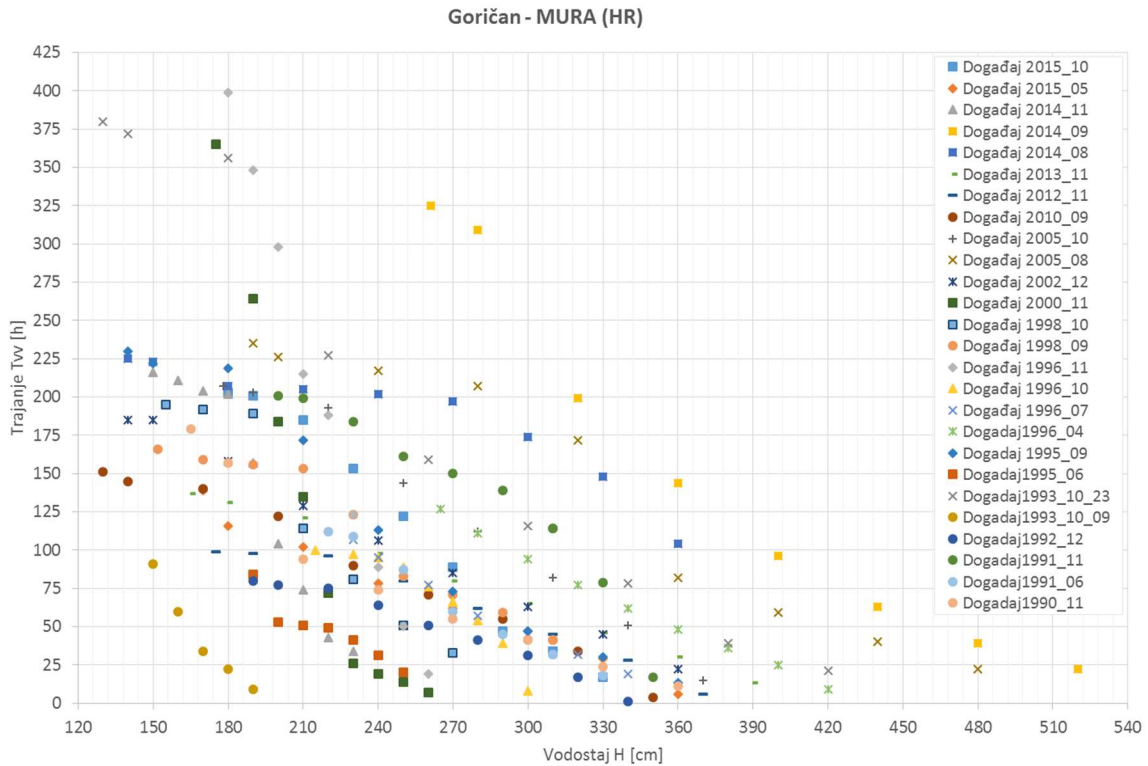
(b) Petanjci



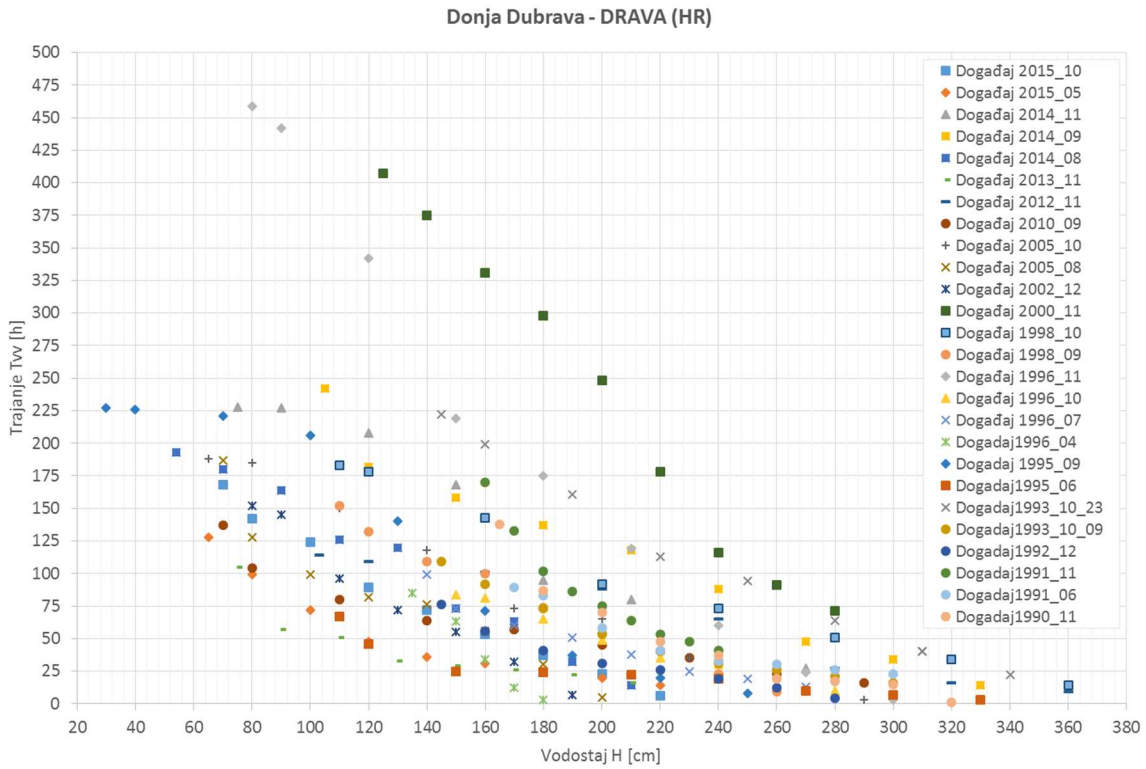
(c) Mursko Središće



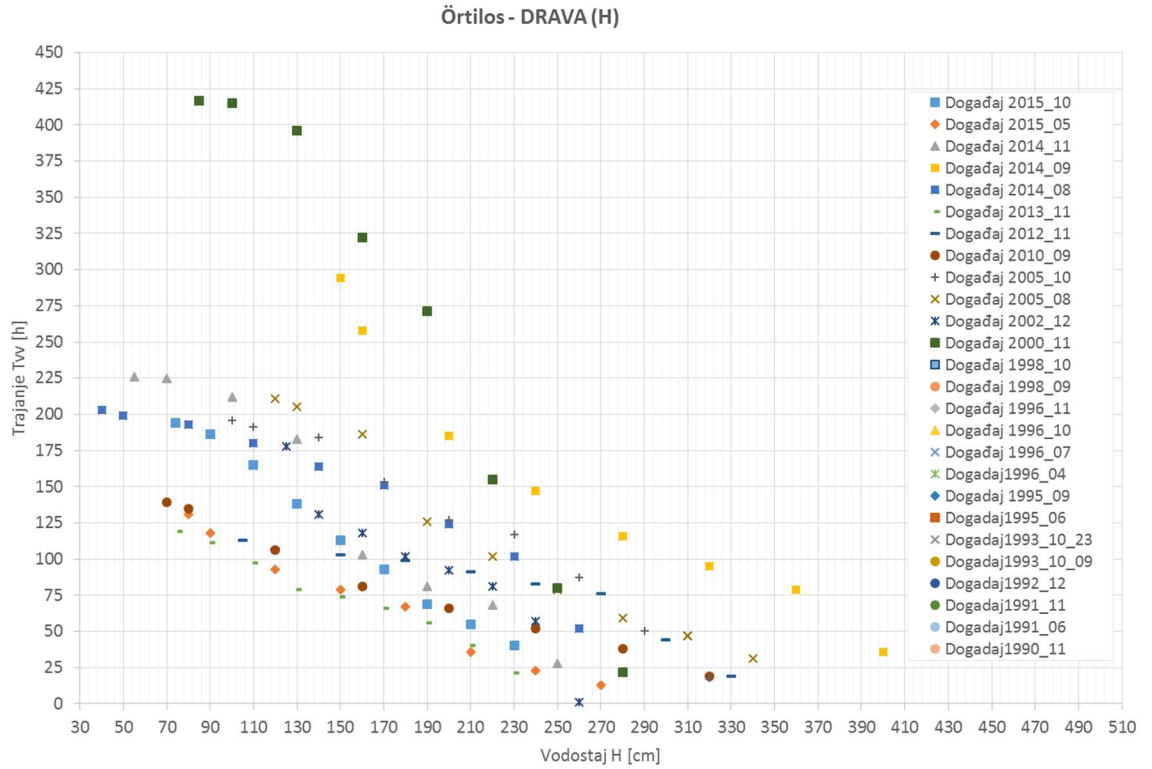
(d) Goričan



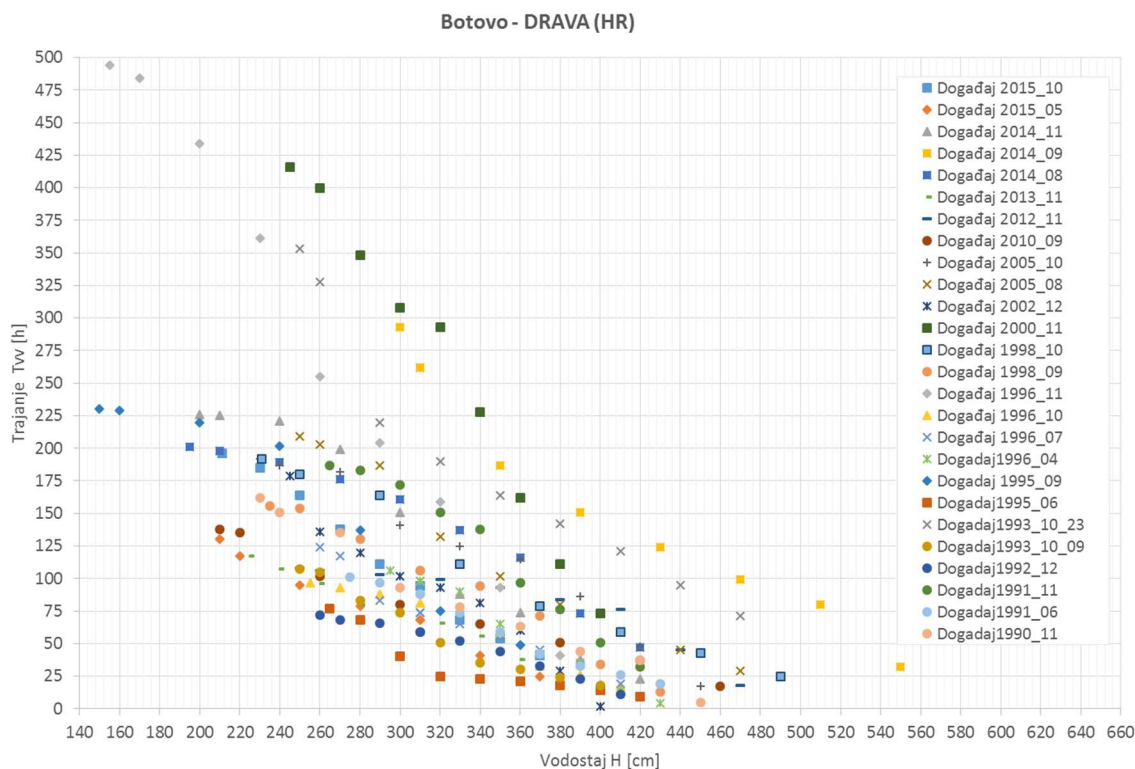
(e) Donja Dubrava



(f) Örtilos



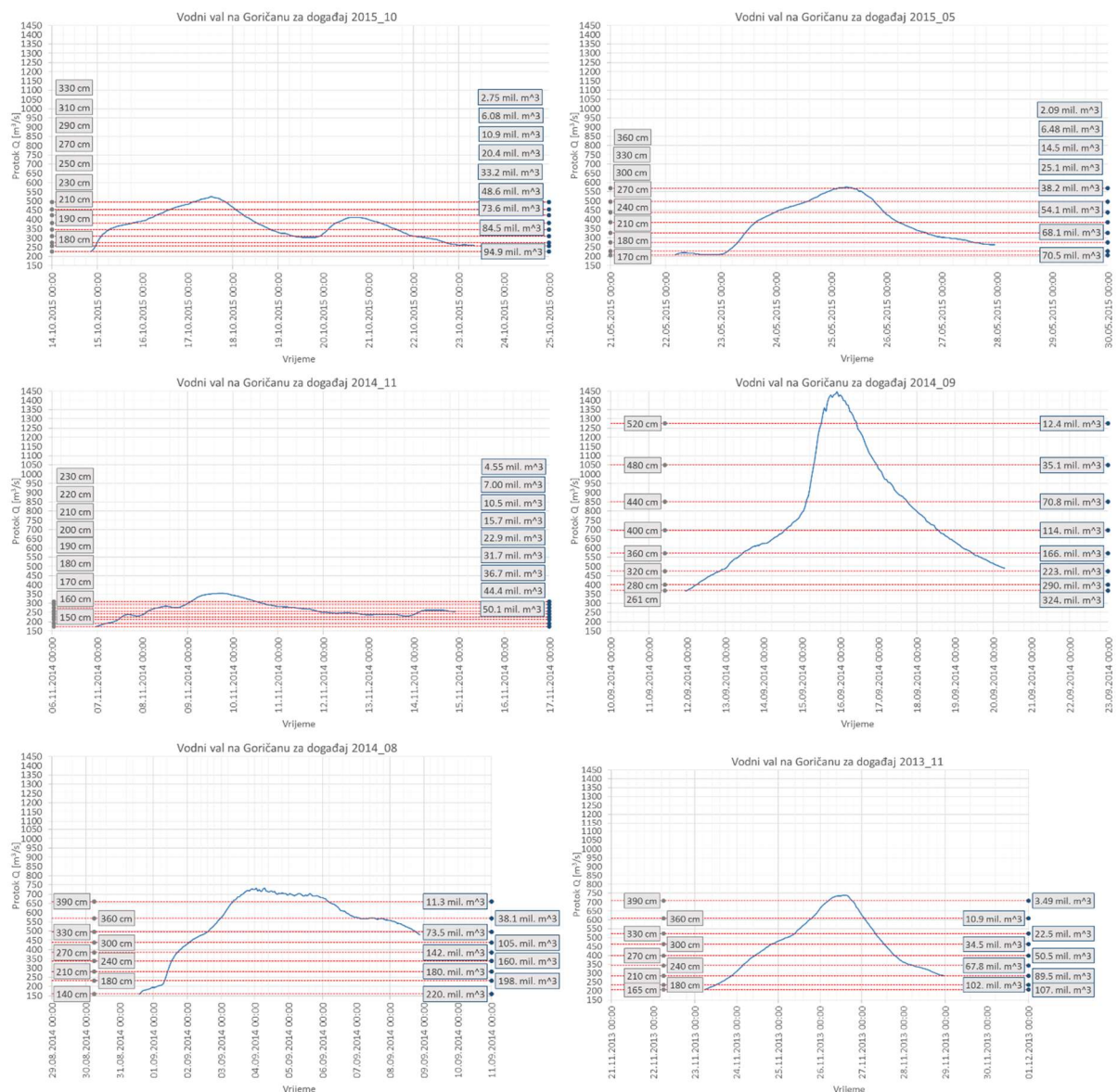
(g) Botovo

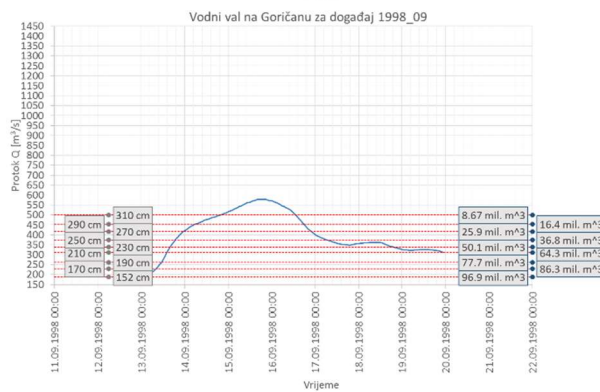
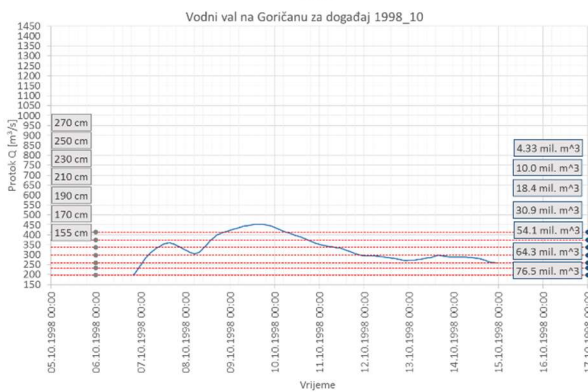
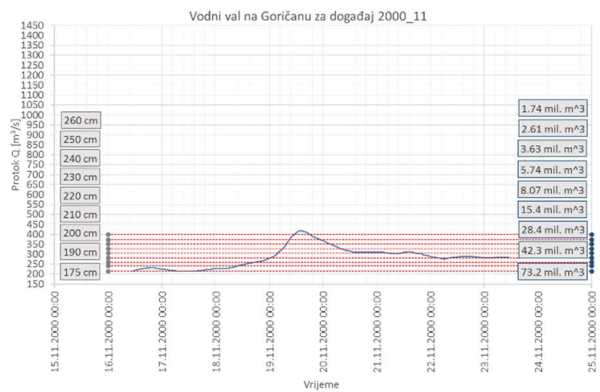
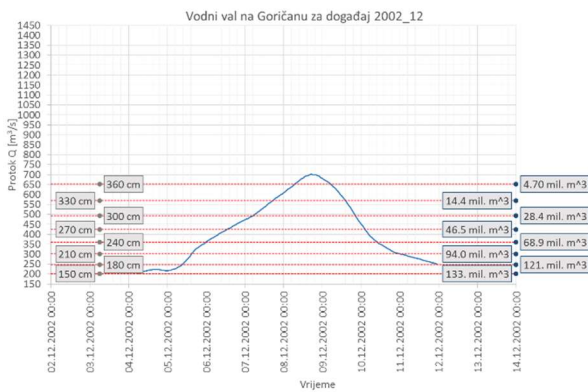
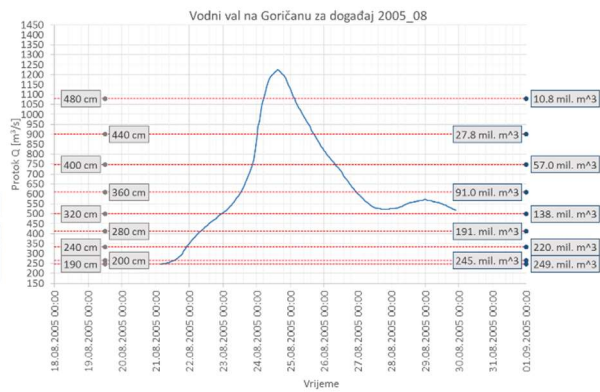
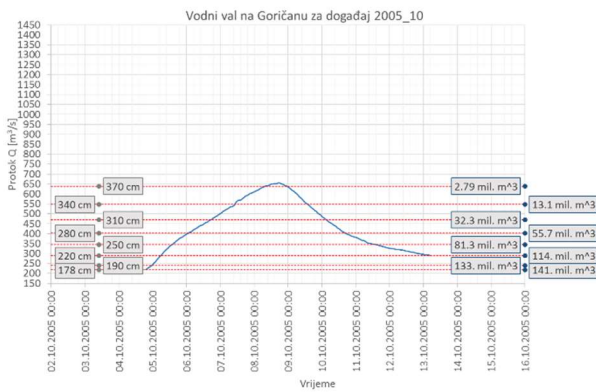
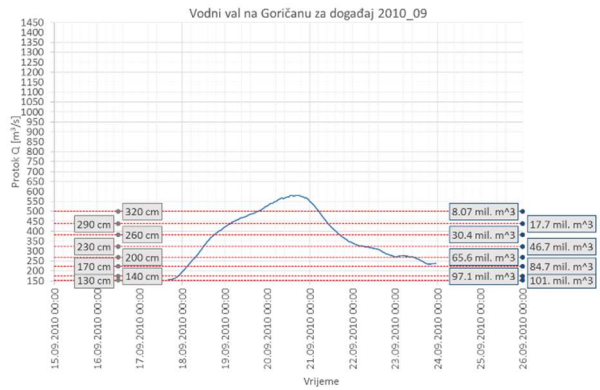
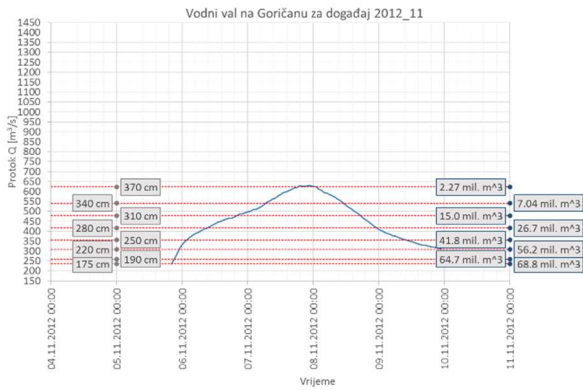


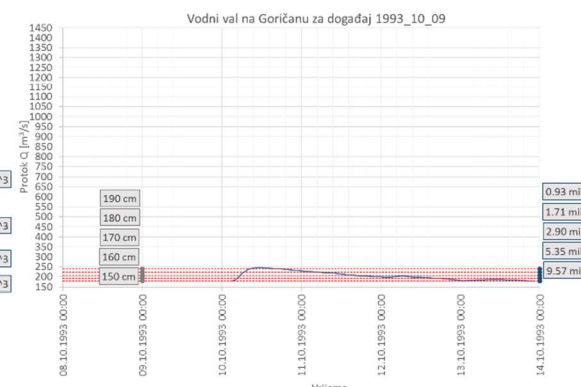
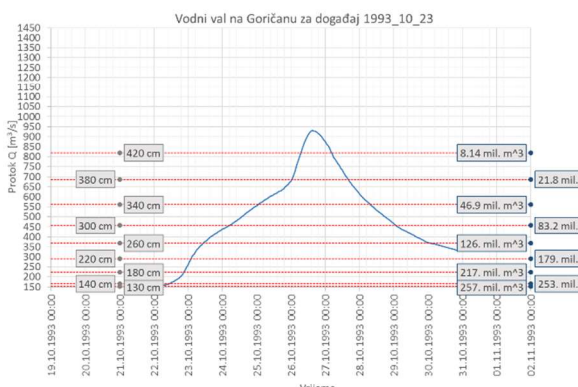
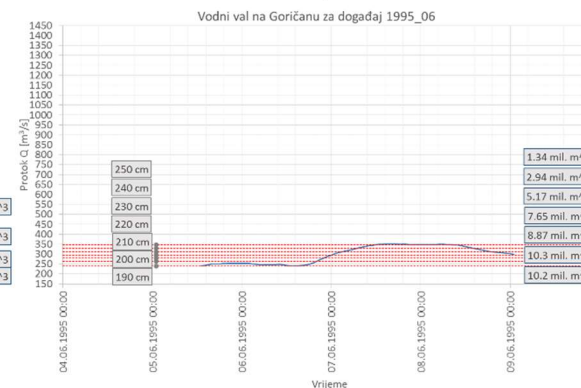
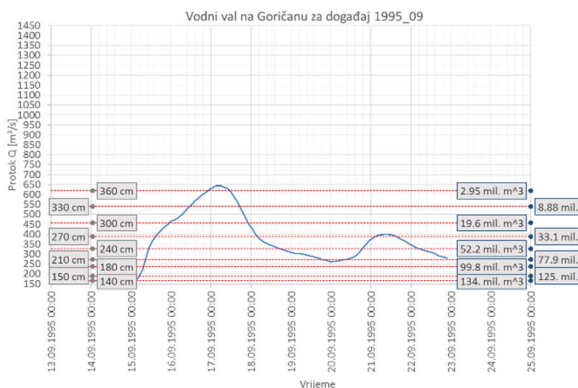
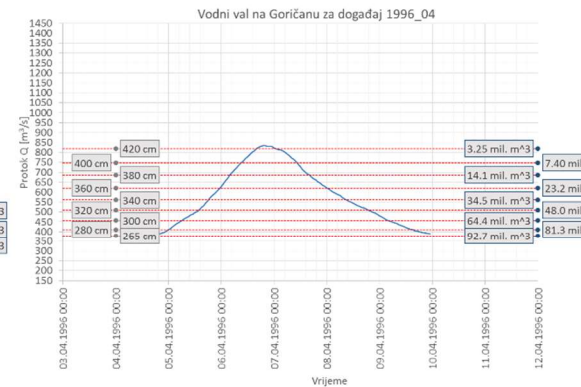
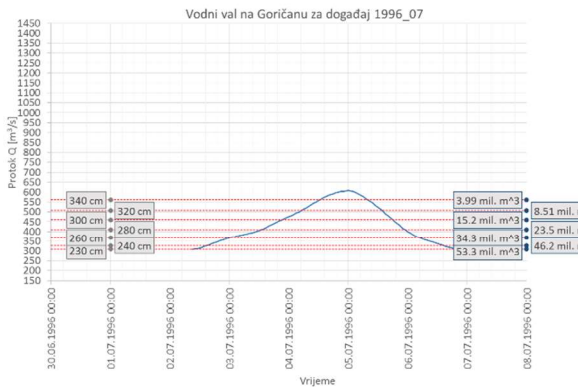
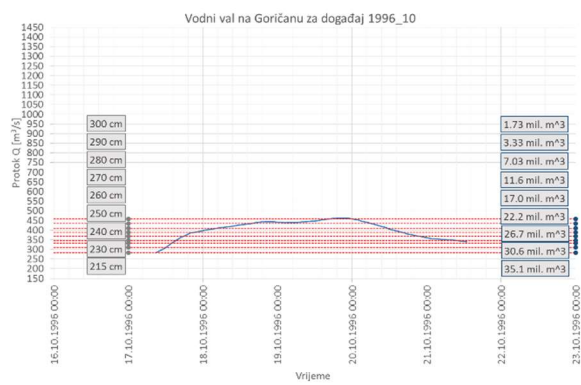
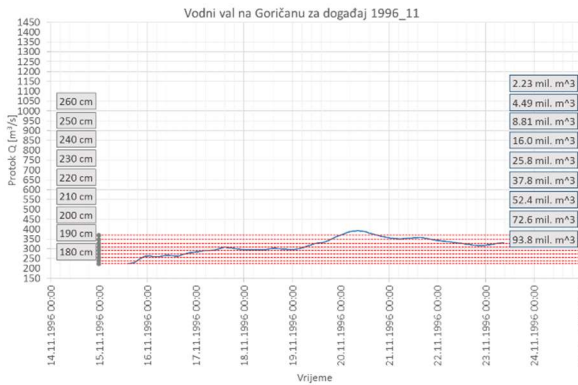
Slika 3.7. Trajanje vodnih valova po razredima

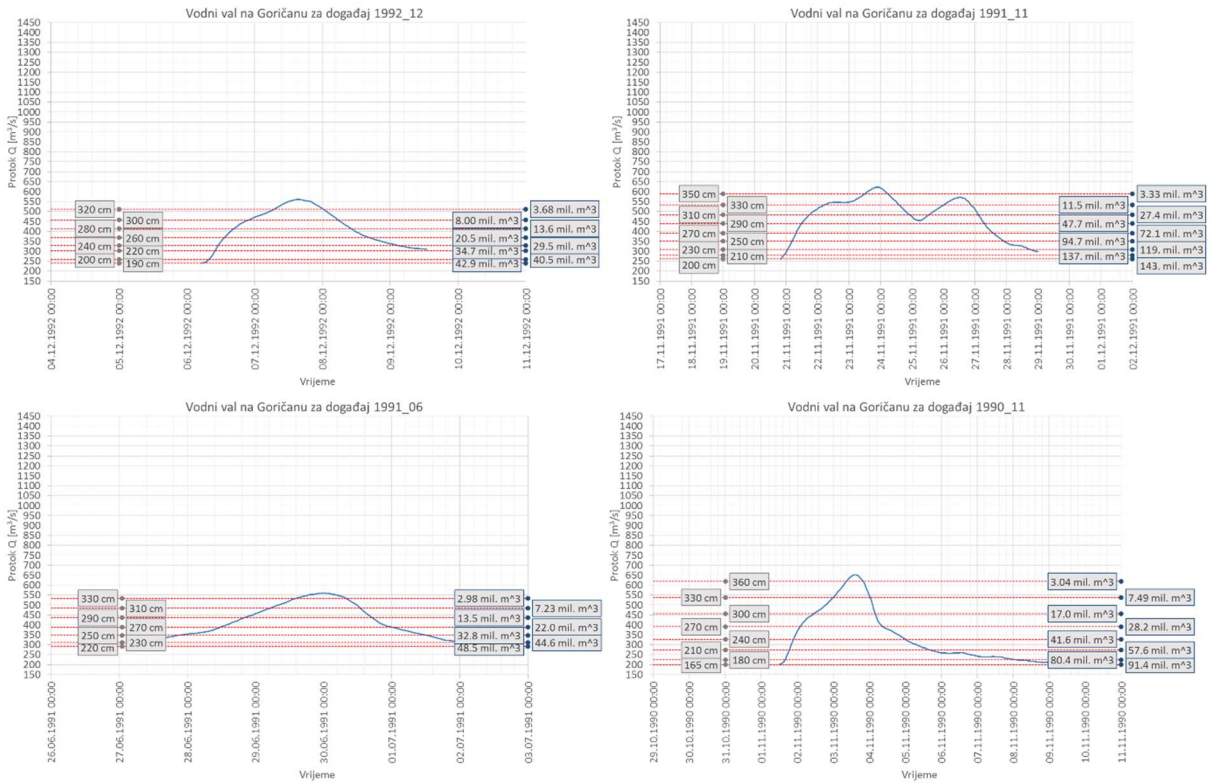
3.5 ANALIZA VELIKOVODNIH DOGAĐAJA NA HIDROLOŠKOJ POSTAJI GORIČAN

Posebno su prikazani rezultati analize velikovodnih događaja na hidrološkoj postaji Goričan. Hidrološka postaja Goričan je najnižvodnija postaja na rijeci Muri. S obzirom da nizvodno od h.p. Goričan nema značajnijih pritoka, volumen vodnog vala na h.p. Goričan predstavlja udio volumena Mure u ukupnom volumenu rijeke Drave nizvodno od ušća Mure u Dravu. Analizirani velikovodni događaji prikazani su u kronološkom redosljedu od najnovijeg prema najstarijem događaju. U nastavku su (Slika 3.8), osim zabilježenih hidrograma na h.p. Goričan, prikazani i izračunati volumeni po razredima te pripadajući vodostaji koji definiraju određeni razred.









Slika 3.8. Zabilježeni hidrogrami na h.p. Goričanu po događajima s izračunatim volumenima po razredima te pripadajućim vodostajima

Također je dana tablica (Tablica 3-7) s prikazanim početkom i krajem vodnog vala u realnom vremenu po razredima za svaki odabrani velikovodni događaj te pripadajući vodostaj koji definira početak vodnog vala za određeni razred.

Tablica 3-7. Trajanje vodnog vala po razredima za svaki događaj

(a) za razdoblje od 2000. do 2015. godine

	Dogadaj2015.10			Dogadaj2015.05		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	17.10.2015 3:00	17.10.2015 20:00	330			
VodniVal8	16.10.2015 15:00	18.10.2015 1:00	310	25.05.2015 3:00	25.05.2015 9:00	360
VodniVal7	16.10.2015 7:00	18.10.2015 6:00	290	24.05.2015 13:00	25.05.2015 18:00	330
VodniVal6	15.10.2015 19:00	21.10.2015 6:00	270	24.05.2015 0:00	25.05.2015 23:00	300
VodniVal5	15.10.2015 7:00	21.10.2015 15:00	250	23.05.2015 15:00	26.05.2015 5:00	270
VodniVal4	15.10.2015 3:00	22.10.2015 0:00	230	23.05.2015 11:00	26.05.2015 17:00	240
VodniVal3	15.10.2015 0:00	22.10.2015 17:00	210	23.05.2015 8:00	27.05.2015 14:00	210
VodniVal2	14.10.2015 23:00	23.10.2015 8:00	190	23.05.2015 3:00	27.05.2015 23:00	180
VodniVal1	14.10.2015 21:00	23.10.2015 8:00	180	22.05.2015 4:00	27.05.2015 23:00	170
	Dogadaj2014.11			Dogadaj2014.09		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	09.11.2014 2:00	10.11.2014 12:00	230			
VodniVal8	08.11.2014 23:00	10.11.2014 18:00	220	15.09.2014 12:00	16.09.2014 10:00	520
VodniVal7	08.11.2014 8:00	11.11.2014 10:00	210	15.09.2014 8:00	16.09.2014 23:00	480
VodniVal6	08.11.2014 3:00	14.11.2014 18:00	200	15.09.2014 3:00	17.09.2014 18:00	440
VodniVal5	08.11.2014 1:00	15.11.2014 18:00	190	14.09.2014 13:00	18.09.2014 13:00	400
VodniVal4	07.11.2014 13:00	15.11.2014 23:00	180	13.09.2014 11:00	19.09.2014 11:00	360
VodniVal3	07.11.2014 11:00	15.11.2014 23:00	170	12.09.2014 21:00	23.09.2014 13:00	320
VodniVal2	07.11.2014 4:00	15.11.2014 23:00	160	12.09.2014 6:00	25.09.2014 3:00	280
VodniVal1	06.11.2014 23:00	15.11.2014 23:00	150	11.09.2014 23:00	25.09.2014 12:00	261
	Dogadaj2014.08			Dogadaj2013.11		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	03.09.2014 9:00	06.09.2014 4:00	390	26.11.2013 5:00	26.11.2013 18:00	390
VodniVal8	03.09.2014 0:00	07.09.2014 18:00	360	25.11.2013 19:00	27.11.2013 1:00	360
VodniVal7	02.09.2014 14:00	08.09.2014 18:00	330	25.11.2013 10:00	27.11.2013 8:00	330
VodniVal6	02.09.2014 2:00	09.09.2014 8:00	300	24.11.2013 20:00	27.11.2013 13:00	300
VodniVal5	01.09.2014 17:00	09.09.2014 22:00	270	24.11.2013 11:00	27.11.2013 19:00	270
VodniVal4	01.09.2014 13:00	09.09.2014 23:00	240	24.11.2013 4:00	28.11.2013 6:00	240
VodniVal3	01.09.2014 10:00	09.09.2014 23:00	210	23.11.2013 22:00	28.11.2013 23:00	210
VodniVal2	01.09.2014 8:00	09.09.2014 23:00	180	23.11.2013 12:00	28.11.2013 23:00	180
VodniVal1	31.08.2014 14:00	09.09.2014 23:00	140	23.11.2013 6:00	28.11.2013 23:00	165
	Dogadaj2012.11			Dogadaj2010.09		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9						
VodniVal8	07.11.2012 19:00	08.11.2012 1:00	370	19.09.2010 19:00	21.09.2010 5:00	320
VodniVal7	07.11.2012 7:00	08.11.2012 11:00	340	19.09.2010 3:00	21.09.2010 10:00	290
VodniVal6	06.11.2012 20:00	08.11.2012 17:00	310	18.09.2010 18:00	21.09.2010 17:00	260
VodniVal5	06.11.2012 9:00	08.11.2012 23:00	280	18.09.2010 12:00	22.09.2010 6:00	230
VodniVal4	06.11.2012 2:00	09.11.2012 10:00	250	18.09.2010 8:00	23.09.2010 10:00	200
VodniVal3	05.11.2012 23:00	09.11.2012 23:00	220	18.09.2010 3:00	23.09.2010 23:00	170
VodniVal2	05.11.2012 21:00	09.11.2012 23:00	190	17.09.2010 22:00	23.09.2010 23:00	140
VodniVal1	05.11.2012 20:00	09.11.2012 23:00	175	17.09.2010 16:00	23.09.2010 23:00	130
	Dogadaj2005.10			Dogadaj2005.08		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9				24.08.2005 5:00	25.08.2005 3:00	480
VodniVal8	08.10.2005 8:00	08.10.2005 23:00	370	24.08.2005 1:00	25.08.2005 17:00	440
VodniVal7	07.10.2005 11:00	09.10.2005 14:00	340	23.08.2005 21:00	26.08.2005 8:00	400
VodniVal6	06.10.2005 17:00	10.10.2005 3:00	310	23.08.2005 13:00	26.08.2005 23:00	360
VodniVal5	06.10.2005 1:00	10.10.2005 17:00	280	22.08.2005 23:00	30.08.2005 3:00	320
VodniVal4	05.10.2005 14:00	11.10.2005 14:00	250	22.08.2005 8:00	30.08.2005 23:00	280
VodniVal3	05.10.2005 6:00	13.10.2005 7:00	220	21.08.2005 22:00	30.08.2005 23:00	240
VodniVal2	04.10.2005 23:00	13.10.2005 10:00	190	21.08.2005 13:00	30.08.2005 23:00	200
VodniVal1	04.10.2005 19:00	13.10.2005 10:00	178	21.08.2005 4:00	30.08.2005 23:00	190
	Dogadaj2002.12			Dogadaj2000.11		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	08.12.2002 7:00	09.12.2002 5:00	360	19.11.2000 11:00	19.11.2000 18:00	260
VodniVal8	07.12.2002 17:00	09.12.2002 14:00	330	19.11.2000 9:00	19.11.2000 23:00	250
VodniVal7	07.12.2002 5:00	09.12.2002 20:00	300	19.11.2000 8:00	20.11.2000 3:00	240
VodniVal6	06.12.2002 13:00	10.12.2002 2:00	270	19.11.2000 6:00	20.11.2000 8:00	230
VodniVal5	06.12.2002 0:00	10.12.2002 10:00	240	19.11.2000 4:00	27.11.2000 14:00	220
VodniVal4	05.12.2002 15:00	11.12.2002 0:00	210	19.11.2000 1:00	27.11.2000 23:00	210
VodniVal3	05.12.2002 9:00	11.12.2002 23:00	180	18.11.2000 18:00	28.11.2000 18:00	200
VodniVal2	04.12.2002 6:00	11.12.2002 23:00	150	18.11.2000 10:00	30.11.2000 8:00	190
VodniVal1	04.12.2002 6:00	11.12.2002 23:00	140	16.11.2000 11:00	01.12.2000 16:00	175

(b) za razdoblje od 1990. do 2000. godine

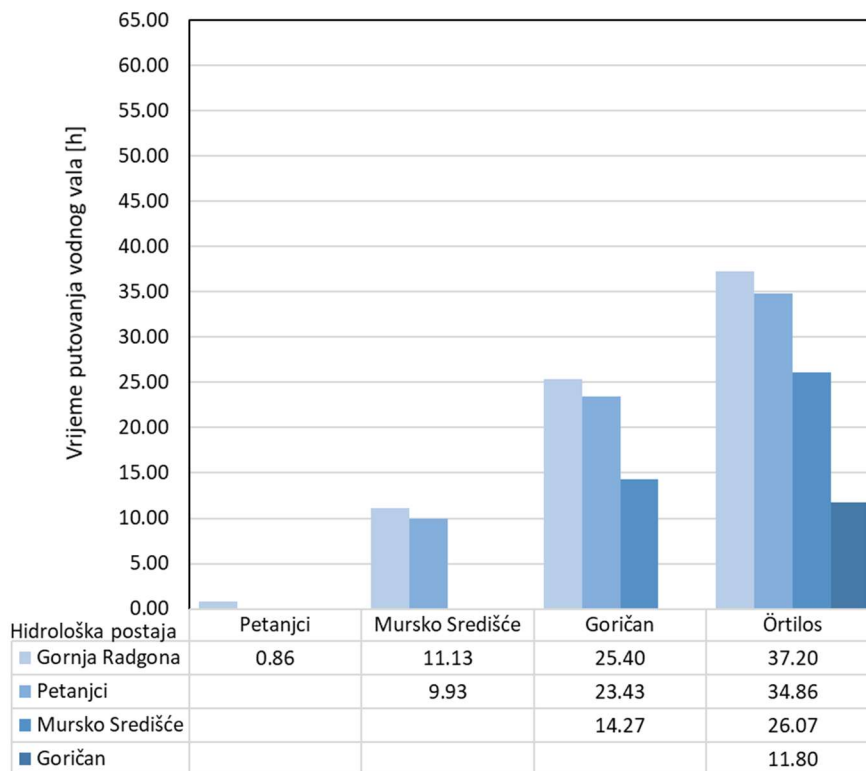
	Događaj1998.10			Događaj1998.09		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9				14.09.1998 20:00	16.09.1998 13:00	310
VodniVal8				14.09.1998 6:00	16.09.1998 17:00	290
VodniVal7	08.10.1998 21:00	10.10.1998 6:00	270	13.09.1998 23:00	16.09.1998 22:00	270
VodniVal6	08.10.1998 14:00	10.10.1998 17:00	250	13.09.1998 19:00	17.09.1998 6:00	250
VodniVal5	07.10.1998 10:00	11.10.1998 8:00	230	13.09.1998 16:00	18.09.1998 19:00	230
VodniVal4	07.10.1998 5:00	13.10.1998 16:00	210	13.09.1998 14:00	19.09.1998 23:00	210
VodniVal3	07.10.1998 1:00	14.10.1998 22:00	190	13.09.1998 11:00	19.09.1998 23:00	190
VodniVal2	06.10.1998 23:00	14.10.1998 23:00	170	13.09.1998 8:00	19.09.1998 23:00	170
VodniVal1	06.10.1998 20:00	14.10.1998 23:00	155	13.09.1998 1:00	19.09.1998 23:00	152
	Događaj1996.11			Događaj1996.10		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	20.11.1996 0:00	20.11.1996 19:00	260	19.10.1996 16:00	20.10.1996 0:00	300
VodniVal8	19.11.1996 19:00	21.11.1996 21:00	250	18.10.1996 15:00	20.10.1996 6:00	290
VodniVal7	19.11.1996 12:00	23.11.1996 22:00	240	18.10.1996 5:00	20.10.1996 11:00	280
VodniVal6	19.11.1996 6:00	24.11.1996 9:00	230	17.10.1996 22:00	20.10.1996 16:00	270
VodniVal5	17.11.1996 4:00	25.11.1996 0:00	220	17.10.1996 18:00	20.10.1996 22:00	260
VodniVal4	16.11.1996 19:00	25.11.1996 18:00	210	17.10.1996 16:00	21.10.1996 9:00	250
VodniVal3	15.11.1996 22:00	28.11.1996 15:00	200	17.10.1996 14:00	21.10.1996 13:00	240
VodniVal2	15.11.1996 19:00	30.11.1996 7:00	190	17.10.1996 12:00	21.10.1996 13:00	230
VodniVal1	15.11.1996 14:00	02.12.1996 5:00	180	17.10.1996 9:00	21.10.1996 13:00	215
	Događaj1996.07			Događaj1996.04		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9				06.04.1996 16:00	07.04.1996 1:00	420
VodniVal8				06.04.1996 9:00	07.04.1996 10:00	400
VodniVal7	04.07.1996 13:00	05.07.1996 8:00	340	06.04.1996 4:00	07.04.1996 16:00	380
VodniVal6	04.07.1996 5:00	05.07.1996 13:00	320	06.04.1996 0:00	08.04.1996 0:00	360
VodniVal5	03.07.1996 21:00	05.07.1996 18:00	300	05.04.1996 19:00	08.04.1996 9:00	340
VodniVal4	03.07.1996 13:00	05.07.1996 22:00	280	05.04.1996 14:00	08.04.1996 19:00	320
VodniVal3	03.07.1996 0:00	06.07.1996 5:00	260	05.04.1996 6:00	09.04.1996 4:00	300
VodniVal2	02.07.1996 15:00	06.07.1996 14:00	240	05.04.1996 0:00	09.04.1996 15:00	280
VodniVal1	02.07.1996 9:00	06.07.1996 20:00	230	04.04.1996 16:00	09.04.1996 23:00	265
	Događaj1995.09			Događaj1995.06		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	16.09.1995 22:00	17.09.1995 11:00	360			
VodniVal8	16.09.1995 11:00	17.09.1995 17:00	330			
VodniVal7	15.09.1995 23:00	17.09.1995 22:00	300	07.06.1995 12:00	08.06.1995 8:00	250
VodniVal6	15.09.1995 15:00	21.09.1995 15:00	270	07.06.1995 7:00	08.06.1995 14:00	240
VodniVal5	15.09.1995 11:00	22.09.1995 5:00	240	07.06.1995 3:00	08.06.1995 20:00	230
VodniVal4	15.09.1995 9:00	23.09.1995 2:00	210	07.06.1995 0:00	09.06.1995 1:00	220
VodniVal3	15.09.1995 8:00	24.09.1995 11:00	180	06.06.1995 22:00	09.06.1995 1:00	210
VodniVal2	15.09.1995 5:00	24.09.1995 11:00	150	06.06.1995 20:00	09.06.1995 1:00	200
VodniVal1	14.09.1995 12:00	24.09.1995 11:00	140	05.06.1995 13:00	09.06.1995 1:00	190
	Događaj1993.10.23			Događaj1993.10.09		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	26.10.1993 7:00	27.10.1993 4:00	420			
VodniVal8	26.10.1993 1:00	27.10.1993 16:00	380			
VodniVal7	25.10.1993 1:00	28.10.1993 7:00	340			
VodniVal6	24.10.1993 5:00	29.10.1993 1:00	300			
VodniVal5	23.10.1993 11:00	30.10.1993 2:00	260	10.10.1993 9:00	10.10.1993 18:00	190
VodniVal4	23.10.1993 2:00	01.11.1993 13:00	220	10.10.1993 7:00	11.10.1993 5:00	180
VodniVal3	22.10.1993 21:00	06.11.1993 23:00	180	10.10.1993 6:00	11.10.1993 16:00	170
VodniVal2	22.10.1993 11:00	06.11.1993 23:00	140	10.10.1993 5:00	12.10.1993 17:00	160
VodniVal1	22.10.1993 8:00	06.11.1993 23:00	130	10.10.1993 3:00	13.10.1993 22:00	150
	Događaj1992.12			Događaj1991.11		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9	07.12.1992 15:00	07.12.1992 16:00	340	23.11.1991 12:00	24.11.1991 5:00	350
VodniVal8	07.12.1992 7:00	08.12.1992 0:00	320	22.11.1991 5:00	26.11.1991 21:00	330
VodniVal7	06.12.1992 22:00	08.12.1992 5:00	300	21.11.1991 18:00	27.11.1991 2:00	310
VodniVal6	06.12.1992 17:00	08.12.1992 10:00	280	21.11.1991 12:00	27.11.1991 7:00	290
VodniVal5	06.12.1992 14:00	08.12.1992 17:00	260	21.11.1991 8:00	27.11.1991 14:00	270
VodniVal4	06.12.1992 11:00	09.12.1992 3:00	240	21.11.1991 5:00	27.11.1991 22:00	250
VodniVal3	06.12.1992 10:00	09.12.1992 13:00	220	21.11.1991 2:00	28.11.1991 18:00	230
VodniVal2	06.12.1992 8:00	09.12.1992 13:00	200	20.11.1991 22:00	29.11.1991 5:00	210
VodniVal1	06.12.1992 5:00	09.12.1992 13:00	190	20.11.1991 20:00	29.11.1991 5:00	200
	Događaj1991.06			Događaj1990.11		
	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]	PočetakVV	KrajVV	Vodostaj H [cm]
VodniVal9				03.11.1990 9:00	03.11.1990 20:00	360
VodniVal8				03.11.1990 0:00	04.11.1990 0:00	330
VodniVal7	29.06.1991 14:00	30.06.1991 8:00	330	02.11.1990 11:00	04.11.1990 4:00	300
VodniVal6	29.06.1991 5:00	30.06.1991 13:00	310	02.11.1990 2:00	04.11.1990 9:00	270
VodniVal5	28.06.1991 20:00	30.06.1991 17:00	290	01.11.1990 22:00	05.11.1990 0:00	240
VodniVal4	28.06.1991 12:00	01.07.1991 0:00	270	01.11.1990 19:00	05.11.1990 17:00	210
VodniVal3	27.06.1991 21:00	01.07.1991 12:00	250	01.11.1990 16:00	08.11.1990 5:00	180
VodniVal2	27.06.1991 15:00	01.07.1991 23:00	230	01.11.1990 12:00	08.11.1990 23:00	165
VodniVal1	27.06.1991 7:00	01.07.1991 23:00	220			

3.6 ANALIZA VREMENA PROPAGACIJE VODNOG VALA NA MURI

Analizirano je vrijeme propagacije vodnog vala na Muri od h.p. Gornja Radgona do h.p. Örtilos. U obzir su uzeti svi navedeni velikovodni događaji te dodatni vodni valovi na rijeci Muri koji nisu bili odabrani kao velikovodni događaji. Analizom je definirano sljedeće:

- Trenutak vršnog vodostaja/protoka na postaji za pojedini događaj;
- Vrijeme propagacije vršnog protoka između postaja za svaki pojedini događaj;

Prosječno vrijeme propagacije vodnog vala na Muri definirano je kao srednje vrijeme svih analiziranih događaja i prikazano je grafički i tablično (Slika 3.9).



Slika 3.9. Prosječno vrijeme propagacije vodnog vala [h] između hidroloških postajama na Muri

3.7 ANALIZA KOINCIDENCIJE VODNIH VALOVA NA UŠĆU RIJEKE MURE U DRAVU

Za analizu koincidencije vodnih valova na ušću rijeke Mure u Dravu koristili su se velikovodni događaji za koje postoje podaci o protocima, odnosno podaci nisu dobiveni ekstrapolacijom. Takvih događaja ima 9 i to u periodu od 2005. do 2015. godine. Tablično su dani vršni protoci na hidrološkim postajama Goričan, Donja Dubrava te Örtilos i vremena kada su ti vršni protoci zabilježeni (Tablica 3-8).

Iz prethodne analize vremena propagacije vodnih valova dobiveno je prosječno vrijeme propagacije na Muri od h.p. Goričan do h.p. Örtilos od 11.8 [h] te na Dravi od h.p. Donja Dubrava do h.p. Örtilos od 5.5 [h]. Na temelju tih podataka dobiveni su trenutci vodnih valova Mure i Drave na ušću (Tablica 3-8). Kašnjenje pikova vodnog vala Mure iznosi u prosjeku +20.7 [h].

Budući da je trajanje velikih voda Mure i Drave relativno veliko, za pouzdanije određivanje koincidencije i vremenskog perioda između vršnih protoka Mure i Drave na ušću određeno je trajanje vodnih valova u vršnom dijelu hidrograma (Tablica 3-9). Ako se period do koincidencije izrazi kao vrijeme između završetka vršnog hidrograma Drave na ušću i početka vršnog hidrograma Mure na ušću dobivaju se značajno kraći periodi do koincidencije. Ukoliko se vršni dijelovi hidrograma na ušću preklapaju tada je došlo do pune koincidencije, a ukoliko se nisu preklapili tada koincidencije nema.

Pokazuje se da trajanje vršnog dijela hidrograma prosječno iznosi 12.2 [h] na h.p. Goričan te 8.1 [h] na h.p. Donja Dubrava, a što značajno smanjuje period do koincidencije na ušću. Ako se uključi trajanje vršnog dijela hidrograma Mure i Drave onda vremenski period do koincidencije vodnih valova prosječno iznosi 11.3 [h].

Tablica 3-8. Trenutak pojave vršnog protoka

R. br.	Događaj	h.p. Donja Dubrava		h.p. Goričan		Lokacija ušće		
		Datum	Q _{max} [m ³ /s]	Datum	Q _{max} [m ³ /s]	Drava ušće	Mura ušće	Kašnjenje Mure, Δt [h]
1	2015_10	17.10.2015 09:00	1073	17.10.2015 13:00	523	17.10.2015 14:30	18.10.2015 01:00	10.5
2	2015_05	24.05.2015 16:00	1183	25.05.2015 07:00	575	24.05.2015 21:30	25.05.2015 19:00	21.5
3	2014_11	08.11.2014 12:00	1389	09.11.2014 16:00	353	08.11.2014 17:30	10.11.2014 04:00	34.5
4	2014_09	15.09.2014 04:00	1711	15.09.2014 23:00	1448	15.09.2014 09:30	16.09.2014 11:00	25.5
5	2014_08	04.09.2014 09:00	1083	04.09.2014 02:00	732	04.09.2014 14:30	04.09.2014 14:00	-0.5
6	2013_11	25.11.2013 15:00	1046	26.11.2013 13:00	739	25.11.2013 20:30	27.11.2013 01:00	28.5
7	2012_11	07.11.2012 05:00	2061	07.11.2012 22:00	629	07.11.2012 10:30	08.11.2012 10:00	23.5
8	2010_09	20.09.2010 13:00	1205	20.09.2010 17:00	579	20.09.2010 18:30	21.09.2010 05:00	10.5
9	2005_10	07.10.2005 10:00	1249	08.10.2005 18:00	656	07.10.2005 15:30	09.10.2005 06:00	38.5
10	2005_08	24.08.2005 08:00	839	24.08.2005 16:00	1225	24.08.2005 13:30	25.08.2005 04:00	14.5

Tablica 3-9. Trajanje vodnih valova u vršnom dijelu hidrograma

R. br.	Događaj	h.p. Donja Dubrava		h.p. Goričan		Lokacija ušće	
		Q _{vršni} [m ³ /s]	Trajanje u vrhu, t [h]	Q _{vršni} [m ³ /s]	Trajanje u vrhu, t [h]	Koincidencija	Period do ko incidencije, t [h]
1	2015_10	1046	8	510	10	Nema ko incidencije	1.5
2	2015_05	1153	7	561	11	Nema ko incidencije	12.5
3	2014_11	1354	9	344	16	Nema ko incidencije	20.5
4	2014_09	1668	10	1412	8	Nema ko incidencije	13.5
5	2014_08	1056	9	714	20	Puna ko incidencija	-
6	2013_11	1020	10.5	721	10	Nema ko incidencije	17.5
7	2012_11	2009	4	613	10	Nema ko incidencije	16
8	2010_09	1175	6	565	16	Slaba ko incidencija	-
9	2005_10	1218	7.5	640	12	Nema ko incidencije	29
10	2005_08	818	10	1194	9	Nema ko incidencije	2.5
PROSJEČNO			8.1		12.2		11.3

Tablica 3-10. Razlika izmjerenih i teoretskih sumarnih vršnih protoka na h.p. Örtilos

h.p. Örtilos			
Datum	Izmjereni Q _{max} [m ³ /s]	Sumarni Q _{max.uk} [m ³ /s]	Odnos Q _{max} / Q _{max.uk}
17.10.2015 15:00	1570	1596	98%
24.05.2015 20:00	1710	1758	97%
08.11.2014 17:00	1570	1742	90%
16.09.2014 06:00	2450	3159	78%
04.09.2014 14:00	1780	1815	98%
25.11.2013 21:00	1500	1785	84%
07.11.2012 08:00	1960	2690	73%
20.09.2010 18:00	1690	1784	95%
07.10.2005 15:00	1650	1905	87%
25.08.2005 09:00	1860	2064	90%








4 Hidrološki model

4.1 OPĆENITO O HEC-HMS HIDROLOŠKOM MODELU

Računalni program HEC-HMS razvijen je od strane Hidrološkog inženjerskog centra (The Hydrologic Engineering Center, dalje HEC) koji djeluje u sastavu Instituta za vodne resurse američke vojske. HEC razvija programe u tehničkim područjima hidrologije površinskih i podzemnih voda, hidraulike rijeka i pronosa nanosa, hidrološke statistike i analize rizika, analize sustava retencija te upravljanju i kontroli vodnih sustava u realnom vremenu.

Sustav HEC-HMS dizajniran je da simulira procese oborina i otjecanje vodotocima. Komponente HMS modela su: Basin Model Component (komponente sliva), Meteorologic Model Component (komponente meteorološkog modela), Control Specifications Component (komponente kontrolnih specifikacija), Input Data Components (komponente ulaznih podataka). Komponente modela sliva predstavljaju fizičke karakteristike sliva u kojem korisnik stvara model sliva dodavanjem elemenata, najznačajniji elementi prikazani su u tablici 3-6.

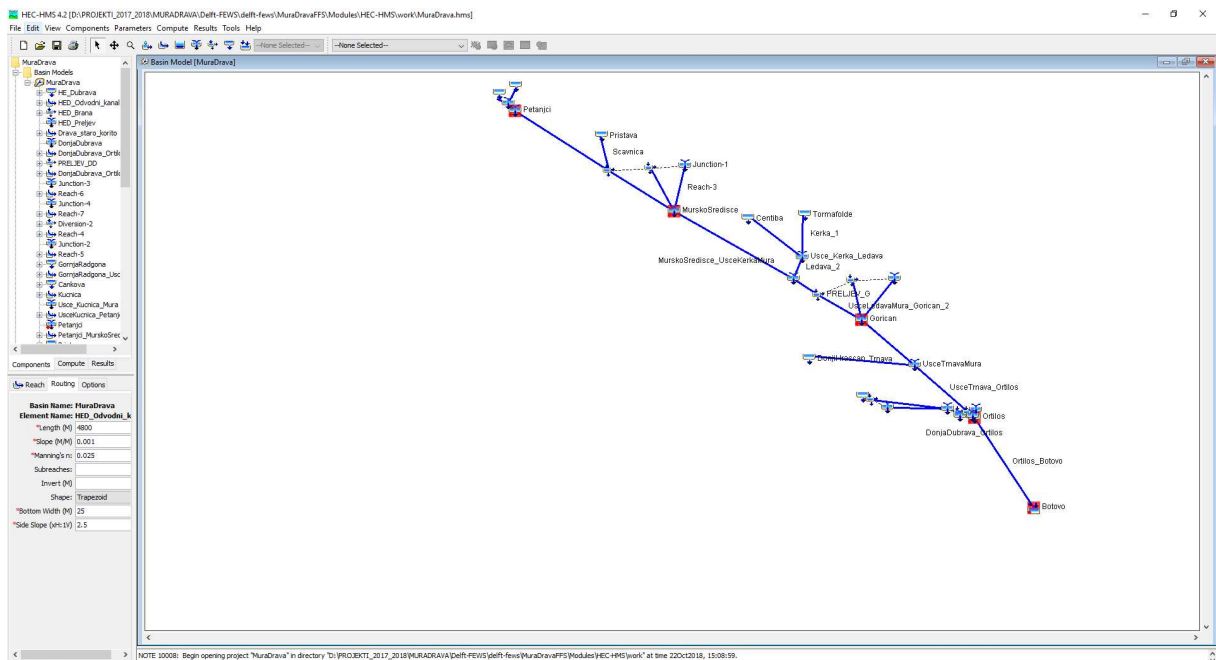
Tablica 4-1. Komponente HMS modela sliva [7]

Hidrološki element	Oznaka	Opis
Subbabsin (podsliv)		Predstavlja fizički sliv i otjecanje sa sliva. Dodavanjem oborina protok se proračunava transformacijom oborine u otjecanje.
Reach (vodotok, rijeka)		Predstavlja protok vode vodotokom, rijekom.
Junction (čvor, ušće)		Zbraja protok hidroloških elemenata smještenih uzvodno od čvora (ušća).
Reservoir (rezervoar, jezero)		Predstavlja retenciju ili jezero. Služi za modeliranje retencijskih sposobnosti sliva, odnosno za „upravljanje“ vodnim valovima.
Sink (ponor, završetak modela)		Predstavlja ponor sliva, odnosno „završetak“ modela.
Source (izvor, unos podataka o protoku)		Predstavlja izvor na slivu, odnosno služi za unos podataka o protoku na hidrološkim postajama.
Diversion (diverzija, preusmjerenje)		Predstavlja odvajanje toka na dio koji protječe HE i dio koji puni akumulaciju, odn. prelijeva se preko brane.

4.2 OPIS HIDROLOŠKOG MODELA

Za potrebe prognostičkog hidrološkog modela dravskih hidroelektrana izrađen je hidrološki model propagacije vodnog vala na Muri. Prostorni obuhvat HMS modela prikazan je na slici (Slika 4.1). Hidrološkim modelom Mure obuhvaćeno je sljedeće:

- rijeka Mura kroz Sloveniju (SLO), Mađarsku (HU) i Hrvatsku (HR) zajedno s pritocima u Sloveniji (Kučnica, Ščavnica, Ledava), Mađarskoj (Velika Krka) i Hrvatskoj (Trnava)
- rijeka Drava kroz Hrvatsku od HE Dubrava do h.p. Botovo.



Slika 4.1. Sučelje programa HEC-HMS s modelom sustava

Ulazni protoci u model su protoci na hidrološkim postajama:

- Gornja Radgona-Mura;
- Cankova-Kučnica;
- Pristava-Ščavnica;
- Čentiba-Ledava;
- Tormafölde-Velika Krka;
- Donji Hrašćan-Trnava;
- HE Dubrava-Drava;

Za proračun propagacije vodnog vala duž prirodnih korita odabrana je Muskingum metoda, a koja je primijenjena na Muri te na Dravi od HE Dubrava do h.p. Botovo. Za proračun propagacije vodnog vala na rijekama Kučnica, Ščavnica, Kerka, Ledava (pritoci Mure) i odvodnom kanalu HE Dubrave do h.p. Donja Dubrava korištena je metoda kinematskog vala. Muskingum metoda koristi linearnu zavisnost između volumena vode i protoka na ulaznom te protoka na izlaznom profilu promatrane riječne dionice, sa dva parametra K i x .

- Parametar K, izražen u satima, je konstanta zapremine dionice te je približno jednak vremenu propagacije vodnog vala duž promatrane dionice od ulaznog do izlaznog profila.
- Parametar x predstavlja bezdimenzionalni težinski koeficijent između protoka na ulazu i izlazu koji poprima vrijednost između 0 i 0.5. Za manje prirodne tokove x varira između 0.4 i 0.5, dok u slučaju većih poplavnih površina na riječnoj dionici zapremina postaje više funkcija izlaznog protoka nego ulaznog čime vrijednost parametra x iznosi 0.3 i manje [8].

Izraz kojim je definirana linearna zavisnost dan je u nastavku :

$$S = K[xI + (1 - X)Q]$$

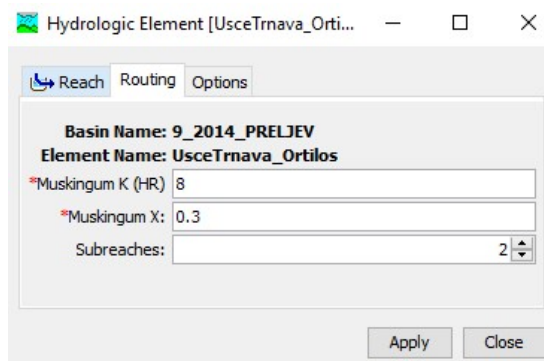
gdje su

S-zapremina promatrane dionice vodotoka;

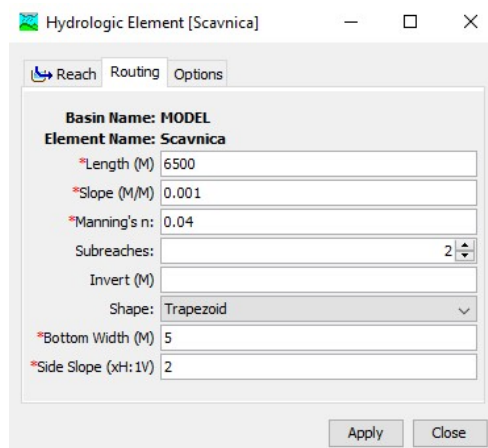
I-protok na ulaznom profilu;

Q-protok na izlaznom profilu. [9]

Osim parametara K i x, potrebno je definirati i broj poddionica („Subreaches“) za svaku pojedinu dionicu u modelu. Navedena tri parametra kojima je definirana Muskingum metoda unutar HEC-HMS ujedno su služila za kalibraciju pojedinih dionica.



Slika 4.2. Prikaz parametara Muskingum metode za dionicu od ušća Trnave u Muru do postaje Örtilos (HEC-HMS)



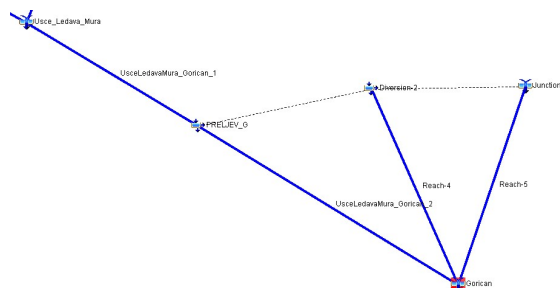
Slika 4.3. Prikaz parametara metode kinematskog vala za rijeku Ščavnicu (HEC-HMS)

Dotok, koji predstavlja ulaz u HEC-HMS model za rijeku Dravu, raspodjeljuje se na dva dijela što je definirano pomoću "Diversion" elementa. Jedan dio predstavlja protok preko preljeva brane prema starom koritu Drave, a drugi protok kroz strojarnicu HED-a prema odvodnom kanalu. U samom elementu primijenjeno je pravilo da sav dotok koji je manji ili jednak 500 [m³/s] odlazi u prema odvodnom kanalu, dok ostatak odlazi prema starom koritu Drave.

Na dionicama rijeke Mure između hidroloških postaja Petanjci i Mursko Središće te Mursko Središće i Goričan, prilikom pojave velikih voda, dolazi do izlivanja određene količine vode iz korita što dalje uvjetuje smanjenje vršnog protoka na nizvodnim dionicama te produljenje trajanja vodnog vala što se može uočiti sa hidrograma analiziranih velikovodnih događaja.

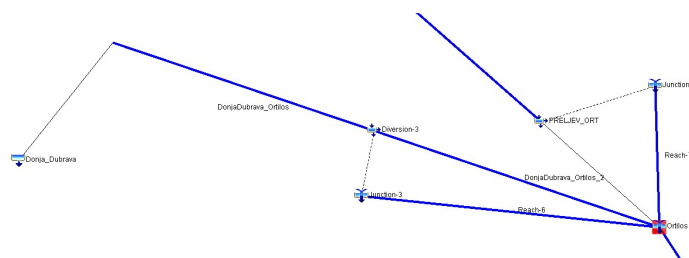
Prilikom izlivanja vode iz glavnog korita (korita za srednju vodu) režim tečenja se mijenja pri čemu se, osim glavnim koritom, tečenje odvija i kroz inundacijsko područje čija je hrapavost znatno veća, a time se nizvodno smanjuje maksimalni protok te produljuje trajanje vodnog vala na promatranoj dionici. Za promatrane dionice, ovakav režim vrijedi do određene vrijednosti dotoka-za dionicu do h.p. Murskog Središće to je približno 950 [m³/s], a za dionicu do h.p. Goričan približno 450 [m³/s]. Nakon premašenja navedenih vrijednosti dotoka, režim tečenja se ponovno mijenja tako da hrapavost inundacija nema više utjecaja na propagaciju vodnog vala promatranom dionicom pri čemu je režim je isti kao i prilikom tečenja kroz glavno korito.

Navedene promjene u režimu tečenja na spomenutim dionicama Mure u hidrološkom su modelu prikazane za primjer dionice od ušća Ledave u Muru do h.p. Goričan. Definirane su pomoću dvaju elemenata „Diversion“ (u modelu „PRELJEV_G“ i „Diversion-2“) koji preusmjeravaju dotok prema dvama dionicama (u modelu „Reach-4“ i „Reach-5“). Na ovim se dionicama vrijede režimi tečenja kako je ranije opisano. Navedena shema definirana u modelu prikazana je u nastavku.



Slika 4.4. Shema dionice od ušća Ledave u Muru do h.p. Goričan (HEC-HMS)

Za opis režima tečenja dionicom Mure između ušća Trnave u Muru i h.p. Örtilos element „Diversion“ (u modelu „PRELJEV_ORT“) koji preusmjerava dotok prema dionici „Reach 7“. Za opis režima tečenja dionicom Drave između hidroloških postaja Donja Dubrava i Örtilos korišten je jedan element „Diversion“ (u modelu „PRELJEV_DD“) koji preusmjerava dotok prema dionici u modelu definiranoj „Reach 6“. Shema definirana u modelu prikazana je u nastavku.



Slika 4.5. Shema ušća Mure u Dravu na lokaciji h.p. Örtilos (HEC-HMS)

4.3 KALIBRACIJA HIDROLOŠKOG MODELA

Kalibracija hidrološkog modela HMS izvršena je usporedbom računskih i izmjerenih protoka na hidrološkim postajama Petanjci, Mursko Središće i Goričan na Muri te Őrtilos i Botovo na Dravi za ukupno 9 događaja. Verifikacija hidrološkog modela izrađena je za dodatna 3 događaja (Tablica 4-2).

Tablica 4-2. Popis velikovodnih događaja za kalibraciju i verifikaciju hidrološkog modela

Red. br	Događaj	Drava		Drava	Drava	Kalibracija	Verifikacija
		Mura h.p. Goričan Q_{max} [m ³ /s]	h.p. Donja Dubrava Q_{max} [m ³ /s]	h.p. Botovo Q_{max} [m ³ /s]	h.p. Botovo H_{max} [cm]		
22	2015_10	523	1073	1550	407	K	
17	2015_05	575	1183	1646	428	K	
18	2014_11	353	1398	1648	428		V
1	2014_09	1448	1711	2399	577	K	
11	2014_08	732	1083	1761	452	K	
23	2013_11	739	1046	1427	403	K	
4	2012_11	629	2061	2071	513	K	
6	2010_09	579	1205	1707	485	K	
7	2005_10	656	1249	1718	465	K	
5	2005_08	1225	839	1889	498	K	
25	2002_12	703	902	1467	400		V
19	2000_11	419	1517	1535	428		V
2	1998_10	452	2095	2038	526		
12	1998_09	557	1236	1602	442		
26	1996_11	391	1432	1573	395		
24	1996_10	462	1359	1526	403		
14	1996_07	609	1313	1568	435		
16	1996_04	834	876	1559	433		
21	1995_09	643	1190	1502	421		
9	1995_06	351	1954	1666	455		
3	1993_10_23	932	1892	1978	515		
15	1993_10_09	246	1524	1564	434		
20	1992_12	560	1342	1535	428		
13	1991_11	621	1231	1573	436		
10	1991_06	560	1544	1661	454		
8	1990_11	652	1565	1676	457		

U Prilogu 9.2 grafički su prikazani rezultati računskih hidrogramima na hidrološki postajama koji su uspoređeni s izmjerenim hidrogramima za 12 odabranih velikovodnih događaja za kalibraciju verifikaciju.

Na temelju rezultata kalibracije i verifikacije HEC-HMS modela Mure, analizirane su razlike, odnosno pogreške modeliranih u odnosu na izmjerene satne protoke. Apsolutna pogreška ΔQ_{MAX} [m³/s] izražena je kao vrijednost protoka dobivena prema izrazu:

$$\Delta Q_{MAX} = Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX} [m^3/s]$$

gdje su

$Q_{m,MAX}$ – maksimalni modelirani protok za pojedini velikovodni događaj izražen u [m³/s]

$Q_{i,MAX}$ – maksimalni izmjereni protok za pojedini velikovodni događaj izražen u [m³/s]

Relativna pogreška ΔQ_{MAX} [%] dobivena je na temelju izraza:

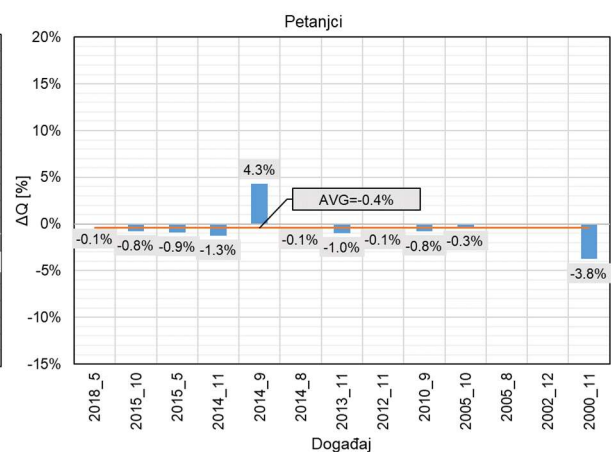
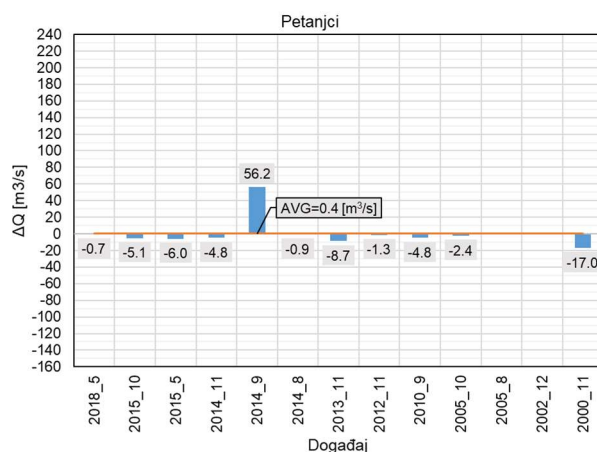
$$\Delta Q_{MAX} = \frac{Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}}{Q_{i,MAX}} [\%]$$

U nastavku je dan tablični i grafički prikaz apsolutnih i relativnih pogrešaka u maksimalnim protocima po hidrološkim postajama za simulirane velikovodne događaje te minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti pogrešaka za svaku postaju. Pozitivan predznak pogreške znači da je vrijednost modeliranog maksimalnog protoka veća od izmjerеног maksimalnog protoka na postaji.

Tablica 4-3. Analiza pogreške u vršnim protocima

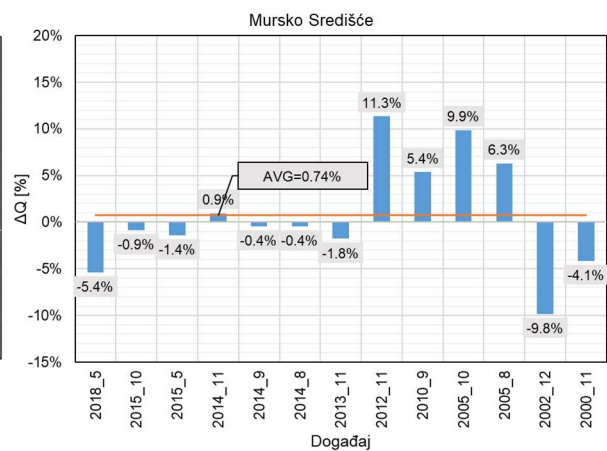
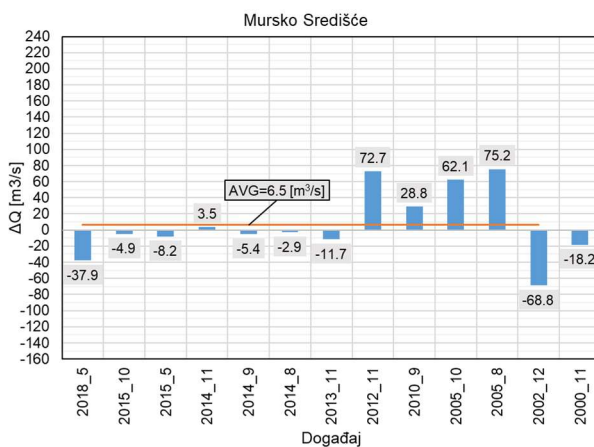
(a) za h.p. Petanjci

Događaj	$Q_{i,MAX}$ [m ³ /s]	$Q_{m,MAX}$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX})$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}) / Q_{i,MAX}$ [%]
2018_05	931.0	930.3	-0.7	-0.1%
2015_10	661.6	656.5	-5.1	-0.8%
2015_05	670.6	664.6	-6.0	-0.9%
2014_11	382.9	378.1	-4.8	-1.3%
2014_09	1300.2	1356.4	56.2	4.3%
2014_8	865.8	864.9	-0.9	-0.1%
2013_11	903.8	895.1	-8.7	-1.0%
2012_11	1036.2	1034.9	-1.3	-0.1%
2010_9	605.3	600.5	-4.8	-0.8%
2005_10	838.1	835.7	-2.4	-0.3%
2005_8	-	-	-	-
2002_12	-	-	-	-
2000_11	453.8	436.8	-17.0	-3.8%
MINIMUM			-17.0	-3.8%
MAKSIMUM			56.2	4.3%
SREDNJA VRIJEDNOST			0.4	-0.4%



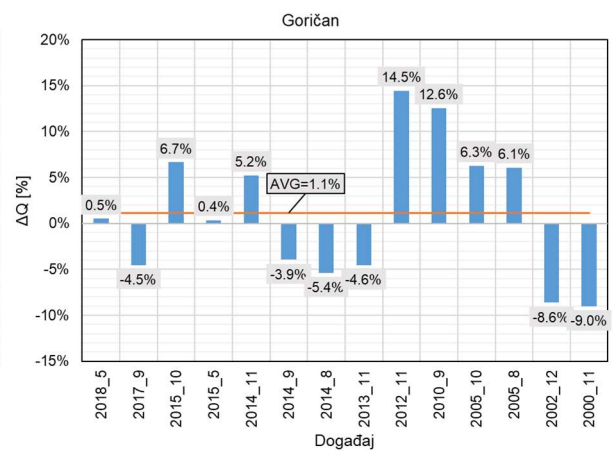
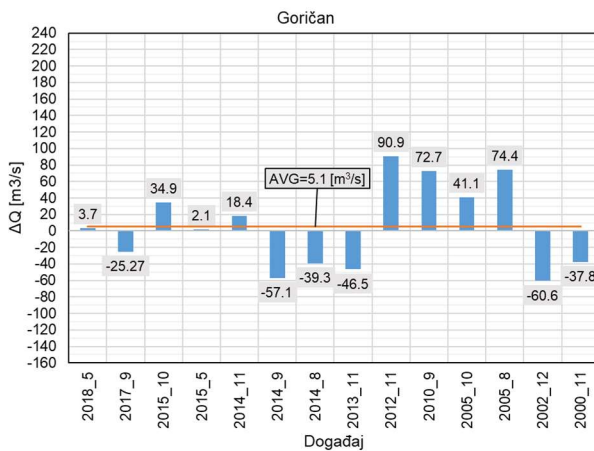
(b) za h.p. Mursko Središće

Događaj	$Q_{i,MAX}$ [m ³ /s]	$Q_{m,MAX}$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX})$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}) / Q_{i,MAX}$ [%]
2018_05	704.2	666.3	-37.9	-5.4%
2015_10	575.0	570.1	-4.9	-0.9%
2015_05	588.0	579.8	-8.2	-1.4%
2014_11	367.0	370.5	3.5	0.9%
2014_09	1280.0	1274.6	-5.4	-0.4%
2014_8	646.0	643.1	-2.9	-0.4%
2013_11	665.0	653.3	-11.7	-1.8%
2012_11	641.0	713.7	72.7	11.3%
2010_9	537.0	565.8	28.8	5.4%
2005_10	630.0	692.1	62.1	9.9%
2005_8	1196.0	1271.2	75.2	6.3%
2002_12	700.0	631.2	-68.8	-9.8%
2000_11	440.0	421.8	-18.2	-4.1%
MINIMUM			-68.8	-9.8%
MAKSIMUM			75.2	11.3%
SREDNJA VRIJEDNOST			6.5	0.7%



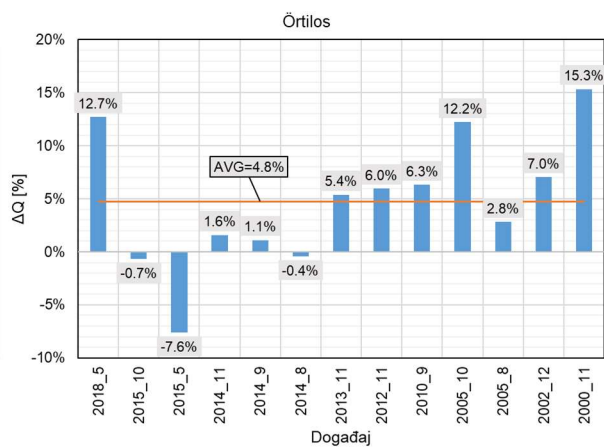
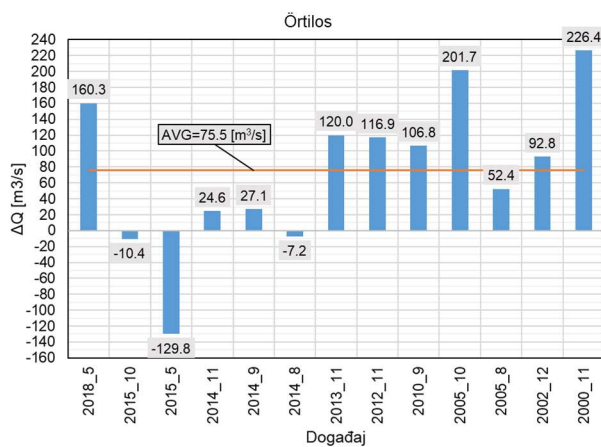
(c) za h.p. Goričan

Događaj	$Q_{i,MAX}$ [m ³ /s]	$Q_{m,MAX}$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX})$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}) / Q_{i,MAX}$ [%]
2018_05	692.2	695.9	3.7	0.5%
2017_09	558.63	533.36	-25.27	-4.5%
2015_10	523.0	557.9	34.9	6.7%
2015_05	575.0	577.1	2.1	0.4%
2014_11	353.0	371.4	18.4	5.2%
2014_09	1448.0	1390.9	-57.1	-3.9%
2014_8	732.0	692.7	-39.3	-5.4%
2013_11	1020.0	973.5	-46.5	-4.6%
2012_11	629.0	719.9	90.9	14.5%
2010_9	579.0	651.7	72.7	12.6%
2005_10	656.0	697.1	41.1	6.3%
2005_8	1225.0	1299.4	74.4	6.1%
2002_12	703.0	642.4	-60.6	-8.6%
2000_11	419.0	381.2	-37.8	-9.0%
MINIMUM			-60.6	-9.0%
MAKSIMUM			90.9	14.5%
SREDNJA VRIJEDNOST			5.1	1.1%



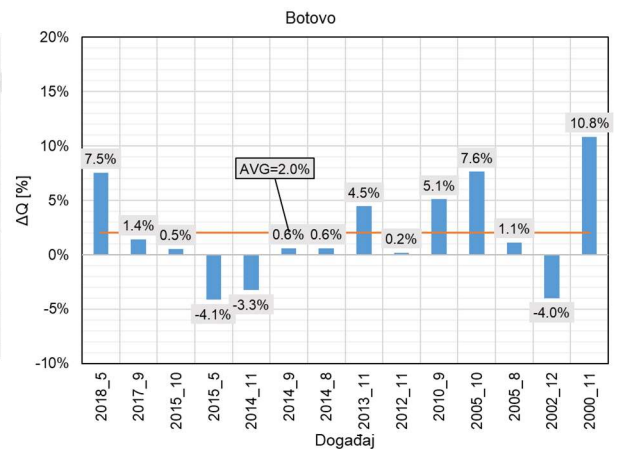
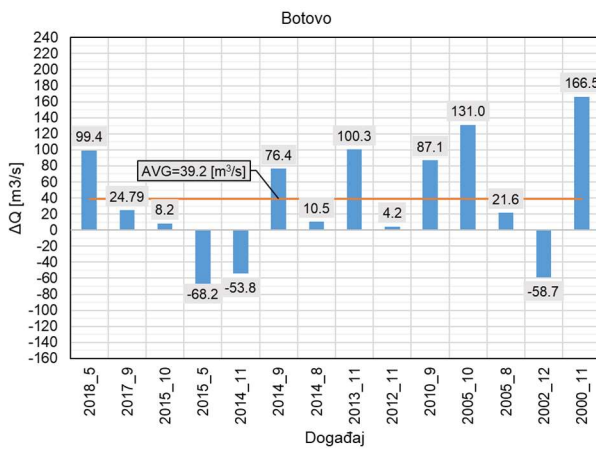
(d) za h.p. Örtilos

Događaj	$Q_{i,MAX}$ [m ³ /s]	$Q_{m,MAX}$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX})$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}) / Q_{i,MAX}$ [%]
2018_05	1260.0	1420.3	160.3	12.7%
2015_10	1570.0	1559.6	-10.4	-0.7%
2015_05	1710.0	1580.2	-129.8	-7.6%
2014_11	1570.0	1594.6	24.6	1.6%
2014_09	2450.0	2477.1	27.1	1.1%
2014_8	1780.0	1772.8	-7.2	-0.4%
2013_11	2230.0	2350.0	120.0	5.4%
2012_11	1960.0	2076.9	116.9	6.0%
2010_9	1690.0	1796.8	106.8	6.3%
2005_10	1650.0	1851.7	201.7	12.2%
2005_8	1860.0	1912.4	52.4	2.8%
2002_12	1317.0	1409.8	92.8	7.0%
2000_11	1476.0	1702.4	226.4	15.3%
MINIMUM			-129.8	-7.6%
MAKSIMUM			226.4	15.3%
SREDNJA VRIJEDNOST			75.5	4.8%



(e) za h.p. Botovo

Događaj	$Q_{i,MAX}$ [m ³ /s]	$Q_{m,MAX}$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX})$ [m ³ /s]	$(Q_{m,MAX} - Q_{i,MAX}) / Q_{i,MAX}$ [%]
2018_05	1319.8	1419.3	99.4	7.5%
2017_09	1749.44	1774.23	24.79	1.4%
2015_10	1550.0	1558.2	8.2	0.5%
2015_05	1646.0	1577.8	-68.2	-4.1%
2014_11	1648.0	1594.2	-53.8	-3.3%
2014_09	2399.0	2475.4	76.4	0.6%
2014_8	1761.0	1771.5	10.5	0.6%
2013_11	2249.0	2349.3	100.3	4.5%
2012_11	2071.0	2075.2	4.2	0.2%
2010_9	1707.0	1794.1	87.1	5.1%
2005_10	1718.0	1849.0	131.0	7.6%
2005_8	1889.0	1910.6	21.6	1.1%
2002_12	1467.0	1408.4	-58.7	-4.0%
2000_11	1535.0	1701.5	166.5	10.8%
MINIMUM			-68.2	-4.1%
MAKSIMUM			166.5	10.8%
SREDNJA VRIJEDNOST			39.2	2.0%



Za kalibraciju hidrološkog modela Mure dobiveni su konačni parametri Muskingum metode K, x i broj poddionica. U nastavku su prikazani navedeni parametri po dionicama (Tablica 4-4). **„Diversion“ elementima „PRELJEV_MS“, „PRELJEV_G“, „PRELJEV_ORT“ definirane su dionice na kojima dolazi do izlivanja vode iz glavnog korita rijeke Mure, a elementom „PRELJEV_DD“ definirana je dionica na kojoj dolazi do izlivanja vode iz glavnog korita rijeke Drave za vrijeme velikih voda.

Tablica 4-4. Parametri Muskingum metode po dionicama modela

Dionica	Opis dionice	K [h]	x [1]	Broj poddionica
GornjaRadgona_UsceKucnica	Dionica Mure od Gornje Radgone do ušća Kučnice u Muru	0.7	0.20	2
UsceKucnica_Petanjci	Dionica Mure od ušća Kučnice u Muru do Petanjaca	0.1	0.25	1
Petanjci_UsceScavnica	Dionica Mure od Petanjaca do ušća Ščavnice u Muru	4.0	0.10	2
UsceScavnica_MurskoSredisce	Dionica Mure od ušća Ščavnice u Muru do Murskog Središća	1.0	0.10	2
Reach-2	Inundacijsko područje na dionici od elementa "PRELJEV_MS" ** do Murskog Središća	65.0	0.10	1
Reach-3	Inundacijsko područje na dionici od elementa "PRELJEV_MS" do Murskog Središća	20.0	0.10	4
MurskoSredisce_UsceLedavaMura	Dionica Mure od Murskog Središća do ušća Ledave u Muru	5.0	0.30	2
UsceLedavaMura_Gorican_1	Dionica Mure od ušća Ledave u Muru do elementa "PRELJEV_G"	1.0	0.30	2
Reach-4	Inundacijsko područje na dionici od elementa "PRELJEV_G" do Goričana	40.0	0.10	4
Reach-5	Inundacijsko područje na dionici od elementa "PRELJEV_G" ** do Goričana	15.0	0.25	4
UsceLedavaMura_Gorican_2	Dionica Mure od elementa "PRELJEV_G" do Goričana	3.0	0.30	2
Gorican_UsceTrnave	Dionica Mure od Goričana do ušća Trnave u Muru	7.0	0.20	1
Trnava	Dionica Trnave od Donjeg Hrašćana do ušća u Muru	1.5	0.20	2
UsceTrnava_Ortilos	Dionica Mure od ušća Trnave u Muru do elementa "PRELJEV_ORT" **	11.0	0.20	1
Reach-7	Inundacijsko područje na dionici od ušća Trnave u Muru do elementa "DIV_ORT"	100.0	0.10	1
Drava_staro_korito	Dionica Drave od HE Dubrava do Donje Dubrave po starom koritu	1.0	0.10	2
DonjaDubrava_Ortilos	Dionica Drave od Donje Dubrave do elementa "PRELJEV_DD" **	6.0	0.10	2
DonjaDubrava_Ortilos_2	Dionica Drave od elementa "PRELJEV_DD" do Ortilosa	2.0	0.10	2
Reach-6	Inundacijsko područje na dionici od elementa "PRELJEV_DD" do Ortilosa	100.0	0.10	1
Ortilos_Botovo	Dionica Drave od Ortilosa do Botova	1.0	0.10	1

U nastavku su prikazani parametri metode kinematskog vala definirane na pritocima rijeke Mure: Kučnicu, Ščavnicu, Kerku i Ledavu (Tablica 4-5).

Tablica 4-5. Parametri metode kinematskog vala za pritoke Mure

Dionica	Opis dionice	Duljina [m]	Nagib dna [m/m]	n [m ^{-1/3} s]	Broj poddionica [1]	Oblik poprečnog presjeka	Širina dna korita [m]	Nagib pokosa [xH:1V]
Kučnica	Dionica Kučnice od Čankove do ušća u Muru	8000	0.00140	0.040	2	Trapezoid	7	2.0
Ščavnica	Dionica Ščavnice od Pristave do ušća u Muru	6500	0.00100	0.040	2	Trapezoid	5	2.0
Ledava_1	Dionica Ledave od Čentibe do ušća Kerke u Ledavu	11750	0.00043	0.040	2	Trapezoid	10	2.0
Kerka	Dionica Kerke od Törmafole do ušća u Ledavu	3450	0.00110	0.040	2	Trapezoid	5	2.0
Ledava_2	Dionica Ledave od ušća Kerke u Ledavu do ušća Ledave u Muru	1950	0.00110	0.040	2	Trapezoid	10	2.0
HED_Odvodni_kanal	Odvodni kanal HE Dubrava između HED-a i Donje Dubrave	4800	0.00100	0.025	2	Trapezoid	25	2.5

5 Potencijalni novi režim rada hidroelektrana

5.1 PROGRAM ANALIZE NOVOG REŽIMA

Potencijalno novi režim rada primijenjen je na HE Čakovec i HE Dubrava. Novi režim rada očituje se u „pozitivnoj“ transformaciji hidrograma Drave s ciljem smanjenja vršnog protoka na h.p. Botovo uz izbjegavanje koincidencije vršnih hidrograma Drave i Mure na ušću.

Testirane su 4 varijante novog režima rada s različitim kotama predpražnjenja akumulacija HEČ i HED (Tablica 5-1). U prvoj varijanti „H-1.0 [m]“ koristi se radni volumen HEČ i HED između kote minimalnog radnog nivoa i kote normalnog uspora. Dodatno su analizirane 3 varijante pri čemu se testira doprinos dodatnog snižavanja GVB ispod kote minimalnog radnog nivoa na „pozitivnu“ transformaciju vodnog vala.

