

# ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA

IDEJNO RJEŠENJE  
KNJIGA 2  
Vrednovanje i izbor  
varijantnih rješenja

OZNAKA PROJEKTA/KNJIGE:

## NARUČITELJ:

HRVATSKE VODE  
Ulica grada Vukovara 220  
10000 Zagreb



## IZVODITELJI:

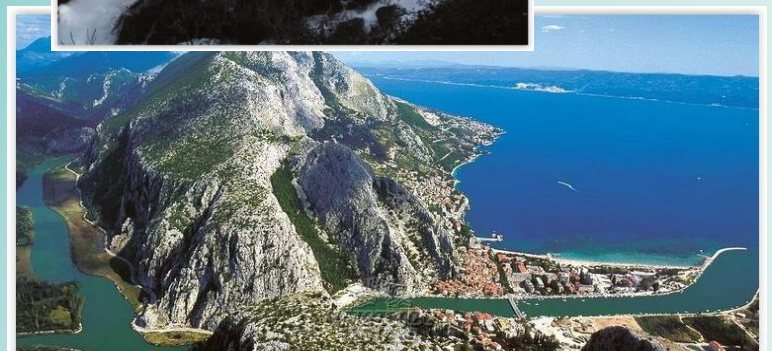
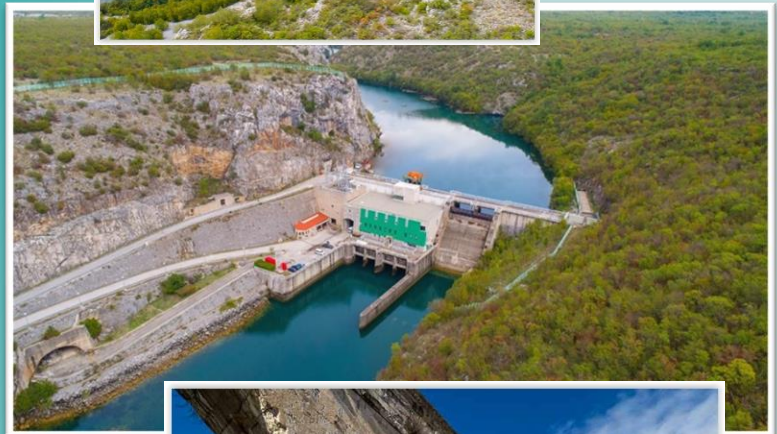
INFRA PROJEKT d.o.o.  
Vukovarska 148  
21000 Split



HIDROING d.o.o.  
Trg Hrvatske bratske zajednice 2  
21000 Split



Split, studeni 2022



<b>NARUČITELJ:</b>	<b>Hrvatske vode</b> Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb
<b>VODITELJI PROJEKTA:</b>	<b>INFRA PROJEKT d.o.o.</b> Vukovarska 148 21000 Split <b>Goran Marinović, dip.ing.građ.</b>  <b>HIDROING d.o.o.</b> Trg Hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split <b>Zdenko Čelan, dipl.ing.građ.</b>
<b>NAZIV PROJEKTA:</b>	<b>ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA</b> <b>Knjiga 2 – Vrednovanje i izbor varijantnih rješenja</b>
<b>RAZINA PROJEKTA:</b>	<b>IDEJNO RJEŠENJE</b>
<b>OZNAKA PROJEKTA:</b>	<b>AD02</b>
<b>IZVODITELJI:</b>	<b>INFRA PROJEKT d.o.o.</b> Goran Marinović, dipl. ing. građ. Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Ivna Sinovčić - Jović, dipl. ing. građ. Ana Ricov, mag. ing. aedif. <b>HIDROING d.o.o.</b> Zdenko Čelan, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ. Luka Čelan, dipl. ing. građ. Ana Aleksić, univ. spec. oecoing.
<b>PODIZVODITELJI:</b>	<b>Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu</b> doc. dr. sc. Davor Bojanić, dipl. ing. građ. doc. dr. sc. Ivo Andrić, dipl. ing. građ. Adrijana Vrsalović, mag. ing. aedif. <b>Projektni biro Split d.o.o.</b> Ivo Martinac, dipl. ing. el. Srđan Lašić, dipl. ing. građ.
<b>VANJSKI SURADNICI:</b>	Zdravko Brajković, dipl. ing. geol. Mate Soža, dipl. oec.



## SADRŽAJ:

<b>0</b>	<b>Projektni zadatak.....</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>Ulazni podaci za razmatranje varijanti .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1</b>	<b>Postojeće stanje lokacija za razmatranje varijanti .....</b>	<b>25</b>
2.1.1	Varijantne lokacije zahvatnih građevina .....	25
2.1.1.1	Akumulacijsko jezero i HE Đale .....	25
2.1.1.2	Akumulacijsko jezero i MHE Prančevići .....	27
2.1.1.3	Dovodni sustav HE Žakučac .....	29
2.1.2	Varijantne lokacije krajnjih točaka i međutočaka dovodnog sustava .....	34
2.1.2.1	Jadro .....	34
	- UKPV Jadro .....	34
	- Mogućnost kondicioniranja vode iz Cetine na UKPV Jadro .....	36
2.1.2.2	Žrnovnica.....	38
<b>2.2</b>	<b>Tehničko rješenje dovoda u hidrotehničkom tunelu za razmatranje varijanti.....</b>	<b>40</b>
2.2.1	Općenito o hidrotehničkim tunelima .....	40
2.2.1.1	Hidrotehnički tunel s pristupnim putem.....	40
2.2.1.2	Dovodni tunel u punom profilu.....	43
2.2.1.3	Razina podzemne vode .....	45
2.2.1.4	Načini izvođenja iskopa tunela .....	49
2.2.2	Varijantni profili hidrotehničkog tunela .....	51
2.2.2.1	Varijanta A: Hidrotehnički vodoopskrbni prohodni tunel .....	51
	- Tehnički opis .....	51
	- Uvjeti izgradnje tunela .....	52
	- Uvjeti održavanja .....	53
2.2.2.2	Varijanta B: Hidrotehnički višenamjenski prohodni tunel .....	53
	- Tehnički opis .....	53
	- Uvjeti izgradnje tunela .....	54
	- Uvjeti održavanja .....	54
2.2.2.3	Varijanta C: Dovodni vodoopskrbni tunel u punom profilu – neprohodni.....	54
	- Tehnički opis .....	55
	- Uvjeti izgradnje tunela .....	55
	- Uvjeti održavanja .....	56
2.2.3	Valorizacija predloženih varijanti profila hidrotehničkog tunela .....	57
2.2.3.1	Evaluacija varijantnih rješenja na temelju tehno ekonomskog kriterija .....	57
2.2.3.2	Evaluacija varijantnih rješenja na temelju ostalih kriterija.....	61
2.2.3.3	Zaključno o predloženim varijantama .....	62
2.2.4	Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.....	63
<b>2.3</b>	<b>Potrebe za vodom .....</b>	<b>65</b>
2.3.1	Vodoopskrba - mjerodavne količine za dimenzioniranje .....	65
2.3.2	Navodnjavanje .....	65
<b>3</b>	<b>Tehničko rješenje predloženih varijanti .....</b>	<b>66</b>
<b>3.1</b>	<b>Varijanta 1: Akumulacija Đale-Jadro.....</b>	<b>66</b>
3.1.1	Tehničko rješenje .....	66
3.1.2	Hidraulički proračun.....	68

3.1.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	69
3.1.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	76
<b>3.2</b>	<b>Varijanta 2: Akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro .....</b>	<b>79</b>
3.2.1	Tehničko rješenje .....	79
3.2.2	Hidraulički proračun .....	81
3.2.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	82
3.2.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	91
<b>3.3</b>	<b>Varijanta 3: Akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro, s ogrankom prema istočnom području Splita .....</b>	<b>93</b>
3.3.1	Tehničko rješenje .....	93
3.3.2	Hidraulički proračun .....	95
3.3.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	99
3.3.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	100
<b>3.4</b>	<b>Varijanta 4: Akumulacija Đale- Žrnovnica-istočno područje Splita .....</b>	<b>102</b>
3.4.1	Tehničko rješenje .....	102
3.4.2	Hidraulički proračun .....	104
3.4.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	107
3.4.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	108
<b>3.5</b>	<b>Varijanta 5: Akumulacija Prančevići-Jadro .....</b>	<b>110</b>
3.5.1	Tehničko rješenje .....	110
3.5.2	Hidraulički proračun .....	112
3.5.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	113
3.5.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	120
<b>3.6</b>	<b>Varijanta 6: Akumulacija Prančevići- Žrnovnica-Jadro .....</b>	<b>122</b>
3.6.1	Tehničko rješenje .....	122
3.6.2	Hidraulički proračun .....	123
3.6.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	125
3.6.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	133
<b>3.7</b>	<b>Varijanta 7: Akumulacija Prančevići- Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš .....</b>	<b>135</b>
3.7.1	Tehničko rješenje .....	135
3.7.2	Hidraulički proračun .....	138
3.7.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	140
3.7.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	156
<b>3.8</b>	<b>Varijanta 8: Gata-Žrnovnica-Jadro (h. tunel), s dovodom za Omiš .....</b>	<b>158</b>
3.8.1	Tehničko rješenje .....	158
3.8.2	Hidraulički proračun .....	161
3.8.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	162
3.8.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	165
<b>3.9</b>	<b>Varijanta 9: Gata-Žrnovnica-Jadro (dijelom h.tunel, dijelom u terenu), s dovodom za Omiš .....</b>	<b>167</b>
3.9.1	Tehničko rješenje .....	167
3.9.2	Hidraulički proračun .....	170
3.9.3	Geomehaničke klasifikacije tunela .....	172
3.9.4	Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava .....	174
<b>3.10</b>	<b>Varijanta 10: Gata-Zagrad-brza cesta-Stobreč-Ravne Njive .....</b>	<b>176</b>
3.10.1	Brza cesta Stobreč-Omiš .....	176
3.10.2	Tehničko rješenje .....	178
3.10.3	Namjena sustava .....	180
<b>3.11</b>	<b>Usporedni prikaz predloženih varijanti .....</b>	<b>181</b>



<b>4</b>	<b>Geološke, hidrogeološke i hidrološke značajke područja duž trasa razmatranih varijanti .....</b>	<b>183</b>
<b>4.1</b>	<b>Geološke i hidrogeološke značajke područja.....</b>	<b>183</b>
4.1.1	Litostratigrafske značajke područja.....	183
4.1.2	Tektonske značajke područja .....	184
4.1.3	Hidrogeološke značajke .....	186
4.1.4	Analiza predloženih varijanti alternativnih pravaca s geološkog aspekta.....	190
<b>4.2</b>	<b>Hidrološke značajke područja .....</b>	<b>192</b>
4.2.1	Osvrt na hidrološke značajke područja.....	192
4.2.2	Analiza predloženih varijanti alternativnih pravaca s hidrološkog aspekta .....	196
<b>5</b>	<b>Valorizacija predloženih varijanti višekriterijalnom analizom i izbor povoljnijih rješenja.....</b>	<b>198</b>
<b>5.1</b>	<b>Metoda izrade višekriterijalne analize .....</b>	<b>198</b>
<b>5.2</b>	<b>Evaluacija varijantnih rješenja na temelju tehno-ekonomskog kriterija .....</b>	<b>199</b>
5.2.1	Ekonomski troškovi.....	199
5.2.2	Ekonomske koristi.....	200
5.2.3	Tehno-ekonomska analiza troškova .....	201
<b>5.3</b>	<b>Evaluacija varijantnih rješenja na temelju ostalih kriterija .....</b>	<b>214</b>
<b>5.4</b>	<b>Zaključak o predloženim varijantama .....</b>	<b>215</b>
<b>6</b>	<b>Zaključno o obrađenoj knjizi 2.....</b>	<b>218</b>
<b>7</b>	<b>Grafički prilogi.....</b>	<b>219</b>
7.1	Pregledna situacija: Varijantna rješenja mj 1:50 000 .....	219
7.2	Mikrolokacija: Akumulacijsko jezero i HE Dale mj 1:5 000 .....	219
7.3	Mikrolokacija: Akumulacijsko jezero i HE Prančevići mj 1:5 000 .....	219
7.4	Mikrolokacija: Gata (dovodni tunel Prančevići-HE Zakučac) mj 1:5 000 .....	219
7.5	Mikrolokacija: Majdan (UPOV Jadro) mj 1:5 000.....	219
7.6	Mikrolokacija: Žrnovnica mj 1:5 000.....	219