Tablica 5-1. Varijante potencijalno novog režima rada HEČ i HED

R.br	Varijanta	Opis	HEČ			HED		
			Kota normalnog uspora [m n.m.]	Minimalna GVB [m n.m.]	Korisni volumen akumulacije [10^6m^3]	Kota normalnog uspora [m n.m.]	Minimalna GVB [m n.m.]	Korisni volumen akumulacije [10^6m^3]
1.	H-1.0 [m]	GVB spuštена za -1.0 [m]	168.00	167.00	11.50	149.60	148.60	16.60
2.	H-1.5 [m]	GVB spuštена za - 1.5 [m]		166.50	14.68		148.10	19.53
3.	H-2.0 [m]	GVB spuštена za - 2.0 [m]		166.00	19.30		147.60	21.82
4.	H-H(2012) [m]	GVB spuštена do razine prilikom 2012_11		166.09	18.47		147.95	27.06

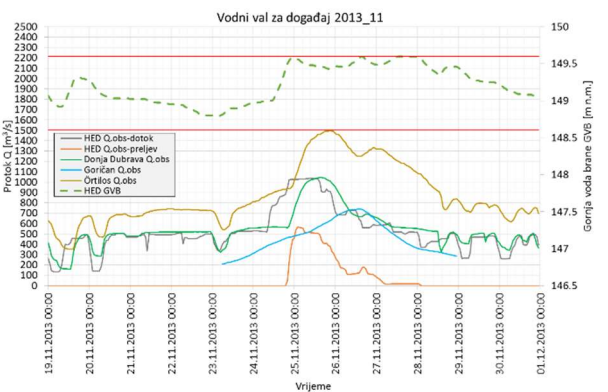
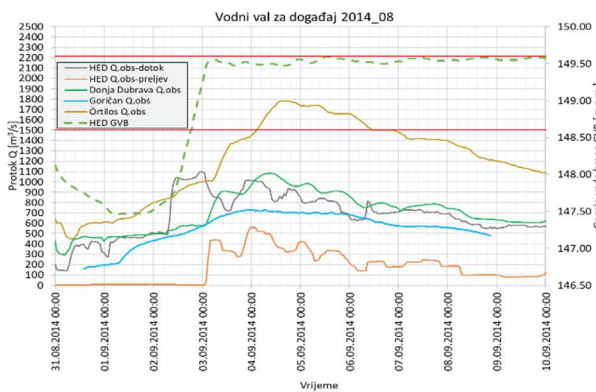
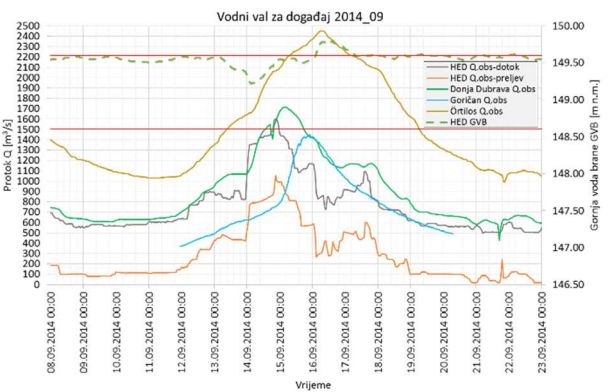
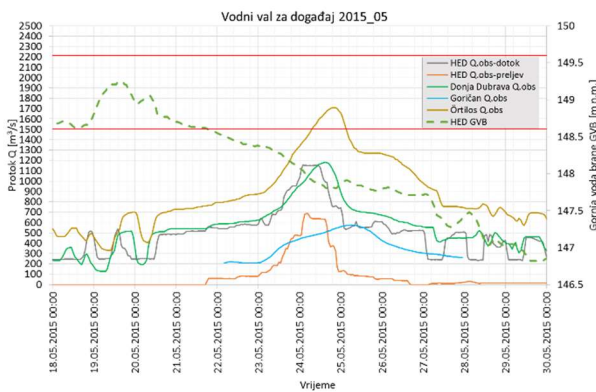
5.2 ODABRANI HIDROLOŠKI DOGAĐAJI ZA ANALIZU

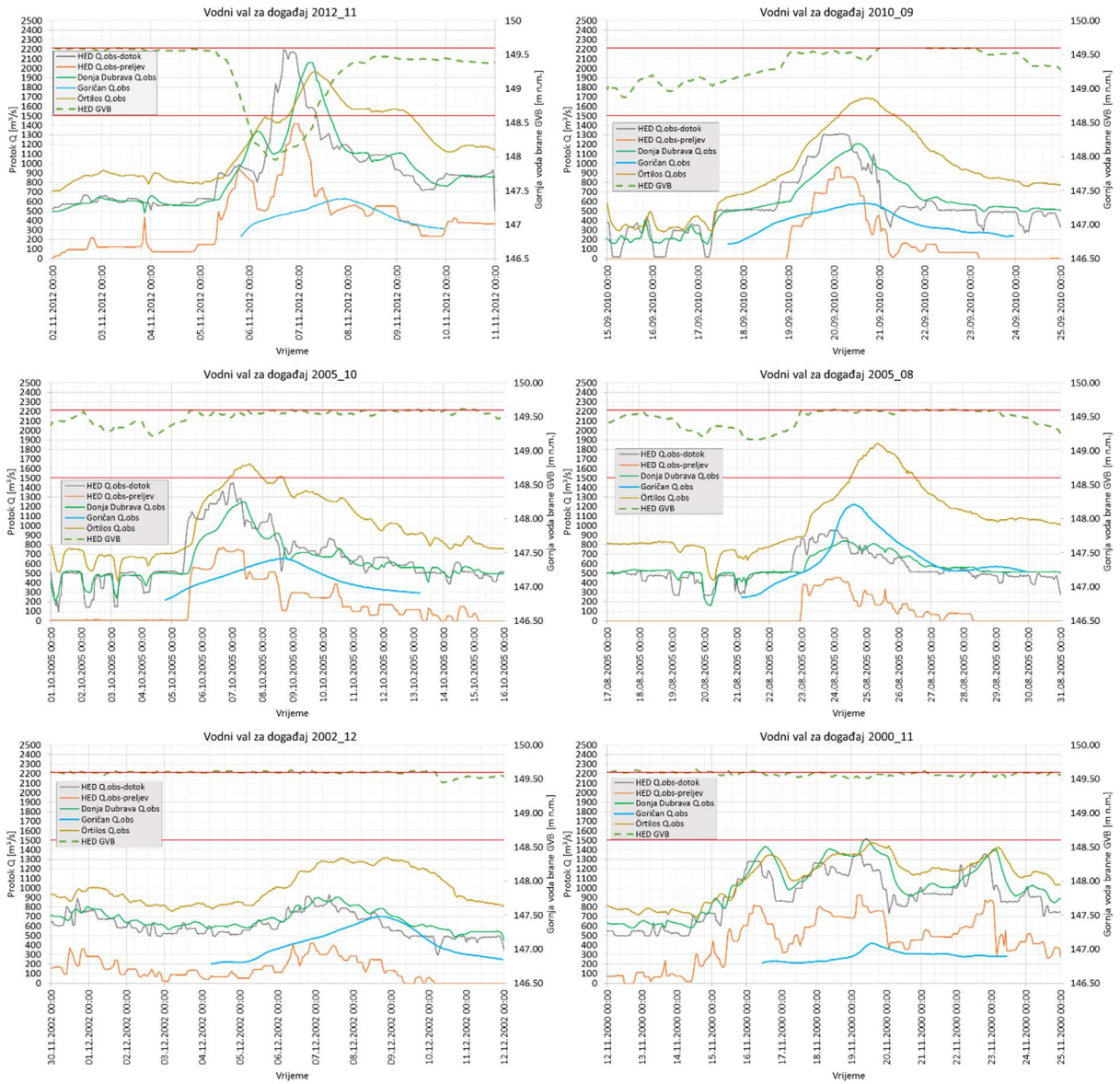
Grafički su prikazani velikovodni događaji nakon 2000. godine za koje postoje pouzdani satni podaci o protokama Mure i Drave (Slika 5.1). Za navedene događaje prikazani su hidrogrami na h.p. Donja Dubrava, h.p. Goričan, h.p. Örtilos i h.p. Botovo te GVB, dotok u akumulaciju i protok preko brane na HE Dubrava.

Od prikazanih događaja odabrano je ukupno 6 događaja za analizu novog režima kod kojih se može definirati novi režim. Tablično su prikazani velikovodni događaji za testiranje novog režima rada na HEČ i HED (Tablica 5-2).

Tablica 5-2. Popis velikovodnih događaja za testiranje novog režima

Red. br	Događaj	Mura Goričan Q_{max} [m ³ /s]	Drava Donja Dubrava Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo Q_{max} [m ³ /s]	Drava Botovo H_{max} [cm]	Novi režim
22	2015_10	523	1073	1550	407	
17	2015_05	575	1183	1646	428	Novi režim
18	2014_11	353	1398	1648	428	
1	2014_09	1448	1711	2399	577	Novi režim
11	2014_08	732	1083	1761	452	Novi režim
23	2013_11	739	1046	1427	403	
4	2012_11	629	2061	2071	513	
6	2010_09	579	1205	1707	485	Novi režim
7	2005_10	656	1249	1718	465	Novi režim
5	2005_08	1225	839	1889	498	Novi režim
25	2002_12	703	902	1467	400	
19	2000_11	419	1517	1535	428	
2	1998_10	452	2095	2038	526	
12	1998_09	557	1236	1602	442	
26	1996_11	391	1432	1573	395	
24	1996_10	462	1359	1526	403	
14	1996_07	609	1313	1568	435	
16	1996_04	834	876	1559	433	
21	1995_09	643	1190	1502	421	
9	1995_06	351	1954	1666	455	
3	1993_10_23	932	1892	1978	515	
15	1993_10_09	246	1524	1564	434	
20	1992_12	560	1342	1535	428	
13	1991_11	621	1231	1573	436	
10	1991_06	560	1544	1661	454	
8	1990_11	652	1565	1676	457	





Slika 5.1. Postojeći režim rada na dravskim hidroelektranama

5.3 RESSIM MODEL DRAVSKIH HIDROELEKTRANA

Analiza utjecaja potencijalno novog režima rada dravskih hidroelektrana HE Čakovec i HE Dubrava na protoke nizvodno od ušća provodila se u programskom paketu HEC-ResSim. Shema promatranog sustava HEČ i HED prikazana je grafički (Slika 5.2).

Ulazni čvor („Junction“) je na ulazu u Varaždinsko jezero, na spoju derivacijskog kanala HEV i starog korita Drave, gdje je definiran dotok u HEČ kao zbroj protoka kroz strojarnicu HEV i preljeva preko brane HEV. Varaždinsko jezero definirano je kao „Reservoir“ kojemu je pridružena krivulja volumena akumulacije (Slika 5.3) i maksimalni protok koji je moguće ispustiti iz akumulacije. Nizvodno od Varaždinskog jezera definirana su 2 „Reach“ elementa - derivacijski kanal HEČ i staro korito Drave, a zadavanjem „Diversion“ elementa protoci veći od 500 [m³/s] ispuštaju se u staro korito Drave.

Na spoju derivacijskog kanala HEČ i starog korita Drave definiran je ulaz u jezero Dubrava. Jezero Dubrava je definirano kao „Reservoir“ za koje je pridružena krivulja volumena akumulacije (Slika 5.3) i maksimalni protok koji je moguće ispustiti iz akumulacije. Nizvodno od jezera Dubrava definirana su 2 „Reach“ elementa - derivacijski kanal HED i staro korito Drave, a zadavanjem „Diversion“ elementa protoci veći od 500 [m³/s] ispuštaju se u staro korito Drave.

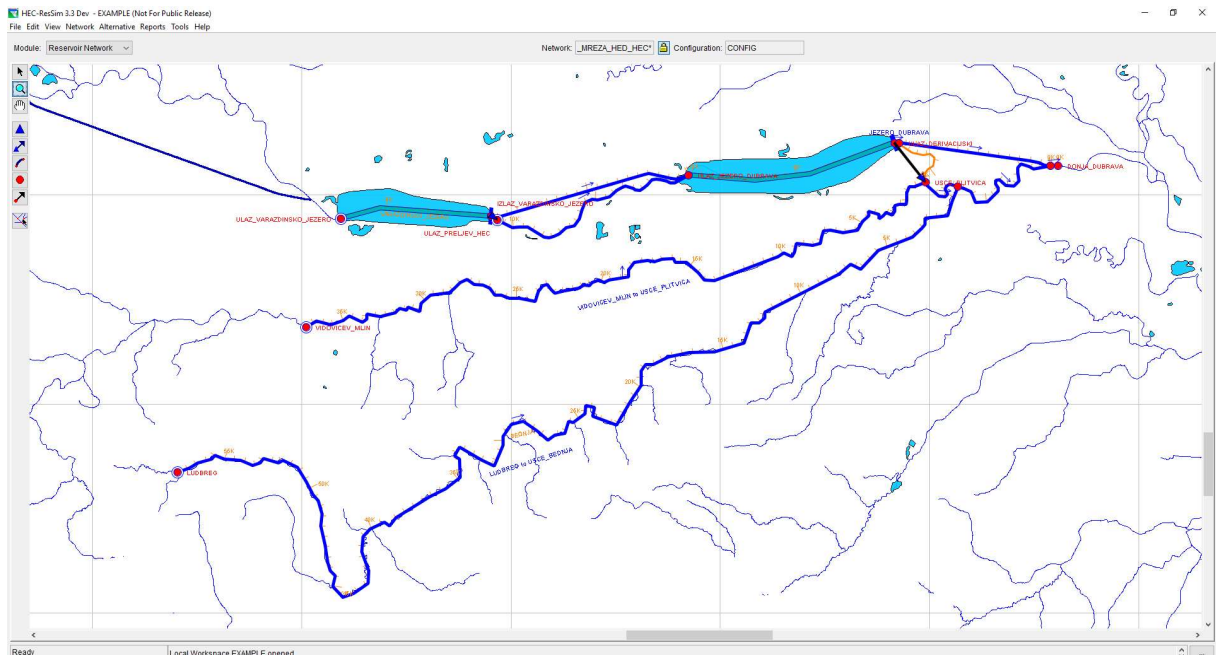
U staro korito rijeke Drave nizvodno od jezera Dubrava u modelu su definirana 2 pritoka - Plitvica i Bednja. Ulazni čvor za rijeku Plitvicu definiran je na lokaciji h.p. Vidovićev mlin dok je za rijeku Bednju definiran na lokaciji h.p. Ludbreg. U navedenim čvorovima zadani su ulazni hidrogrami na temelju izmjerenih protoka.

Izlaz iz modela je na h.p. Donja Dubrava. Hidrogram dobiven ResSim modelom na Donjoj Dubravi poslužio je kao ulazni hidrogram u HEC-HMS hidrološki model za analizu utjecaja potencijalnog novog režima rada hidroelektrana na protoke na ušću Mure u Dravu (h.p. Őrtilos) i nizvodno.

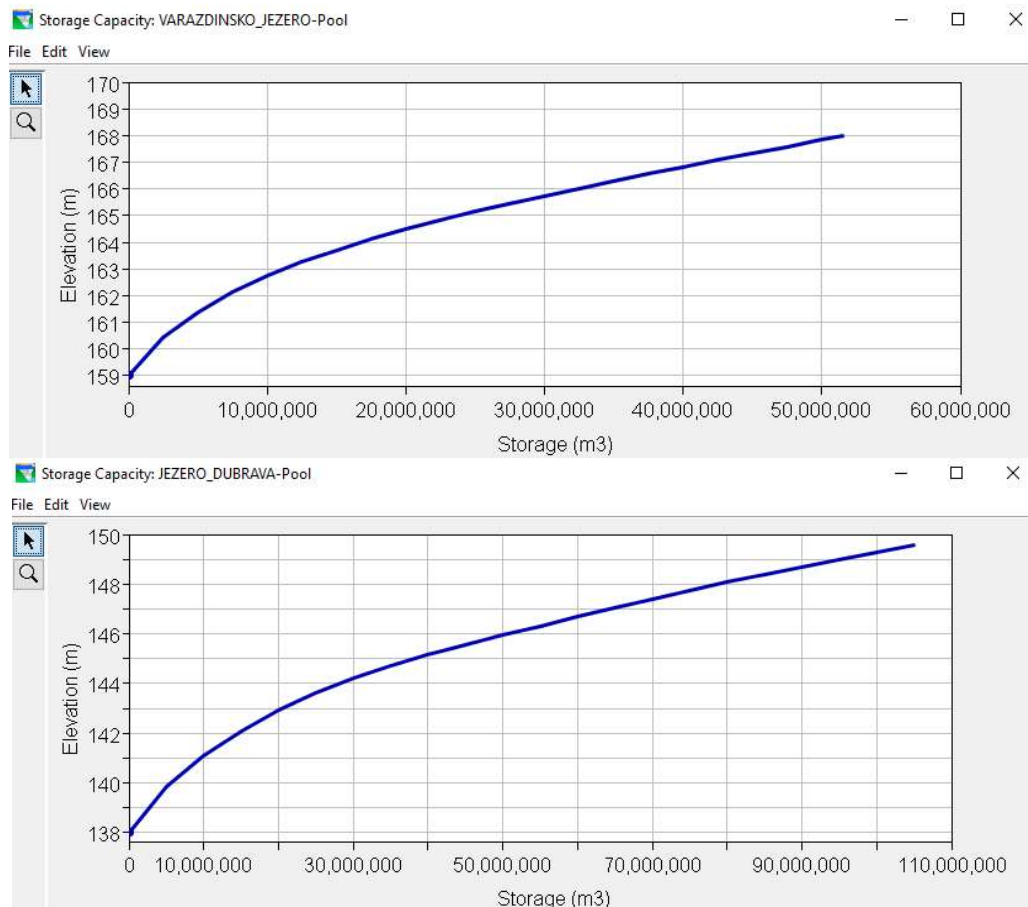
Podaci o krivuljama volumena akumulacija, maksimalnim protocima kroz strojarnice i preko preljeva brane te minimalnim protocima kroz strojarnice HEČ i HED dostavljeni su od strane HEP-a te su prikazani u nastavku.

Tablica 5-3 Maksimalni i minimalni protoci za HEČ i HED

Hidroelektrana Akumulacija	Maksimalni protok preko preljeva brane [m ³ /s]	Maksimalni protok kroz strojarnicu [m ³ /s]	Minimalni protok kroz strojarnicu [m ³ /s]
HEČ Varaždinsko jezero	5000	500	100
HED Jezero Dubrava	5000	500	100



Slika 5.2 Situacija HEČ i HED unutar ResSim modela



Slika 5.3 Krivulja volumena za Varaždinsko jezero i jezero Dubrava (HEC ResSim)

5.4 REZULTATI POTENCIJALNO NOVOG REŽIMA RADA

U Prilogu 9.3 i Prilogu 9.4 grafički su detaljno prikazani rezultati modela HEC-RESSIM i modela HEC-HMS za 4 varijante novog režima rada na HEČ i HED (Tablica 5-1). Novi režim rada uspoređen je s postojećim režimom. Na grafovima rezultati modela imaju sljedeće oznake:

- „Postojeće“ su računski vodostaji i protoci iz modela (HEC-RESSIM, HEC-HMS) za postojeći (provedeni) režima rada na HEČ i HED;
- „Novo“ su računski vodostaji i protoci iz modela (HEC-RESSIM, HEC-HMS) za potencijalno novi režima rada na HEČ i HED;
- „Izmjereno“ su izmjereni vodostaji i protoci.

U Prilogu 9.3 prikazani su rezultati HEC-RESSIM modela na HEČ i HED te su dani grafovi:

- GVB za izmjereni (puna zelena linija) i potencijalno novi režim rada (isprekidana zelena linija) na HEČ i HED zajedno s prikazom kote normalnog uspora i minimalnih razina u akumulaciji za pojedinu varijantu potencijalnog novog režima rada;
- Za HEČ prikazani su postojeći dotok u akumulaciju (puna siva linija) te ukupni izlazni protok kroz strojarnicu i preko brane za izmjereni režim (puna plava linija) i novi režim (isprekidana plava linija);
- Za HED su prikazani postojeći dotok u akumulaciju (puna siva linija), dotok uslijed primijenjenog novog režima rada na HEČ (isprekidana siva linija) te ukupni izlazni protok kroz strojarnicu i preko brane za izmjereni režim (puna plava linija) i novi režim (isprekidana plava linija);
- Trenutak početka primjene potencijalnog novog režima rada pojedine HE (crvena puna linija) uz opis početka i kraja novog režima rada te ukupni izlazni protoci na HEČ i HED.

U Prilogu 9.4 prikazani su računski hidrogrami na lokaciji h.p. Őrtilos i računski nivogrami na h.p. Botovo uz primjenu novog režima na HEČ i HED te su dani grafovi:

- Za h.p. Őrtilos prikazani su računski hidrogrami iz modela za Drava-ušće (zeleno) i h.p. Őrtilos (plavo) u postojećem režimu (puno) i u novom režimu rada (isprekidano). Prikazan je i izmjereni hidrogram na h.p. Goričan (narančasto) uz transformaciju do ušća.
- Za h.p. Botovo prikazani su računski nivogrami (plavo) u postojećem režimu (puno) i novom režimu (isprekidano).

Zbirni računski vodostaji i protoci na h.p. Botovo za postojeći režim i novi režim na HEČ i HED dan je tablično za sve analizirane događaje i sve varijante (Tablica 5-4). Prikazana je i razlika vršnih vodostaja i protoka između novog i postojećeg režima kao i ostvarenje mjera obrane od poplava uz sljedeće kratice preuzete iz [5]:

- P – pripremno stanje, **plava** ispuna;
- R – redovne mjere, **žuta** ispuna;
- I – izvanredne mjere, **narančasta** ispuna;
- IS – izvanredno stanje, **crvena** ispuna.

Potencijalno novi režim očituje se u predpražnjenju akumulacija i zadržavanju određenog volumena vodnog vala s ciljem smanjenja vršnog protoka te izbjegavanje koincidencije vršnih hidrograma Drave i Mure na ušću. Rezultati analize pokazuju da je predpražnjenje akumulacije HEČ i HED za -2.0 [m] ispod radne kote akumulacije omogućava dodatno sniženje vršnih protoka za prosječno -57 [cm] (odnosno -271 [m³/s]) s obzirom na postojeći režim. Cjelokupni period potencijalno novog režima HE Dubrava kod vodnog vala 2014_09 iznosi ukupno 4 dana za režim rada -2.0 [m] ispod radne kote akumulacije.

Tablica 5-4. Zbirni rezultati modela za postojeći i novi režim rada hidroelektrana na h.p. Botovo

(a) Vršni vodostaji i ostvarene mjera obrane od poplava

Događaj	Vodostaj H _{max} [cm]						Promjena vodostaja ΔH _{max} [cm]				Mjera obrane od poplava					
	Izmjereno	Postojeće	Novo				Novo-Postojeće				Izmjereno	Postojeće	Novo			
			H-1.0 [m]	H-1.5 [m]	H-2.0 [m]	H-H(2012) [m]	H-1.0 [m]	H-1.5 [m]	H-2.0 [m]	H-H(2012) [m]			H-1.0 [m]	H-1.5 [m]	H-2.0 [m]	H-H(2012) [m]
2015_05	428	413	363	345	328	335	-50	-68	-85	-78	P	P				
2014_09	577	596	560	551	541	545	-36	-45	-55	-51	IS	IS	I	I	I	I
2014_08	452	453	416	411	395	405	-37	-42	-58	-48	P	P	P	P		P
2010_09	485	457	443	434	415	424	-14	-23	-42	-33	R	P	P	P	P	P
2005_10	465	462	430	424	410	415	-32	-38	-52	-47	R	R	P	P	P	P
2005_08	498	481	450	440	430	436	-31	-41	-51	-45	R	R	P	P	P	P
PROSJEK							-33	-43	-57	-50						

(b) Vršni protoci

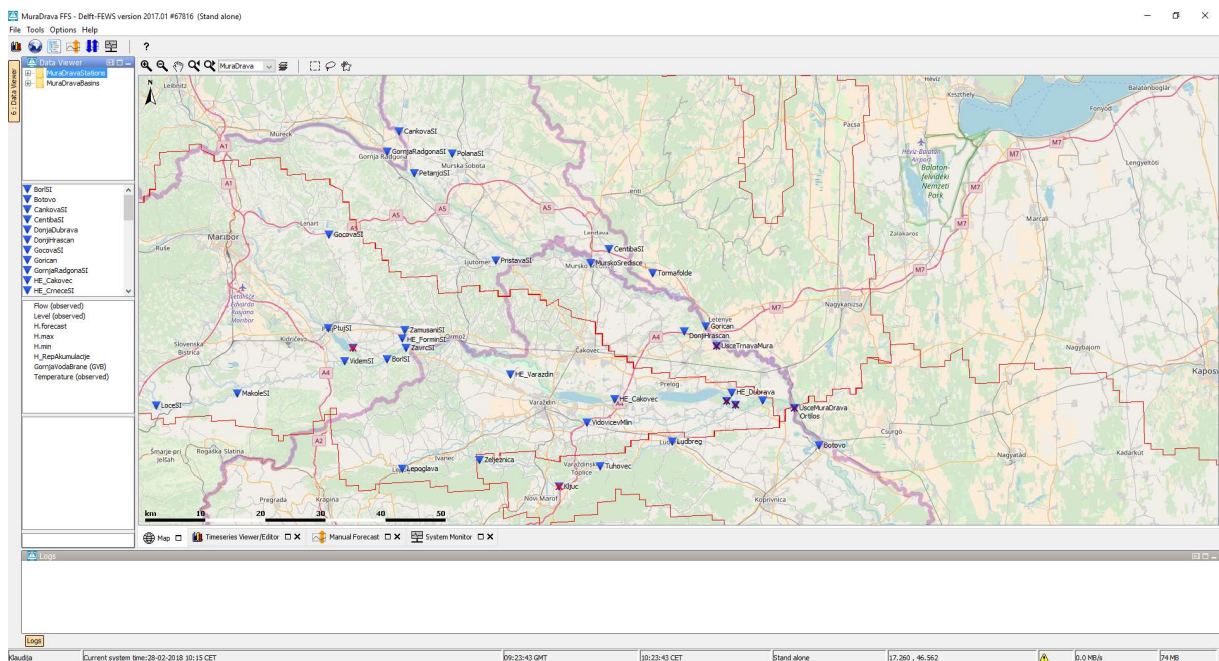
Događaj	Vršni protok Q _{max} [m ³ /s]						Promjena protoka ΔQ _{max} [m ³ /s]			
	Izmjereno	Postojeće	Novo				Novo-Postojeće			
			H-1.0 [m]	H-1.5 [m]	H-2.0 [m]	H-H(2012) [m]	H-1.0 [m]	H-1.5 [m]	H-2.0 [m]	H-H(2012) [m]
2015_05	1646	1581	1354	1274	1205	1232	-227	-307	-376	-349
2014_09	2399	2475	2303	2257	2206	2229	-143	-218	-269	-246
2014_08	1761	1771	1596	1574	1496	1546	-176	-198	-276	-226
2010_09	1707	1794	1723	1681	1591	1633	-71	-113	-204	-161
2005_10	1718	1819	1663	1632	1569	1593	-156	-187	-250	-226
2005_08	1889	1911	1761	1711	1661	1693	-150	-200	-250	-218
PROSJEK							-154	-204	-271	-238

6 Operativni prognostički model MuraDrava-FFS

6.1 OPĆENITO O DELFT-FEWS PLATFORMI

Delft-FEWS (Delft Flood Early Warning System) (Slika 6.1) je platforma koja se koristi za hidrološke prognoze u realnom vremenu i za upravljanje vodnim resursima. Delft-FEWS je besplatno dostupan program koji učinkovito obrađuje velike količine prognoziranih podataka, uključuje najnovija zapažanja s najnovijim meteorološkim prognozama i osigurava dosljednu kvalitetu podataka, standardizirani proces rada, vizualizacije i izvješćivanja. Delft-FEWS može podnijeti velike proračune na hardveru, u „oblaku“ ili kombinaciju navedenog. Također, omogućuje daljinsku suradnju između više stručnjaka koji koriste iste podatke.

Delft-FEWS sastoji se od skupa podesivih modula za izgradnju sustava za hidrološke prognoze prilagođenog specifičnim zahtjevima pojedinih organizacija. Delft-FEWS je osmišljen kako bi podržao proces predviđanja poplava te je, zbog svoje fleksibilne strukture, pogodan i za podršku u svakodnevnom operativnom upravljanju, kontroli u realnom vremenu i prognozi te također za upozoravanje u ostalim područjima, poput kvalitete vode, upravljanje akumulacijama, za hidroelektrane, plovidbu, podzemne vode te za praćenje suše i stanja nasipa. [10] [11]

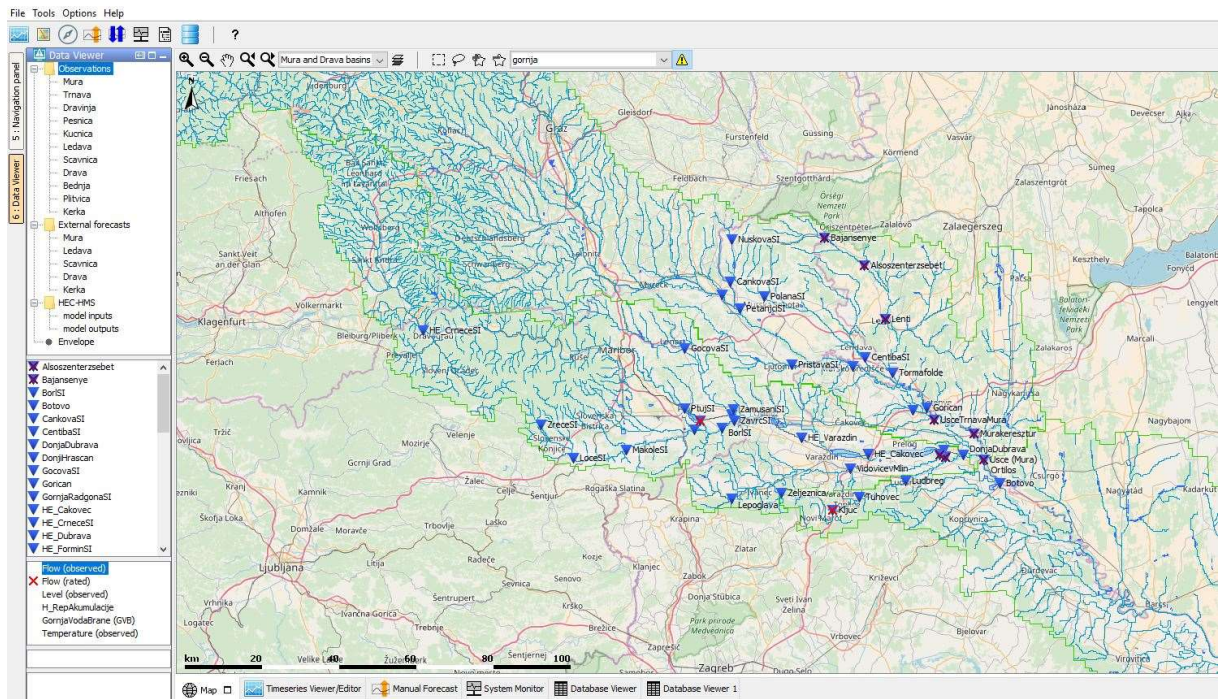


Slika 6.1. Prikaz sučelja Delft-FWES platforme

6.2 OPERATIVNI MODEL MURADRAVA-FFS

U Delft-FEWS platformi definirane su lokacije hidroloških postaja i lokacije hidroelektrana na Muri i Dravi te njihovim pritocima. Lokacije svih postaja i hidroelektrana prikazane su na mapi u Delft-FEWS (Slika 6.2) te je za svaku lokaciju definirano kojem vodotoku pripada. Svi vodotoci definirani su u filterima te se odabirom jednog ili više vodotoka na mapi prikazuju postaje/hidroelektrane koje se nalaze na odabranim vodotocima.

Osim definiranih lokacija, potrebno je definirati i parametre. Određeni parametri odnose se na hidrološke postaje i na hidroelektrane dok se neki od parametara isključivo odnose na hidrološke postaje, odnosno hidroelektrane. Odabirom postaje ili hidroelektrane u filterima (kartica *Data Viewer* s listom definiranih lokacija i parametara) ili izravno označavanjem na mapi prikazuju se parametri koji odgovaraju odabranoj lokaciji. Parametri koji se koriste unutar Delft-FEWS platforme za potrebe ovog projekta podijeljeni su u četiri grupe (Tablica 6-1).



Slika 6.2. Prikaz lokacija hidroloških postaja i lokacija hidroelektrana unutar Delft-FEWS

Delft-FEWS omogućava korištenje i rukovanje različitim setovima podataka. Također, omogućava i unos podataka iz raznih vanjskih izvora kao što su web, vanjske baze podataka te mnogo različitih formata datoteka. Ovi podaci uključuju, na primjer, vremenske serije dobivene iz telemetrijskih sustava kao što su podaci o vodostaju ili količini oborine, ali također i radarske snimke ili rezultate numeričkih modela za vremenske prognoze (ALADIN, GFS, HARMONIE, EOBS). Učinkovita pohrana podataka u Delft-FEWS bazi podataka nudi brzu i učinkovitu opsežnu optimizaciju performansi za obradu svih heterogenih skupova podataka.

Za potrebe ovog projekta podaci se prikupljaju za hidrološke postaje i hidroelektrane u Hrvatskoj, Sloveniji i Mađarskoj. Podaci za hidrološke postaje/hidroelektrane u Hrvatskoj prikupljaju se preko FTP servera, a podaci za postaje/hidroelektrane u Sloveniji i Mađarskoj prikupljaju se s web-a. Povijesni podaci za sve postaje/hidroelektrane uneseni su s lokalnog računala. Da bi se omogućio unos podataka potrebno je definirati različite *.xml* datoteke. S obzirom na različite načine prikupljanja podataka definirane *.xml* datoteke prikazane su tablično (Tablica 6-2). Tip datoteke predstavlja format datoteke u kojem se nalaze potrebni podaci. Dan je primjer *.xml* datoteke za unos podataka za hidrološke postaje u Hrvatskoj (Slika 6.3).

Prikupljanje podataka s lokalnog računala provodi se na način da se *.txt* datoteke kopiraju u predefinirani folder unutar FEWS-a za unos podataka. Ukoliko u određenom trenutku nema izmjerenog podatka onda je za taj trenutak upisana vrijednost "-999". Tu vrijednost Delft-FEWS prepoznaje kao podatak koji nedostaje. Postupak prikupljanja podataka na ovakav način provodi se samo jednom.

Prikupljanje podataka s web-a provodi se putem aplikacija izrađenih pomoću programskog jezika „R“. Prikupljeni podaci prerađuju se u izlazne podatke te se formatiraju u *.csv* format u predefinirani folder unutar FEWS-a za unos podataka. Ukoliko u određenom trenutku nema izmjerenog podatka onda se za taj trenutak upisuje vrijednost "-999". Tu vrijednost Delft-FEWS prepoznaje kao podatak koji nedostaje. Postupak prikupljanja podataka provodi se svakih sat vremena te je u potpunosti automatiziran.

Prikupljanje podataka s FTP servera provodi se putem aplikacija izrađenih pomoću programskog jezika „R“. Servis na svakih 15 i 45 minuta nakon punog sata aktivira proceduru za povlačenje određenog skupa podataka iz baze podataka. Ulazni podaci se prerađuju u izlazne podatke te se formatiraju u *.csv* format. Ukoliko u određenom trenutku nema izmjerenog podatka onda se za taj trenutak upisuje vrijednost "-999". Tu vrijednost Delft-FEWS prepoznaje kao podatak koji nedostaje. Podaci s FTP servera automatski se povlače svakih sat vremena te se spremaju u predefiniranu mapu unutar FEWS-a za unos podataka. Tablično je dan prikaz web izvora s kojih se prikupljaju podaci u realnom vremenu (

Tablica 6-3). Vrijeme zapisa svih podataka koji se prikupljaju je u vremenskoj zoni UTC+1 te su tako i prikazani unutar Delft-FEWS platforme.

U Delft-FEWS platformu dodane su i *.shp* datoteke podslivova, vodotoka, akumulacija i vodnih tijela te derivacijskih kanala (Slika 6.4). Navedene datoteke se dodaju u *MapLayerFiles* mapu koja se nalazi u *Config* mapi. Za prikaz *.shp* datoteka u kartici *Maps* unutar Delft-FEWS platforme potrebno je definirati dvije *.xml* datoteke , a to su *GridDisplay.xml* i *Explorer.xml*. Svaka pojedina *.shp* datoteka je geopozicionirana (Slika 6.5).

Tablica 6-1. Parametri definirani unutar Delft-FEWS-a

Grupa parametara	Parametar			Lokacija
	Naziv	ID	Opis	
Discharge [m ³ /s]	Flow (observed)	Q.obs	Zabilježeni protok	Hidrološka postaja /hidroelektrana
	Flow (rated)	Q.rated	Procijenjeni protok	Hidrološka postaja
	Flow (simulated)	Q.simulated	Računski protok	Hidrološka postaja
	Flow (forecasted)	Q.forecasted	Prognozirani protok	Hidrološka postaja
	Flow (merged)	Q.merged	Kombinacija zabilježenih i prognoziranih protoka	Hidrološka postaja
	Flow (envelope)	Q.envelope	Granični protok na Donjoj Dubravi	Donja Dubrava
Water Level [cm]	Level (observed)	H.obs	Zabilježeni vodostaj	Hidrološka postaja
	Level (forecasted)	H.forecast	Prognozirani vodostaj	Hidrološka postaja
	Level (merged)	H.merged	Kombinacija zabilježenih i prognoziranih vodostaja	Hidrološka postaja
	Level (envelope)	H.envelope	Granični vodostaj na Donjoj Dubravi	Donja Dubrava
HE Water Level [m n.m]	H_RepAkumulacije	H.rep	Zabilježeni vodostaj na repu akumulacije	Hidroelektrana
	GornjaVodaBrane (GVB)	GVB.obs	Zabilježena gornja voda brane	Hidroelektrana
Temperature [°C]	Temperature (observed)	T.obs	Zabilježena temperatura	Hidrološka postaja /hidroelektrana

Tablica 6-2. Unos podataka u Delft-FEWS

Naziv .xml datoteke	Tip datoteke	Podaci	Način prikupljanja podataka
ImportARSO	.csv	Podaci za postaje/hidroelektrane u Sloveniji	Web
ImportForecastData_HYDROINFO	.csv	Podaci o prognoziranim vodostajima na hidrološkim postajama Goričan, Őrtilos i Botovo	Web
ImportForecastData_Steiermark	.csv	Podaci o prognoziranim vodostajima iz DHI modela na Muri, Ledavi, Ščavnici i Kerki	Web
ImportForecastData_HEP	.csv	Podaci o prognoziranim protocima za HE Dubrava	Lokalno računalo
ImportHE	.csv	Podaci za hidroelektrane Formin, Varaždin, Čakovec i Dubrava	FTP server
ImportHistoric	.txt	Povijesni podaci za sve postaje/hidroelektrane	Lokalno računalo
ImportHrvatskeVode	.csv	Podaci za hidrološke postaje u Hrvatskoj	FTP server
ImportOrtilos	.csv	Podaci za hidrološku postaju Őrtilos u Mađarskoj	Web
ImportTormafolde	.csv	Podaci za hidrološku postaju Tormafölde u Mađarskoj	Web

Tablica 6-3. Izvori za prikupljanje podataka u Delft-FEWS

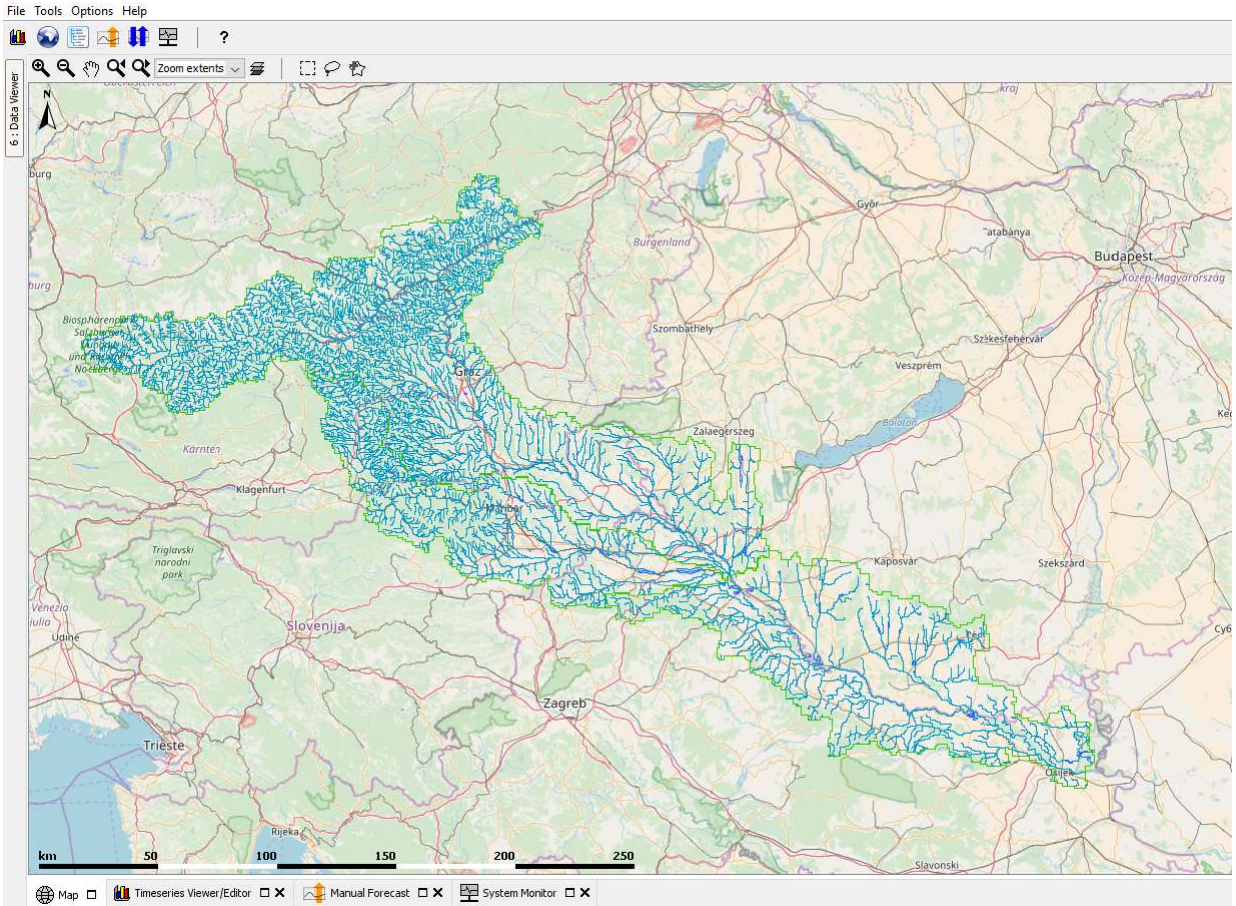
Naziv .xml datoteke	Izvor	Link
ImportARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje	http://www.arso.gov.si
ImportForecastData_HYDROINFO	HYDROINFO - Hungarian Hydrological Forecasting Service	http://www.hydroinfo.hu
ImportForecastData_Steiermark	DHI prognostički model Mure	http://app.hydrographie.steiermark.at
ImportOrtilos	Nacionalna uprava za vode	https://www.vizugy.hu
ImportTormafolde	Nacionalna uprava za vode	https://www.vizugy.hu

```

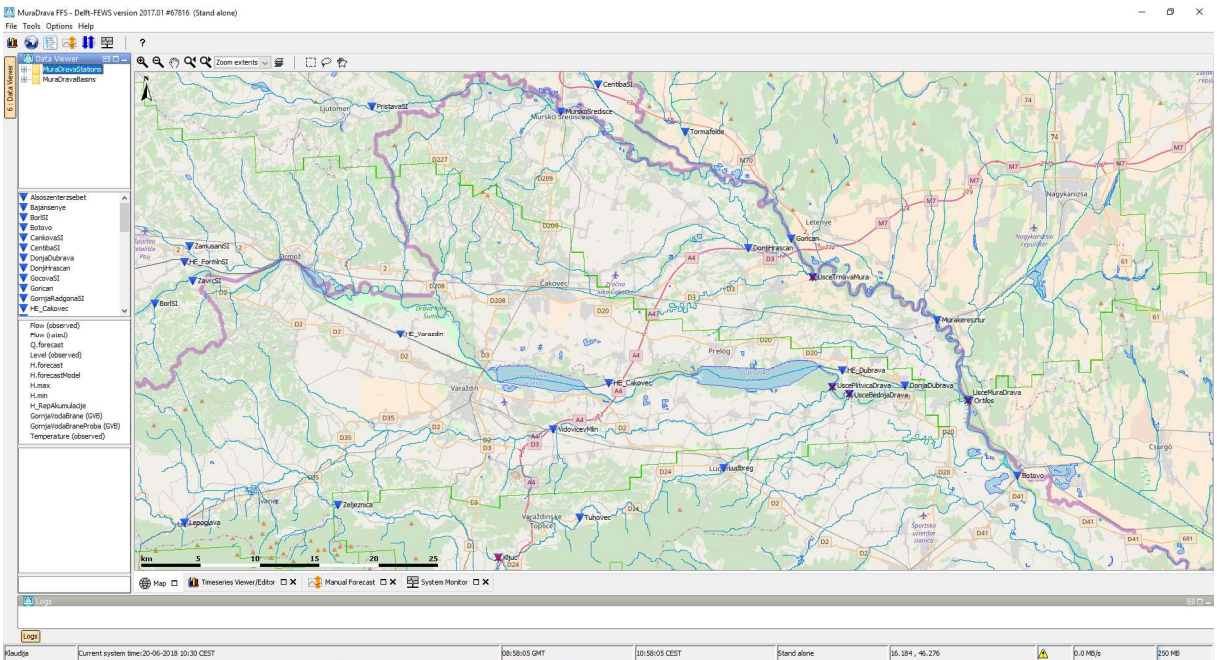
1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2  <!-- edited with XMLSpy v2018 (x64) (http://www.altova.com) by Klaudija (Faculty) -->
3  <timeSeriesImportRun xmlns="http://www.wildelft.nl/fews" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.wildelft.nl/fews http://fees.wildelft.nl/schemas/version1.0/timeSeries
4  <import>
5    <general>
6      <importType>generalCSV</importType>
7      <folder>$IMPORT_FOLDERS/HrvatskeVode</folder>
8      <!--<fileNamePatternFilter>*%</fileNamePatternFilter-->
9      <fileNameLocationIDPattern>*</fileNameLocationIDPattern>
10     <failedFolder>$IMPORT_FAILED_FOLDERS/HrvatskeVode</failedFolder>
11     <backupFolder>$IMPORT_BACKUP_FOLDERS/HrvatskeVode</backupFolder>
12     <table>
13       <locationColumn name="Name"/>
14       <dateColumn name="Date" pattern="dd/MM/yyyy"/>
15       <timeColumn name="Time" pattern="HH:mm"/>
16       <valueColumn name="Q_obs" parameterId="Q_obs" unit="m3/s"/>
17       <valueColumn name="H_obs" parameterId="H_obs" unit="cm"/>
18     </table>
19     <idMapId>IdImportHrvatskeVode</idMapId>
20     <missingValue>-999</missingValue>
21     <importTimeZone>
22       <!--<timeZoneName>GMT</timeZoneName-->
23       <timeZoneOffset>+01:00</timeZoneOffset>
24     </importTimeZone>
25     <dataFeedId>HV-data</dataFeedId>
26   </general>
27   <timeSeriesSet>
28     <moduleInstanceId>ImportHrvatskeVode</moduleInstanceId>
29     <valueType>scalar</valueType>
30     <parameterId>Q_obs</parameterId>
31     <locationSetId>MuraDravahydroStations</locationSetId>
32     <timeSeriesType>external_historical</timeSeriesType>
33     <timeStep unit="hour" multiplier="1"/>
34     <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
35   </timeSeriesSet>
36   <timeSeriesSet>
37     <moduleInstanceId>ImportHrvatskeVode</moduleInstanceId>
38     <valueType>scalar</valueType>
39     <parameterId>H_obs</parameterId>
40     <locationSetId>MuraDravahydroStations</locationSetId>
41     <timeSeriesType>external_historical</timeSeriesType>
42     <timeStep unit="hour" multiplier="1"/>
43     <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
44   </timeSeriesSet>
45 </import>
46 <!--<import-->
47 <!--<import-->
368 </timeSeriesImportRun>
369

```

Slika 6.3. .xml datoteka ImportHrvatskeVode



Slika 6.4. Prikaz vodotoka, vodnih tijela, derivacijskih kanala te podslivova na predmetnoj dionici

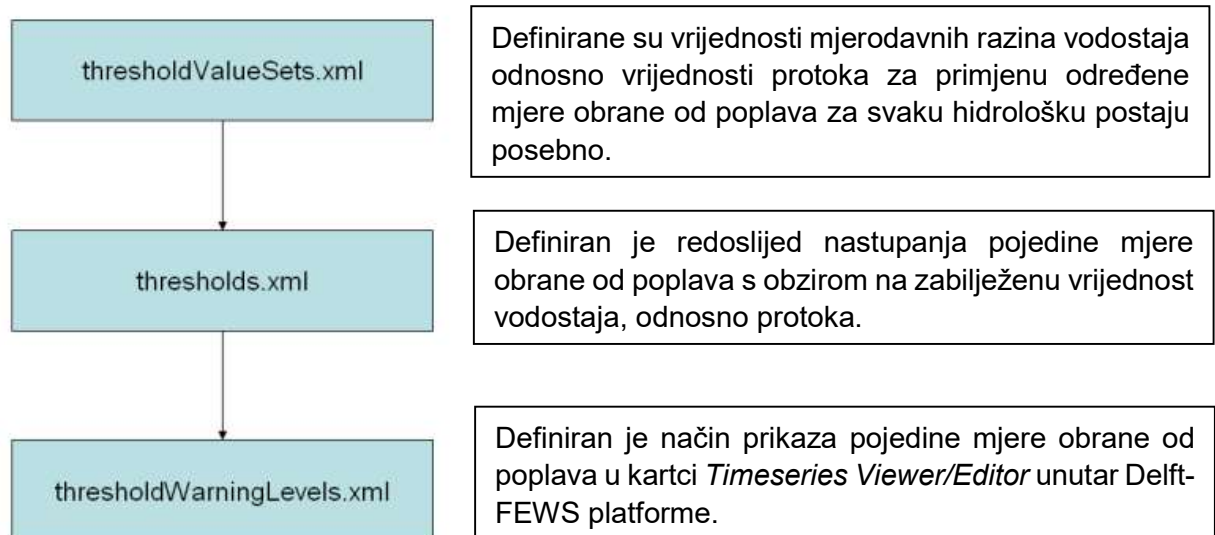


Slika 6.5 Prikaz predmetnog područja na teritoriju Republike Hrvatske unutar Delft-FEWS platforme

Tablica 6-4 Opis *.shp* datoteka koje se nalaze unutar Delft-FEWS platforme

Shapefile	Tip datoteke	Podaci	Koordinatni sustav
MuraDrava_basin	.shp	Prikaz podslivova rijeke Mure i Drave do ušća te rijeke Drave nizvodno od ušća Mure u Dravu do Osijeka	WGS 1984
MuraDrava_rivers	.shp	Prikaz riječne mreže na promatranom području	WGS 1984
MuraDrava_inlandwater	.shp	Prikaz vodnih tijela na promatranom području	WGS 1984
MuraDrava_panstock	.shp	Prikaz derivacijskih kanala na promatranom području	WGS 1984

Unutar Delft-FEWS platforme definirane su i mjerodavne razine vodostaja odnosno vrijednosti protoka za primjenu određene mjere obrane od poplava tzv. „threshold“ te stanja koja su se definirala ovim projektom, Stanje 1, Stanje 2 i Stanje 3. Mjerodavne razine vodostaja u Republici Hrvatskoj definiraju Vodnogospodarski odjel i Vodnogospodarska ispostava na temelju iskustva s terena. Na ovakav način krajnji korisnik dobiva potpunu informaciju o trenutnom stanju na promatranom vodotoku. Za prikaz tih graničnih vodostaja i protoka potrebno je definirati određene *.xml* datoteke. Na slici ispod hijerarhijski su prikazane *.xml* datoteke potrebne za definiranje mjerodavnih razina vodostaja za primjenu određene mjere obrane od poplava.

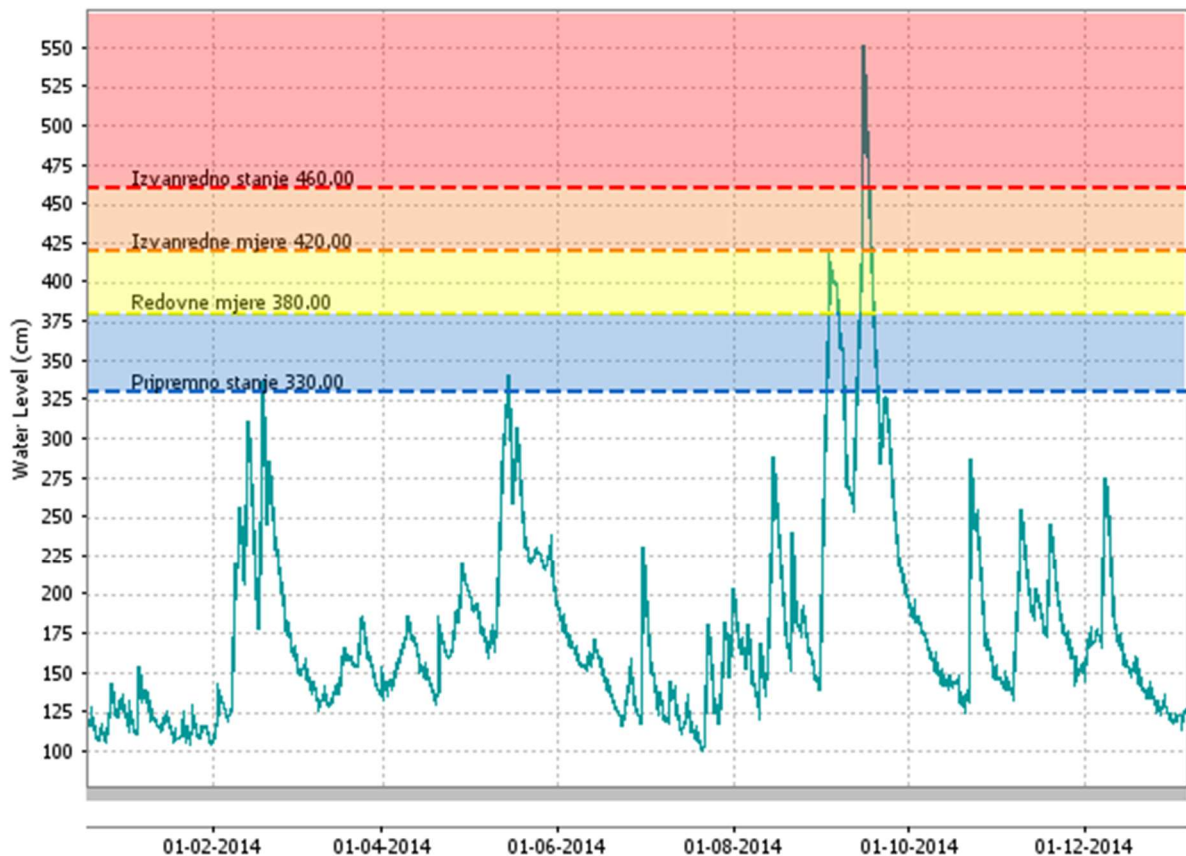


Slika 6.6 Hijerarhijski prikaz *.xml* datoteka potrebnih za definiranje mjera obrane od poplava

Tablica 6-5 Legenda za prikaz mjera obrane od poplava i definiranih graničnih stanja unutar Delft-FEWS platforme

Threshold	Boja	Stil linije	RGB
Pripremno stanje	Dodger blue3	— — — —	21, 105, 199
Redovne mjere	Yellow	— — — —	255, 255, 0
Izvanredne mjere	Orange	— — — —	248, 122, 23
Izvanredno stanje	Red	— — — —	255, 0, 0
Stanje 1	Spring green3	— · — · — · — ·	76, 197, 82
Stanje 2			
Stanje 3	Spring green 4	— · — · — · — ·	52, 124, 44

Gorican



Slika 6.7 Zabilježeni satni vodostaji u 2014. godini na hidrološkoj postaji Gorican s prikazanim mjerama obrane od poplava

Unutar Delft-FEWS platforme definirane su dvije kartice *Data Viewer* i *Navigation Panel*. Odabirom jedne ili druge mijenja se prikaz unutar filtera. Odabirom *Data Viewer* kartice omogućen je prikaz zabilježenih vrijednosti pojedinih parametara, hidroloških prognoza na pojedinim hidrološkim postajama, ulaznih parametara u prognostički model, rezultata prognostičkog modela te prikaz graničnog protoka na hidrološkoj postaji Donja Dubrava. Odabirom kartice *Navigation Panel* u filterima se pojave određene grupe unutar kojih su određene različite radnje koje je moguće pokrenuti unutar platforme (dalje u tekstu: workflow), kao što su unos zabilježenih parametara, unos hidroloških prognoza, pokretanje hidrološke

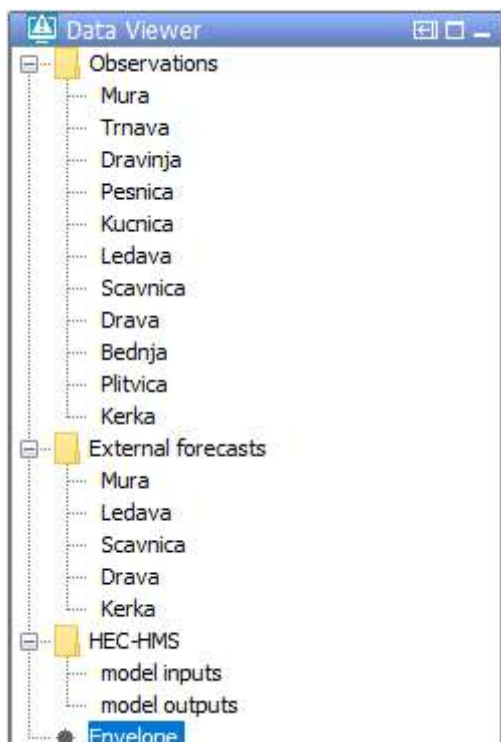
simulacije, pokretanje prognostičkog modela, izrada izvještaja, slanje izvještaja putem e-mail-a, slanje predefiniраних графова путем „Telegram“ апликације, сигурносна копија (*backup*) повјесних података те поновни унос повјесних података. Одabiром једног од workflow-a те одabiром иконе *Run segment or forecast group on server* могуће је покренути одабрани workflow. Истовремено се може покренути највише један workflow с тим да је потребно поштовати одређену хијерархију да би добивени резултати били исправни.

Одabiром картице *Data Viewer* дефиниране су четири мапе: *Observations*, *External forecast*, *HEC-HMS* и *Envelope*. Свака од тих мапа садржи одређену групу локација. Тако су у мапи *Observations* приказани сви водоточи на којима се, у склопу овога пројекта, прикупљају одређени хидролошки параметри. Одabiром одређеног водотока или више њих приказују се све хидролошке постaje и хидроелектране, које се налазе на проматраним водоточима.

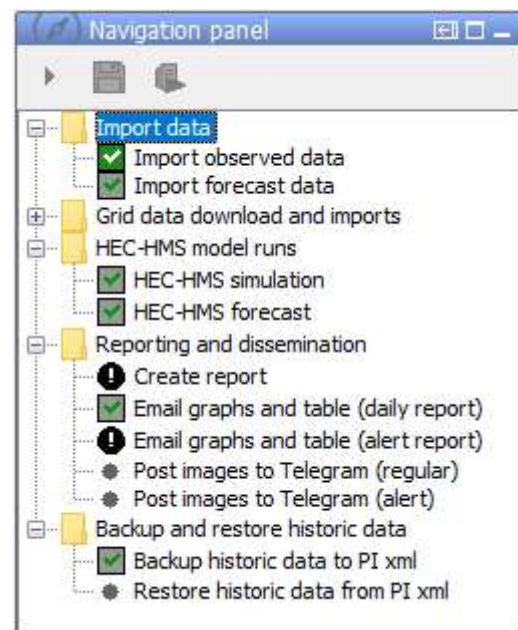
У мапи *External forecasts* дефинирани су само они водоточи на којима постоје хидролошке прогнозе које се користе као улаз у, овим пројектом дефиниран, prognostički модел Mure.

Мапа *HEC-HMS* садржи двије групе локација, а то су *model inputs* коју чине локације које су улаз у prognostički модел и *model outputs* у којој су садржане локације на којима нас занимају резултати prognostičkog модела.

Мапа *Envelope* садржи само једну локацију, а то је h.p. Доња Дубрава на којој се може видјети добивени гранични проток на основу хидролошке прогнозе добивене prognostičким моделом Mure.



Slika 6.8 Prikaz filtera odabirom kartice
Data Viewer

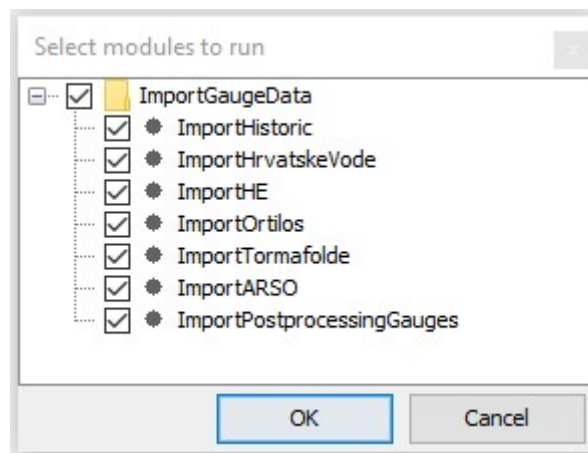


Slika 6.9 Prikaz filtera odabirom kartice
Navigation Panel

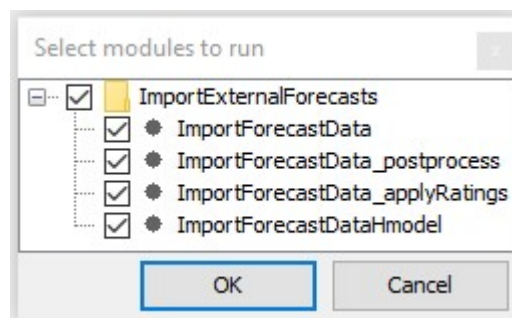
У nastavku ће се појединачно описати свака група модула одређена у картици *Navigation Panel*.

6.3 AUTOMATSKI UNOS PODATAKA

Unos podataka u Delft-FEWS provodi se u kartici *Manual Forecast*, a pregled unesenih podataka u kartici *Timeseries Viewer/Editor* ili odabirom kartice *Data Viewer*. Za unos podataka u realnom vremenu potrebno je odabrati workflow *Import gauge data* ili odabirom *Import observed data* u kartici *Navigation Panel*. Svaki workflow unutar sebe ima više modula koji se mogu pojedinačno pokrenuti. Osim unosa podataka u realnom vremenu iz različitih izvora, radi se i naknadna obrada tih podataka. Naknadna obrada prikupljenih podataka odnosi se na linearnu interpolaciju te ekstrapolaciju podataka koji nedostaju.



Slika 6.10. Prikaz različitih modula unutar *ImportGaugeData* workflow-a

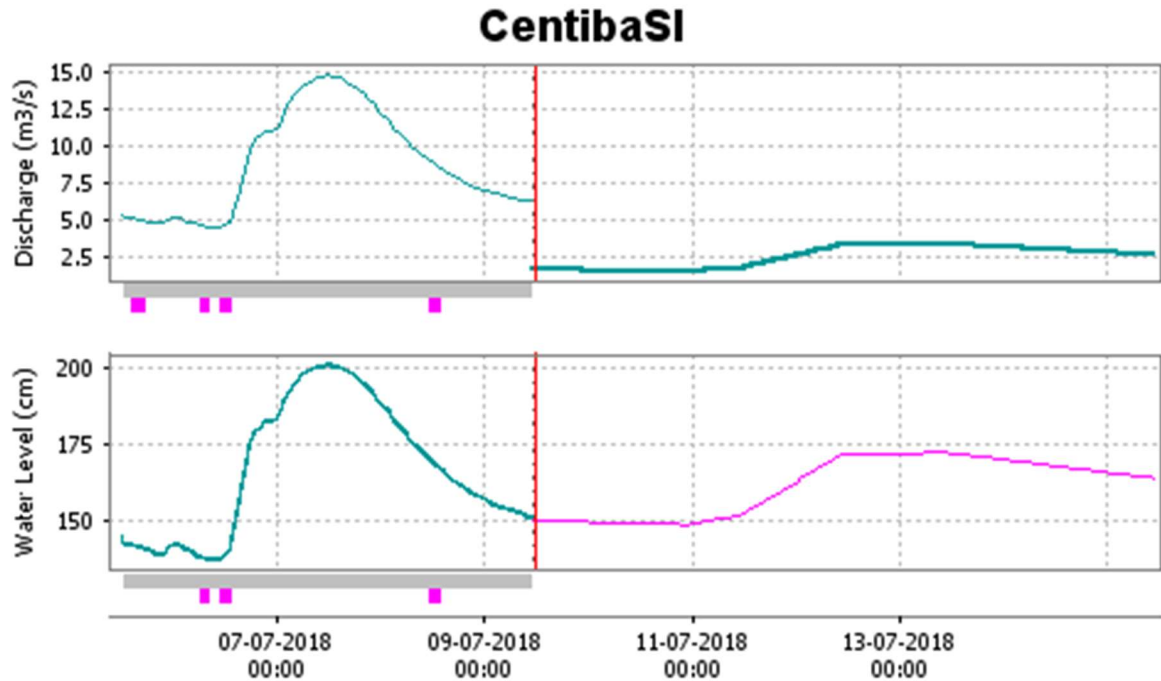


Slika 6.11. Prikaz različitih modula unutar *ImportExternalForecasts* workflow-a

Unos hidroloških prognoza, koje se prikupljaju na određenim hidrološkim postajama s web stranice "HYDROINFO" i iz prognostičkog modela Mure koji je izradio DHI, unutar Delft-FEWS platforme, provodi se u kartici *Manual Forecast*. Pregled unesenih podataka vrši se u kartici *Timeseries Viewer/Editor* ili odabirom kartice *Data Viewer*. Za unos hidroloških prognoza potrebno je odabrati workflow *Import external forecasts (at discrete locations)* ili odabirom *Import forecast data* u kartici *Navigation Panel* (Slika 6.11).

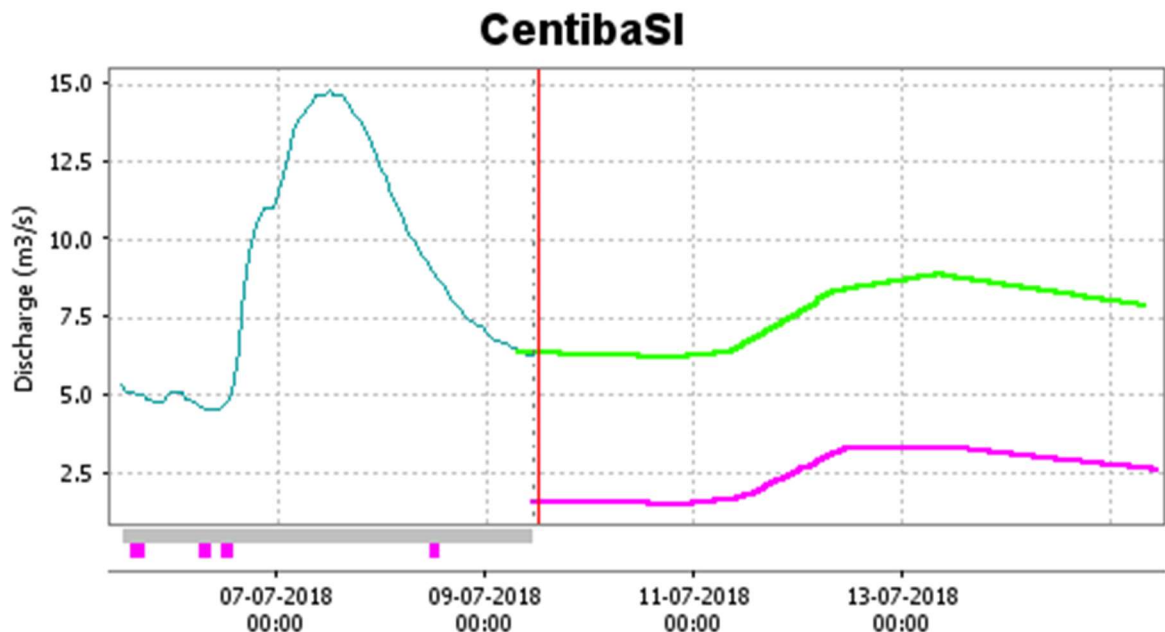
Osim unosa hidroloških prognoza iz postojećih modela na pojedinim hidrološkim postajama, radi se i naknadna obrada tih podataka. Naknadna obrada prikupljenih podataka odnosi se na hidrološke prognoze s web stranice "HYDROINFO". Podaci dolaze jednom dnevno svakih šest sati za narednih šest dana. Naknadna obrada tih podataka izvršena je da bi se dobile satne vrijednosti. S obzirom da hidrološke prognoze iz DHI modela Mure ne daju dobre rezultate za protoke (

Slika 6.12) na pritocima rijeke Mure, već samo za vodostaje, primjenjuju se Q-H krivulje koje su definirane ovom studijom na temelju povijesnih podataka. Nakon primjene Q-H krivulja može se primijetiti bolje poklapanje s izmjerenim podacima (Slika 6.13).



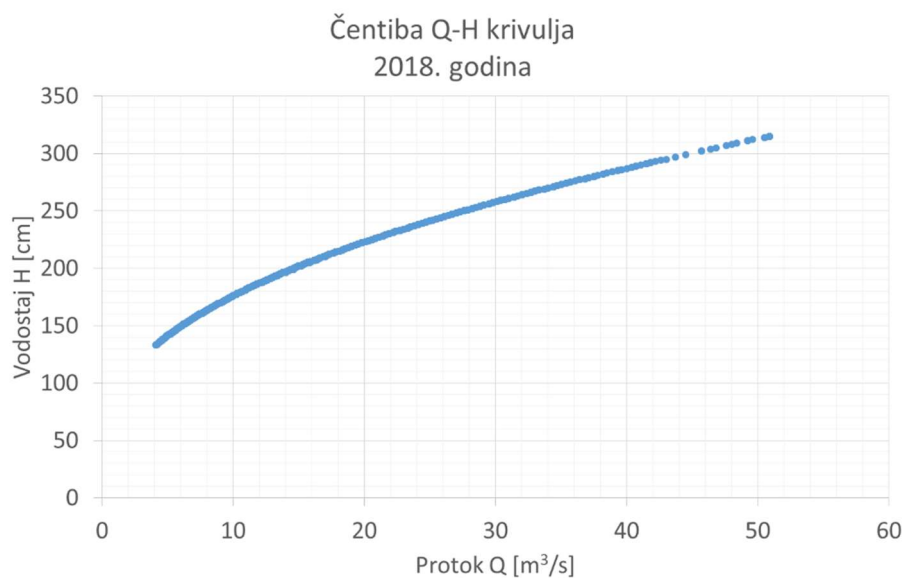
External: [1] 09-07-2018 11:00 CEST

Slika 6.12. Hidrološke prognoze na hidrološkoj postaji Čentiba iz DHI prognostičkog modela Mure

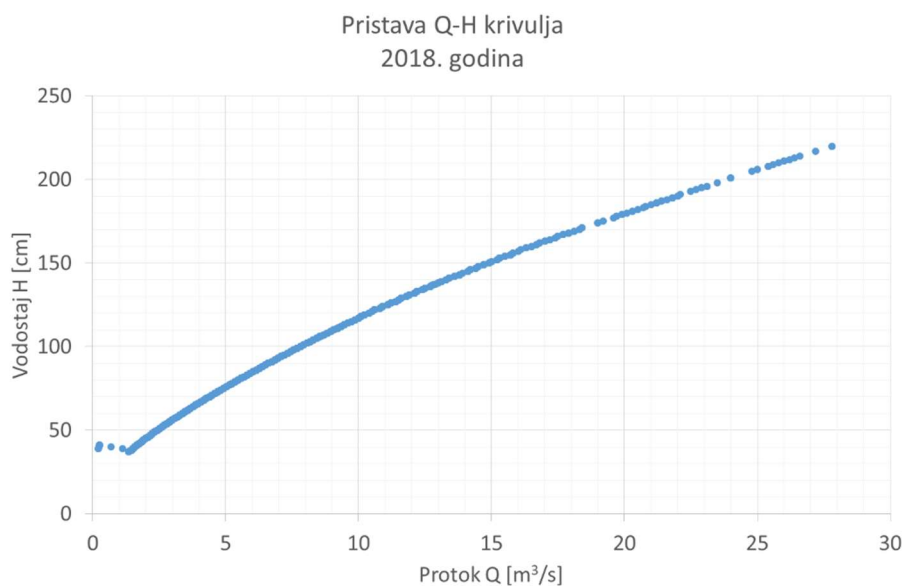


External: [1] 09-07-2018 11:00 CEST

Slika 6.13. Prognoza protoka na hidrološkoj postaji Čentiba nakon primjene Q-H krivulje



Slika 6.14. Q-H krivulja na lokaciji hidrološke postaje Čentiba za 2018. godinu



Slika 6.15. Q-H krivulja na lokaciji hidrološke postaje Pristava za 2018. godinu

6.4 INTEGRACIJA HIDROLOŠKOG MODELA

Za izradu hidrološkog modela Mure korišten je softver HEC-HMS. HEC-HMS model Mure povezan je s Delft-FEWS platformom na način da se *.zip* mapa modela kopira u mapu *ModuleDataSetFiles*. Uslijed bilo bilo kakvih izmjena u samom prognostičkom modelu, potrebno je te iste izmjene napraviti i u *.zip* mapi. Ova se mapa sastoji od nekoliko datoteka (Slika 6.16), a to su *.basin*, *.pdata*, *.gage*, *.dss*, *.script*, *.control*, *.met*, *.hms*, *.run*.



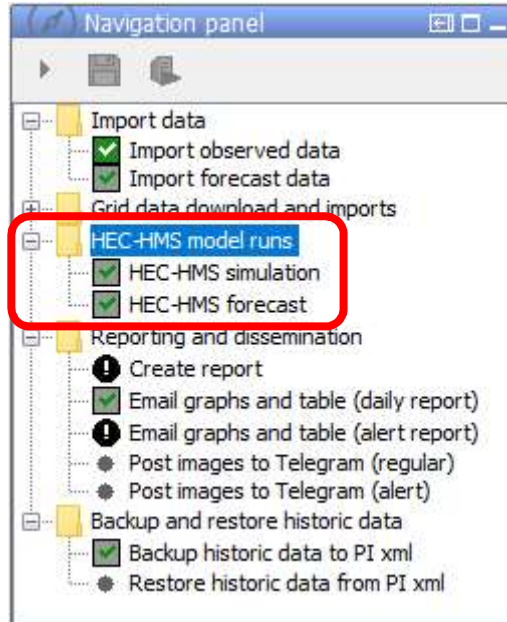
Slika 6.16. Sadržaj *.zip* mape HEC-HMS prognostičkog modela

U datoteci *MuraDrava.basin* definirani su svi elementi prognostičkog modela. Datoteka *MuraDrava.pdata* definira koja Q-H krivulja vrijedi za koji "Diversion" element da bi se mogla odrediti količina toka koja se dalje preusmjerava različitim dionicama. U datoteci *MuraDrava.gage* definirane su hidrološke postaje koje služe kao ulaz u prognostički model. *MuraDrava_diversion_rules.dss* sadrži podatke o protocima i vodostajima za svaku pojedinu primijenjenu Q-H krivulju. S obzirom da, ovom studijom definirani prognostički model se ne temelji modelu oborina-otjecanje, *MyMeteo.met* datoteka se ne koristi pri pokretanju modela, ali mora postojati unutar *.zip* mape prognostičkog modela. *MyControl.control* je također datoteka koja se ne koristi kada se provodi simulacija unutar prognostičkog modela. Vremenski period proračuna i vremenski korak definira se u određenim *.xml* datotekama. *MuraDrava.run* datoteka definira generiranje *.log* datoteke i *.dss* datoteke nakon što se provrti prognostički model. Navedena *.dss* datoteka sadrži rezultate prognostičkog modela koji se pomoću *GeneralAdaptera* (GA) pretvaraju u *PI.xml* datoteku koja se na jednostavan način unosi u Delft-FEWS.

Tablica 6-6 Opis datoteka u *.zip* mapi prognostičkog modela

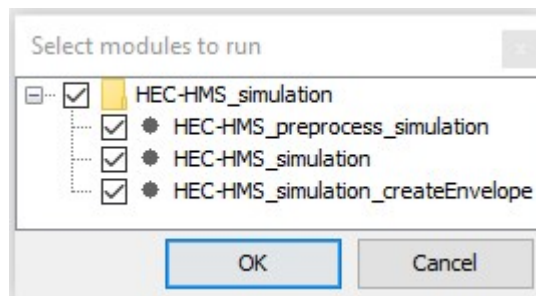
Datoteka	Opis
MuraDrava.basin	Svi elementi unutar HEC-HMS modela
MuraDrava.pdata	„Diversion“ elementu pridružen naziv određene Q-H krivulje
MuraDrava.gage	Hidrološke postaje koje se ulaz u HEC-HMS model
MyControl.control	Ne koristi se za dobivanje rezultata prognostičkog modela. Vremenski period i proračunski korak definirani unutar <i>.xml</i> datoteka.
MyMeteo.met	Model se ne zasniva na principu oborina-otjecanje. Nije potrebno za model.
MuraDrava.hms	Aplikacija
MuraDrava.run	Generiranje <i>.log</i> datoteke i DSS datoteke s rezultatima prognostičkog modela

HEC-HMS model postavljen je na način da se u modelu mogu vrtjeti hidrološke simulacije na temelju povijesnih podataka i hidrološke prognoze na temelju vremenske serije koja obuhvaća i povijesne i prognozirane podatke (Slika 6.17).



Slika 6.17. HEC-HMS model – hidrološke simulacije i hidrološke prognoze

Kao i kod unosa podataka u realnom vremenu i prognoza iz postojećih prognostičkih modela, *HEC-HMS simulation* workflow sastoji se od nekoliko modula (Slika 6.18).



Slika 6.18. Moduli unutar workflow-a *HEC-HMS simulation*

HEC-HMS_preprocess_simulation je modul kojim se definira privremena vremenska serija koja predstavlja ulazne podatke za HEC-HMS model. S obzirom da podaci često nedostaju, prognostički model ne može provesti simulaciju što povlači nemogućnost dobivanja rezultata. Da se to ne bi događalo, vrši se interpolacija i ekstrapolacija podataka koji nedostaju, da bi se dobila kontinuirana vremenska serija koja je ulaz u HEC-HMS model da bi se mogla pokrenuti hidrološka simulacija.

HEC-HMS_simulation je modul u kojem je definiran način na koji su HEC-HMS prognostički model i Delft-FEWS platforma povezani. Unutar tog *.xml*-a definirane su tri aktivnosti:

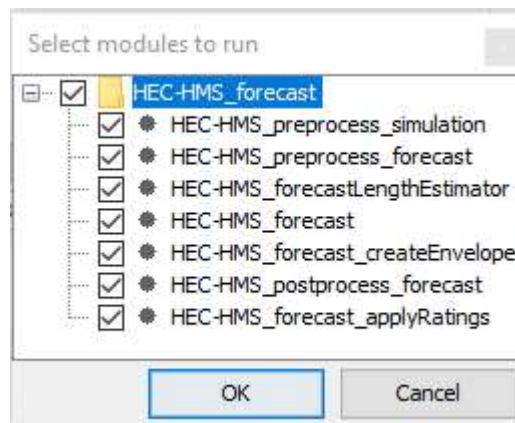
- Izvoz podataka iz Delft-FEWS platforme - odnosi se na izvoz podataka koji su se prethodno uvezli u Delft-FEWS. Ti podaci predstavljaju vremensku seriju koja predstavlja ulazne podatke u prognostički model. Ta vremenska serija nalazi se u mapi

piInputTimeSeries unutar mape *work*. S obzirom da se ti podaci nalaze u zapisu koji HEC-HMS ne koristi, potrebno ih je pretvoriti u *.dss* datoteku, tj. format koji HEC-HMS može koristiti. Pretvorba *input.xml* datoteke u *.dss* datoteku vrši se pomoću *HmsPreAdapter-a*.

- Druga aktivnost predstavlja pokretanje simulacije i pretvorbu *.dss* datoteke (*MyRun.dss*), koja sadrži rezultate HEC-HMS simulacije, u *Pl.xml* datoteku (*simulation.xml*) koja se nalazi unutar *piOutputTimeSeries* mape. Pretvorba *MyRun.dss* datoteke u *simulation.xml* datoteku vrši se pomoću *HmsPostAdapter-a*.
- Treća aktivnost predstavlja uvoz rezultata simulacije u Delft-FEWS platformu.

Zadnji modul unutar ovog workflow-a je *HEC-HMS_simulation_createEnvelope*. U tom modulu naveden je izraz za izračun graničnih protoka na lokaciji h. p. Őrtilos. Također je uključen i vremenski pomak da bi se dobili granični protoci na lokaciji h.p. Donja Dubrava.

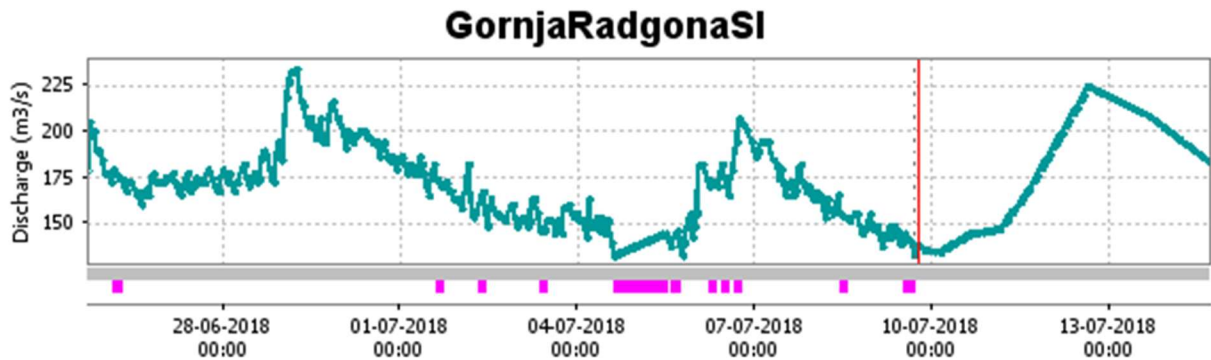
HEC-HMS forecast workflow također se sastoji od nekoliko modula (Slika 6.19). Svaki od njih bit će objašnjen pojedinačno.



Slika 6.19. Moduli unutar workflow-a *HEC-HMS forecast*

HEC-HMS_preprocess_simulation je modul koji se koristi i kod hidroloških simulacija kojim se definira privremena vremenska serija. S obzirom da podaci često nedostaju, prognostički model ne može provesti simulaciju što povlači nemogućnost dobivanja rezultata. Da se to ne bi događalo, vrši se interpolacija i ekstrapolacija podataka koji nedostaju, da bi se dobila kontinuirana vremenska serija. Za razliku od hidroloških simulacija, ova vremenska serija ne predstavlja ulaz u prognostički model. Razlog tomu je što se radi o vremenskoj seriji povijesnih podataka.

HEC-HMS_preprocess_forecast je modul koji se koristi da bi se dobila vremenska serija podataka koja je ulaz u prognostički model. Vremenska serija podataka definira se na način da se od povijesnih podataka i prikupljenih hidroloških prognoza dobije jedna vremenska skala (Slika 6.20).



HEC-HMS_forecast: [1] HEC-HMS forecast 09-07-2018 17:00 CEST Current

Slika 6.20. Ulazni podaci u prognostički model na lokaciji h.p. Gornja Radgona

HEC-HMS_forecastLengthEstimator je modul u kojem je definirano minimalno i maksimalno vremensko razdoblje hidroloških prognoza iz postojećih izvora koje se koriste kao ulaz u HEC-HMS prognostički model. Unutar modula definirano je da je minimalna duljina prognoze 3 sata. Ukoliko postoje podaci za manje od 3 sata Delft-FEWS ne smatra da se radi o hidrološkoj prognozi. Maksimalna duljina prognoze postavljena je na 168 sati, odnosno 7 dana. To znači da sve podatke koje postoje nakon tih 7 dana Delft-FEWS ne uzima u obzir pri izračunu. Primjenjuje se ukoliko se hidrološke prognoze prikupljaju iz različitih izvora te su dane za različito vremensko razdoblje. Tada je potrebno uzeti onaj period u kojem postoje podaci za sve hidrološke prognoze.

HEC-HMS_forecast je modul u kojem je definiran način na koji su HEC-HMS prognostički model i Delft-FEWS platforma povezani. Pomoću ovog modula izvršavaju se hidrološke prognoze na rijeci Muri. Unutar tog modula definirane su tri aktivnosti, a to su:

- Izvoz vremenske serije iz Delft-FEWS platforme definirane u modulu *HEC-HMS_preprocess_forecast* - odnosi se na izvoz podataka koji su se prethodno uvezli u Delft-FEWS. Ti podaci predstavljaju vremensku seriju koja predstavlja ulazne podatke u prognostički model. Ta vremenska serija nalazi se u mapi *piInputTimeSeries* unutar mape *work*. S obzirom da se ti podaci nalaze u zapisu koji HEC-HMS ne koristi, potrebno ih je pretvoriti u *.dss* datoteku, tj. format koji HEC-HMS može koristiti. Pretvorba *input.xml* datoteke u *.dss* datoteku vrši se pomoću *HmsPreAdapter-a*.
- Druga aktivnost predstavlja pokretanje hidrološke prognoze i pretvorbu *.dss* datoteke (*MyRun.dss*), koja sadrži rezultate HEC-HMS prognoze, u *PI.xml* datoteku (*simulation.xml*) koja se nalazi unutar *piOutputTimeSeries* mape. Pretvorba *MyRun.dss* datoteke u *simulation.xml* datoteku vrši se pomoću *HmsPostAdapter-a*.
- Treća aktivnost predstavlja uvoz rezultata prognoze u Delft-FEWS platformu.

U *HEC-HMS_forecast_createEnvelope* modulu naveden je izraz za izračun graničnih protoka na lokaciji h.p. Őrtilos. Također je uključen i vremenski pomak da bi se dobili granični protoci na lokaciji h.p. Donja Dubrava. Granični protok na lokaciji h.p. Donja Dubrava ujedno je i cilj ove studije. Potrebno je definirati granične protoke nekoliko dana unaprijed s ciljem zaštite nizvodnog područja od poplava. Granični protoci na h.p. Donja Dubrava predstavljaju maksimalnu dopuštenu granicu protoka na toj lokaciji.

HEC-HMS_postprocess_forecast je modul koji se koristi da bi se dobila vremenska serija podataka koja predstavlja izlaz iz prognostičkog modela. Vremenska serija podataka definira se na način da se od povijesnih podataka i modeliranih hidroloških prognoza dobije jedna vremenska skala (Slika 6.20).

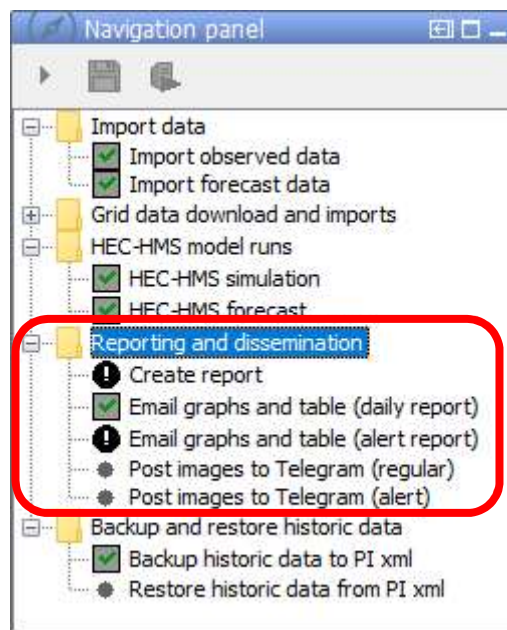
HEC-HMS_forecast_applyRatings je modul koji se koristi za dobivanje prognoza vodostaja na temelju poznatih Q-H krivulja na lokacijama na kojima se prikazuju rezultati hidroloških prognoza.

6.5 IZRADA IZVJEŠTAJA I DISEMINACIJA

Izrada izvještaja unutar Delft-FEWS platforme sastoji se od izrade jednog tabličnog prikaza, četiri grafička prikaza te jedne *.pdf* datoteke koja sadrži grafove i tablicu. Tablični i grafički prikazi te *.pdf* datoteka šalju se kao prilozi u e-mailu jednom dnevno ukoliko nisu prekoračene određene granične vrijednosti protoka na HE Dubrava i/ili na h.p. Gornja Radgona. Za HE Dubrava granični protok iznosi 1000 [m³/s] što odgovara protoku za koji nastupa PRIPREMNO STANJE za obranu od poplava na HED-u (Tablica 2-4), a za h.p. Gornja Radgona granični protok iznosi 585 [m³/s] što odgovara protoku prilikom kojeg dolazi do pojave Stanja 3 (Tablica 3-3), definiranog ovom studijom. Ukoliko se navedene vrijednosti protoka prekorače, e-mail za uzbuđivanje slat će se svakih sat vremena dokle god su ostvarene ili prekoračene vrijednosti graničnih protoka. Osim diseminacije putem e-mail adrese, vrši se i diseminacija putem „Telegram“ aplikacije. Putem „Telegram“ aplikacije šalju se samo grafički prikazi i to svakih sat vremena.

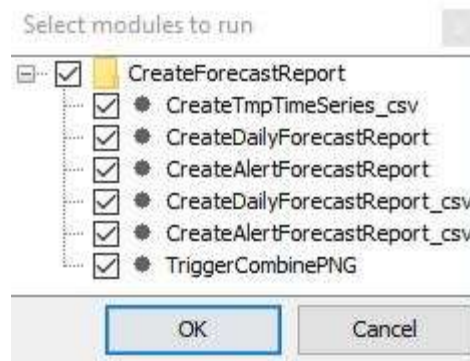
Važno je napomenuti da se sadržaj prethodno navedenih privitaka mijenja ovisno o prethodno opisanim uvjetima vezanim uz granične protoke na dvjema navedenim lokacijama. U slučaju da nije ostvaren niti jedan od uvjeta graničnih protoka, putem e-maila i „Telegram“ aplikacije šalje se "Redovni izvještaj prognoza za Muru" koji se odnosi na prognozu vodostaja i protoka na rijeci Muri. U slučaju ostvarenja ili prekoračenja jednog ili oba uvjeta graničnih protoka, putem e-maila i „Telegram“ aplikacije šalje se "POSEBNI izvještaj prognoza za Dravu i za Muru" gdje se, osim prognoza za Muru, šalju i prognoze vodostaja i protoka za Dravu.

Izrada izvještaja i diseminacija sastoji se od nekoliko workflow-a, a to su *Create report*, *Email graphs and table (daily report)*, *Email graphs and table (alert report)*, *Post images to Telegram (regular)* i *Post images to Telegram (alert)*. Svaki od tih workflow-a sadrži određene module. Svaki od njih biti će pobliže objašnjen u nastavku.



Slika 6.21. Prikaz workflow-a unutar *Reporting and dissemination* mape

Create report workflow sastoji se od šest modula (Slika 6.22).



Slika 6.22. Moduli unutar workflow-a *CreateReport*

CreateTmpTimeSeries_csv je modul u kojem se vrši izvoz privremene vremenske serije s podacima o satnim protocima na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona u .csv datoteku. Generirana datoteka pohranjuje se u mapu *TemporaryTimeSeries* koja se nalazi unutar mape *Export*. Ova datoteka služi za daljnju analizu u kojoj se definira dolazi li do ostvarenja ili prekoračenja jednog ili oba uvjeta vezanih uz granične protoke na dvjema navedenim lokacijama.

CreateDailyForecastReport je modul u kojem su definirani parametri te pripadajuće lokacije koje će se prikazivati na grafovima i u tablici u slučaju da nije ostvaren ili prekoračen niti jedan od uvjeta vezanih uz granične protoke na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona. Također je u tom modulu i definiran izgled grafova i tablice koji će se prikazivati unutar .pdf datoteke. Na grafovima su redom prikazani vodostaji i protoci na Muri te anvelopa vodostaja i protoka na Dravi.

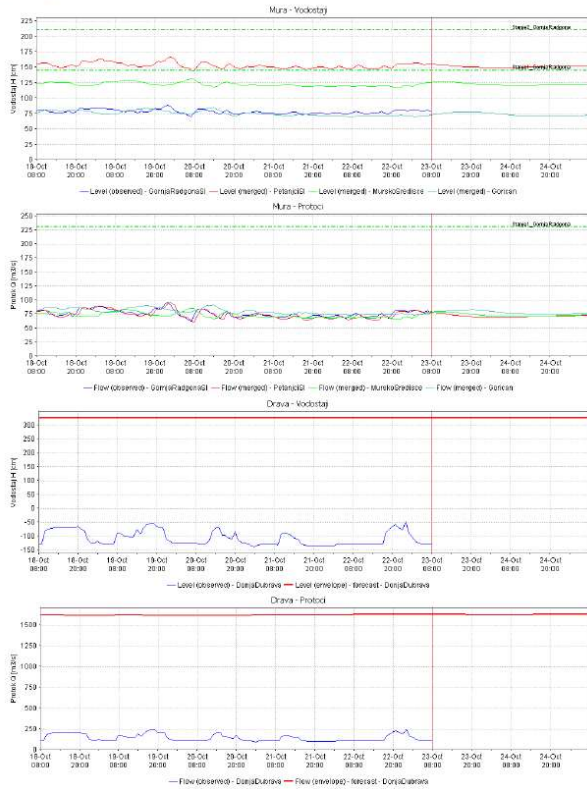
CreateAlertForecastReport je modul u kojem su definirani parametri te odgovarajuće lokacije koji će se prikazivati na grafovima i u tablici u slučaju da je ostvaren ili prekoračen jedan ili oba od uvjeta vezanih graničnih protoka na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona. Također je u tom modulu i definiran izgled grafova i tablice koji će se prikazivati unutar .pdf datoteke. Na grafovima su redom prikazani vodostaji i protoci na Muri te vodostaji i protoci na Dravi.

U nastavku je prikazan sadržaj .pdf datoteke (4 grafa i 1 tablica) koji se generiraju prilikom pokretanja modula *CreateDailyForecastReport* i *CreateAlertForecastReport* (Slika 6.23).

MuraDrava-FFS

Redovni izvještaj prognoza

Datum: 23.10.2018 08:36



MuraDrava-FFS

Redovni izvještaj prognoza

Datum: 23.10.2018 08:36

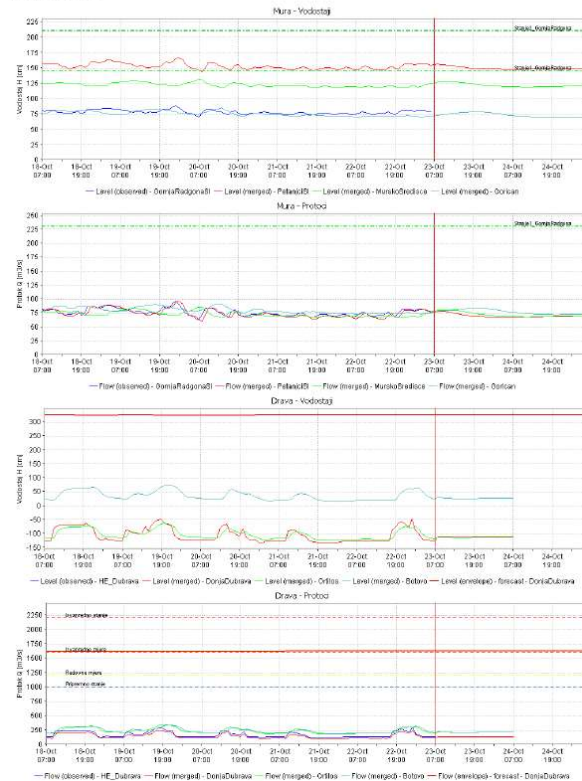
Date/Time	Vodostaj H [cm]								Protok Q [m3/s]							
	Mura				Drava				Mura				Drava			
	PetanjciSI Kmrgred cm	MurskoSredice Kmrgred cm	Gorican Kmrgred cm	DonjaDubrava Kmrgred cm	Hemčelpe Kmrgred cm	PetanjciSI Qmrgred m3/s	MurskoSredice Qmrgred m3/s	Gorican Qmrgred m3/s	DonjaDubrava Qmrgred m3/s	PetanjciSI Qmrgred m3/s	MurskoSredice Qmrgred m3/s	Gorican Qmrgred m3/s	DonjaDubrava Qmrgred m3/s			
23/10/2018 08:00	156	124	72	325	79	76	76	1624								
23/10/2018 09:00	155	127	73	325	77	80	77	1624								
23/10/2018 10:00	154	127	74	325	76	79	78	1624								
23/10/2018 11:00	154	126	75	325	77	79	79	1624								
23/10/2018 12:00	153	126	75	325	75	79	80	1624								
23/10/2018 13:00	153	126	76	325	74	79	81	1623								
23/10/2018 14:00	152	126	76	325	74	78	81	1623								
23/10/2018 15:00	152	126	77	325	73	78	82	1623								
23/10/2018 16:00	151	125	77	325	72	77	82	1623								
23/10/2018 17:00	151	125	77	325	72	76	82	1622								
23/10/2018 18:00	151	124	77	325	71	76	82	1622								
23/10/2018 19:00	150	124	77	325	70	75	82	1622								
23/10/2018 20:00	150	123	77	325	70	74	82	1621								
23/10/2018 21:00	150	123	77	325	70	74	82	1621								
23/10/2018 22:00	150	122	77	325	70	73	82	1621								
23/10/2018 23:00	150	122	77	325	69	72	82	1621								
24/10/2018 00:00	150	122	76	325	69	72	81	1620								
24/10/2018 01:00	149	121	76	325	69	72	81	1620								
24/10/2018 02:00	149	121	75	325	69	71	80	1620								
24/10/2018 03:00	149	121	75	325	69	71	79	1620								
24/10/2018 04:00	149	121	74	325	69	71	79	1620								
24/10/2018 05:00	149	121	74	325	69	71	78	1620								
24/10/2018 06:00	149	121	73	325	69	71	77	1620								
24/10/2018 07:00	149	120	73	325	68	70	77	1620								
24/10/2018 08:00	149	120	72	325	68	70	76	1620								
24/10/2018 09:00	149	120	72	325	69	70	76	1621								
24/10/2018 10:00	149	120	72	325	69	70	76	1621								
24/10/2018 11:00	149	120	72	325	69	70	75	1621								
24/10/2018 12:00	150	120	71	325	69	70	75	1621								
24/10/2018 13:00	150	120	71	325	70	70	75	1622								
24/10/2018 14:00	150	120	71	325	70	70	75	1622								
24/10/2018 15:00	150	120	71	325	70	70	75	1622								
24/10/2018 16:00	150	121	71	325	70	71	74	1622								
24/10/2018 17:00	150	121	71	325	71	71	74	1622								
24/10/2018 18:00	150	121	71	325	71	71	74	1623								
24/10/2018 19:00	151	121	71	325	71	71	74	1623								
24/10/2018 20:00	151	121	71	325	71	71	74	1623								
24/10/2018 21:00	151	121	71	325	71	72	74	1623								
24/10/2018 22:00	151	121	71	325	71	72	74	1624								
24/10/2018 23:00	151	122	71	325	72	72	74	1624								
25/10/2018 00:00	151	122	71	325	72	72	74	1624								
25/10/2018 01:00	151	122	71	325	72	72	75	1624								
25/10/2018 02:00	151	122	71	325	72	73	75	1624								
25/10/2018 03:00	151	122	71	325	72	73	75	1624								
25/10/2018 04:00	151	122	71	325	72	73	75	1625								
25/10/2018 05:00	151	122	72	325	72	73	75	1625								
25/10/2018 06:00	151	122	72	325	72	73	76	1625								
25/10/2018 07:00	151	122	72	325	72	73	76	1625								
25/10/2018 08:00	151	122	72	325	72	73	76	1625								

Slika 6.23. Prikaz sadržaja .pdf datoteke (CreateDailyForecastReport modul)

MuraDrava-FFS

POSEBNI izvještaj prognoza

Datum: 23.10.2018 07:20



MuraDrava-FFS

POSEBNI izvještaj prognoza

Datum: 23.10.2018 07:20

Date/Time	Vodostaj H [cm]												Protok Q [m3/s]											
	Mura				Drava				Mura				Drava											
	PetanjciSI Kmrgred cm	MurskoSredice Kmrgred cm	Gorican Kmrgred cm	DonjaDubrava Kmrgred cm	Ortice Kmrgred cm	Botvo Kmrgred cm	DonjaDubrava Qmrgred m3/s	PetanjciSI Qmrgred m3/s	MurskoSredice Qmrgred m3/s	Gorican Qmrgred m3/s	DonjaDubrava Qmrgred m3/s	Ortice Qmrgred m3/s	Botvo Qmrgred m3/s	DonjaDubrava Qmrgred m3/s										
23/10/2018 08:00	155	124	72	-136	-130	22	325	78	76	75	108	104	199	1624										
23/10/2018 09:00	155	127	73	-111	-113	30	325	79	80	76	130	111	220	1624										
23/10/2018 10:00	155	127	73	-111	-114	27	325	78	80	77	130	108	213	1624										
23/10/2018 11:00	154	127	74	-111	-115	26	325	77	80	78	130	108	209	1624										
23/10/2018 12:00	154	127	75	-111	-115	25	325	77	80	79	130	107	208	1624										
23/10/2018 13:00	154	127	75	-111	-115	25	325	76	80	80	130	107	207	1624										
23/10/2018 14:00	153	127	76	-111	-115	25	325	75	80	81	130	106	207	1624										
23/10/2018 15:00	152	126	76	-111	-115	25	325	74	79	81	130	106	206	1623										
23/10/2018 16:00	152	126	77	-111	-115	25	325	73	78	82	130	106	206	1623										
23/10/2018 17:00	151	125	77	-111	-115	25	325	72	78	82	130	106	206	1623										
23/10/2018 18:00	150	125	77	-111	-115	25	325	70	77	82	130	106	206	1623										
23/10/2018 19:00	150	124	78	-111	-115	25	325	69	76	83	130	107	206	1622										
23/10/2018 20:00	149	123	78	-111	-115	25	325	68	75	83	130	107	207	1622										
23/10/2018 21:00	149	123	78	-111	-115	25	325	68	74	83	130	107	207	1621										
23/10/2018 22:00	149	122	78	-111	-115	25	325	68	73	83	130	107	207	1621										
23/10/2018 23:00	149	122	78	-111	-115	25	325	68	72	83	130	108	207	1621										
24/10/2018 00:00	148	121	77	-111	-114	26	325	67	71	82	130	108	208	1620										
24/10/2018 01:00	148	121	77	-111	-114	26	325	67	70	81	130	108	208	1620										
24/10/2018 02:00	148	120	76	-111	-114	26	325	67	70	80	130	108	208	1620										
24/10/2018 03:00	148	120	76	-111	-114	26	325	67	70	80	130	108	208	1620										
24/10/2018 04:00	148	120	75	-111	-114	26	325	67	69	79	130	108	208	1620										
24/10/2018 05:00	148	120	74	-111	-114	26	325	67	69	78	130	108	208	1620										
24/10/2018 06:00	148	119	73	-111	-114	26	325	66	69	78	130	110	210	1620										
24/10/2018 07:00	148	119	73	-111	-114	26	325	66	69	77	130	110	210	1620										
24/10/2018 08:00	147	119	72	-111	-114	26	325	66	68	76	130	110	210	1620										

Slika 6.24. Prikaz sadržaja .pdf datoteke (CreateAlertForecastReport modul)

Grafički prikazi su pohranjeni u obliku *.png* datoteke unutar mape *images* koja se nalazi u mapi *Reports* dok se tablice pohranjuju u *.csv* formatu u mapi *ReportTables* koja se nalazi u mapi *Export*.

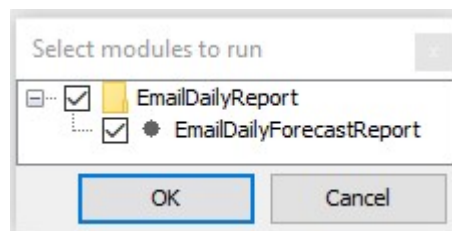
CreateDailyForecastReport_csv je modul u kojem su definirani parametri te pripadajuće lokacije koje će se prikazivati u tablici u slučaju da nije ostvaren ili prekoračen niti jedan od uvjeta vezanih uz granične protoke na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona. Tablično su redom prikazani vodostaji i protoci na Muri te anvelopa vodostaja i protoka na Dravi.

CreateAlertForecastReport_csv je modul u kojem su definirani parametri te odgovarajuće lokacije koji će se prikazivati u tablici u slučaju da je ostvaren ili prekoračen jedan ili oba od uvjeta vezanih graničnih protoka na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona. Tablično su redom prikazani vodostaji i protoci na Muri te vodostaji i protoci na Dravi.

TriggerCombinePNG je modul koji služi za definiranje uvjeta dolazi li ili ne do ostvarenja ili prekoračenja vrijednosti graničnih protoka na dvjema navedenim lokacijama. Osim toga, pokretanjem ovog modula vrši se spajanje četiri prethodno generirane *.png* datoteke s prikazima vodostaja i protoka na Dravi i na Muri u jedan *.png* dokument.

Nakon što je izvještaj koji sadrži grafove i tablicu generiran, analizira se privremena vremenska serija protoka na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona. Nadalje, definira se dolazi li do ostvarenja ili prekoračenja graničnih protoka na ovim dvjema lokacijama te se odabire odgovarajući modul za slanje izvještaja putem e-maila i „Telegram“ aplikacije. U slučaju da, unutar privremene vremenske serije, granični protoci nisu ostvareni ili prekoračeni, šalje se "Redovni izvještaj prognoza za Muru" jednom dnevno putem e-maila pokretanjem modula *EmailDailyForecastReport* te svakih sat vremena putem „Telegram“ aplikacije pokretanjem modula *telegramDaily*. U slučaju da dolazi do ostvarenja ili prekoračenja vrijednosti graničnih protoka, šalje se "POSEBNI izvještaj prognoza za Dravu i za Muru" svakih sat vremena putem e-maila pokretanjem modula *EmailAlertForecastReport* te svakih sat vremena putem „Telegram“ aplikacije pokretanjem modula *telegramAlert*. Opis svakog od četiri navedena modula te princip njihova rada dan je u nastavku.

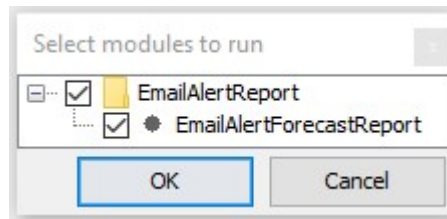
Za slanje e-maila koristi se program „SwithMail“ koji je povezan s Delft-FEWS platformom. Pokretanjem modula za slanje e-maila jednom dnevno, tj. dnevnog izvještaja, pokreće se program „SwithMail“ te se definiraju određeni argumenti. U argumentima je postavljeno da se program pokreće u *silent mode*-u. Osim toga, prilikom slanja e-maila s dnevnim izvještajem, poziva se na *emailDailyReport.xml* datoteku u kojoj se definirane postavke samog e-mail računa, postavke servera te lista primatelja e-maila. U argumentima je određen i svaki privitak koji će taj e-mail sadržavati.



Slika 6.25. Modul unutar workflow-a *Email graphs and tables (daily report)*

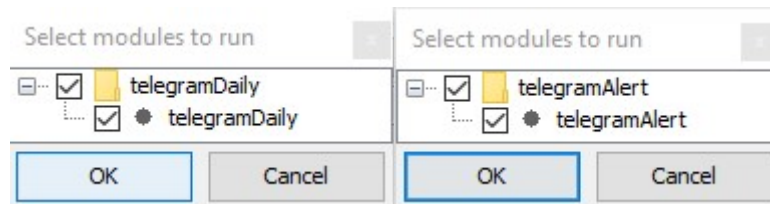
Prilikom slanja e-maila za uzbunjivanje svakih sat vremena, tj. satnog izvještaja, „SwithMail“ se poziva na *emailAlertReport.xml* datoteku u kojoj se definirane postavke samog e-mail

računa, postavke servera te mailing lista. U argumentima je određen i svaki privitak koji će taj e-mail sadržavati.



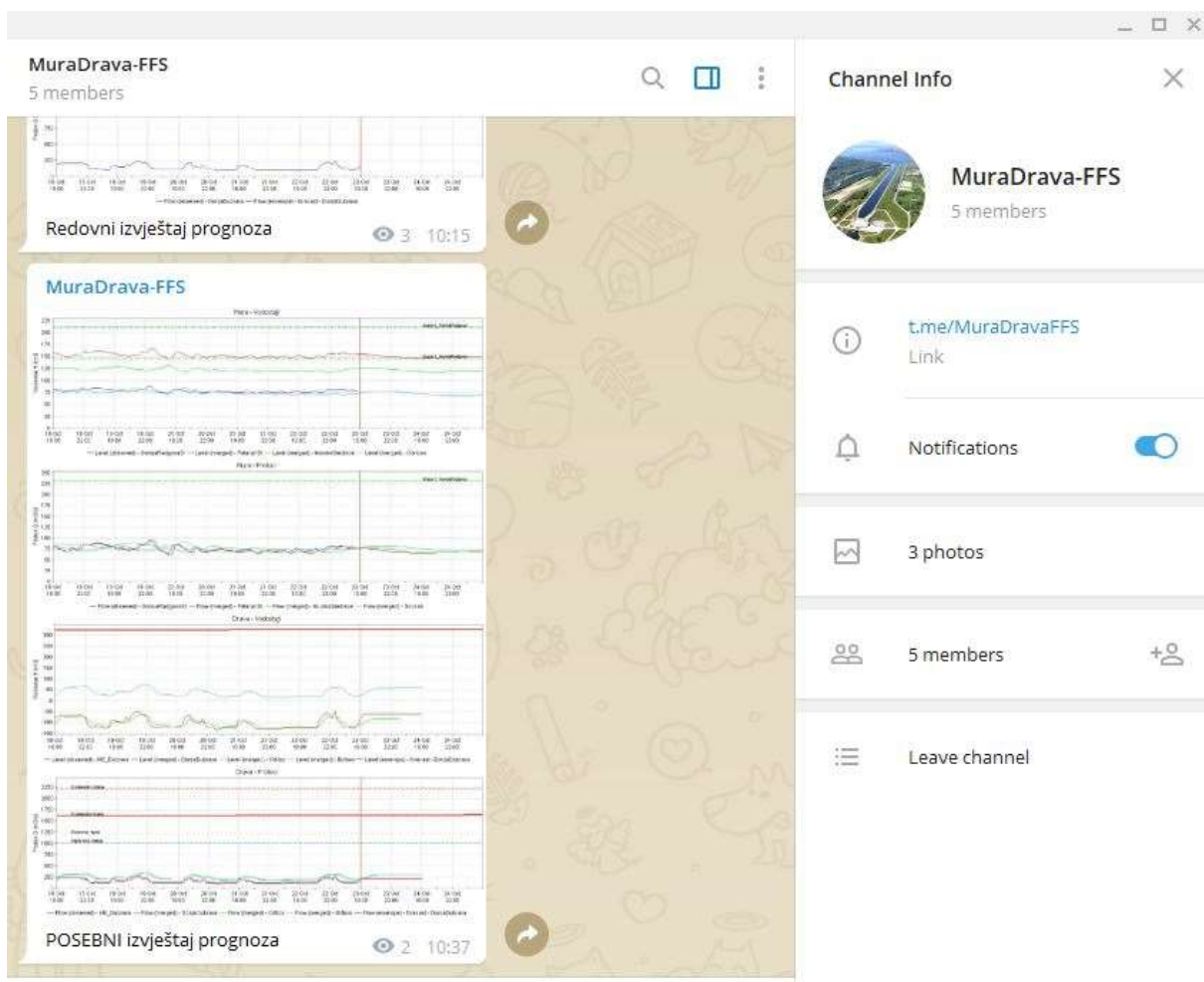
Slika 6.26. Modul unutar workflow-a *Email graphs and tables (alert report)*

Za slanje izrađenog izvještaja putem „Telegram“ aplikacije koristi se programski jezik „R“ koji je dalje povezan s Delft-FEWS platformom. Razlikuju se dva workflow-a i to *telegramDaily* i *telegramAlert*. Prvi workflow sadrži modul *telegramDaily*, koji se pokreće u slučaju da navedeni uvjeti nisu ostvareni ili prekoračeni, te svakih sat vremena šalje "Redovni izvještaj prognoza za Muru". Drugi workflow sadrži modul *telegramAlert* koji se pokreće u slučaju ostvarenja ili prekoračenja jednog ili oba uvjeta vezana uz granične protoke na HE Dubrava i h.p. Gornja Radgona te svakih sat vremena šalje "POSEBNI izvještaj prognoza za Dravu i za Muru". (Slika 6.27).



Slika 6.27. Moduli unutar workflow-a *telegramDaily* i *telegramAlert*

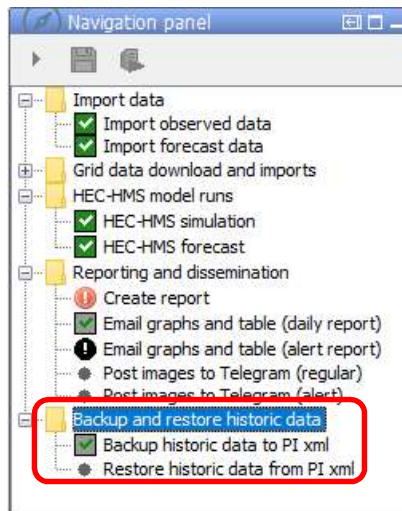
Modulima *telegramDaily* i *telegramAlert* definirane su datoteke koje će se poslati putem aplikacije (jedna .png datoteka s 4 grafa). Prilikom pokretanja oba modula, pokreće se aplikacija napisana u programskom jeziku „R“ koja šalje odabrane datoteke krajnjim korisnicima na kanal MuraDrava-FFS (Slika 6.28). „Telegram“ je mobilna aplikacija te se može koristiti i na prijenosnim i stolnim računalima jer postoji i aplikacija za desktop.



Slika 6.28. Pregled dobivenih grafova putem „Telegram“ aplikacije

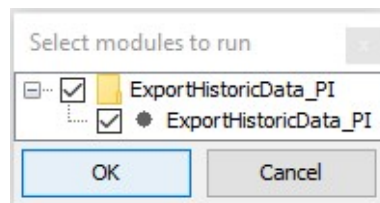
6.6 SIGURNOSNA KOPIJA PRIKUPLJENIH PODATAKA

Prikupljeni podaci unutar Delft-FEWS platforme imaju rok trajanja koji je postavljen na deset godina. Iz tog razloga, a i u slučaju nekih nepredviđenih nepovoljnih situacija, putem Delft-FEWS platforme vrši se i sigurnosna kopija prikupljenih podataka. Također, omogućen je ponovni import prikupljenih povijesnih podataka u slučaju da se isti izgube (Slika 6.29).



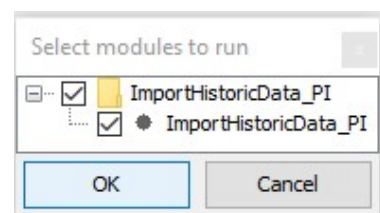
Slika 6.29. Sigurnosna kopija i ponovni uvoz prikupljenih podataka

Sigurnosna kopija podataka vrši se pomoću workflow-a *ExportHistoricData_PI*. Taj workflow se sastoji od jednog modula unutar kojeg je definirano kreiranje sigurnosne kopije satnih podataka o protoku i vodostaju za sve postaje. Ta *.xml* datoteka kreira se unutar *Historic* mape koja se nalazi u *Export* mapi.



Slika 6.30. Modul unutar workflow-a *ExportHistoricData_PI*

Ponovni uvoz podataka vrši se pomoću workflow-a *ImportHistoricData_PI*. Taj workflow se sastoji od jednog modula unutar kojeg je definiran ponovni uvoz povijesnih satnih podataka o protoku i vodostaju za sve postaje. Ta *.xml* datoteka povlači se iz *Historic* mape koja se nalazi u *Export* mapi.



Slika 6.31. Modul unutar workflow-a *ImportHistoricData_PI*

7 Zaključci i preporuke

7.1 ZAKLJUČNO O ANALIZI VELIKOVODNIH DOGAĐAJA

1. Analiza velikovodnih događaja je izrađena za hidrološke postaje Gornja Radgona, Petanjci, Mursko Središće, Goričan i Botovo za period u kojem postoje satni hidrološki podaci odnosno od 1990. godine. Na hidrološkim postajama analizirani su vršni protok, početak i kraj hidrograma, volumen i trajanje hidrograma po klasama vodostaja, ukupno trajanje hidrograma i trajanje vršnog dijela hidrograma. Analizirano je i vrijeme propagacije vodnih valova na Muri kao i koincidencija velikih voda Mure i Drave na ušću.
2. Izdvojeni su događaji kod kojih je zabilježeno pripremo stanje na h.p. Botovo odnosno vodostaj veći od $H > 400$ [cm] te je ukupno izdvojeno 26 događaja. Sukladno mjerama obrane od poplava na h.p. Botovo, unutar 26 događaja zabilježeni su:
 - a. Izvanredno stanje na h.p. Botovo = ukupno 1 događaj (2014_09)
 - b. Izvanredne mjere na h.p. Botovo = ukupno 3 događaja (2012_11, 1998_10, 1993_10_23)
 - c. Redovne mjere na h.p. Botovo = ukupno 3 događaja (2010_09, 2005_10, 2005_08)
 - d. Pripremo stanje na h.p. Botovo = ukupno 19 događaja
3. Većina velikovodnih događaja na h.p. Botovo je pod dominantnim utjecajem dotoka Drave. Od 26 izdvojenih događaja rijeka Mura je dominantna samo kod jednog događaja (2005_08), a podjednaki utjecaj dotoka Mure i Drave je kod 3 događaja (1996_04, 2014_08, 2014_09). Događaj 2014_09 je ujedno i događaj s najvećim protokom Mure i najvećim protokom Drave na Botovu od svih izdvojenih događaja.
4. Pokazuje se da je učestalost velikovodnih događaja na Dravi uglavnom u jesenskim mjesecima (rujan 4 događaja, listopad 6 događaja, studeni 7 događaja). Ne pokazuje se uočljivi trend promjene vršnih protoka i učestalosti velikovodnih događaja na h.p. Botovo.
5. Iz analize početka vodnog vala definirana su 3 stanja vodostaja (Stanje 1, Stanje 2 i Stanje 3) na hidrološkim postajama koja dovode do pripremnog stanja na h.p. Botovo. Za Stanje 3 vjerojatnost pojave pripremnog stanja na h.p. Botovo je vrlo velika i smanjuje se prema Stanju 1. U operativnom prognostičkom modelu definirana su stanja 1, 2 i 3 na h.p. Gornja Radgona koja dovode do pripremnog stanja za obranu od poplava na Botovu, i iznose za vodostaje $H_{\text{stanje1}}=145$ [cm], $H_{\text{stanje2}}=210$ [cm], $H_{\text{stanje3}}=275$ [cm], odnosno za protoke $Q_{\text{stanje1}}=230$ [m³/s], $Q_{\text{stanje2}}=405$ [m³/s] i $Q_{\text{stanje3}}=585$ [m³/s].
6. Volumeni vodnih valova Drave na h.p. Donja Dubrava prelaze $V > 50$ [10⁶ m³] u vršnim dijelovima hidrograma. Budući da su radni volumeni akumulacija $HEV=2.8$ [10⁶ m³], $HEČ=11.5$ [10⁶ m³] i $HED=16.6$ [10⁶ m³] za određenu transformaciju hidrograma na dravskim hidroelektranama potrebno je koordinirano upravljanje lancem hidroelektrana.

7. Prosječno vrijeme propagacije vodnih valova na Muri od h.p. Gornja Radgona iznosi 0.86 [h] do h.p. Petanjci, 11.13 [h] do h.p. Mursko Središće, 25.4 [h] do h.p. Goričan i 37.2 [h] do h.p. Őrtilos.
8. Analiza koincidencije vodnih valova Mure i Drave na ušću pokazuje da vodni valovi na Muri kasne s obzirom na vodni val na Dravi za prosječno za oko +20.7 [h]. Trajanje vršnog dijela hidrograma prosječno iznosi 12.2 [h] na h.p. Goričan te 8.1 [h] na h.p. Donja Dubrava, a što značajno smanjuje vrijeme do koincidencije na ušću. Ako se uključi trajanje vršnog dijela hidrograma Mure i Drave onda vremenski period do koincidencije vodnih valova na ušću prosječno iznosi 11.3 [h].
9. Izvršeno je testiranje potencijalno novog režima rada HE Čakovec i HE Dubrava za vrijeme velikih voda koji je uspoređen s izvršenim režimom. Potencijalno novi režim očituje se u predpražnjenju akumulacija i zadržavanju određenog volumena vodnog vala s ciljem smanjenja vršnog protoka te izbjegavanje koincidencije vršnih hidrograma Drave i Mure na ušću. Rezultati analize pokazuju da je predpražnjenje akumulacije HE Čakovec i HE Dubrava za -2.0 [m] ispod radne kote akumulacije omogućava dodatno sniženje vršnih protoka za prosječno -57 [cm] (odnosno -271 [m³/s]) obzirom na izvršeni režim. Cjelokupni period potencijalno novog režima HE Dubrava kod vodnog vala 2014_09 iznosi ukupno 4 dana za režim rada -2.0 [m] ispod radne kote akumulacije.

7.2 ZAKLJUČNO O OPERATIVNOM MODELU „MURADRAVA-FFS“

10. Izrađen je HEC-HMS hidrološki model za rijeku Muru od h.p. Petanjci do ušća Mure te uključuje sve važne pritoke Mure. Kalibracija i verifikacija hidrološkog modela izrađena je za 12 velikovodnih događaja usporedbom izmjerenih i računskih hidrograma. Srednja vrijednost greške protoka između modela i izmjerenih vrijednosti na h.p. Goričan iznosi 5.1 [m³/s] (1.1%), dok su maksimalna greška 90.9 [m³/s] (14.5%) te minimalna -60.6 [m³/s] (-9.0%).
11. Operativni model upravljanja „MuraDrava-FFS“ izrađen je na „open-source“ platformi Delft-FEWS. U operativnom modelu su definirane lokacije hidroloških postaja i lokacije hidroelektrana na Muri i Dravi te njihovim pritocima kao i hidrografska mreža područja. Zabilježeni i prognostički vodostaji i protoci se automatski prikupljaju za hidrološke postaje i hidroelektrane u Hrvatskoj, Sloveniji i Mađarskoj preko FTP servera i s web stranica te se pohranjuju lokalno na računalo.
12. Hidrološki prognostički model HEC-HMS je operativno povezan se Delft-FEWS platformom. Operativnim modelom „MuraDrava-FFS“ dobivaju se satne prognoze protoka na Muri, a kao ulazni podaci koriste se zabilježeni i prognostički vodostaji i protoci Mure i pritoka. Temeljem graničnog protoka Drave na h.p. Őrtilos od 1700 [m³/s] i hidroloških prognoza protoka Mure definira se anvelopa graničnih protoka Drave na h.p. Donja Dubrava. Operativne prognoze protoka na Muri i anvelopa graničnih protoka Drave na h.p. Donja Dubrava izvršavaju se automatski svakih sat vremena i daju se do 3 dana (72 [h]) unaprijed.
13. Operativni hidrološki model „MuraDrava-FFS“ u Delft-FEWS platformi instaliran je na PC računalo Hrvatskih voda u Varaždinu. Diseminacija rezultata hidroloških prognoza

Mure i anvelope preporučenih protoka Drave na h.p. Donja Dubrava izvršava se automatski preko email-a i aplikacije „Telegram“ („MuraDrava-FFS“).

14. Unutar Delft-FEWS platforme vrši se automatsko arhiviranje svih podataka kroz sigurnosnu kopiju, a koji se po potrebi mogu ponovo lagano ubaciti u platformu.

7.3 PREPORUKE

15. Budući da je prosječni vremenski period između koincidencije vodnih valova Mure i Drave na ušću oko 11.3 [h], a trajanje vršnog hidrograma Drave oko 8.1 [h], zaključuje se da postoji potencijal za određenu transformaciju hidrograma velikih voda na dravskim hidroelektranama. „Pozitivna“ transformacija vršnog dijela hidrograma Drave osigurava umanjeње vršnih protoka Drave na h.p. Botovo uz uvažavanje potencijalne koincidencije hidrograma Mure i Drave na ušću.
16. Zbog velikih volumena vodnih valova Drave za osiguranje „pozitivne“ transformacije hidrograma potreban je koordinirani rad lanca dravskih hidroelektrana (HEV, HEČ i HED) u periodu od 4 dana unaprijed. Za proračun propagacije vodnog vala po starim koritima Drave između hidroelektrana preporuča se korištenje hidrauličkih modela.
17. Za dobivanje prognostičkih protoka Drave i Mure potrebno je prostorno proširenje obuhvata operativnog modela te korištenje hidroloških prognostičkih modela na slivovima Drave i Mure u Austriji, Sloveniji, Mađarskoj i Hrvatskoj. Preporuča se maksimalno iskoristiti već razvijene hidrološke i hidrauličke modele na slivovima Drave i Mure.
18. Uz zahtjeve „pozitivne“ transformacije hidrograma velikih voda moguće je istovremeno i sagledavanje zahtjeva proizvodnje električne energije i time osigurati optimalni rad hidroenergetskog sustava uz zadovoljenje zajedničkih potreba. Općeniti granični uvjeti rada cjelokupnog sustava za vrijeme velikih voda su vodostaji Drave na h.p. Botovo od $H < 460$ cm uz maksimizaciju dobiti od proizvodnje električne energije.

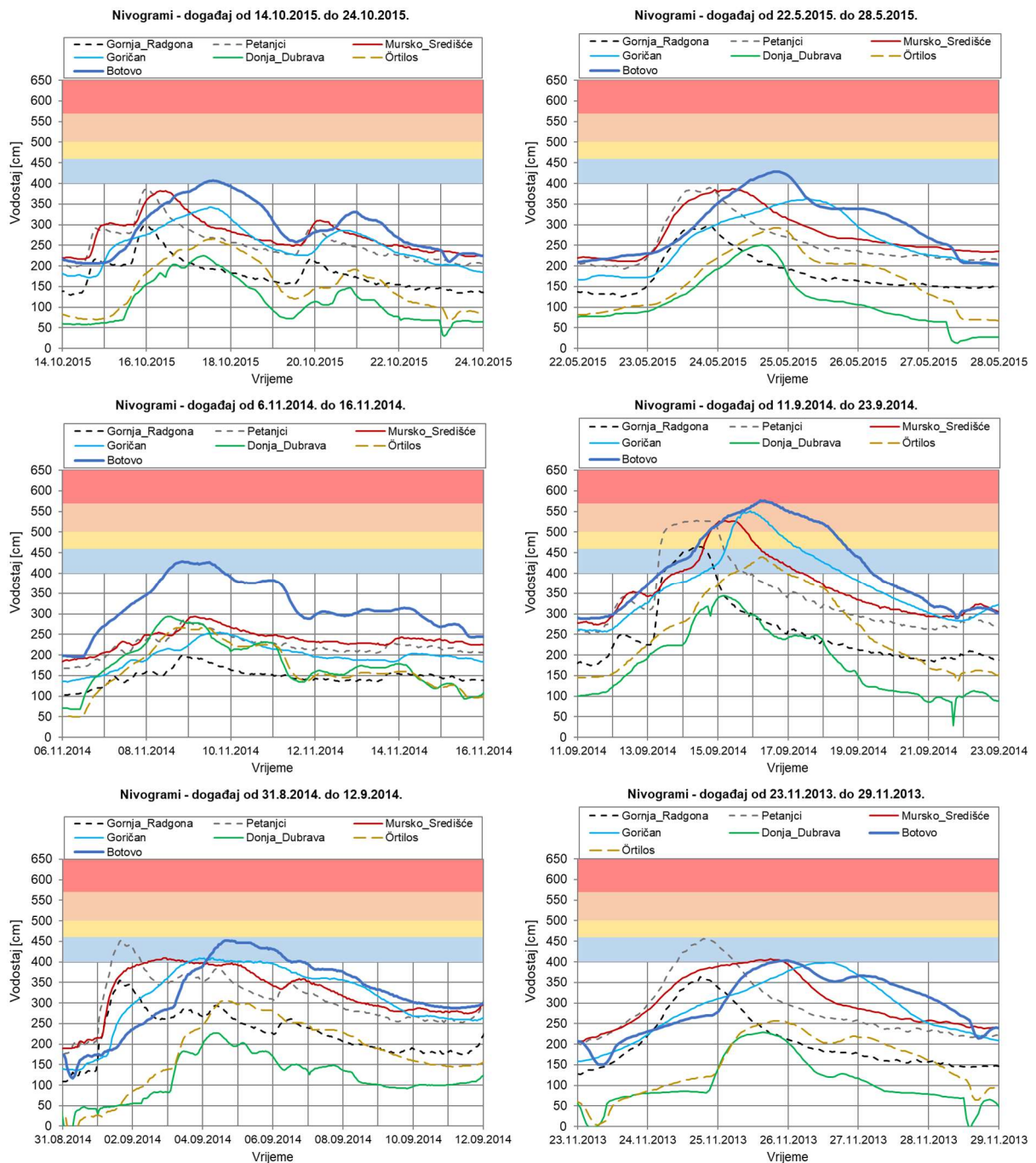
8 Literatura

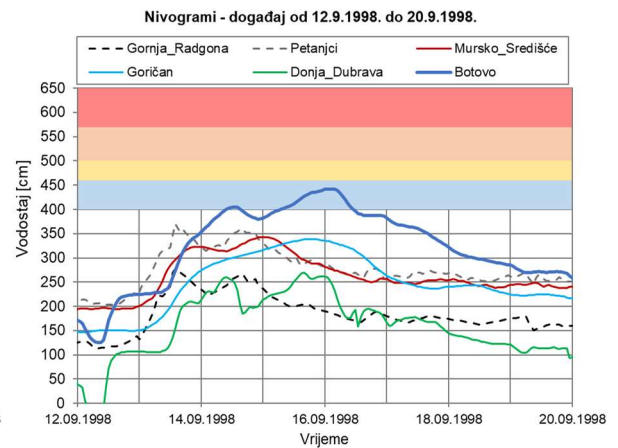
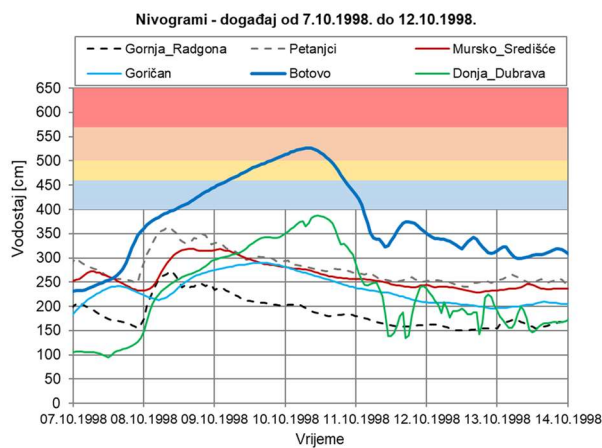
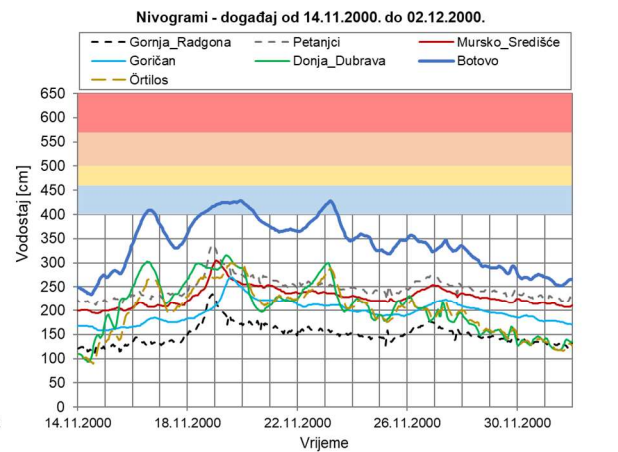
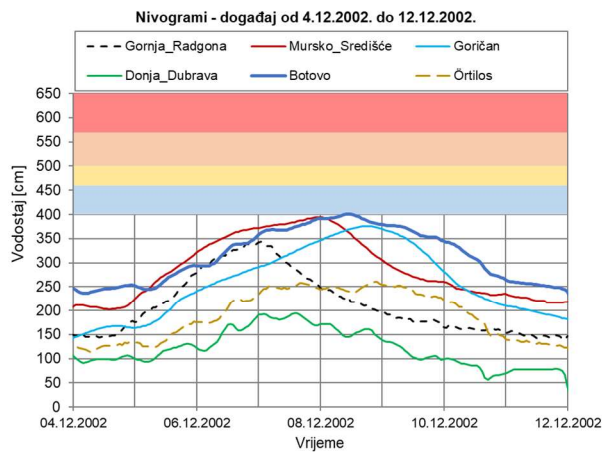
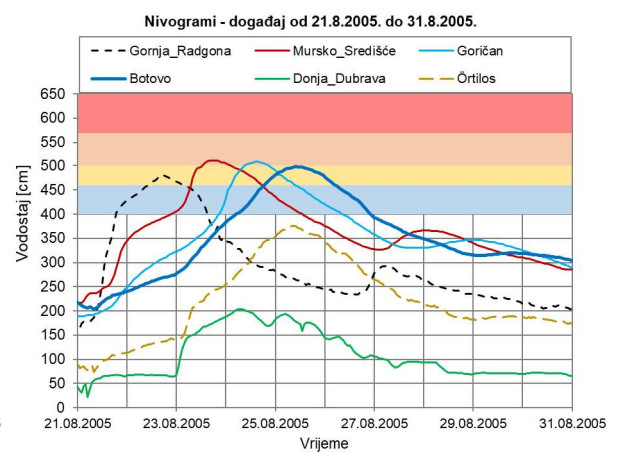
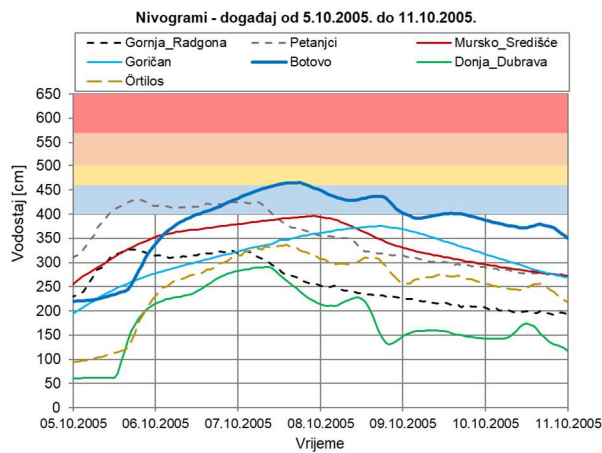
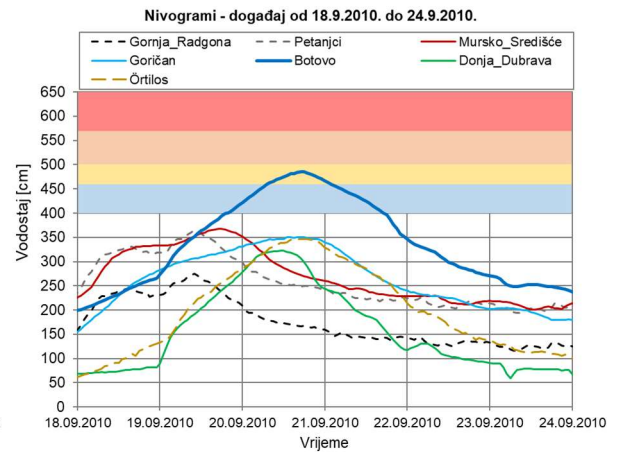
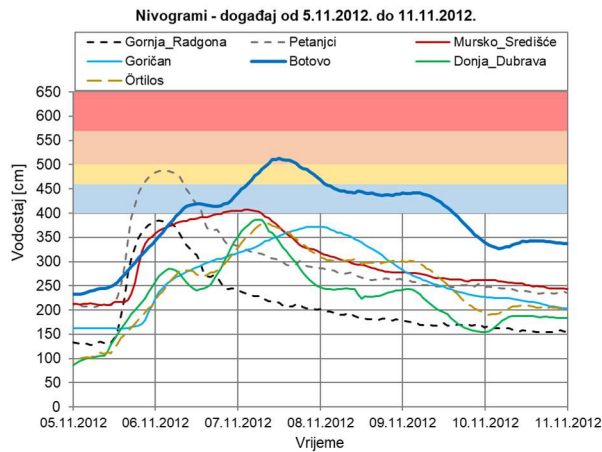
- [1] D. Režek, »Hidroelektrane na Dravi,« *Građevinar*, pp. 647-653, 11 Rujan 2003.
- [2] H. Proizvodnja, »proizvodnja.hep.hr,« [Mrežno]. Available: <http://proizvodnja.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/sjever/default.aspx>. [Pokušaj pristupa 25 Ožujak 2018].
- [3] »Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja sektor A - Mura i Gornja Drava, branjeno područje 33: Međudržavne rijeke Drava i Mura na područjima malih slivova Plitvica-Bednja, Trnava i Bistra,« Hrvatske vode, Zagreb, 2014..
- [4] »Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja Sektor A - Mura i Gornja Drava, branjeno područje 20: Područje malog sliva Plitvica-Bednja,« Hrvatske vode, Zagreb, 2014..
- [5] »Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja Sektor A - Mura i Gornja Drava, branjeno područje 19: Područje malog sliva Bistra,« Hrvatske vode, Zagreb, 2014..
- [6] Brilly, Mitja; Šraj, Mojca; Vidmar, Andrej; Horvat, Anja; Koprivšek, Maja, »Hidrološka studija rijeke Mure,« Univerzitet u Ljubljani, Fakultet za građevinarstvo i geodeziju, Ljubljana, 2011.
- [7] W. A. Scharffenberg, »Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual,« U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Davis, 2016.
- [8] H. Hrelja, Inženjerska hidrologija, Sarajevo: Građevinski fakultet u Sarajevu, 2007.
- [9] »NPTEL,« [Mrežno]. Available: <http://nptel.ac.in/courses/105101002/downloads/module5/lecture3.pdf>. [Pokušaj pristupa 2. Ožujak 2018].
- [10] Deltares, »<http://oss.deltares.nl>,« [Mrežno]. Available: <http://oss.deltares.nl/documents/145641/68d6a1aa-ac79-49f9-b66e-13f89d6a33b1>. [Pokušaj pristupa 2. Ožujak 2018].
- [11] Deltares, »Delft-FEWS User Guide,« Deltares, [Mrežno]. Available: <https://publicwiki.deltares.nl/display/FEWSDOC/Delft-FEWS+User+Guide>. [Pokušaj pristupa 2. Ožujak 2018].

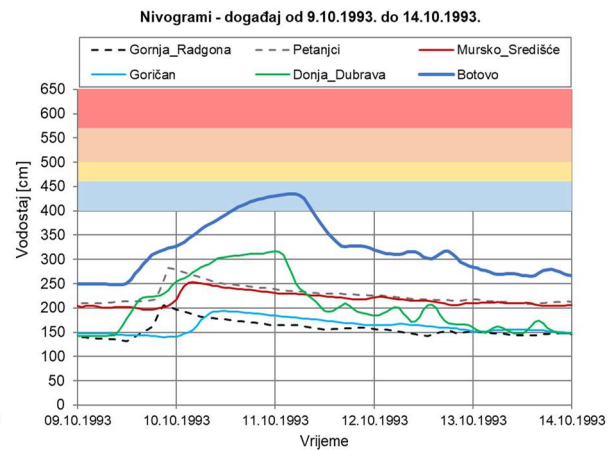
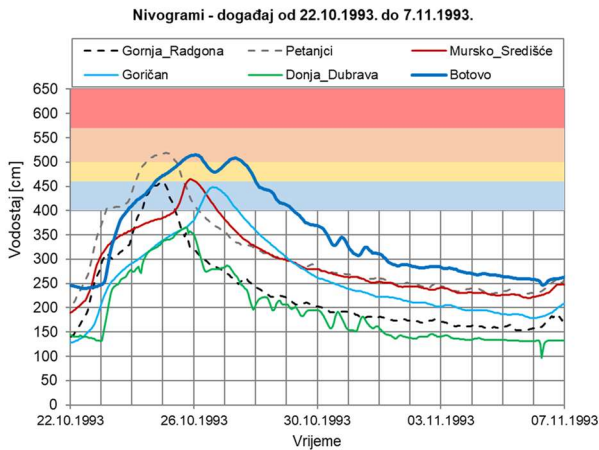
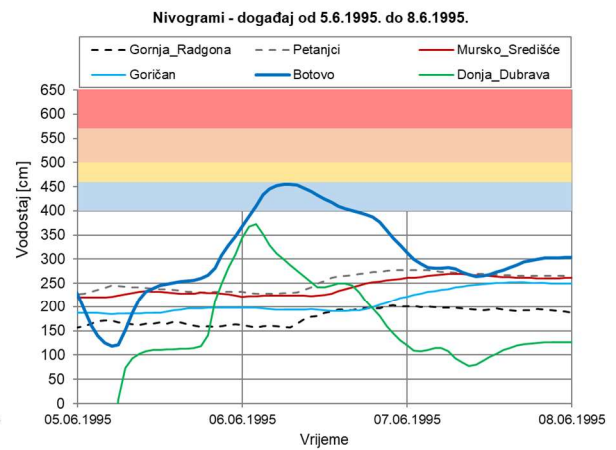
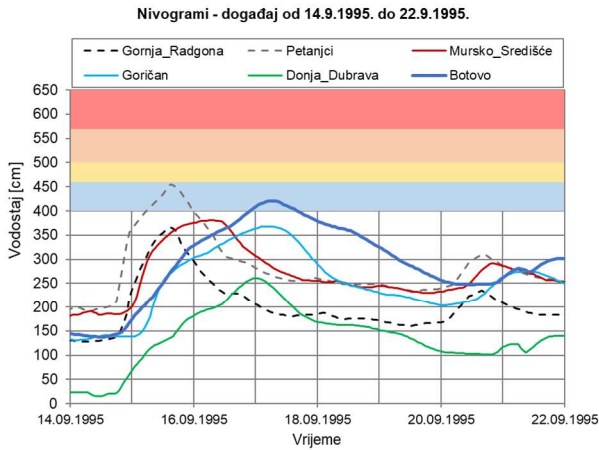
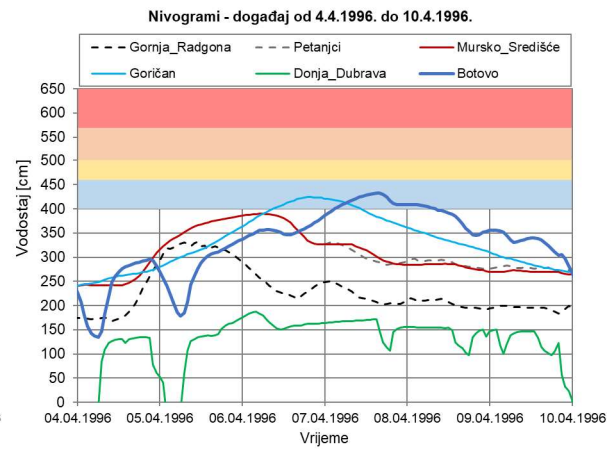
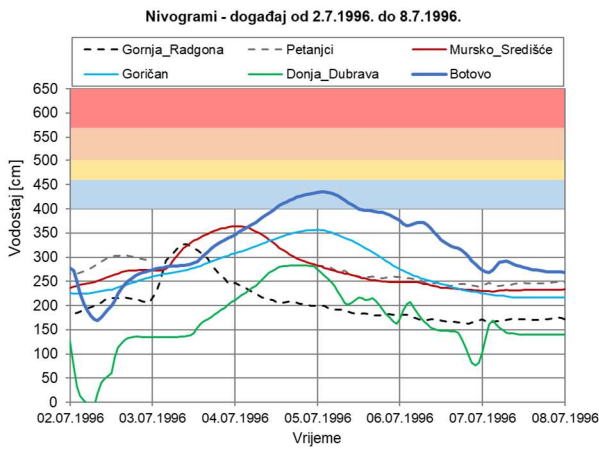
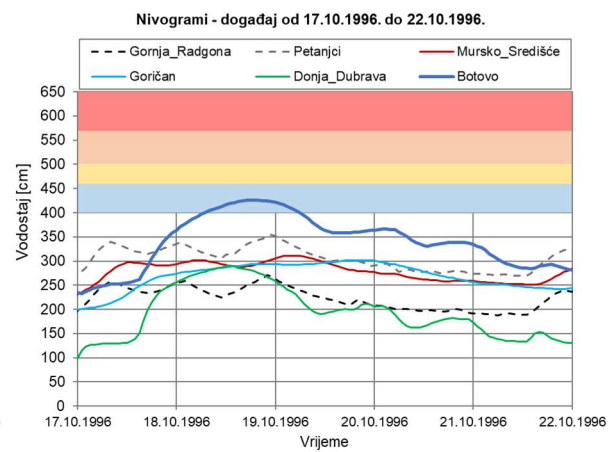
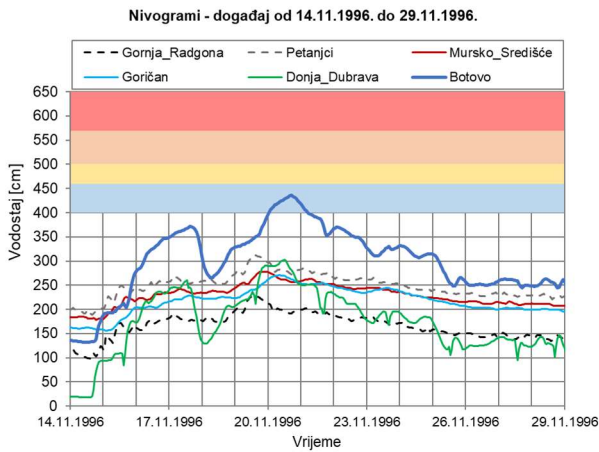
9 Prilozi

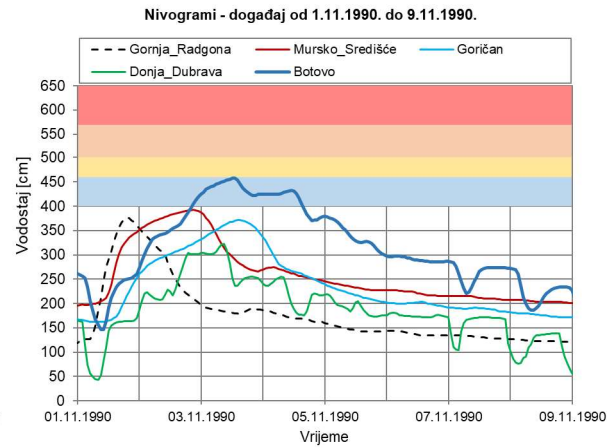
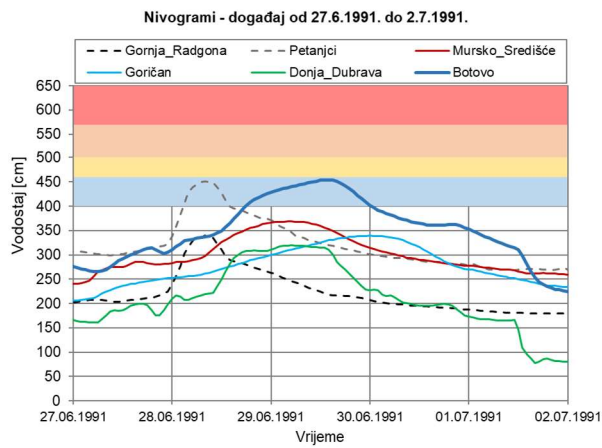
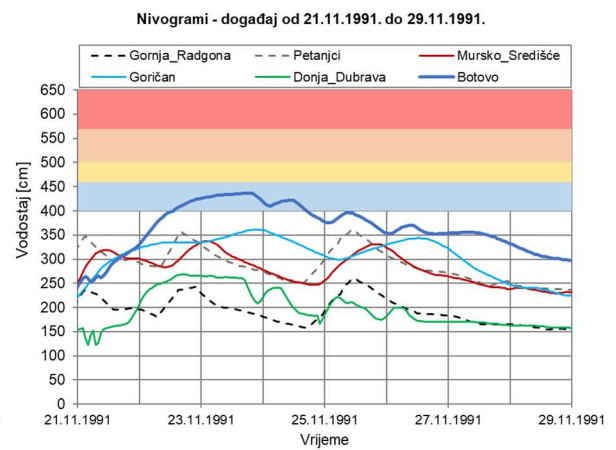
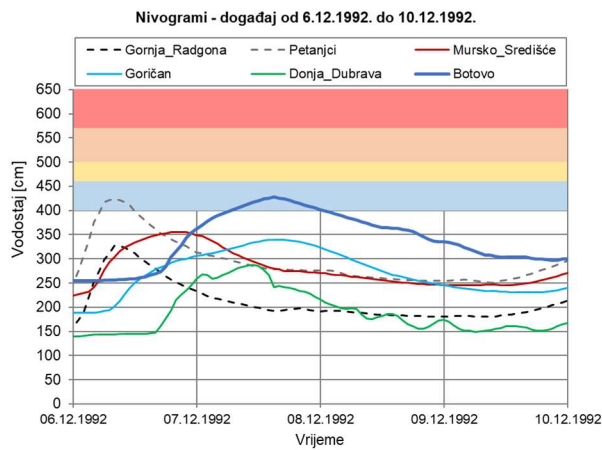
9.1 NIVOGRAMI I HIDROGRAMI ODABRANIH VELIKOVODNIH DOGAĐAJA

9.1.1 Nivogrami odabranih velikovodnih događaja

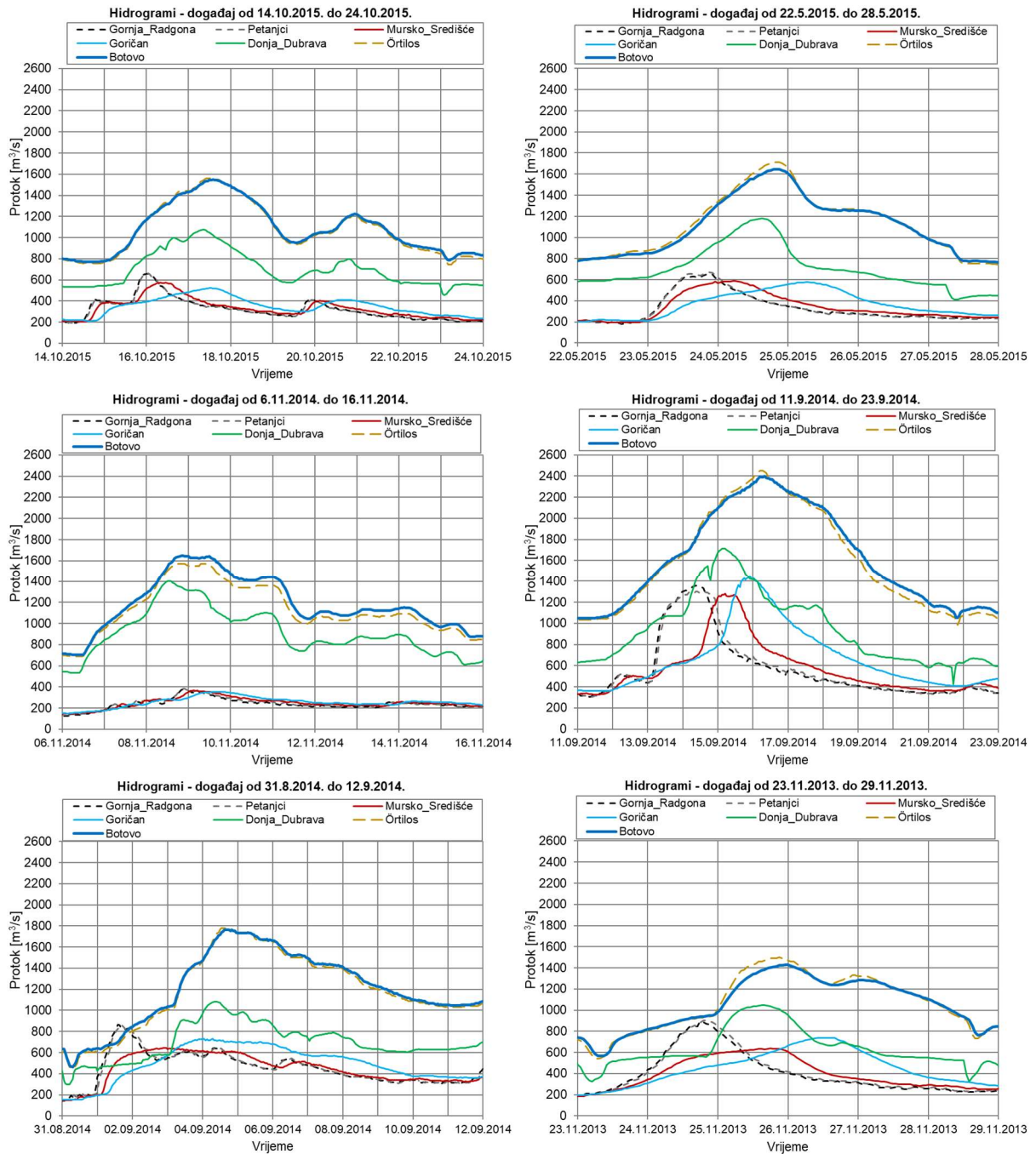


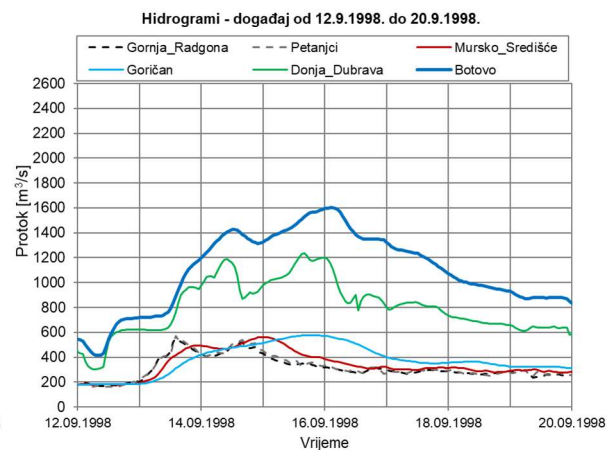
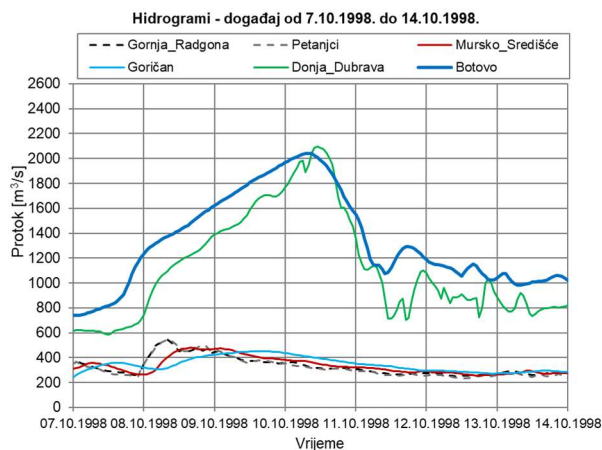
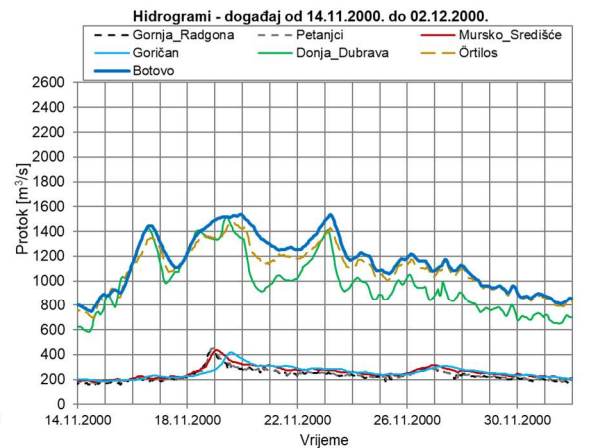
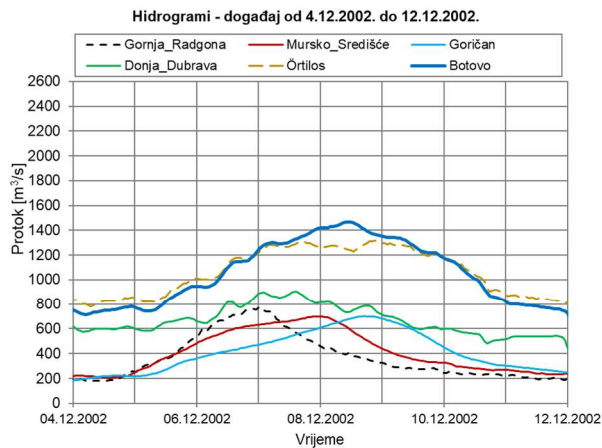
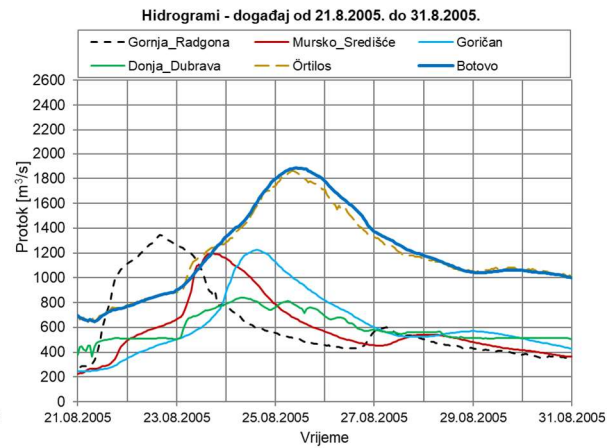
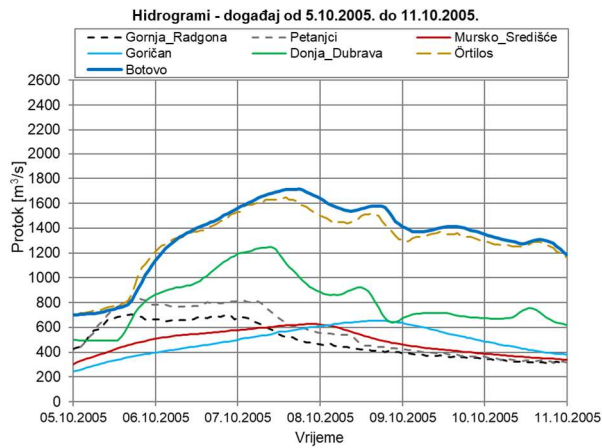
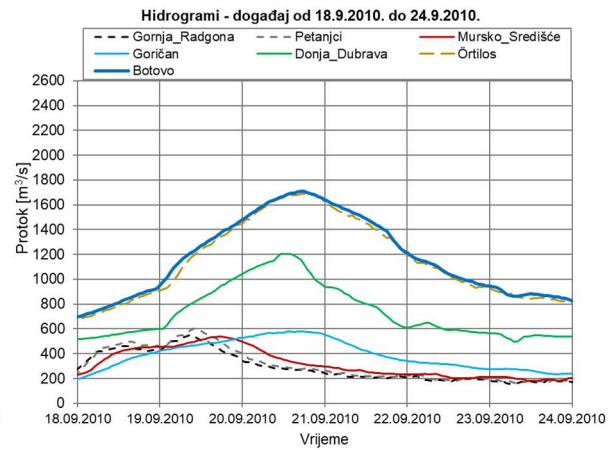
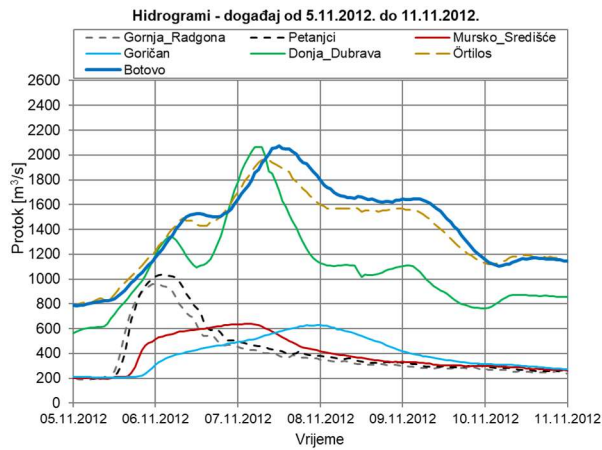


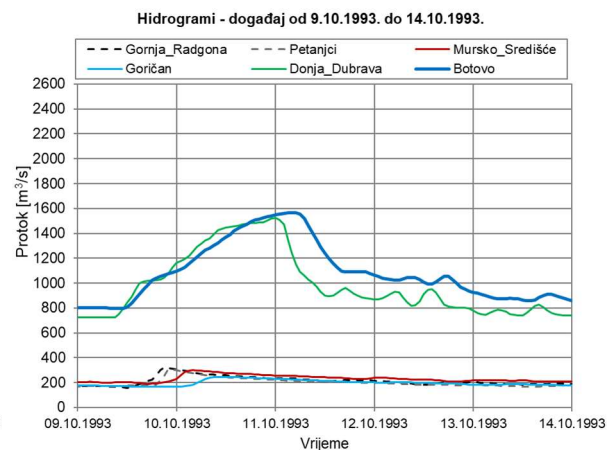
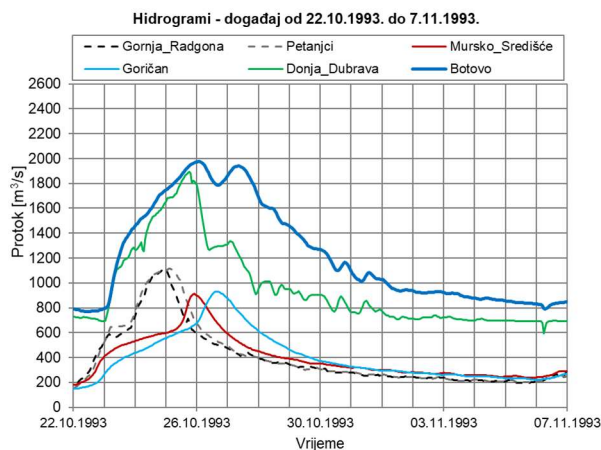
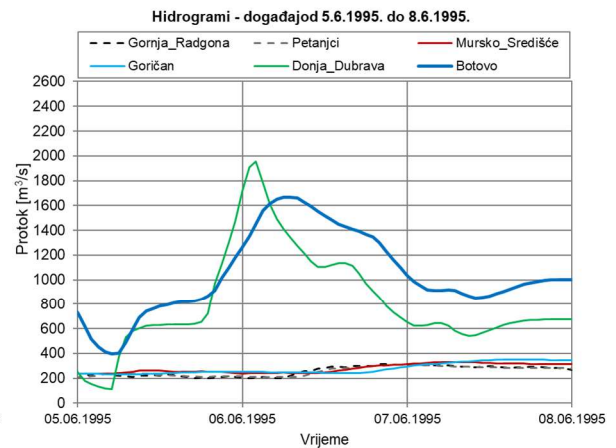
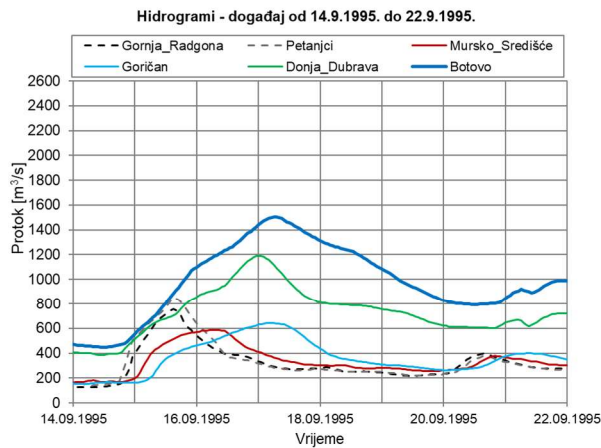
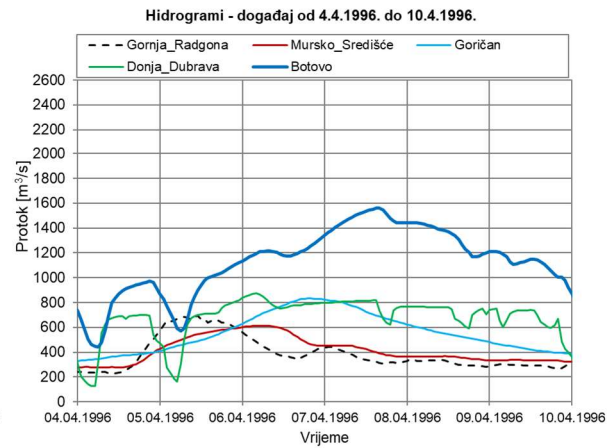
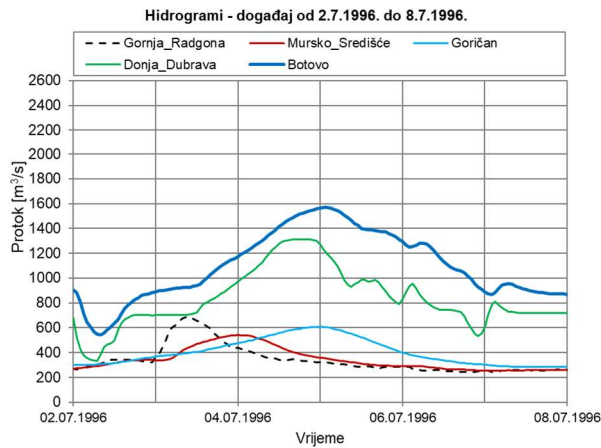
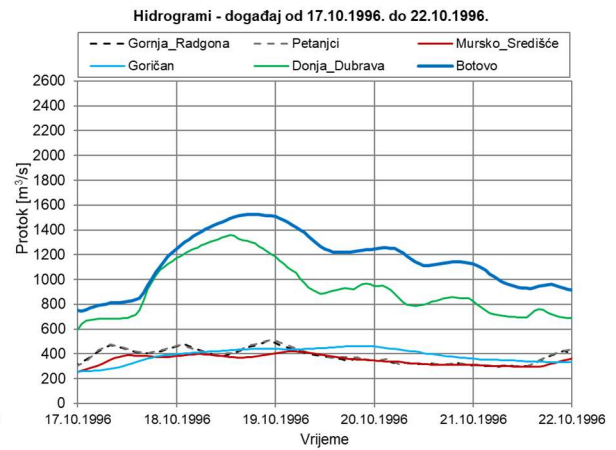
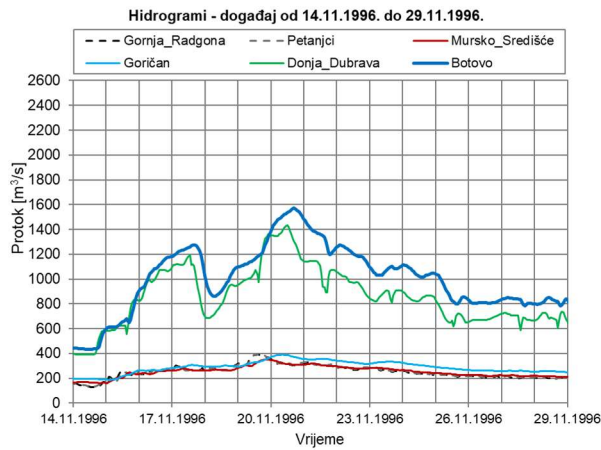


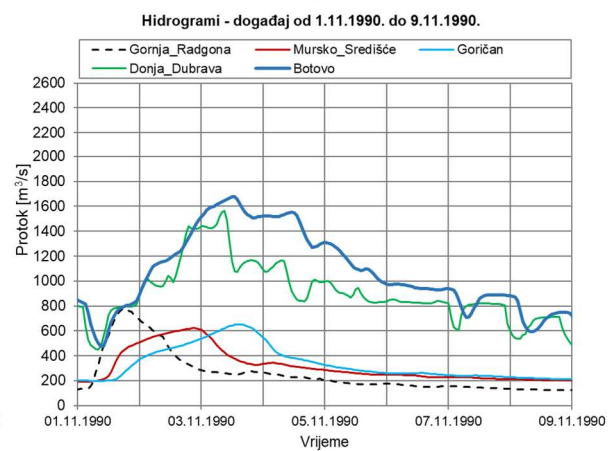
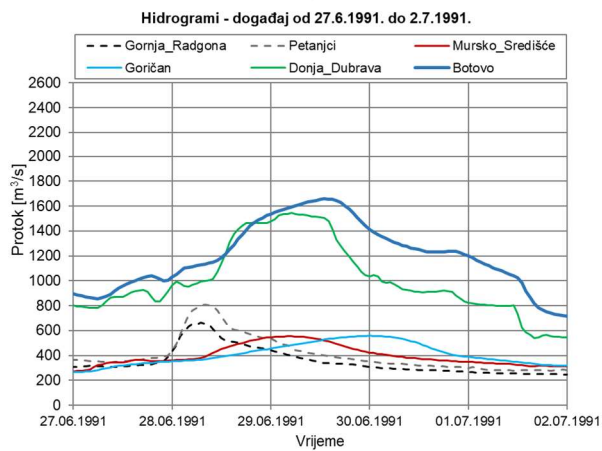
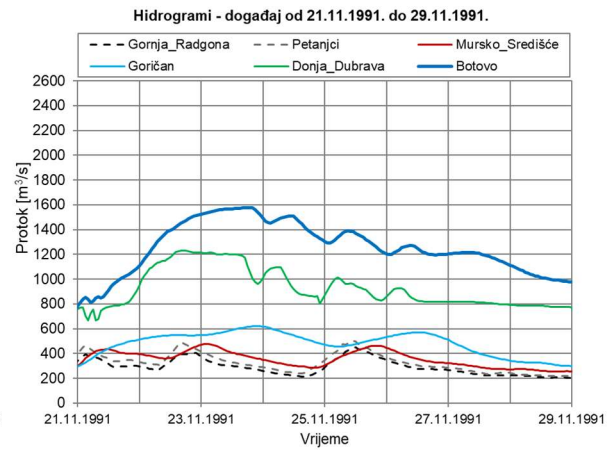
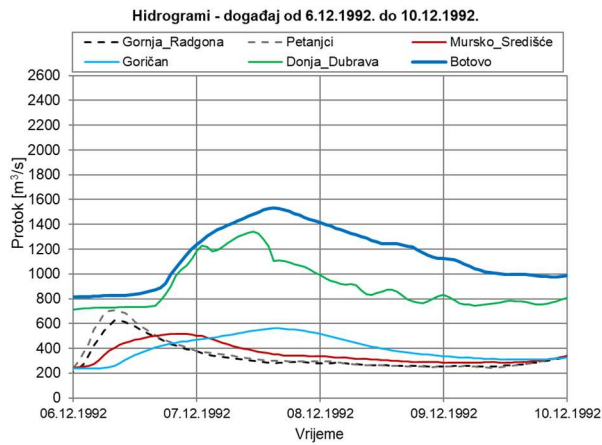


9.1.2 Hidrogrami odabranih velikovodnih događaja









9.2 REZULTATI KALIBRACIJE I VERIFIKACIJE HIDROLOŠKOG MODELA

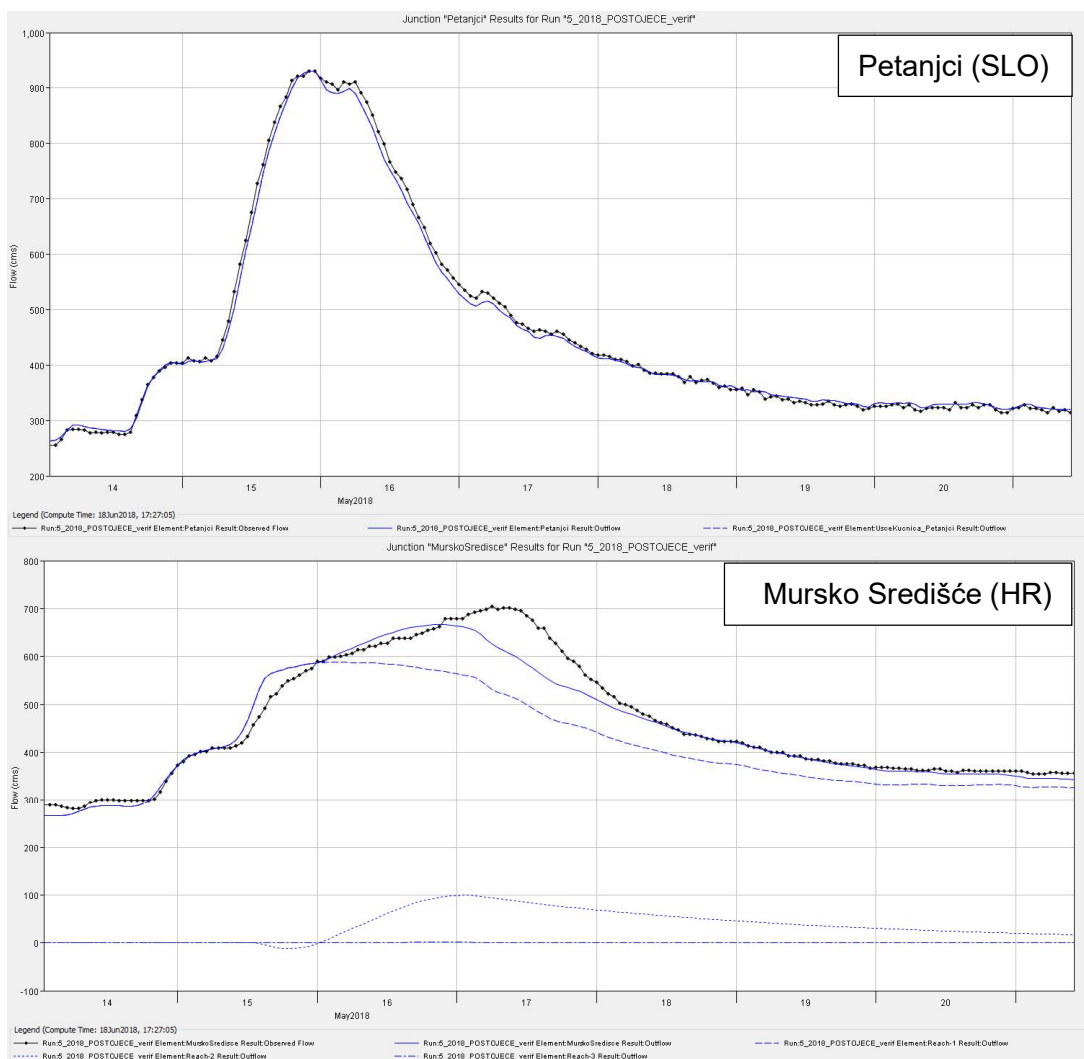
Tablica 9-1. Legenda za prikaz rezultata izmjerenih i računskih protoka

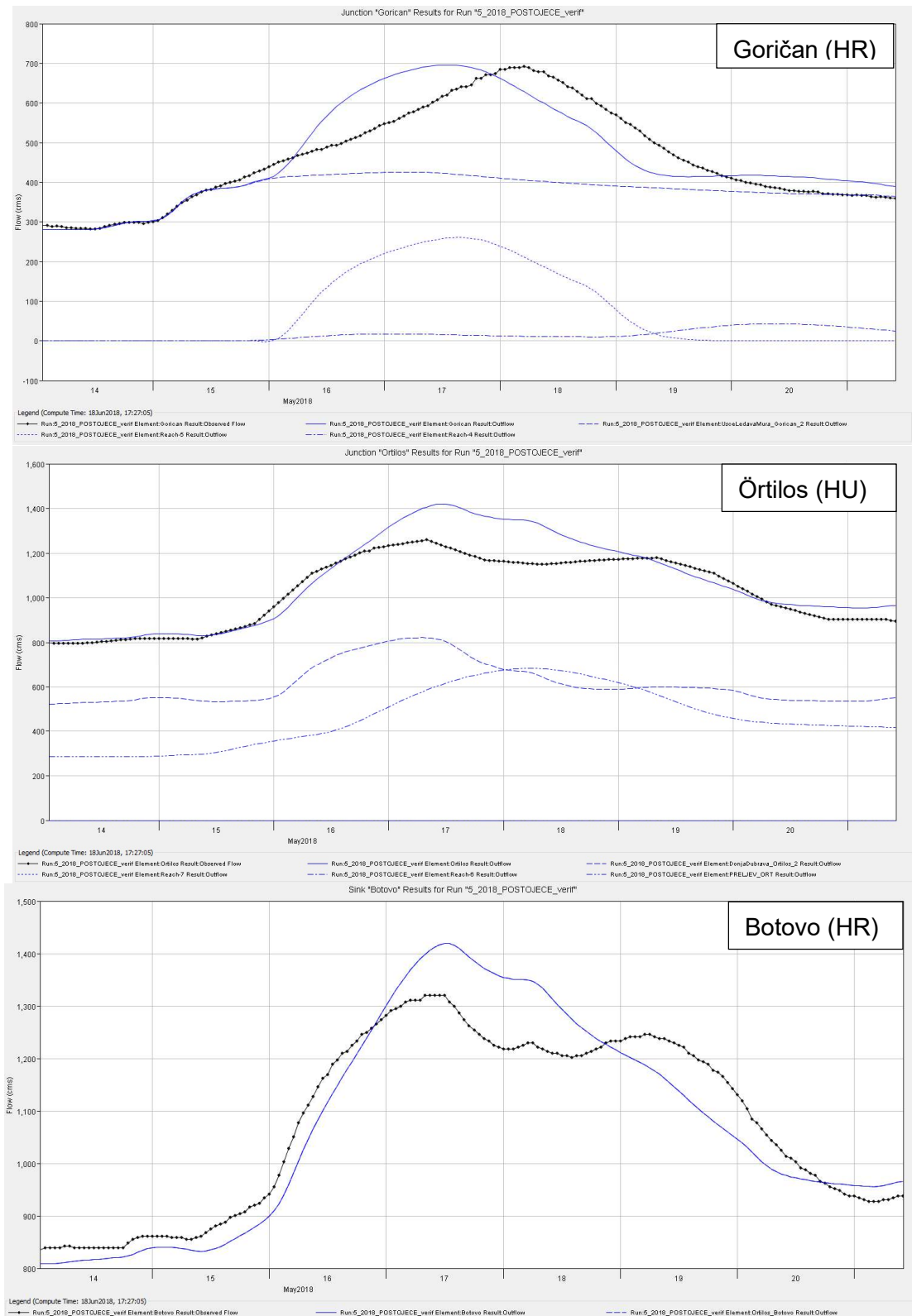
Linija	Opis
.....	Izmjereni izlazni protok [m ³ /s] iz promatranog čvora
————	Računski izlazni protok [m ³ /s] iz promatranog čvora
.....	Računski ulazni protok [m ³ /s] u promatrani čvor

- . - . - .	

Događaj 2018_05

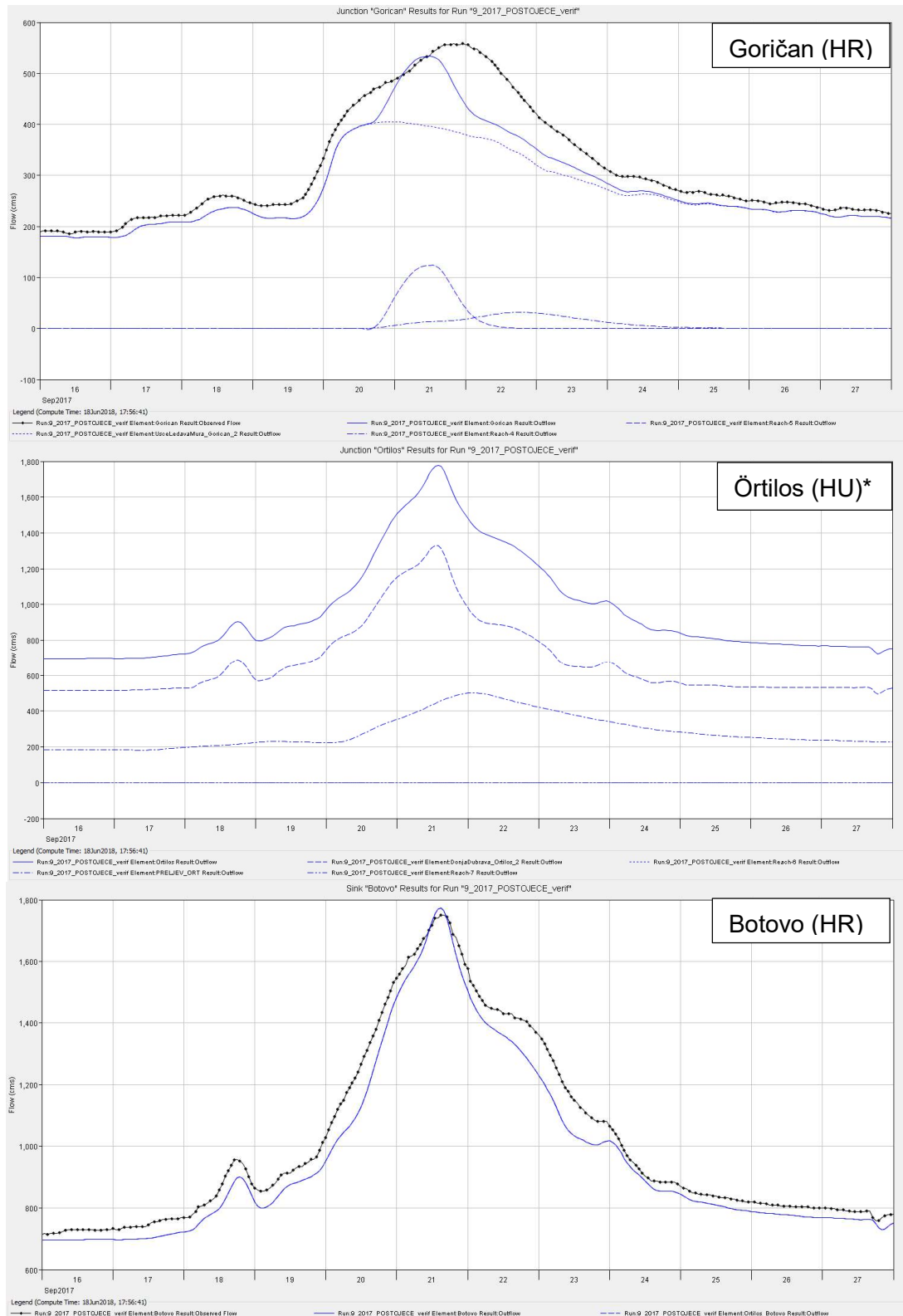
Za ovaj događaj nisu primijenjene mjere obrane od poplava na h.p. Botovo, međutim odabran je za verifikaciju zbog pojave visokih protoka na rijeci Muri.





Slika 9.1. Računski protoci za događaj 2018_05

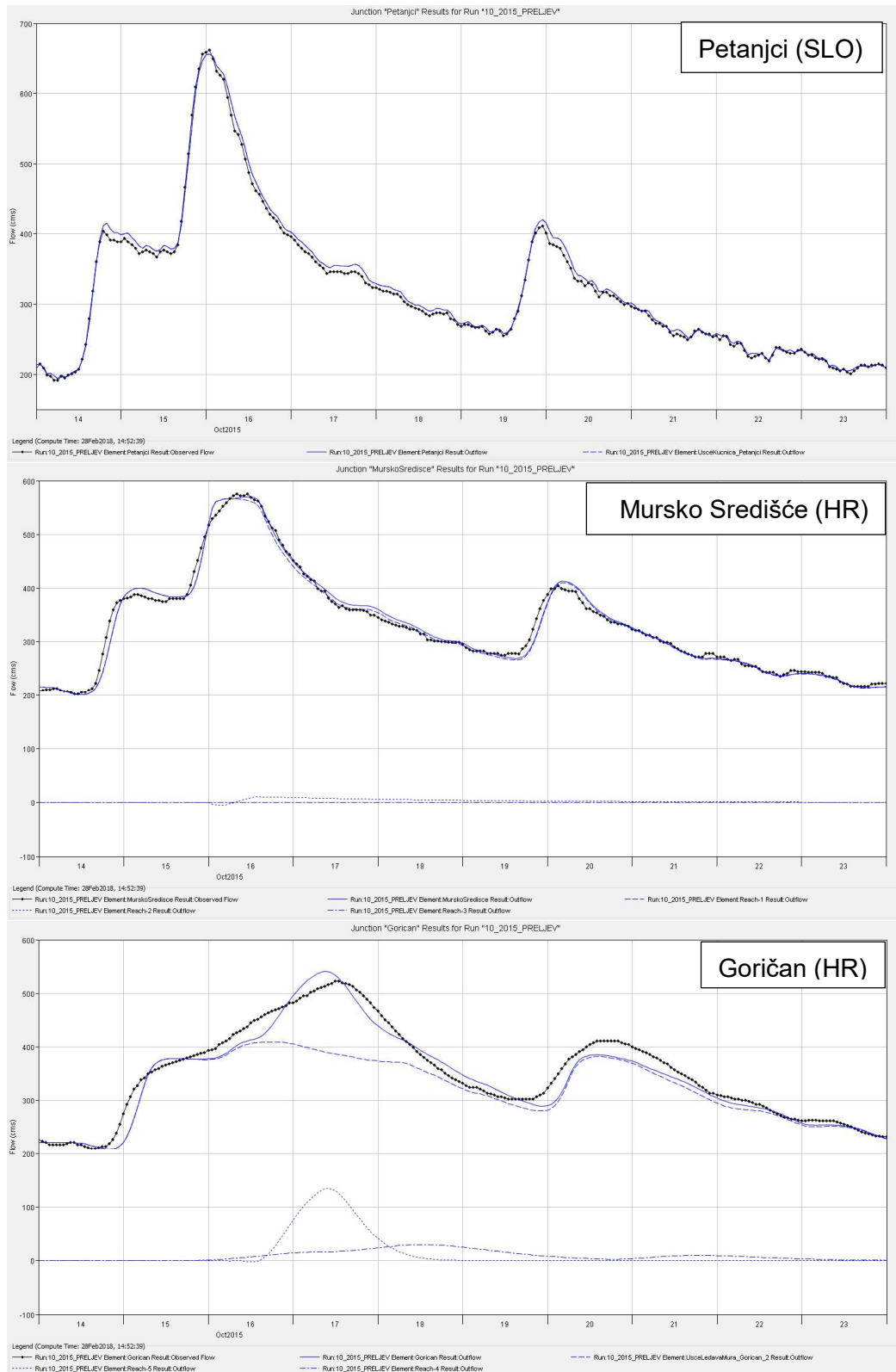
Događaj 2017_09

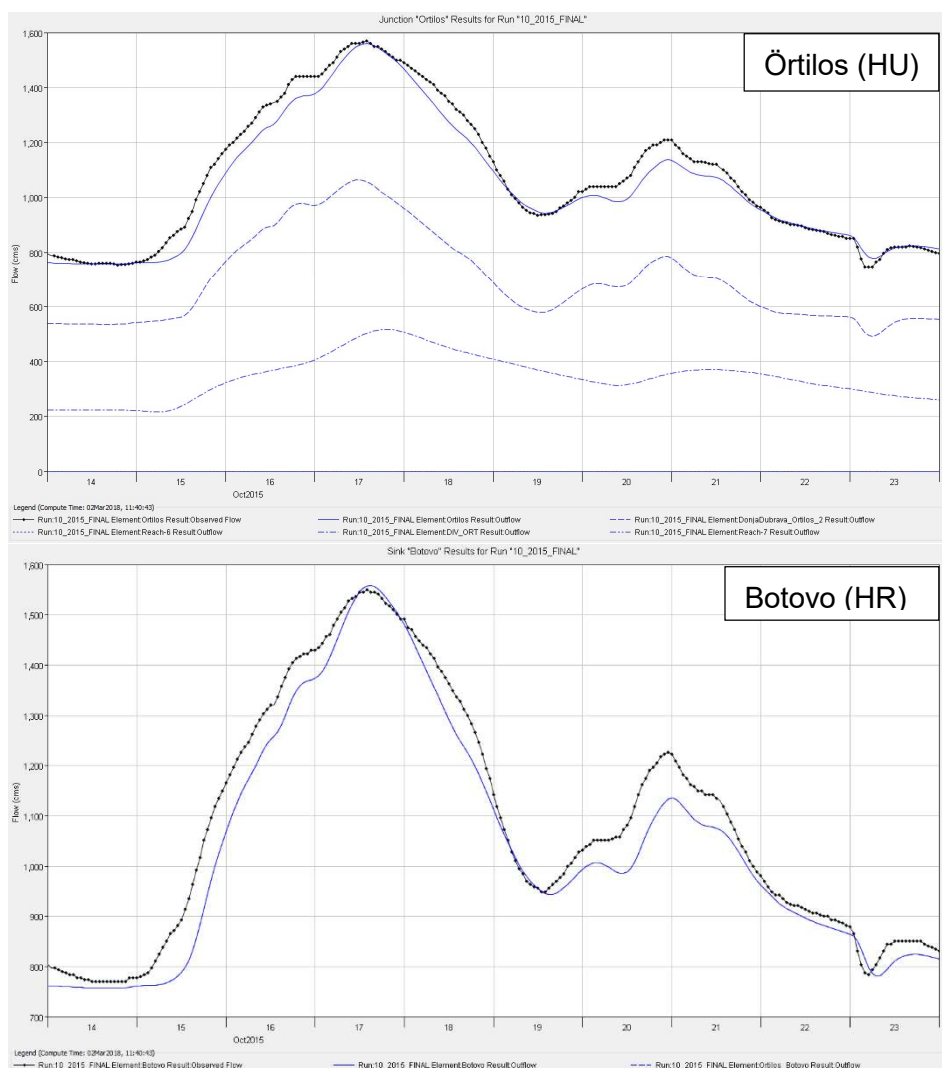


Slika 9.2. Računski protoci za događaj 2017_09

*Na postaji Örtilos za navedeni događaj nisu zabilježeni satni protoci. S obzirom na to da podaci o satnim protocima za navedeni događaj nisu poznati za h.p. Gornja Radgona i Petanjci, ulazni hidrogram za rijeku Muru zadan je na postaji Mursko Središće.