## Popis tablica:

Tablica 1: Varijanta A hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti.....	58
Tablica 2: Varijanta B hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti .....	59
Tablica 3: Varijanta C hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti .....	60
Tablica 4: Usporedba neto sadašnje vrijednosti varijantnih rješenja profila tunela .....	61
Tablica 5: Usporedba varijantnih rješenja profila tunela na temelju ostalih kriterija .....	62
Tablica 6: Evaluacija predloženih varijantnih rješenja profila tunela.....	62
Tablica 7: Varijanta 1 – građevine dovodnog sustava .....	66
Tablica 8: Varijanta 1 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	75
Tablica 9: Varijanta 2 – građevine dovodnog sustava .....	79
Tablica 10: Varijanta 2 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	90
Tablica 11: Varijanta 3 – građevine dovodnog sustava .....	93
Tablica 12: Varijanta 3 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	100
Tablica 13: Varijanta 4 – građevine dovodnog sustava .....	102
Tablica 14: Varijanta 4 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	107
Tablica 15: Varijanta 5 – građevine dovodnog sustava .....	110

Tablica 16: Varijanta 5 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	119
Tablica 17: Varijanta 6 – građevine dovodnog sustava .....	122
Tablica 18: Varijanta 6 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	132
Tablica 19: Varijanta 7 – građevine dovodnog sustava .....	135
Tablica 20: Varijanta 7- Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	149
Tablica 21: Varijanta 7 ogr. - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel.....	155
Tablica 22: Varijanta 8 – građevine dovodnog sustava .....	158
Tablica 23: Varijanta 8 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	164
Tablica 24: Varijanta 9 – građevine dovodnog sustava .....	167
Tablica 25: Varijanta 9 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel .....	173
Tablica 26: Varijanta 10 – građevine dovodnog sustava .....	178
Tablica 27: Usporedni prikaz predloženih varijanti .....	181
Tablica 28: Karakteristike vodonosnika prema tri tipa permeabilnosti.....	196
Tablica 29: Ulazna tablica s cijenom izgradnje tunela pojedinih varijanti prema geomehantičkoj klasifikaciji .....	204
Tablica 30: Varijanta 1 – Tehno-ekonomska analiza troškova .....	205
Tablica 31: Varijanta 2 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	205
Tablica 32: Varijanta 3 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	207
Tablica 33: Varijanta 4 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	208
Tablica 34: Varijanta 5 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	208
Tablica 35: Varijanta 6 - Tehno-ekonomska analiza troškovi .....	209
Tablica 36: Varijanta 7 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	210
Tablica 37: Varijanta 8 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	211
Tablica 38: Varijanta 9 - Tehno-ekonomska analiza troškova.....	212
Tablica 39: Usporedni prikaz neto sadašnje vrijednosti varijantnih rješenja .....	213
Tablica 40: Poredak varijanti od najjeftinije prema najskupljoj na temelju tehno-ekonomskog kriterija.....	213
Tablica 41: Evaluacija predloženih varijantnih rješenja .....	216

## Popis slika:

Slika 1: Dugoročno rješenje vodoopskrbnog sustava Splitsko-dalmatinske županije (izvadak iz Vodoopskrbnog plana Splitsko-dalmatinske županije, izrada 2008.g.) .....	23
Slika 2: Akumulacija Đale - postojeći obilazni tunel u stijeni.....	25
Slika 3: Akumulacija Đale - područje lokacije zahvatne građevine uz akumulaciju .....	26
Slika 4: Akumulacija Đale - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela ....	26
Slika 5: Akumulacija Prančevići - ulazni uređaj i postojeći dovodni tuneli Prančevići-Zakučac .....	27
Slika 6: Akumulacija Prančevići - područje lokacije zahvatne građevine.....	28
Slika 7: Akumulacija Prančevići - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih građevina hidrotehničkih tunela .....	28
Slika 8: Dovodni tuneli Prančevići-Zakučac .....	29
Slika 9: HE Zakučac - vodne komore, zasunska komora i strojarnica (flocrt) .....	29
Slika 10: HE Zakučac - vodne komore, zasunska komora i strojarnica (presjek) .....	30
Slika 11: HE Zakučac – legenda .....	30
Slika 12: HE Zakučac – zasunska komora, jedna od četiri dovodne cijevi.....	31
Slika 13: HE Zakučac - servisni tunel za prilaz čvoru vodne i zasunske komore.....	31
Slika 14: HE Zakučac - postojeći ulaz u tunel i područje lokacije ulazne građevine hidrotehničkog tunela na širem području oko zasunske komore .....	33



Slika 15: HE Zakučac - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih građevina hidrotehničkih tunela na širem području oko zasunske komore .....	33
Slika 16: UKPV Jadro na Majdanu - situacijski prikaz planiranog uređaja (izvor: EZO UKPV s izvora r. Jadro) .....	34
Slika 17: UKPV Jadro na Majdanu - dispozicija lokacije uređaja i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela .....	35
Slika 18: UKPV Jadro na Majdanu – pogled na postojeće dovode i lokaciju planiranog uređaja .....	36
Slika 19: Žrnovnica (zaseok Dvori) – dispozicija potencijalne lokacije uređaja i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela .....	38
Slika 20: Žrnovnica (zaseok Dvori) – pogled na potencijalnu lokaciju uređaja .....	39
Slika 21: Poprečni presjek kanalizacijskog tunela "Stupe" .....	41
Slika 22: Poprečni presjek kanalizacijskog tunela "Čiovo" .....	42
Slika 23: Fotografija uređenog kanalizacijskog tunela „Čiovo“ .....	42
Slika 24: Poprečni presjek vodovodnog tunela "Blato Učjak" .....	42
Slika 25: Izlazna portalna građevina hidrotehničkog tunela "Čiovo", oblikovana da djeluje kao "dimnjak" .....	43
Slika 26: Poprečni presjek dovodnih tunela „Prančevići-Zakučac“ .....	44
Slika 27: Poprečni presjek vodovodnog tunela "Vidova gora" .....	44
Slika 28: Konceptualni model krškog sustava koji sadrži sve karakteristične procese .....	45
Slika 29: Situacija s ucrtanim lokacijama dubokih piezometara.....	46
Slika 30: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2011.g. ....	47
Slika 31: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2012.g. ....	47
Slika 32: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2013.g. ....	47
Slika 33: Razine podzemne vode u B-1 i B-3 tijekom recesijskog perioda 2013. godine, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) .....	48
Slika 34: Primjer velikog stroja s rotacijskom glavom .....	50
Slika 35: Primjer iskopa glodačima .....	51
Slika 36: Hidrotehnički vodoopkrbni prohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek .....	52
Slika 37: Hidrotehnički višenamjenski prohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek .....	54
Slika 38: Vodoopkrbni neprohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek .....	55
Slika 39: Vodoopkrbni prohodni tunel, normalni poprečni presjek u II. i III. ktg. stijenske mase.....	63
Slika 40: Vodoopkrbni prohodni tunel, normalni poprečni presjek u IV. i V. ktg. stijenske mase .....	64
Slika 41: Varijanta 1 – situacijski prikaz.....	66
Slika 42: Varijanta 1-lokacija zahvatne građevine iz akumulacije Đale i ulazne građevine tunela .....	67
Slika 43: Varijanta 1 – uzdužni profil Đale-Jadro .....	67
Slika 44: Varijanta 1-lokacija uređaja UKPV Jadro na Majdanu i izlazne građevine tunela .....	68
Slika 45: Varijanta 1 – uzdužni profil Đale-Jadro, hidraulički proračun .....	69
Slika 46: Varijanta 1 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	76
Slika 47: Varijanta 2 – situacijski prikaz.....	79
Slika 48: Varijanta 2-lokacija izlaznih/ulaznih građevina tunela na području izv. Žrnovnice .....	80
Slika 49: Varijanta 2 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Jadro .....	81
Slika 50: Varijanta 2 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun .....	82
Slika 51: Varijanta 2 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	90
Slika 52: Varijanta 3 – situacijski prikaz.....	93
Slika 53: Varijanta 3-lokacija uređaja UKPV Žrnovnica i izlazne/ulazne građevine tunela .....	94
Slika 54: Varijanta 3 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe .....	95
Slika 55: Varijanta 3 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe, hidraulički proračun.....	97
Slika 56: Varijanta 3 – uzdužni profil Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun.....	98
Slika 57: Varijanta 3 – uzdužni profil hidrotehnički tunel „Jadro“ (projekt Aglomeracija Split-Solin) .....	98
Slika 58: Varijanta 3 – uzdužni profil ogranak Split-istok, hidraulički proračun .....	99

Slika 59: Varijanta 3 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	100
Slika 60: Varijanta 4 – situacijski prikaz.....	102
Slika 61: Varijanta 4-lokacija uređaja UKPV Žrnovnica i izlazne/ulazne građevine tunela .....	103
Slika 62: Varijanta 4 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe .....	104
Slika 63: Varijanta 4 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe, hidraulički proračun.....	106
Slika 64: Varijanta 4 – uzdužni profil hidrotehnički tunel „Jadro“ (projekt Aglomeracija Split-Solin).....	106
Slika 65: Varijanta 4 – uzdužni profil ogranak Split-istok, hidraulički proračun.....	107
Slika 66: Varijanta 4 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	108
Slika 67: Varijanta 5 – situacijski prikaz.....	110
Slika 68: Varijanta 5-lokacija zahvatne građevine iz akumulacije Prančevići i ulazne građevine tunela.....	111
Slika 69: Varijanta 5 – uzdužni profil Prančevići-Jadro .....	111
Slika 70: Varijanta 5 – uzdužni profil Prančevići-Jadro, hidraulički proračun.....	112
Slika 71: Varijanta 5 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	120
Slika 72: Varijanta 6 – situacijski prikaz.....	122
Slika 73: Varijanta 6 – uzdužni profil Prančevići-Žrnovnica-Jadro .....	123
Slika 74: Varijanta 6 – uzdužni profil Prančevići-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun.....	124
Slika 75: Varijanta 6 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	132
Slika 76: Varijanta 7 – situacijski prikaz.....	136
Slika 77: Varijanta 7 – uzdužni profil Prančevići-Žrnovnica-Jadro .....	137
Slika 78: Varijanta 7 – uzdužni profil dovoda prema Omišu .....	137
Slika 79: Varijanta 7 – uzdužni profil Prančevići-priključak za Omiš-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun .....	139
Slika 80: Varijanta 7 – uzdužni profil priključak za Omiš – UKPV Zagrad, hidraulički proračun .....	140
Slika 81: Varijanta 7 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	149
Slika 82: Varijanta 7 ogr. – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	155
Slika 83: Varijanta 8 – situacijski prikaz.....	159
Slika 84: Varijanta 8-lokacija zahvatne građevine iz dovoda u Gatima i ulaznih građevina tunela.....	159
Slika 85: Varijanta 8 - lokacija izlaznih/ulaznih građevina tunela na području izv. Žrnovnice .....	160
Slika 86: Varijanta 8 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro .....	160
Slika 87: Varijanta 8 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun.....	162
Slika 88: Varijanta 8 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	165
Slika 89: Varijanta 9 – situacijski prikaz.....	168
Slika 90: Varijanta 9 - lokacija ulazne građevine tunela na području izv. Žrnovnice .....	169
Slika 91: Varijanta 9 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro .....	169
Slika 92: Varijanta 9 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun.....	171
Slika 93: Varijanta 9 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel .....	174
Slika 94: Varijanta 10 -brza cesta Solin-Stobreč-Dugi Rat-Omiš .....	176
Slika 95: Varijanta 10 -brza cesta Stobreč-Dugi Rat, poprečni profili .....	177
Slika 96: Varijanta 10 – situacijski prikaz.....	179
Slika 97: Varijanta 10-lokacija zahvatne građevine iz dovoda u Gatima i ulaznih građevina tunela .....	179
Slika 98: Usporedni prikaz predloženih varijanti .....	182
Slika 99: Geološka karta s prikazom pravaca pružanja varijantnih rješenja .....	185
Slika 100: Geološka karta – tumač znakova.....	186
Slika 101: Hidrogeološka karta s prikazom pravaca pružanja varijantnih rješenja .....	188
Slika 102: Hidrogeološka karta - tumač znakova .....	189
Slika 103: Karta s prikazom zona sanitarne zaštite i pravaca pružanja varijantnih rješenja .....	191
Slika 104: Procijenjene granice sliva rijeke Cetine i izvora Jadro .....	192
Slika 105: Pretpostavljeni sliv izvora Jadro.....	193



Slika 106: Mediteransko područje u Europi.....	193
Slika 107: Karta srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1971–2000 (Izvor: DHMZ) .....	194
Slika 108: Promjena oborine u Hrvatskoj (u mm/dan) u razdoblju 2041. - 2070. u odnosu na razdoblje 1961. - 1990. prema rezultatima regionalnog klimatskog modela RegCM za A2 scenarij za zimu i ljeto .....	195
Slika 109: Prostorni raspored istraženih speleoloških objekata unutar sliva Jadra .....	195
Slika 110: Predloženi kriteriji .....	199

**Vodoopskrbni sustav  
Split – Solin – Kaštela – Trogir**

**PROJEKTNI ZADATAK**

za izradu

**Analize varijantnih rješenja za dovod vode na područje Splita  
iz alternativnih pravaca**

- IDEJNO RJEŠENJE

**Sadržaj:**

1. Uvod
2. Postojeće stanje
3. Zadatak idejnog rješenja
4. Metodologija - Plan rada
5. Raspoložive podloge i projektna dokumentacija
6. Sadržaj projektne dokumentacije
7. Ostalo

**Privitak:**

- Troškovnik
- Pregledna situacija – tehničko rješenje vodoopskrbe vanplanskog razdoblja iz Studije - Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije

**Split, listopad 2019.**

---



## 1. UVOD

Predmet ovog projektnog zadatka je izrada idejnog rješenja s analizom varijantnih rješenja dovoda vode na područje Splita iz alternativnih pravaca, s ciljem povećanja sigurnosti javne vodoopskrbe u sustavima koji koriste samo jedno izvorište i za koje je karakteristična velika ranjivost vodonosnika, čime bi se zadovoljile smjernice *Strategije upravljanja vodama*.

Naime, izvorište rijeke Jadro, kao izuzetno vrijedan i značajan resurs za vodoopskrbu područja gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira, gdje obitava cca 290.000 stanovnika, je jedini zahvat sustava. Izvorište rijeke Jadro je krški izvor s prostorno značajnim slivnim područjem, što znatno povećava opasnost od incidentnih zagađenja podzemnih voda, a time i izvora. Neke karakteristike krškog područja su velike količine padalina, niske retencijske sposobnosti te brzi podzemni tokovi. Temeljne značajke krških slivova su prostrane zone prikupljanja vode i vrlo kompleksni uvjeti izviranja. Važnu ulogu u kakvoći vode podzemnih tokova čine vode kratkog zadržavanja koje stvaraju velike probleme s količinom i kakvoćom, jer nastaju kao posljedica poplavnih valova, koje ispiru onečišćenja akumulirana na površini terena.

Imajući u vidu da vodoopskrba s izvora rijeke Jadro za sada nema tehnički razrađeno alternativno rješenje, izrađen je ovaj projektni zadatak u cilju sagledavanja problematike dovoda vode prema području Splita.

Izrađeno idejno rješenje trebalo bi biti temelj za:

- Usvajanje strateških odluka i ciljeva;
- Prijedlog implementacije predloženih rješenja kroz prostorno - plansku dokumentaciju;
- Definiranje prioriteta, kratkoročnih i dugoročnih strateških istražnih radova i investicija.

Temeljni dokument vodoopskrbe šireg predmetnog područja je *Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije* (izradili: Institut građevinarstva hrvatske d.d., Hidroing d.o.o. Split, Akvaproyekt d.o.o. Split, Infra projekt d.o.o. Split i Geoprojekt d.d. Split u prosincu 2008. godine). Planom je predstavljeno objedinjeno osnovno konceptijsko rješenje vodoopskrbe cijele Županije. Rješenje je rađeno za plansko razdoblje do 2025 god., a za dio sustava i za izvan plansko razdoblje (nakon 2025 g.). Prijedlogom rješenja za izvan plansko razdoblje, sagledana je mogućnost dovoda vode za područje aglomeracija Split–Solina–Kaštela–Trogir, Sinj, Trilj–Otok–Dicmo, Omiš–Brač–Hvar–Šolta–Vis te Makarsko primorje, s horizonata rijeke Cetine te u daljnjem razvoju i sa zahvatom na izvoru rijeke Rude.

U predmetnom vodoopskrbnom planu dovod vode s Cetine, za vodoopskrbni sustav Split – Solin – Kaštela – Trogir (SSKT) predstavljen je kroz dvije varijante:

1. Dovod vode s rijeke Cetine - horizont HE Đale;
2. Dovod vode s rijeke Cetine – horizont HE Zakućac.

Takvim pristupom omogućeno je i širenje sustava s horizonata rijeke Cetine (HE Đale / brana Prancevići / HE Zakućac) prema ostalim vodoopskrbnim sustavima na području Županije, i to prema UKPV Zadvarje (za opskrbu vodom Makarskog primorja), odnosno VS Vučipolje (za vodoopskrbu dijela splitske zagore koji pripada vodoopskrbnom sustavu Ruda). Tako postavljen vodoopskrbni sustav s ishodištem na horizontu rijeke Cetine dalje se može nadograđivati prema izvoru rijeke Rude, kao i prema akumulacijskom jezeru Peruća.

Kroz županijski Vodoopskrbni plan su postavljeni temeljni pravci razvoja vodoopskrbnog sustava uvažavajući potrebe/zahtjeve šireg područja županije. Resursi rijeke Cetine sa zahvatom na predloženim lokacijama predstavljaju stratešku odrednicu kojom se omogućava ravnomjerni razvoj županije, a pri tome je u perspektivi, odnosno u daljnji fazama razvoja vodoopskrbe, omogućeno zahvaćanje vode i na udaljenijim horizontima.

Najvažnije uporište za izradu idejnog rješenja je spomenuta *Strategija upravljanja vodama*. Strategija upravljanja vodama je strateški dokument koji daje smjernice razvoja vodnog gospodarstva. Vodno gospodarstvo osigurava održivo korištenje voda što podrazumijeva osiguranje dovoljnih količina voda zadovoljavajuće kakvoće, te je nužno postići i odgovarajući standard i razinu sigurnosti opskrbe vodom za sve

korisnike. Strateške odrednice u području Korištenja voda sadržavaju niz mjera, a neke najvažnije u području javne vodoopskrbe su:

- Povećanje sigurnosti zahvata za javnu vodoopskrbu što se među ostalim postiže planiranjem rezervnih izvora za javne vodoopskrbne sustave koji su ovisni samo o jednom zahvatu (nužna je alternativna opskrba vodom), za sustave koji zahvaćaju vodu iz građevina hidroelektrana, za sustave za koje je karakteristična velika ranjivost vodonosnika, kao i za sustave koji nemaju zadovoljavajuću prirodnu kakvoću podzemne vode.
- Unaprjeđenje upravljanja javnim vodoopskrbnim sustavima što se među ostalim postiže i povezivanjem vodoopskrbnih sustava – regionalni sustavi sa mogućnošću dopreme vode iz više smjerova (slivova).

Uz prethodno navedene dokumente i osnovne smjernice, potrebno je imati u vidu i sljedeće činjenice:

- Prošlo je 11 godina od izrade Županijskog vodoopskrbnog plana, u kojem je tehničko rješenje za razdoblje nakon 2025.g. predstavljeno tek kao moguće rješenje za izvan plansko razdoblje;
- Predstavljeno tehničko rješenje za razdoblje nakon 2025.g. nije dalje razmatrano, niti usvojeno kao strateški dokument i cilj;
- U međuvremenu je izrađeno (ili je u tijeku njihova izrada) više studija/predstudija izvodljivosti za pojedine aglomeracije na širem predmetnom području, a koje su osim odvodnje otpadnih voda obuhvatile i vodoopskrbu pripadajućih područja;
- Pojavila se potreba usklađenja postojećih vodoopskrbnih sustava s Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju (NN125/17). Definirane vrijednosti parametara za mutnoću znatno su strože nego ranije, što zahtjeva izgradnju uređaja za kondicioniranje pitke vode (UKPV).
- Pri planiranju izgradnje Uređaja za kondicioniranje pitke vode (UKPV) za potrebe sustava SSKT potrebno je sagledati uklapanje UKPV i potencijalnog novog dovoda vode, kako bi se predložila cjelovita rješenja.
- U pripremi je Zakon i ostala regulativa vezana uz vodne usluge i uslužna područja s kojima će se morati usaglasiti isporučitelji vodnih usluga.

## 2. POSTOJEĆE STANJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA

Vodoopskrbni sustav Split - Solin - Kaštela – Trogir klasificiran je kao regionalni sustav. Sustavom upravlja tvrtka Vodovod i kanalizacija d.o.o. Split, a područje opskrbe je: Grad Split (s gravitirajućom Općinom Podstrana), Grad Solin (s dijelom gravitirajuće Općine Klis), Grad Kaštela i Grad Trogir (s gravitirajućom Općinom Seget i Općinom Okrug).

Zahvat je na izvoru rijeke Jadro na kojem se prema vodopravnoj dozvoli smije zahvaćati 2.000 l/s, odnosno 45.000.000 m<sup>3</sup>/god.

Opskrba područja je uvjetovana visinskim položajem izvora, koji se nalazi na koti 34,60 m n.m., pa sustav gotovo u cijelosti zahtijeva sukcesivno precrcpljivanje vode na više kote, i sastoji se od zasebnih podsustava.

Na zahvatu se nalazi CS Jadro koja služi za opskrbu podsustava visokog područja Općine Klis

**Dovod vode od zahvata u pravcu Splita** odvija se gravitacijski kroz Stari Dioklecijanov kanal dimenzija 60×120 cm i Novi splitski kanal, dimenzija 110×120 cm, koji na području Meteriza prelazi u cjevovod Ø1.000mm. Voda se doprema do centralne crpne stanice Ravne Njive, koja vodu tlači u vodospremnike Visoka, Niska i Srednja, smještene na istočnom dijelu grada, koji pokrivaju neravnomjernosti potrošnje za tri istoimene visinske zone, i u smjeru vodospremnika Marjan I i Gripe, koji zajedno pokrivaju zapadni dio grada. VS Marjan I je ujedno i polazna točka za dvije više zone na području krajnjeg zapadnog dijela grada (Marjana).