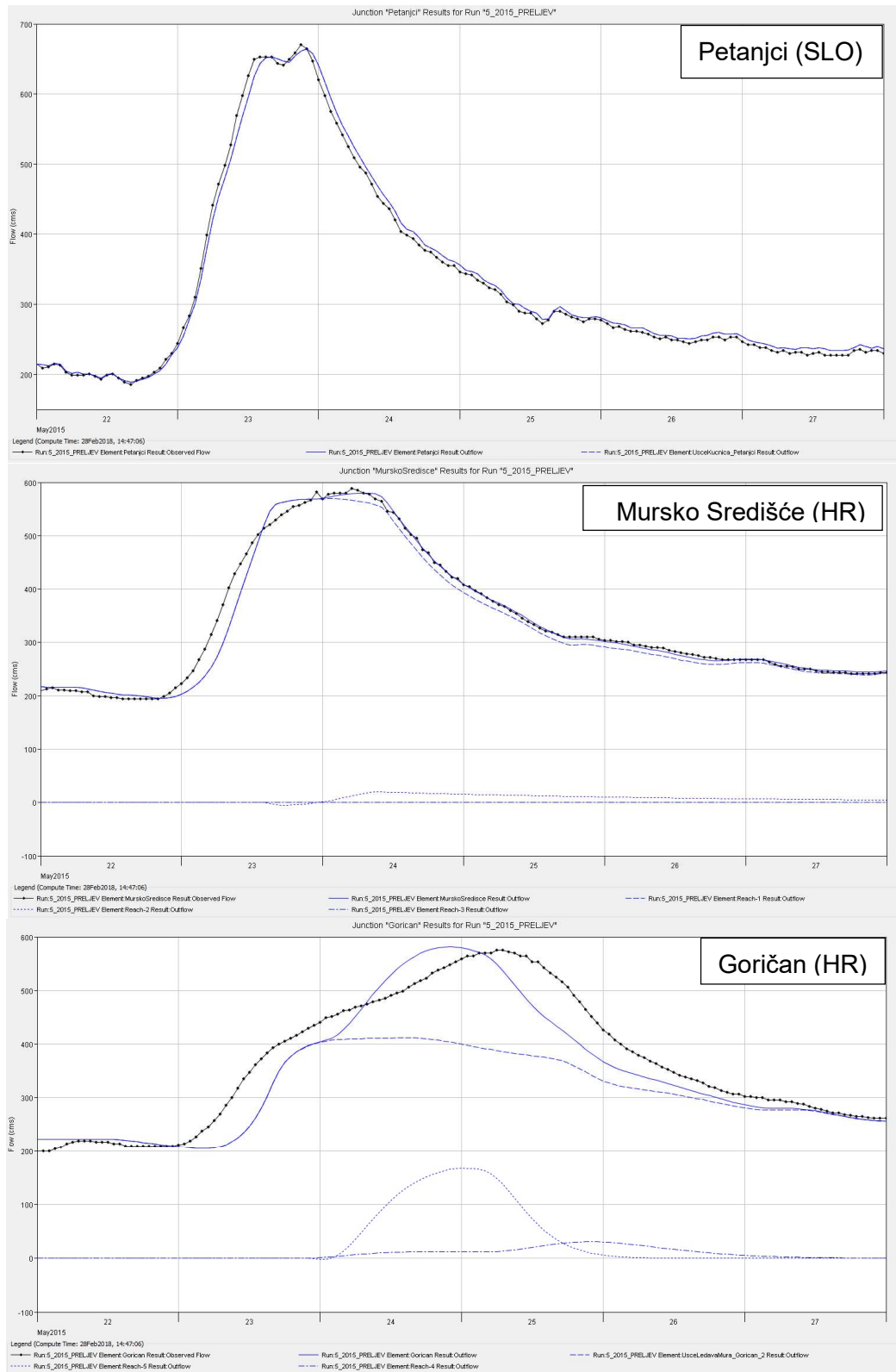
Događaj 2015_10

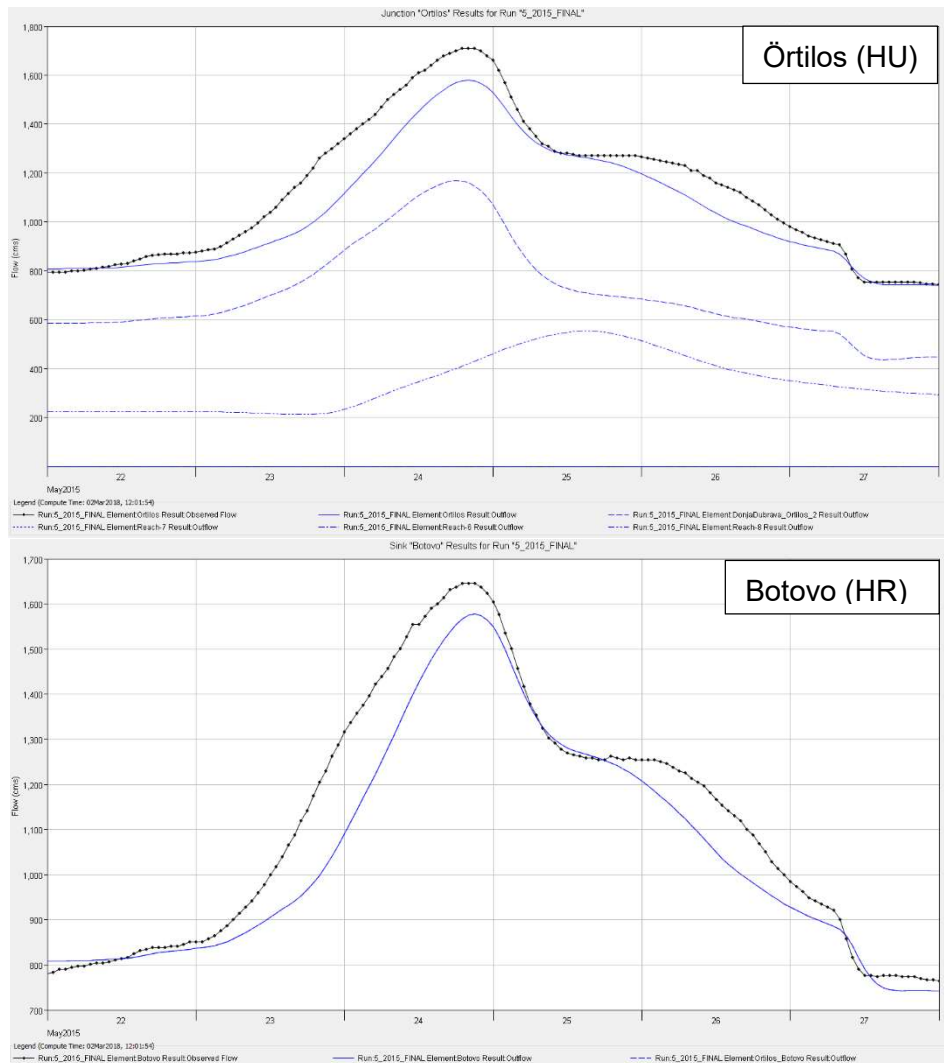




Slika 9.3. Računski protoci za događaj 2015_10

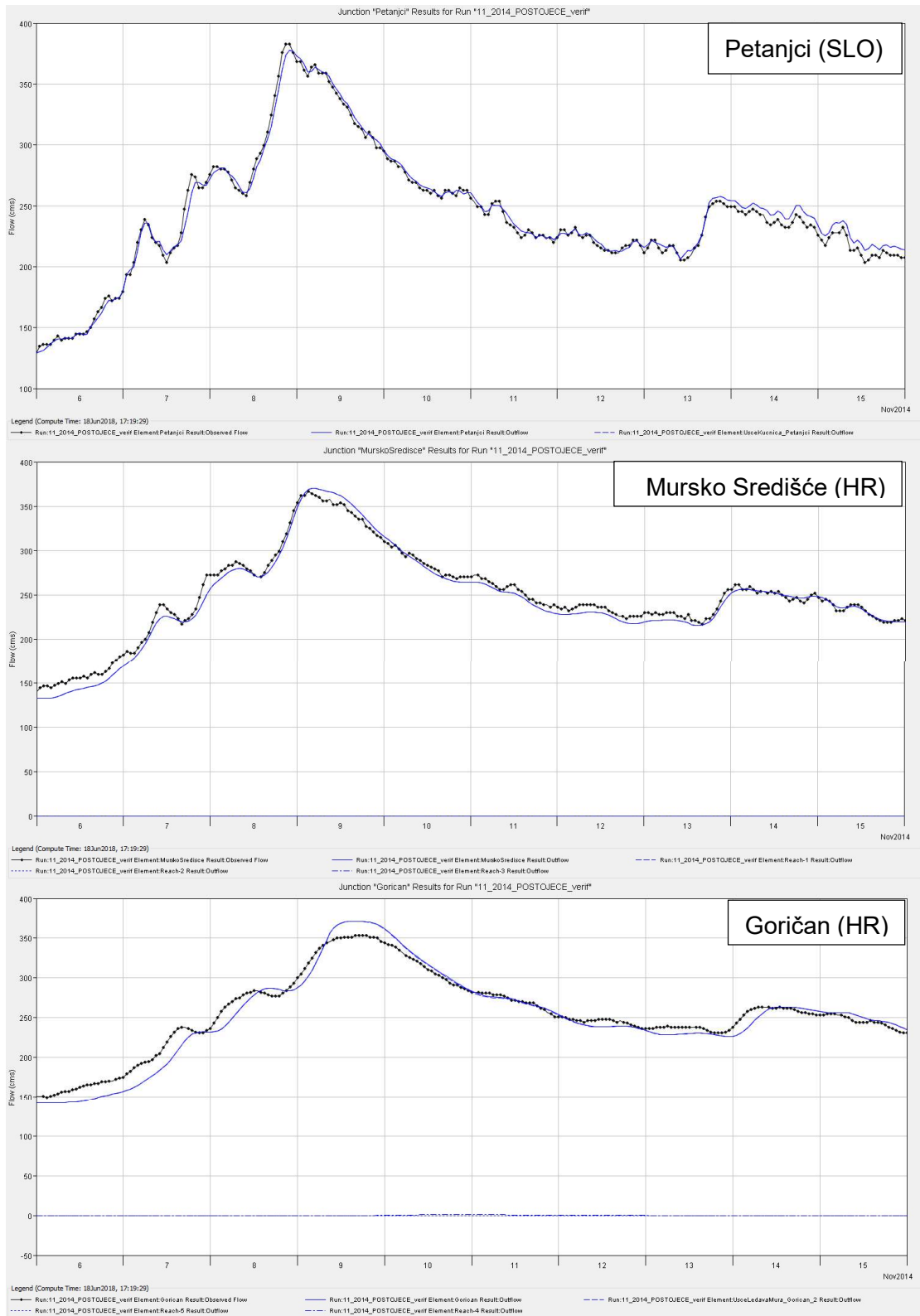
Događaj 2015_05

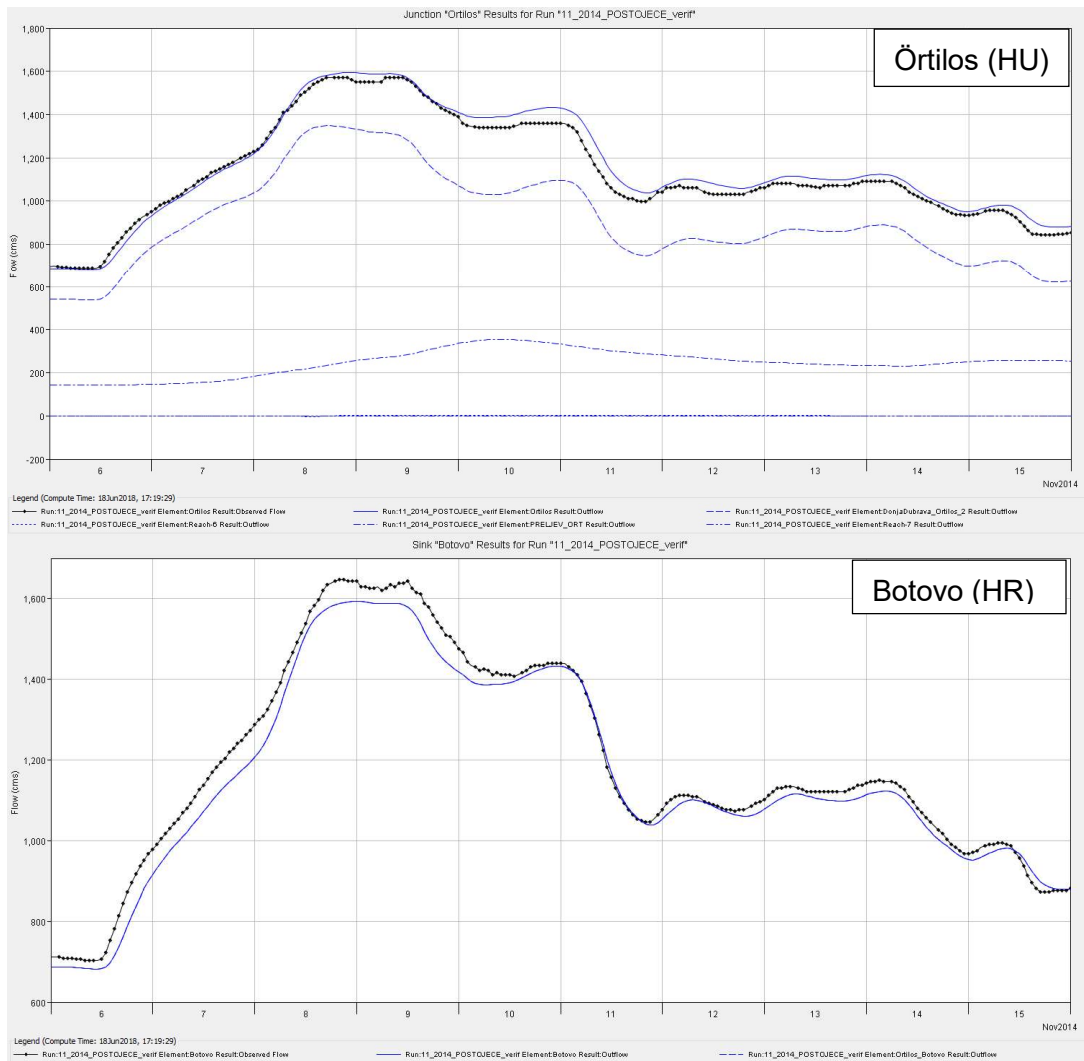




Slika 9.4. Računski protoci za događaj 2015_05

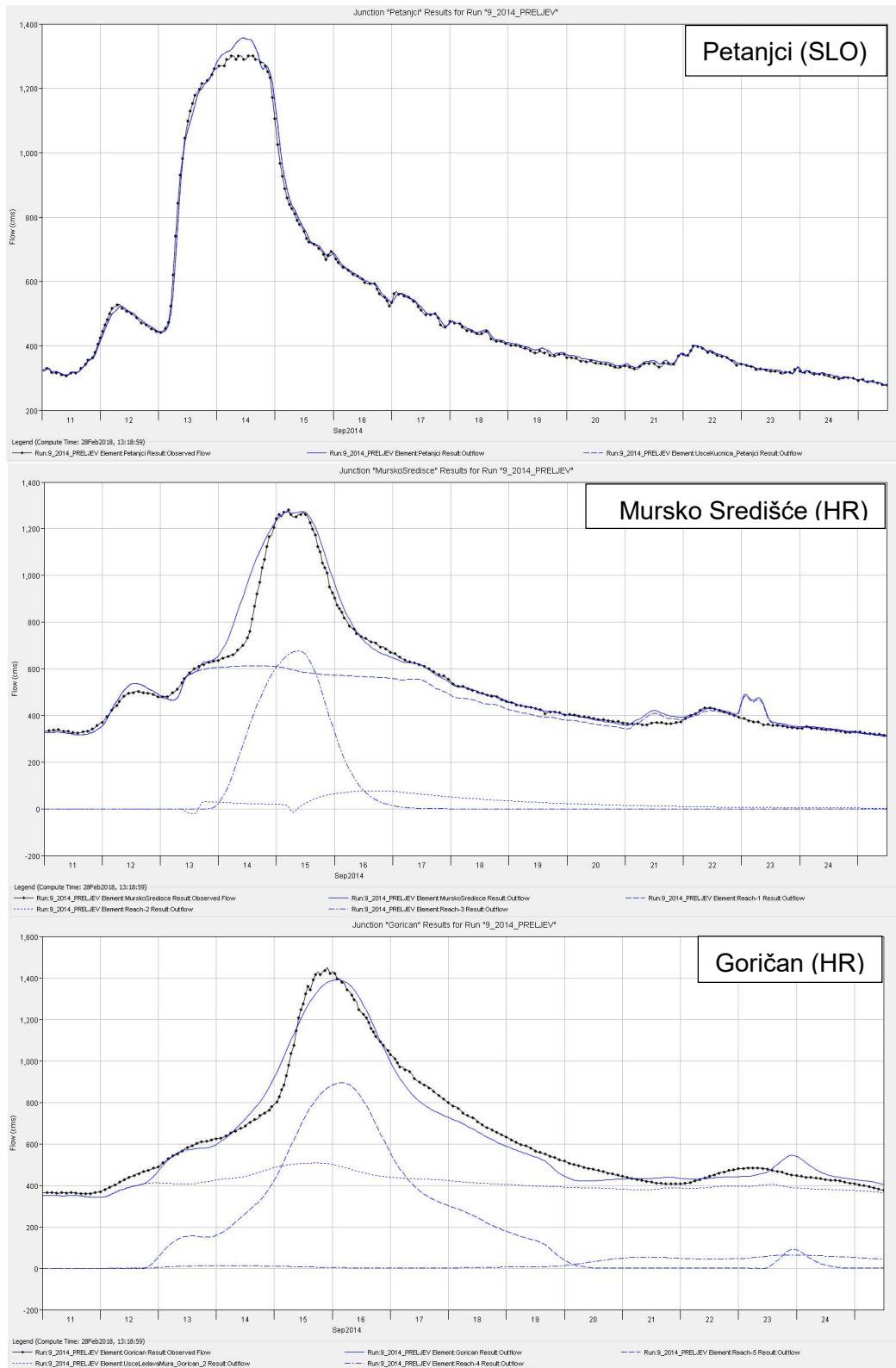
Događaj 2014_11

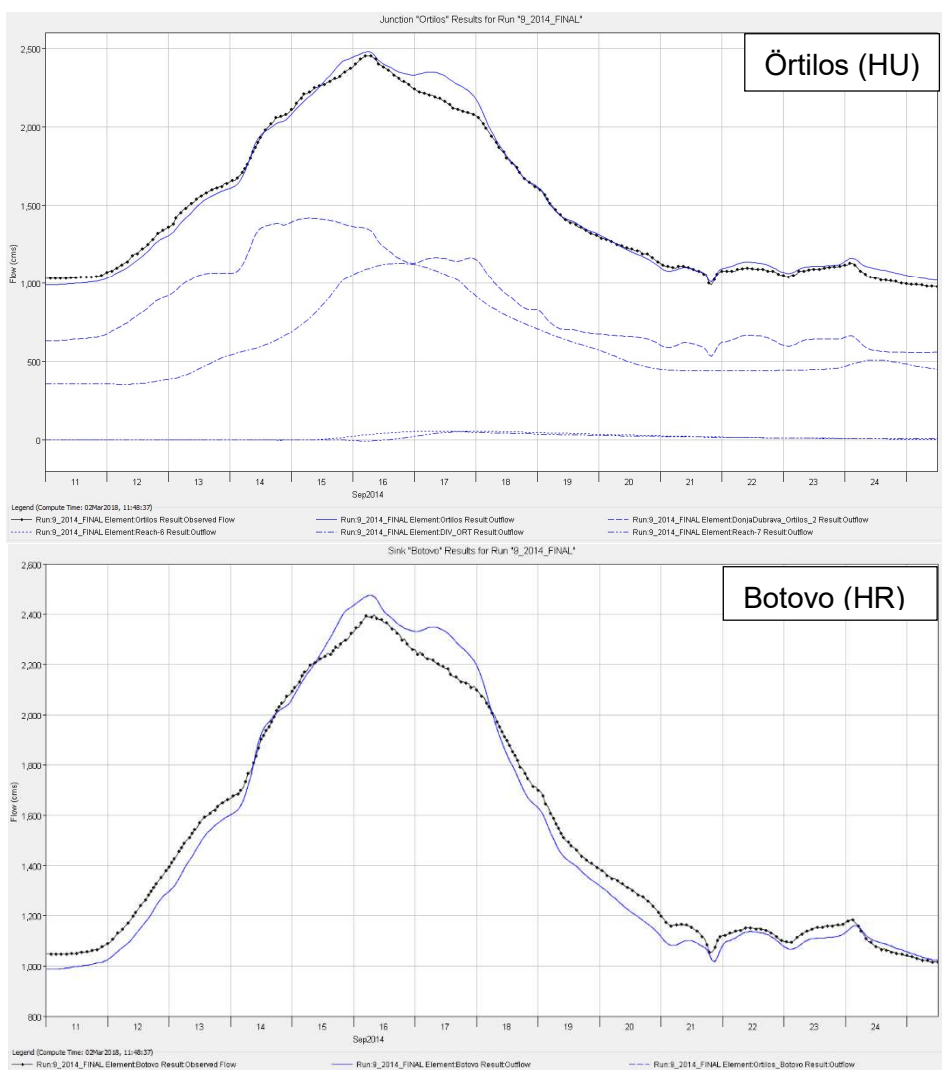




Slika 9.5. Računski protoci za događaj 2014_11

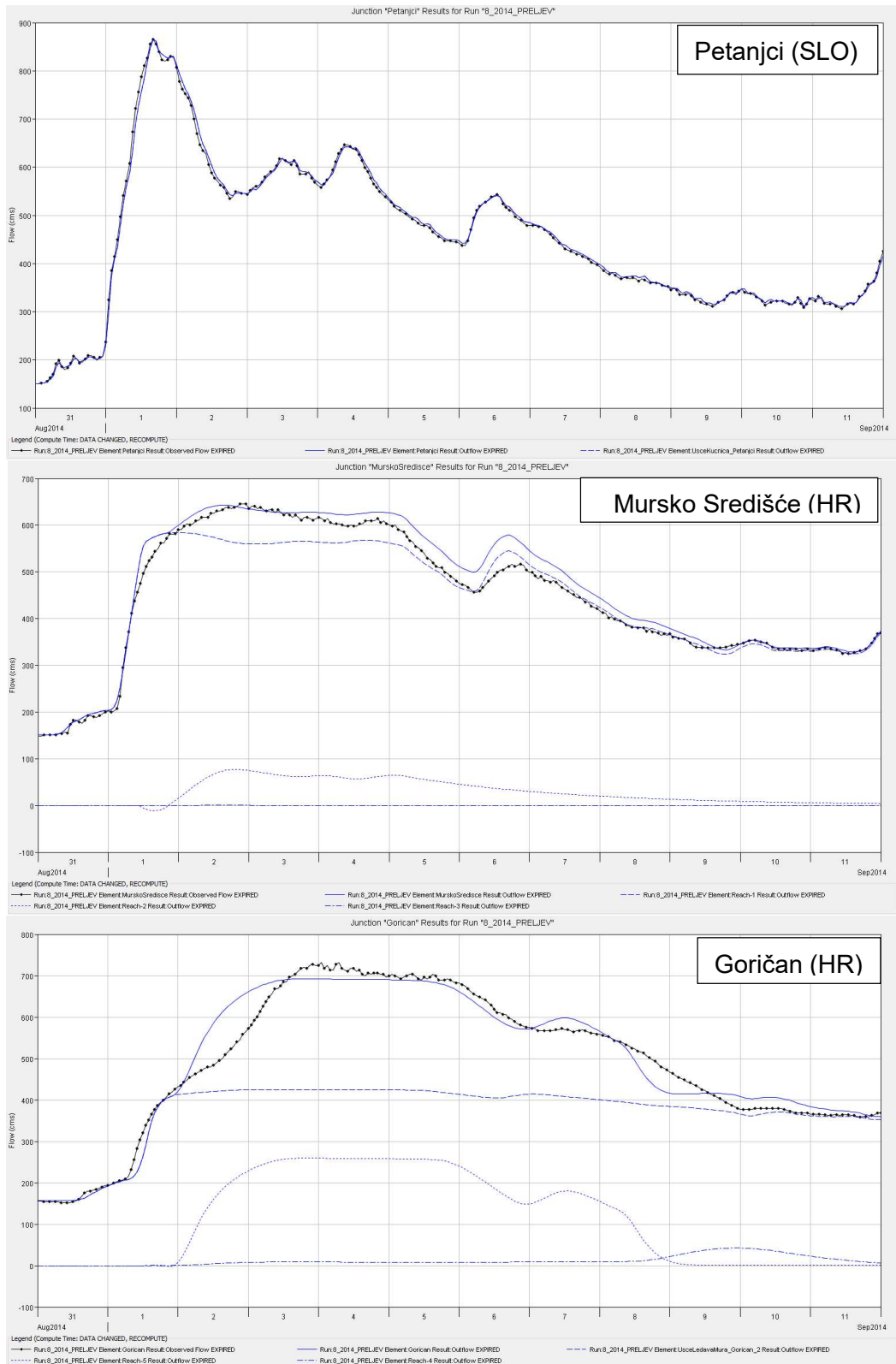
Događaj 2014_09

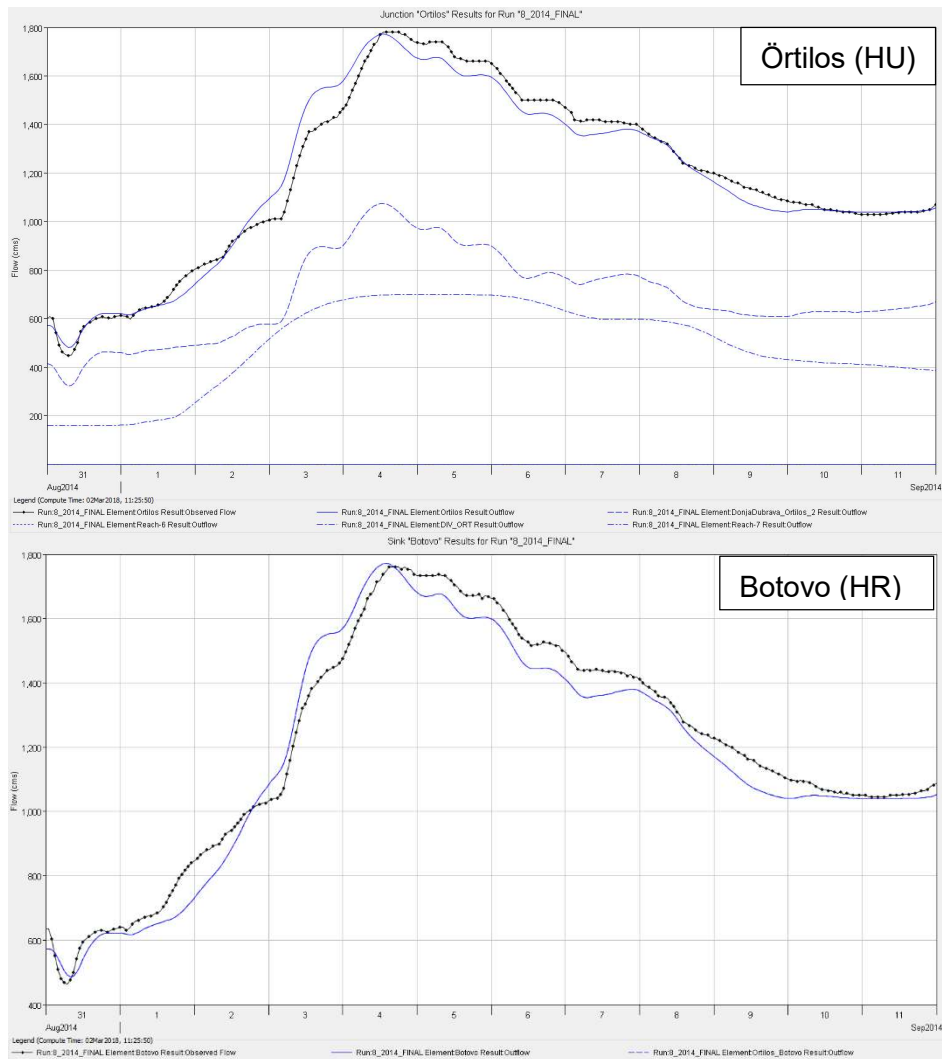




Slika 9.6. Računski protoci za događaj 2014_09

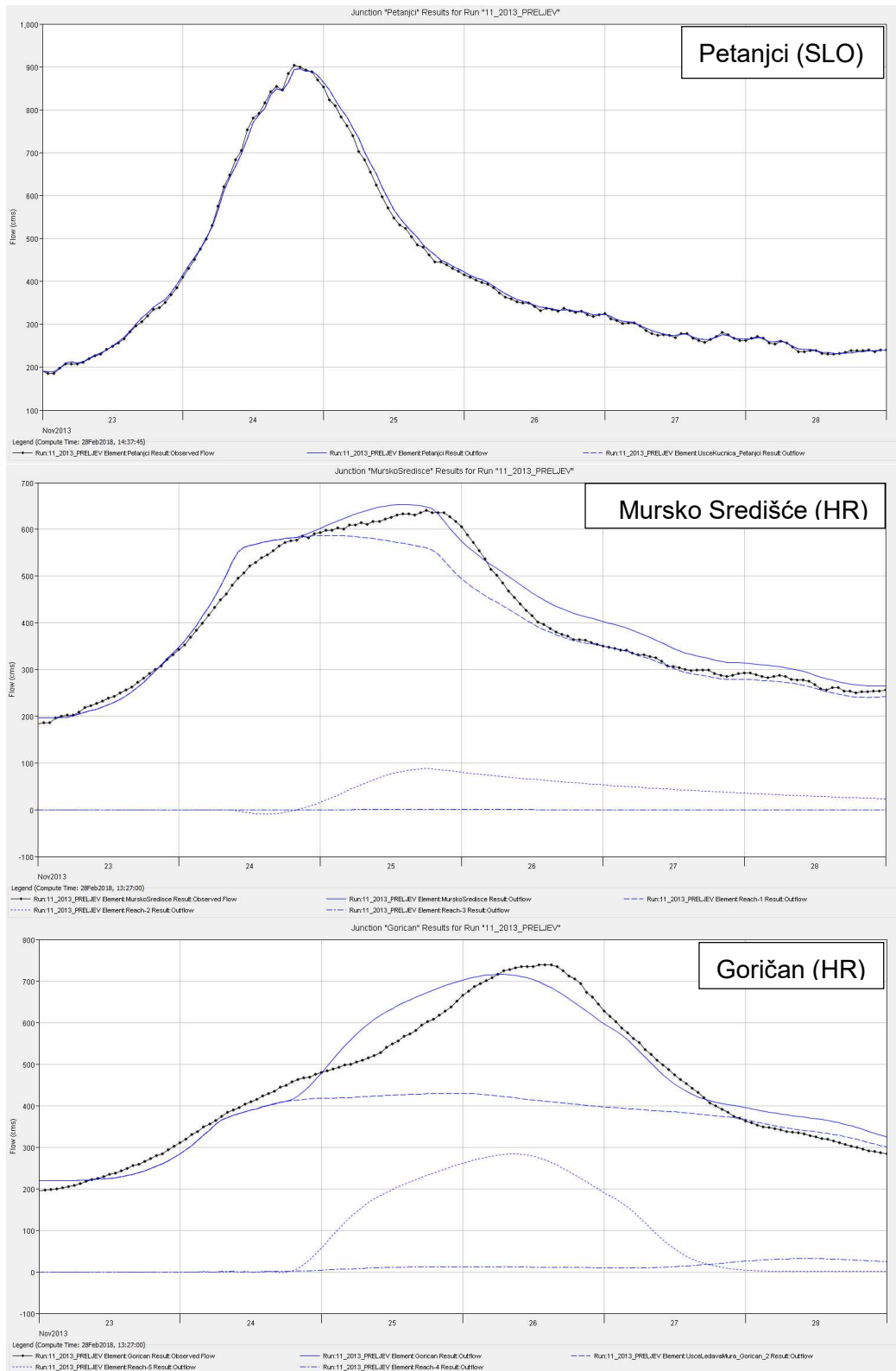
Događaj 2014_08

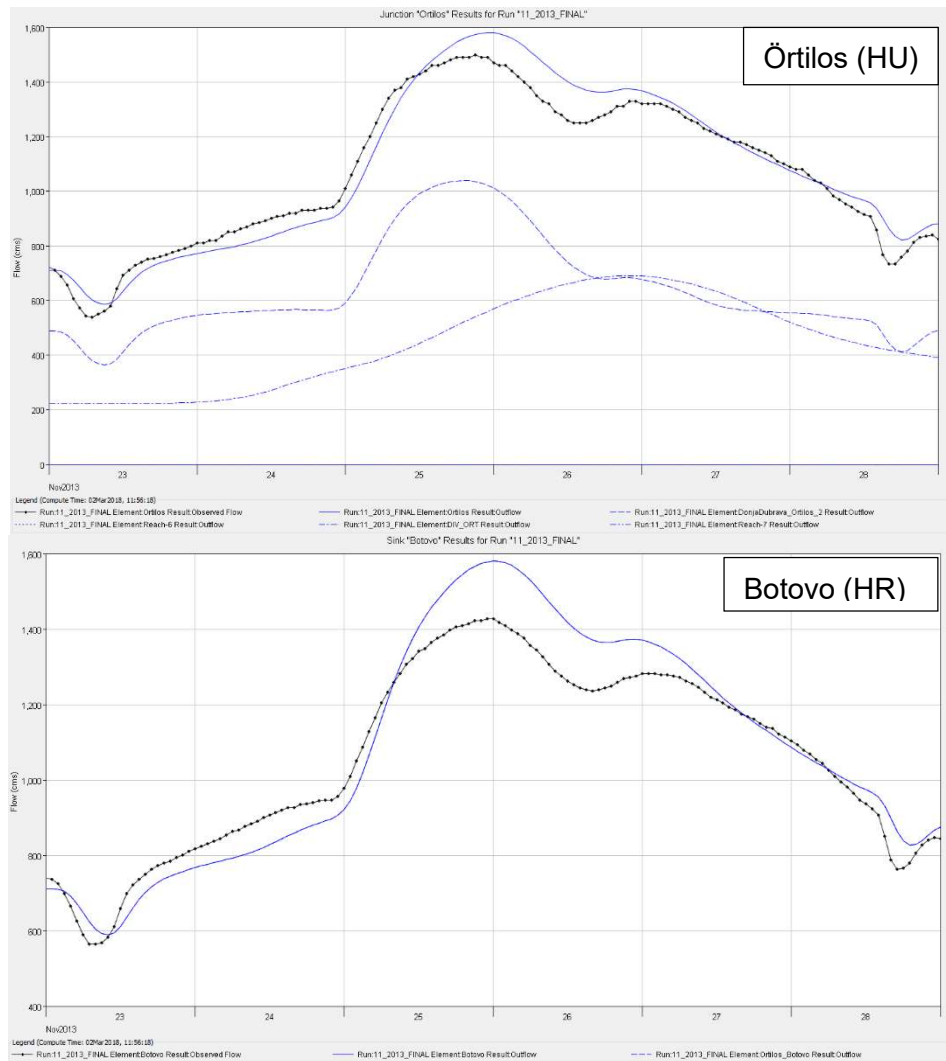




Slika 9.7. Računski protoci za događaj 2014_08

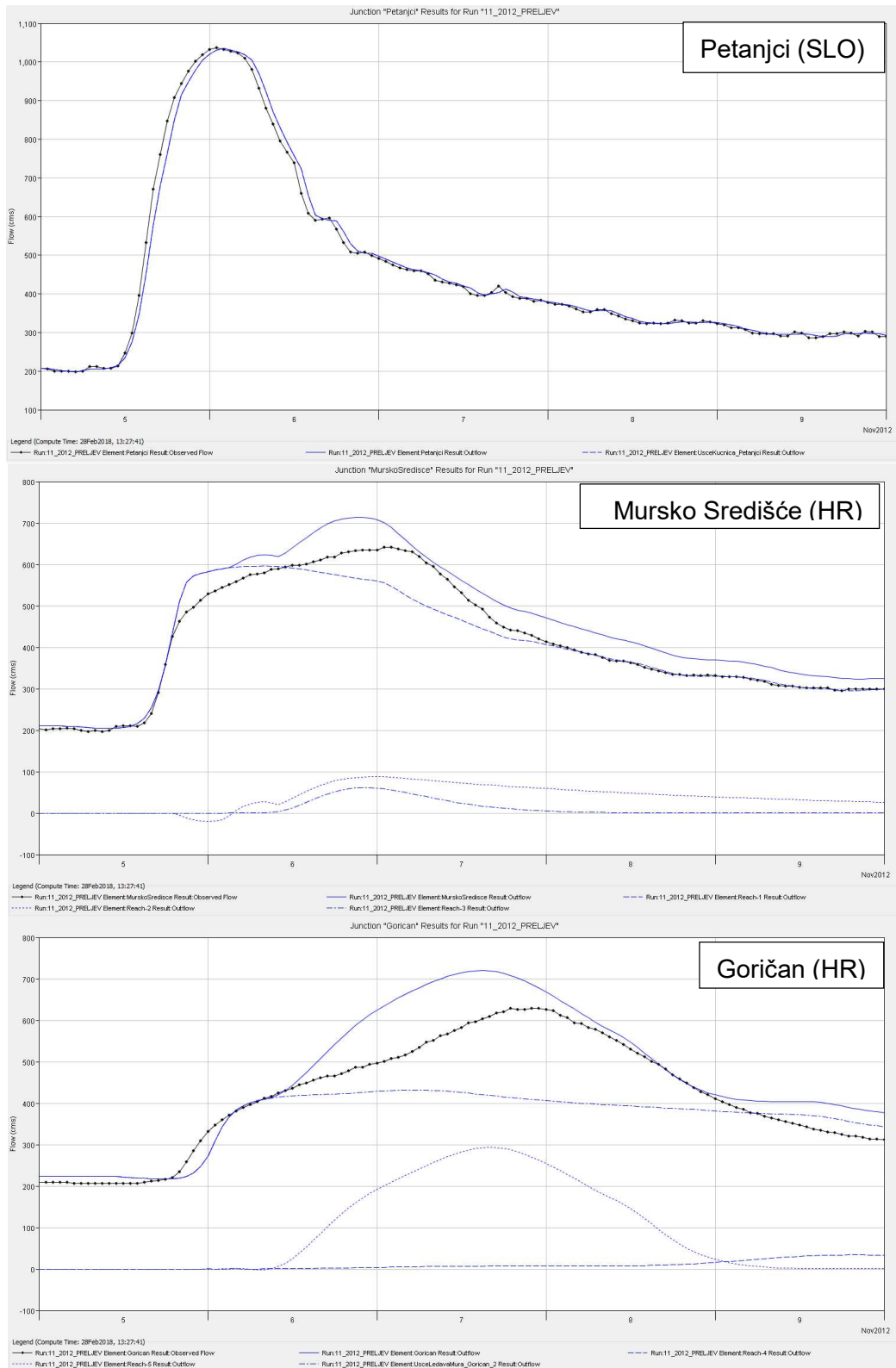
Događaj 2013_11

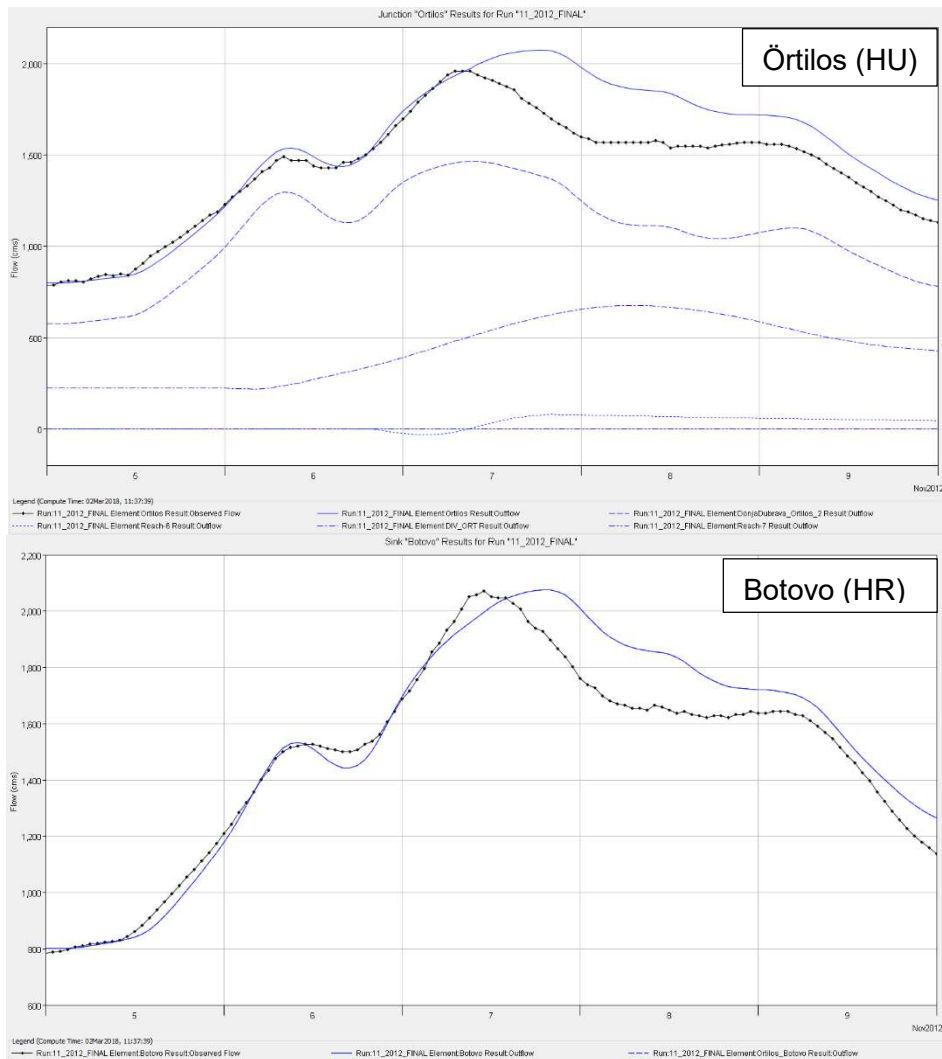




Slika 9.8. Računski protoci za događaj 2013_11

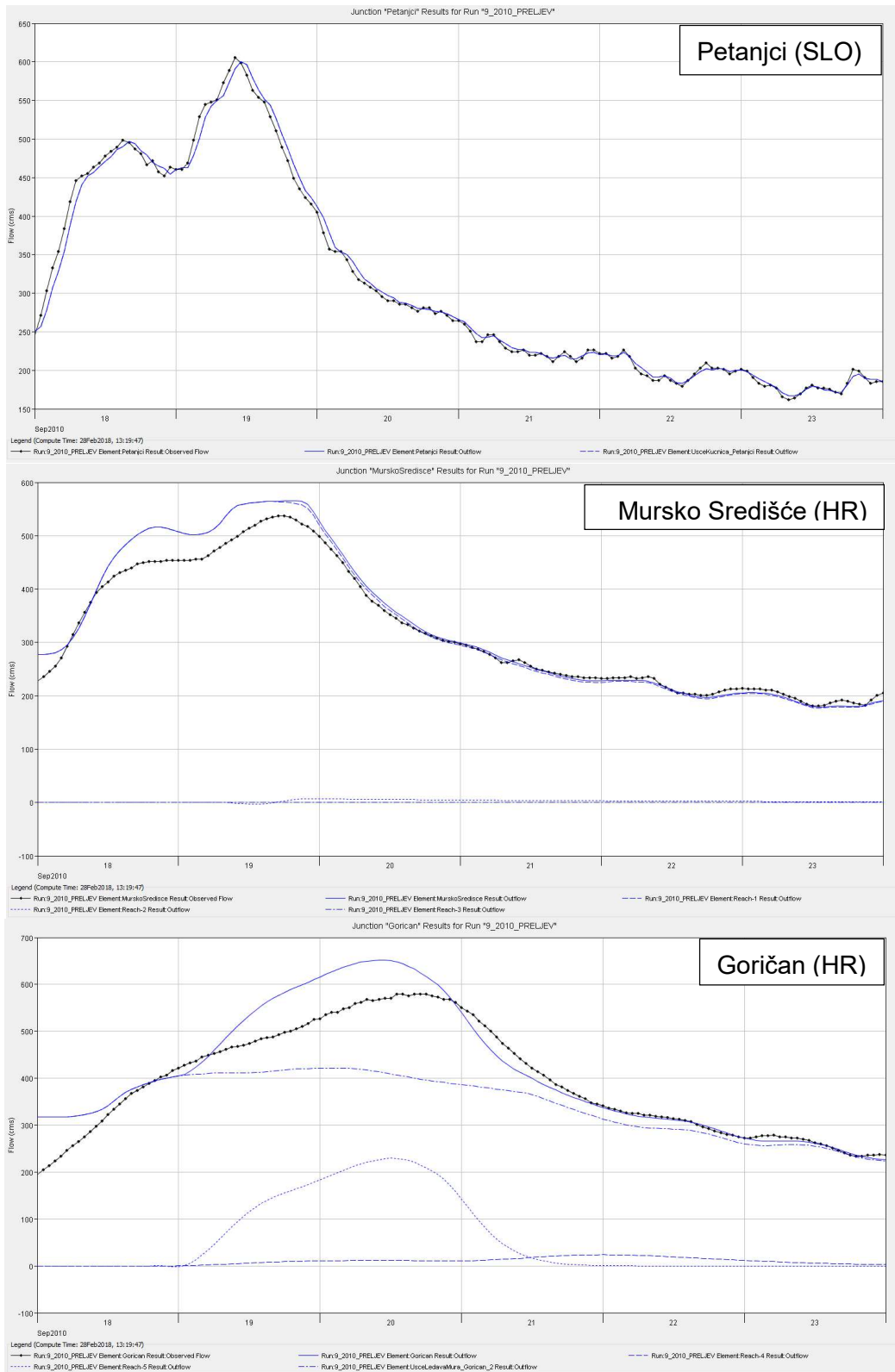
Događaj 2012_11

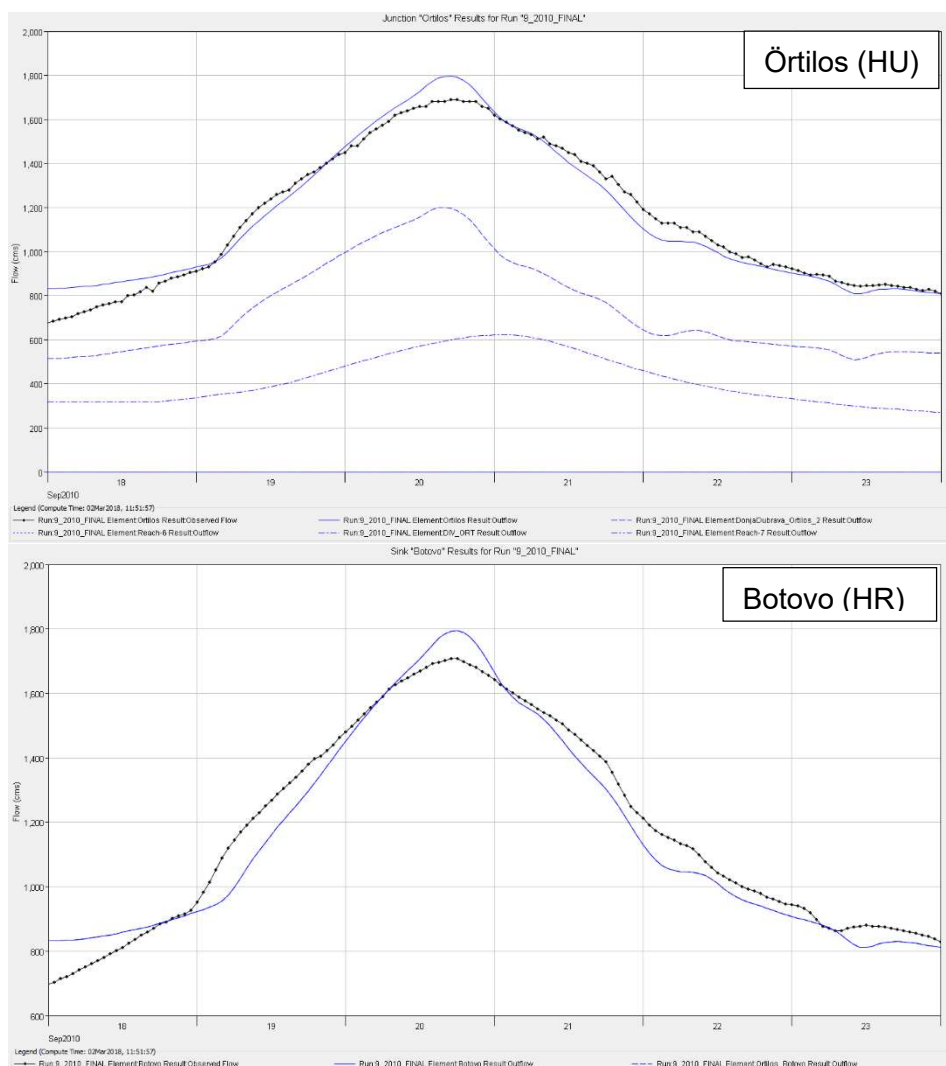




Slika 9.9. Računski protoci za događaj 2012_11

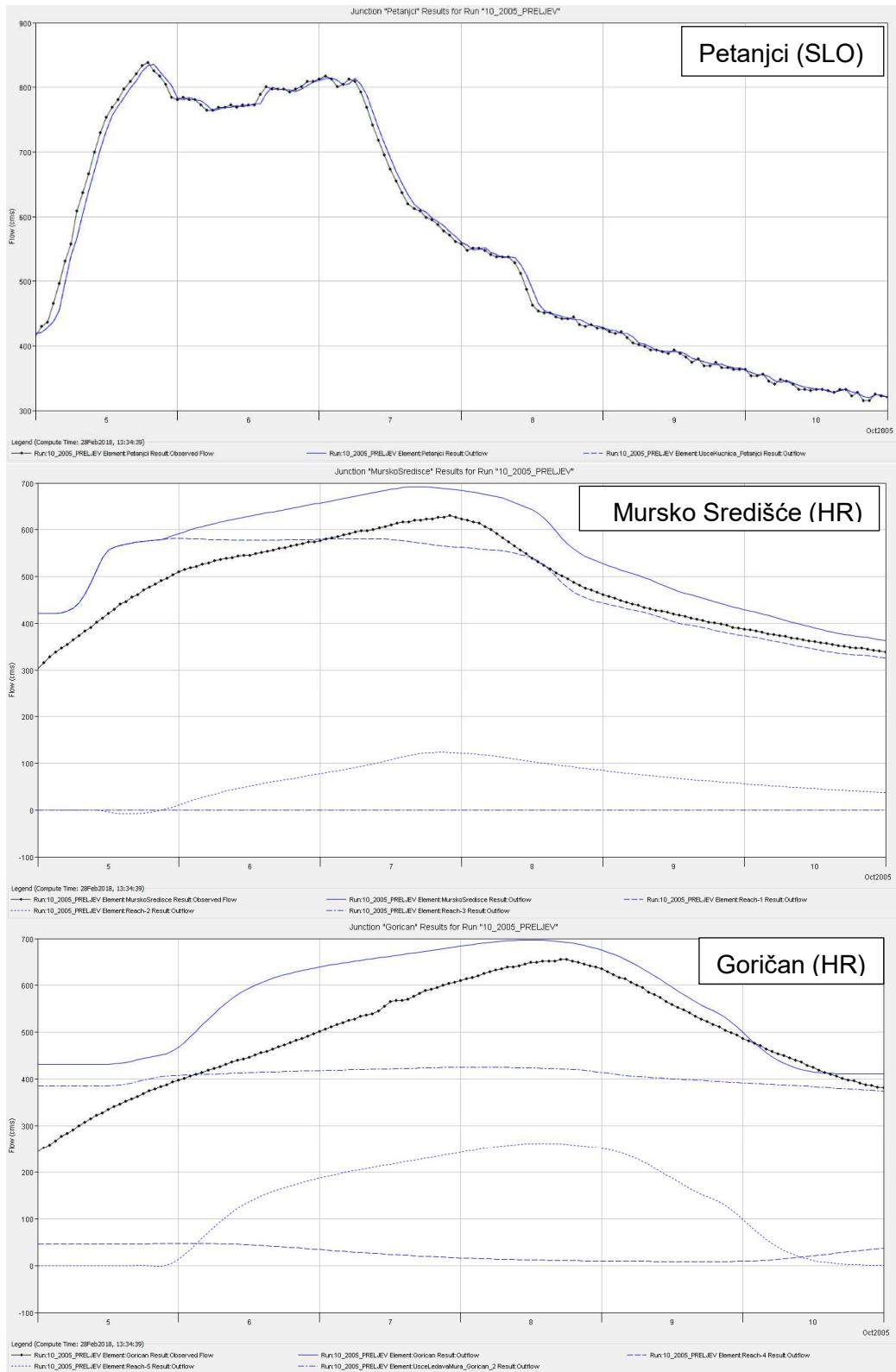
Događaj 2010_09

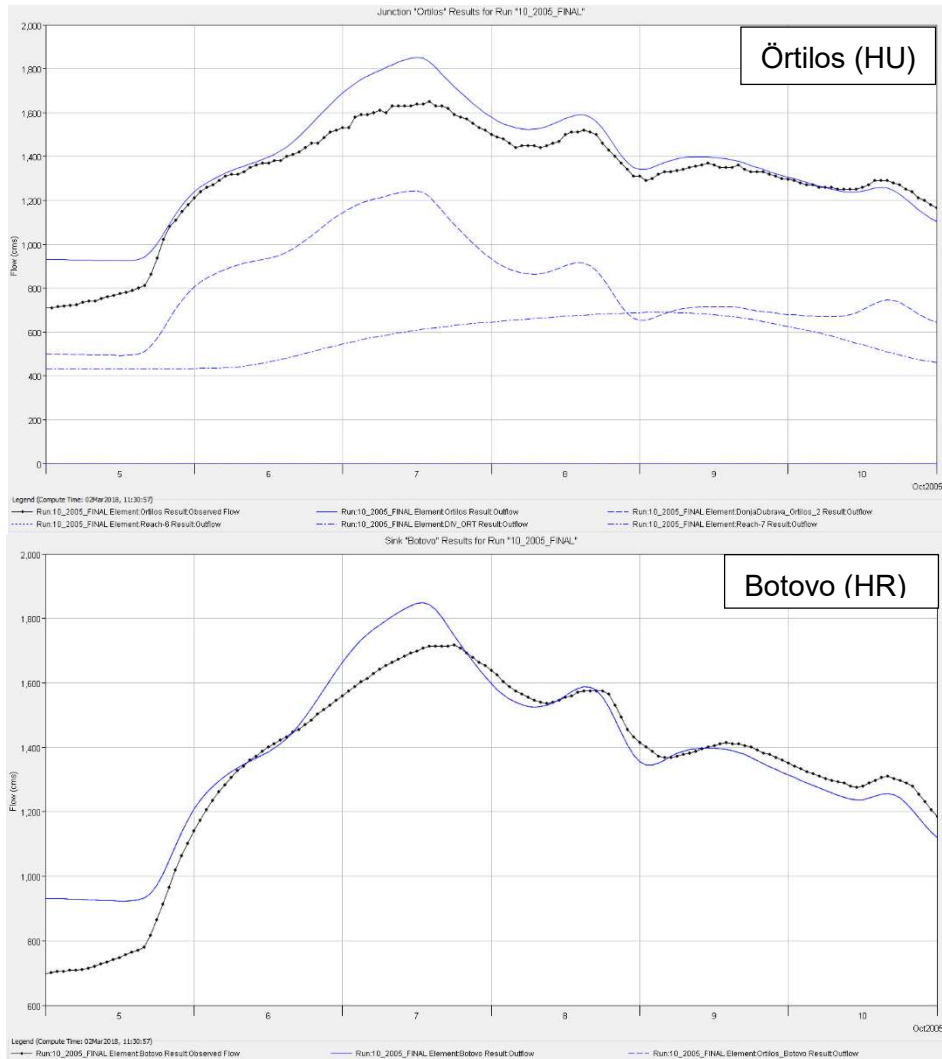




Slika 9.10. Računski protoci za događaj 2010_09

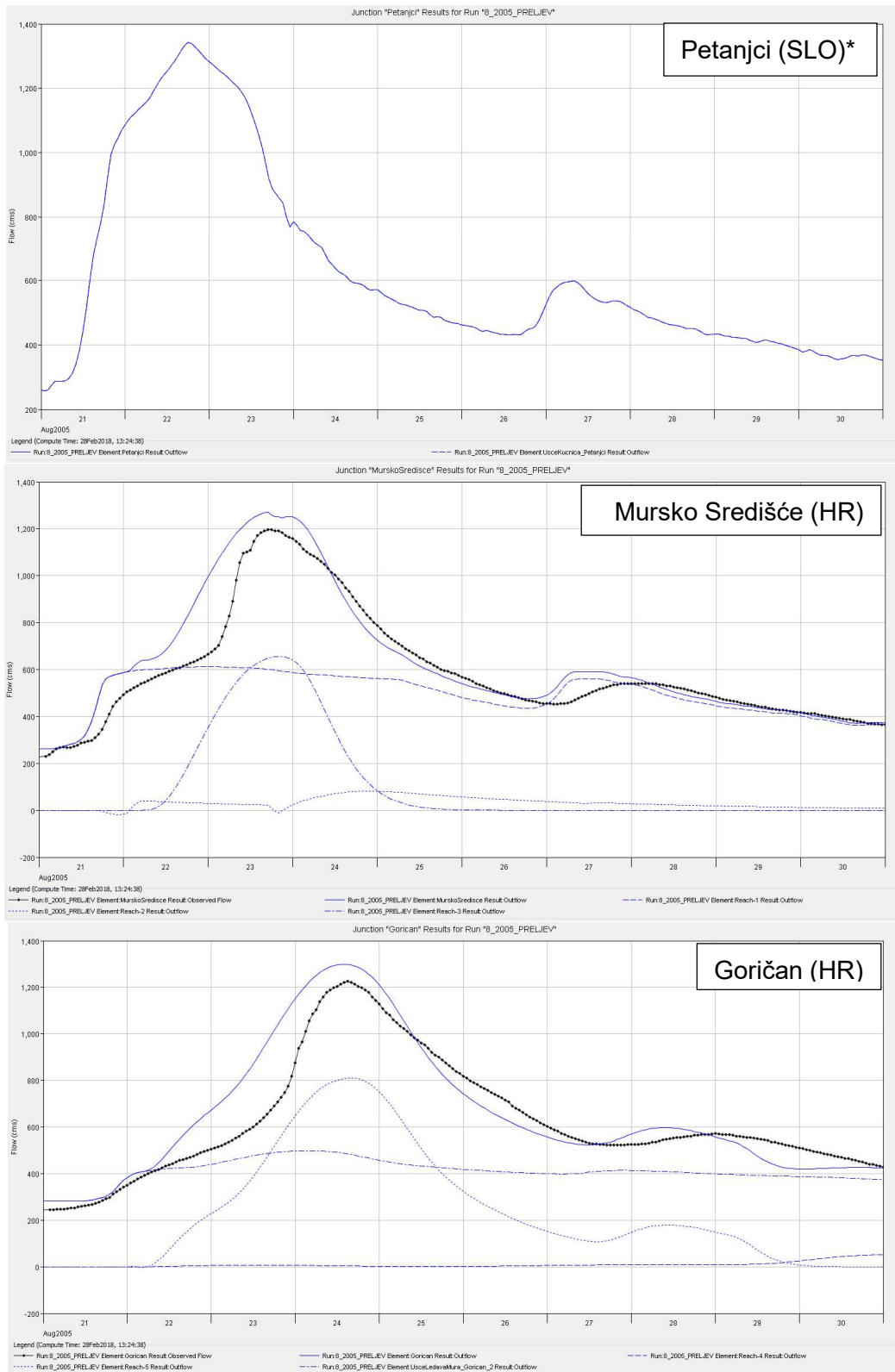
Događaj 2005_10



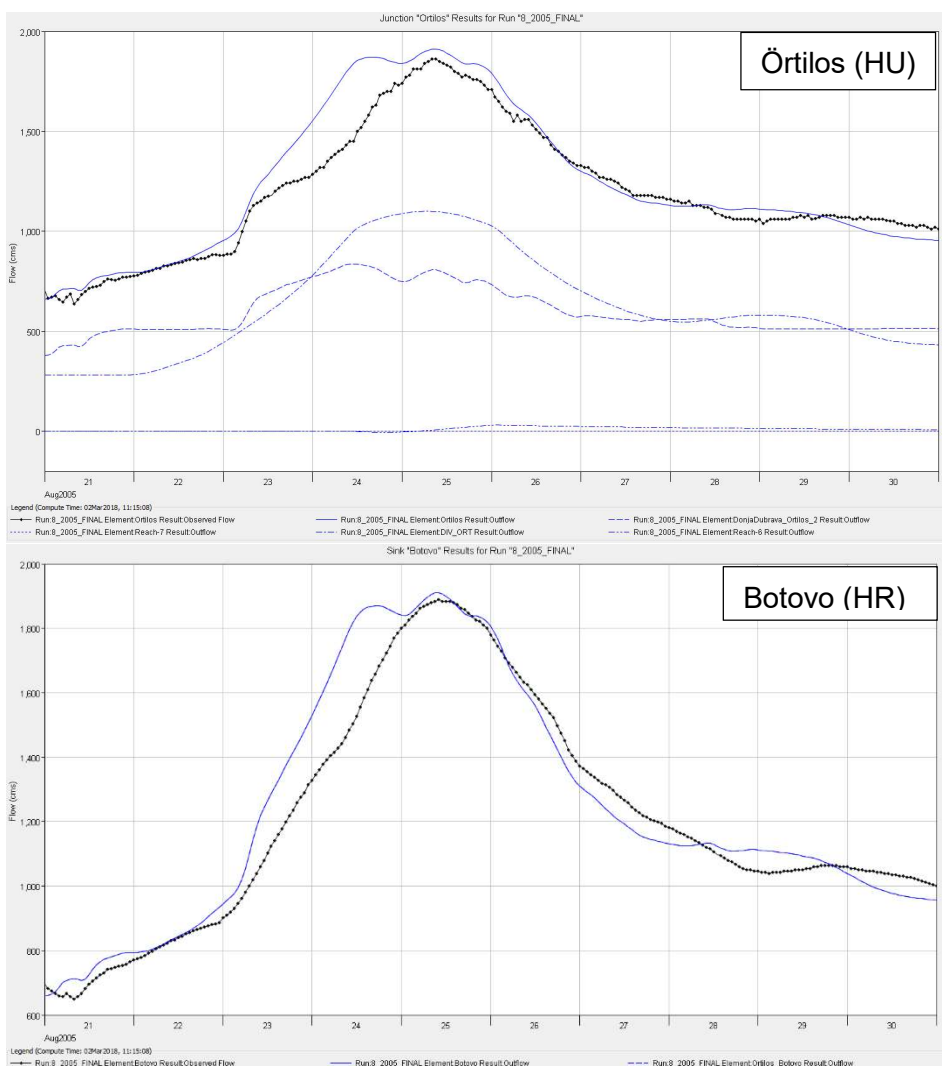


Slika 9.11. Računski protoci za događaj 2005_10

Događaj 2005_08

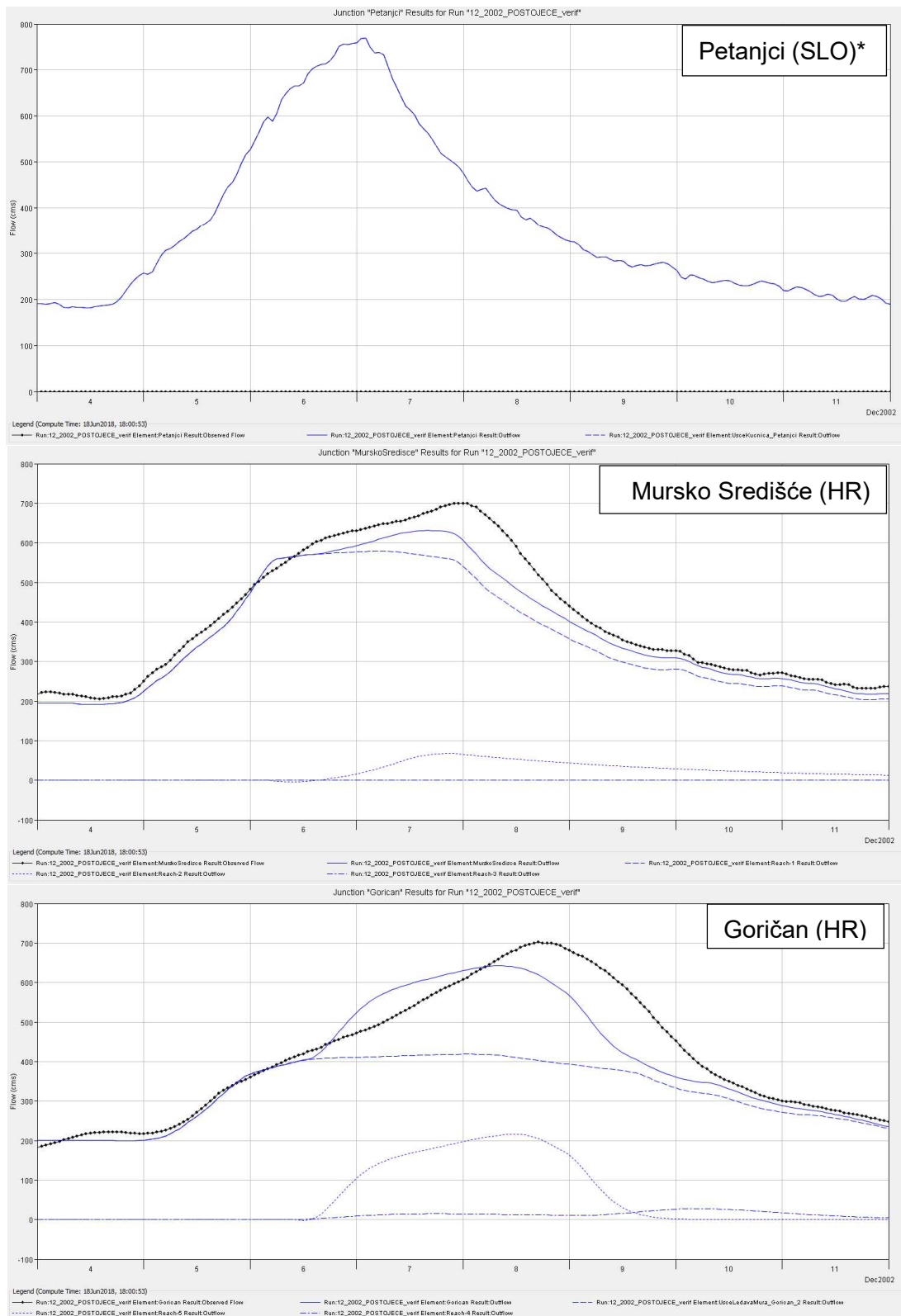


*Na postaji Petanjci za navedeni događaj nisu zabilježeni satni protoci.

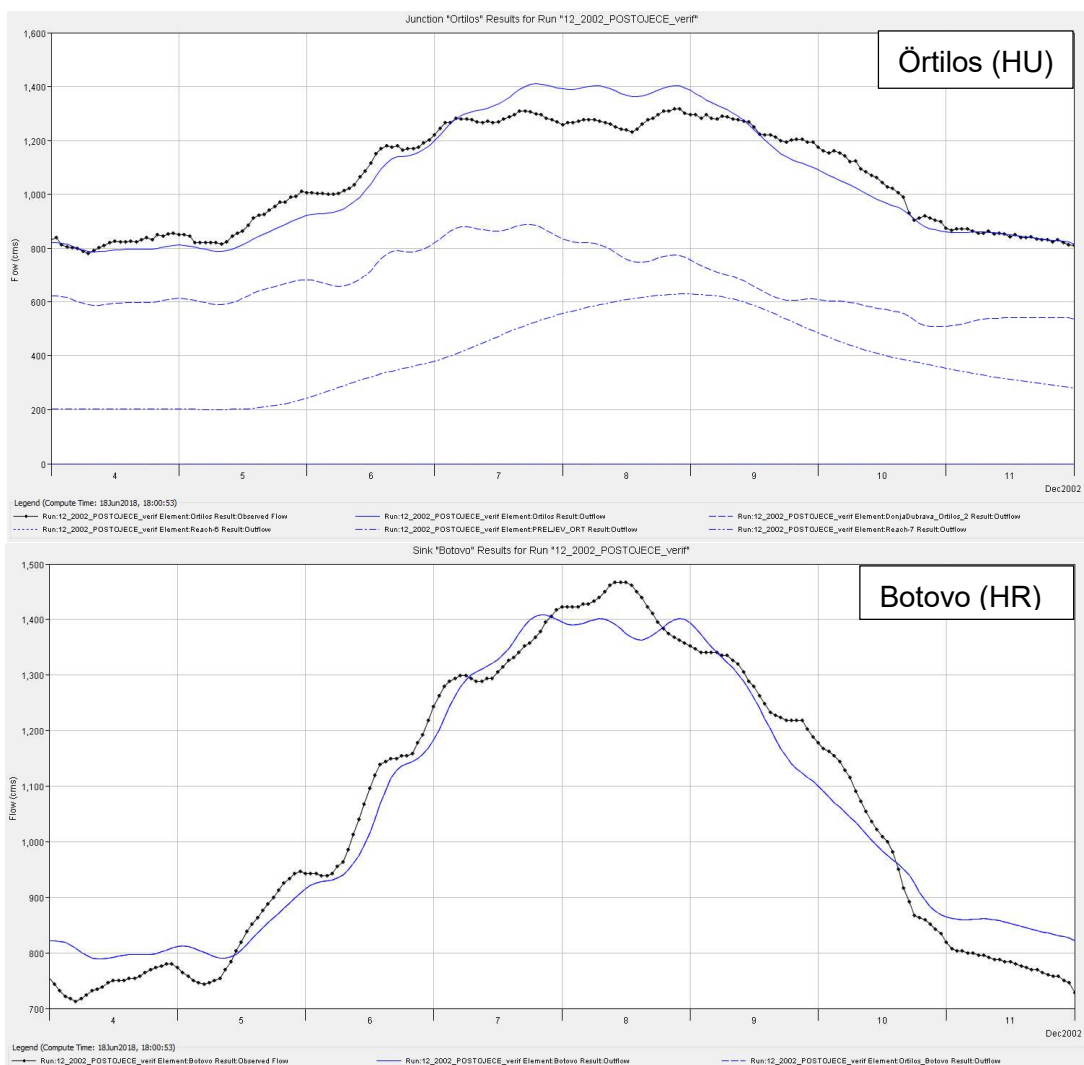


Slika 9.12. Računski protoci za događaj 2005_08

Događaj 2002_12

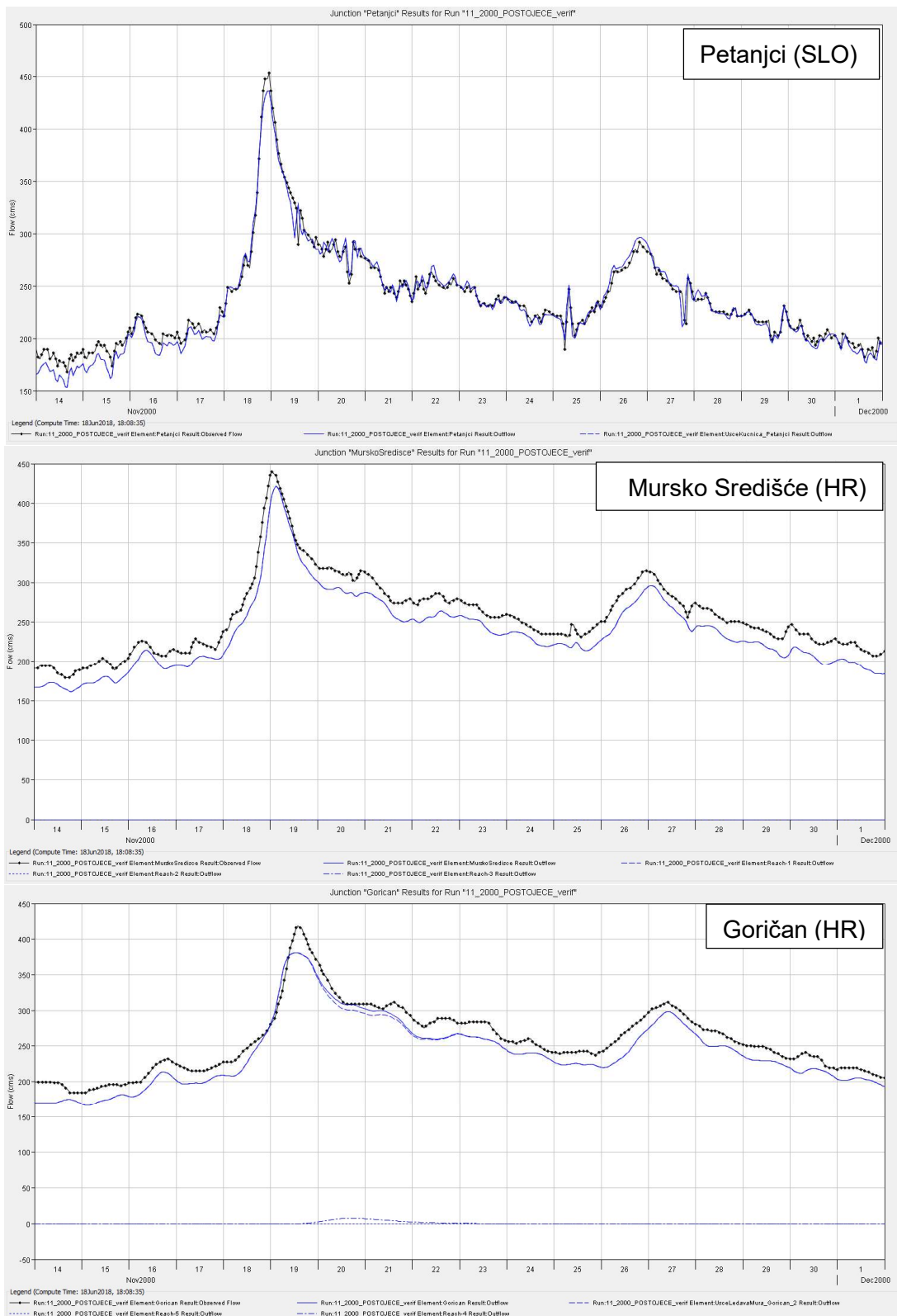


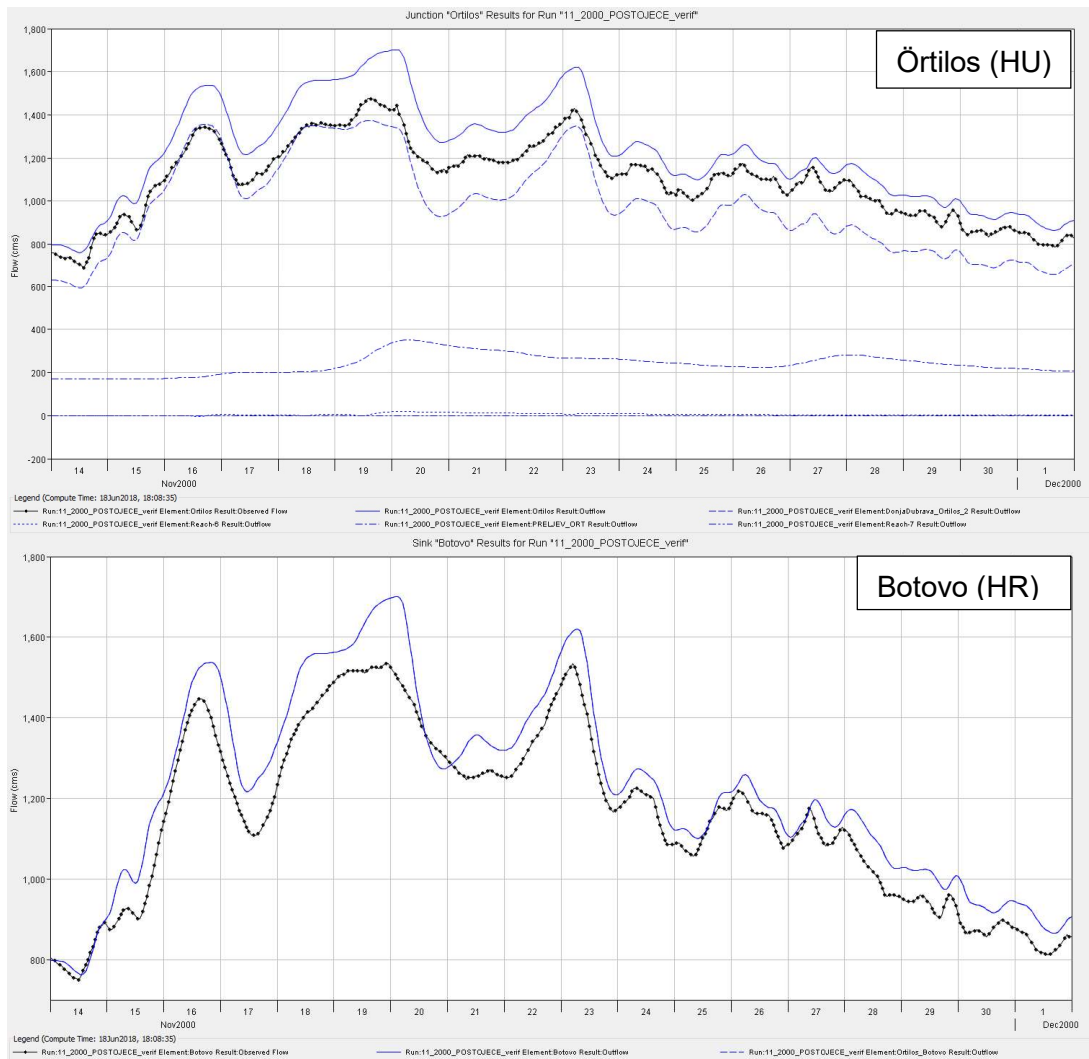
*Na postaji Petanjci za navedeni događaj nisu zabilježeni satni protoci.



Slika 9.13. Računski protoci za događaj 2002_12

Događaj 2000_11

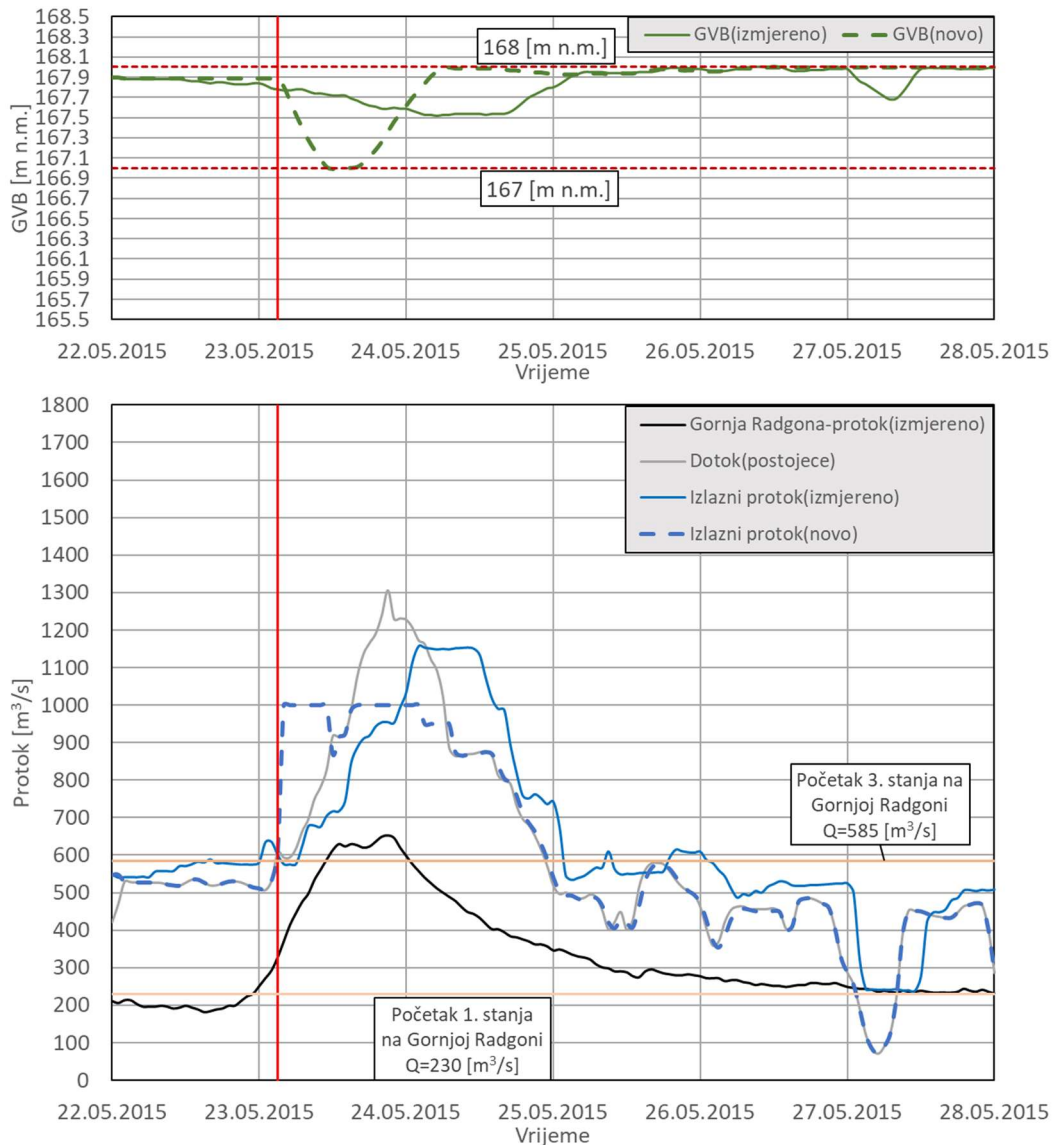




Slika 9.14. Računski protoci za događaj 2000_11

9.3 REZULTATI NOVOG REŽIMA NA HEČ I HED

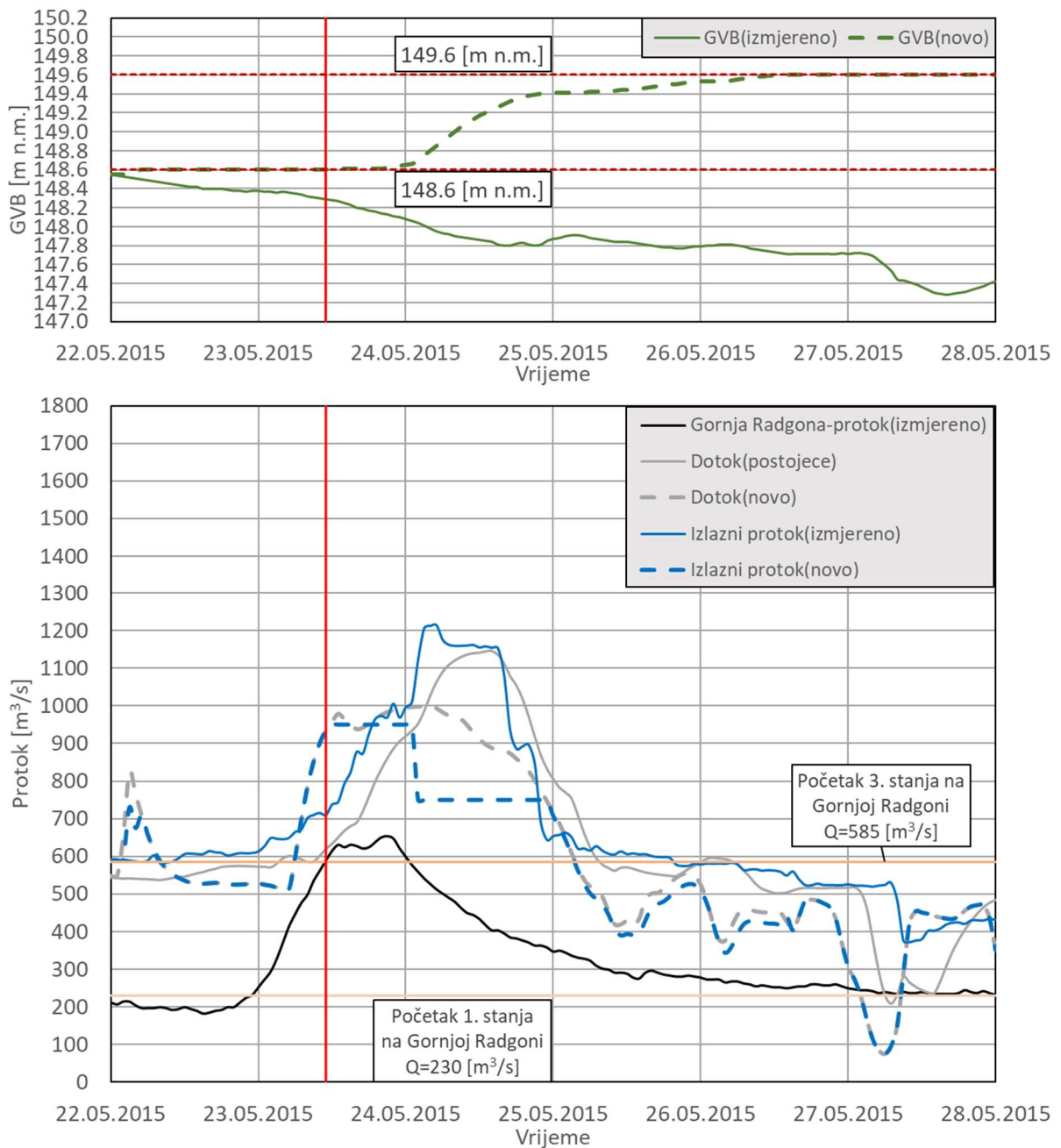
Varijanta H-1.0 [m]



Slika 9.15 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2015_05, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

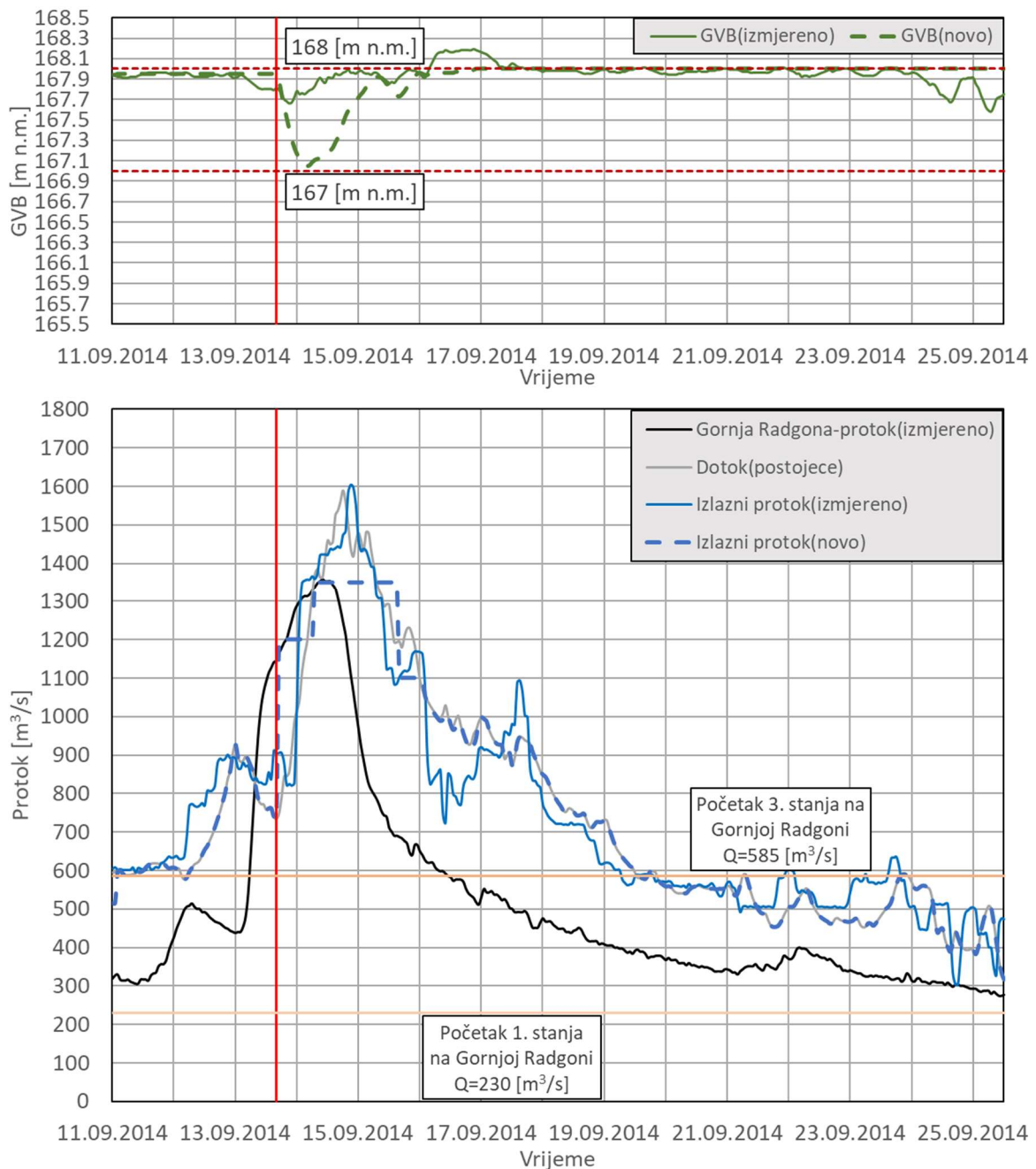
- Početak novog režima rada definiran je 7 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od trenutka 23.5.2015. 04:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 24.5.2015. u 02:00;
- Od trenutka 24.5.2015. 03:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 4 [h] do 24.5.2015. 07:00.