**Dovod vode od zahvata u pravcu Solina, Kaštela i Trogira** dijelom se još uvijek obavlja Novim kanalom sve do Vidovića mosta, gdje je izvedena nova zahvatna građevina koja ima zadatak regulirano preusmjeravati potrebne količine vode za gradove Solin, Kaštela i Trogir prema CS Kunčeva Greda novim dovodom.

CS Kunčeva Greda vodu tlači u VS Sutikva nova (k. d.=60 m n.m., V=5.000 m<sup>3</sup>) i VS Sutikva-postojeća. Iz VS Sutikva-nova pruža se 15 km dug glavni cjevovod profila Ø800/700mm. Glavni cjevovod prolazi kroz područje Solina i Kaštela, ima tranzitni karakter, i završava u crpnoj stanici Kaštel Štafilić. Na glavni cjevovod se nadovezuju lokalni podsustavi koje čine crpne stanice Solin, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić, s pripadajućim vodospremnici Voljak, Sv. Kajo, Kaštel Sućurac i Kaštel Lukšić. Vodospremnici izravnavaju neravnomjernosti potrošnje pripadajućeg područja.

Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir obuhvaćen je u većoj mjeri sustavom daljinskog nadzora i upravljanja.

### 3. ZADATAK IDEJNOG RJEŠENJA

Temeljni zadatak idejnog rješenja je analiza i obrada varijantnih rješenja dovoda vode na područje Splita alternativnim pravcima iz rijeke Cetine za potrebe javne vodoopskrbe. Pri tome projektant mora definirati više održivih varijanti (maksimalno 6).

Temeljem prethodnih obrazloženja, odnosno postavki Vodoopskrbnog plana Splitsko-dalmatinske županije, trebaju se obraditi varijante dovoda vode s početnom točkom zahvata unutar horizonta rijeke Cetine na potezu HE Đale – brana Prančevići – HE Zakučac. Krajnje točke dovoda trebaju biti glavne građevine vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir unutar područja izvor rijeke Jadro-izvor rijeke Žrnovnice-ušće rijeke Žrnovnice.

Ukoliko se tijekom izrade idejnog rješenja utvrdi mogućnost i potreba obrade održivih varijanti i izvan predloženih početnih i krajnjih točaka zahvata, takve varijante će se obrazložiti projektom timu u cilju izmjene projektnog zadatka.

Obrada varijanti, i općenito idejnog rješenja, mora obuhvatiti sve relevantne tehničko-tehnološko-hidrauličke i financijske elemente, te uključiti odgovarajuće struke, kako bi se mogla nedvojbeno ocijeniti pojedina varijanta.

S obzirom na kompleksnost problematike alternativnog dovoda vode do Splita nameće se mogućnost/potreba korištenja zahvaćenih voda i za ostale namjene. Prema **Strategiji upravljanja vodama** korištenje zahvaćenih voda za javnu vodoopskrbu ima prednost u odnosu na korištenje voda za ostale namjene. Višenamjenski sustavi uređenja i korištenja voda se, osim za opskrbu vodom, mogu koristiti i za proizvodnju električne energije, navodnjavanje, plovidbu, zaštitu od poplava, melioracijsku odvodnju, uzgoj riba, šport i rekreaciju, oplemenjivanje malih voda radi očuvanja ekosustava, te za prihranjivanje podzemnih voda. Stoga je u sklopu ovoga idejnog rješenja potrebno utvrditi prihvatljivost korištenja zahvaćenih voda i za ostale namjene. Potrebno je utvrditi postojeću relevantnu studijsku i projektnu dokumentaciju koja obrađuje pojedine načine korištenja voda na predmetnom području, temeljem čega će se dati prijedlog potrebnih istražnih radova, te prijedlog izrade nove ili novelacije/razrade postojeće dokumentacije. Projektant treba procijeniti utjecaj navedenih čimbenika na predložene varijante, te po potrebi uključiti elemente višenamjenskog sustava u metodologiju ocjenjivanja varijanti.

Idejnim rješenjem treba se posebno obraditi slijedeće:

3.1. Varijantna tehnička rješenja dovoda vode na područje Splita alternativnim pravcima iz rijeke Cetine. Za ostale vodoopskrbne sustave na širem predmetnom području (Sinj, Trilj-Otok-Dicmo, Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis te Makarsko primorje) definira se mogućnost objedinjavanja dijela dovodnog sustava, po potrebi, samo u slučaju da dio građevina dovodnog sustava može biti zajednički.

Poseban osvrt dati na sustav sa zahvatom vode u HE Zakučac u smislu mogućnosti alternativnog dovoda u sustav Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis (iz bazena Prančevići ili putem drugog zahvata).

3.2. Analiza postojeće mjerodavne tehničke dokumentacije na širem predmetnom području, po potrebi, s ciljem utvrđivanja (preuzimanja) polaznih ulaznih parametara pojedinih rješenja vodoopskrbnih sustava na širem predmetnom području (Split–Solín-Kaštela–Trogir, Sinj, Trilj-Otok-Dicmo, Omiš–Brač–Hvar–Šolta–Vis te Makarsko primorje): postojeće stanje izgrađenosti (zahvat s glavnim dovodnim i opskrbnim smjerovima) i planirani glavni smjerovi, a koji su značajni za smještaj i prostornu dispoziciju varijantnih rješenja.

3.3. Analiza postojeće mjerodavne tehničke i ostale dokumentacije na širem predmetnom području, po potrebi, s ciljem utvrđivanja (preuzimanja) polaznih/ulaznih parametara pojedinih rješenja vodoopskrbnih sustava na širem predmetnom području: sumarni podaci mjerodavnih količina vode (potrebe za vodom), a koji su značajni za dimenzioniranje glavnih građevina varijantnih rješenja. Po potrebi zatražiti od nadležnih komunalnih poduzeća podatke za posljednjih par godina, radi usporedbe s izrađenom tehničkom dokumentacijom.

Osnovni zadatak ove točke je definiranje rezervnih i/ili dodatnih količina vode koje je potrebno transportirati prema području Splita. Proračun i odabir količina vode uskladiti s potencijalnim zahvatima vode ovisno o raspoloživim vodnim resursima rijeke Cetine.

3.4. Analiza postojeće mjerodavne dokumentacije na širem predmetnom području, s ciljem utvrđivanja (preuzimanja) polaznih ulaznih parametara o: osnovnim karakteristikama postojećih i planiranih vodozahvata, kakvoći vode, kapacitetima, i dr., a koji su značajni za izradu varijantnih rješenja.

3.5. Izrada minimalno 5 varijantnih rješenja dovoda vode na područje Splita alternativnim pravcima iz rijeke Cetine, unutar horizonta rijeke Cetine na potezu HE Đale – brana Prančevići – HE Zakučac. Kod postavljanja tehničkih rješenja posebnu pažnju obratiti na korištenje postojećih glavnih vodoopskrbnih objekata, koji predstavljaju okosnicu razvoja vodoopskrbnog sustava.

3.5.1. Svako varijantno rješenje mora biti obrađeno i usklađeno s postojećim i planiranim načinom iskorištavanja hidroenergetskog potencijala rijeke Cetine te predviđenim korištenjem rijeke Cetine kao prijamnika otpadnih voda pripadajućih aglomeracija.

3.5.2. Temeljem definiranih potrebnih rezervnih i/ili dodatnih količina vode te temeljem utvrđivanja mogućnosti višenamjenskog korištenja vode, treba izvršiti procjene istovremenog/izmjeničnog korištenja predloženih građevina u razdobljima uredne vodoopskrbe s izvora Jadrá, kao i u razdobljima potrebe uključivanja alternativnog dovoda u sustav javne vodoopskrbe.

3.5.3. Svako varijantno rješenje mora biti obrađeno i s aspekta uspostave koridora zahvata. Naime, potrebno je analizirati i opravdati izgradnju pojedinih strateških objekata u koridoru, kao što su hidrotehnički tuneli, crpne stanice, korištenje prometnica i sl.

3.5.4. Za hidrotehničke tunele je potrebno analizirati osnovne pokazatelje: geomehaničku (RMR) klasifikaciju stijenske mase na temelju postojećih podataka, izbor optimalnog rješenja hidrotehničkog tunela, mogućnost ugradnje dodatne infrastrukture (plinovod, energetika, komunikacije itd.), izbor optimalnog poprečnog presjeka tunela i sl.

3.5.5. Svako varijantno rješenje mora biti obrađeno i u smislu definiranja potencijalnih lokacija za uređaje za kondicioniranje pitke vode (UKPV). Prijedloge rješenja uskladiti s planovima komunalnih poduzeća u smislu kondicioniranja pitke vode.

3.5.6. Svako varijantno rješenje mora biti obrađeno i s aspekta uklapanja u postojeći vodoopskrbni sustav, odnosno treba definirati točke uklapanja, koridore, kao i definiranje kompletnog energetskog potencijala od početnih točaka zahvata, preko krajnjih točaka zahvata do odabranih točaka uklapanja. Treba definirati osnovne tehničke elemente/objekte te protokole kod prelaska s redovitog pogona na pogon za vrijeme vodoopskrbe s novog (alternativnog) dovoda. Za svaku varijantu izraditi osnovne hidrauličke proračune na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja.

3.5.7. Za svaku varijantu utvrditi mogućnost etapne izgradnje, prezentirati etape u tehničkom, financijskom i dinamičkom smislu.

- 3.6. Tehno-ekonomska valorizacija varijantnih rješenja treba uključiti višekriterijalnu analizu. U sklopu valorizacije potrebno je analizirati monetarne pokazatelje poput troškova izgradnje, pogona i održavanja, iskorištenja energetskog potencijala varijantnih rješenja, uštede u odnosu na troškove održavanja postojećeg sustava, mogućnost korištenja voda i za ostale namjene, te nemonetarne pokazatelje poput sigurnosti postavljenog rješenja, mogućnosti etapne izgradnje, mogućnosti osiguranja potrebnog prostora, utjecaja na okoliš, mogućnosti transporta u oba smjera i sl. Prijedlog pokazatelja, kao i njihov težinski odnos usuglasiti s radnom skupinom. Nakon valorizacije varijantnih rješenja potrebno je predložiti jedno ili više rješenja s obrazloženjima.
- 3.7. Za predložena rješenja izvršiti analizu pogonskih stanja u sustavu i prijedlog načina regulacije u sustavu, sve u dogovoru s radnom skupinom. U sklopu analize izraditi hidraulički proračun nestacionarnih stanja u sustavu (vodni udar) radi definiranja zaštite sustava od tlačnih prekoračenja. Također analizirati i tromost sustava, potrebno vrijeme ubrzanja mase vode, ovisno o odabranom tipu rješenja i pogona.
- 3.8. U konačnosti potrebno je izraditi plan daljnjih aktivnosti, uključujući prijedlog istražnih radova, te prijedlog izrade studijske i projektne dokumentacije.

#### 4. METODOLOGIJA - PLAN RADA

Planom rada predviđeno je da se ldejno rješenje izradi u više koraka. Nakon svakog koraka potrebno je Radnoj skupini prezentirati analize i rezultate, te nakon usvajanja nastaviti sa daljnom izradom dokumentacije.