Slika 9.16 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

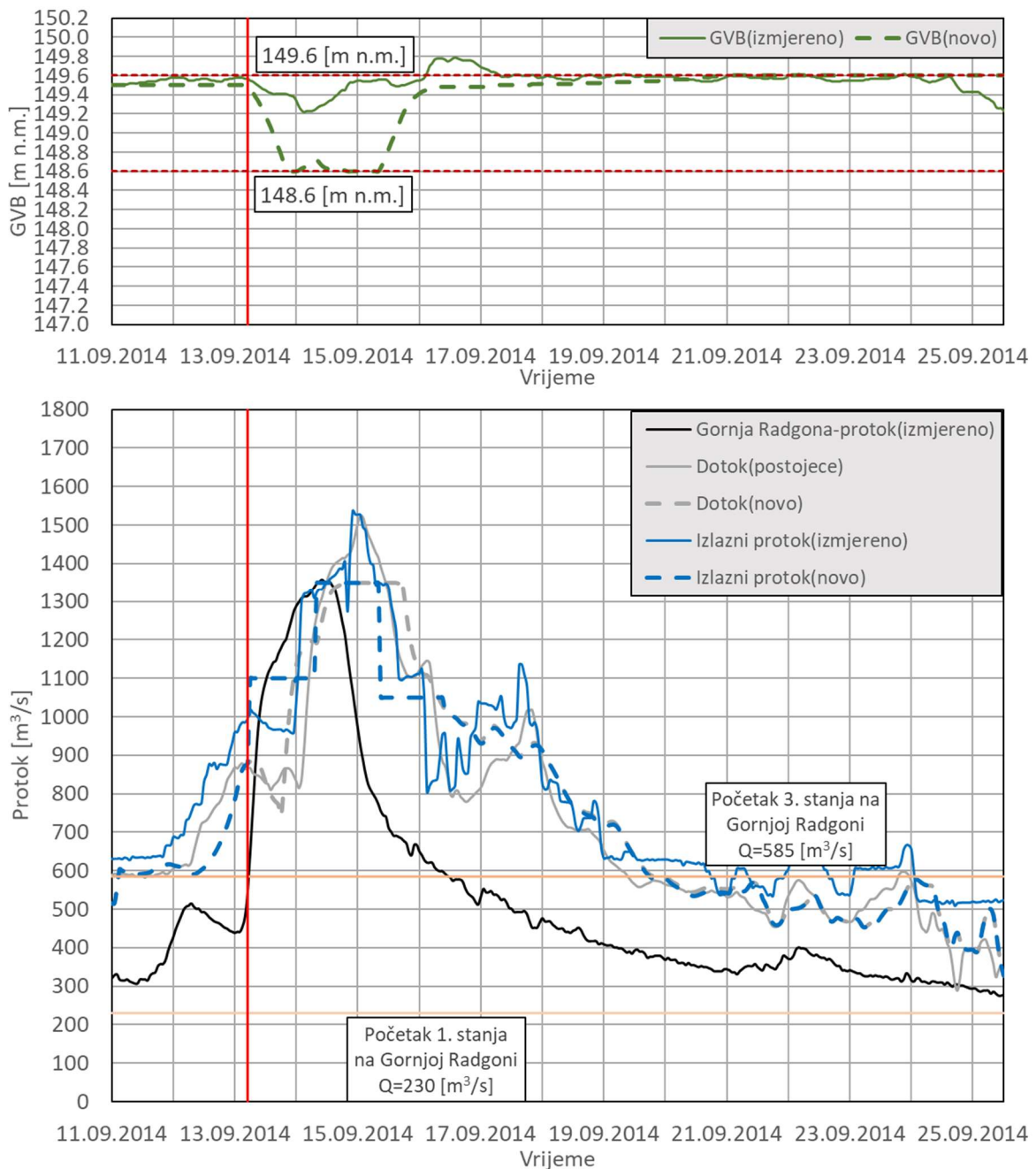
- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 23.5.2015. 06:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 19 [h] do 24.5.2015. u 01:00;
- Od 24.5.2015. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 750 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 23 [h] do 24.5.2015. 23:00.



Slika 9.17 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

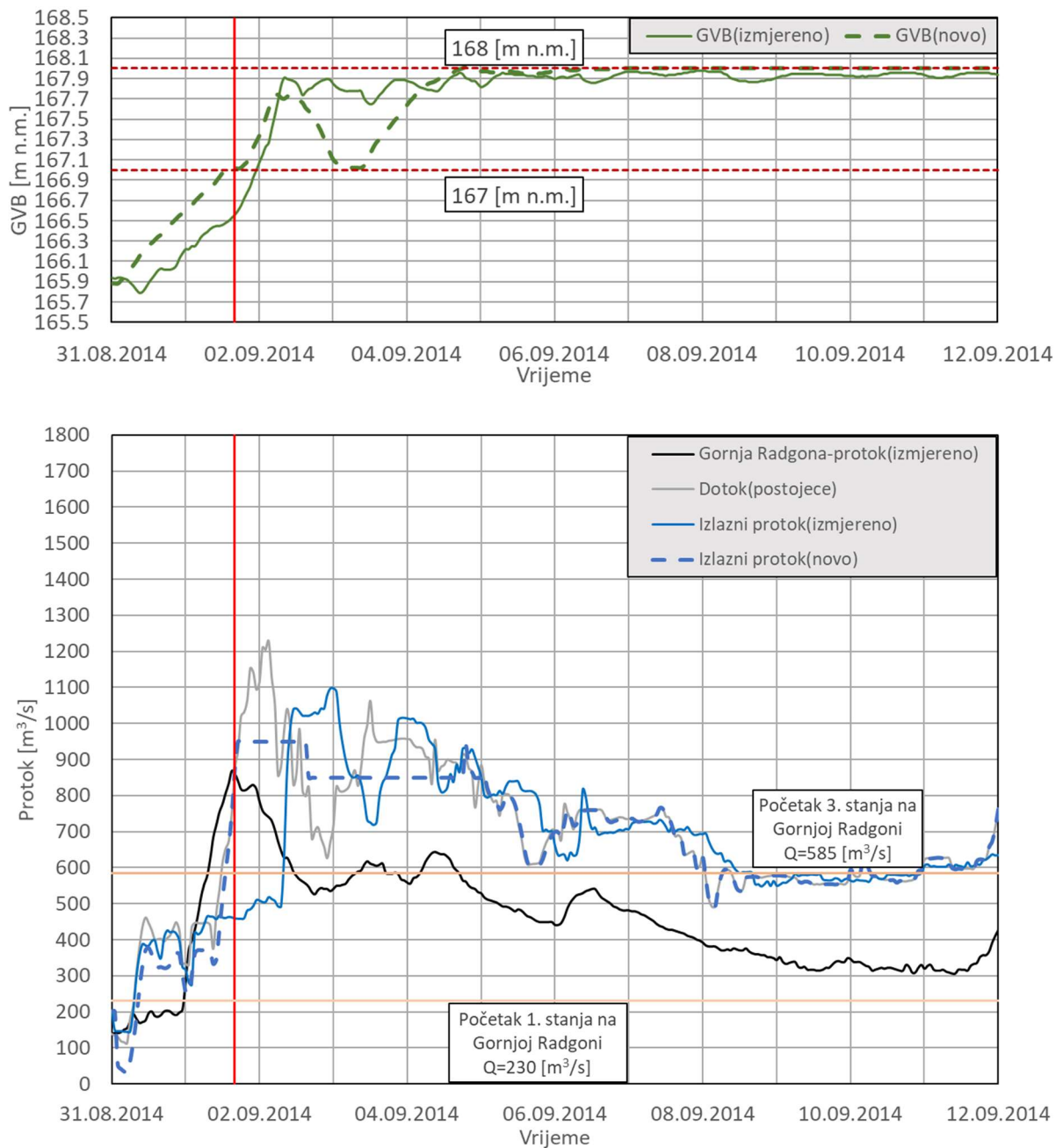
- Početak novog režima rada definiran je 11 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 13 [h] do 14.9.2014. u 06:00;
- Od 14.9.2014. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 1350 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 1 dan i 8 [h] do 15.9.2014. 15:00.
- Od 15.9.2014. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 9 [h] do 16.9.2014. 01:00.



Slika 9.18 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

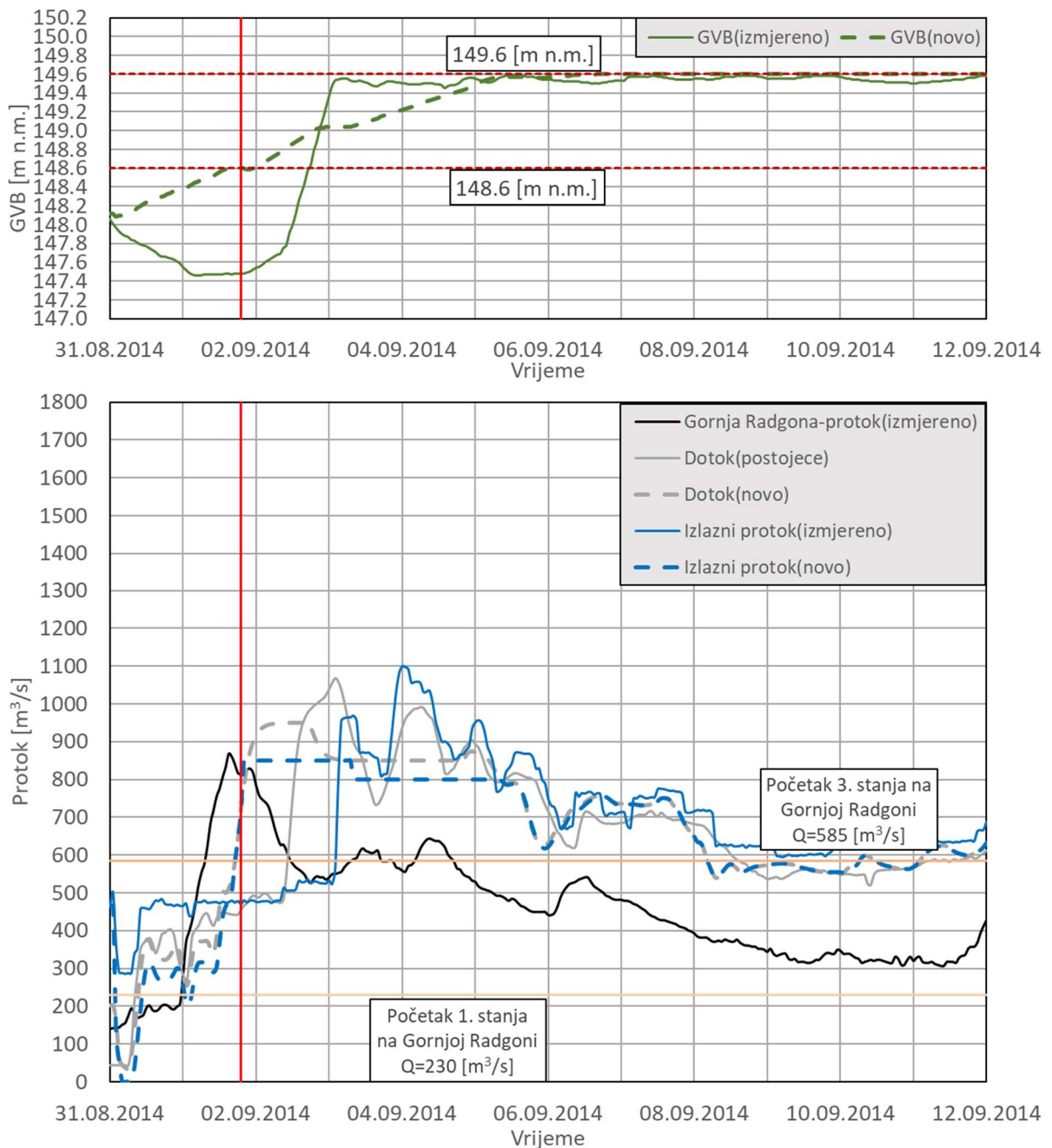
- Početak novog režima rada definiran je u trenutku početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 06:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 24 [h] do 14.9.2014. u 06:00;
- Od 14.9.2014. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 1350 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 3 [h] do 15.9.2014. 10:00.
- Od 15.9.2014. 11:00 ukupni izlazni protok iznosi 1050 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 16.9.2014. 09:00.



Slika 9.19 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

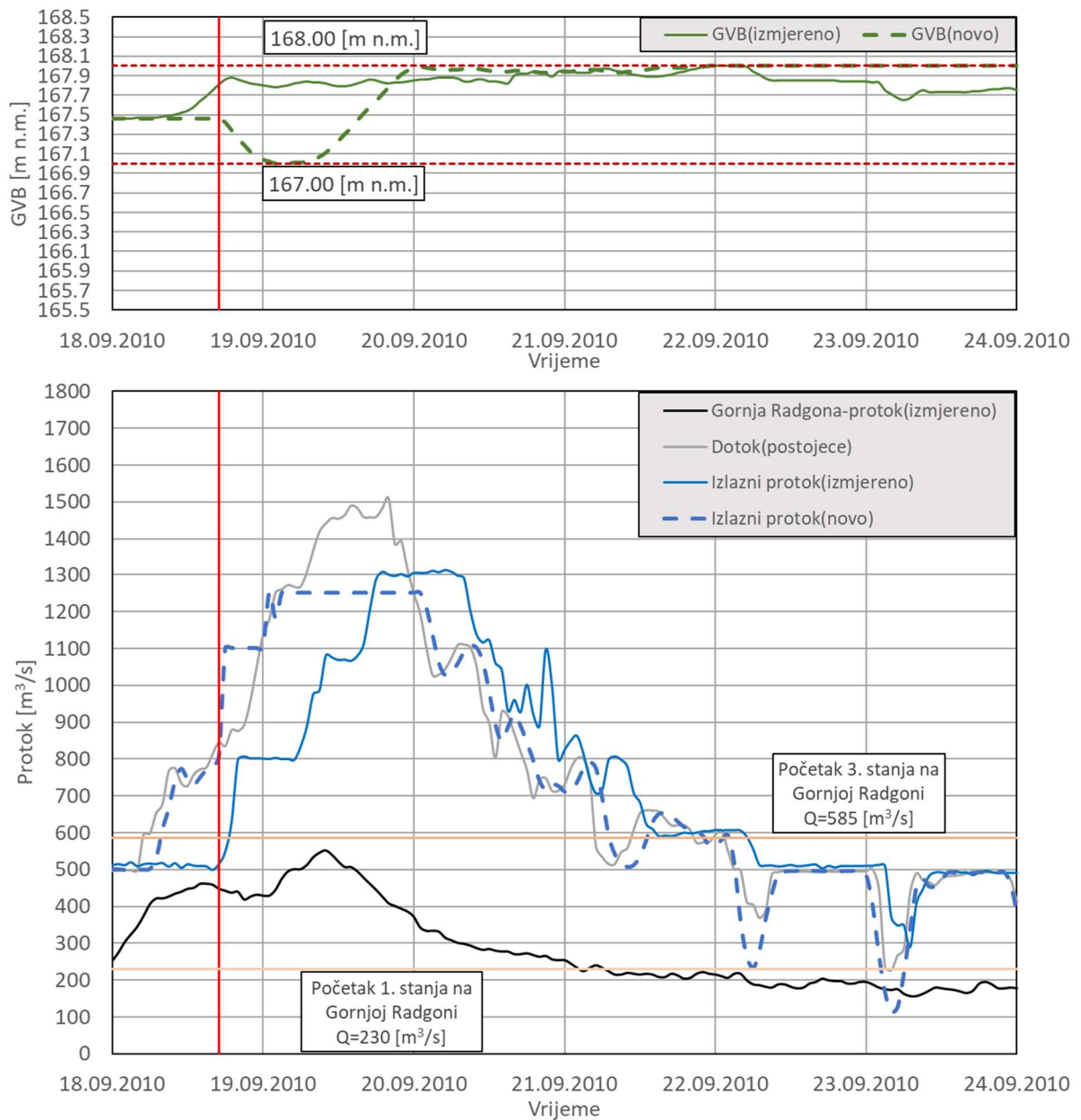
- Početak novog režima rada definiran je 2 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 2.9.2014. u 15:00;
- Od 2.9.2014. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 8 [h] do 5.9.2014. 00:00



Slika 9.20 Usporedba izmjerelog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

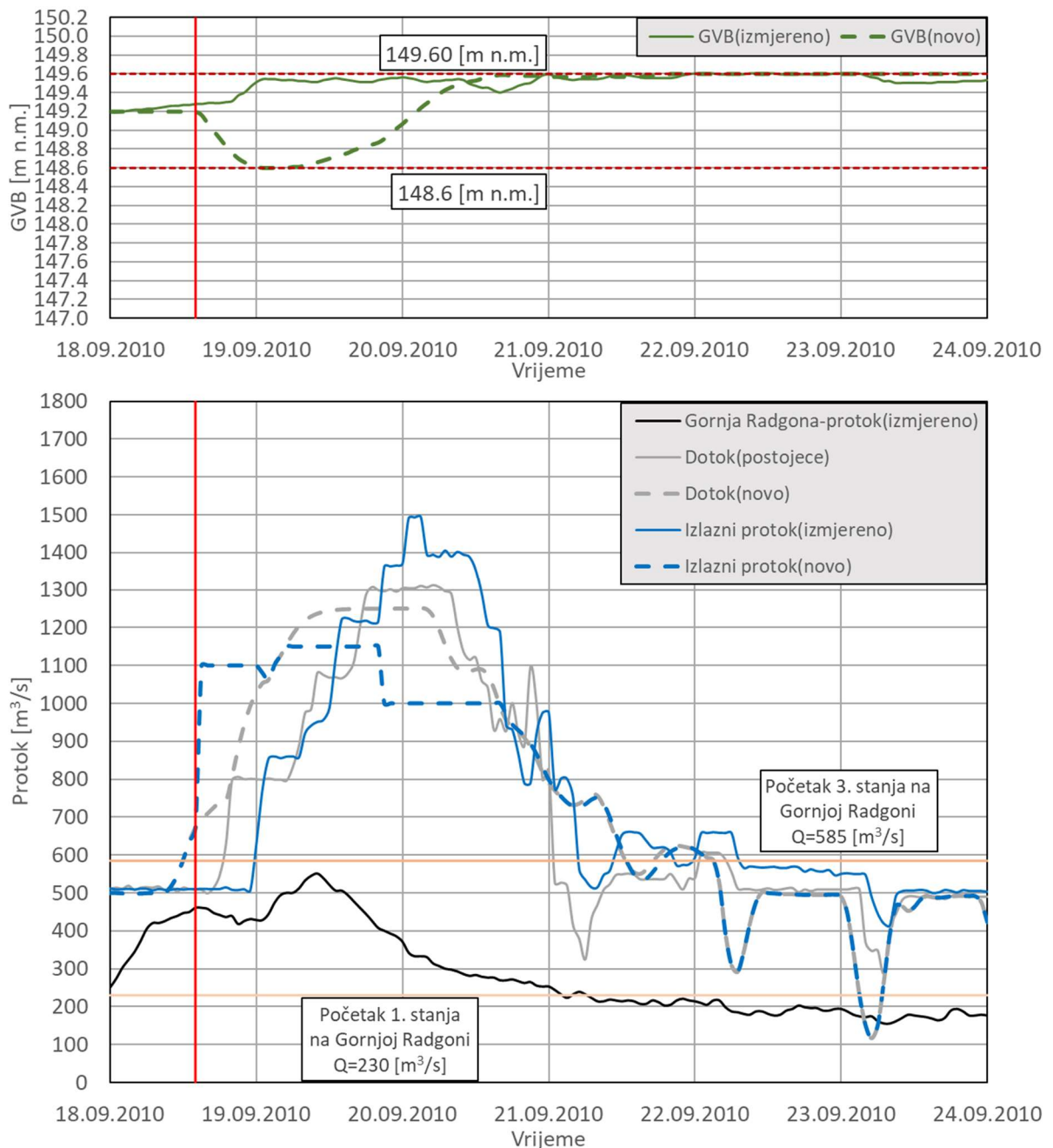
- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 11 [h] do 3.9.2014. u 07:00;
- Od 3.9.2014. 08:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana do 5.9.2014. 08:00.



Slika 9.21 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2010_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

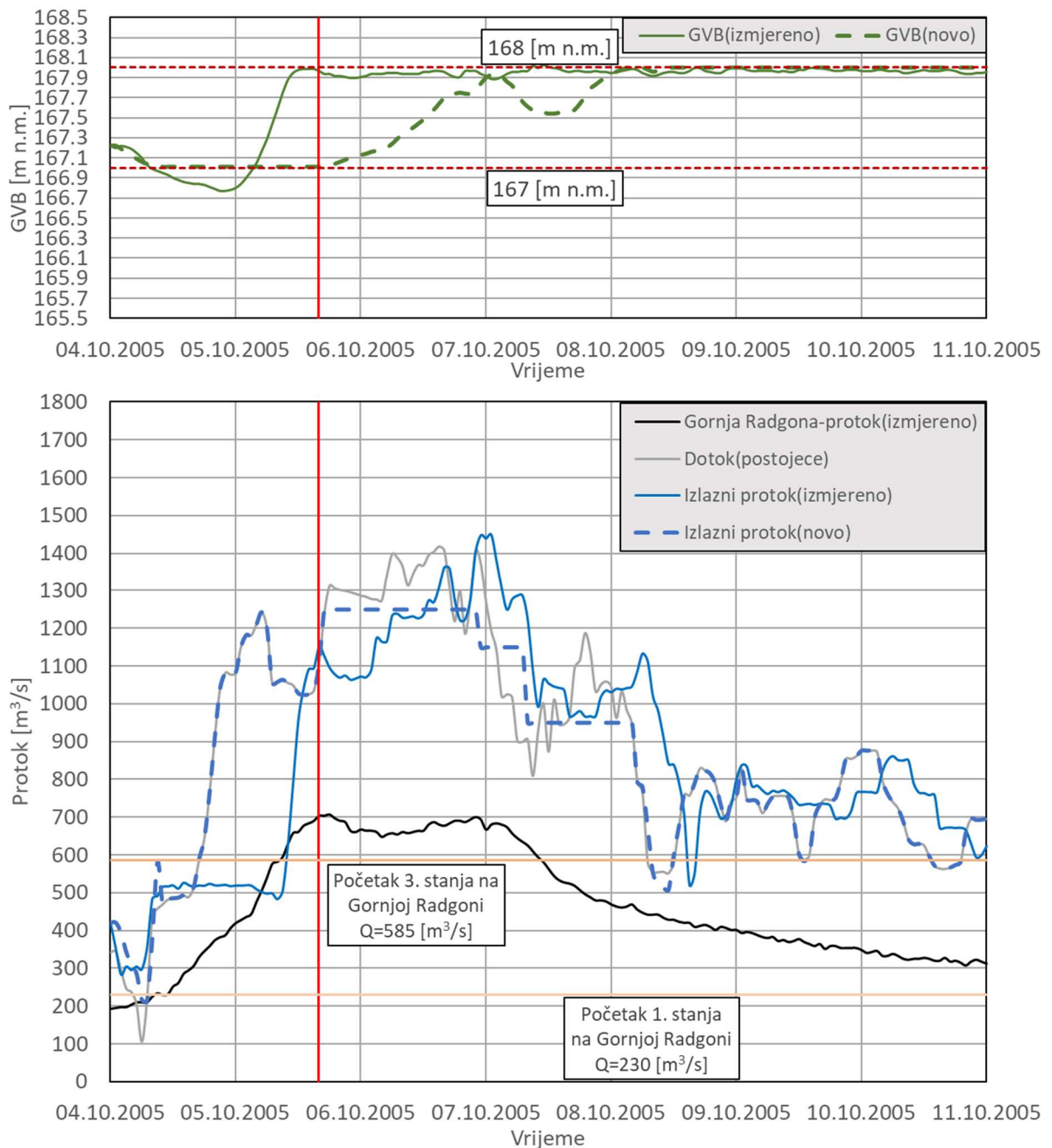
- Početak novog režima rada definiran je 16 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 6 [h] do 19.9.2010. u 00:00;
- Od 19.9.2010. 01:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 24 [h] do 20.9.2010. 01:00



Slika 9.22 Usporedba izmjerеноg i novog režima rada na HED za događaj 2010_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

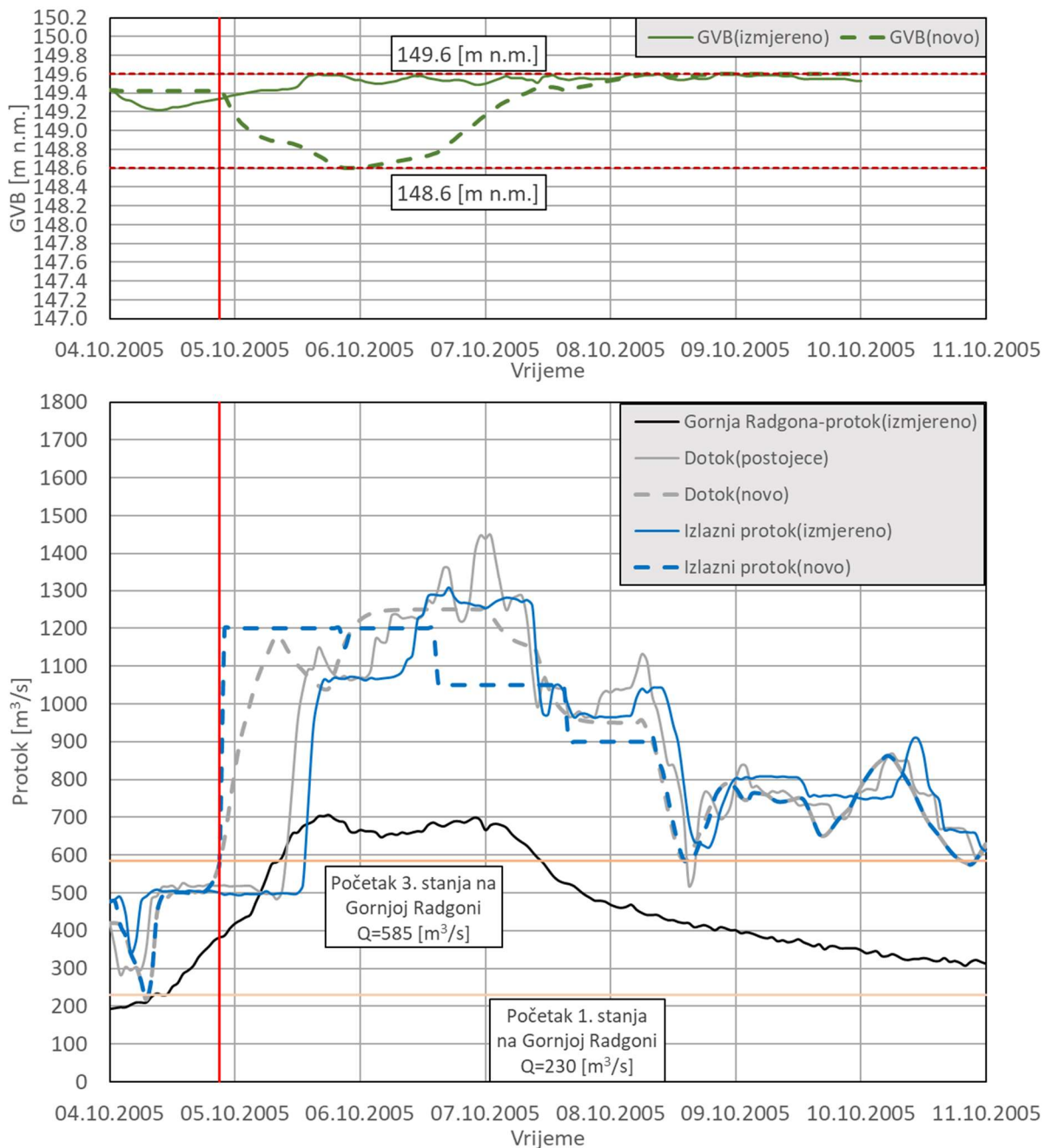
- Početak novog režima rada definiran je 19 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 15:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 11 [h] do 19.9.2010. u 02:00;
- Od 19.9.2010. 03:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 17 [h] do 19.9.2010. 20:00;
- Od 19.9.2010. 21:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 19 [h] do 20.9.2010. 16:00;



Slika 9.23 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_10, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

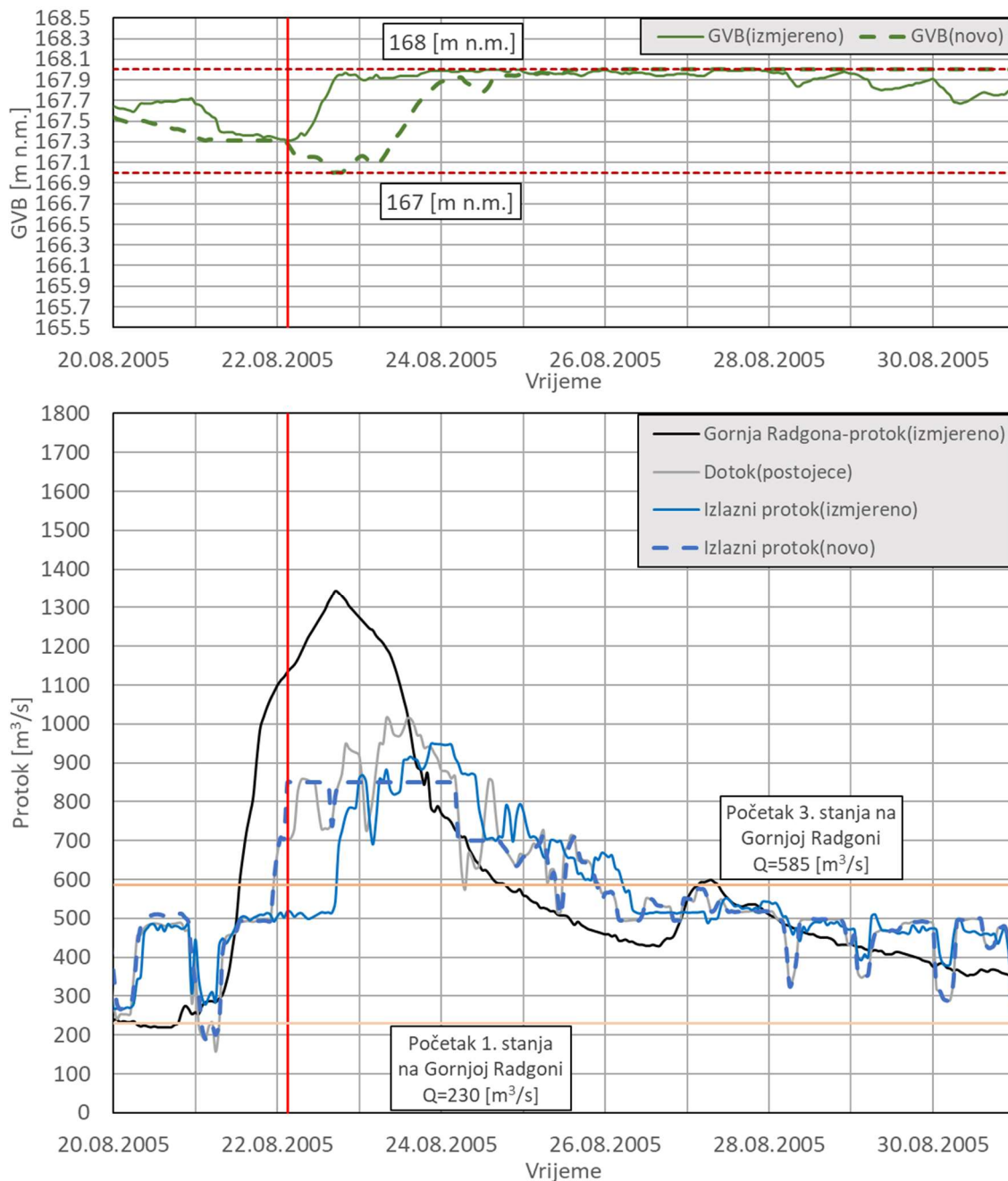
- Početak novog režima rada definiran je 10 [h] nakon početka 3. stanja, odnosno 1 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona;
- Od 5.10.2005. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 5 [h] do 6.10.2005. u 22:00;
- Od 6.10.2005. 23:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 8 [h] do 7.10.2005. 07:00;
- Od 7.10.2005. 08:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 20 [h] do 8.10.2005. u 04:00.



Slika 9.24 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

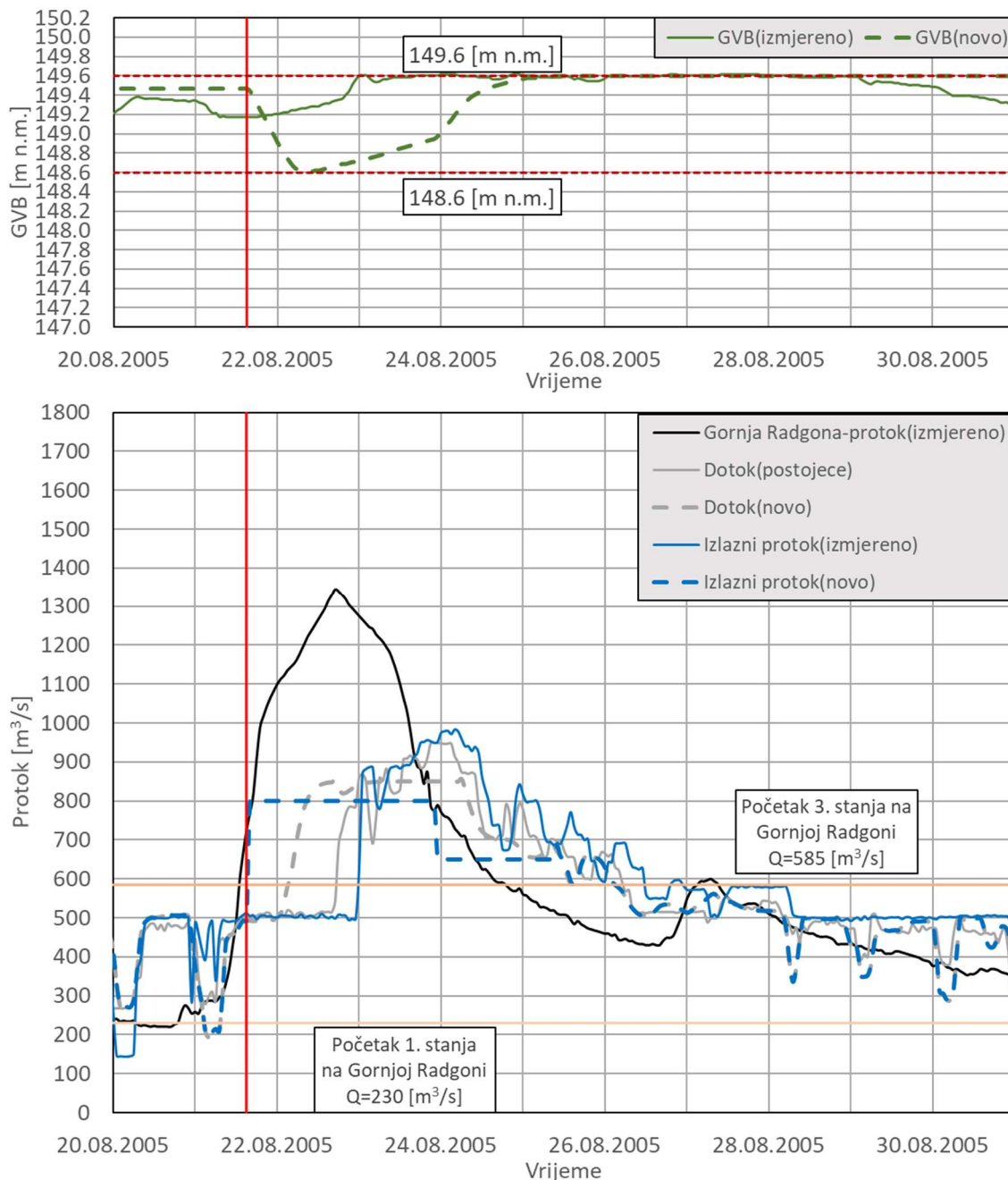
- Početak novog režima rada definiran je 9 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 4.10.2005. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 16 [h] do 6.10.2005. 14:00;
- Od 6.10.2005. 15:00 ukupni izlazni protok iznosi 1050 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 24 [h] do 7.10.2005. 15:00.
- Od 7.10.2005. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 15 [h] do 8.10.2005. 07:00.



Slika 9.25 Usporedba izmjerelog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 14 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona, odnosno 14 [h] nakon početka 3. stanja;
- Od 22.8.2005. 03:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 2 dana i 1 [h] do 24.8.2005. u 04:00;
- Od 24.8.2005. u 05:00 ukupni izlazni protok iznosi 700 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 12 [h] do 24.8.2005. u 17:00;

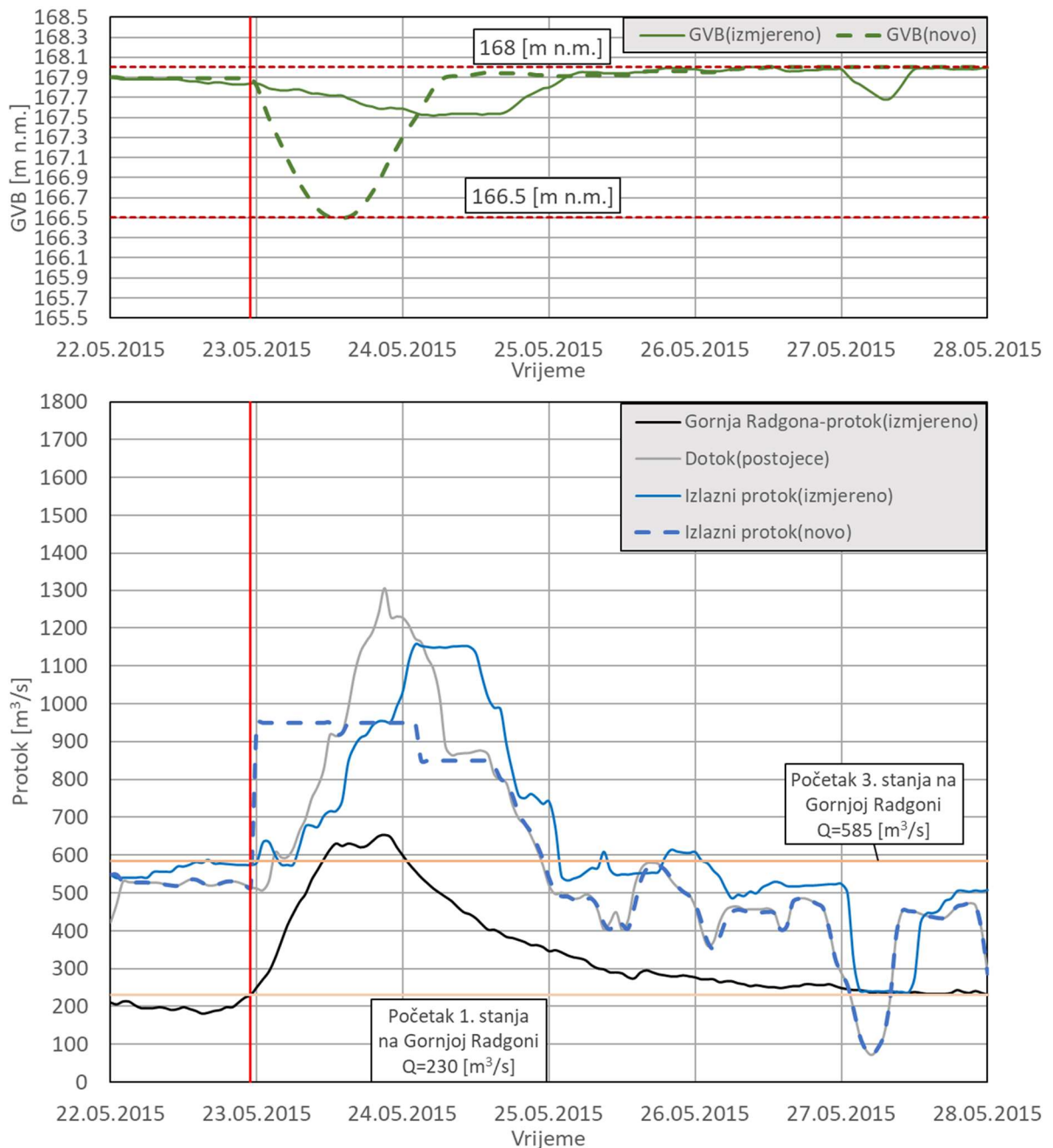


Slika 9.26 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 3 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 21.8.2005. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 6 [h] do 23.8.2005. 22:00;
- Od do 23.8.2005. 23:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 13 [h] do 25.8.2005. 12:00.

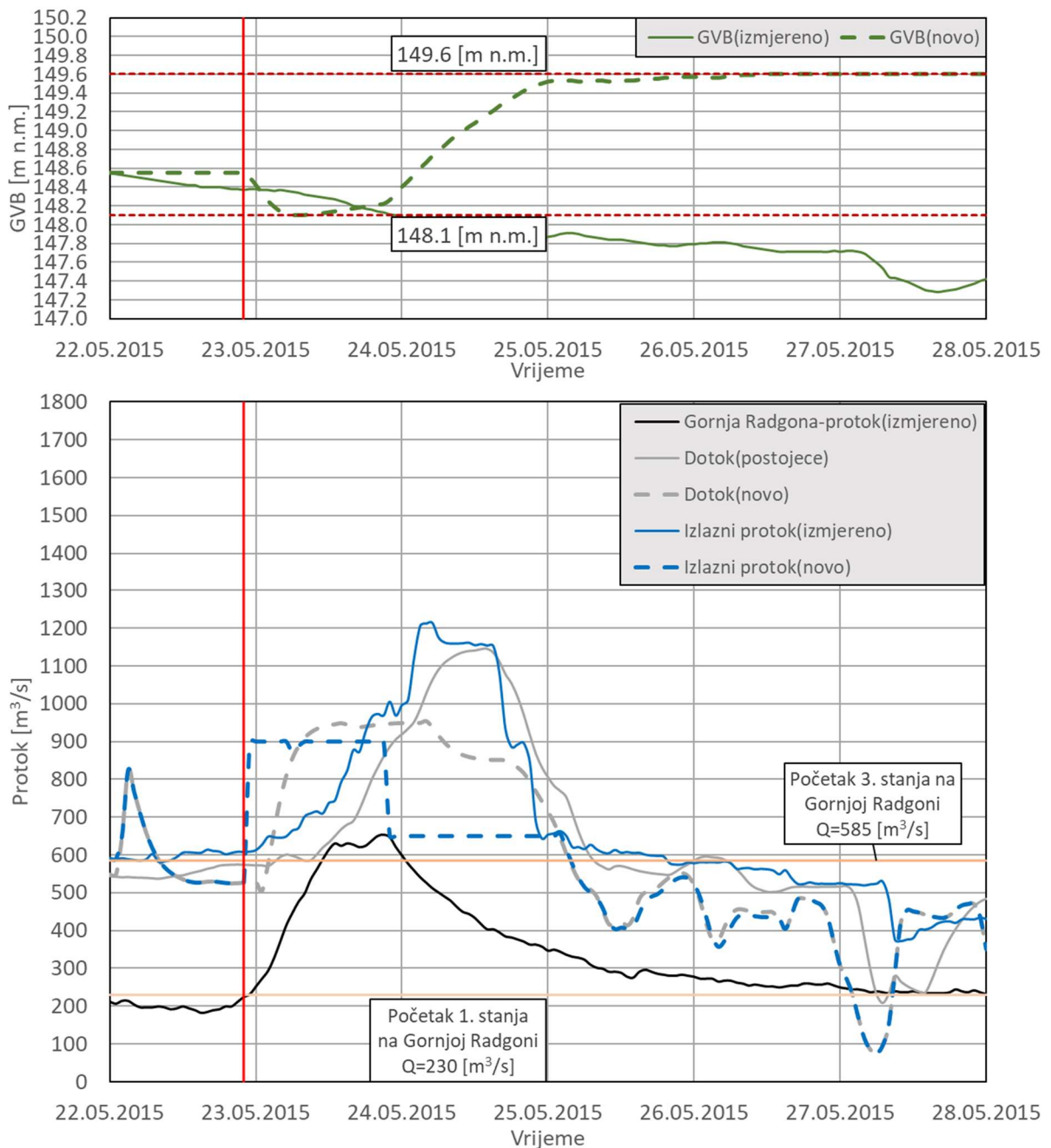
Varijanta H-1.5 [m]



Slika 9.27 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2015_05, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

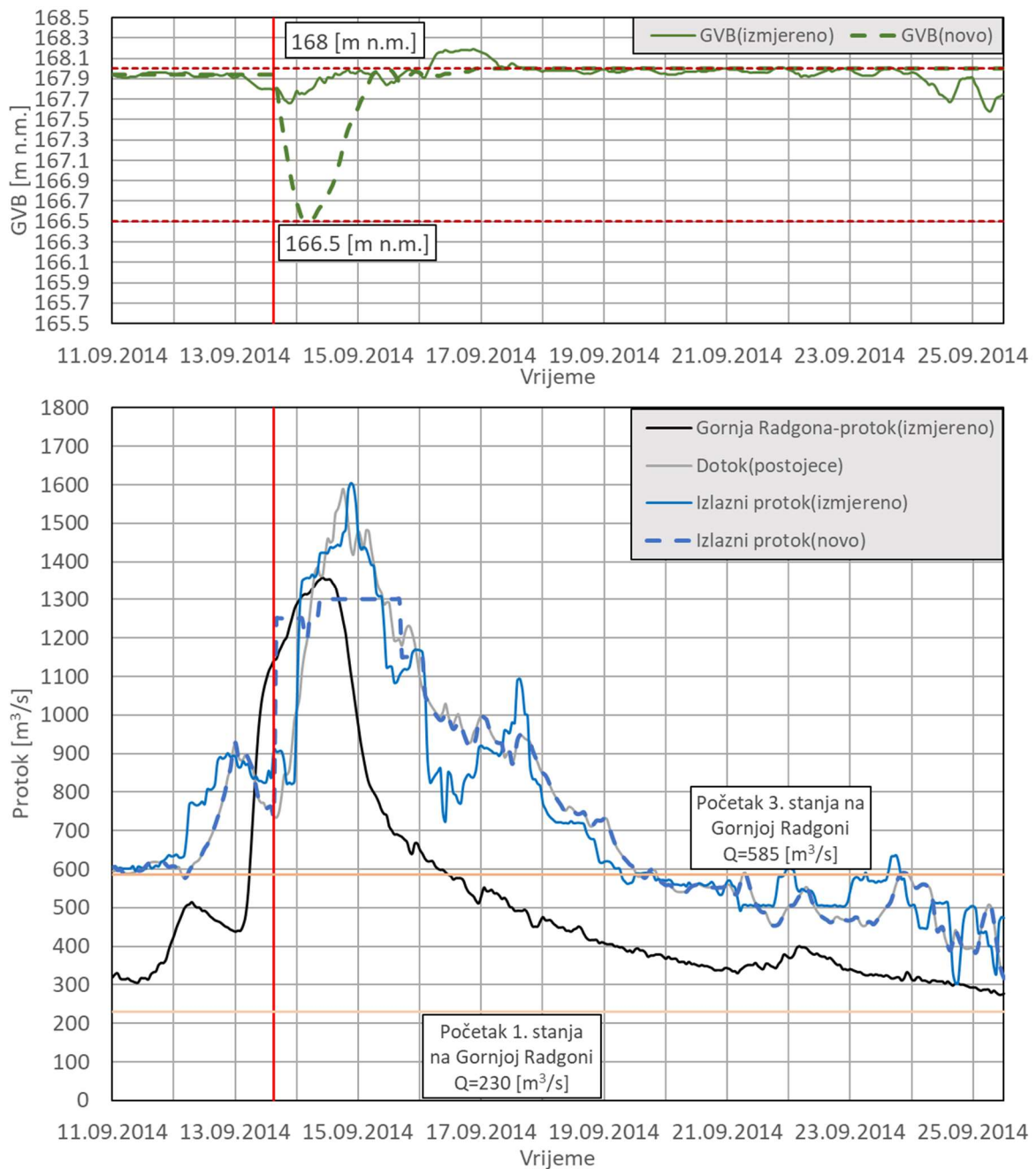
- Početak novog režima rada definiran je 11 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od trenutka 23.5.2015. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 2 [h] do 24.5.2015. u 02:00;
- Od trenutka 24.5.2015. 03:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 11 [h] do 24.5.2015. 14:00.



Slika 9.28 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

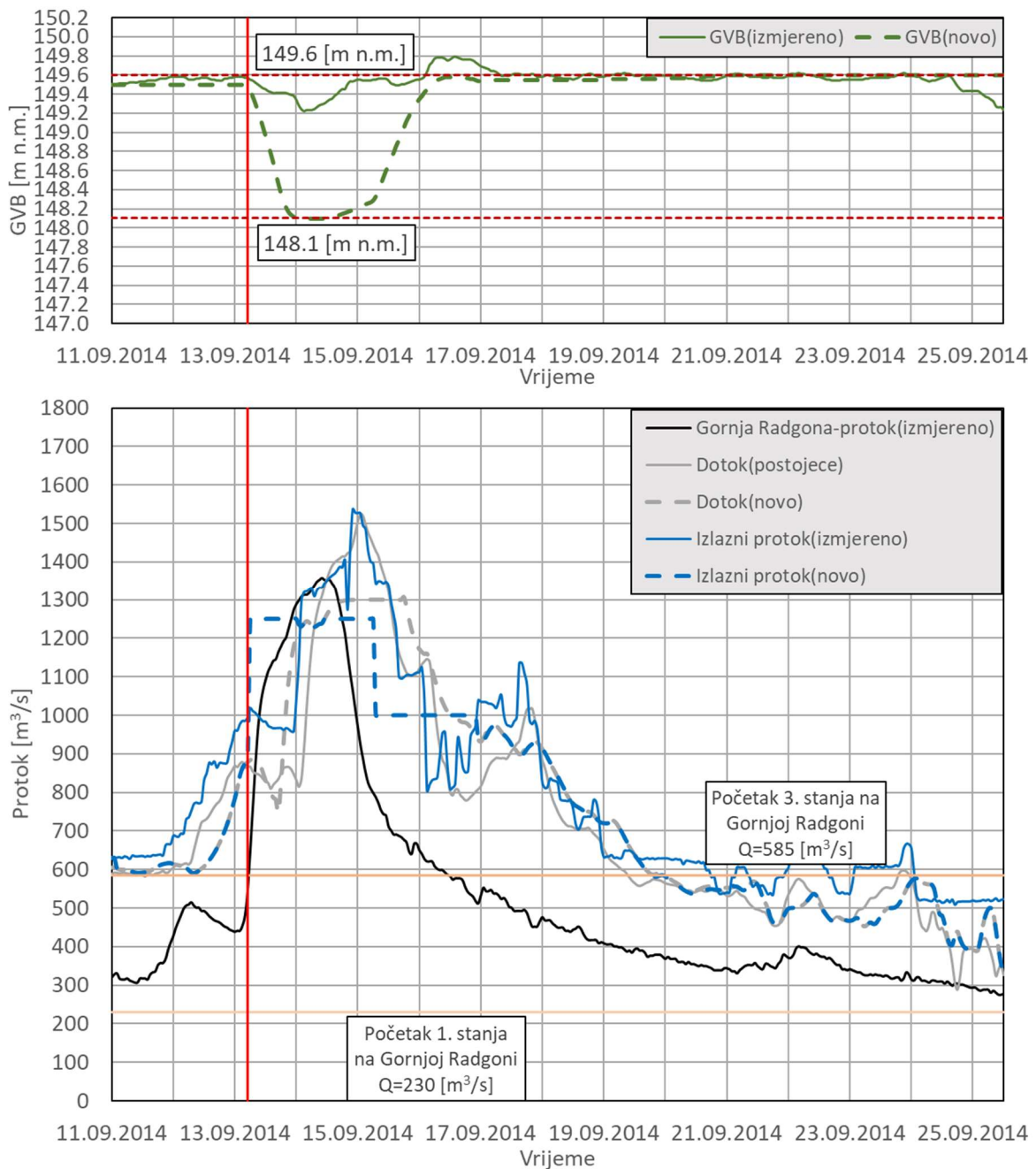
- Početak novog režima rada definiran je 12 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 22.5.2015. 23:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 23.5.2015. u 21:00;
- Od 23.5.2015. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 650 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 3 [h] do 25.5.2015. 01:00.



Slika 9.29 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

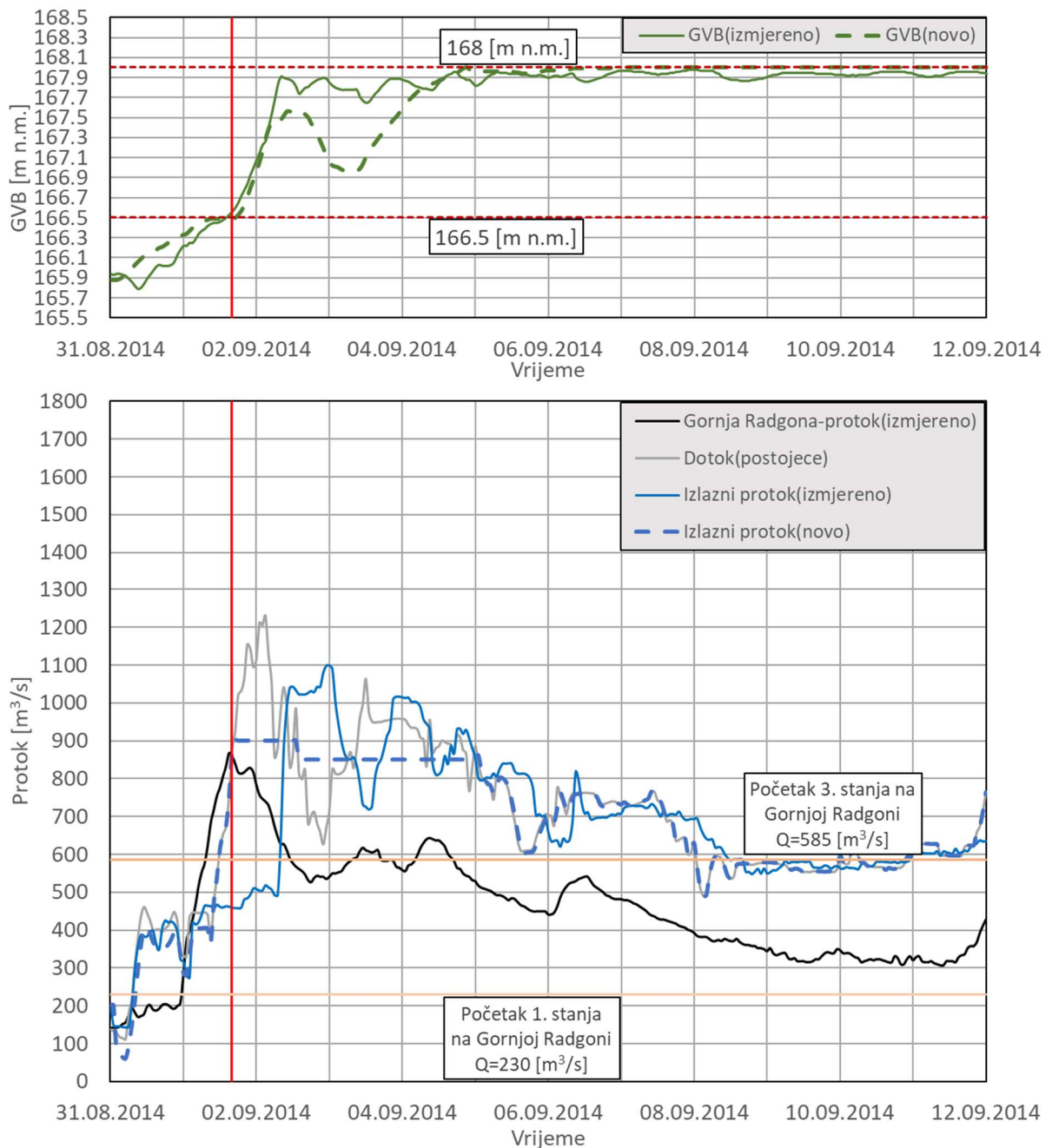
- Početak novog režima rada definiran je 10 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 16 [h] do 14.9.2014. u 08:00;
- Od 14.9.2014. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 1300 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 1 dan i 7 [h] do 15.9.2014. 16:00.
- Od 15.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 8 [h] do 16.9.2014. 01:00.



Slika 9.30 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

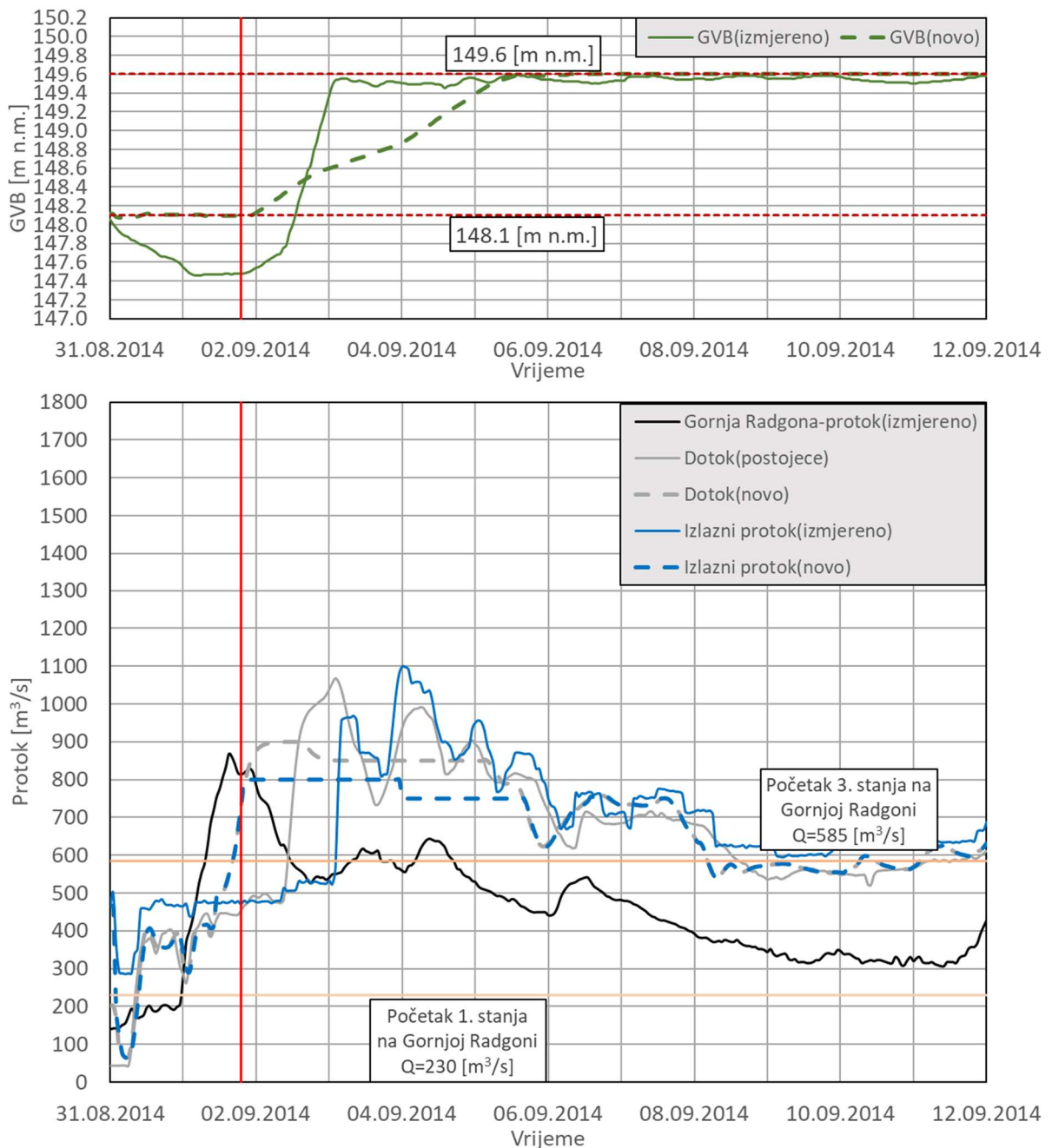
- Početak novog režima rada definiran je u trenutku početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 06:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana do 15.9.2014. u 06:00;
- Od 15.9.2014. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 15 [h] do 16.9.2014. 22:00.



Slika 9.31 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

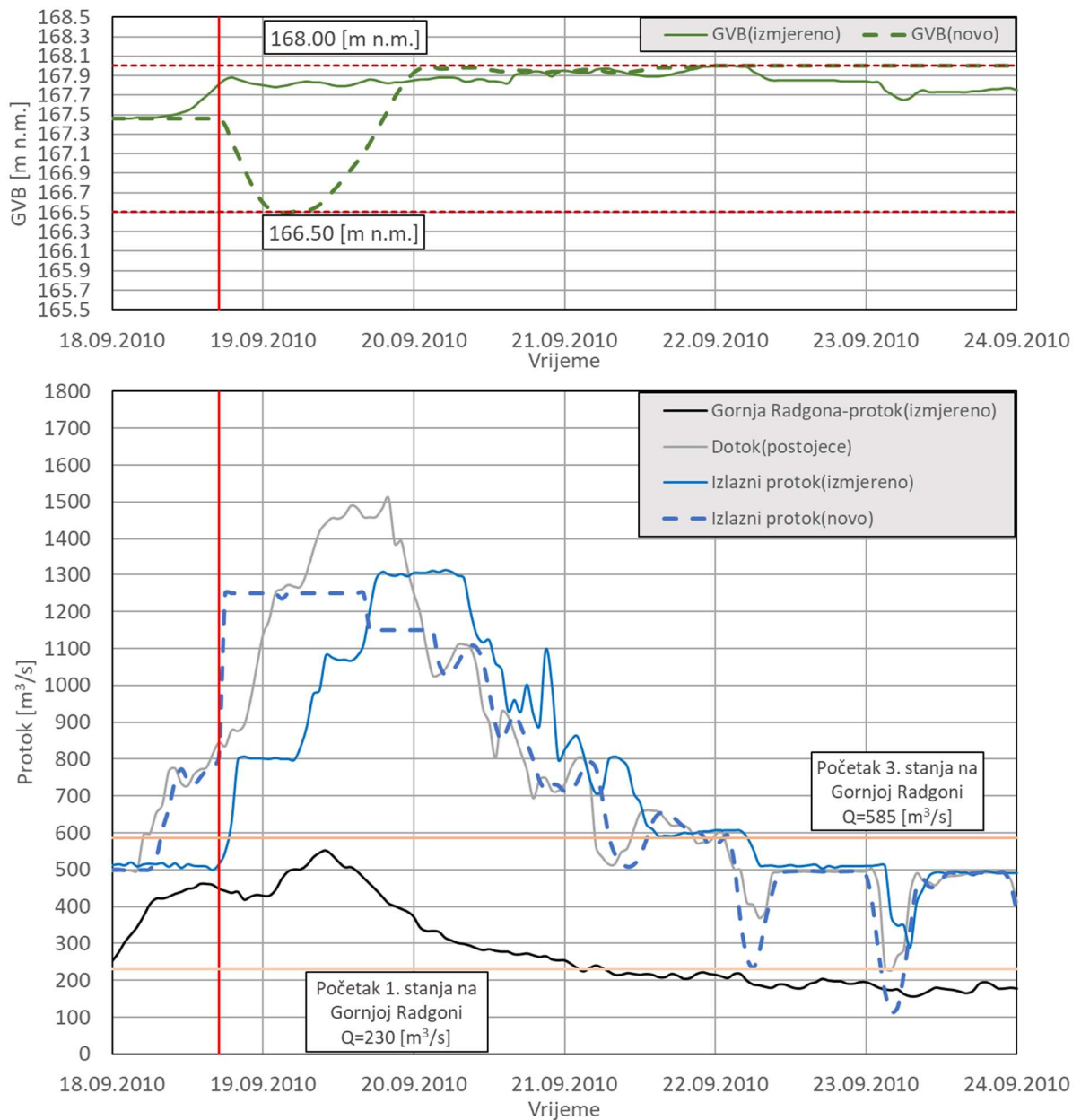
- Početak novog režima rada definiran je 2 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 20 [h] do 2.9.2014. u 13:00;
- Od 2.9.2014. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 10 [h] do 5.9.2014. 00:00



Slika 9.32 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

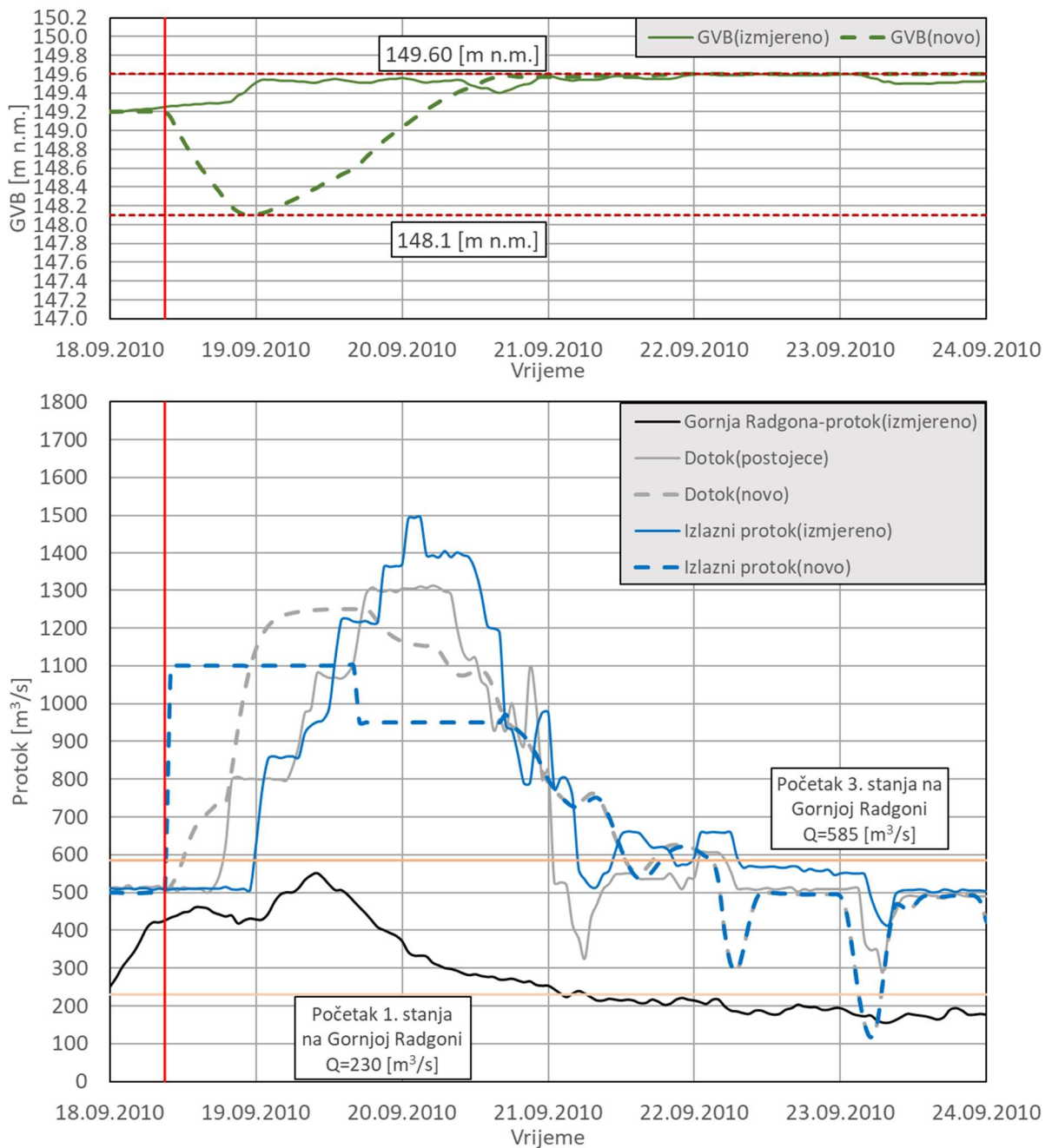
- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dan i 13 [h] do 3.9.2014. u 23:00;
- Od 4.9.2014. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 750 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 16 [h] do 5.9.2014. 16:00.



Slika 9.33 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2010_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

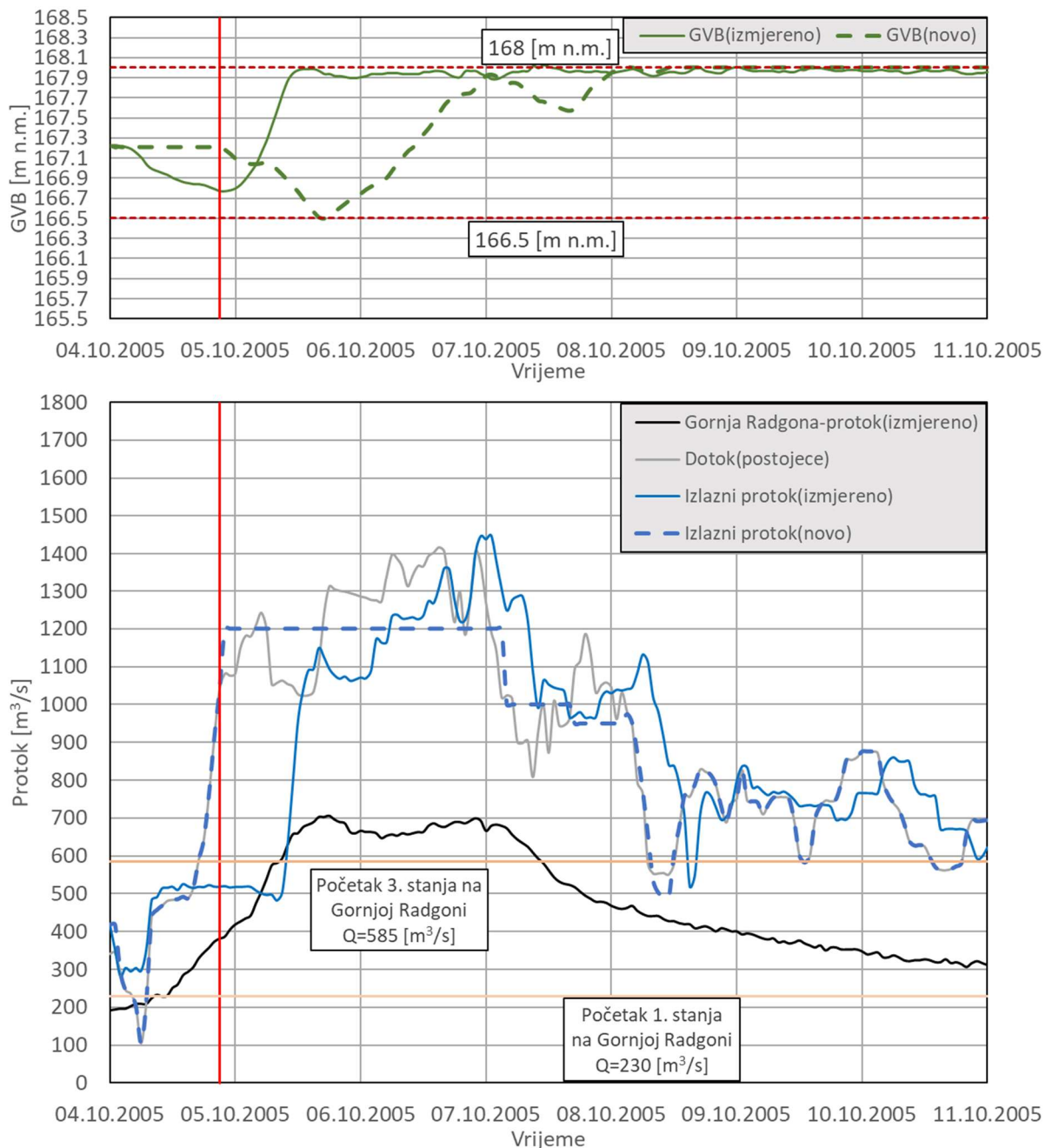
- Početak novog režima rada definiran je 16 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 19.9.2010. u 16:00;
- Od 19.9.2010. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 10 [h] do 20.9.2010. 03:00



Slika 9.34 Usporedba izmjereneog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

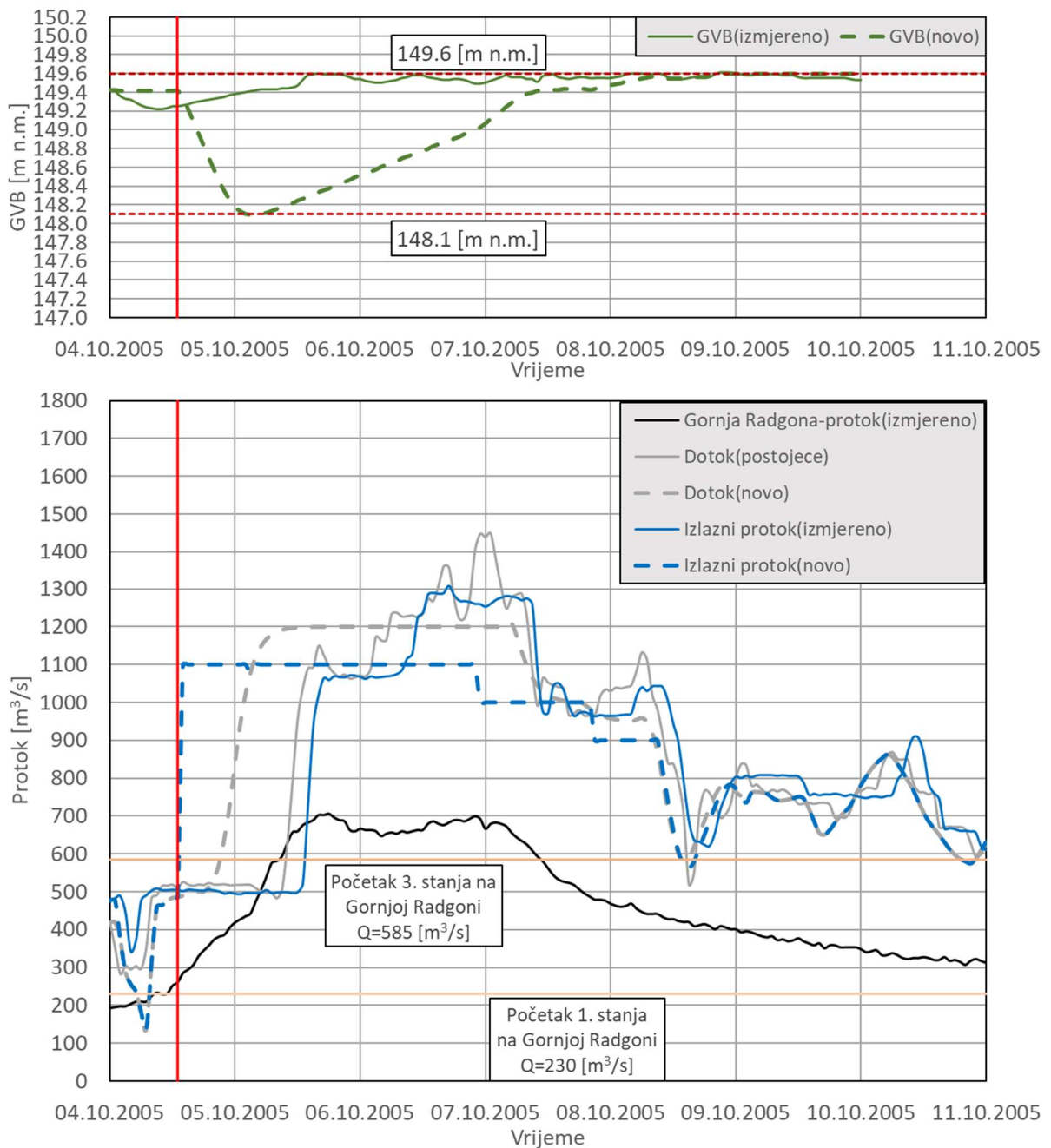
- Početak novog režima rada definiran je 19 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 10:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 6 [h] do 19.9.2010. u 16:00;
- Od 19.9.2010. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 23 [h] do 20.9.2010. 16:00;



Slika 9.35 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_10, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

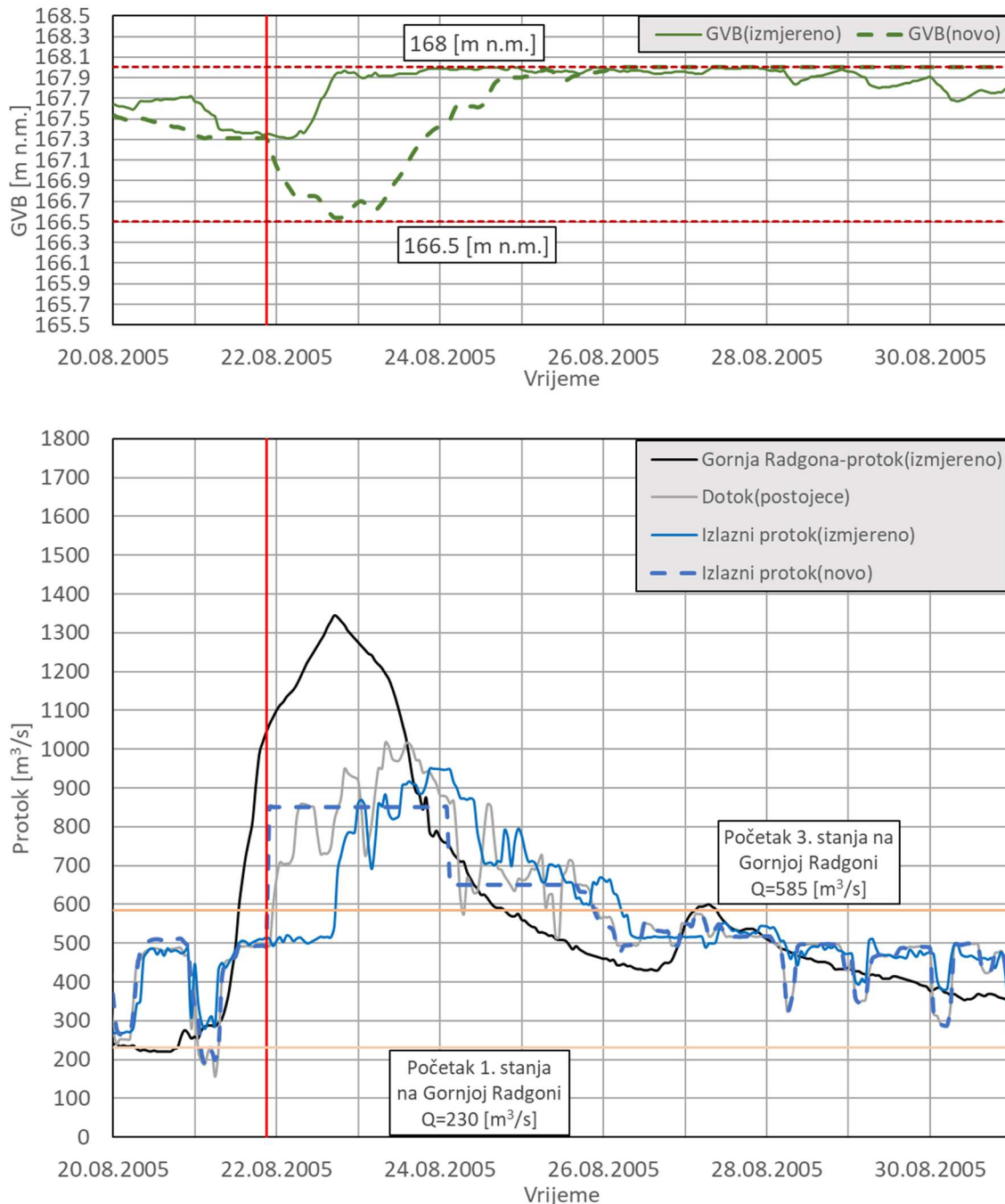
- Početak novog režima rada definiran je 8 [h] prije početka 3. stanja, odnosno 1 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona;
- Od 4.10.2005. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 5 [h] do 7.10.2005. u 03:00;
- Od 7.10.2005. 04:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 12 [h] do 7.10.2005. 16:00;
- Od 7.10.2005. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 11 [h] do 8.10.2005. u 04:00.



Slika 9.36 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

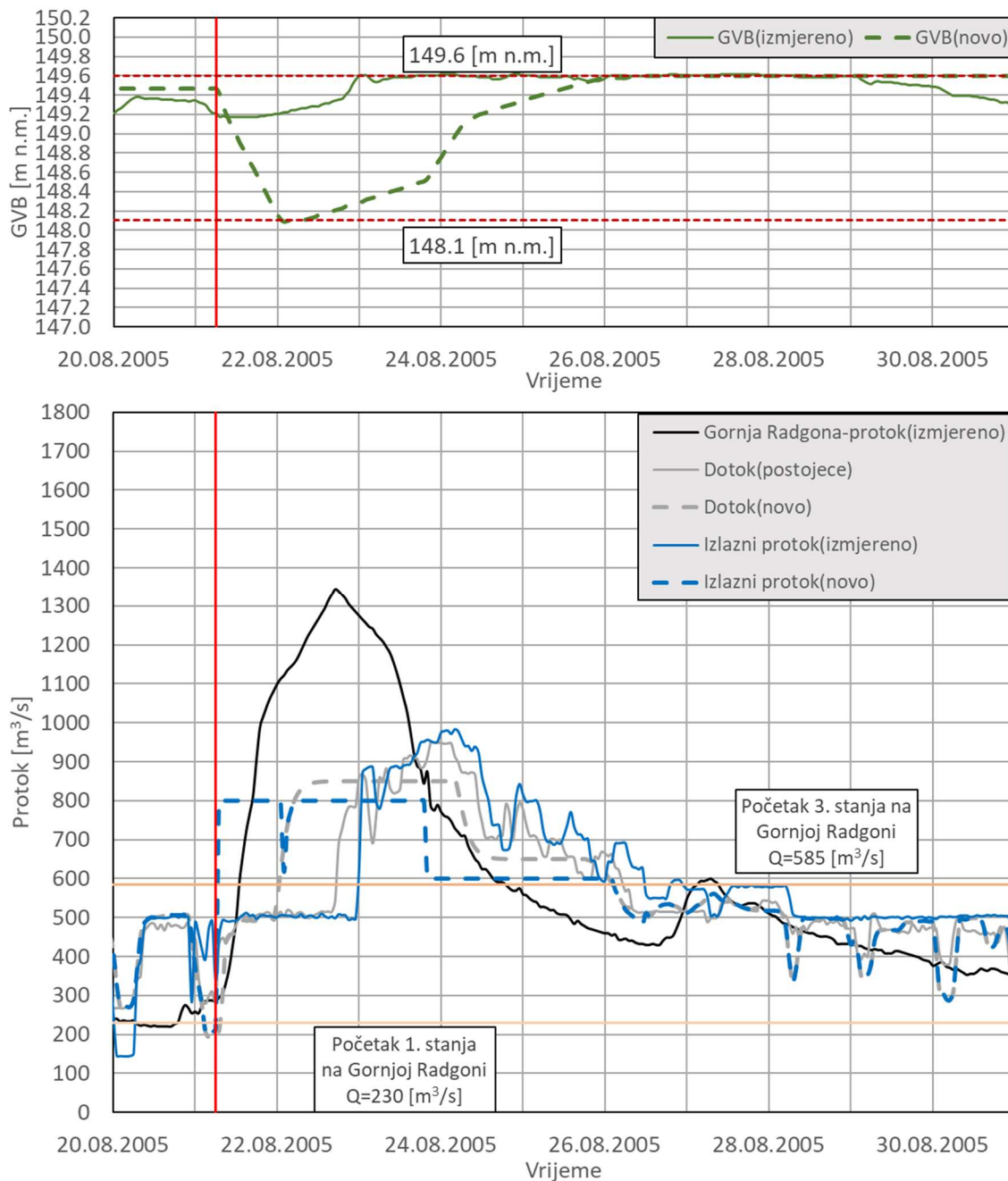
- Početak novog režima rada definiran je 17 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 4.10.2005. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 8 [h] do 6.10.2005. 22:00;
- Od 6.10.2005. 23:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 21 [h] do 7.10.2005. 20:00.
- Od 7.10.2005. 21:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 12 [h] do 8.10.2005. 09:00.



Slika 9.37 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 9 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 21.8.2005. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 2 dana i 4 [h] do 24.8.2005. u 02:00;
- Od 24.8.2005. u 03:00 ukupni izlazni protok iznosi 650 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 13 [h] do 24.8.2005. u 16:00;

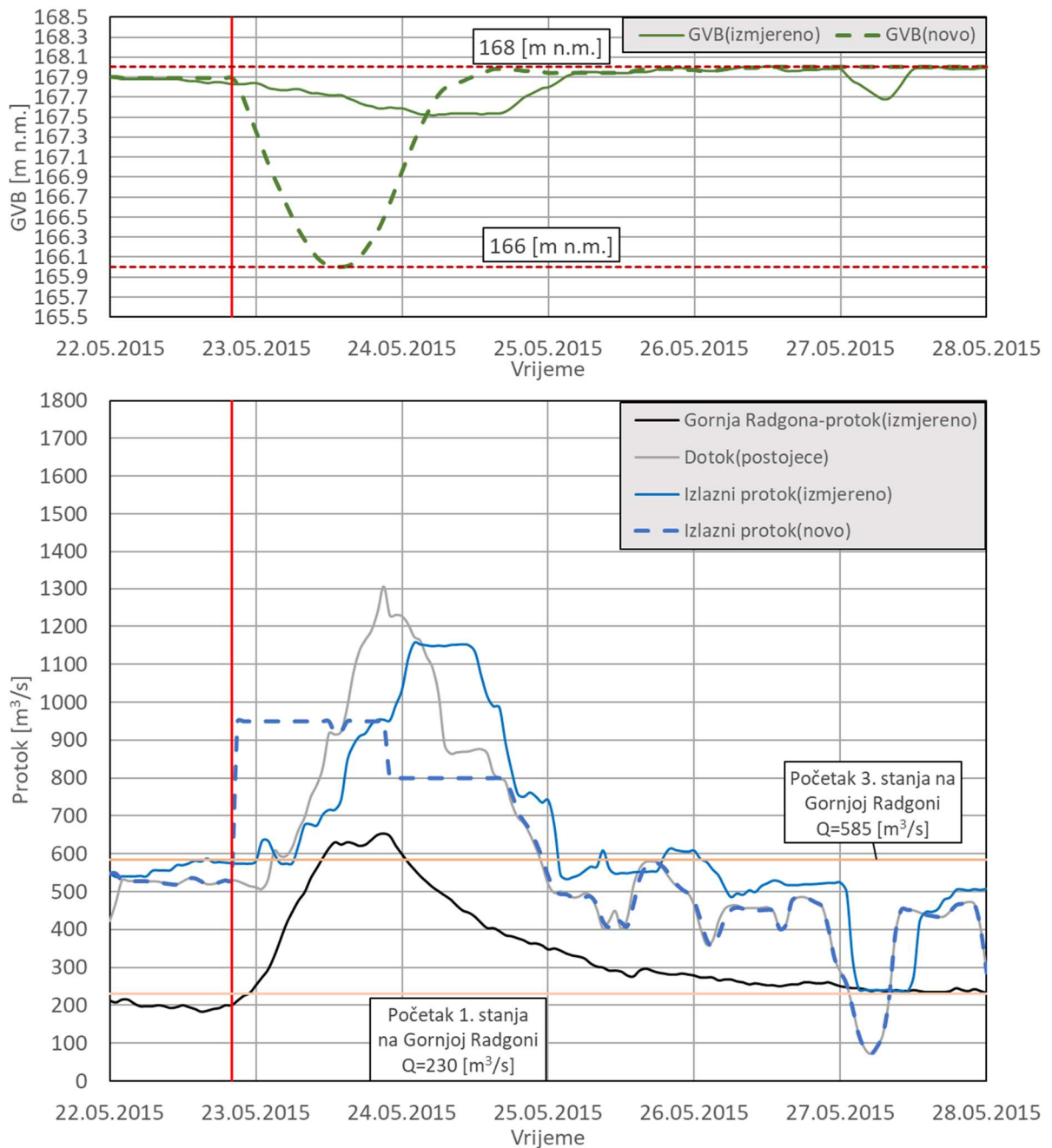


Slika 9.38 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 6 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 21.8.2005. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 12 [h] do 23.8.2005. 19:00;
- Od do 23.8.2005. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 6 [h] do 26.8.2005. 02:00.

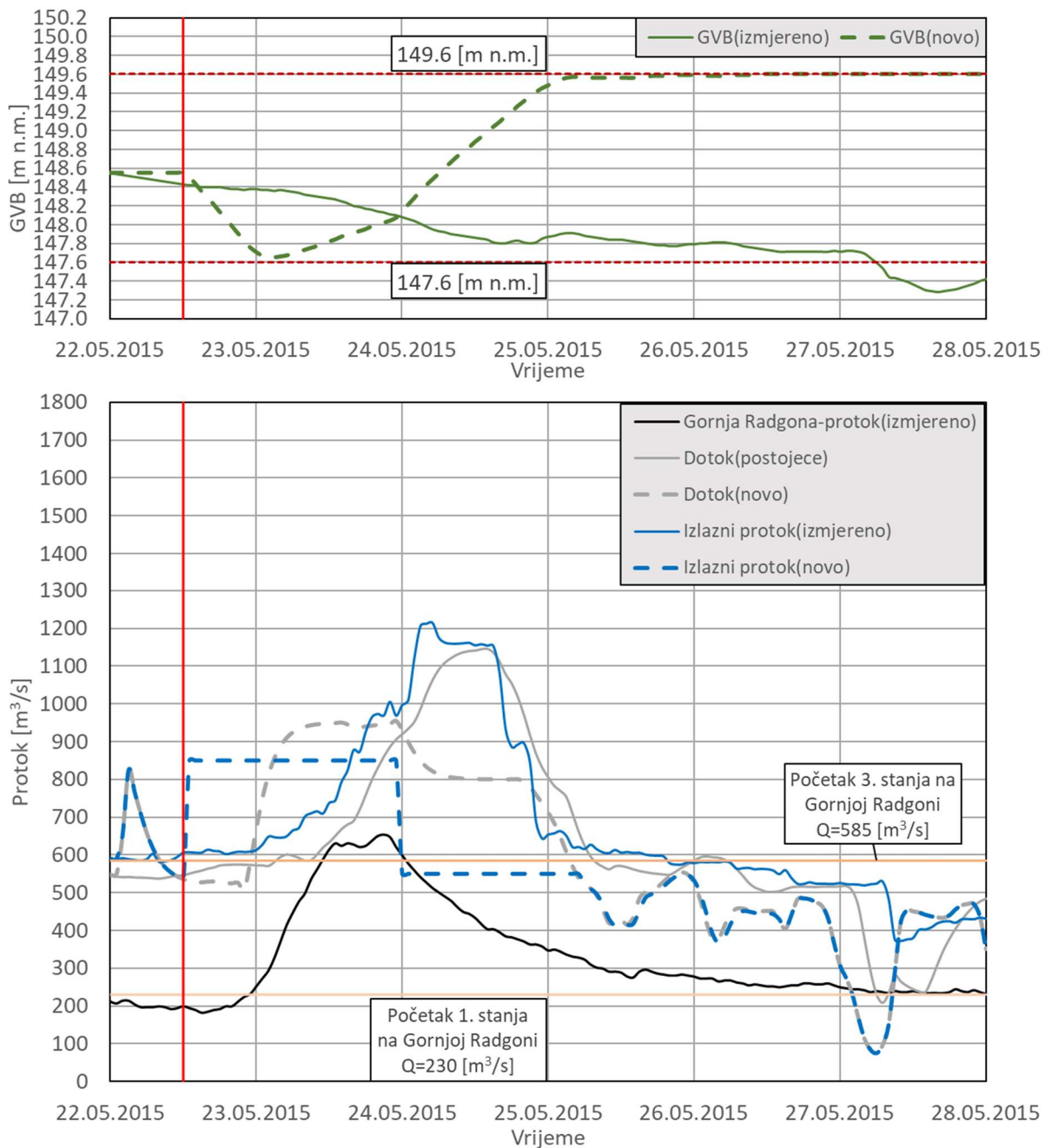
Varijanta H-2.0 [m]



Slika 9.39 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2015_05, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

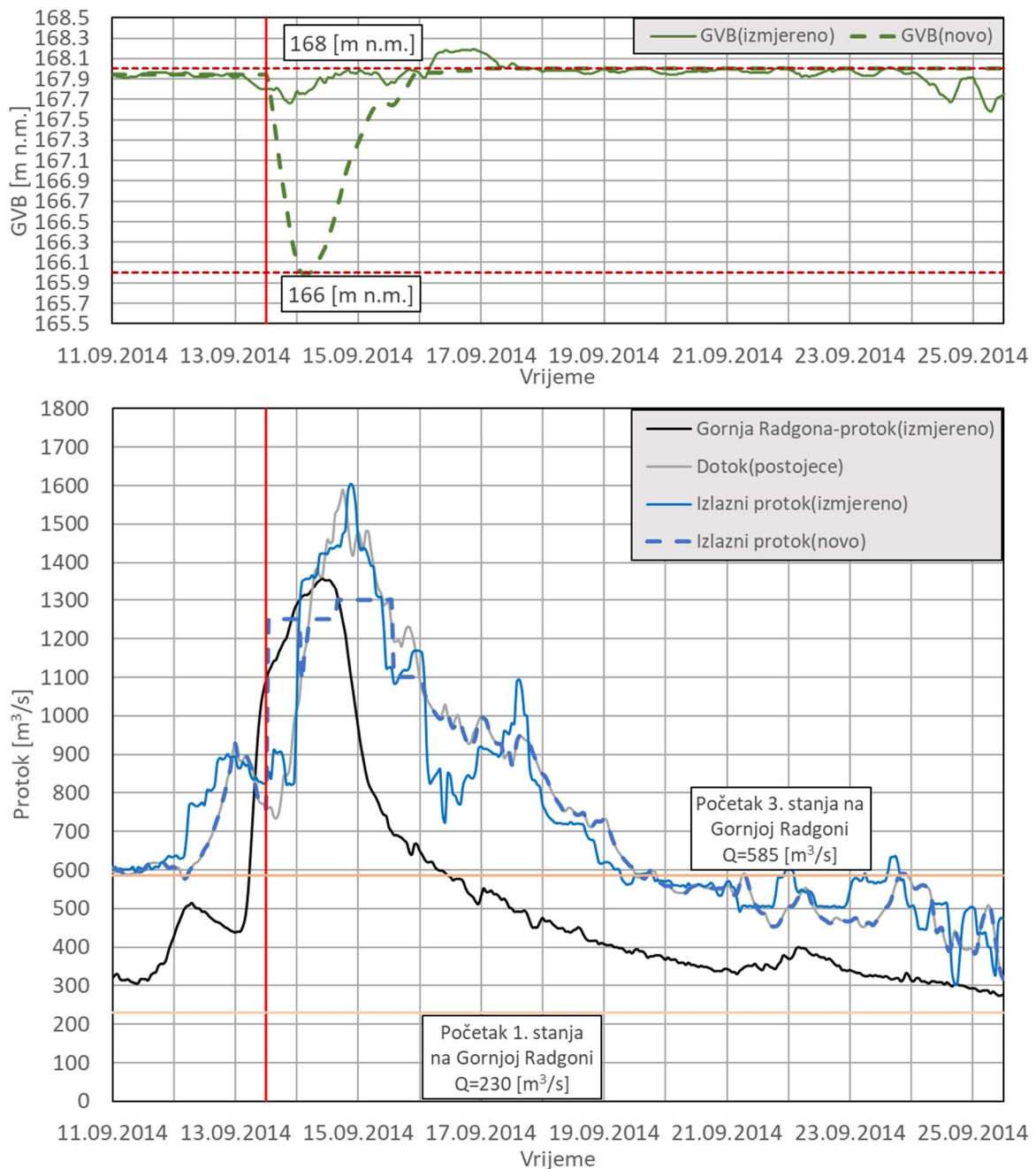
- Početak novog režima rada definiran je 14 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od trenutka 22.5.2015. 21:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 24 [h] do 23.5.2015. u 21:00;
- Od trenutka 23.5.2015. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 18 [h] do 24.5.2015. 16:00.



Slika 9.40 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

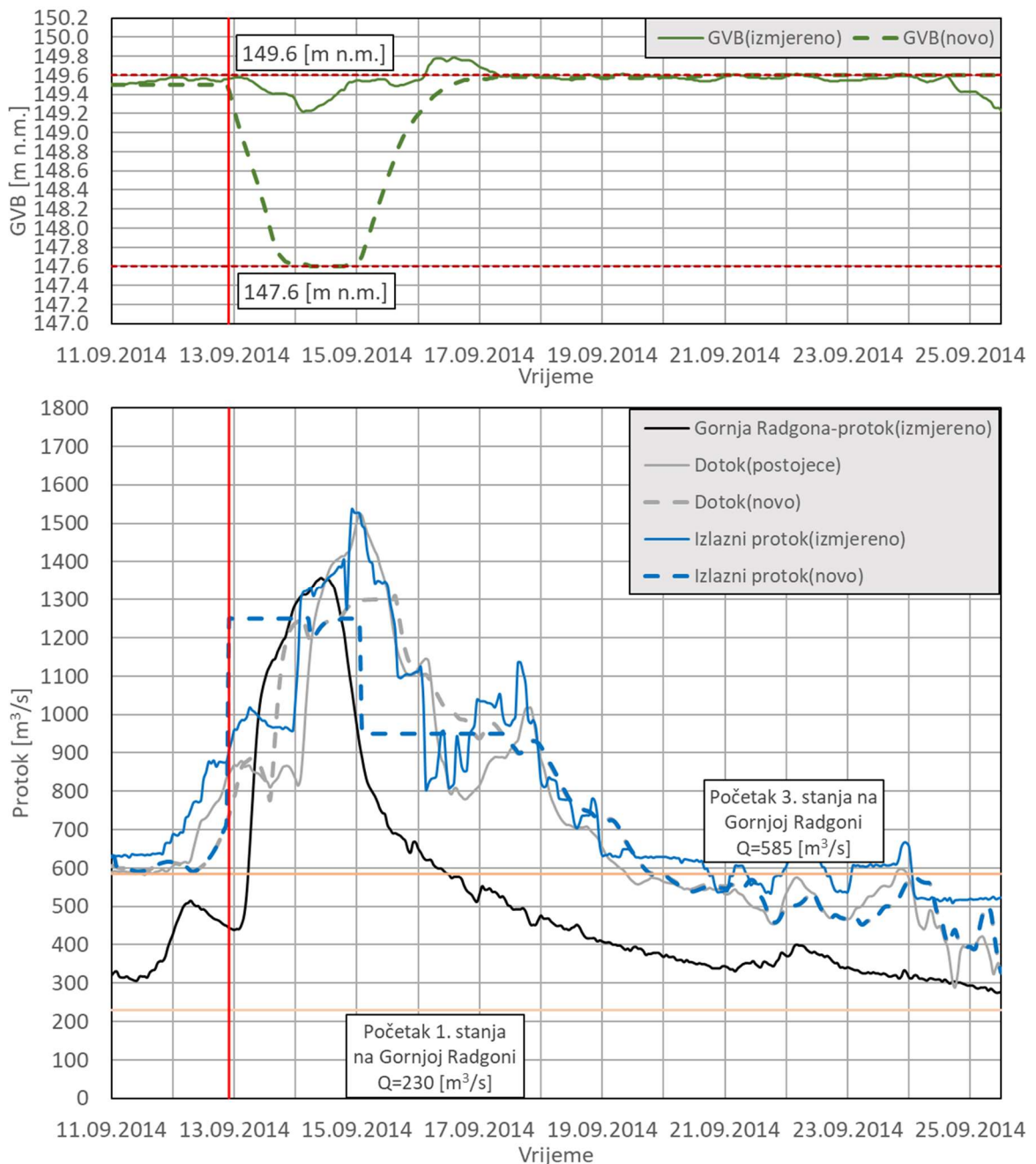
- Početak novog režima rada definiran je 22 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 22.5.2015. 13:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 10 [h] do 23.5.2015. u 23:00;
- Od 24.5.2015. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 550 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 4 [h] do 25.5.2015. 04:00.



Slika 9.41 Usporedba izmjerelog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

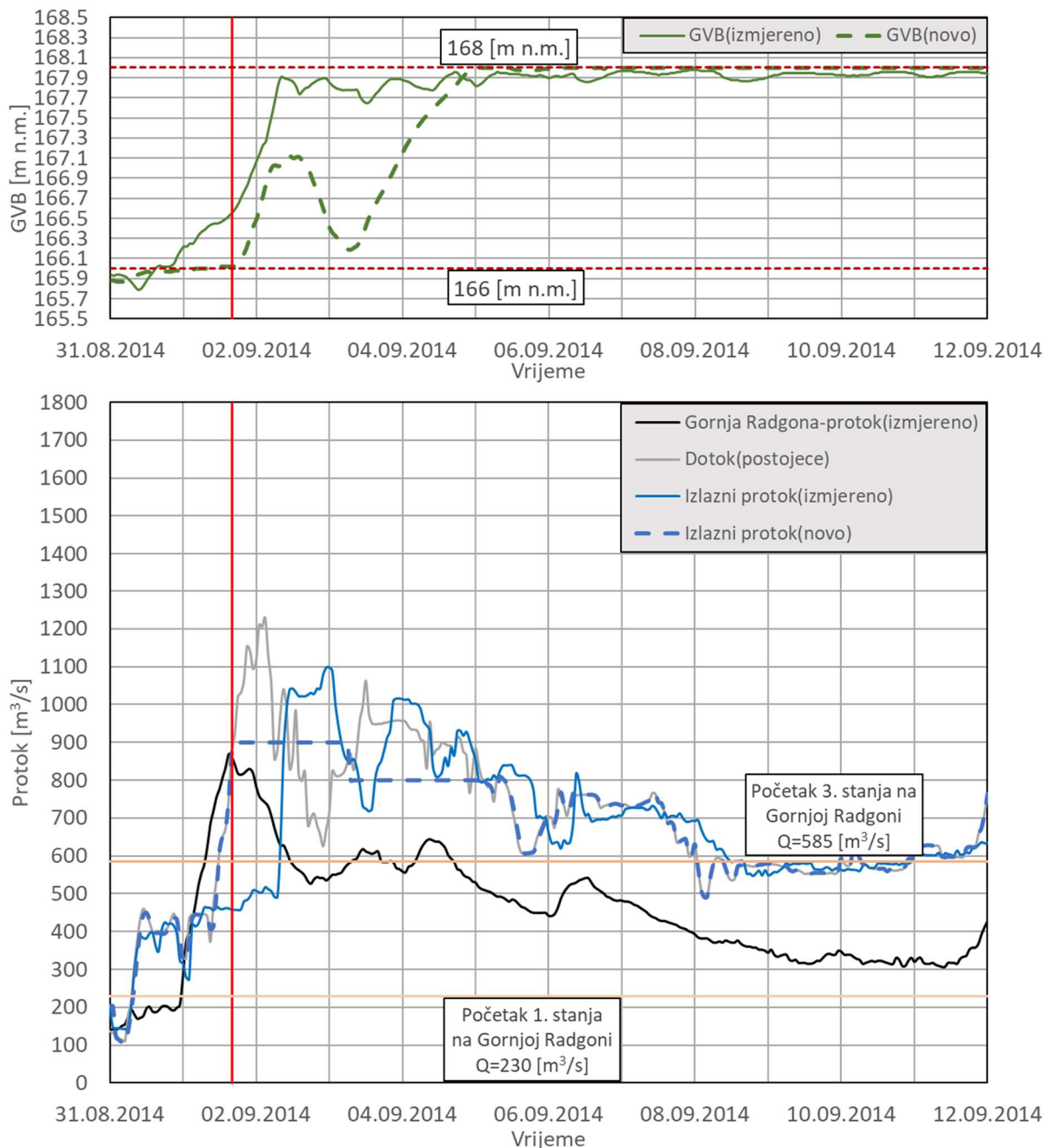
- Početak novog režima rada definiran je 7 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 13:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 3 [h] do 14.9.2014. u 15:00;
- Od 14.9.2014. 16:00 ukupni izlazni protok iznosi 1300 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 21 [h] do 15.9.2014. 13:00.
- Od 15.9.2014. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 11 [h] do 16.9.2014. 01:00.



Slika 9.42 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

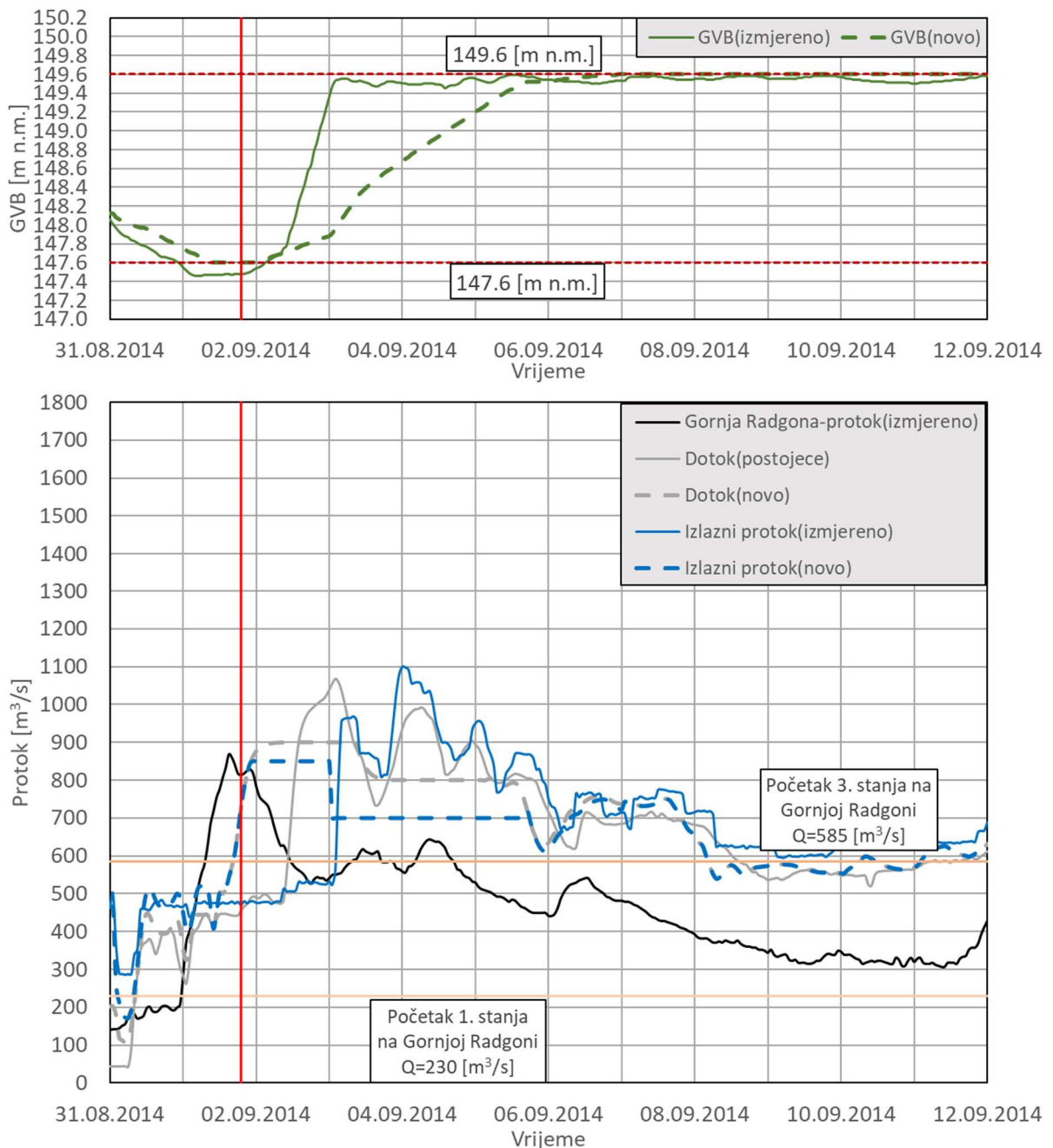
- Početak novog režima rada definiran je u 8 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 12.9.2014. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 3 [h] do 15.9.2014. u 01:00;
- Od 15.9.2014. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 8 [h] do 17.9.2014. 10:00.



Slika 9.43 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

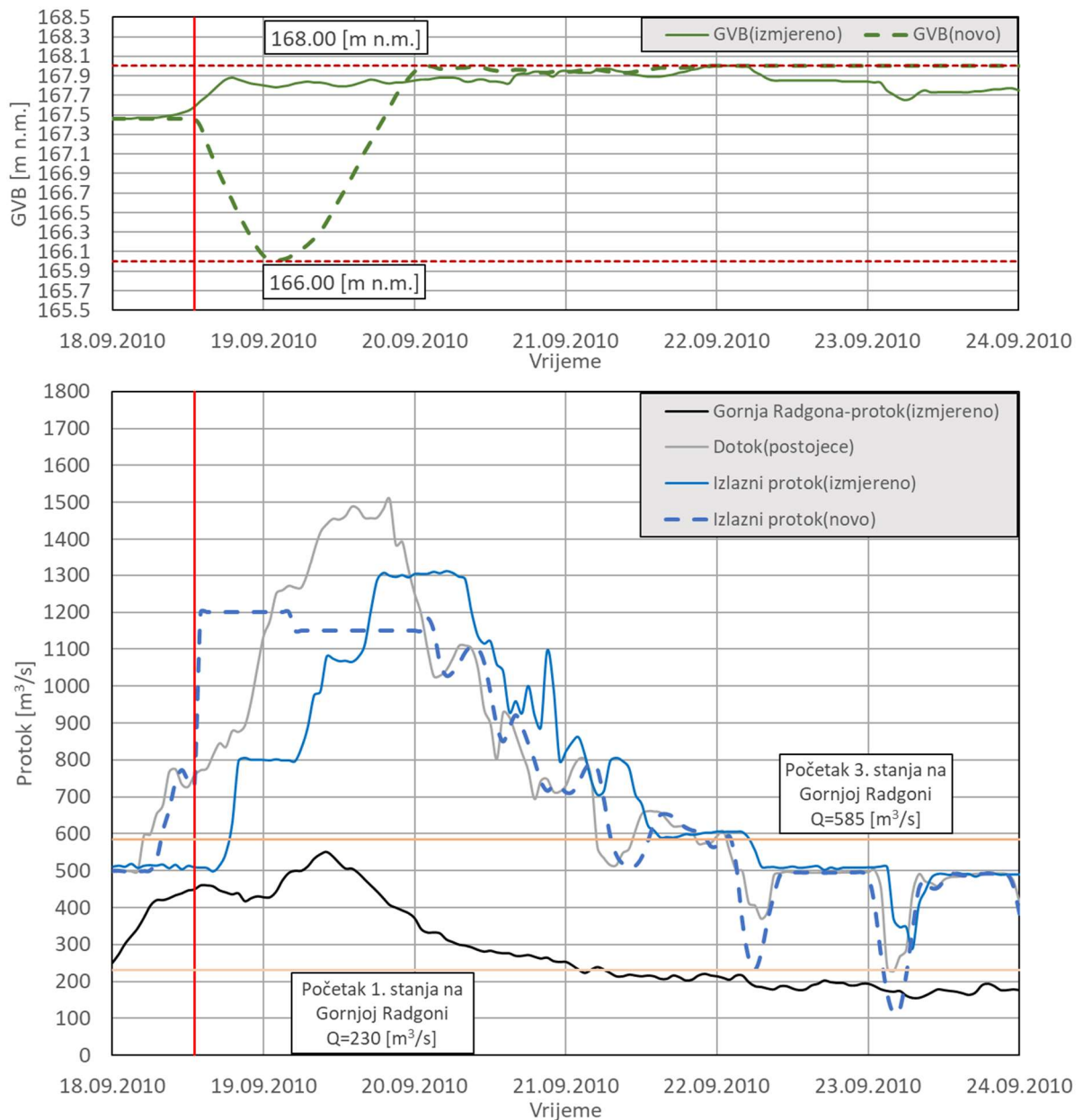
- Početak novog režima rada definiran je 2 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 13 [h] do 3.9.2014. u 06:00;
- Od 3.9.2014. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 19 [h] do 5.9.2014. 02:00



Slika 9.44 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

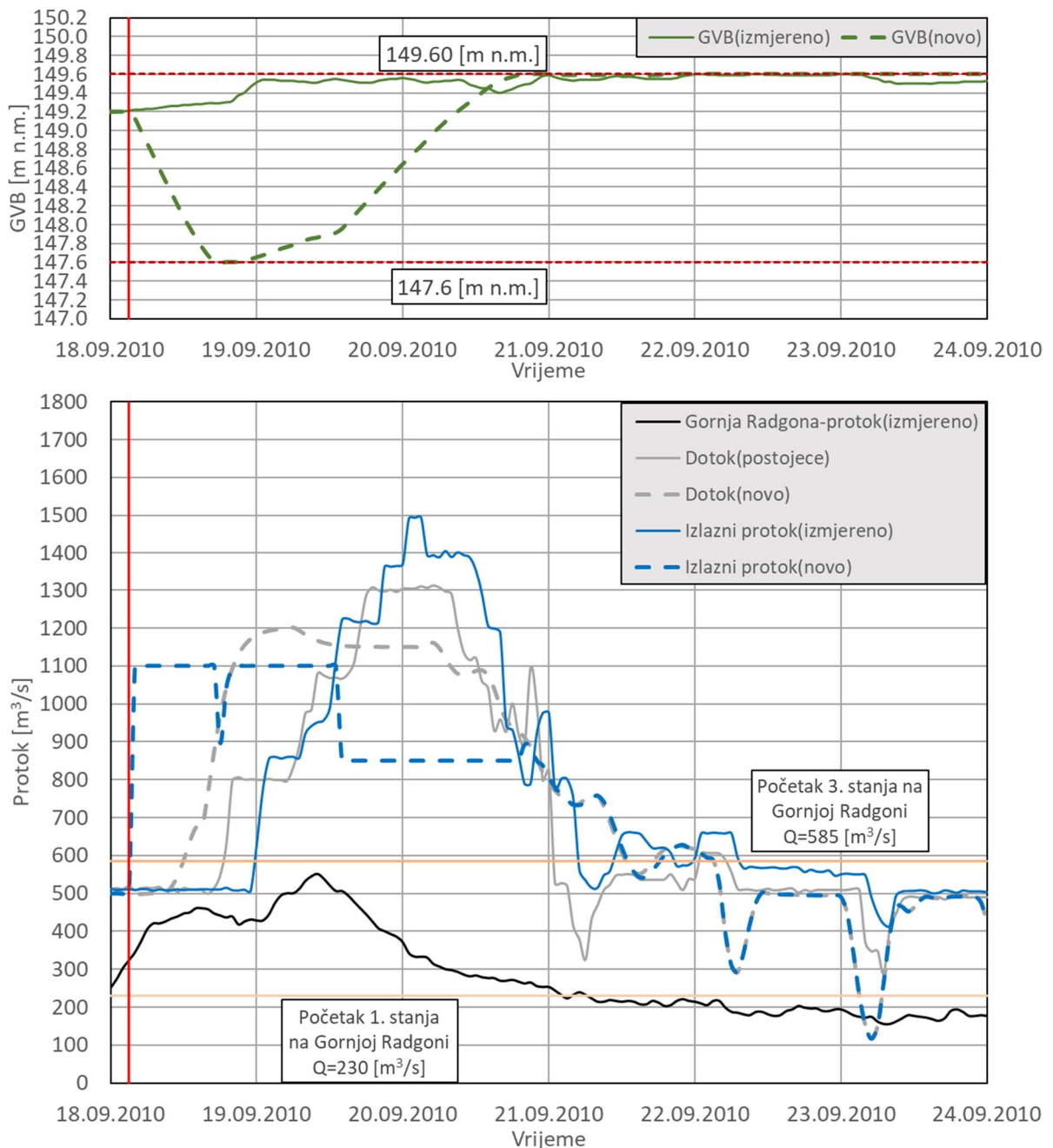
- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 4 [h] do 3.9.2014. u 00:00;
- Od 3.9.2014. 01:00 ukupni izlazni protok iznosi 700 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 15 [h] do 5.9.2014. 16:00.



Slika 9.45 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2010_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

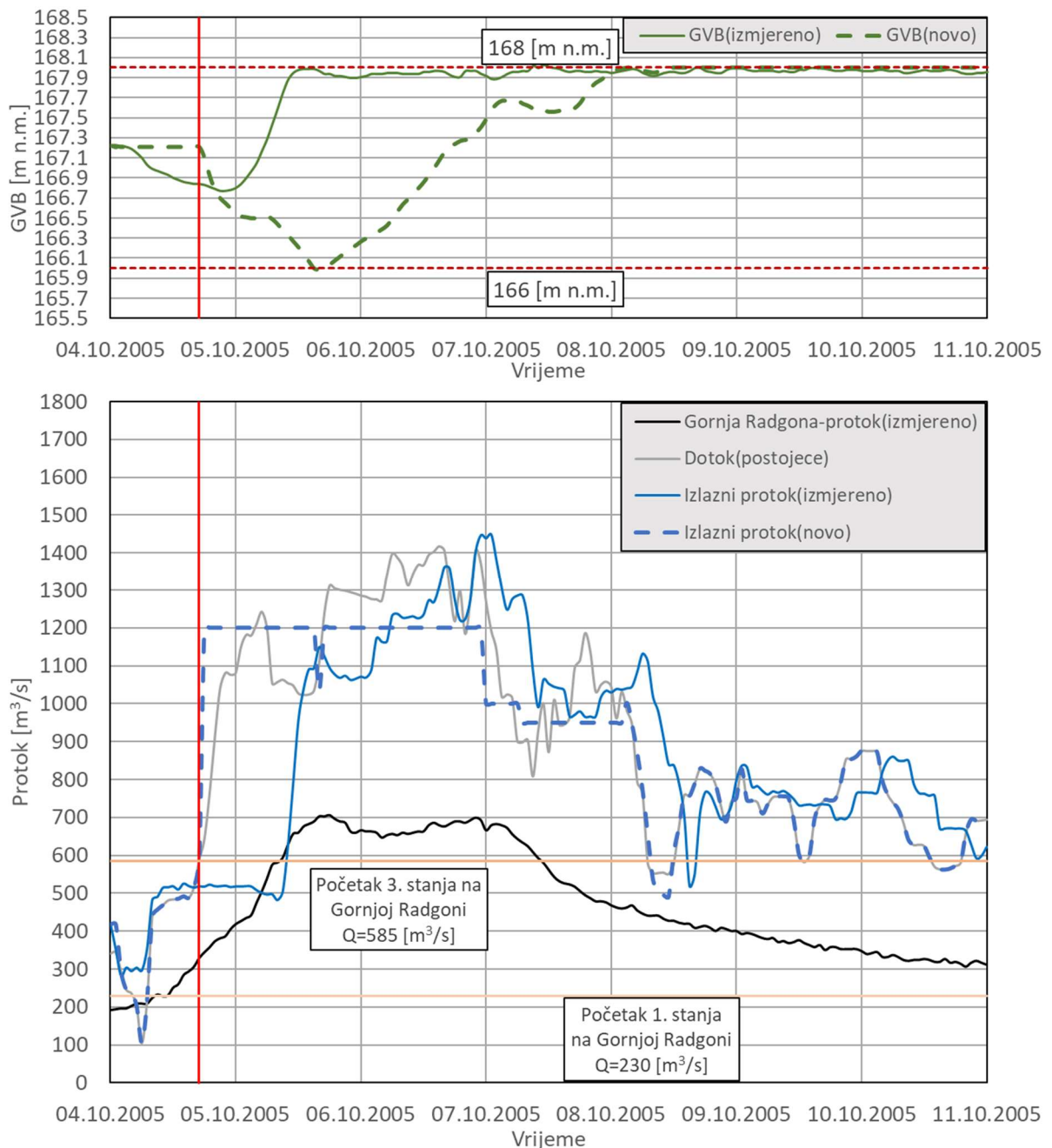
- Početak novog režima rada definiran je 20 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 14 [h] do 19.9.2010. u 04:00;
- Od 19.9.2010. 05:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 20.9.2010. 03:00



Slika 9.46 Usporedba izmjereneog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

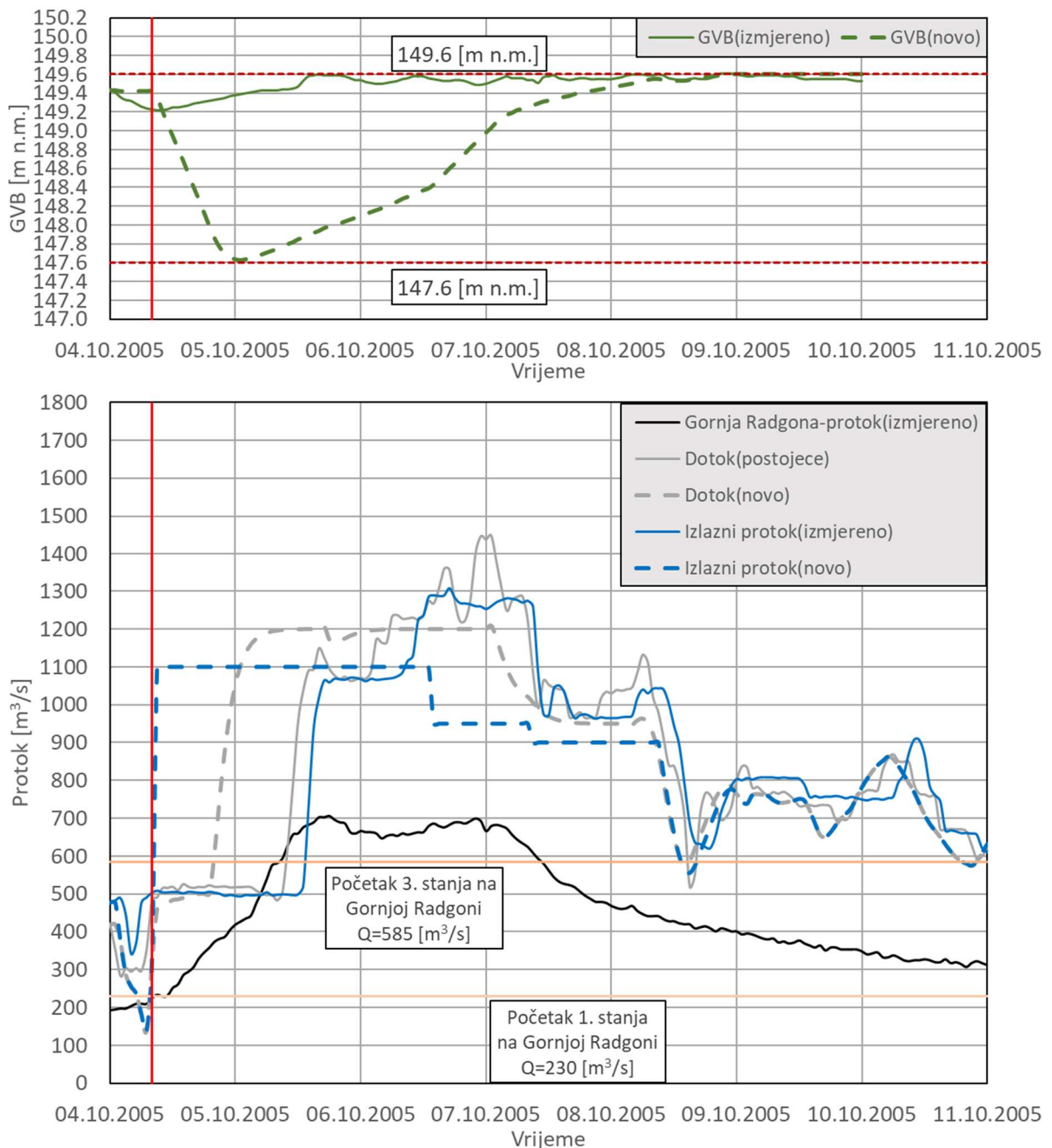
- Početak novog režima rada definiran je 1 dan i 6 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 04:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 9 [h] do 19.9.2010. u 13:00;
- Od 19.9.2010. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 8 [h] do 20.9.2010. 22:00;



Slika 9.47 Usporedba izmjerene i nove režima rada na HEČ za događaj 2005_10

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_10, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

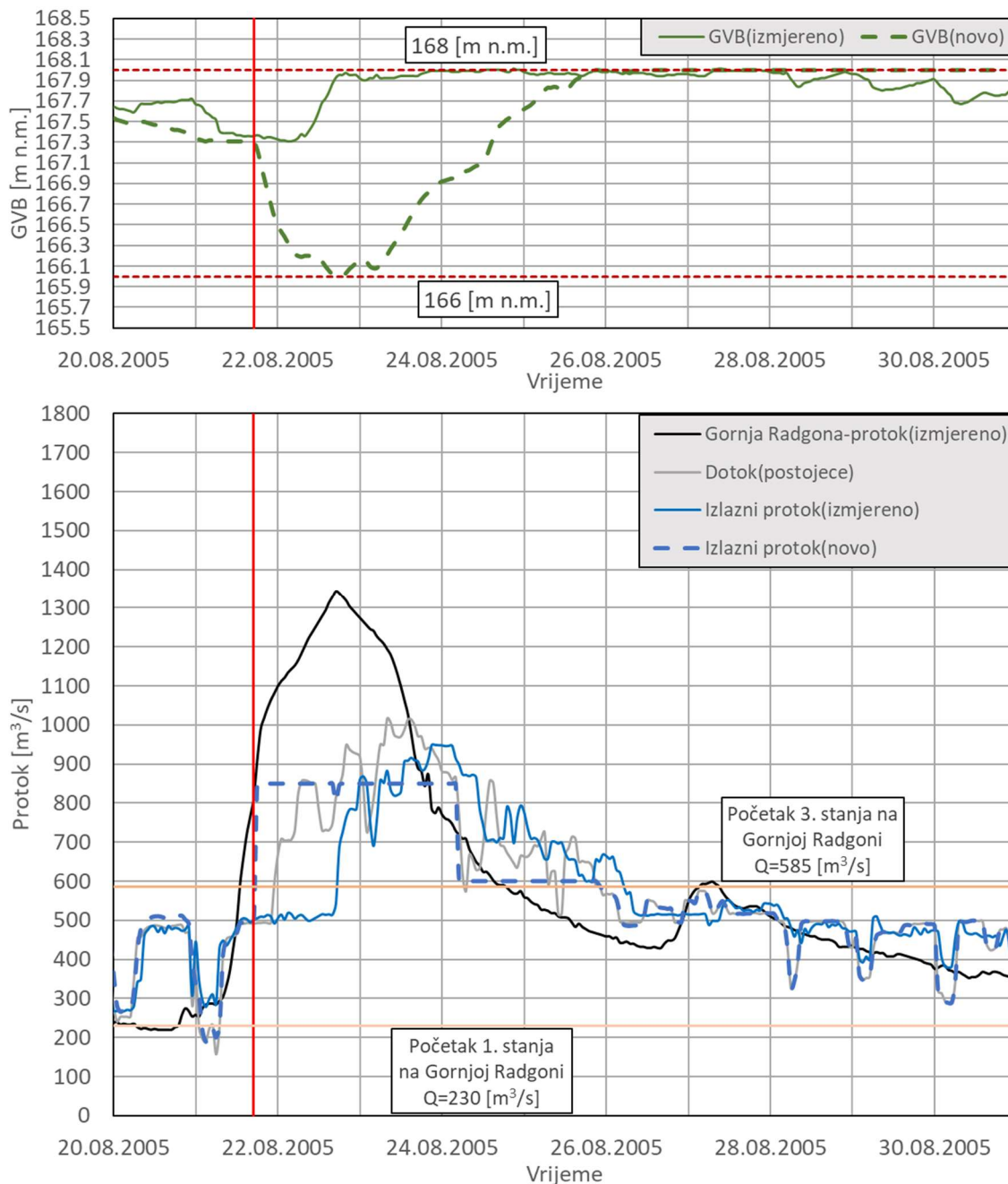
- Početak novog režima rada definiran je 13 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 4.10.2005. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 5 [h] do 6.10.2005. u 23:00;
- Od 7.10.2005. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 6 [h] do 7.10.2005. 06:00;
- Od 7.10.2005. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 21 [h] do 8.10.2005. u 04:00.



Slika 9.48 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

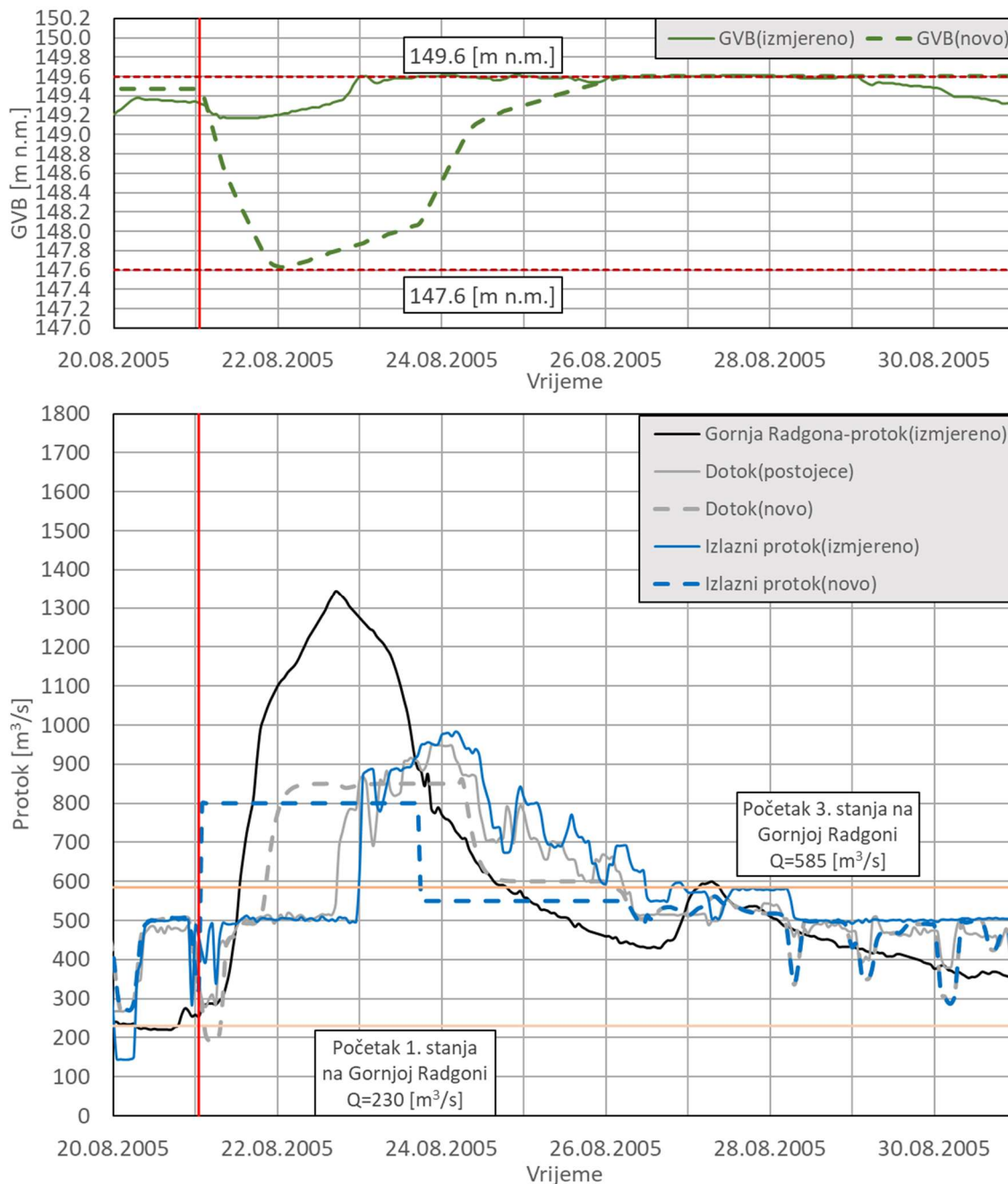
- Početak novog režima rada definiran je 22 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 4.10.2005. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 4 [h] do 6.10.2005. 13:00;
- Od 6.10.2005. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 18 [h] do 7.10.2005. 08:00.
- Od 7.10.2005. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 24 [h] do 8.10.2005. 09:00.



Slika 9.49 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 21.8.2005. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 6 [h] do 24.8.2005. u 04:00;
- Od 24.8.2005. u 05:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 16 [h] do 25.8.2005. u 21:00;

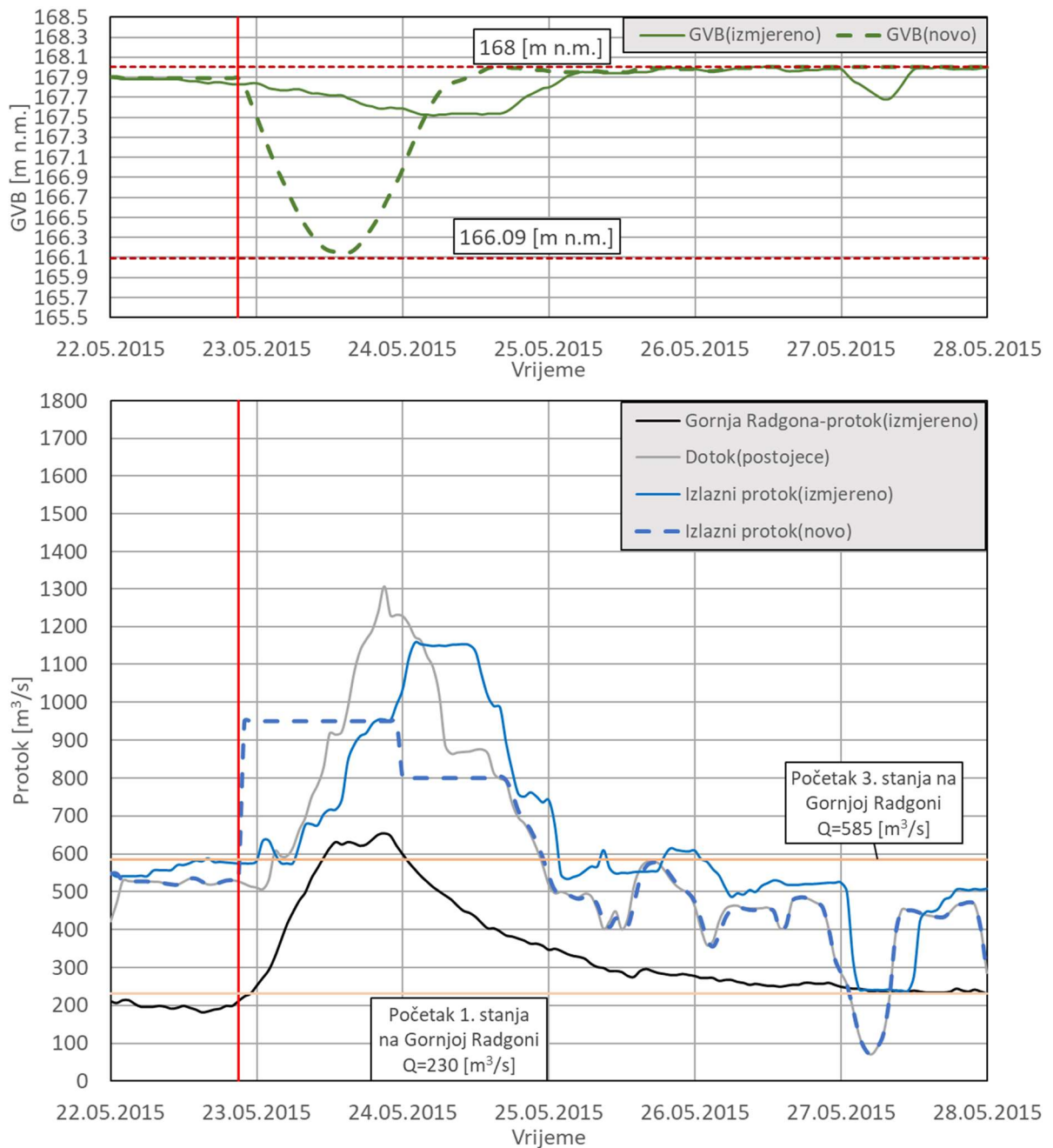


Slika 9.50 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 6 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 21.8.2005. 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 12 [h] do 23.8.2005. 19:00;
- Od do 23.8.2005. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 6 [h] do 26.8.2005. 02:00.

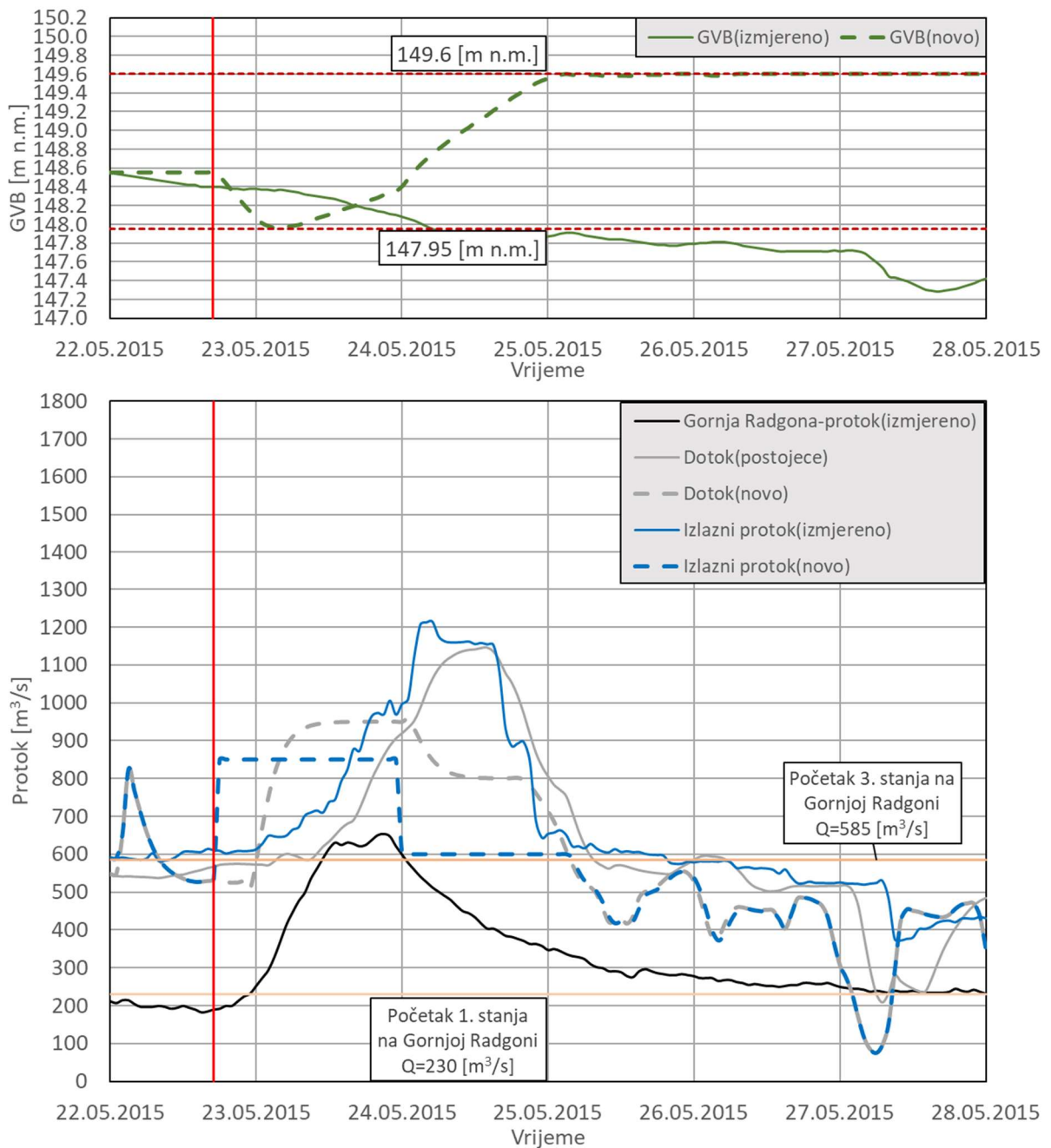
Varijanta H-H(2012) [m]



Slika 9.51 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2015_05

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2015_05, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

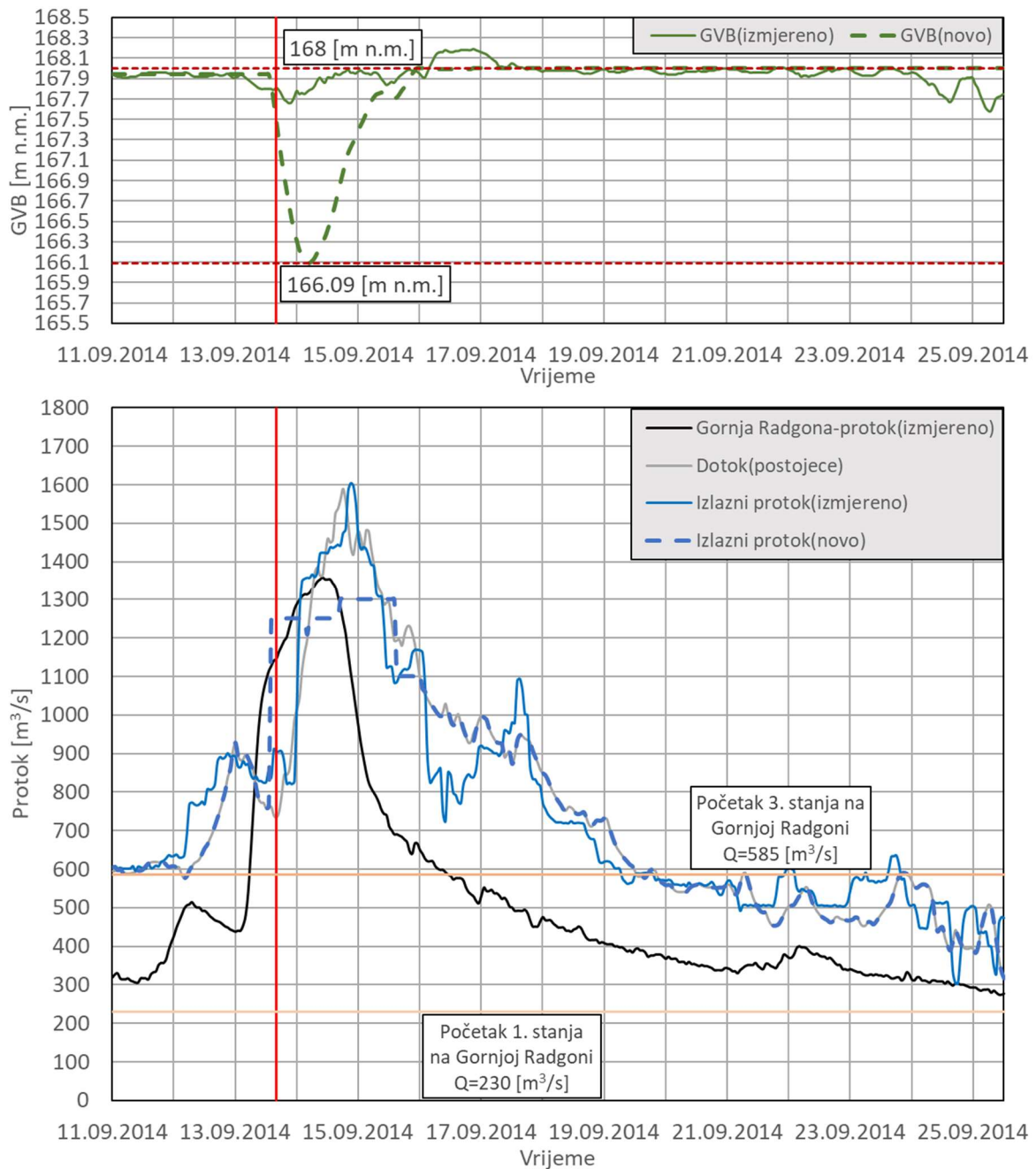
- Početak novog režima rada definiran je 13 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od trenutka 22.5.2015. 22:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 1 [h] do 23.5.2015. u 23:00;
- Od trenutka 24.5.2015. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 16 [h] do 24.5.2015. 16:00.



Slika 9.52 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2015_05

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

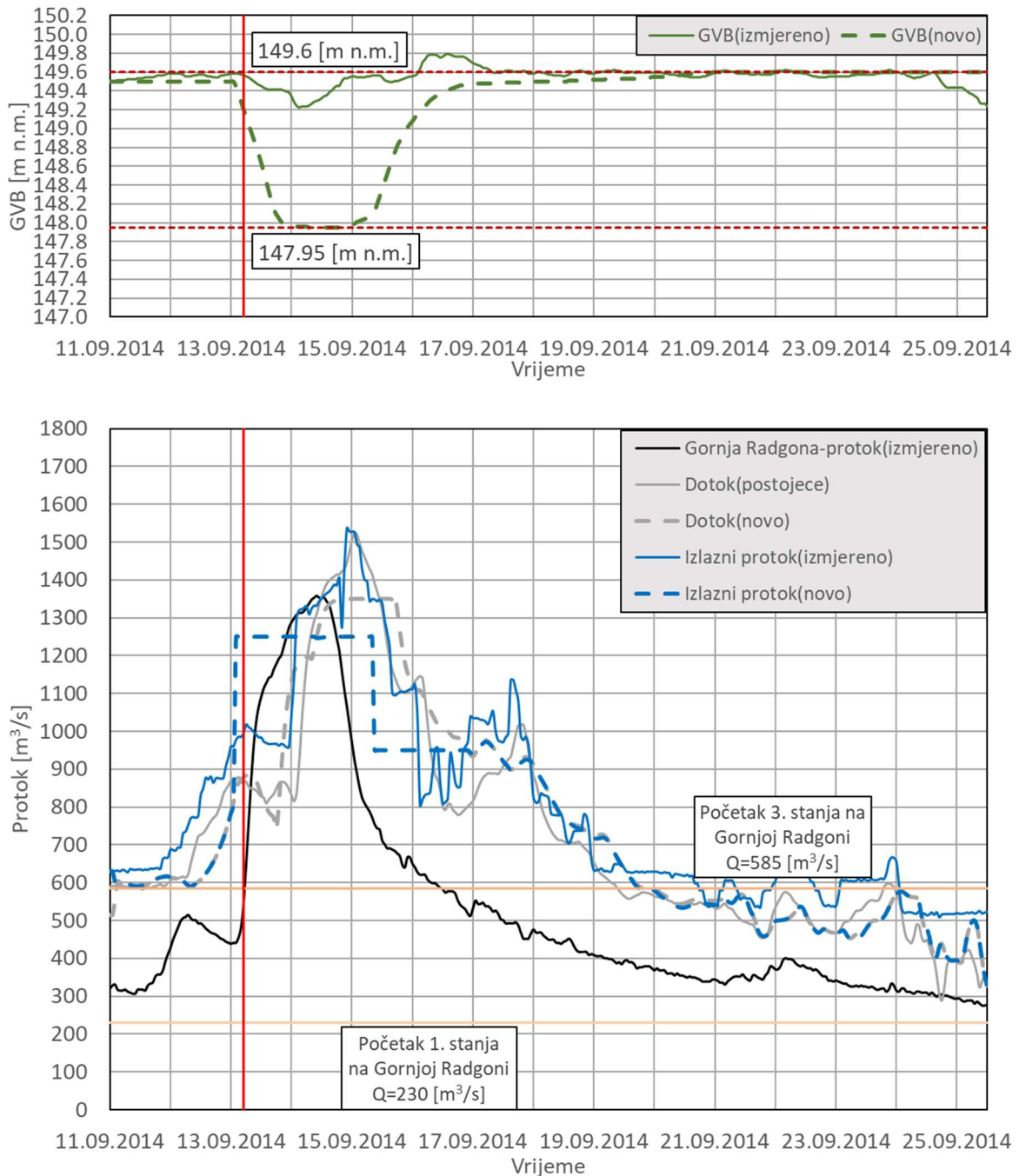
- Početak novog režima rada definiran je 17 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 22.5.2015. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 5 [h] do 23.5.2015. u 23:00;
- Od 24.5.2015. 00:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 3 [h] do 25.5.2015. 03:00.



Slika 9.53 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

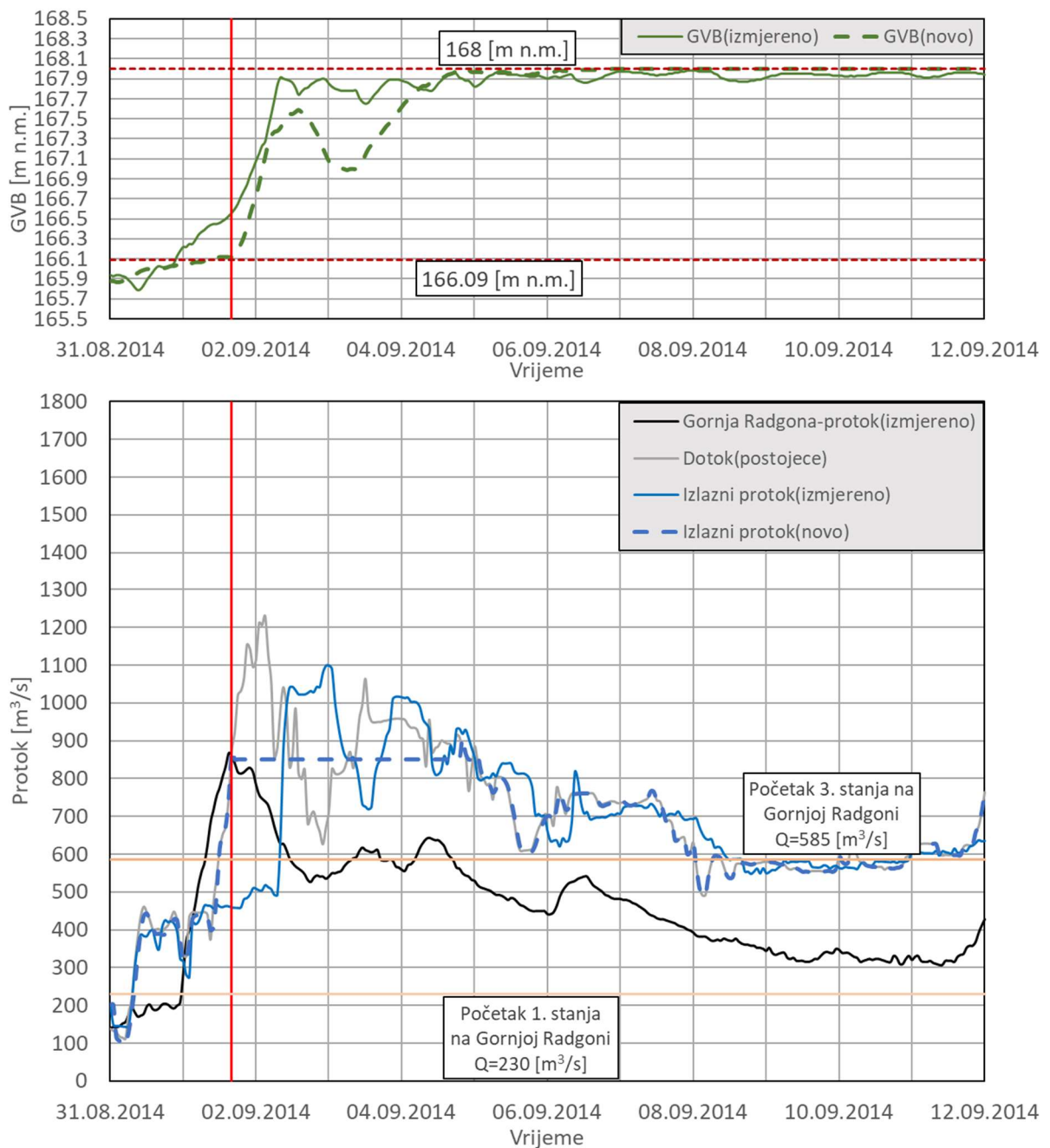
- Početak novog režima rada definiran je 8 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 2 [h] do 14.9.2014. u 16:00;
- Od 14.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 1300 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 21 [h] do 15.9.2014. 14:00.
- Od 15.9.2014. 15:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 10 [h] do 16.9.2014. 01:00.



Slika 9.54 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

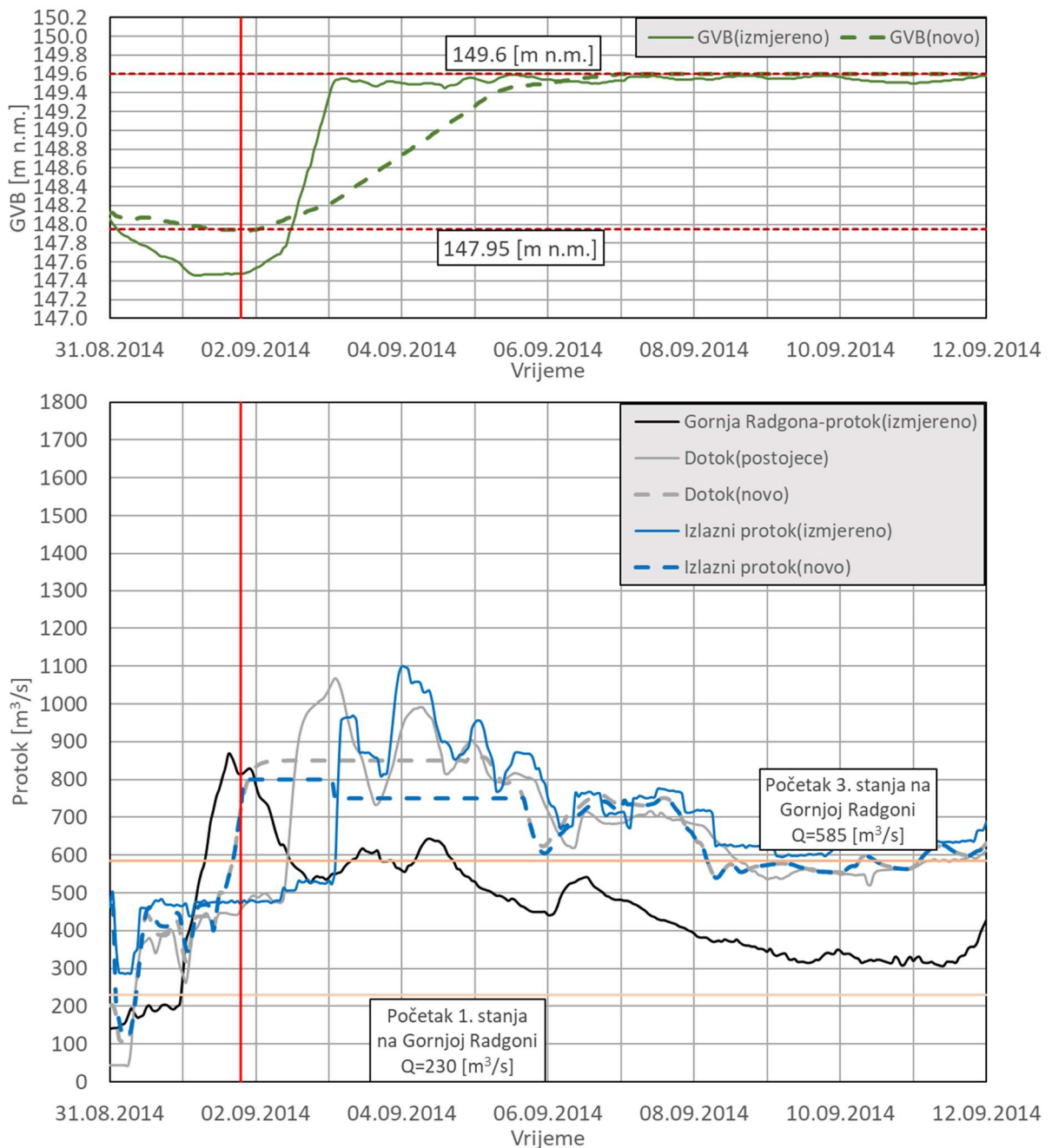
- Početak novog režima rada definiran je 4 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 13.9.2014. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 1250 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 6 [h] do 15.9.2014. u 08:00;
- Od 15.9.2014. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 13 [h] do 16.9.2014. 22:00.



Slika 9.55 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2014_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2014_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

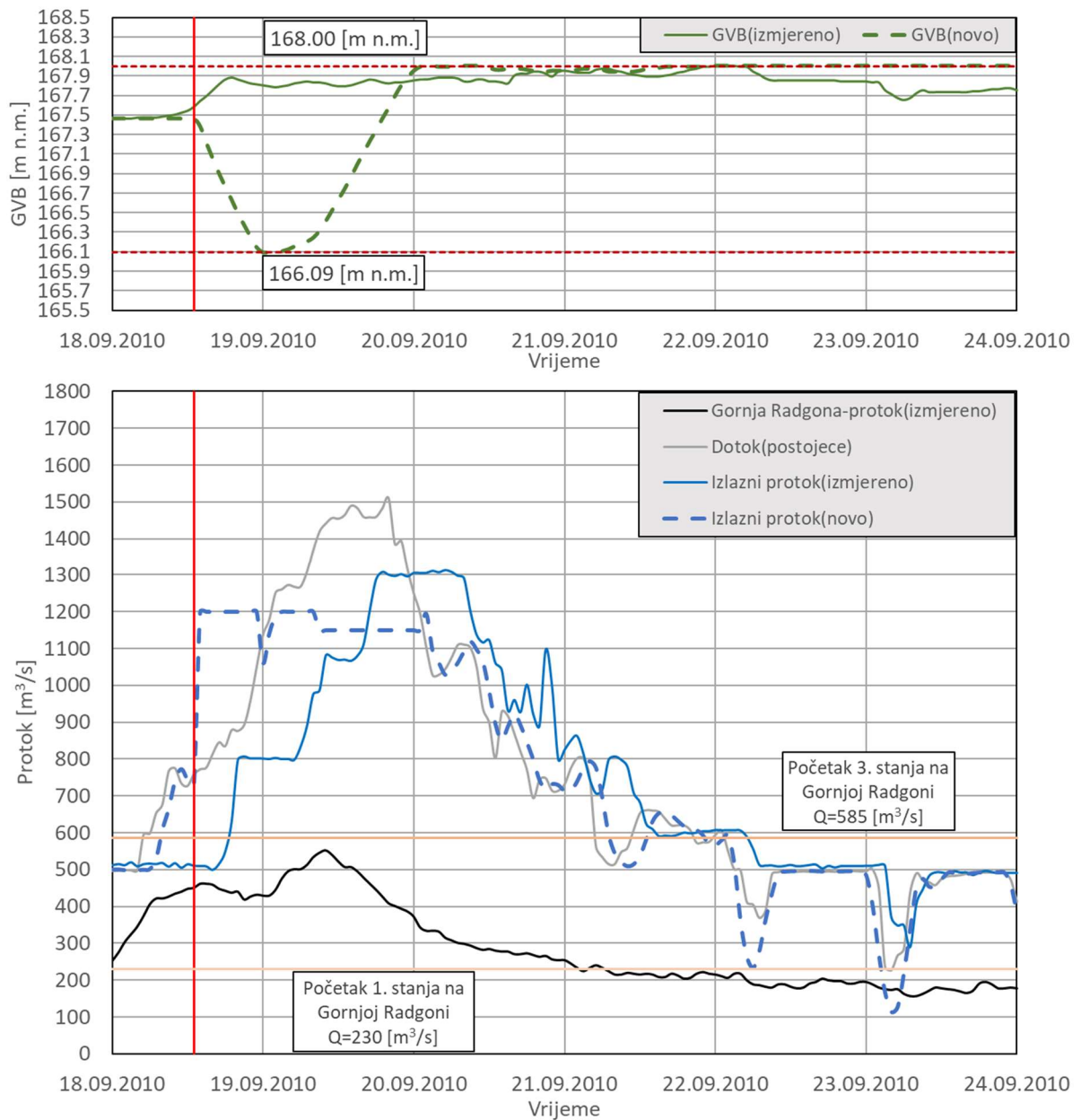
- Početak novog režima rada definiran je 2 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 17:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 3 dana i 13 [h] do 5.9.2014. u 00:00;



Slika 9.56 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2014_08

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

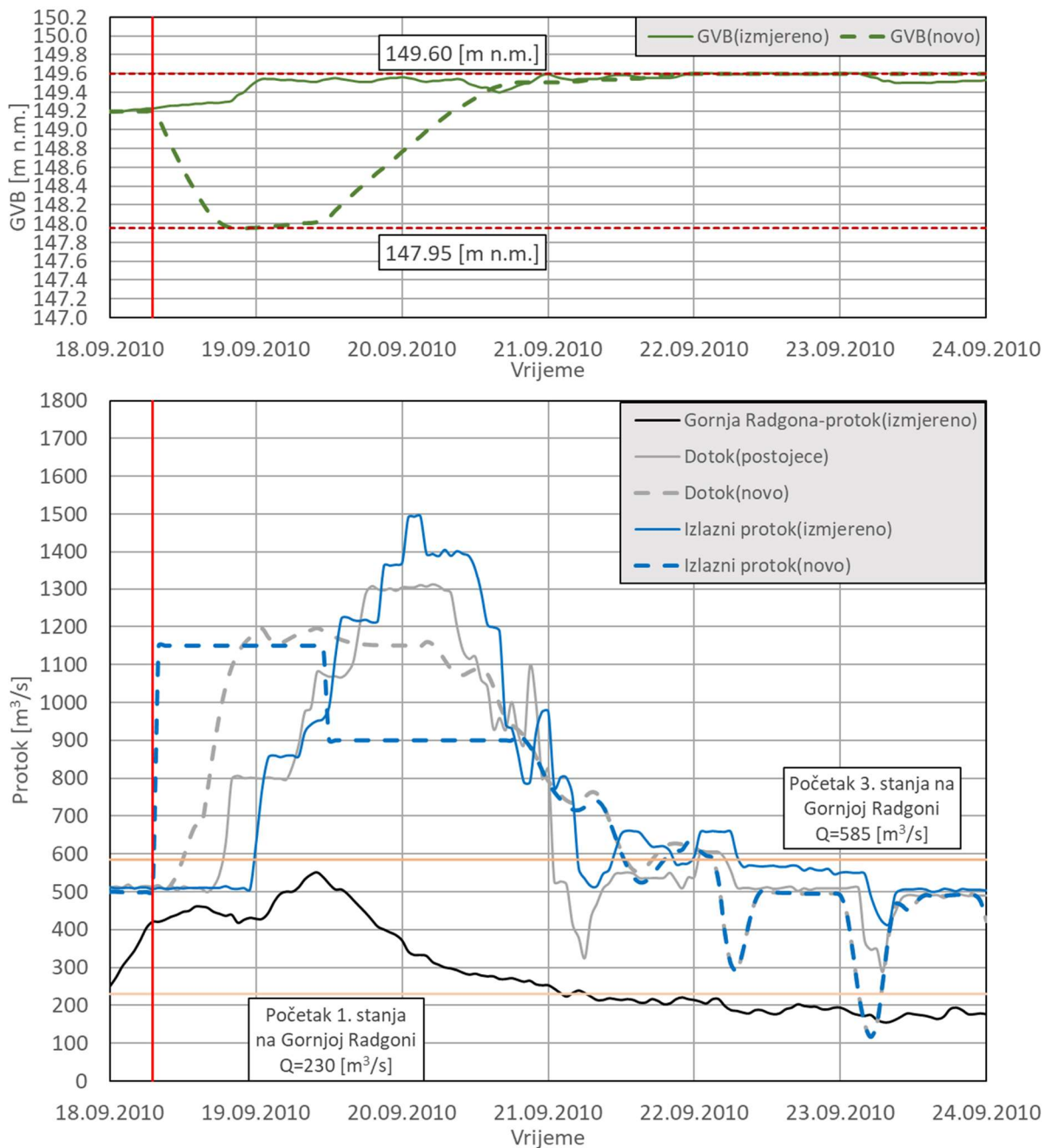
- Početak novog režima rada definiran je 5 [h] nakon pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 1.9.2014. 20:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 5 [h] do 3.9.2014. u 01:00;
- Od 3.9.2014. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 750 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 14 [h] do 5.9.2014. 16:00.



Slika 9.57 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2010_09

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2010_09, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

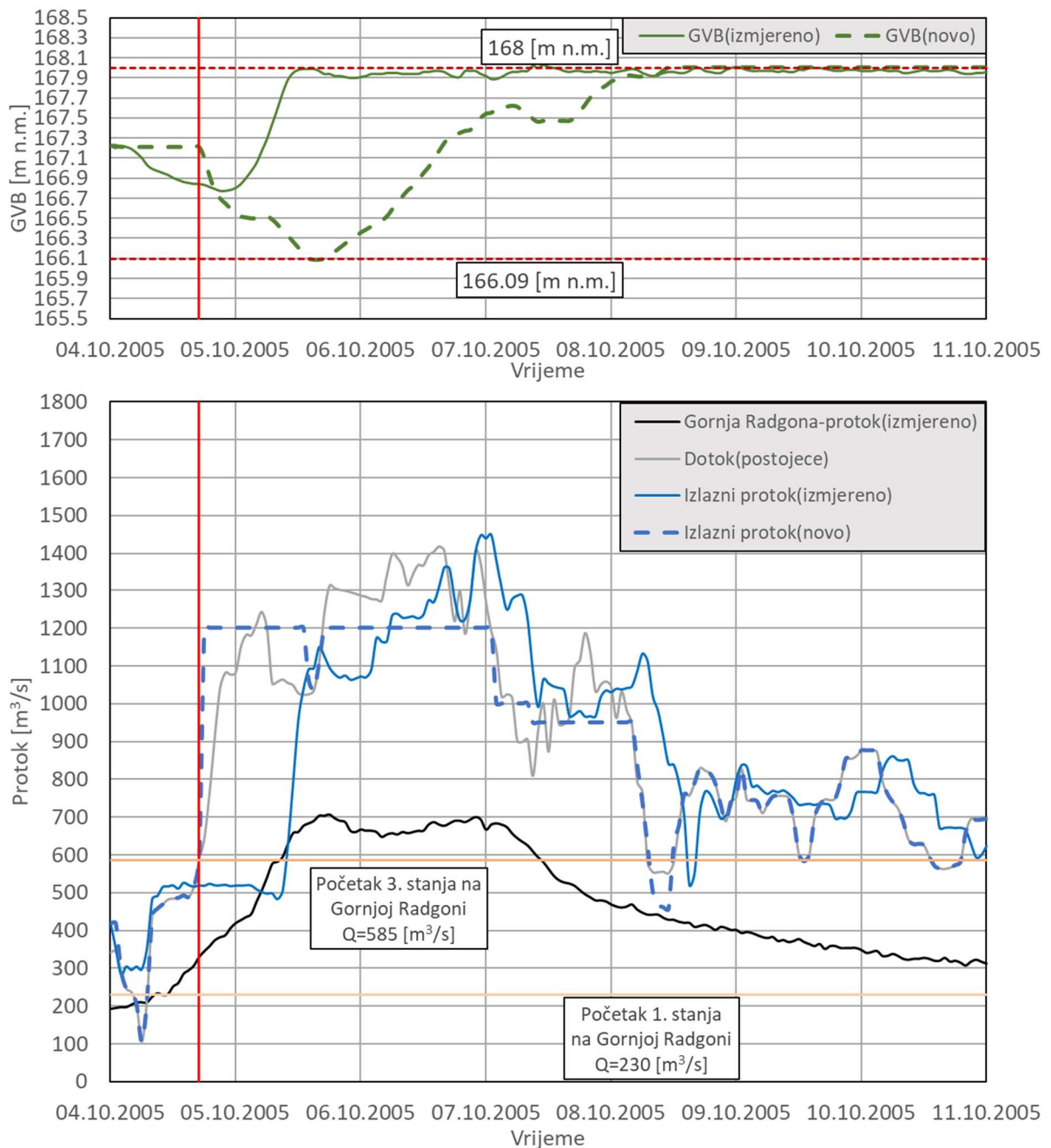
- Početak novog režima rada definiran je 20 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 14:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 18 [h] do 19.9.2010. u 08:00;
- Od 19.9.2010. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 18 [h] do 20.9.2010. 03:00



Slika 9.58 Usporedba izmjereneog i novog režima rada na HED za događaj 2010_09

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

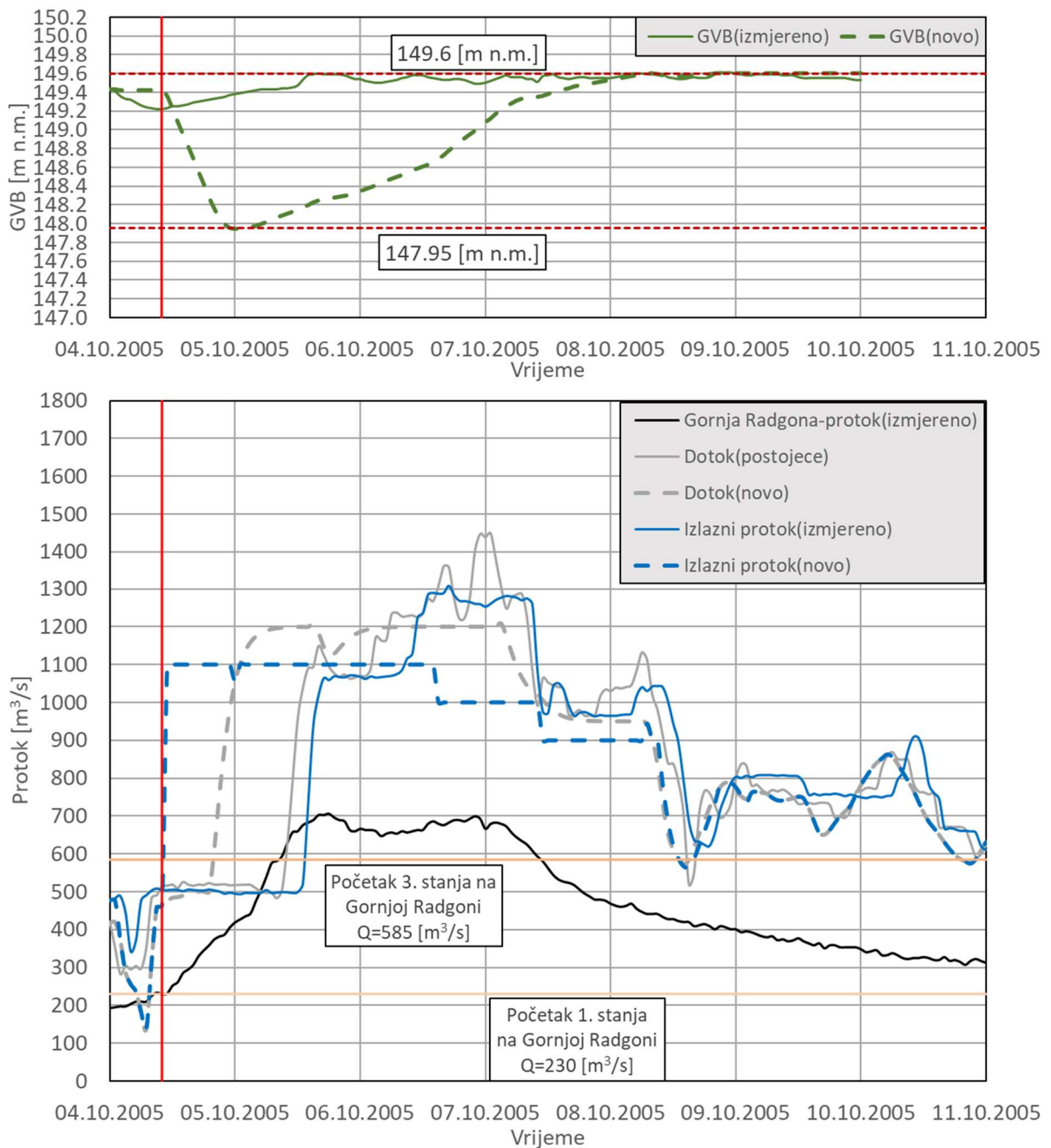
- Početak novog režima rada definiran je 1 dan i 2 [h] prije pojave vršnog protoka na h.p. Gornja Radgona
- Od 18.9.2010. 08:00 ukupni izlazni protok iznosi 1150 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 3 [h] do 19.9.2010. u 11:00;
- Od 19.9.2010. 12:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 6 [h] do 20.9.2010. 18:00;



Slika 9.59 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_10

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_10, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

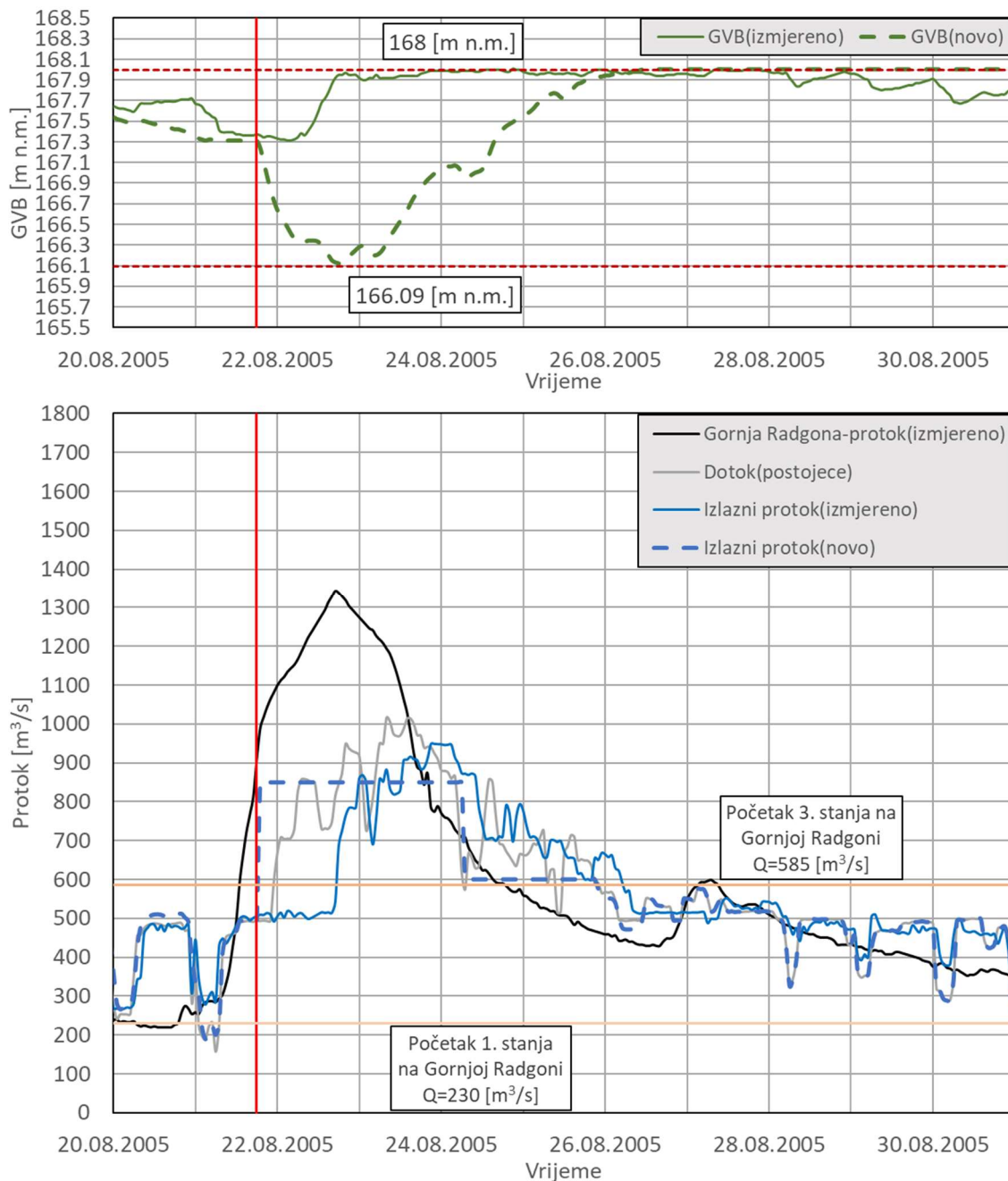
- Početak novog režima rada definiran je 13 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 4.10.2005. 18:00 ukupni izlazni protok iznosi 1200 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 7 [h] do 7.10.2005. u 01:00;
- Od 7.10.2005. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 6 [h] do 7.10.2005. 08:00;
- Od 7.10.2005. 09:00 ukupni izlazni protok iznosi 950 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 19 [h] do 8.10.2005. u 04:00.



Slika 9.60 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_10

Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

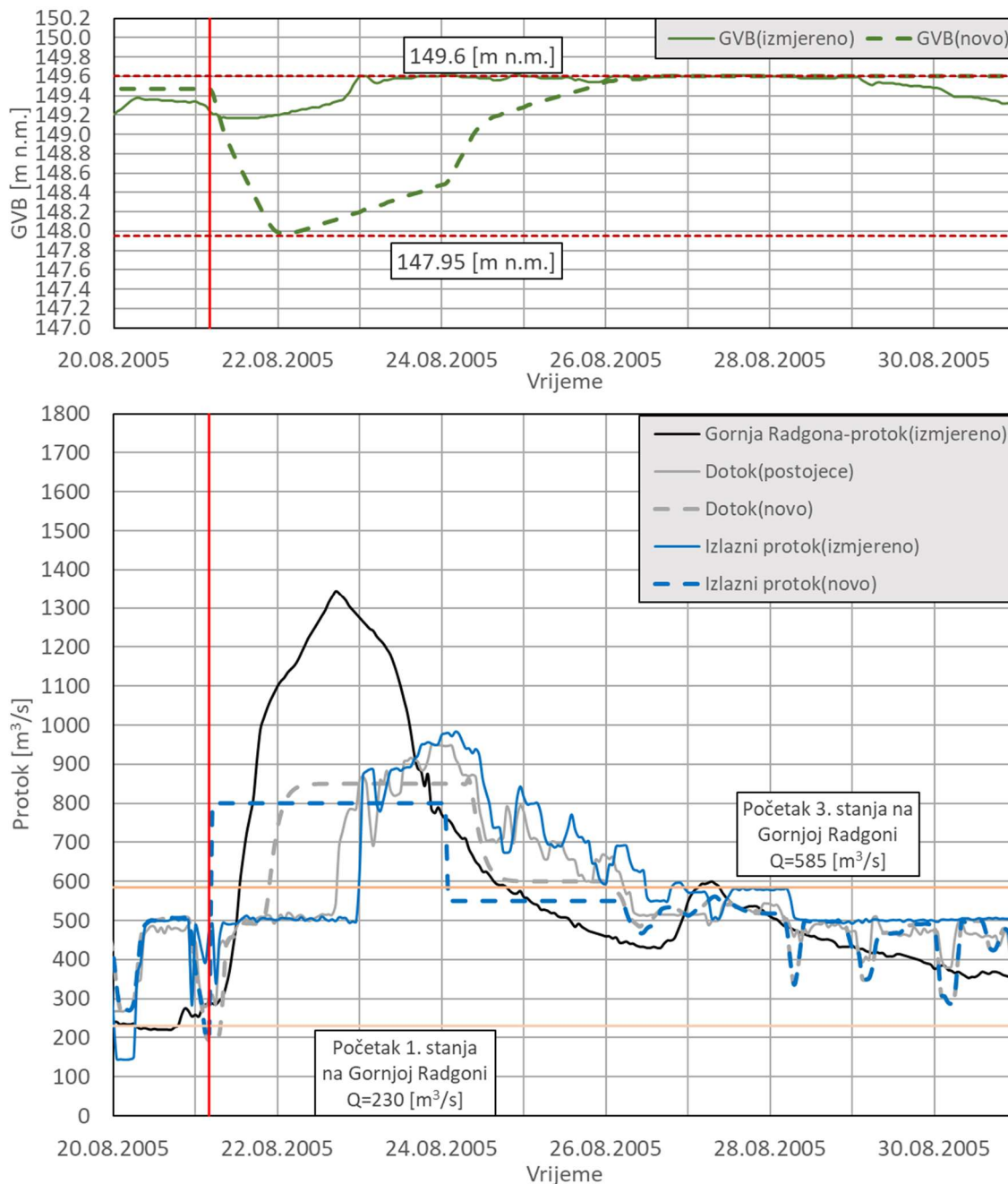
- Početak novog režima rada definiran je 20 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 4.10.2005. 11:00 ukupni izlazni protok iznosi 1100 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 3 [h] do 6.10.2005. 14:00;
- Od 6.10.2005. 15:00 ukupni izlazni protok iznosi 1000 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 19 [h] do 7.10.2005. 10:00.
- Od 7.10.2005. 11:00 ukupni izlazni protok iznosi 900 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 22 [h] do 8.10.2005. 09:00.



Slika 9.61 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HEČ za događaj 2005_08

Za izmjereni dotok zabilježen prilikom velikovodnog događaja 2005_08, na HEČ-u je primijenjen sljedeći novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 6 [h] nakon početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona;
- Od 21.8.2005. 19:00 ukupni izlazni protok iznosi 850 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 11 [h] do 24.8.2005. u 06:00;
- Od 24.8.2005. u 07:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz narednih 1 dan i 14 [h] do 25.8.2005. u 21:00;



Slika 9.62 Usporedba izmjerenog i novog režima rada na HED za događaj 2005_08

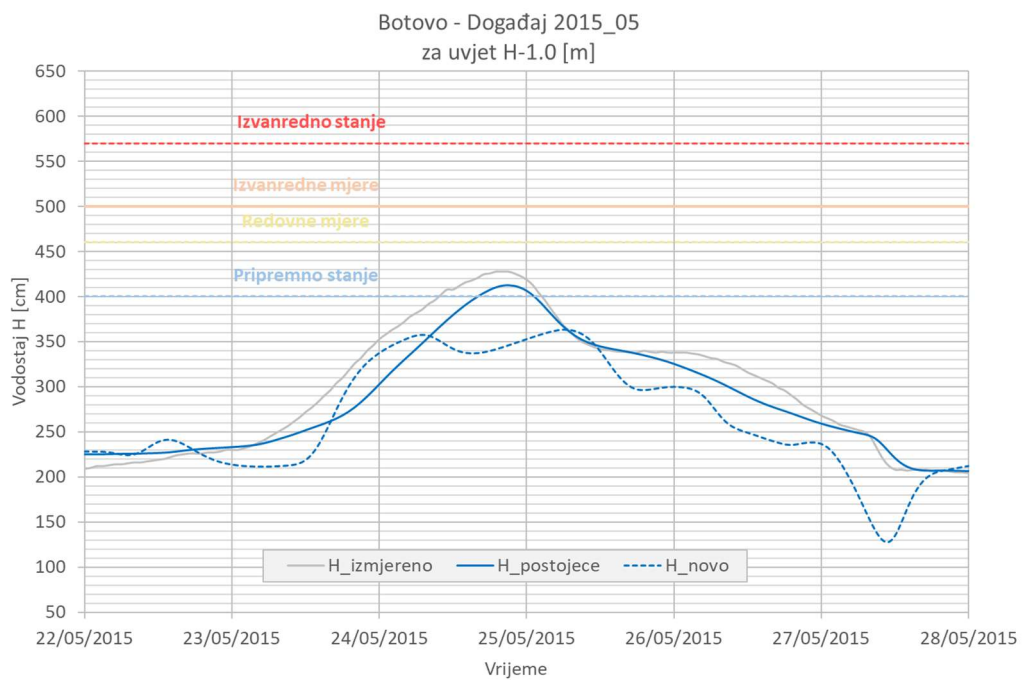
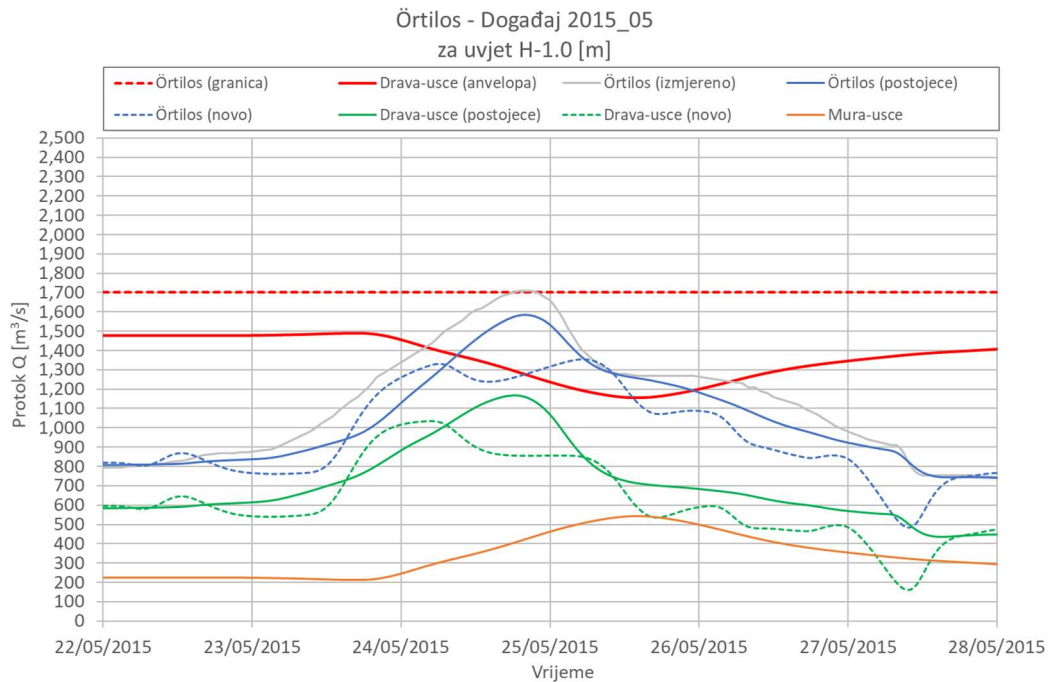
Dotok u jezero Dubrava uvjetovan je manipuliranjem protokom na HEČ-u te je na HED-u primijenjen novi režim rada:

- Početak novog režima rada definiran je 8 [h] prije početka 3. stanja na h.p. Gornja Radgona
- Od 21.8.2005. 05:00 ukupni izlazni protok iznosi 800 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 20 [h] do 24.8.2005. 01:00;

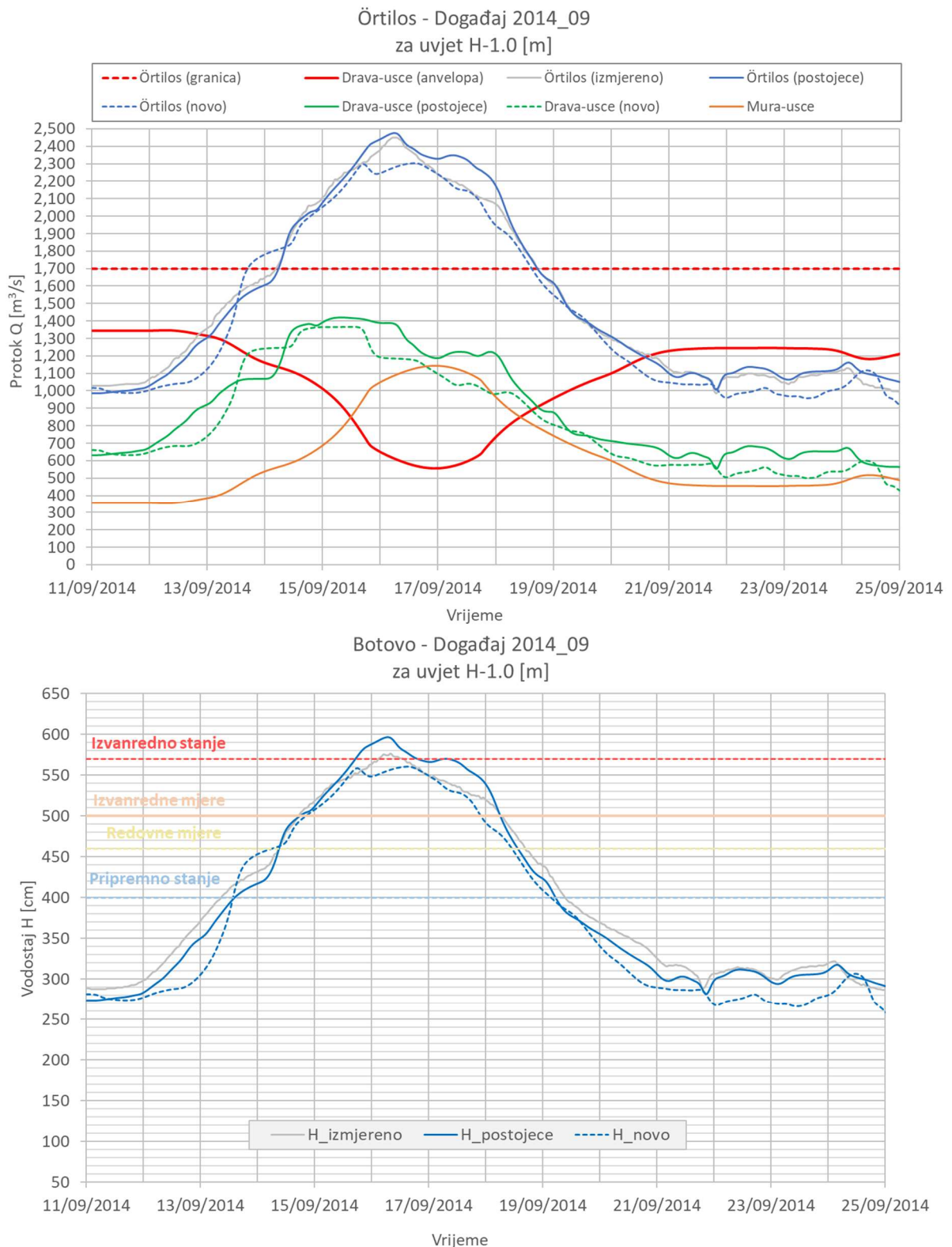
Od do 24.8.2005. 02:00 ukupni izlazni protok iznosi 600 [m³/s] te je ova vrijednost konstantna kroz naredna 2 dana i 3 [h] do 26.8.2005. 05:00.