U prvom uvodnom koraku je potrebno sagledati sve relevantne elemente od utjecaja na izbor varijantnih rješenja. Pri tome su planirane slijedeće aktivnosti:

- a/ preuzimanje i analiziranje do sada izrađenih raspoloživih podloga, podatka i dokumentacije relevantne za izradu predmetnih varijantnih rješenja u obimu koji je prikladan za sagledavanje varijantnih rješenja kao što su:
- prostorno planska dokumentacija,
  - ocjena stanja, mogućnosti i ograničenja na području namjeravanog zahvata,
  - urbanističko-tehnički zahtjevi,
  - načelni utjecaji zahvata na okoliš,
  - postojeće stanje izgrađenosti – zahvati i glavni objekti,
  - planirana strateška tehnička rješenja u usvojenim projektnim elaboratima, a tiču se glavnih objekata sustava uključujući uređaje za kondicioniranje pitke vode,
  - zahtjevi "Vodovoda i kanalizacije" d.o.o. Split i nadležnih komunalnih poduzeća
  - vodoprivredni zahtjevi,
  - sanitarni zahtjevi,
  - zakonska ograničenja i standardi,
- b/ preuzimanje i analiziranje do sada izrađene dokumentacije i podataka komunalnih poduzeća s ciljem:
- utvrđivanja potrebne količine vode - sumarne mjerodavne količine vode,
  - utvrđivanja potreba za dodatnim količinama vode u odnosu na raspoložive resurse,
  - definiranja količine vode prikladne za transport alternativnim pravcima,
- c/ preuzimanje i analiziranje do sada izrađene dokumentacije i podataka komunalnih i javnih poduzeća u smislu sagledavanja karakteristika zahvata i izvorišta, kao što su:
- postojeći i potencijalni zahvati u smislu kapaciteta i kvalitete vode,
  - resursi rijeke Cetine, kapacitet, kvalitet, hidroenergetko iskorištavanje,



d/ preuzimanje i analiziranje do sada izrađene dokumentacije i podataka javnih i komunalnih poduzeća s ciljem utvrđivanja postojećih ili planiranih tehničkih rješenja koja bi se mogla integrirati u predložena rješenja u funkciji višenamjenskog korištenja voda.

U drugom koraku potrebno je predložiti varijantna rješenja. Maksimalno 6 varijantnih rješenja je potrebno prezentirati radnoj skupini sa osnovnim tehničko - tehnološkim podacima. Nakon usvajanja od strane radne skupine nastaviti sa obradom varijanti. Kroz obradu varijanti sagledati će se slijedeće:

- prijedlog trase i objekata na trasi, uključujući početne i krajnje točke uklapanja u postojeći vodoopskrbni sustav,
- analiza i obrazloženja primjene pojedinih objekata (tuneli, crpne stanice i sl.),
- za tunelske varijante izvršiti obradu tunelskih geoloških profila temeljem postojećih podloga,
- hidraulička obrada varijanti za stacionarno pogonsko stanje sa osnovnim dimenzioniranjem građevina,
- financijska obrada varijanti - aproksimativni troškovnik,
- analiza prikladnosti pojedine varijante za višenamjensko korištenje voda, odnosno prikladnost istovremenog/izmjeničnog korištenja predloženih građevina u različitim razdobljima korištenja zahvaćenih količina (opskrba sa Jadrana/ opskrba iz alternativnog pravca),
- analiza varijanti sa spektra potencijalnih lokacija uređaja za kondicioniranje,
- utjecaj svake varijante na vodne resurse rijeke Cetine,
- analiza varijanti sa spektra etapnosti izgradnje.

U trećem koraku je potrebno izraditi tehničko – ekonomsko vrednovanje varijanti. Prethodno je potrebno sa radnom skupinom usuglasiti predložene pokazatelje, kao i njihovu težinsku veličinu. Načelni pokazatelji su:

- Tehničko-ekonomski pokazatelji
  - troškovi izgradnje/rekonstrukcije
  - troškovi pogona i održavanja – za plansko razdoblje
  - troškovi korištenja i otkupa zemljišta
  - postupnost izgradnje (mogućnost izgradnje u etapama)
- Pokazatelji izvodljivosti
  - mogućnost osiguranja prostora za trase i lokacije objekata
  - prihvatljivost u odnosu na prostor
  - prihvatljivost za javno mišljenje
- Ostali pokazatelji
  - sigurnost i pouzdanost
  - utjecaj na okoliš
  - utjecaj na postojeći vodoopskrbni sustav
  - utjecaj na ostalu postojeću infrastrukturu
  - utjecaj na važeću prostorno-plansku dokumentaciju

Nakon provedenih analiza i usporedbe pojedinih varijantnih rješenja višekriterijalnom analizom Projektant će predložiti i obrazložiti izbor jedne ili više varijanti.

U četvrtom koraku potrebno je za jednu ili više izabranih varijanti izraditi tehno – ekonomski sažetak sa obrazloženjem svih analiziranih parametara, uključujući tehničko – tehnološke, hidrauličke i ekonomske parametre. Obrazloženje treba sadržavati i osvrt na višenamjensku upotrebu predloženog sustava, način upotrebe sustava u razdobljima iskorištenja za vodoopskrbu, u odnosu na upotrebu sustava za druge namjene.

Za jednu ili više odabranih varijanti izvršit će se analiza svih pogonskih stanja u sustavu i određivanje načina regulacije u sustavu. U sklopu analize izradit će se i hidraulički proračun nestacionarnih stanja u sustavu (vodni udar) radi definiranja zaštite sustava od tlačnih prekoračenja.

U petom koraku potrebno je izraditi plan aktivnosti, koji se sastoji od planiranja izrade daljnje studijsko-projektne dokumentacije, provedbe istražnih radova, te izrade ostale dokumentacije, uključujući prostorno plansku dokumentaciju. Plan aktivnosti je potrebno prezentirati sa dinamičkim i okvirnim troškovničkim elementima.

## 5. RASPOLOŽIVE PODLOGE I PROJEKTNA DOKUMENTACIJA

Vodoopskrbna problematika na predmetnom području obrađivana je u brojnoj studijskoj i projektnoj dokumentaciji. Sadašnja koncepcija budućeg razvoja vodoopskrbnog sustava Split – Solin -Kaštela – Trogir određena je u zadnjih 15-tak godina u slijedećoj dokumentaciji:

1. IBRD, Hrvatske vode Zagreb - Studija podobnosti: **Poboljšanje i dogradnja vodoopskrbnog sustava Split/Solin/Kaštela/Trogir**. Izrađivači: Hidroprojekt-ing d.o.o. Zagreb-Split i DHV Consultants BV Amersfoort, Nizozemska, u rujnu 1996. godine,
2. Agencija EKO - Kaštelanski zaljev, Ustanova Split - **Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir - Elaborat verifikacije i objedinjavanja tehničkih parametara objekata poboljšanja i dogradnje sustava**. Izrađivači: Hidroing d.o.o. Split i Hidroekspert d.o.o. Split, u studenom 1998. godine, sa izmjena i dopunama iz kolovoza 2001. godine
3. Vodovod i kanalizacija d.o.o. Split - **Idejno rješenje vodoopskrbe istočnog dijela Grada Splita**. Izrađivači: Hidroprojekt-ing d.o.o. Zagreb i Hidroexpert Split d.o.o. Split, travanj 2003.g.
4. Hrvatske vode Zagreb – **Idejno rješenje vodoopskrbe područja na spoju sustava Omiša i Splita**. Izrađivač: Infra projekt d.o.o. Split, travanja 2007.g.
5. Hrvatske vode Zagreb - "**Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije**". Izradili: Institut građevinarstva hrvatske d.d., Hidroing d.o.o. Split, Akvaproyekt d.o.o. Split, Infra projekt d.o.o. Split i Geoprojekt d.d. Split u prosincu 2008. godine

Naručitelj će projektantu staviti na raspolaganje svu navedenu projektnu dokumentaciju, dok će svu ostalu relevantnu dokumentaciju projektnt prikupiti u suradnji sa nadležnim javnim i komunalnim poduzećima.

## 6. SADRŽAJ PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Navedeni preliminarni sadržaj projektne dokumentacije može se mijenjati u dogovoru s radnom skupinom tijekom razrade projekta.

### A/ Pisani prilozi

1. Uvod
2. Postojeća projektna, planska dokumentacija i podloge
3. Postojeće stanje vodopskrbnih sustava
4. Planski dokumenti i projektna dokumentacija vodoopskrbnih sustava
5. Potrebne količine vode
6. Analiza postojećih i potencijalnih zahvata
7. Postojeća i planska dokumentacija višenamjenskog korištenja voda predmetnog područja
8. Analiza varijantnih rješenja alternativnog dovoda
9. Hidraulički proračuni i dimenzioniranje
10. Analiza varijanti sa aspekta višenamjenskog korištenja voda
11. Troškovi izgradnje i godišnji troškovi pogona i održavanja
12. Geološke, inženjerskegeološke i hidrogeološke karakteristike područja tunela

13. Etapnost izgradnje svake varijante
14. Višekriterijalna analiza, tehničko – ekonomsko vrednovanje varijanti
15. Prijedlog izbora varijanti
16. Tehno - ekonomski sažetak predložene/predloženih varijanti
17. Plan daljnjih aktivnosti

## **B/ Grafički prilozi**

- |  |          |
|--|----------|
| 1. Pregledna situacija područja obuhvata sa postojećim stanjem glavnih objekata vodoopskrbnih sustava            | 1:25.000 |
| 2. Pregledna situacija sa varijantama alternativnog dovoda   | 1:25.000 |
| 3. Generalni uzdužni profili varijantnih rješenja u prikladnom mjerilu   |          |
| 4. Prognozni uzdužni inženjerskogeološki i geotehnički presjeci varijantnih rješenja tunela u prikladnom mjerilu |          |
| 5. Pregledna situacija predloženih varijanti   | 1:5.000  |

## **7. OSTALO**

Naručitelj je za potrebe praćenja projekta osnovao radnu skupinu s kojim je projektant dužan usko surađivati i imati stalan kontakt te promptno provoditi sve potrebne korekcije tijekom izrade idejnog rješenja.

Radna skupina pomoći će projektantu u pribavljanju potrebnih podloga, organizaciji radnih sastanaka, eventualnih prezentacija, kao i osiguranju potrebnih revizija. Radna skupina će osigurati i ostalu potrebnu potporu projektantu u realizaciji Ugovora. Korisnik se obavezuje dostaviti projektantu potrebne ulazne podatke i podloge (s kojima raspolažu) za realizaciju projekta, kao i osigurati potrebne kontakte u komunalnom društvu, jedinicama lokalne samouprave, te javnim poduzećima pri prikupljanju potrebnih informacija radi obavljanja potrebnih aktivnosti na projektu.

Tijekom izrade idejnog rješenja, nakon svakog koraka radna skupina verificira izrađene dijelove idejnog rješenja, a projektant će postupiti po zaključcima radne skupine. Konačna verzija idejnog rješenja proći će također postupak prihvaćanja od radne skupine.

Idejno rješenje je potrebno isporučiti u 6 uvezanih primjeraka te 6 u digitalnom obliku. Otisnuta i uvezana dokumentacija i digitalna verzija moraju biti identične i trebaju omogućiti da se iz elektroničke verzije po potrebi mogu dobiti i dodatni primjerci u svemu jednaki kao i otisnuti primjerak. Digitalna verzija mora biti napravljena u PDF formatu. Osim PDF formata projektant će dostaviti Naručitelju i kompletnu dokumentaciju u izvornim formatima.

Po završetku projektant će izraditi Završni izvještaj o obavljenom poslu i dostaviti ga Naručitelju.

Predviđeni rok izvršenja izrade analize varijantnih rješenja za dovod vode na područje Splita iz alternativnih pravaca je 12 mjeseci od sklapanja ugovora.

U Splitu, listopad 2019. god

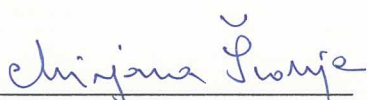
Za Naručitelja:  
HRVATSKE VODE, VGO Split

  
Ivica Jurčević, dipl.ing.građ.univ.spec.oec.