9.4 REZULTATI NOVOG REŽIMA NA H.P. ÖRTILOS I H.P. BOTOVO

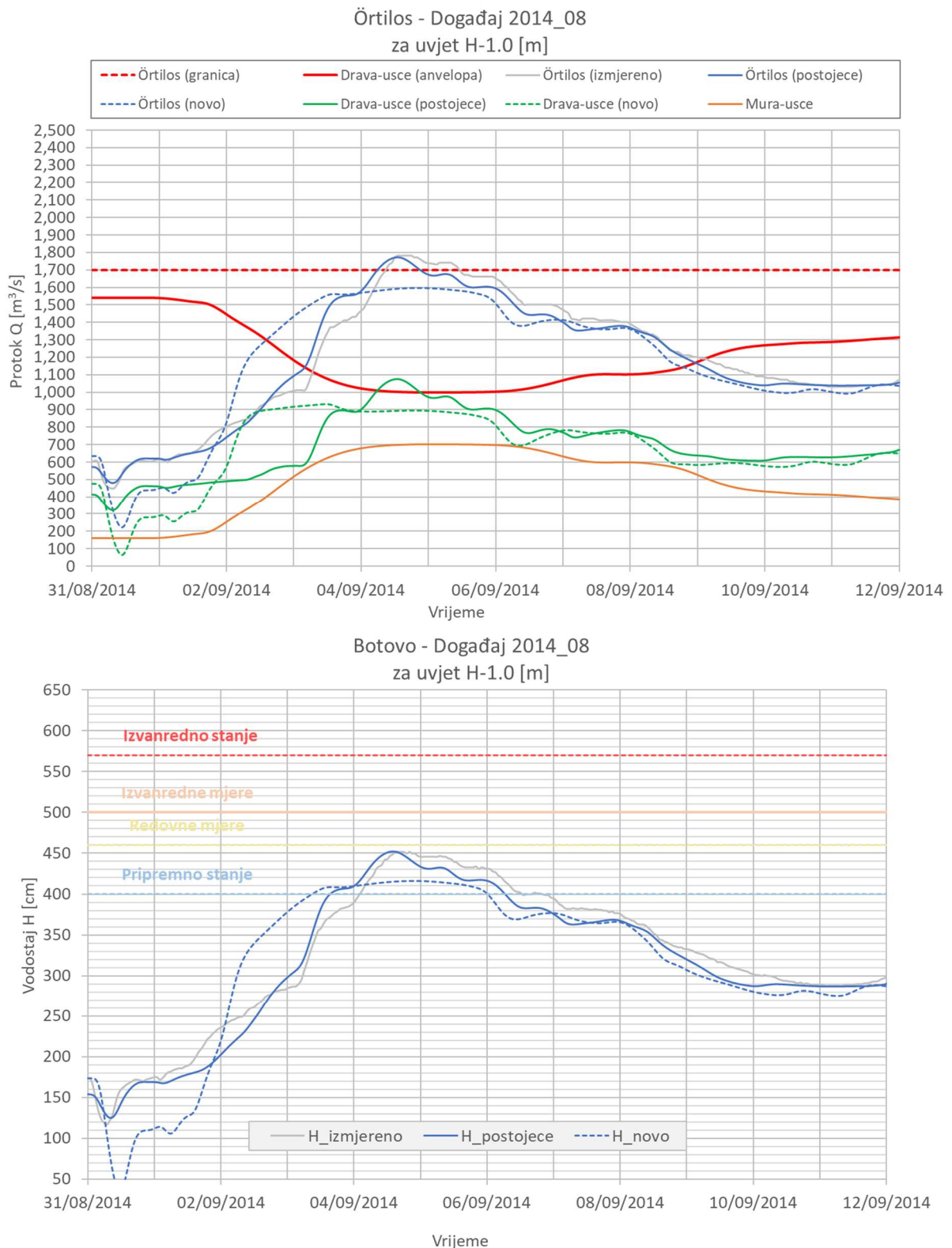
Varijanta H-1.0 [m]



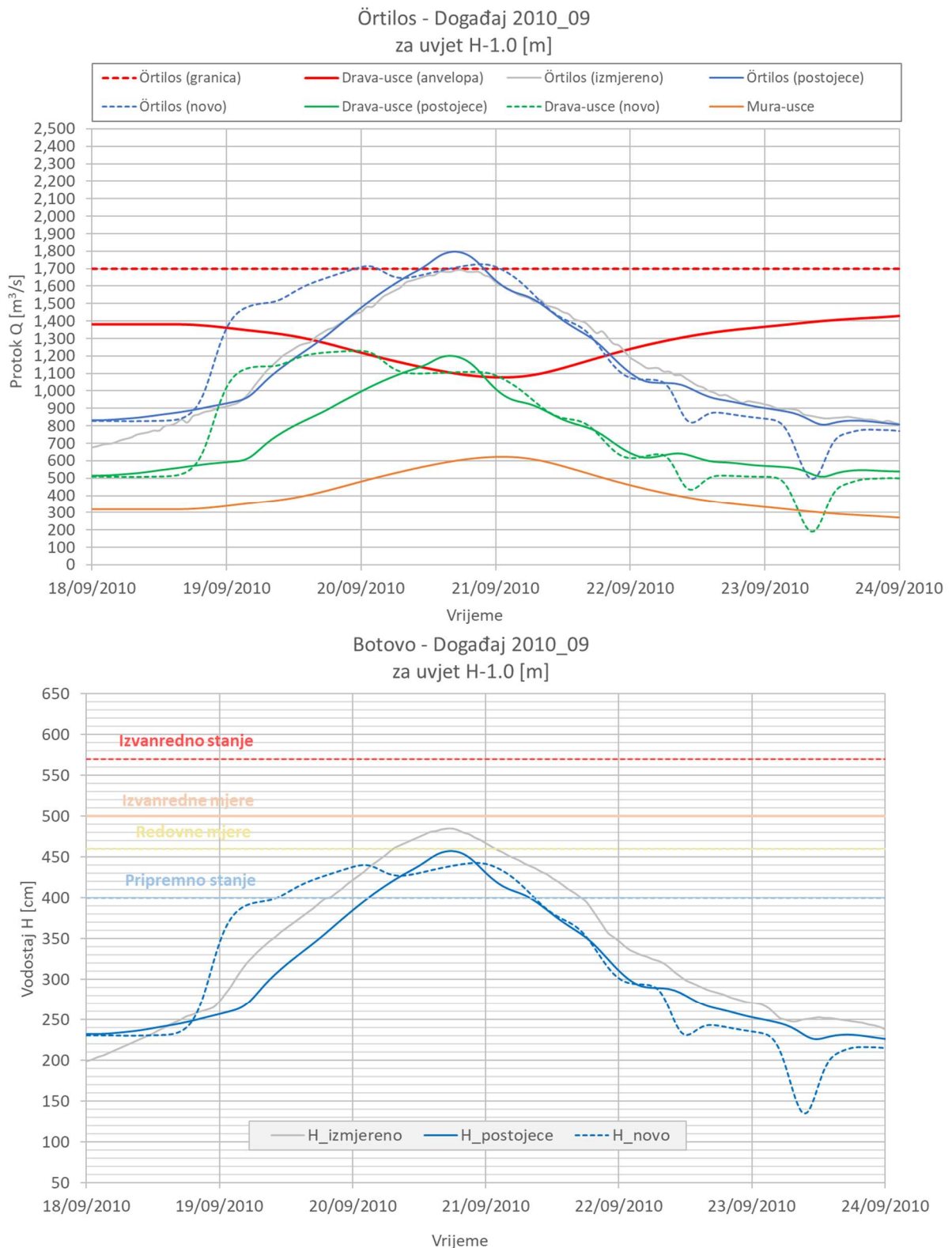
Slika 9.63 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05



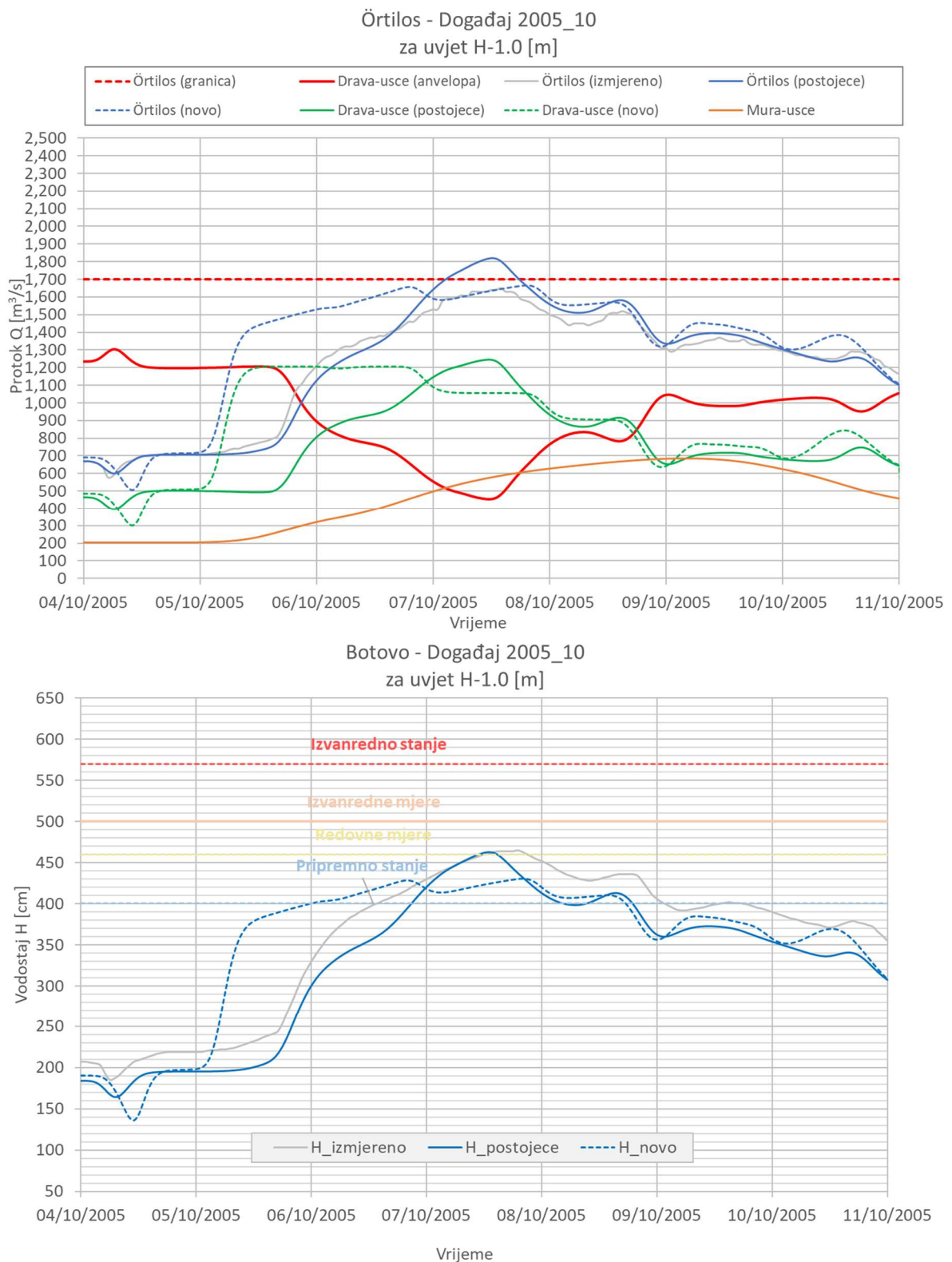
Slika 9.64 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09



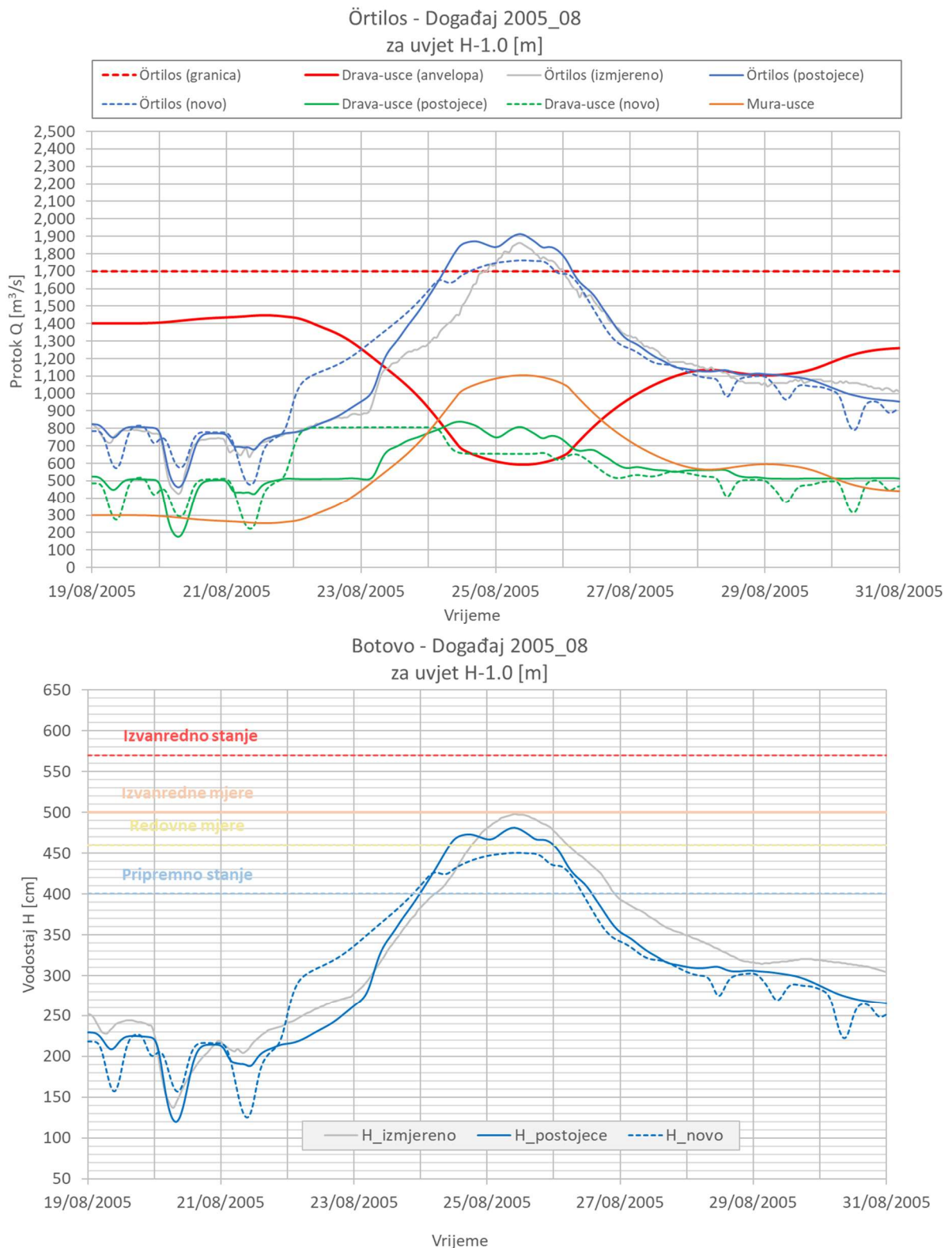
Slika 9.65 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08



Slika 9.66 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09

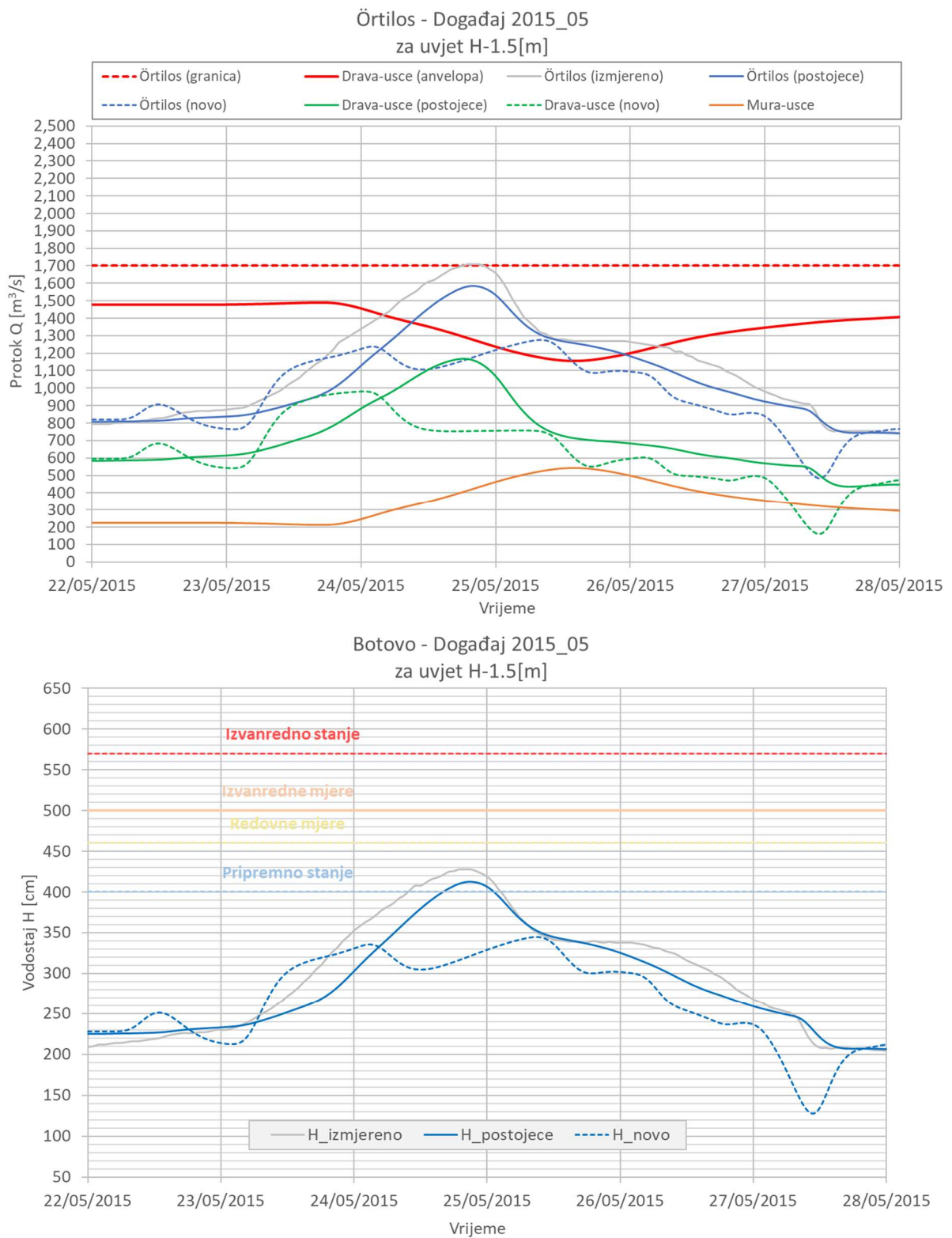


Slika 9.67 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10

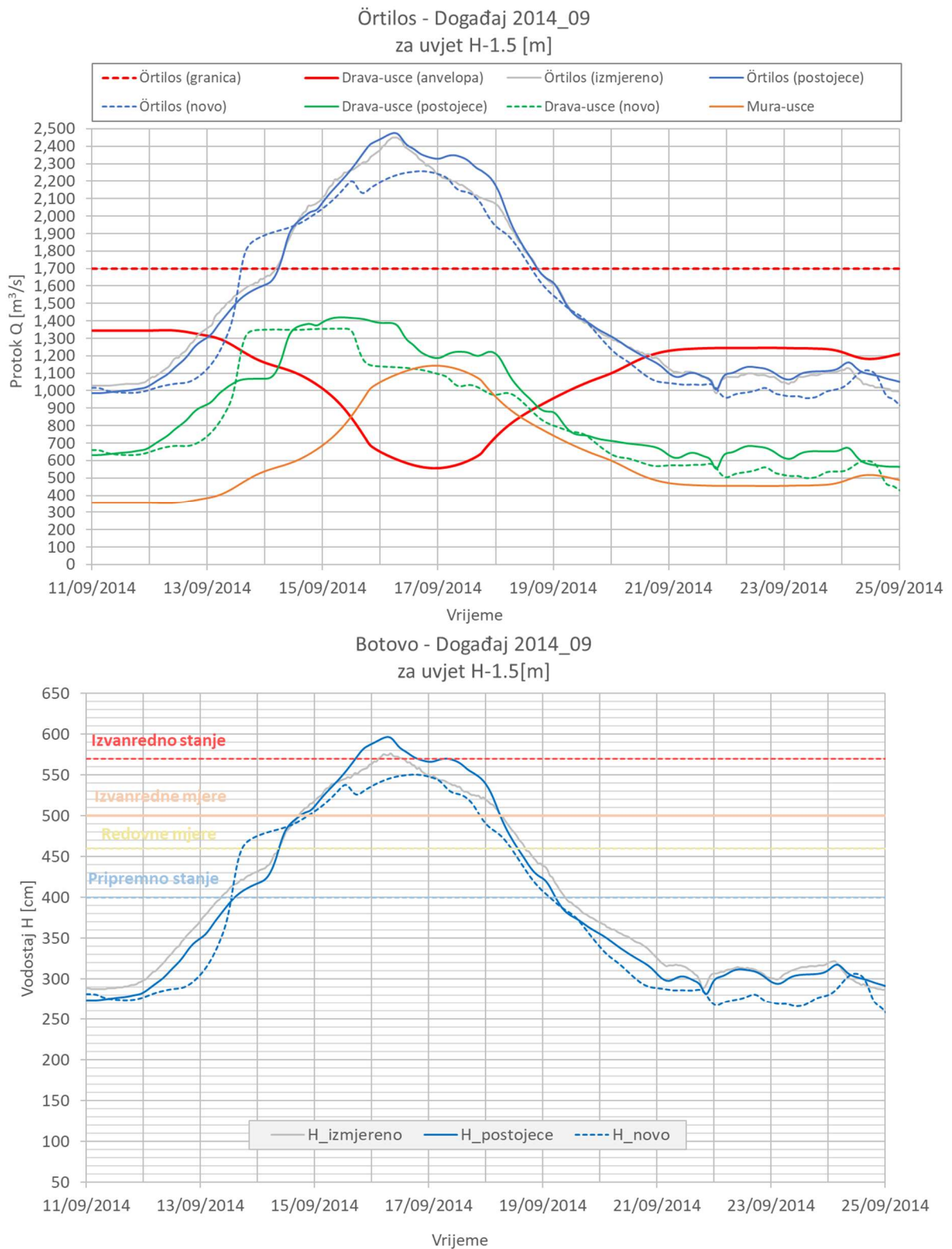


Slika 9.68 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08

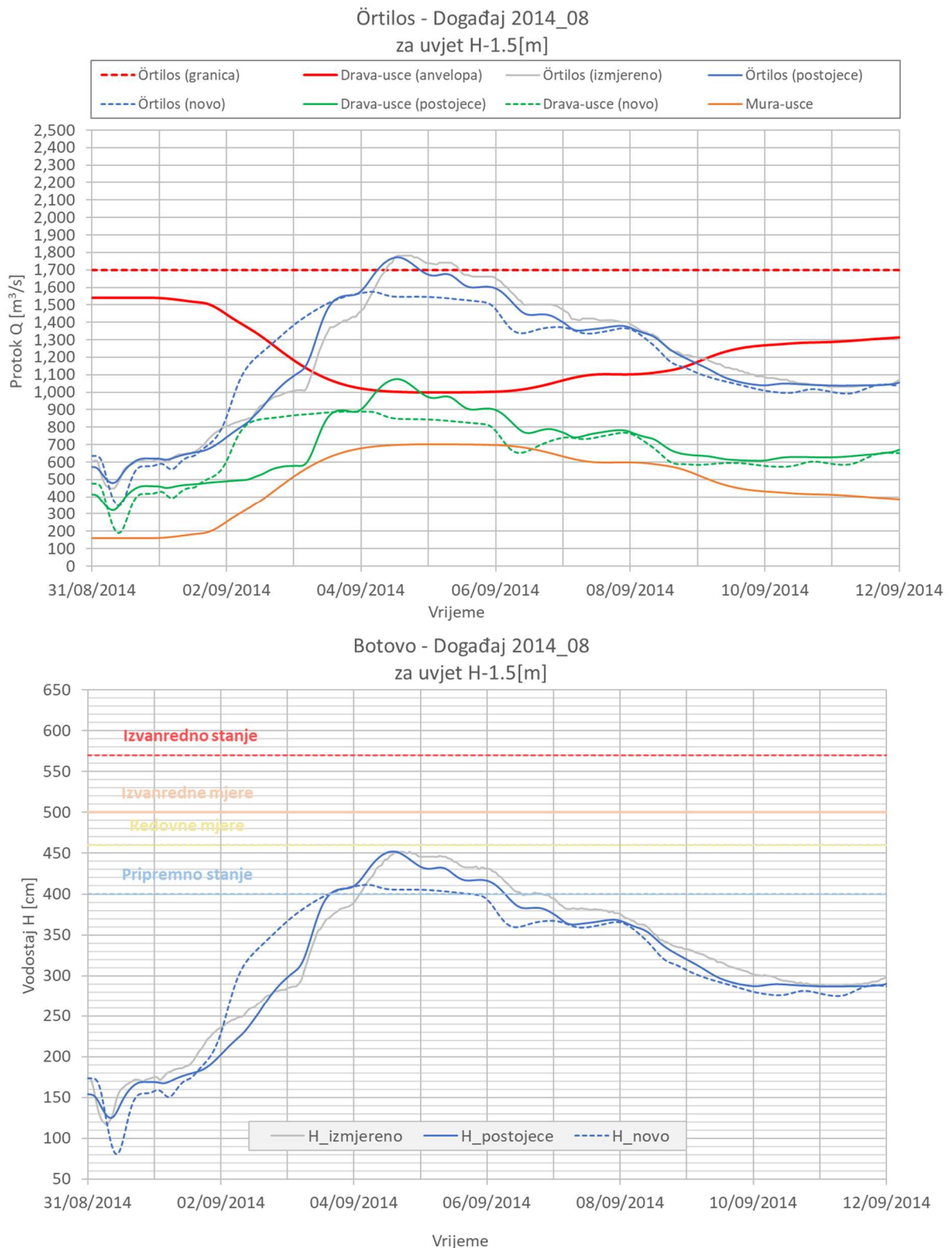
Varijanta H-1.5 [m]



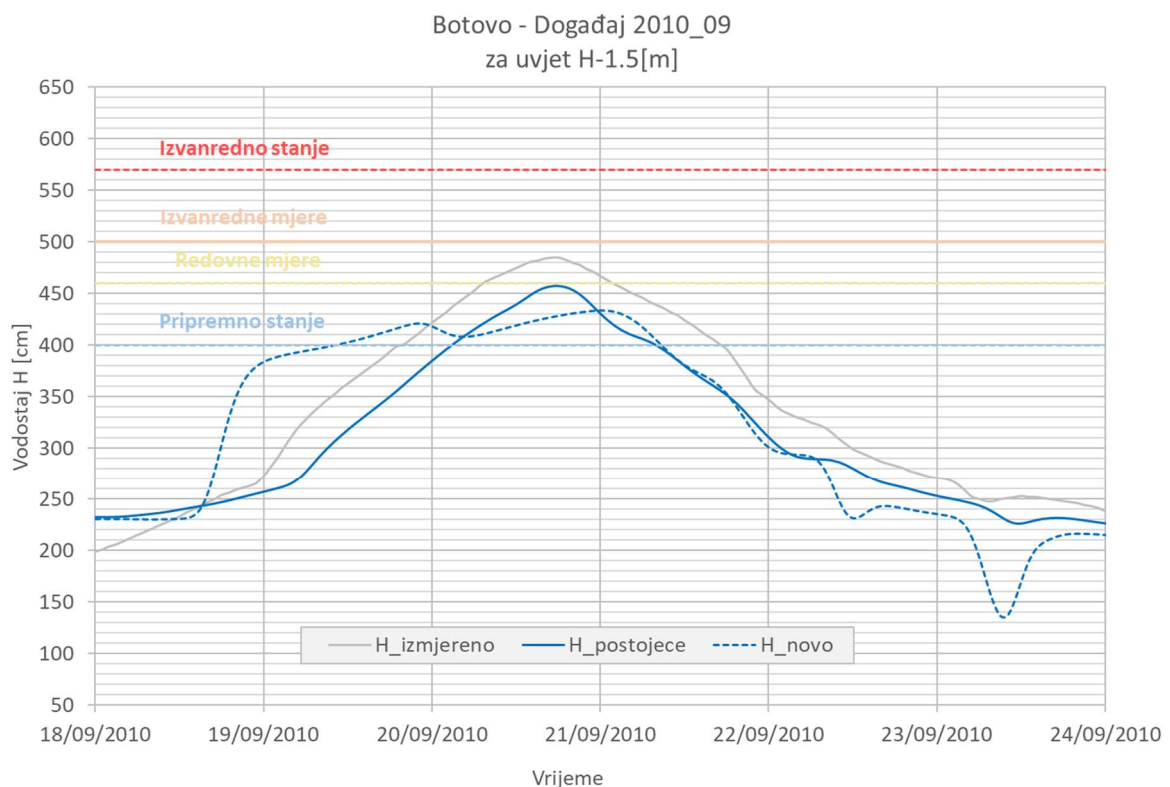
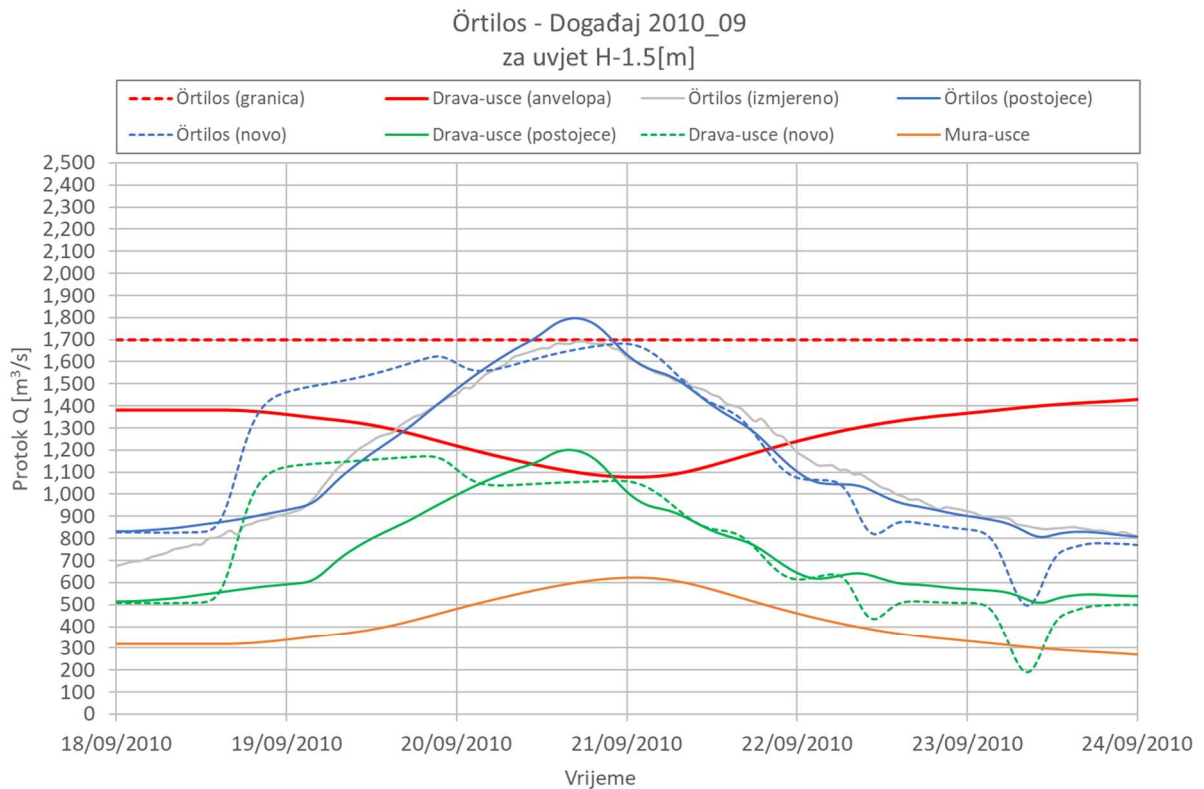
Slika 9.69 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05



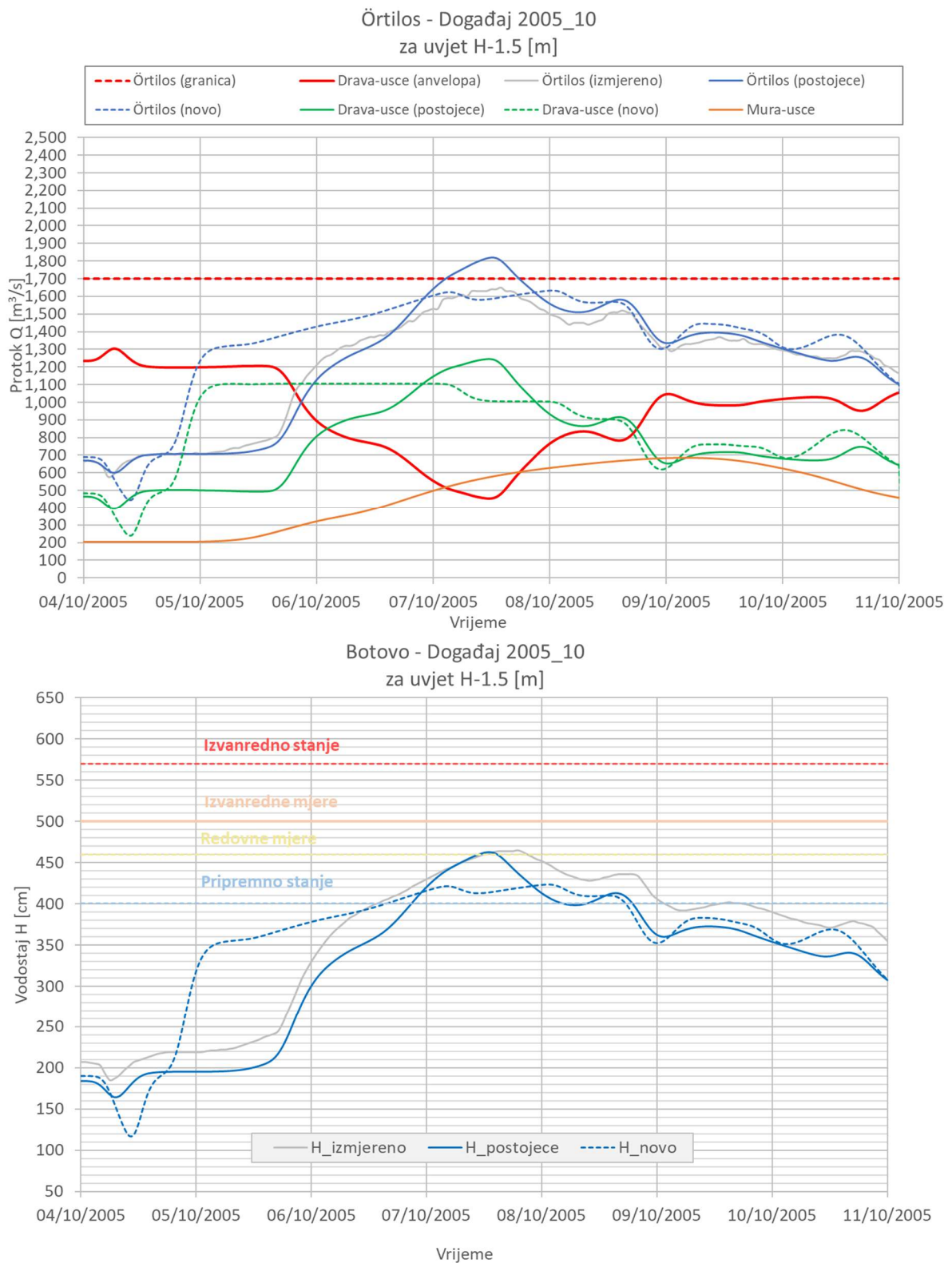
Slika 9.70 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09



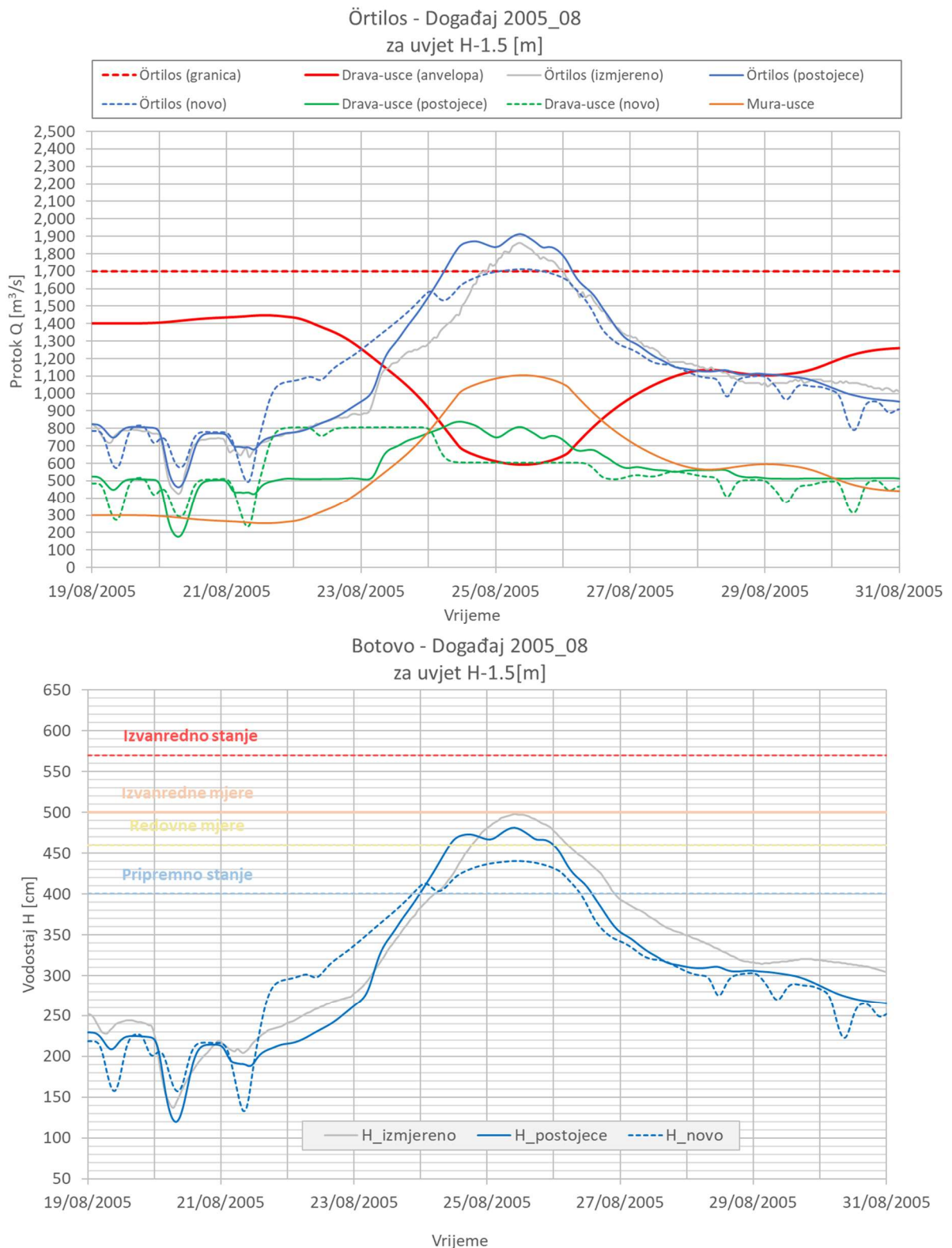
Slika 9.71 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08



Slika 9.72 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09

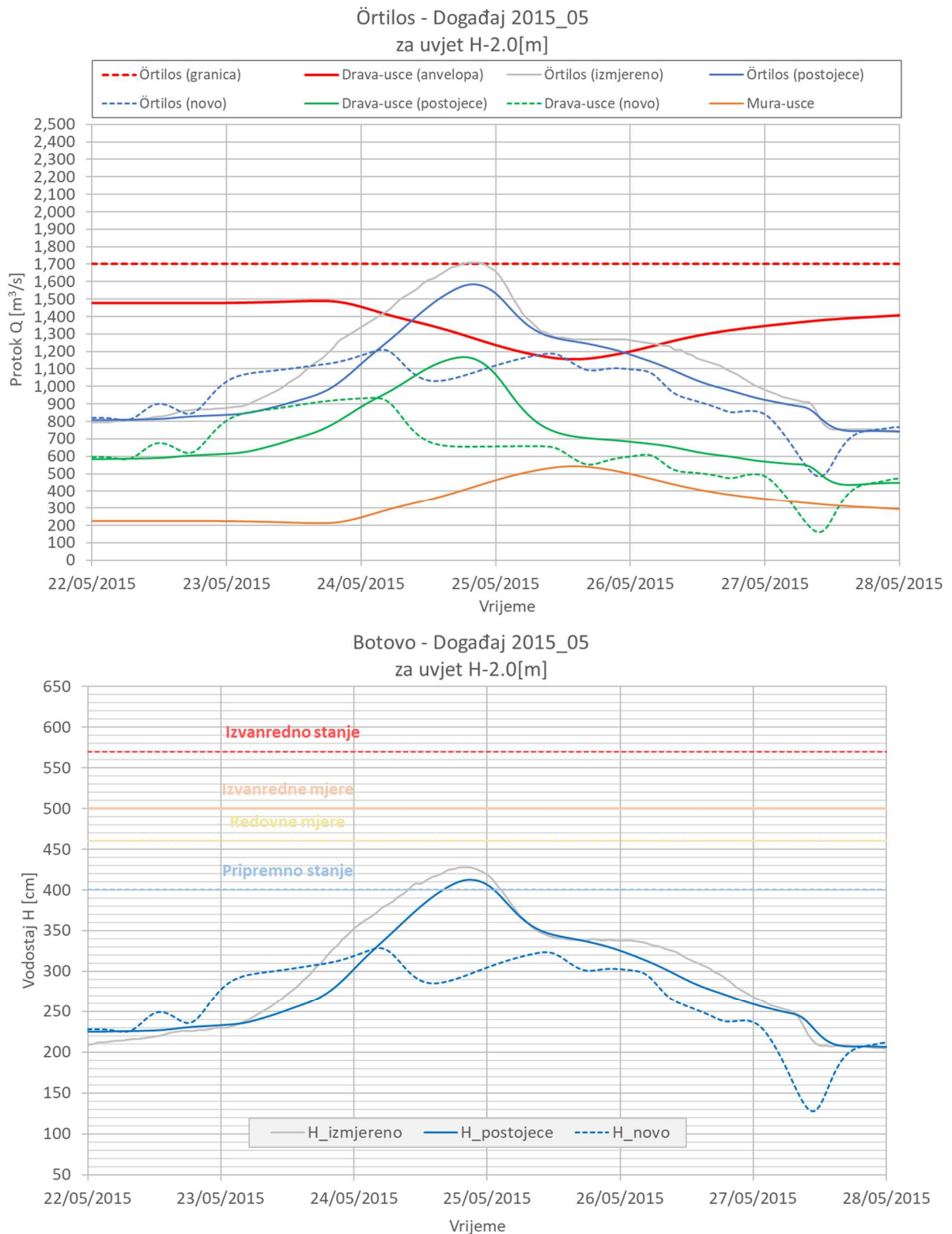


Slika 9.73 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10

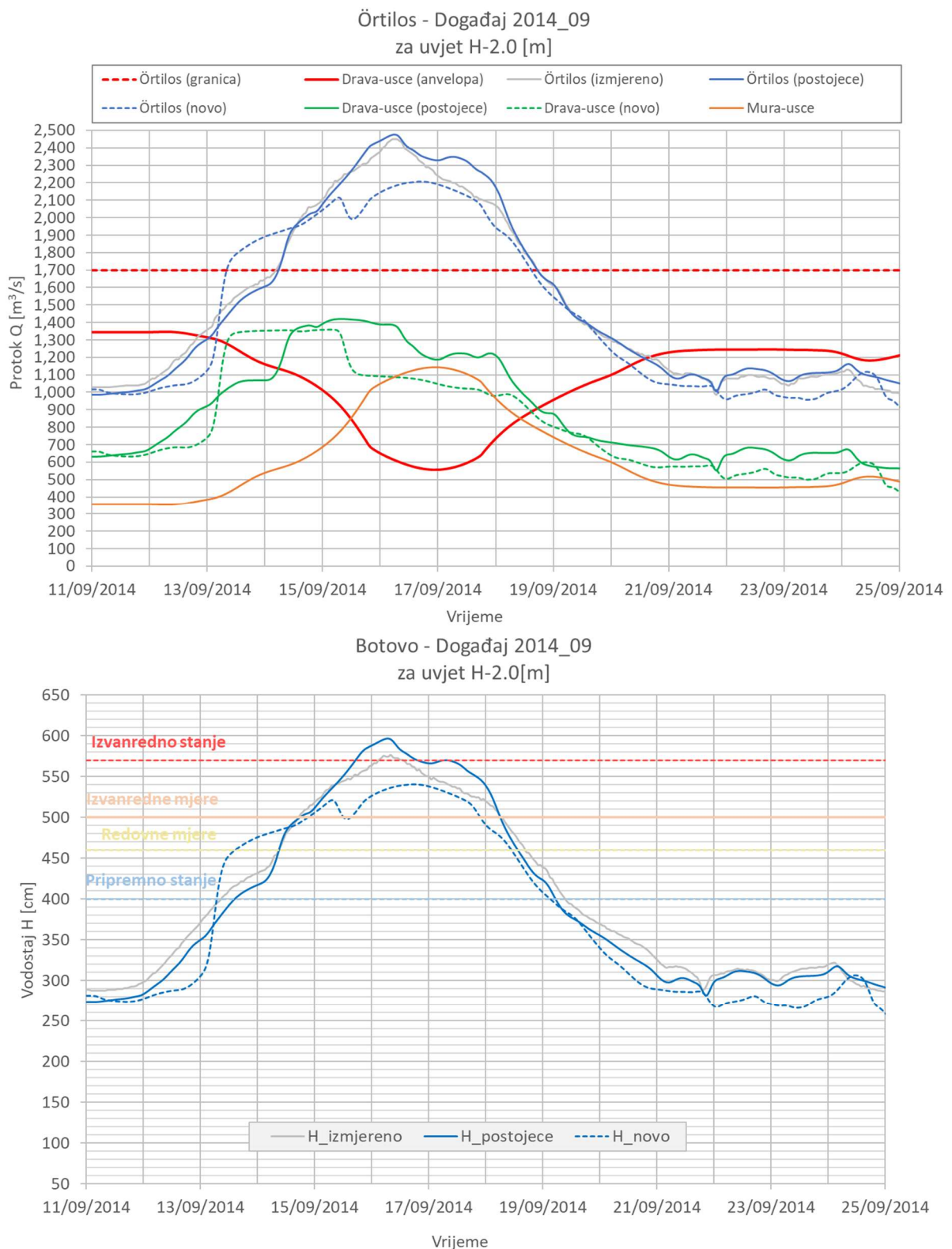


Slika 9.74 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08

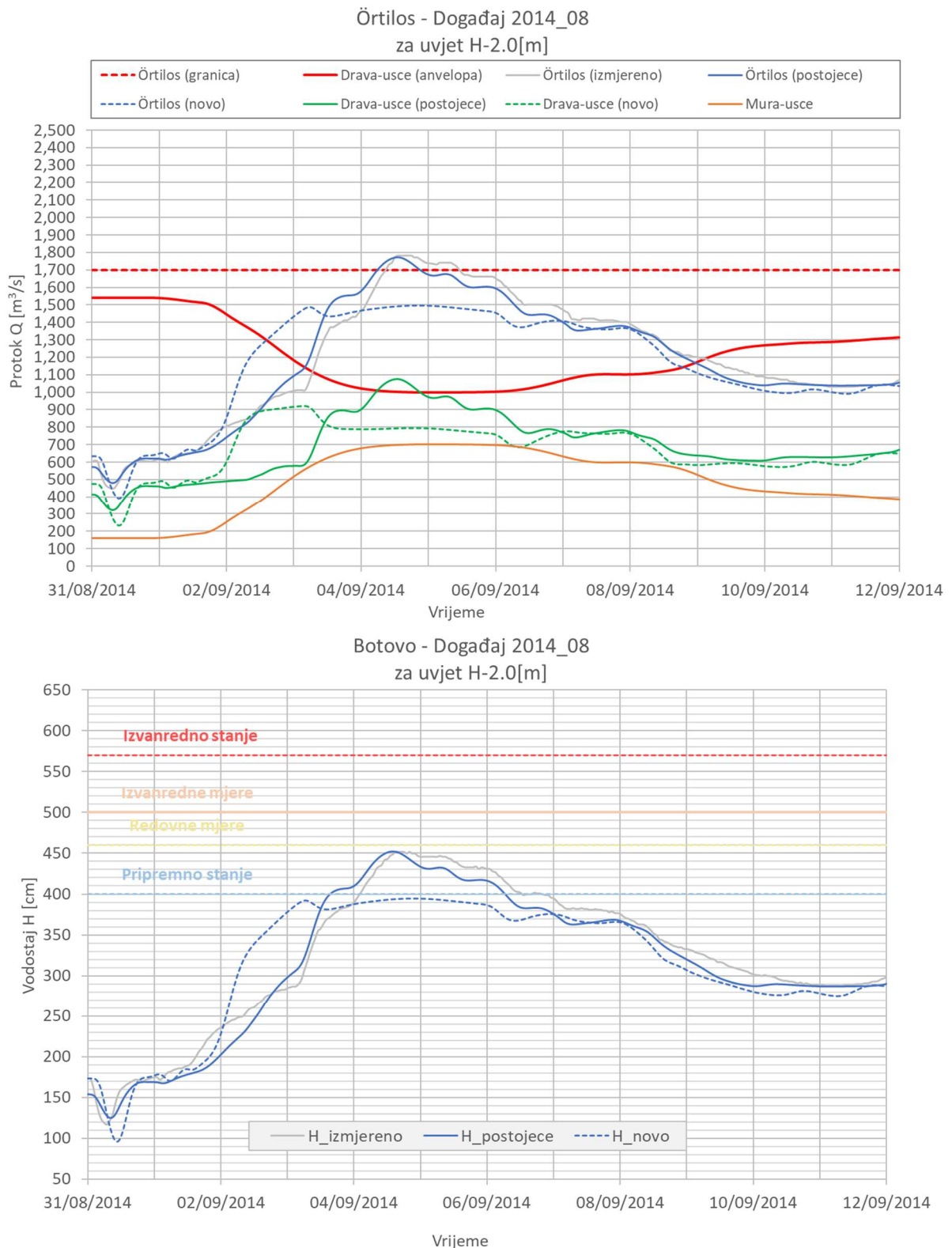
Varijanta H-2.0 [m]



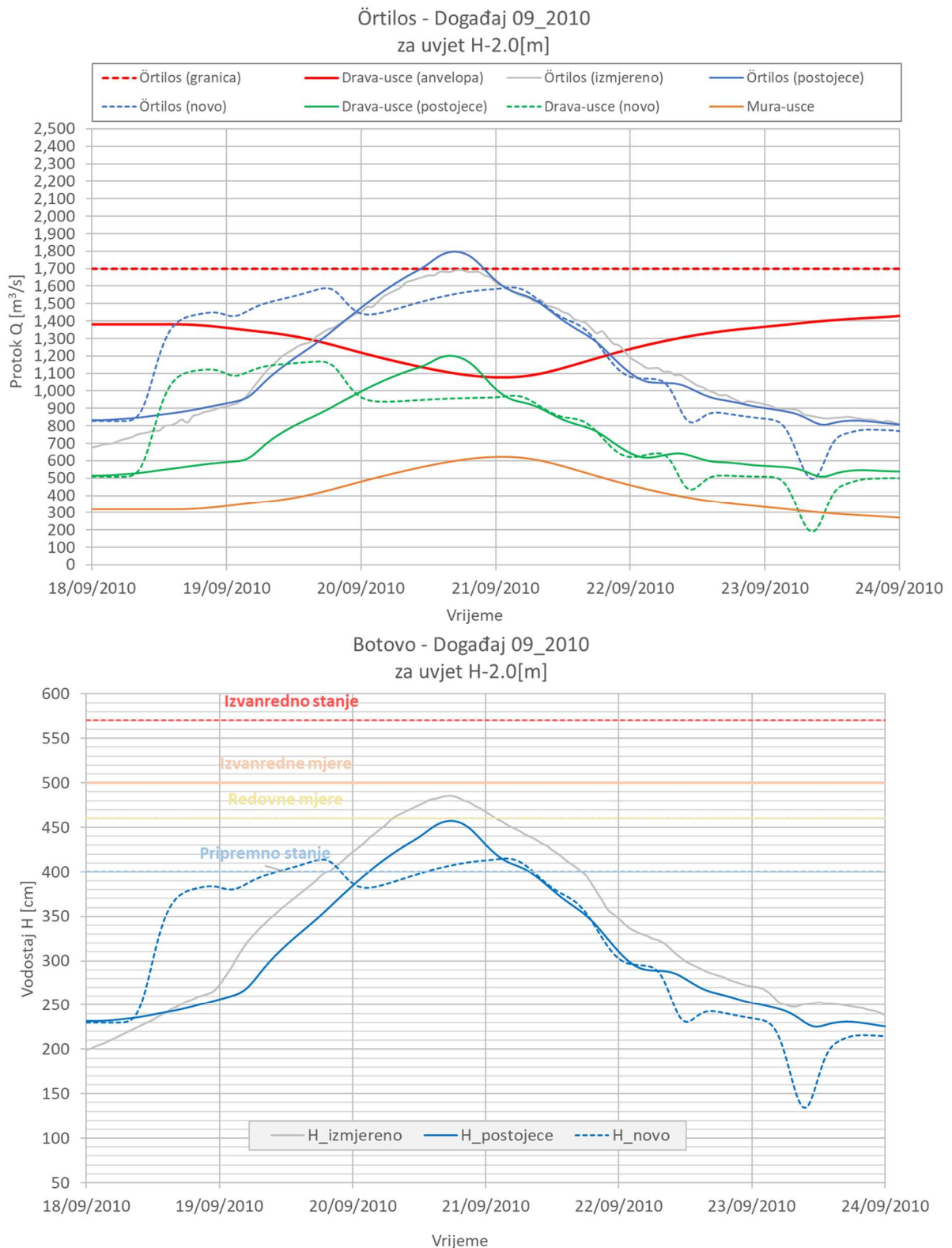
Slika 9.75 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05



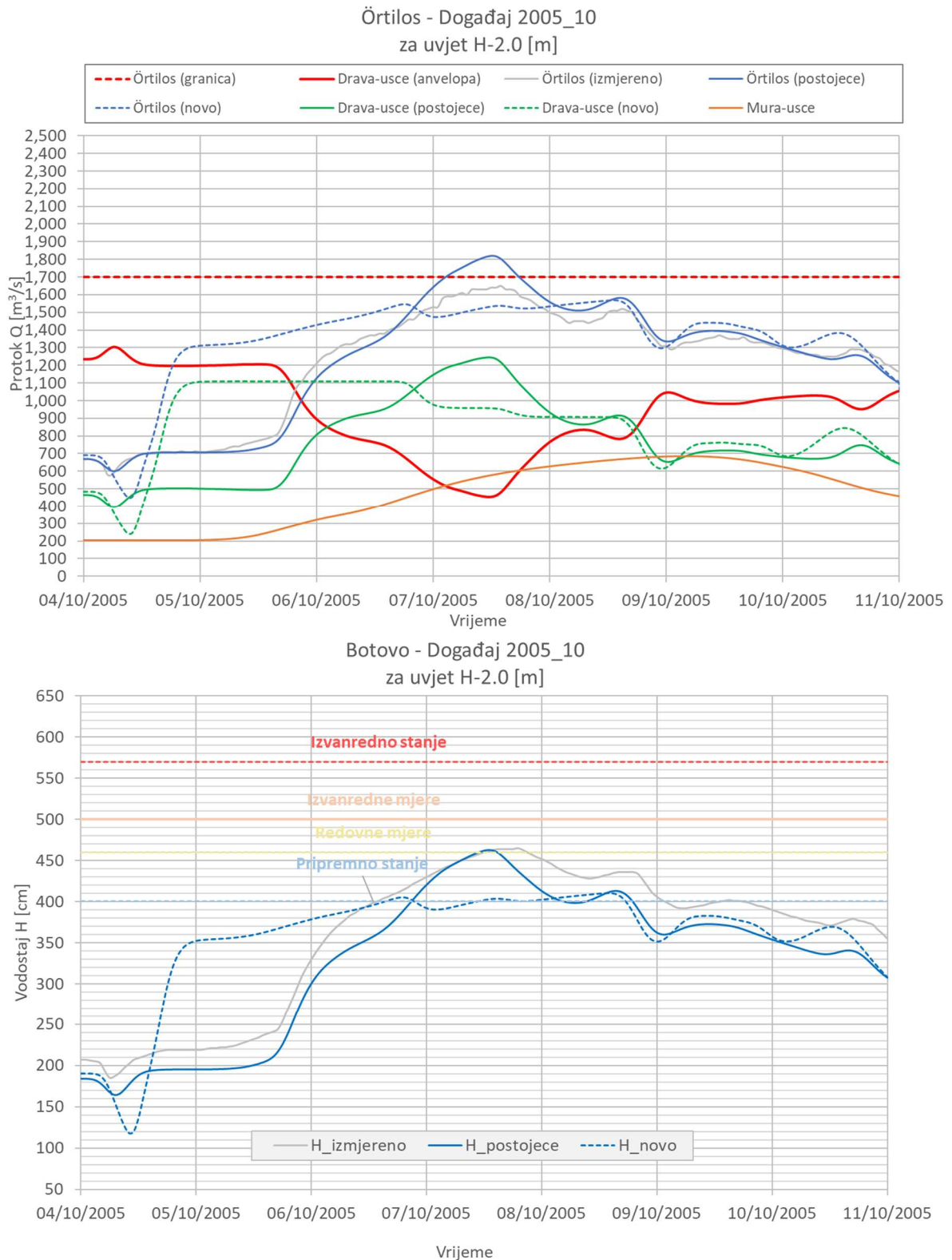
Slika 9.76 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09



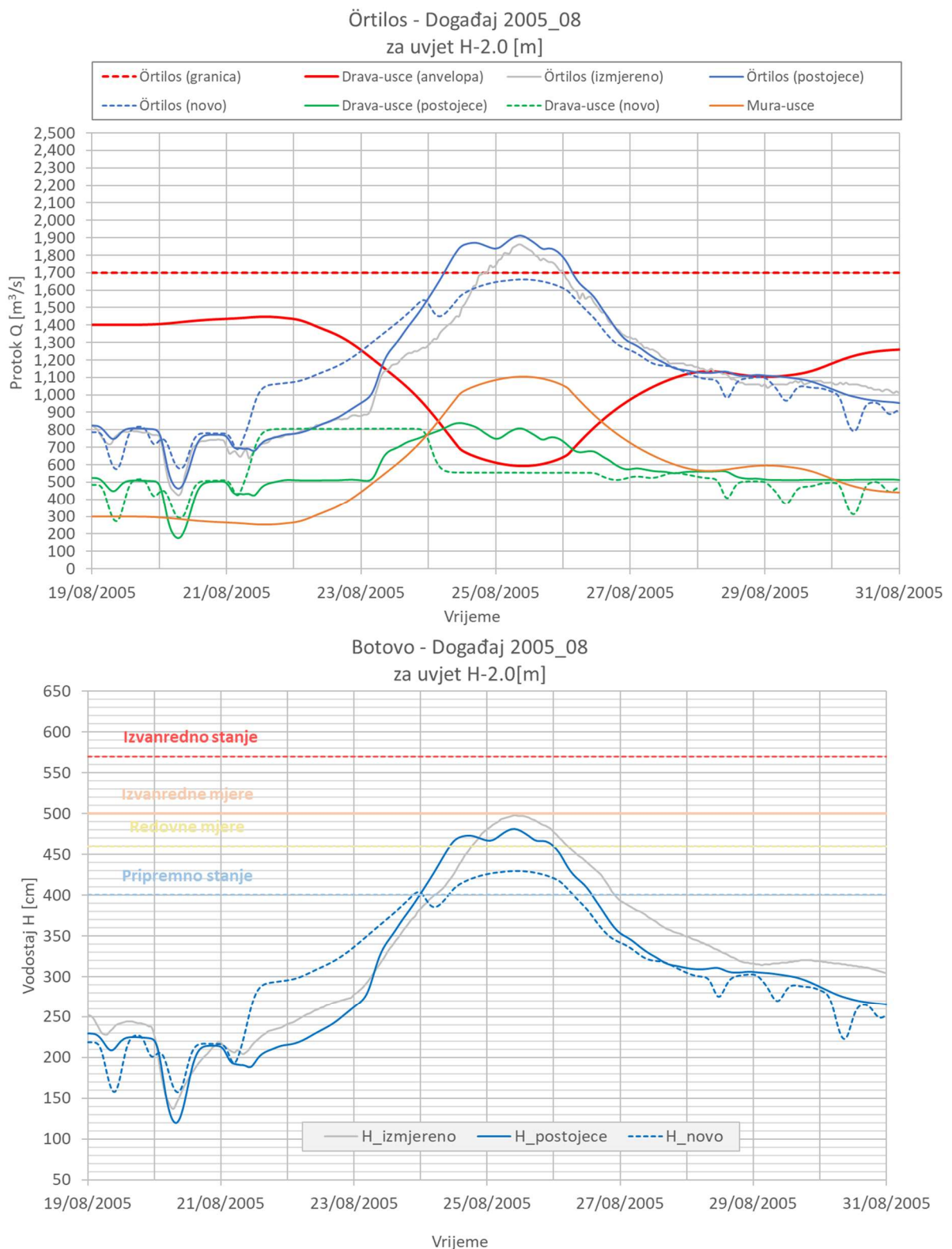
Slika 9.77 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08



Slika 9.78 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09

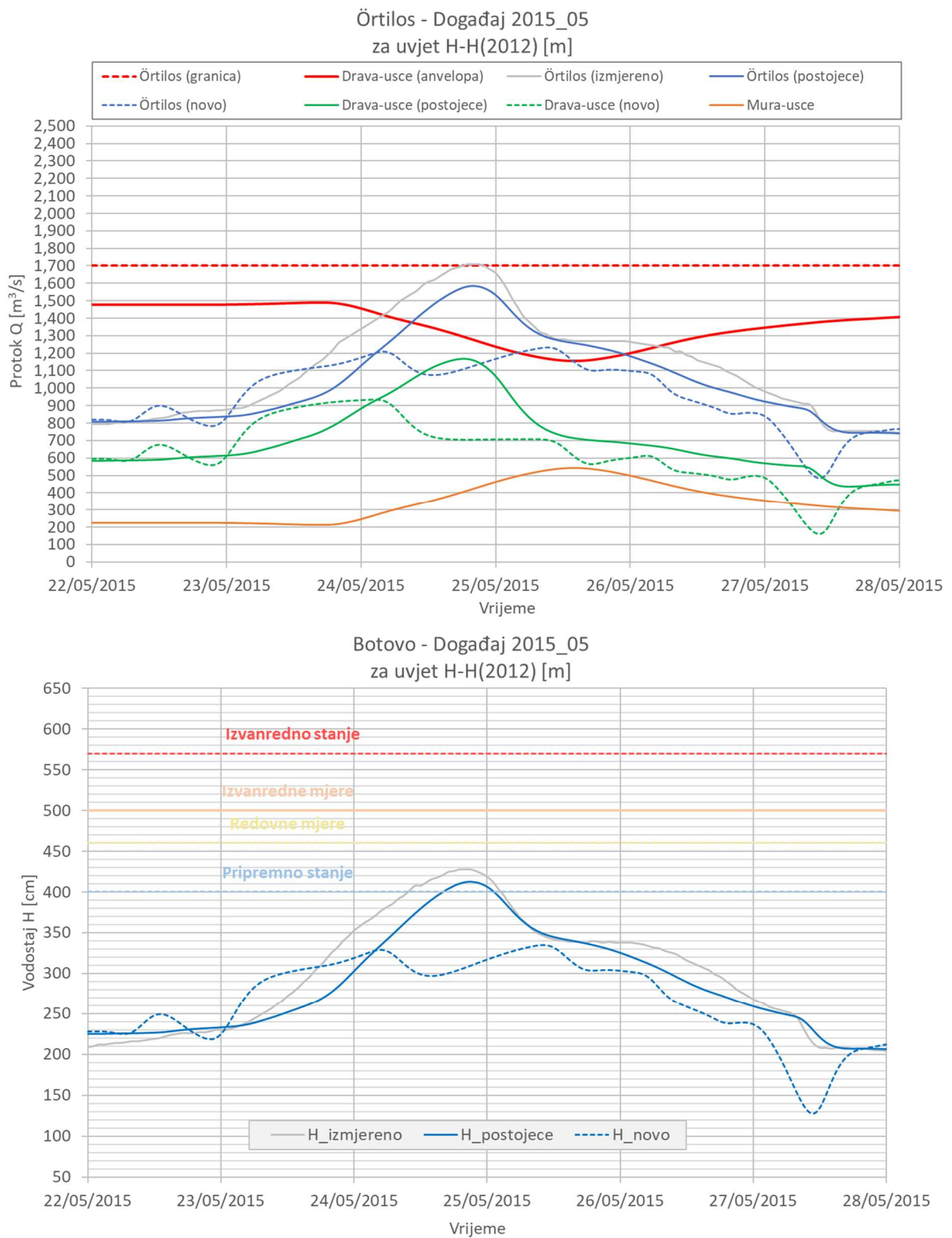


Slika 9.79 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10

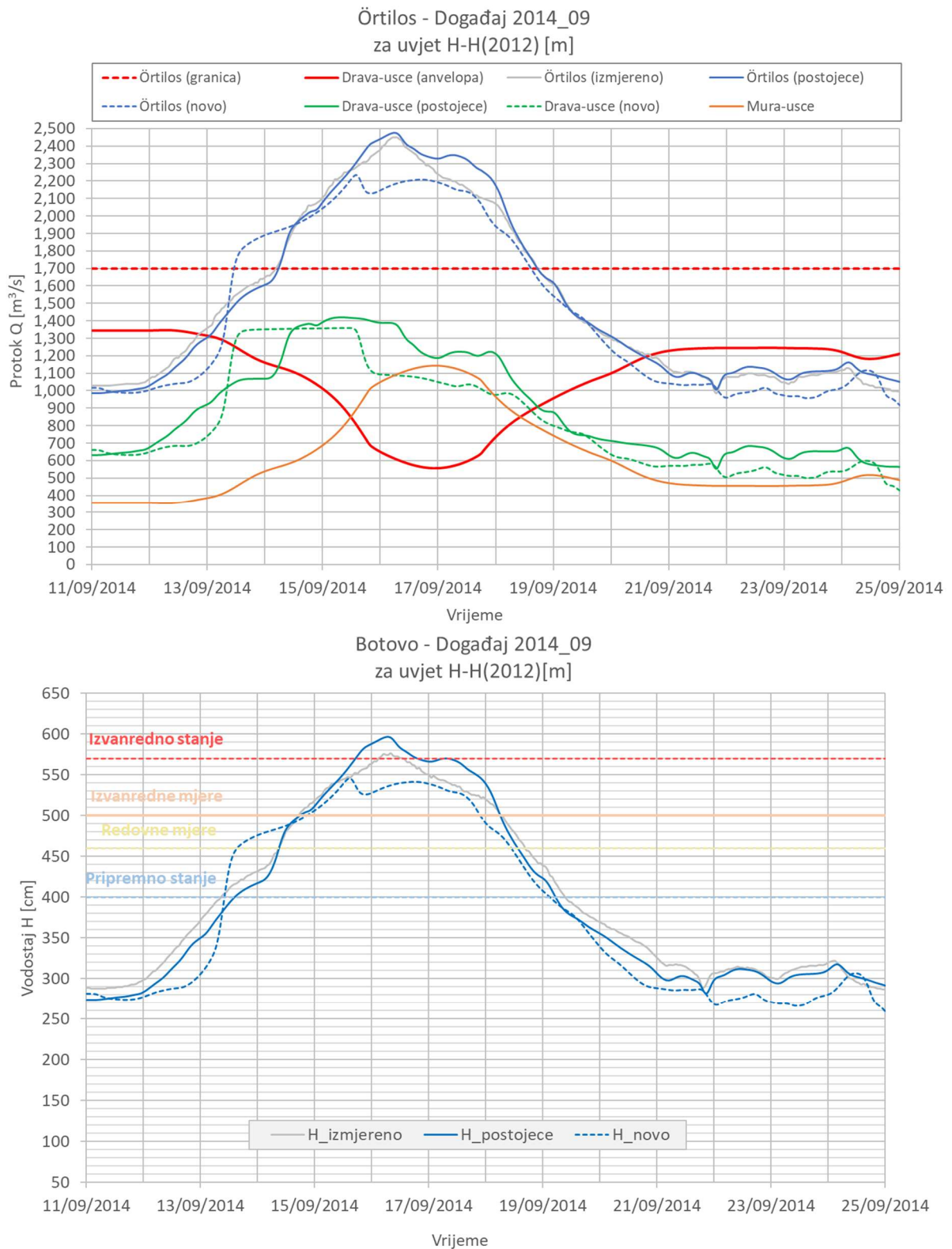


Slika 9.80 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08

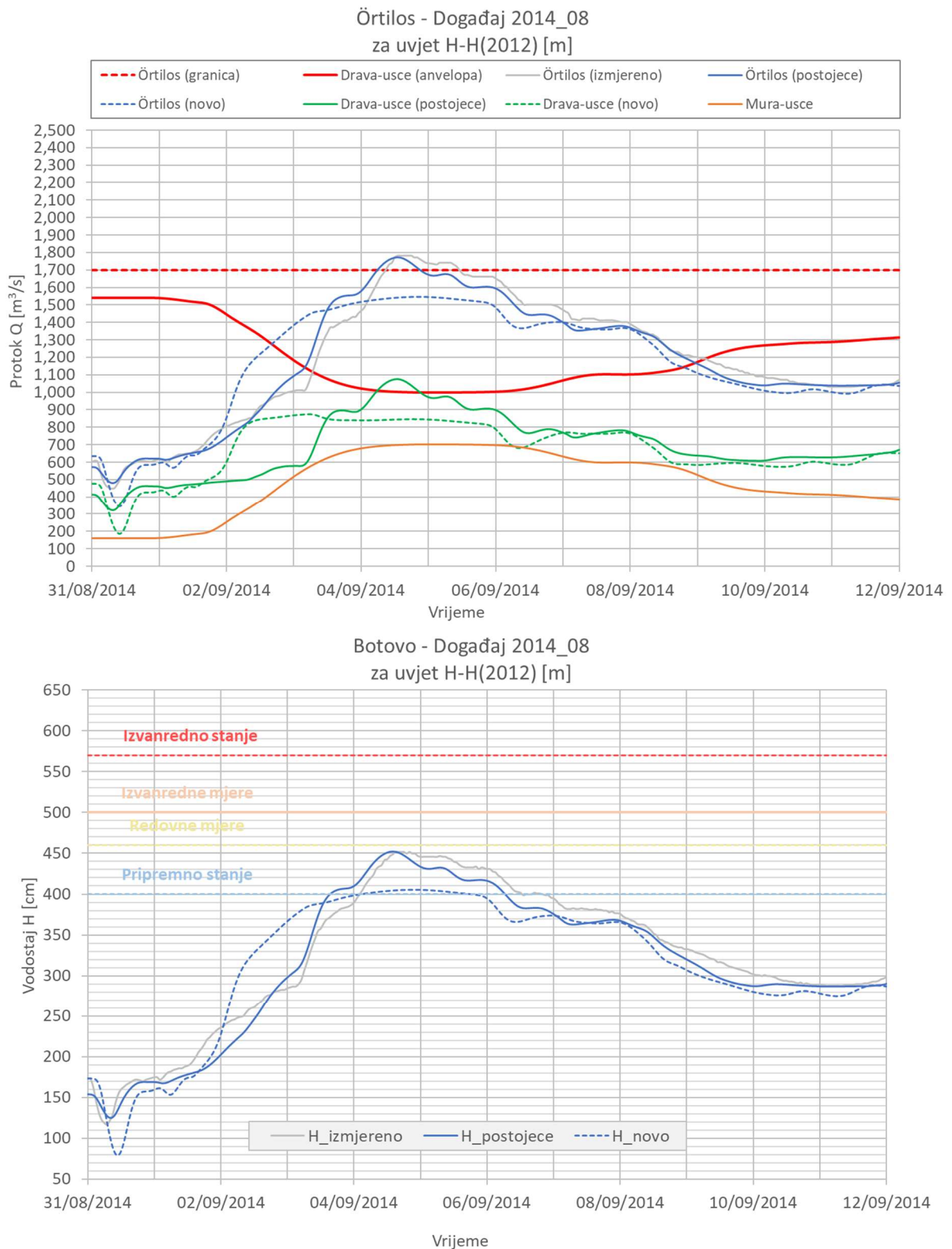
Varijanta H-H(2012) [m]



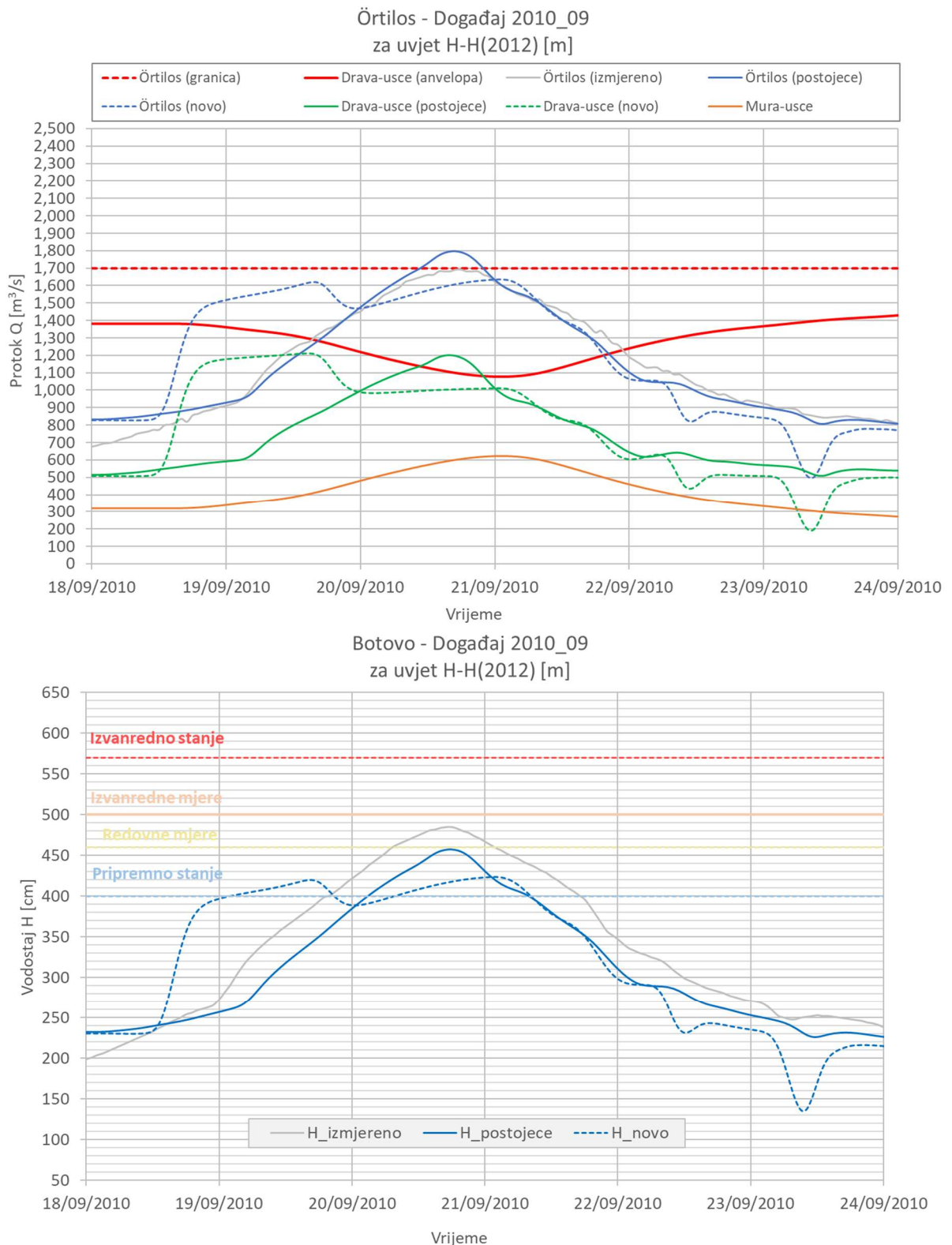
Slika 9.81 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2015_05



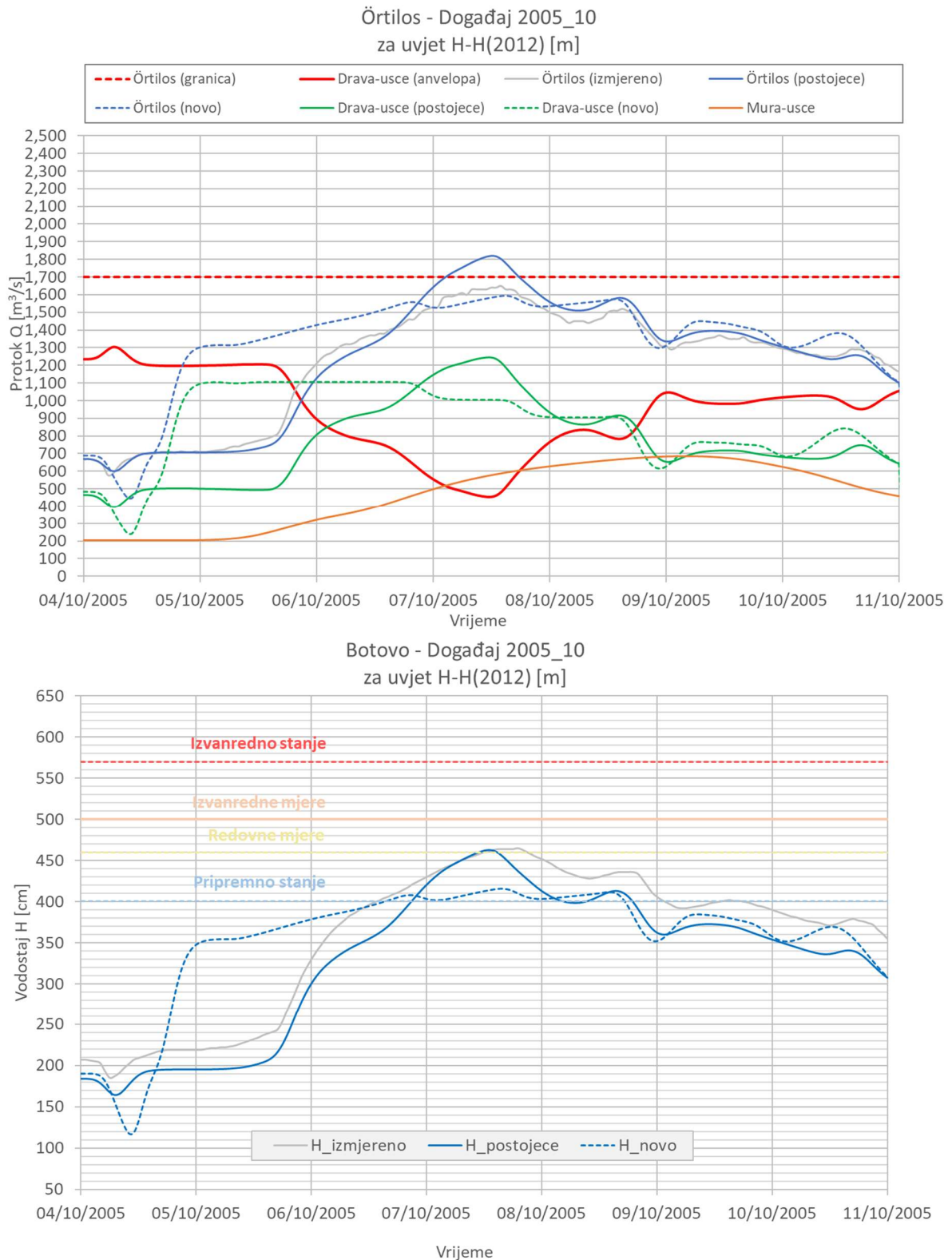
Slika 9.82 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_09



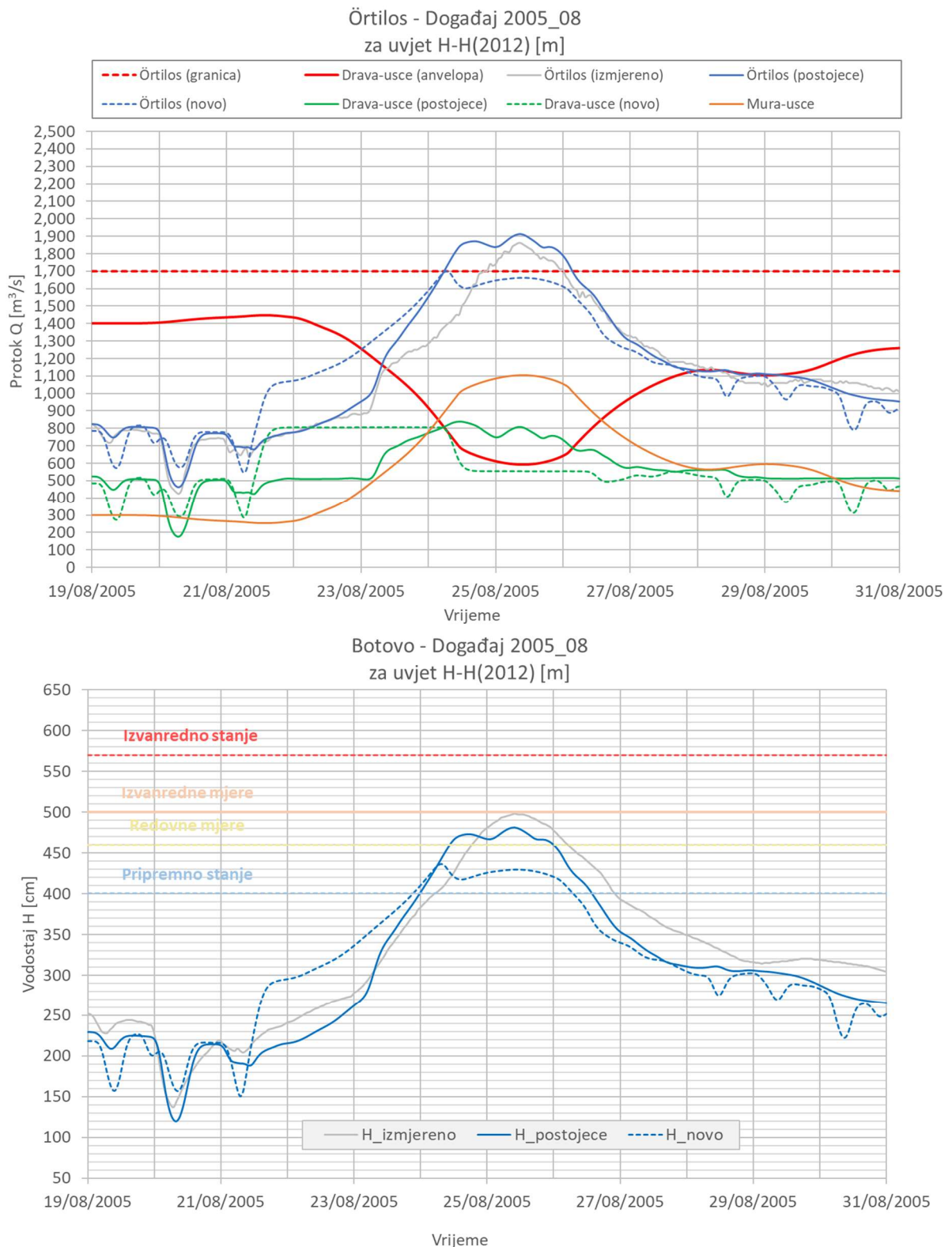
Slika 9.83 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2014_08



Slika 9.84 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2010_09



Slika 9.85 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_10

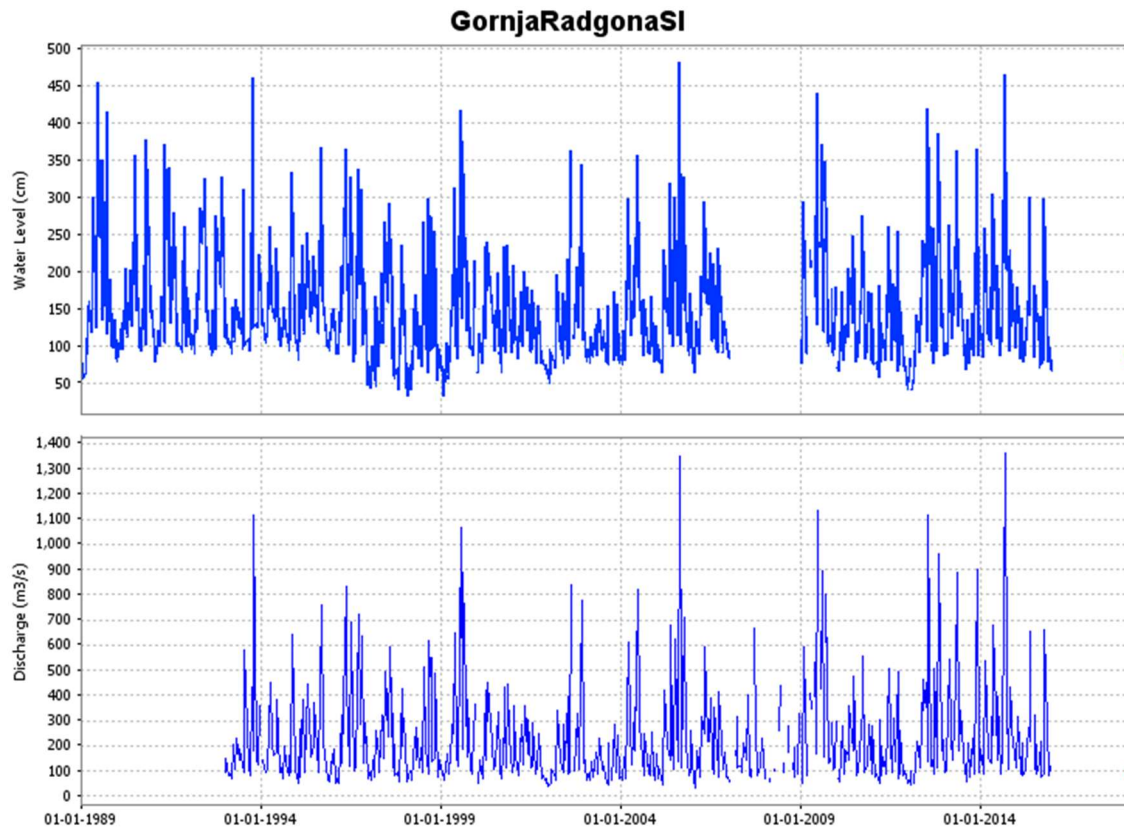


Slika 9.86 Prikaz utjecaja primijenjenog i potencijalnog novog režima rada HEČ i HED na hidrogram na h.p. Örtilos i nivogram na h.p. Botovo za događaj 2005_08