  
Barbara Vuletin, dipl.ing.građ.


S projektnim zadatkom suglasni članovi radne skupine:

  
\_\_\_\_\_  
Marija Vuković, dipl.ing.arch.

  
\_\_\_\_\_  
mr.sc. Mirjana Švonja, dipl.ing.građ.

  
\_\_\_\_\_  
doc.dr.sc. Mato Dabro, dipl.ing.el.

  
\_\_\_\_\_  
Ivica Perić, dip.ing.el.

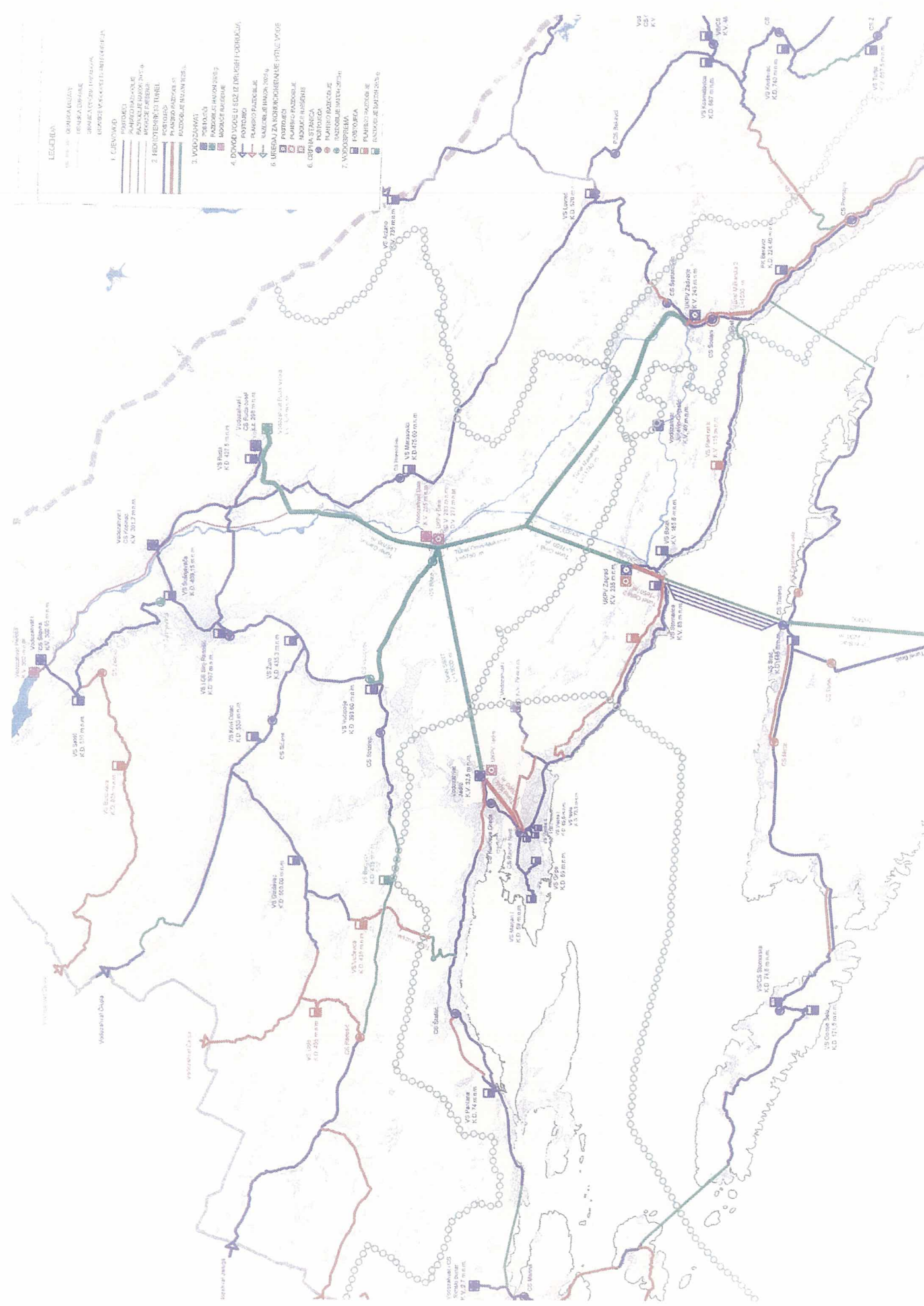
  
\_\_\_\_\_  
Matko Kovačević, dipl.ing.stroj.

**Privitak:**

- Troškovnik
- Pregledna situacija – tehničko rješenje vodoopskrbe vanplanskog razdoblja iz Studije Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije

LEGENDA

- 1. DEKORACIJA
- 2. TRASA ZA PROMET
- 3. TRASA ZA PROMET
- 4. TRASA ZA PROMET
- 5. TRASA ZA PROMET
- 6. TRASA ZA PROMET
- 7. TRASA ZA PROMET
- 8. TRASA ZA PROMET
- 9. TRASA ZA PROMET
- 10. TRASA ZA PROMET
- 11. TRASA ZA PROMET
- 12. TRASA ZA PROMET
- 13. TRASA ZA PROMET
- 14. TRASA ZA PROMET
- 15. TRASA ZA PROMET
- 16. TRASA ZA PROMET
- 17. TRASA ZA PROMET
- 18. TRASA ZA PROMET
- 19. TRASA ZA PROMET
- 20. TRASA ZA PROMET
- 21. TRASA ZA PROMET
- 22. TRASA ZA PROMET
- 23. TRASA ZA PROMET
- 24. TRASA ZA PROMET
- 25. TRASA ZA PROMET
- 26. TRASA ZA PROMET
- 27. TRASA ZA PROMET
- 28. TRASA ZA PROMET
- 29. TRASA ZA PROMET
- 30. TRASA ZA PROMET
- 31. TRASA ZA PROMET
- 32. TRASA ZA PROMET
- 33. TRASA ZA PROMET
- 34. TRASA ZA PROMET
- 35. TRASA ZA PROMET
- 36. TRASA ZA PROMET
- 37. TRASA ZA PROMET
- 38. TRASA ZA PROMET
- 39. TRASA ZA PROMET
- 40. TRASA ZA PROMET
- 41. TRASA ZA PROMET
- 42. TRASA ZA PROMET
- 43. TRASA ZA PROMET
- 44. TRASA ZA PROMET
- 45. TRASA ZA PROMET
- 46. TRASA ZA PROMET
- 47. TRASA ZA PROMET
- 48. TRASA ZA PROMET
- 49. TRASA ZA PROMET
- 50. TRASA ZA PROMET
- 51. TRASA ZA PROMET
- 52. TRASA ZA PROMET
- 53. TRASA ZA PROMET
- 54. TRASA ZA PROMET
- 55. TRASA ZA PROMET
- 56. TRASA ZA PROMET
- 57. TRASA ZA PROMET
- 58. TRASA ZA PROMET
- 59. TRASA ZA PROMET
- 60. TRASA ZA PROMET
- 61. TRASA ZA PROMET
- 62. TRASA ZA PROMET
- 63. TRASA ZA PROMET
- 64. TRASA ZA PROMET
- 65. TRASA ZA PROMET
- 66. TRASA ZA PROMET
- 67. TRASA ZA PROMET
- 68. TRASA ZA PROMET
- 69. TRASA ZA PROMET
- 70. TRASA ZA PROMET
- 71. TRASA ZA PROMET
- 72. TRASA ZA PROMET
- 73. TRASA ZA PROMET
- 74. TRASA ZA PROMET
- 75. TRASA ZA PROMET
- 76. TRASA ZA PROMET
- 77. TRASA ZA PROMET
- 78. TRASA ZA PROMET
- 79. TRASA ZA PROMET
- 80. TRASA ZA PROMET
- 81. TRASA ZA PROMET
- 82. TRASA ZA PROMET
- 83. TRASA ZA PROMET
- 84. TRASA ZA PROMET
- 85. TRASA ZA PROMET
- 86. TRASA ZA PROMET
- 87. TRASA ZA PROMET
- 88. TRASA ZA PROMET
- 89. TRASA ZA PROMET
- 90. TRASA ZA PROMET
- 91. TRASA ZA PROMET
- 92. TRASA ZA PROMET
- 93. TRASA ZA PROMET
- 94. TRASA ZA PROMET
- 95. TRASA ZA PROMET
- 96. TRASA ZA PROMET
- 97. TRASA ZA PROMET
- 98. TRASA ZA PROMET
- 99. TRASA ZA PROMET
- 100. TRASA ZA PROMET





## 1 UVOD

Općenito, jedan od ciljeva unaprjeđenja javnog vodoopskrbnog sustava je povećati sigurnost vodoopskrbe i to prioritarno na sustavima koji koriste samo jedan vodozahvat. Takav vodoopskrbni sustav je Split-Solin-Kaštela-Trogir s jednim vodozahvatom na izvorištu rijeke Jadro.

Tijekom godina izrađene su razne studije o vodoopskrbi tih gradova, a jedan od važnijih dokumenata gdje je postavljena dugoročna koncepcija dovoda vode na područje Splita iz alternativnih pravaca je Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije, iz 2008.g. (slika 1).

Vodoopskrbnim planom su, osim predmetnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir, obuhvaćeni i ostali vodoopskrbni sustavi SDŽ, i to: Sinj, Trilj-Otok-Dicmo, Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis i Makarsko primorje, gdje je predviđen zajednički dovod izvorske vode s Rude Velike.

Dugoročnu koncepciju vodoopskrbe, prema Vodoopskrbnom planu, karakteriziraju sljedeće specifičnosti:

- Zahvat vode je predviđen na izvoru Rude Velike
- Dovodni sustav izvor Ruda Velika-HE Đale-izvor Jadro je planiran od cjevovoda i hidrotehničkih tunela u ukupnoj duljini od cca 31 km
- U daljnjoj budućnosti moguće je dovodni sustav produžiti do akumulacije Peruća
- Na lokaciji HE Đale moguće je izgraditi zahvat sirove vode

Uključenjem vode s izvora Rude Velike osigurala bi se rezerva vode za potrebe vodoopskrbe sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir i osiguralo bi se stalno napajanje izvorskom vodom regionalnih sustava Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis i regionalnog sustava Makarskog primorja, koji danas uzimaju sirovu vodu iz zasunske komore HE Zakućac i kompenzacijske komore HE Kraljevac.

S obzirom da realizacija dugoročne koncepcije s Rude Velike iziskuje velika financijska sredstva moguće je smjer prema području Splita, Solina, Kaštela i Trogira etapno graditi.

**Tu se pokazuje da je prema vodoopskrbnom planu odmah u I etapi moguće osigurati sirovu vodu rijeke Cetine sa zahvatom u akumulaciji HE Đale i hidrotehničkim tunelom duljine cca 16 km transportirati do UKPV Jadro.**

Takav jedan dovod sirove vode do Splita se planirao još davne 1974. godine, vodopravnom dozvolom za HE Zakućac, gdje je rezervirana mogućnost zahvaćanja 3 m<sup>3</sup>/s iz zasunske komore HE Zakućac. Danas se zahvaća 630 l/s za potrebe vodoopskrbnog sustava Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis uz dozvoljenu dogradnju zahvata do 1050 l/s. Preostala količina predviđena je za potrebe dovoda prema području Splita.

Iz gore navedenog teksta vidljivo je da su u proteklih cca 50 godina, postojale dileme oko mjesta zahvata sirove vode, koridora novog dovoda i točke priključka na vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kaštela-Trogir. Da bi se razriješile te dileme, Investitor je odlučio da se izradi ovo idejno rješenje, u kojem bi se proanalizirala varijantna rješenja (minimalno 6 varijanti) dovoda vode u zadanom obuhvatu HE Đale-brana Prančevići-HE Zakućac, sa završnim točkama u obuhvatu unutar područja izvor rijeke Jadro-izvor rijeke Žrnovnice-ušće rijeke Žrnovnice, s prijedlogom jednog ili više podobnijih rješenja, sve kao **I etapa dugoročnog rješenja Županijskog vodoopskrbnog sustava.**

Osnovni cilj ovog idejnog rješenja, tj. alternativnog dovoda na područje Splita je:

- **povećanje sigurnosti javne vodoopskrbe - rezerva vode za vodoopskrbu aglomeracije Split-Solin-Kaštela-Trogir**

Zadnjih nekoliko godina na području aglomeracije Split-Solin-Kaštela-Trogir došlo je do povećanja životnog standarda stanovništva i intenzivnog turističkog razvoja te, shodno tome, korisnici javnog vodoopskrbnog sustava trebaju dodatnu sigurnost u vidu osiguranja pitke vode. Vrlo je nesigurno vodoopskrbu takve aglomeracije temeljiti samo na jednom vodozahvatu, jer

uslijed iznenadnih onečišćenja, drugih havarija i ekstremnih suša uslijed klimatskih promjena, takav javni sustav bi otežano osigurao potrebnu količinu vode, kao i zadovoljavajuću kakvoću vode.

Osim osnovnog cilja osiguranja vodoopskrbe aglomeracije, ovaj alternativni dovod može postići i  dodatni cilj, poput:

- **Višenamjenskog korištenja voda**

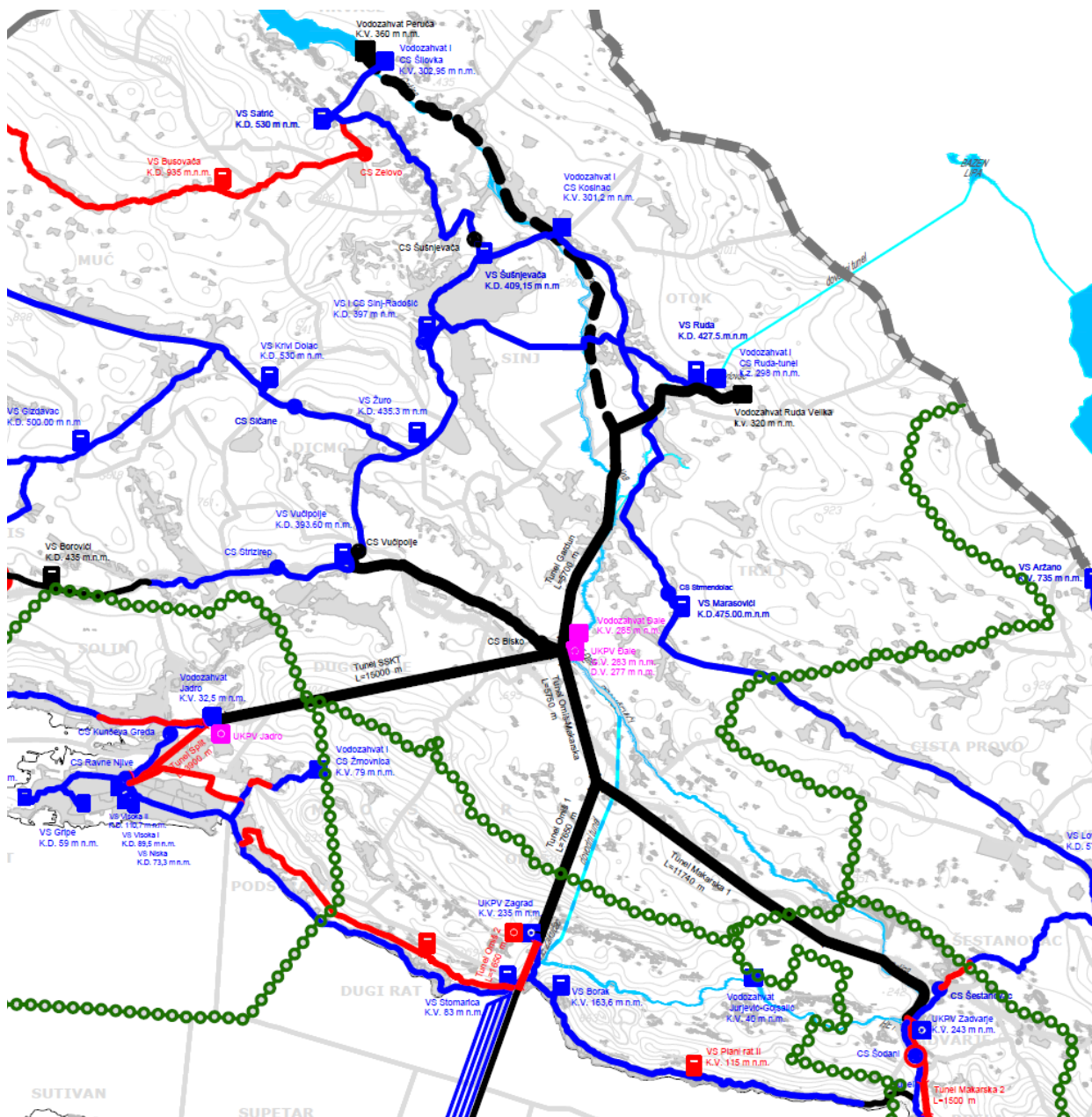
Višenamjenski sustavi povećavaju mogućnost korištenja voda za razne aktivnosti te omogućavaju daljnji gospodarski razvoj određenog područja. Trenutno stanje sliva rijeke Cetine je višenamjensko, jer se koristi za vodoopskrbu, proizvodnju električne energije (5 hidroelektrana), zaštitu od poplava, šport i rekreaciju, melioracijsku odvodnju i navodnjavanje. Prema tom postojećem sustavu, širenjem aglomeracije i poboljšanjem životnog standarda javljaju se novi zahtjevi i sve veće potrebe korisnika u vidu vodoopskrbe, proizvodnje električne energije, navodnjavanja i ostalih aktivnosti.

Predmetni alternativni dovod je planiran prvenstveno za dovod sirove vode za vodoopskrbu. Ukoliko se bude željelo izgraditi alternativni dovod i za druge namjene, u narednoj dokumentaciji bit će potrebno dimenzionirati i planirati drukčiji dovod.

Takav **alternativni dovod** bi funkcionirao na sljedeći način:

1. Alternativni dovod ne zamjenjuje sadašnji postojeći vodoopskrbni sustav. Već, u slučaju kada izvorište Jadra ne bude moglo isporučiti dovoljnu količinu pitke vode, predmetni dovod bi bio rezerva vode vodi s Jadra. Sirovu vodu zahvaćenu u rijeci Cetini, koja se koristi za vodoopskrbu, trebat će kondicionirati na UKPV Jadro.
2. Novi dovod se planira izvesti s dvije cijevi, dimenzionirane na max. potrebnih 2000 l/s, tako da novi dovod može biti fleksibilan i u smislu količina koje se njime dovode, i u smislu pogona i održavanja dovodnih cjevovoda.
3. Kada nema potrebe za korištenjem vode za vodoopskrbu, ili kad se za vodoopskrbu zahvaća tek dio ukupne količine, voda se može upuštati u rijeku Jadro i/ili Žrnovnicu za potrebe osiguranja biološkog minimuma rijeka ili za navodnjavanje i druge aktivnosti, ako gospodarski subjekti pokažu interes. Ova mogućnost je načelno obrađena, jer ovim idejnim rješenjem dodatna voda za osiguranje biološkog minimuma i druge svrhe nije predviđena.

U gornjem tekstu je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda samo u osnovnim crtama, što mislimo da zadovoljava nivo obrade u ovom idejnom rješenju. Sve detaljnije obrade bit će predmet dokumentacije višeg reda.



Slika 1: Dugoročno rješenje vodoopskrbnog sustava Splitsko-dalmatinske županije (izvadak iz Vodoopskrbnog plana Splitsko-dalmatinske županije, izrada 2008.g.)

### **Obrade sadržane u ovom Idejnom rješenju**

**Knjigom 1** obrađena je analiza postojećih podloga i podataka s elementima planiranja, u kojoj su sagledani svi relevantni elementi koji utječu na definiranje i izbor varijantnih rješenja:

- karakteristike područja, prostorno - planska dokumentacija, pravni okvir i strateški dokumenti, postojeće stanje i projektna dokumentacija vezano za vodoopskrbu, hidroenergetiku i navodnjavanje predmetnog područja;
- potrebne količine vode, postojeći i potencijalni zahvati vode; te
- vodni resursi rijeke Cetine.

**Knjiga 2** obuhvatila je prijedlog deset (10) varijantnih rješenja alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine, s vrednovanjem varijantnih rješenja, obrađenih u četiri poglavlja, kako slijedi:

➤ **Ulazni podaci za razmatranje varijantnih rješenja**

- utvrđene su potencijalne lokacije glavnih točaka dovoda (zahvatne građevine te krajnje točke i međutočke dovoda), te istražene mogućnosti razmatranih lokacija obilaskom terena, razgovorom s mjerodavnim stručnjacima, pregledom dostupne dokumentacije, i dr.
- istražene su mogućnosti izvedbe hidrotehničkih tunela, postavljene su varijante tehničkih rješenja tunela, izvršena je valorizacija postavljenih varijanti te dat prijedlog tehničkog rješenja tunela koji je primijenjen u svim daljnjim razradama varijantnih rješenja dovoda
- dat je kratki prikaz potreba za vodom, preuzet iz knjige 1, kao prikaz mjerodavnih podataka za razmatranje varijanti rješenja

➤ **Tehničko rješenje predloženih varijanti**

- Obradeno je deset (10) varijantnih rješenja, pri čemu je za svako rješenje dat:
  - tehnički opis alternativnog dovoda s popisom potrebnih građevina, načinom uklapanja u postojeći sustav, situacijskim prikazom i uzdužnim profilom;
  - osnovni geomehanički pokazatelji hidrotehničkih tunela;
  - osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje, s osnovnim dimenzioniranjem građevina;
  - opis namjene, funkcioniranja i korištenja sustava u osnovnim crtama
- Na kraju poglavlja dat je usporedni prikaz deset (10) varijantnih rješenja tabelarno i situacijski.

➤ **Geološke, hidrogeološke i hidrološke značajke područja duž trasa razmatranih varijanti**

- Prikazane su geološke, hidrogeološke i hidrološke značajke područja duž trasa
- Analizirane su predložene varijante s geološkog i hidrološkog aspekta

➤ **Valorizacija predloženih varijanti višekriterijalnom analizom i izbor povoljnijih rješenja**

- Postavljen je sustav vrednovanja varijanti višekriterijalnom analizom, s opisom predloženih kriterija.
- Izvršena je evaluacija varijanti na temelju tehno-ekonomskih i ostalih kriterija.
- Temeljem vrednovanja po svim kriterijima, izvršen je izbor povoljnijih rješenja.



## 2 ULAZNI PODACI ZA RAZMATRANJE VARIJANTI

Ulazni podaci za razmatranje tehničkih rješenja varijanti alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine obuhvaćaju prethodno elaboriranje i usvajanje polaznih parametara, kao što su potencijalne lokacije glavnih točaka dovoda (zahvatne građevine te krajnje točke i međutočke dovoda), vrste i prijedloga poprečnih profila hidrotehničkih tunela, te kratki prikaz mjerodavnih podataka o potrebama za vodom, preuzet iz knjige 1.