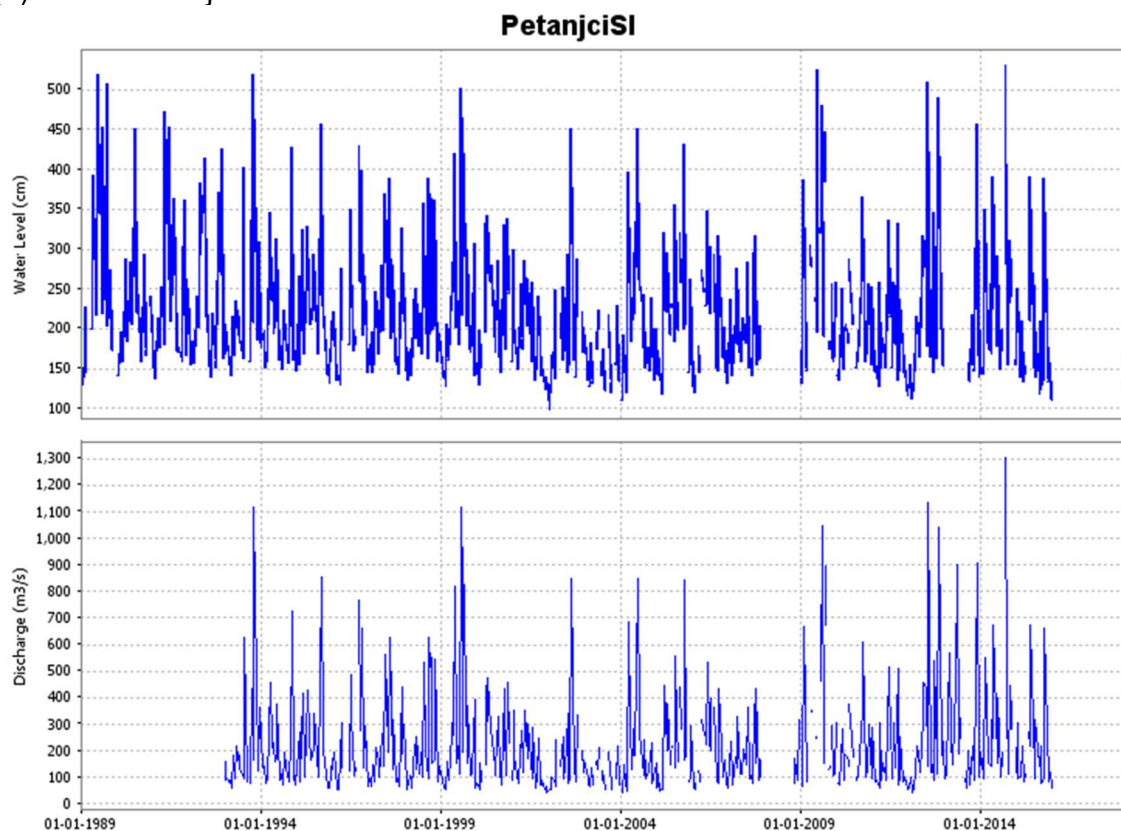
9.5 POVIJESNI HIDROLOŠKI PODACI

9.5.1 Satni vodostaji i protoci na Muri i pritokama

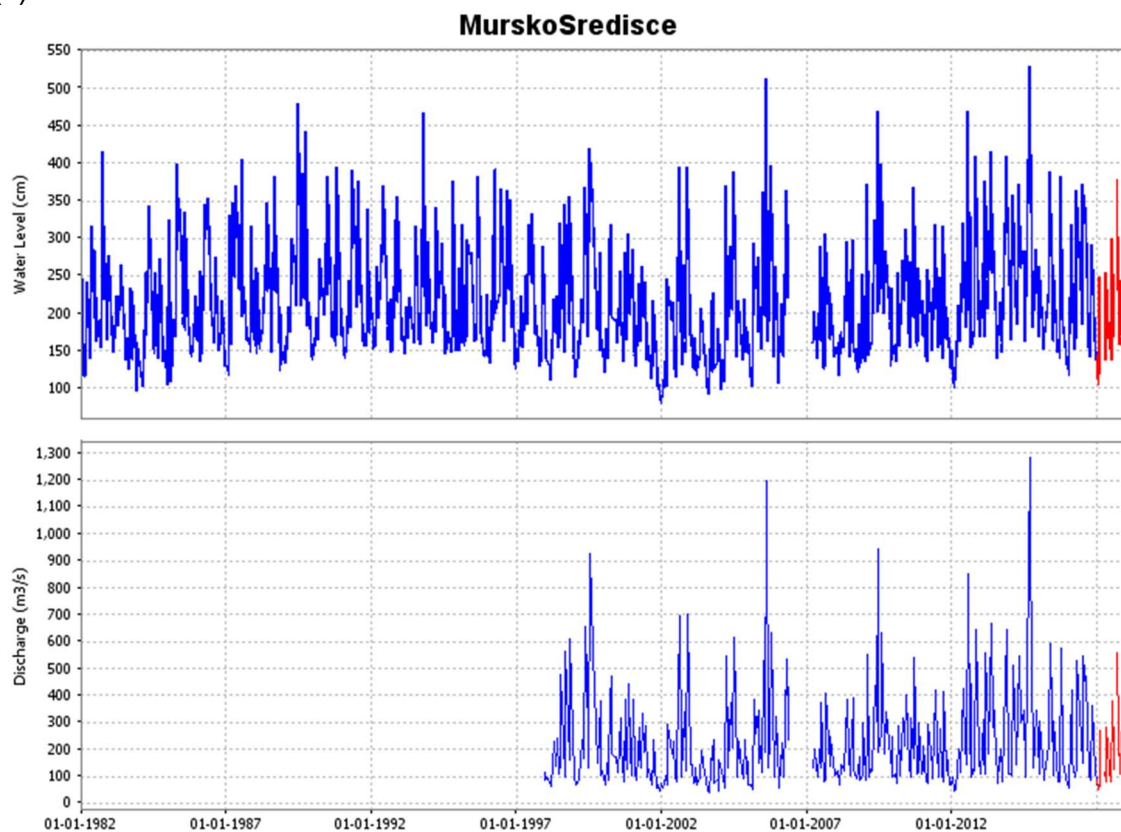
(a) Mura - Gornja Radgona



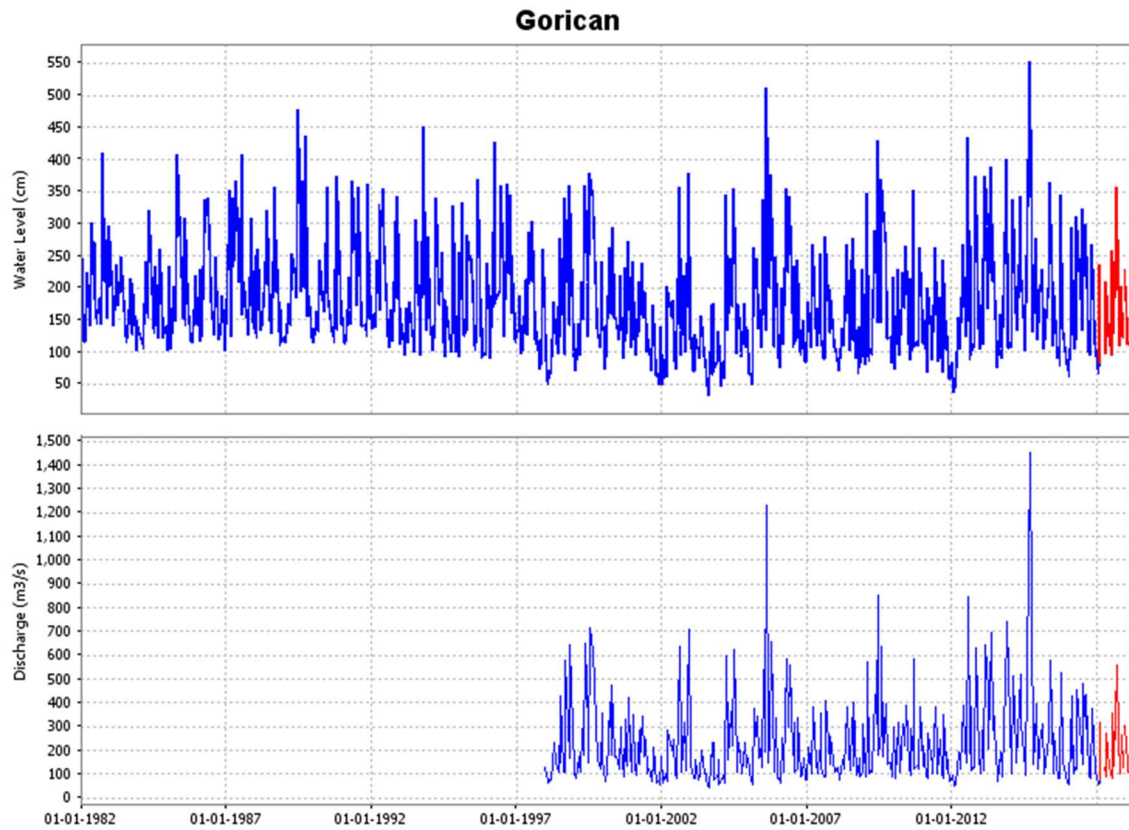
(b) Mura - Petanjci



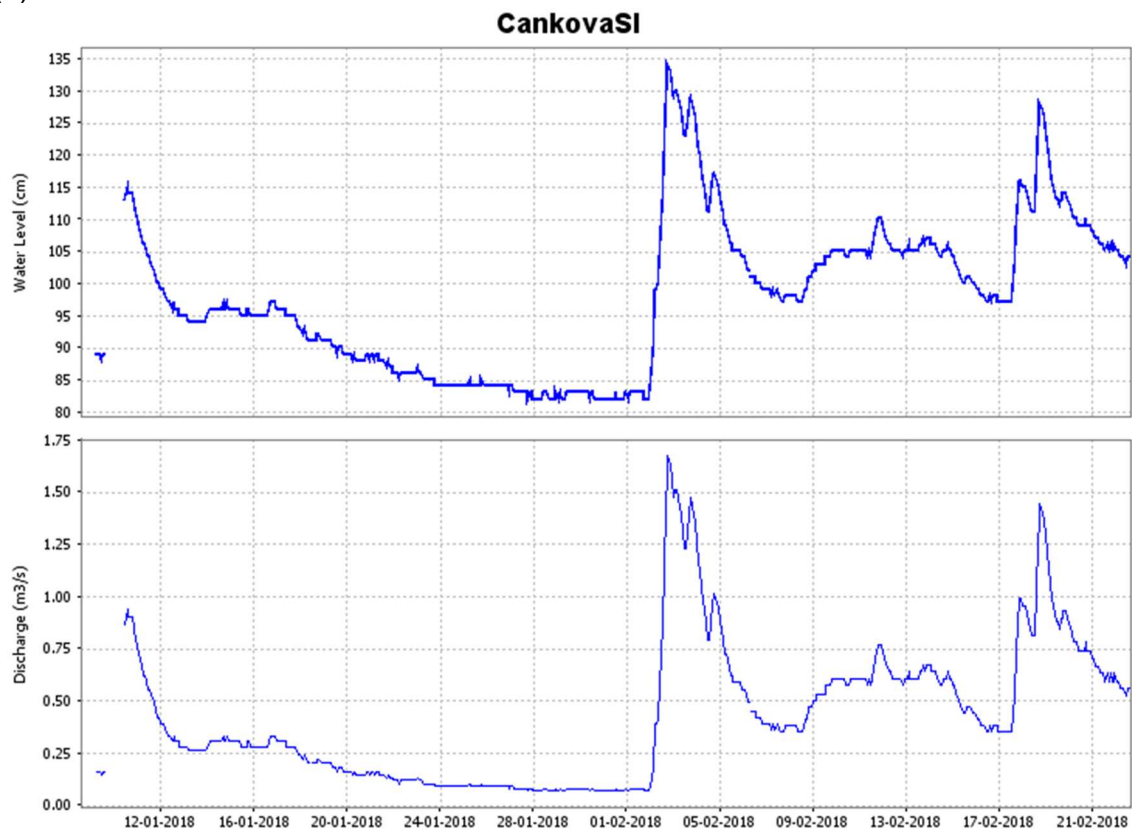
(c) Mura - Mursko Središće



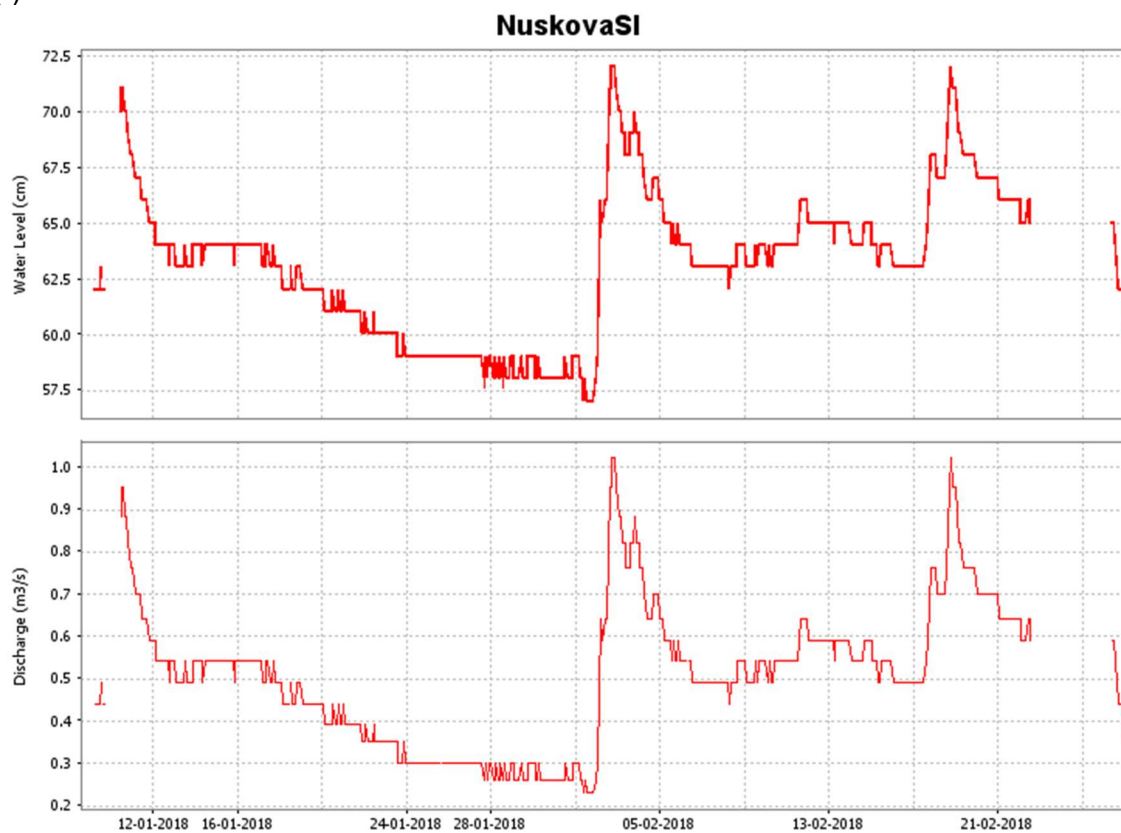
(d) Mura - Goričan



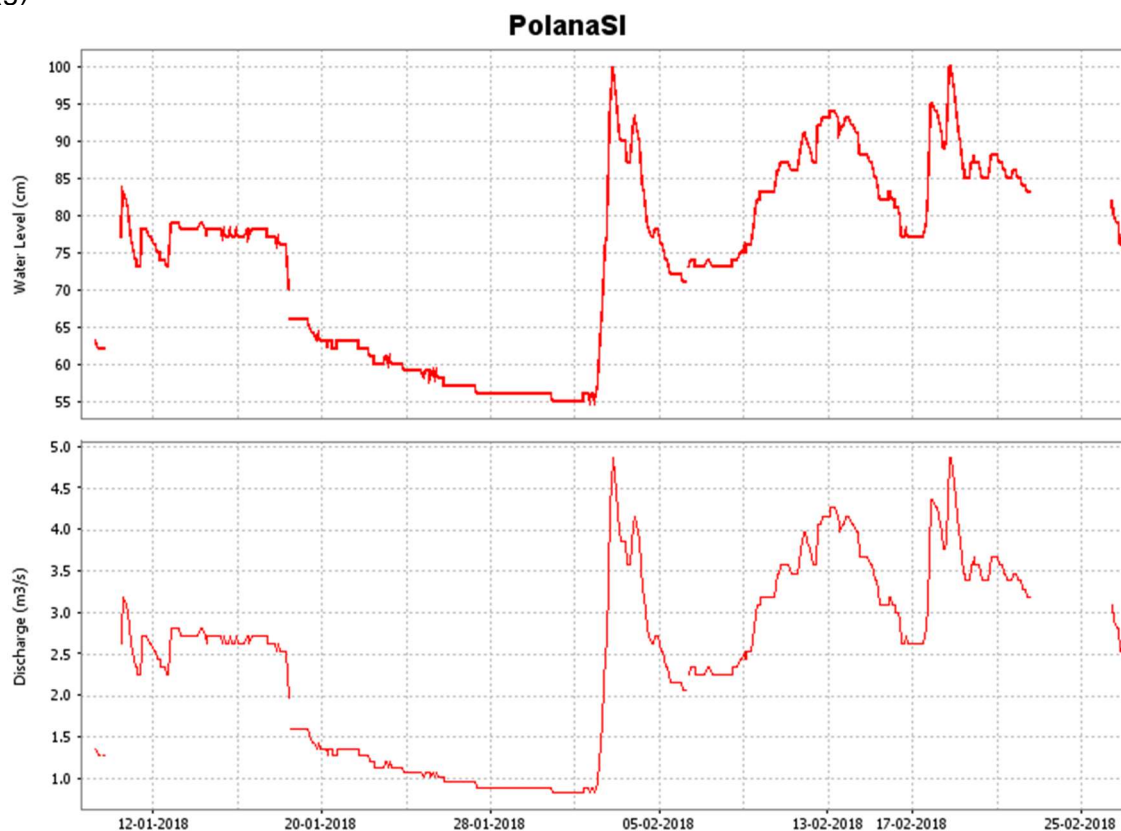
(e) Kučnica - Cankova



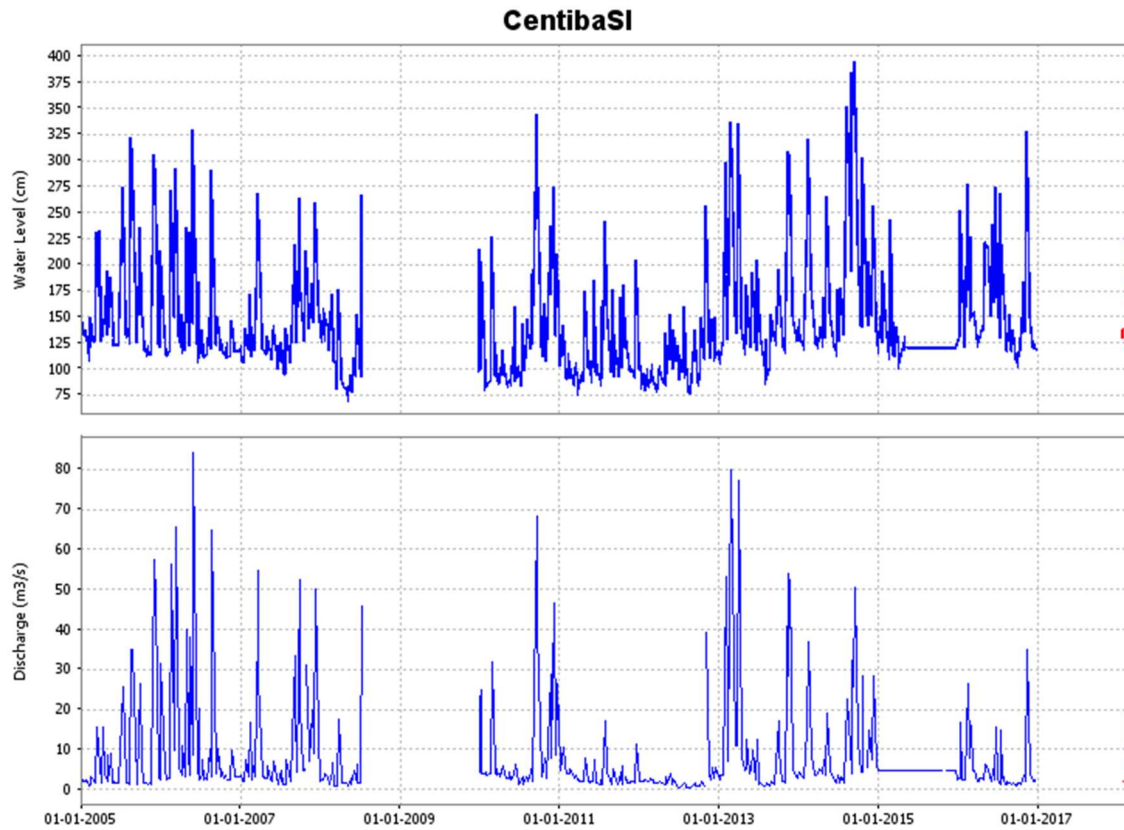
(f) Ledava - Nuskova



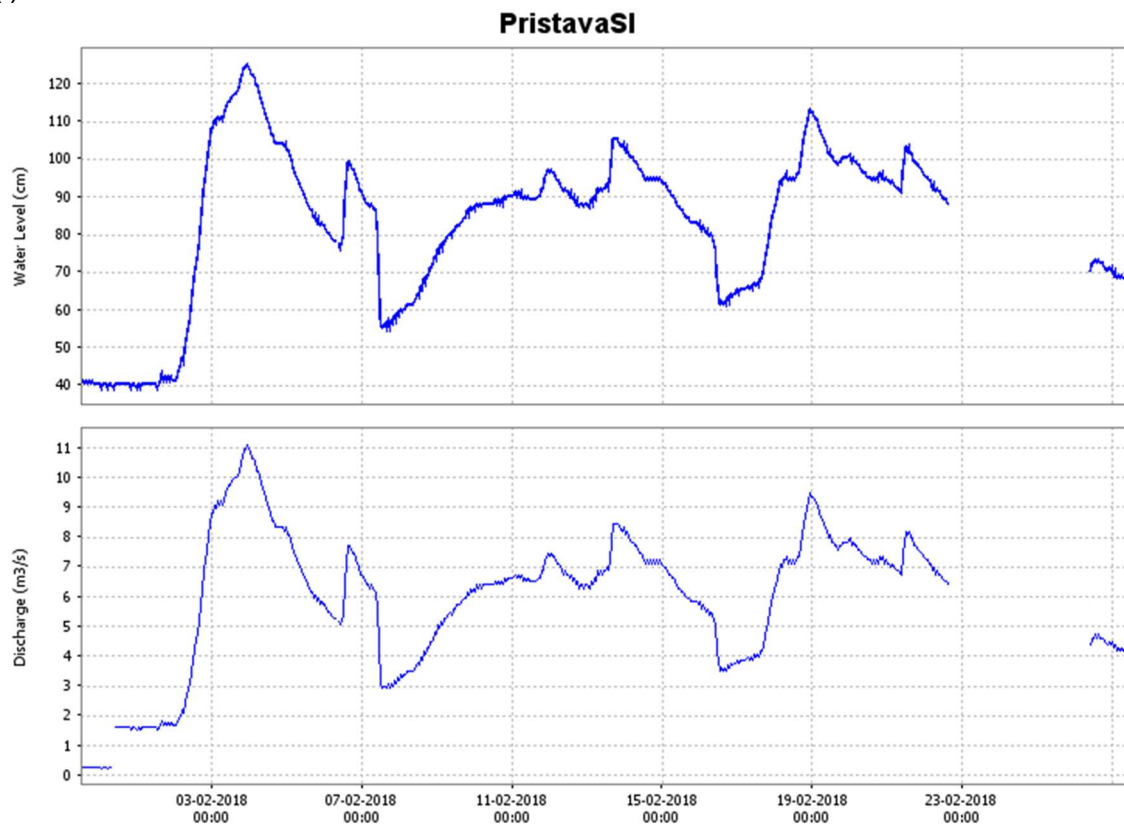
(g) Ledava - Polana



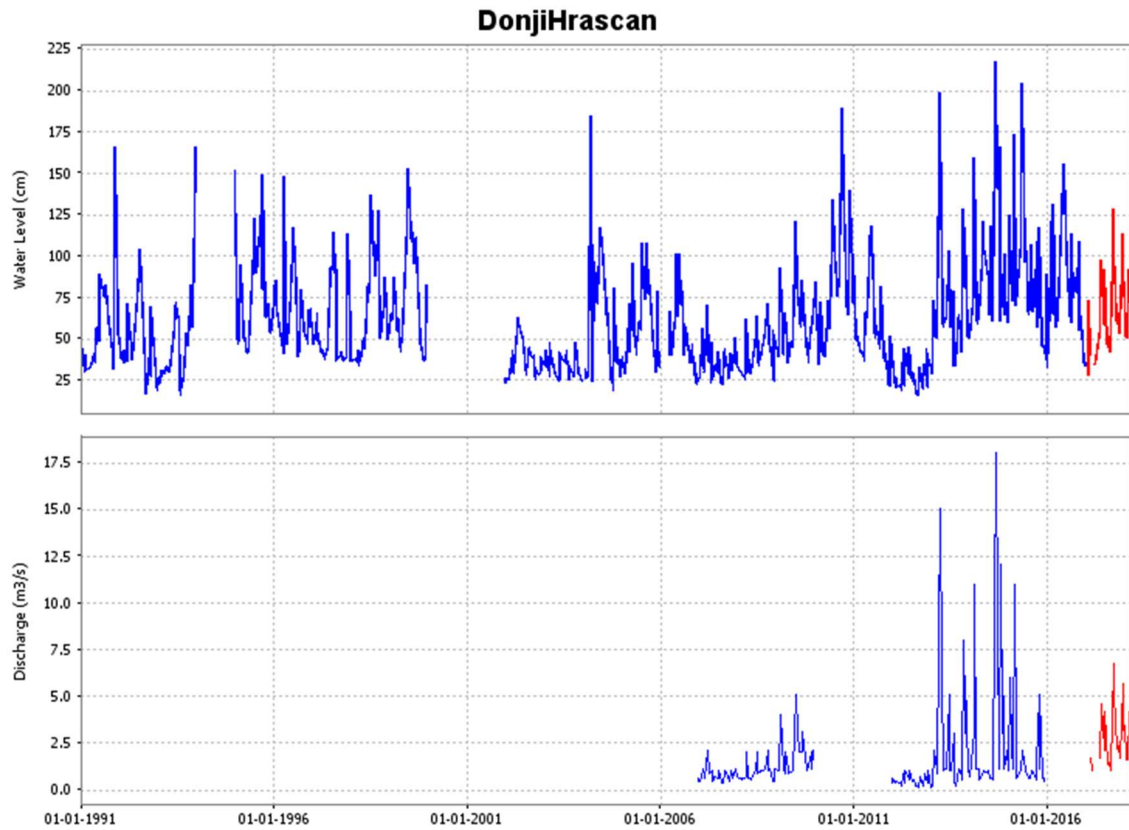
(h) Ledava - Čentiba



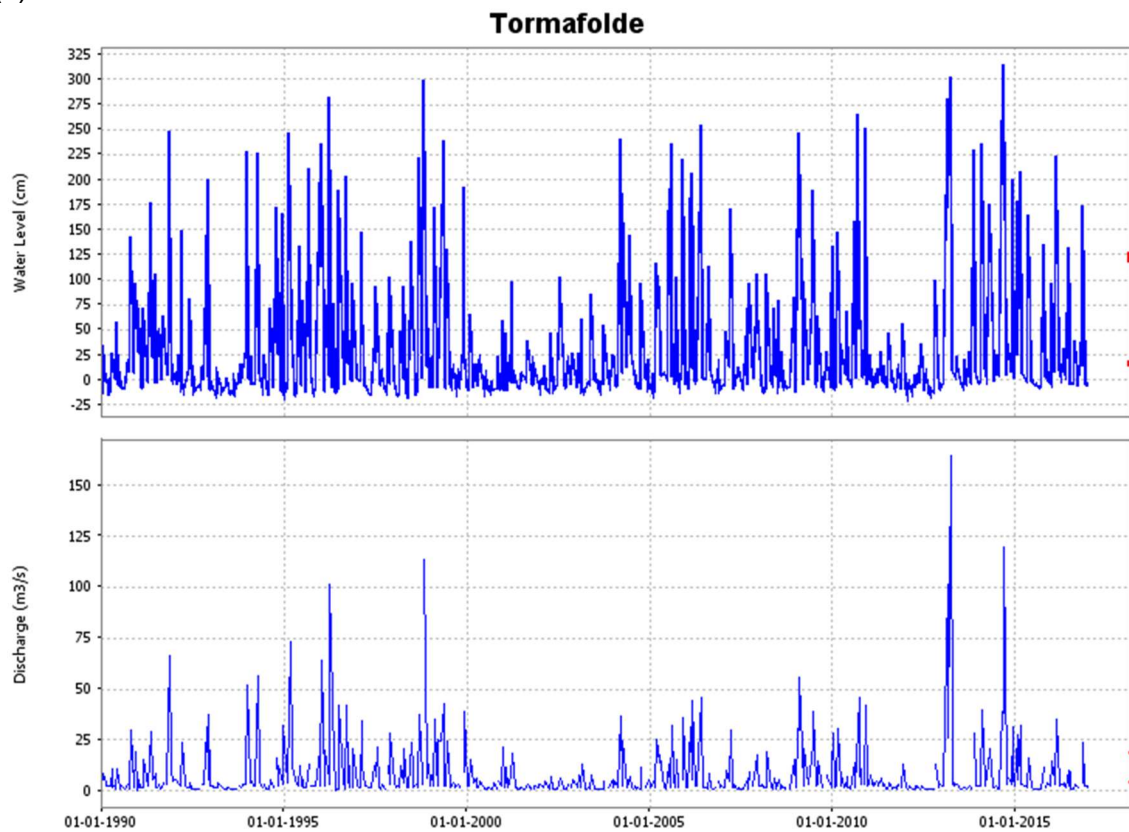
(i) Ščavnica - Pristava



(j) Trnava – Donji Hrašćan

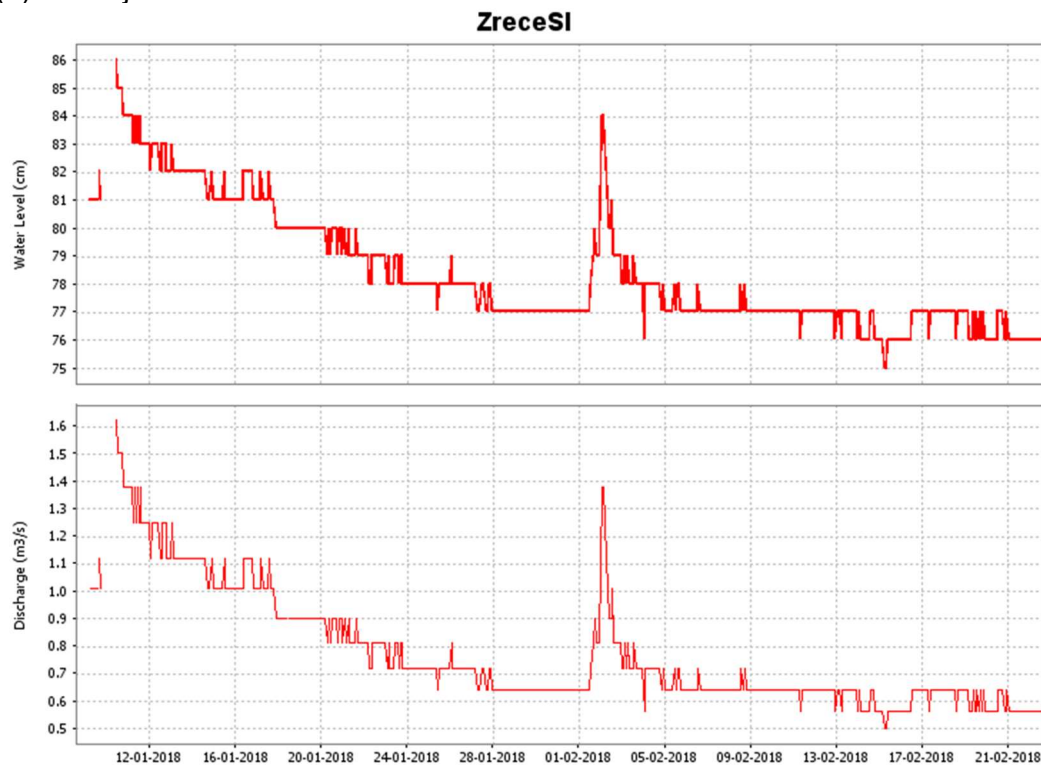


(k) Kerka – Tormafölde

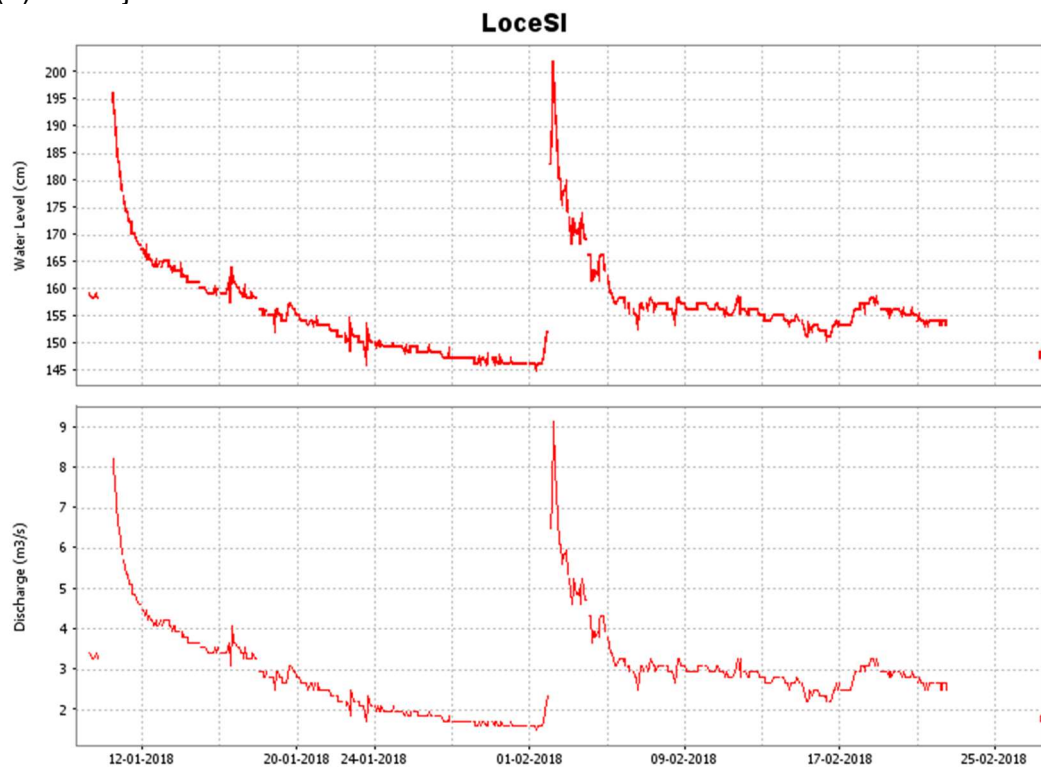


9.5.2 Satni vodostaji i protoci na Dravi i pritokama

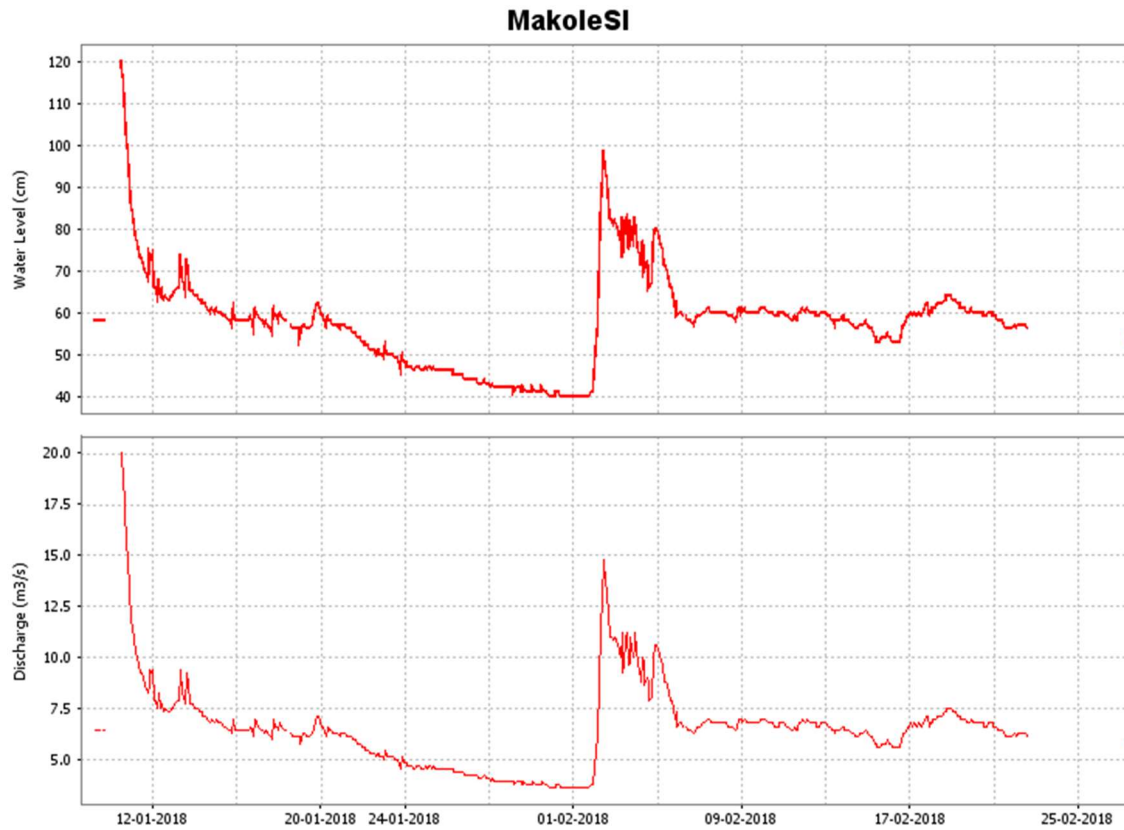
(a) Dravinja - Zreče



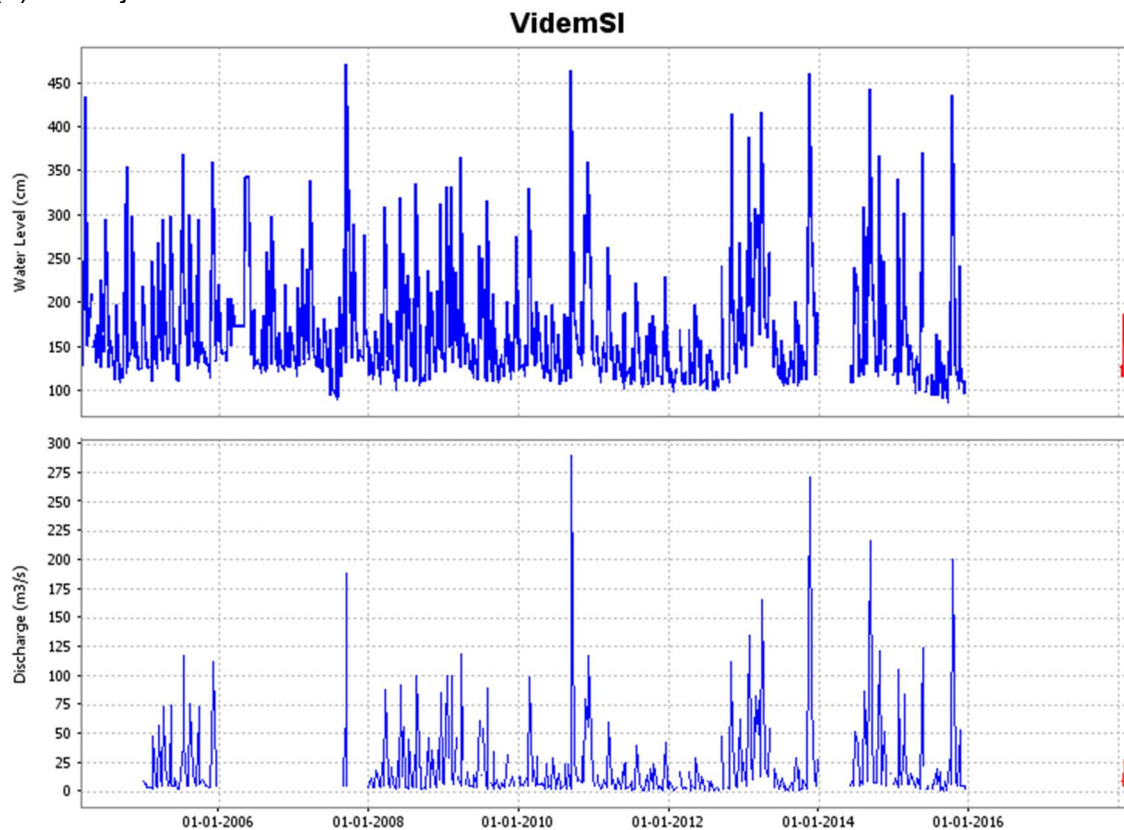
(b) Dravinja - Loče



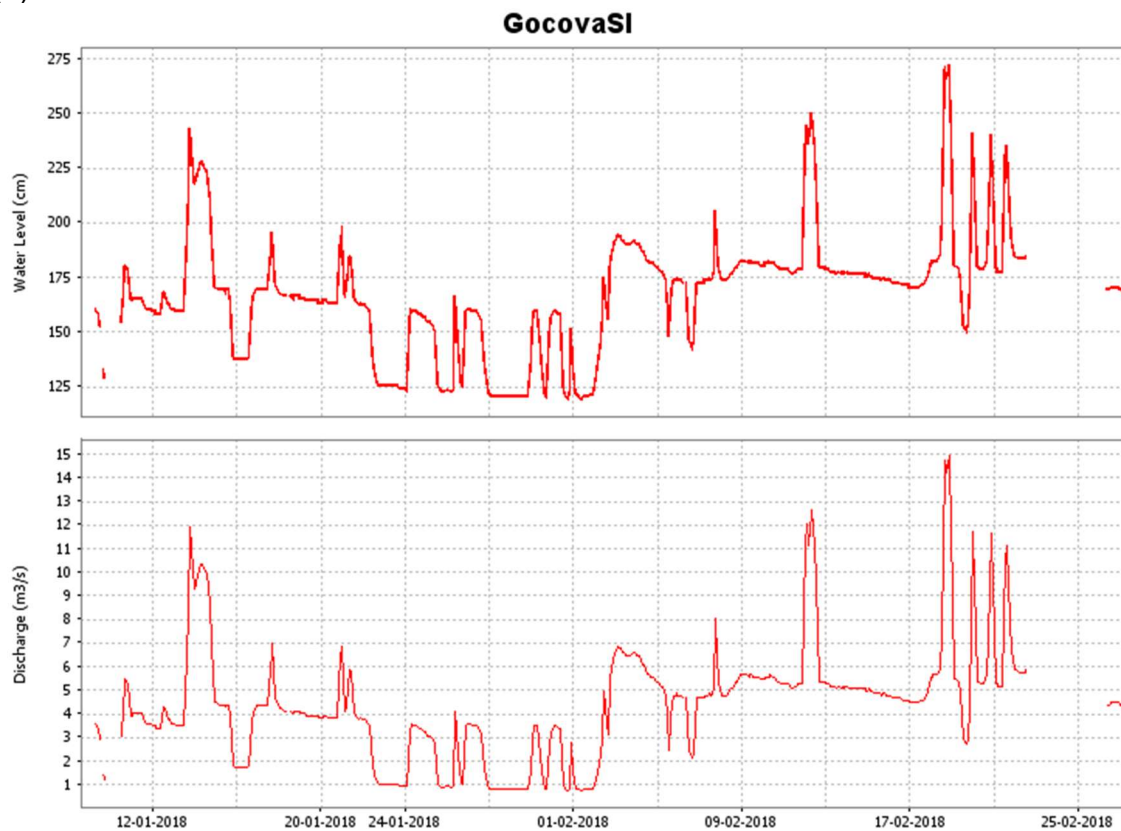
(c) Dravinja - Makole



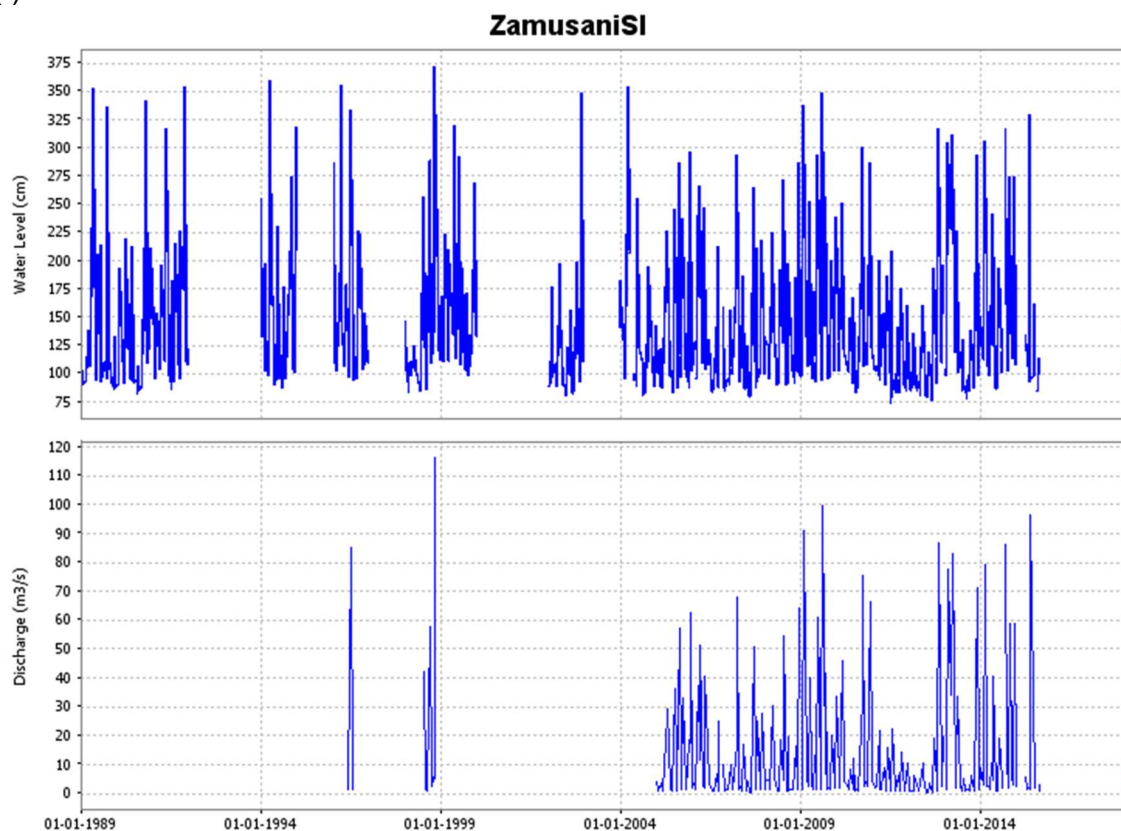
(d) Dravinja - Loče



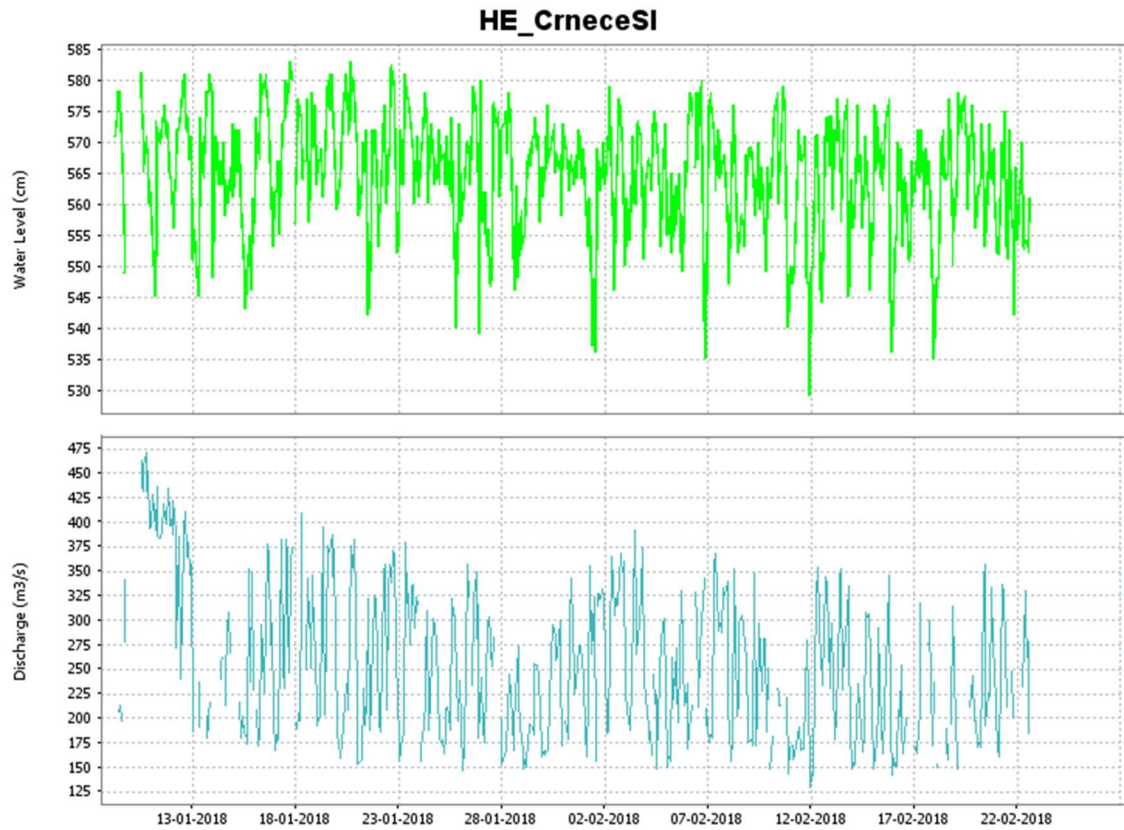
(e) Pesnica - Gocova



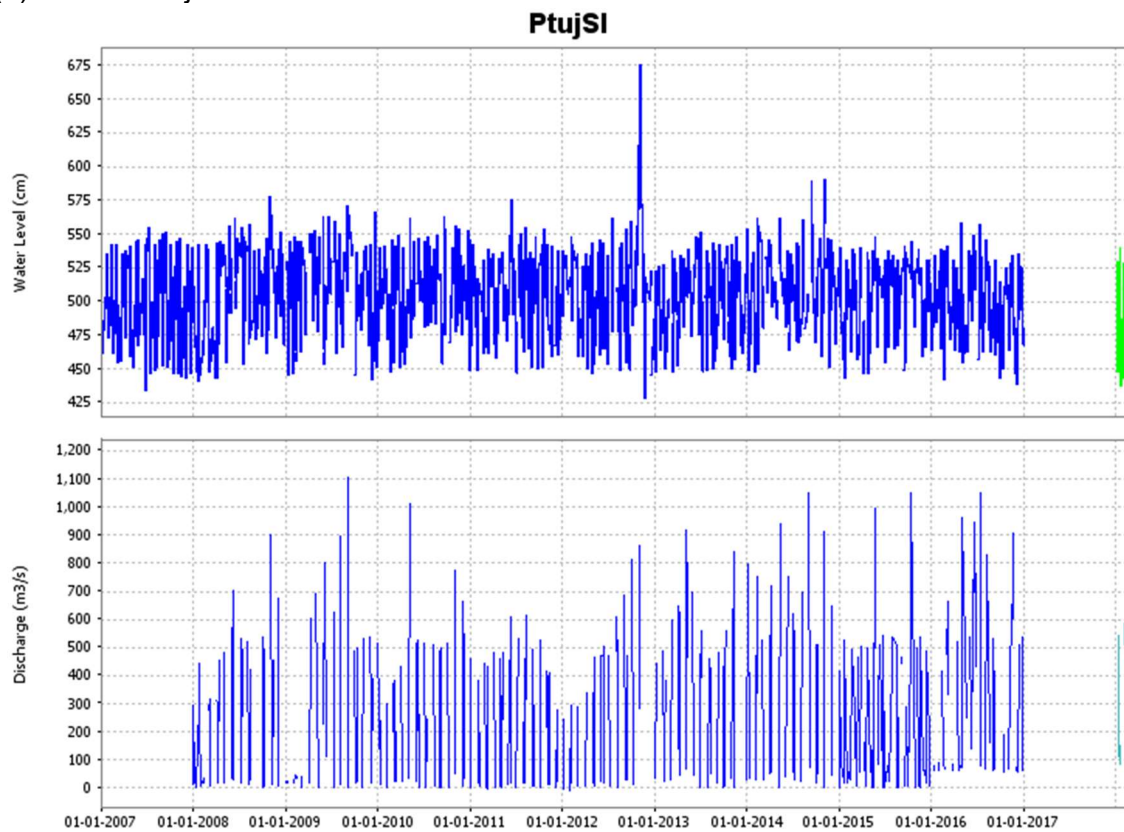
(f) Pesnica - Zamušani



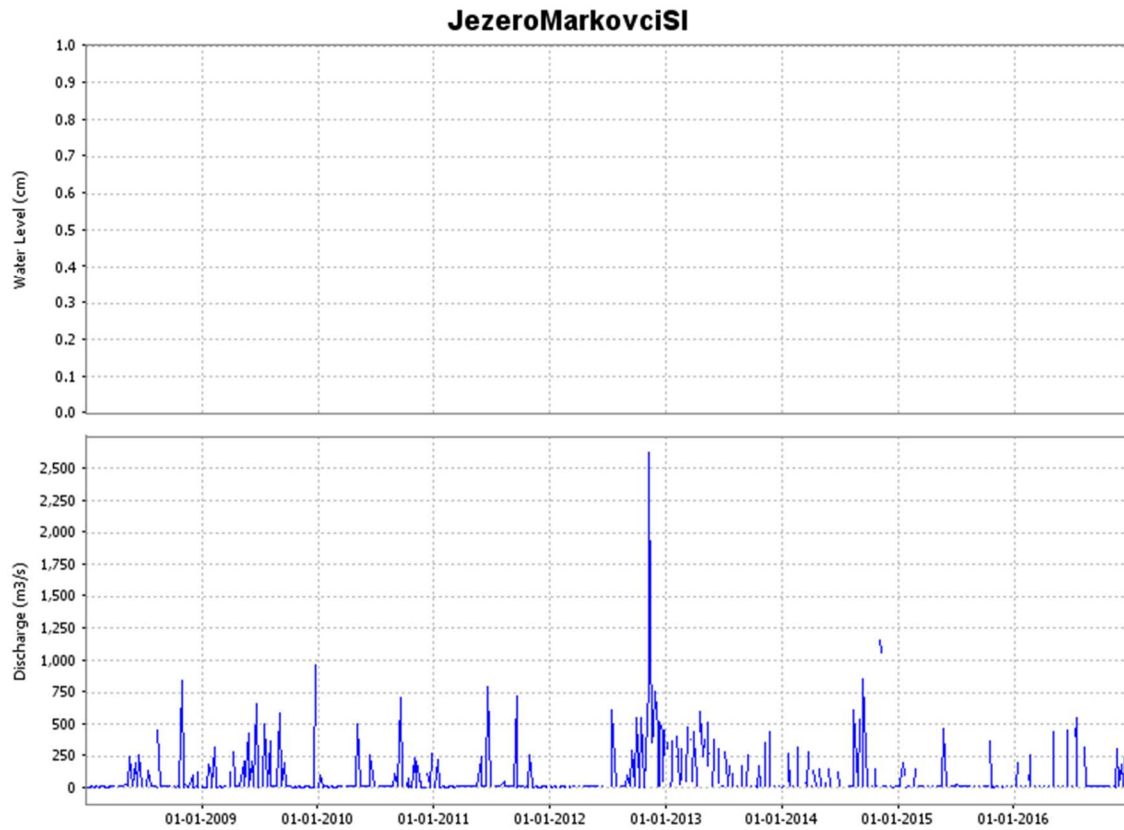
(g) Drava - HE Črneče



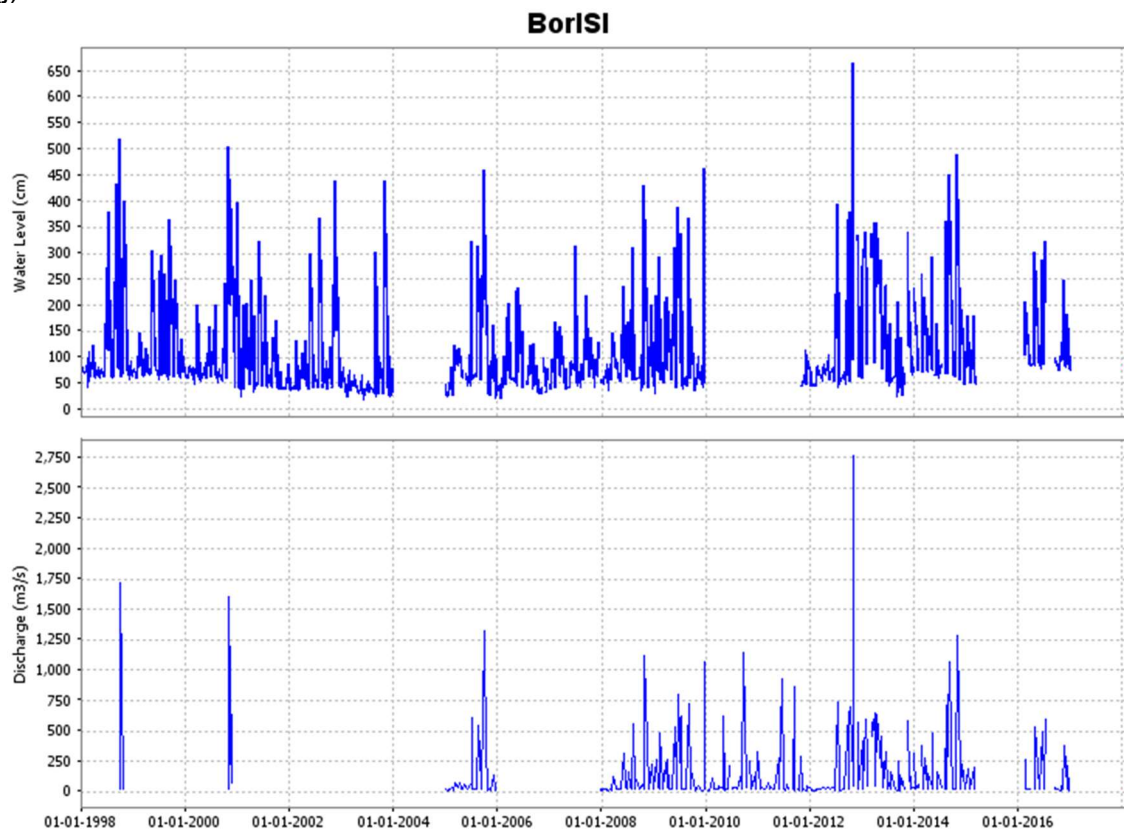
(h) Drava - Ptuj



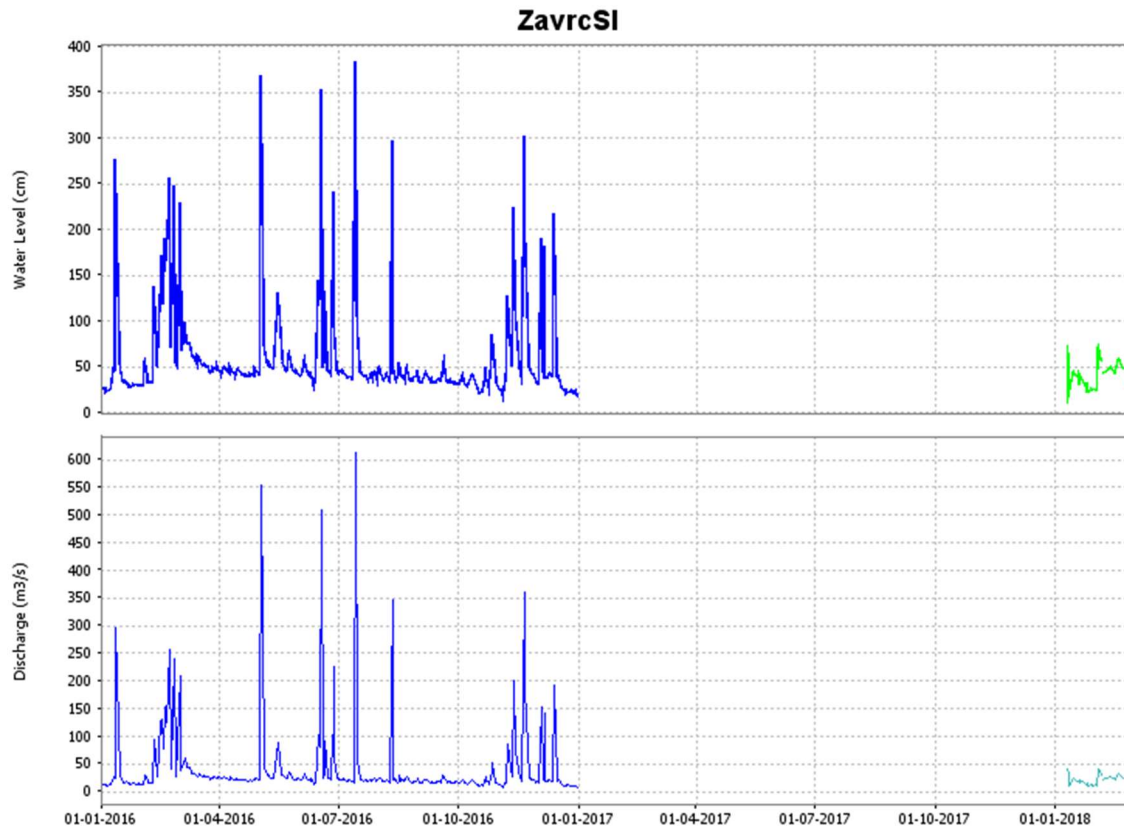
(i) Drava - Jezero Markovci



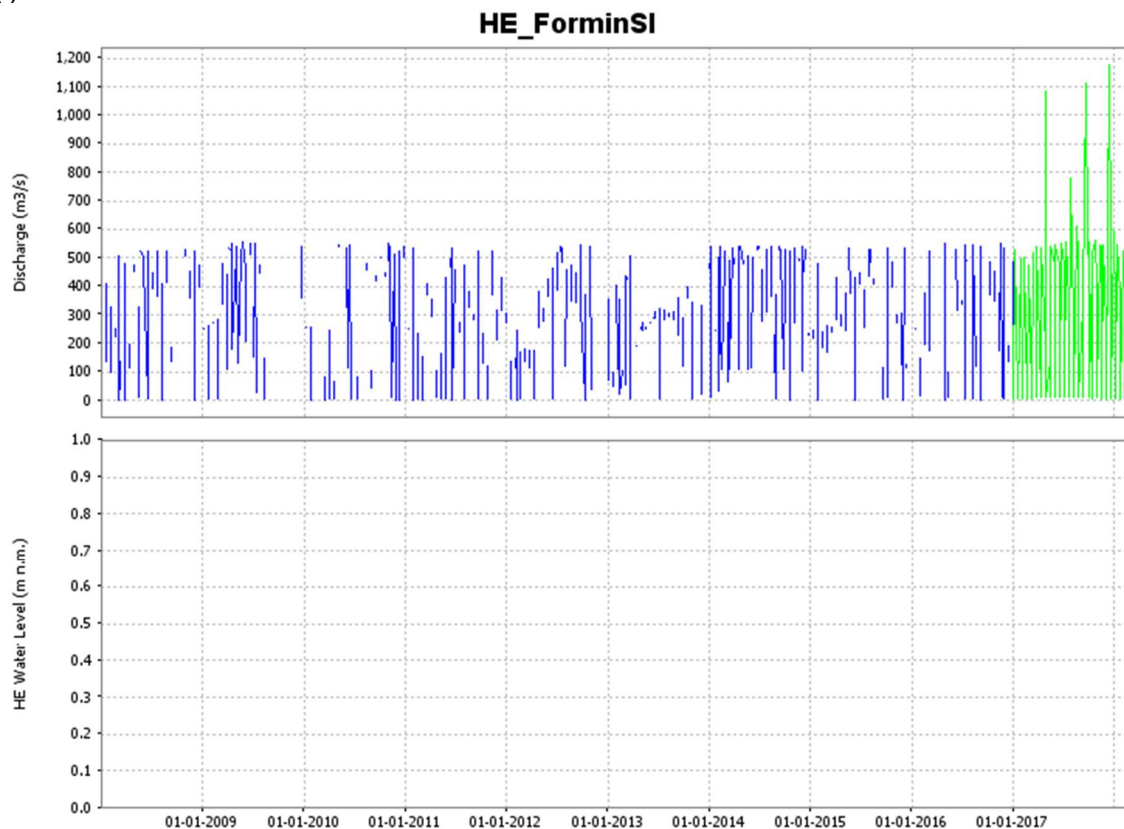
(j) Drava - Borl



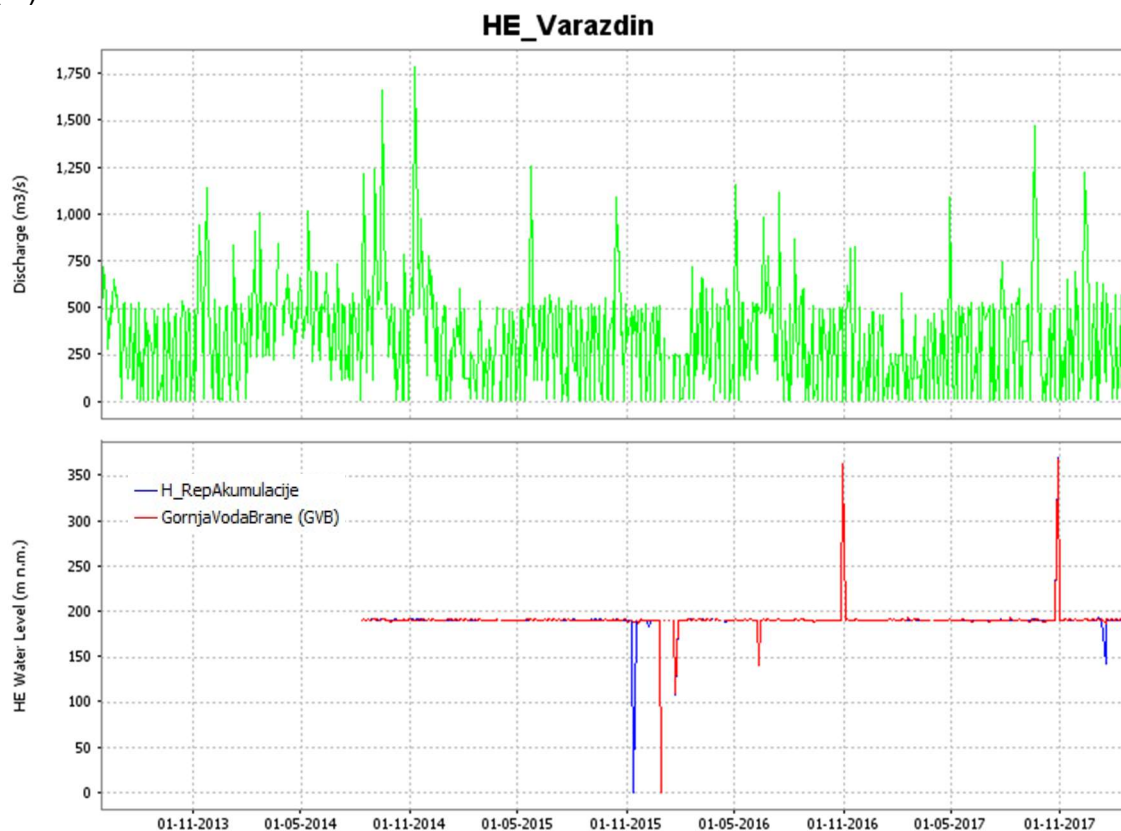
(k) Drava - Zavrč



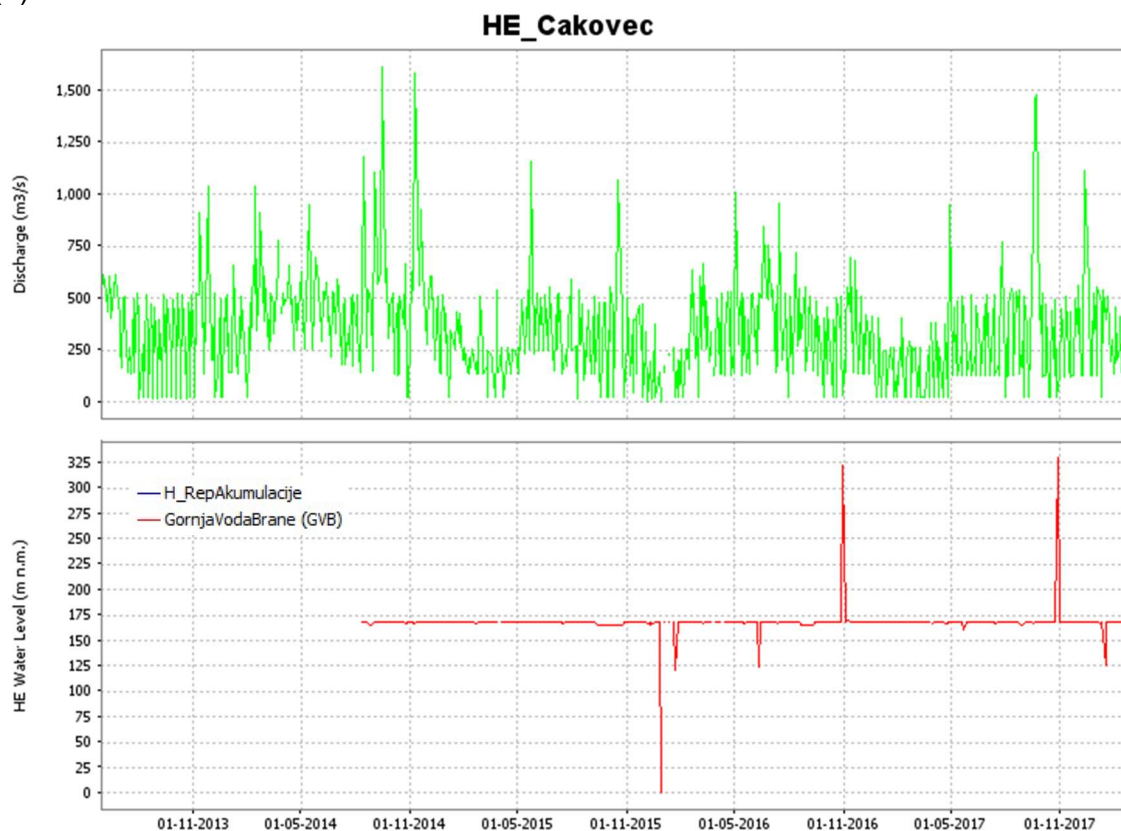
(l) Drava - HE Formin



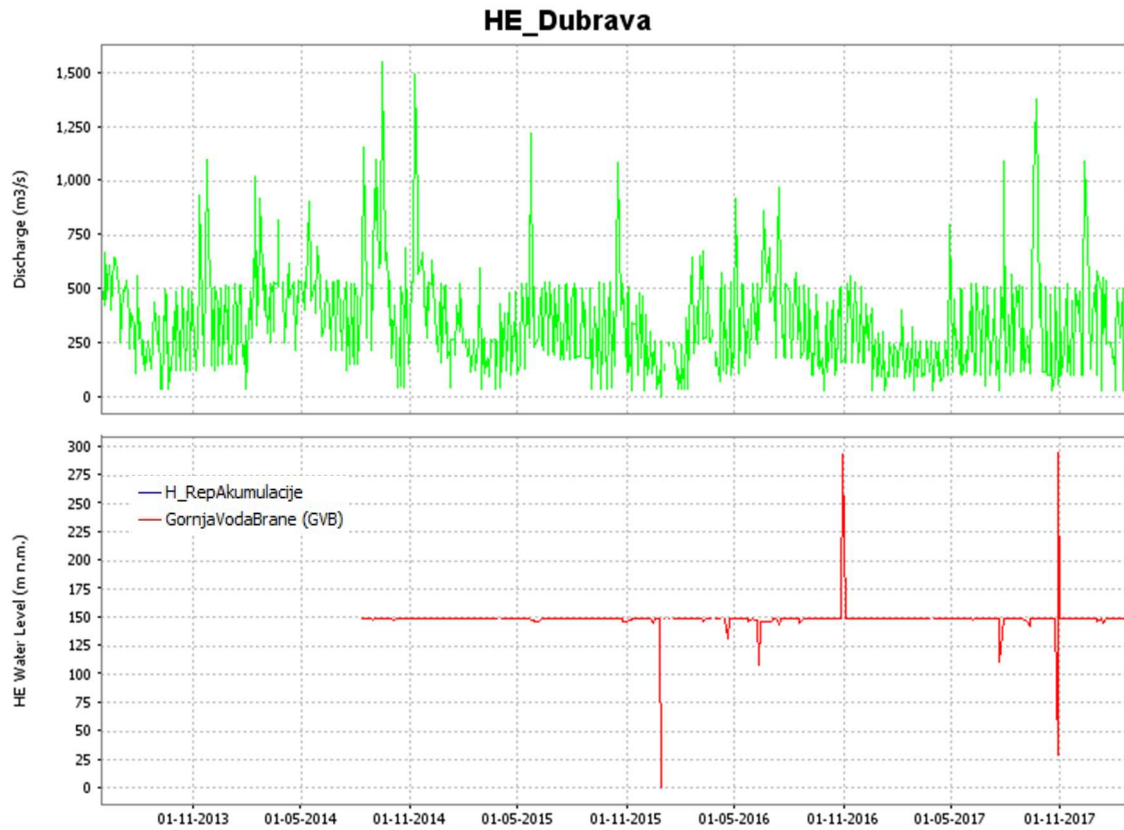
(m) Drava - HE Varaždin



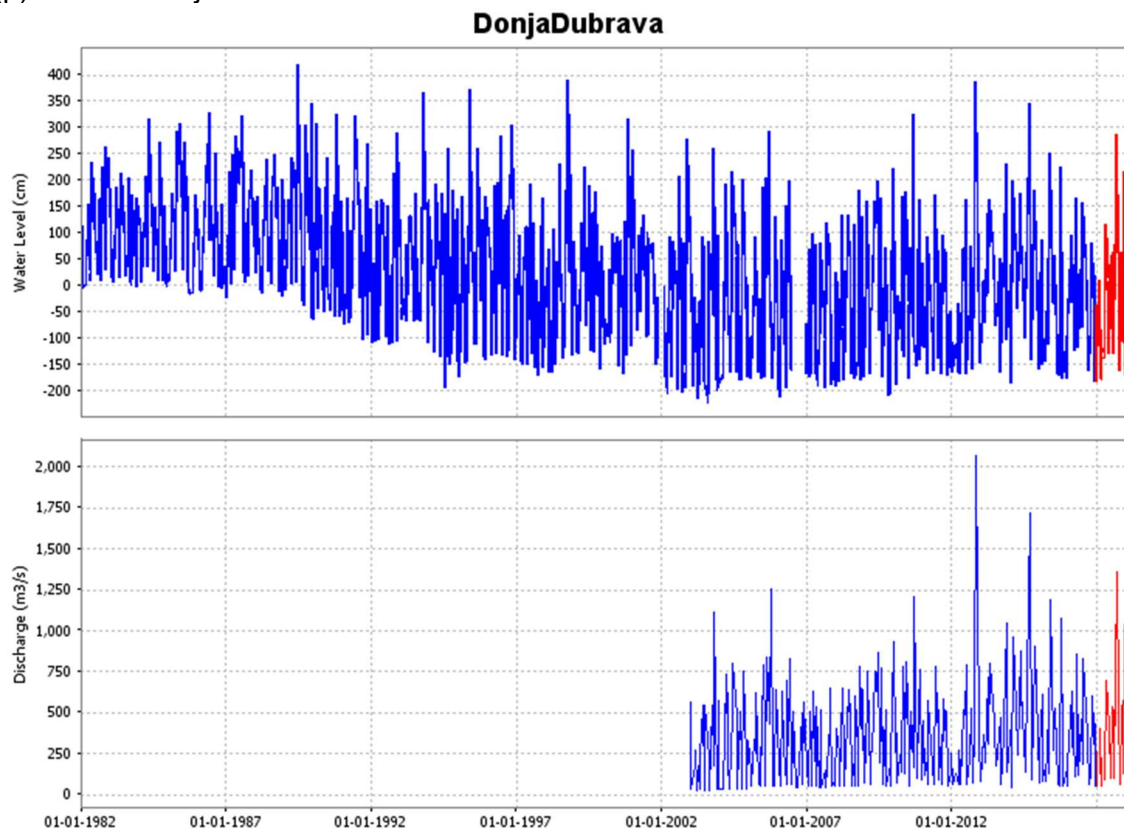
(n) Drava - HE Čakovec



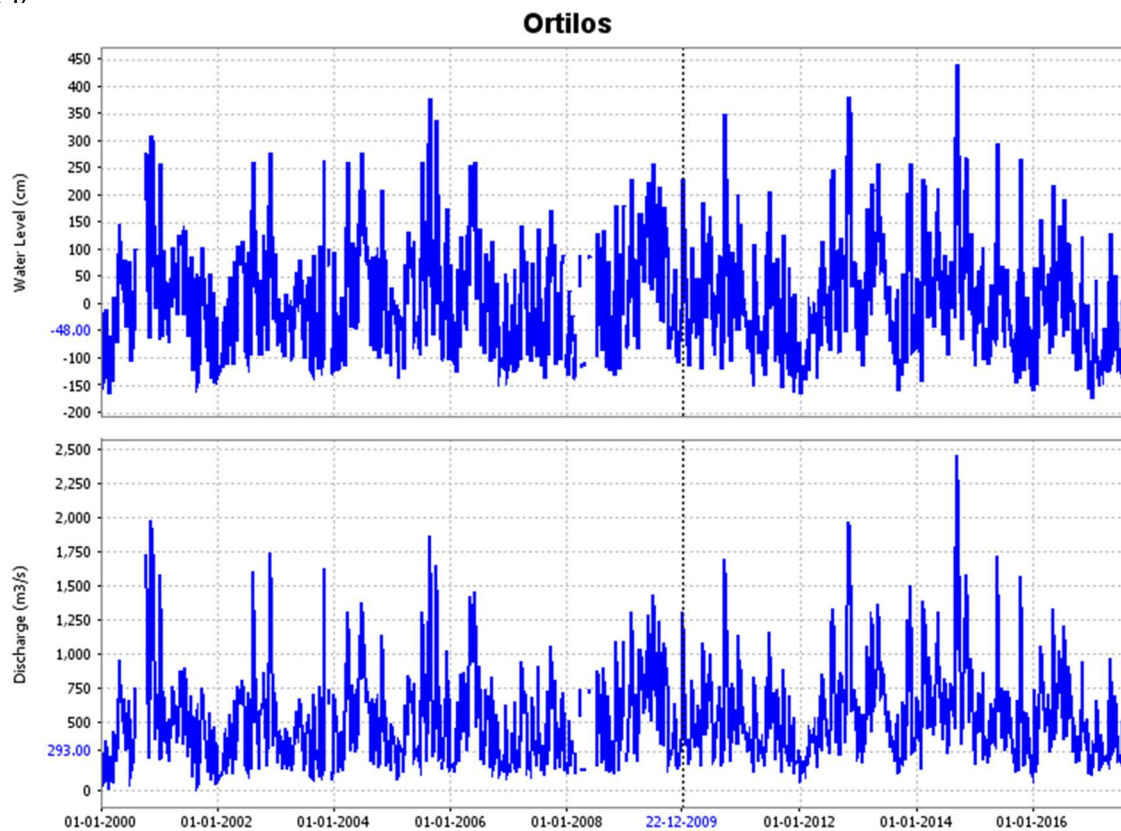
(o) Drava - HE Dubrava



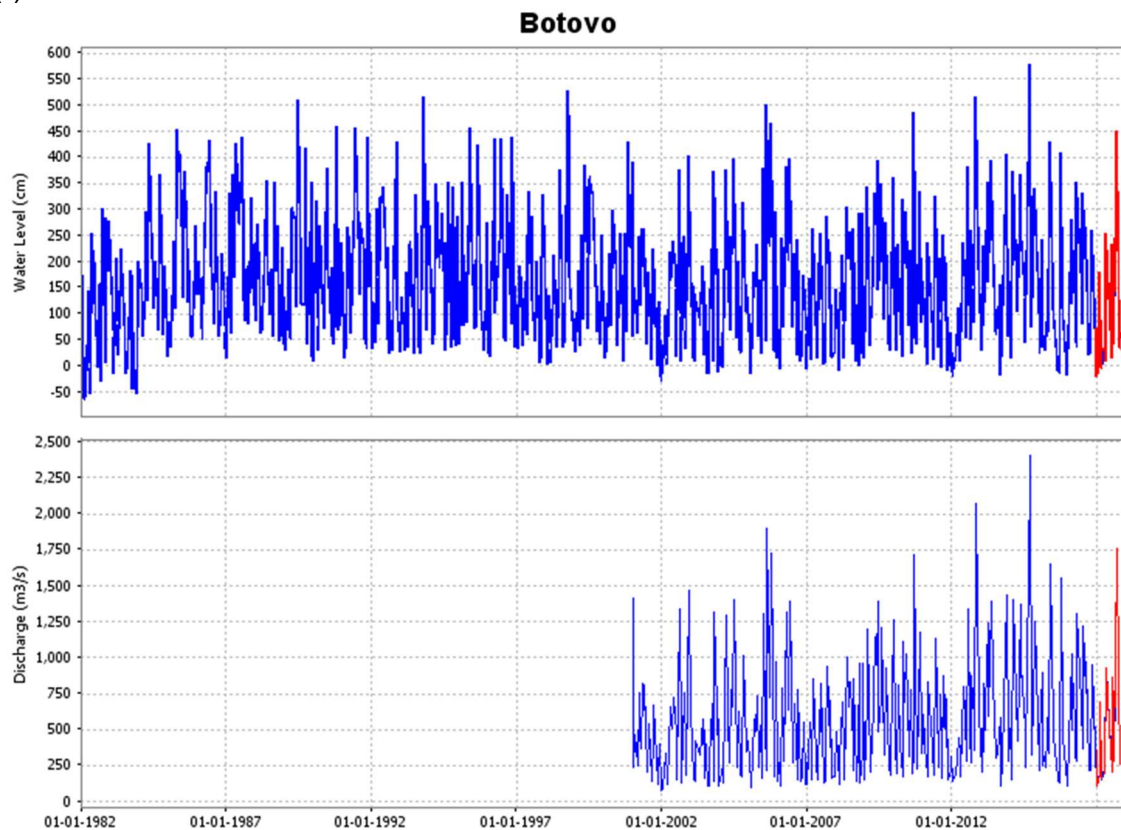
(p) Drava - Donja Dubrava



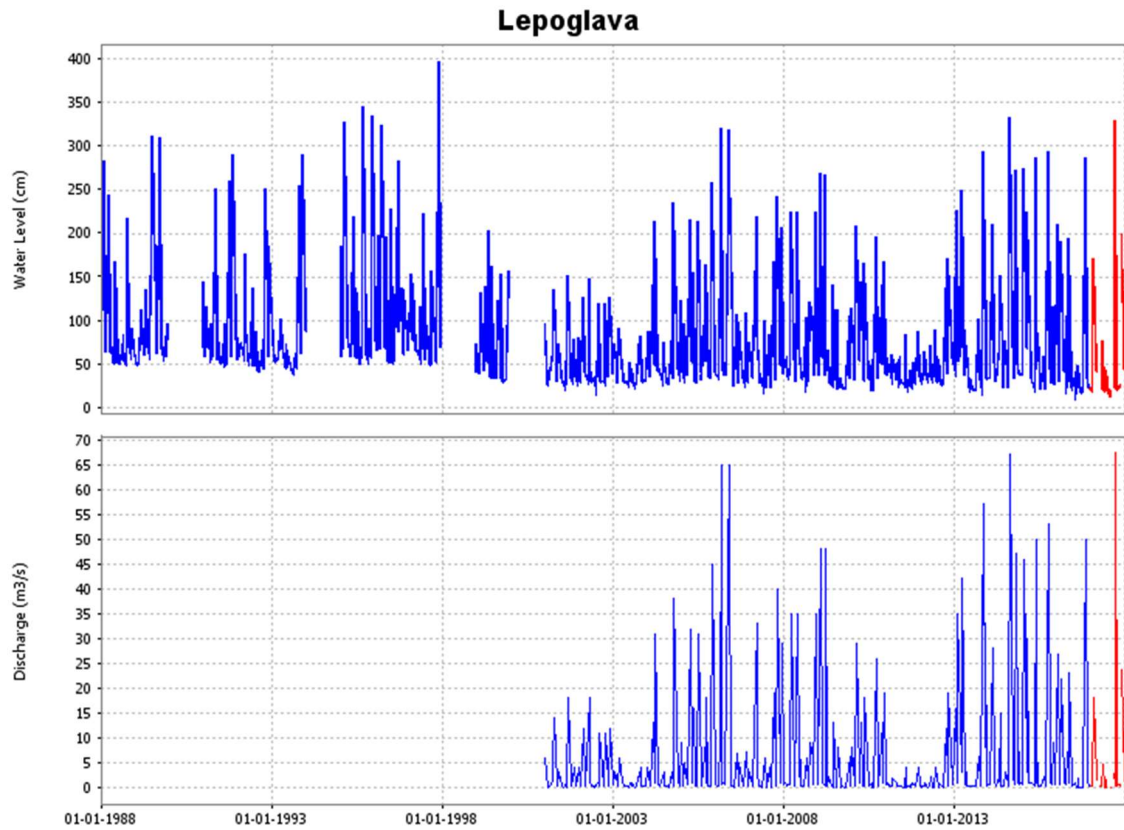
(q) Drava - Örtilos



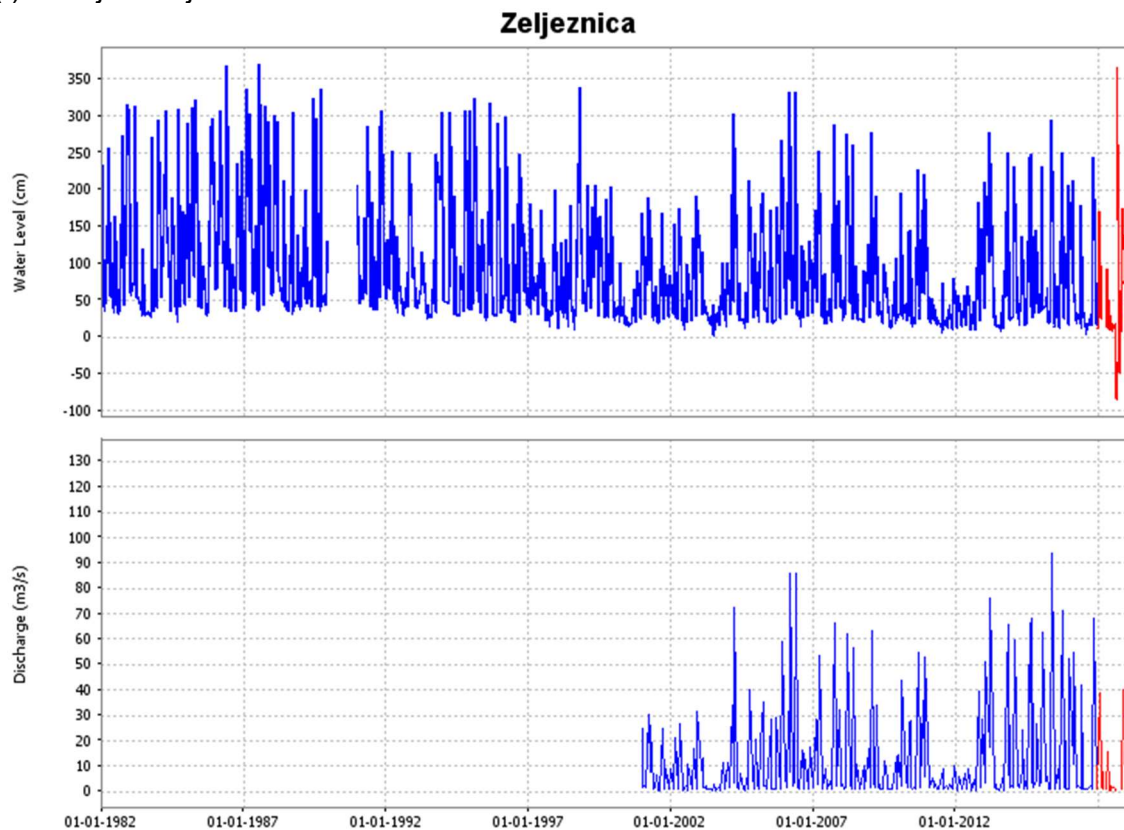
(r) Drava - Botovo



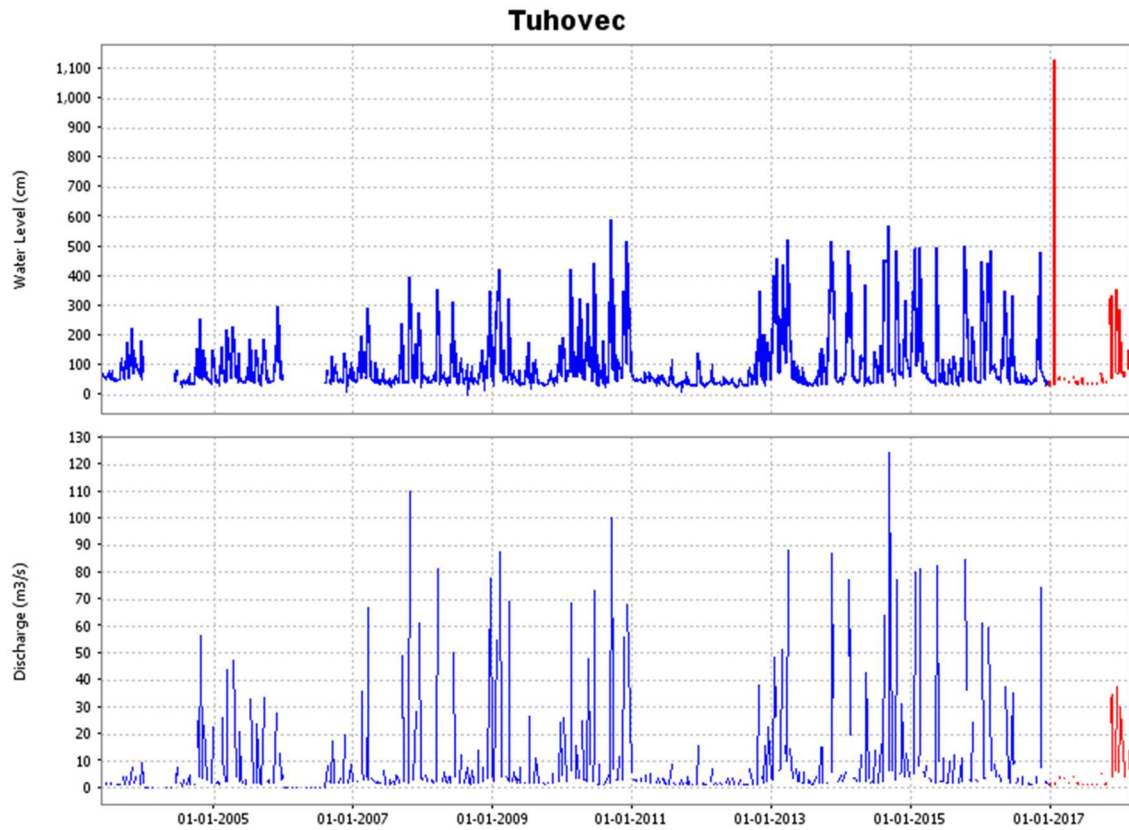
(s) Bednja - Lepoglava



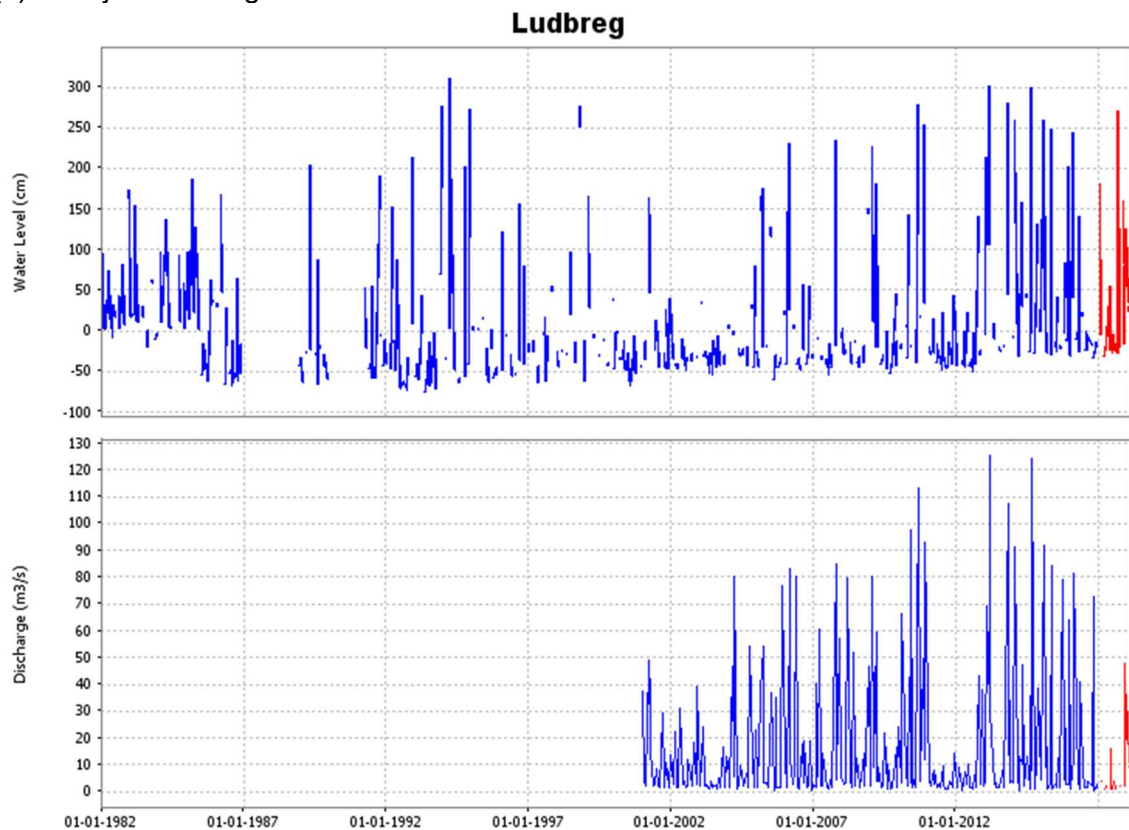
(t) Bednja - Željeznica



(u) Bednja - Tuhovec



(v) Bednja - Ludbreg



(w) Plitvica - Vidovićevo Mlin