### 2.1 POSTOJEĆE STANJE LOKACIJA ZA RAZMATRANJE VARIJANTI

Kod razrade tehničkih rješenja varijanti alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine, potrebno je, prije svega, utvrditi sve potencijalne lokacije glavnih točaka dovoda, te istražiti mogućnosti razmatranih lokacija obilaskom terena, razgovorom s mjerodavnim stručnjacima, pregledom dostupne dokumentacije, i dr.

U nastavku se daje pregled razmatranih lokacija vodozahvatnih građevina, ulaznih građevina tunela s prilaznim cestama, međutočaka i krajnjih točaka dovoda kao i lokacija za smještaj uređaja za kondicioniranje pitke vode.

#### 2.1.1 Varijantne lokacije zahvatnih građevina

##### 2.1.1.1 Akumulacijsko jezero i HE Đale

U kanjonu rijeke Cetine, 5,8 km nizvodno od Trilja, izgrađena je brana Đale koja formira akumulacijski bazen korisnog volumena vode od 2,95 hm<sup>3</sup>. Betonskom branom visine 39,6 m, dužine u kruni 122,8 m, ostvaruje se akumulacija za dnevno izravnanje dotoka Cetine.

Uz branu je smještena HE Đale, koja je protočna niskotlačna pribranska hidroelektrana s dnevnom akumulacijom ukupne proizvodne snage 40,8 MW.

**Maksimalna radna kota vode akumulacijskog jezera iznosi 292 mn.m., dok je minimalna radna kota propisana pravilnikom 285 mn.m.**

Za vrijeme građenja brane, izveden je pomoćni tunel, kroz kojeg se privremeno preusmjerio tok rijeke. Nakon završetka radova, ulaz u tunel je zabetoniran. Tijekom vremena, pojavile su se pretpostavke za iskorištenje tunela u sklopu razrade rješenja eventualnog dovoda prema području Splita. Međutim, nakon obilaska terena, neformalno je zaključeno da se postojeći tunel ne uzima u razmatranje kao građevina za potencijalni zahvat vode iz akumulacije, jer se njegovo korištenje pretpostavlja uz mogućnost izgradnje još jedne male HE. Osim toga, tunel se razmatra i kao sigurnosni ispust u slučaju ekstremnih okolnosti (ako dođu velike vode, a preljev zakaže, može se dinamitom probiti zabetonirani ulaz i pustiti višak vode kroz postojeći bočni tunel).



Slika 2: Akumulacija Đale - postojeći obilazni tunel u stijeni



Kod razrade tehničkog rješenja zahvata za alternativni dovod vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine na području akumulacijskog jezera i HE Đale, pri čemu bi se koristio visinski potencijal akumulacijskog jezera, potrebno je zahvatnu građevinu smjestiti unutar jezera, uzvodno od brane i postojećeg tunela, s polaznom kotom vrha zahvatne građevine dovodnog cjevovoda nižom od 285 mn.m., sve sukladno situaciji na terenu.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupnom cestom, i za potrebe gradnje i za pristup tijekom korištenja, može biti smještena u području nizvodno od postojećeg tunela, s bočnim priključkom na dovodni tunel.



Slika 3: Akumulacija Đale - područje lokacije zahvatne građevine uz akumulaciju



Slika 4: Akumulacija Đale - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela

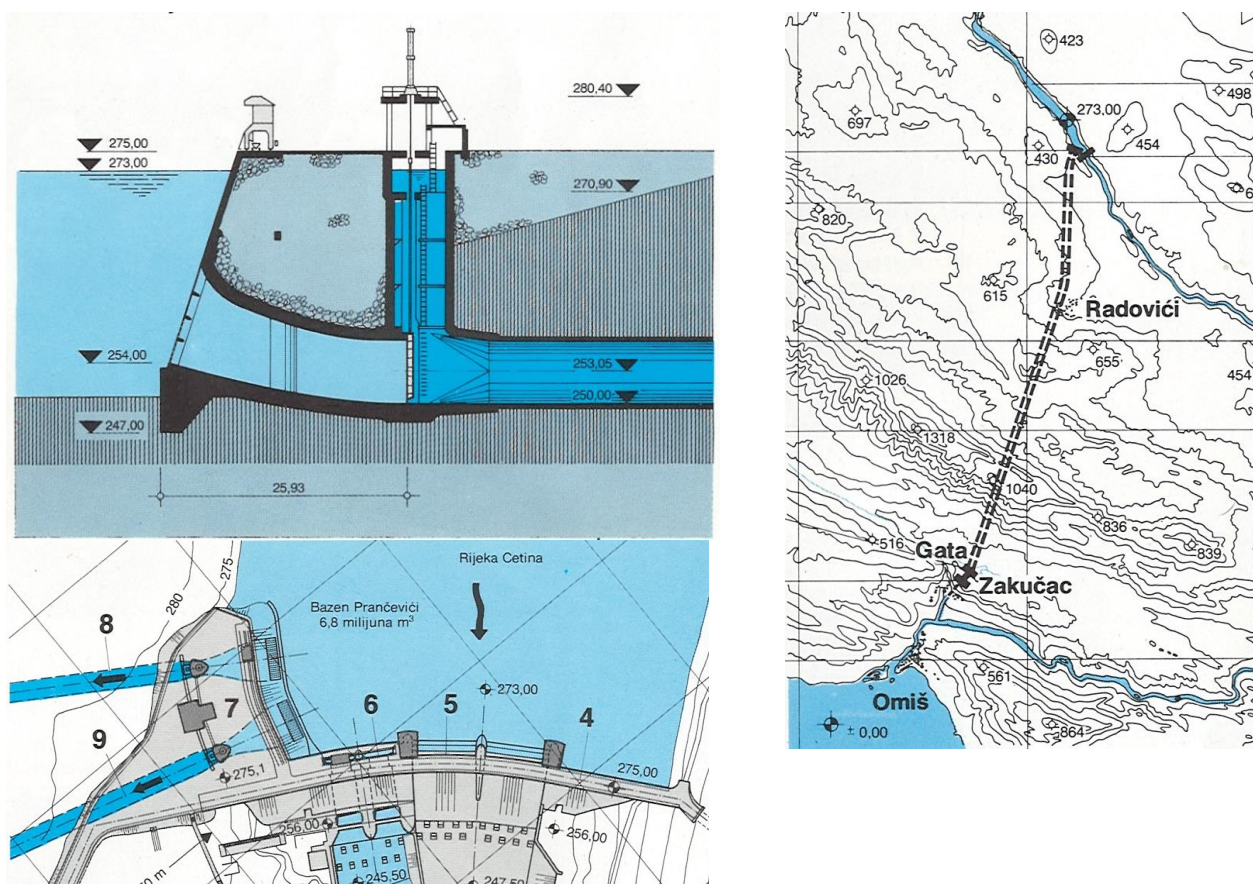
### 2.1.1.2 Akumulacijsko jezero i MHE Prančevići

U kanjonu rijeke Cetine, 4,5 km nizvodno od HE Đale, izgrađena je i brana Prančevići, koja formira akumulacijski bazen korisnog volumena vode od 6,8 hm<sup>3</sup>. Betonskom branom visine 35 m, formirano je derivacijsko jezero koje služi za potpuno dnevno izravnavanje dotoka rijeke Cetine i unutar kojeg se vrši zahvat vode potreban za rad agregata hidroelektrane Zakućac.

Uz branu je smještena MHE Prančevići, mala derivacijska hidroelektrana instalirane snage 1,15 MW, koja se temelji na iskorištenju hidropotencijala biološkog minimuma koji se, sukladno vodoprivrednim uvjetima za HE Zakućac, konstantno ispušta iz akumulacijskog bazena Prančevići u prirodno korito rijeke Cetine.

**Maksimalna radna kota vode akumulacijskog jezera iznosi 273 mn.m., dok je minimalna radna kota propisana pravilnikom 263,40 mn.m.**

Zahvat vode s ulaznim uređajem tunelskih dovoda vode za HE Zakućac, smješten je na desnom boku jezera Prančevići, neposredno uz branu. Prema Zakućcu su izgrađena dva paralelna dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara i duljina 9.876 m i 9.894 m. Na području u blizini brane, tuneli se nalaze unutar visinskog pojasa cca 249-257 mn.m.



Slika 5: Akumulacija Prančevići - ulazni uređaj i postojeći dovodni tuneli Prančevići-Zakućac

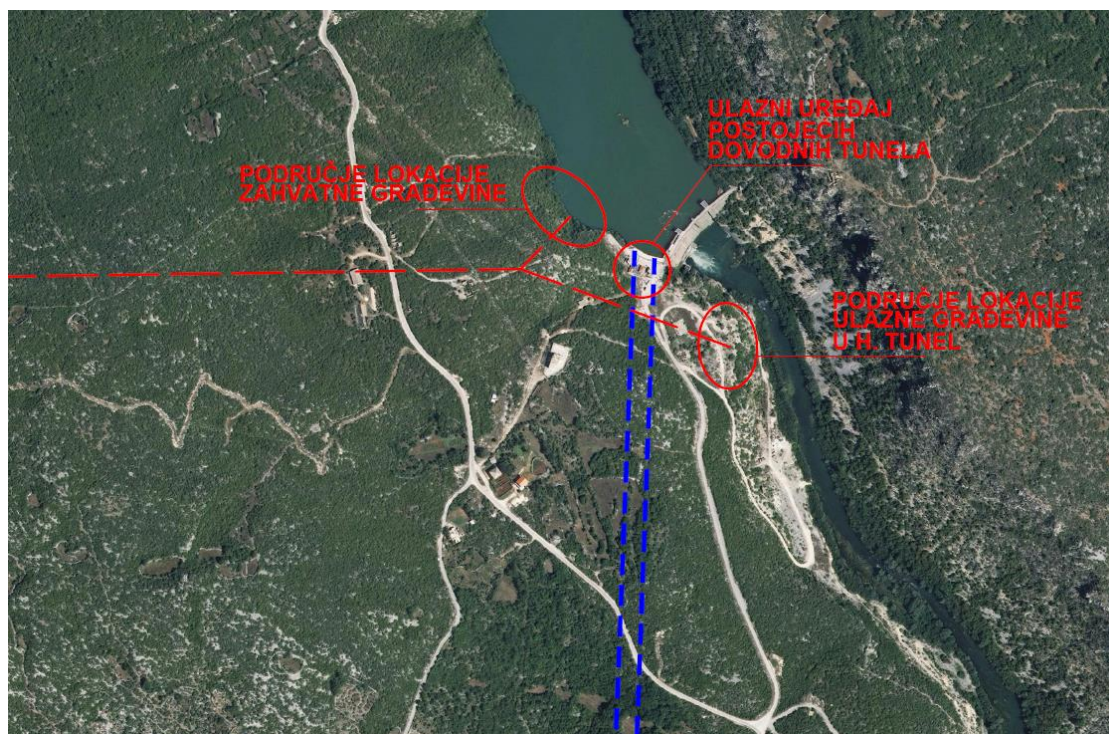


Kod razrade tehničkog rješenja zahvata za alternativni dovod vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine na području akumulacijskog jezera i MHE Prančevići, pri čemu bi se koristio visinski potencijal akumulacijskog jezera, potrebno je zahvat smjestiti unutar jezera, uzvodno od brane i postojećih ulaznih građevina dovodnih tunela za HE Zakućac, s polaznom kotom vrha zahvata dovodnog cjevovoda nižom od 263,40 mn.m., i višom od postojećih tunela, sve sukladno situaciji na terenu.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupnom cestom, i za potrebe gradnje i za pristup tijekom korištenja, može biti smještena u području nizvodno od brane, s bočnim priključkom na dovodni tunel, pri čemu treba voditi računa o postojećim tunelima.



Slika 6: Akumulacija Prančevići - područje lokacije zahvatne građevine



Slika 7: Akumulacija Prančevići - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih građevina hidrotehničkih tunela

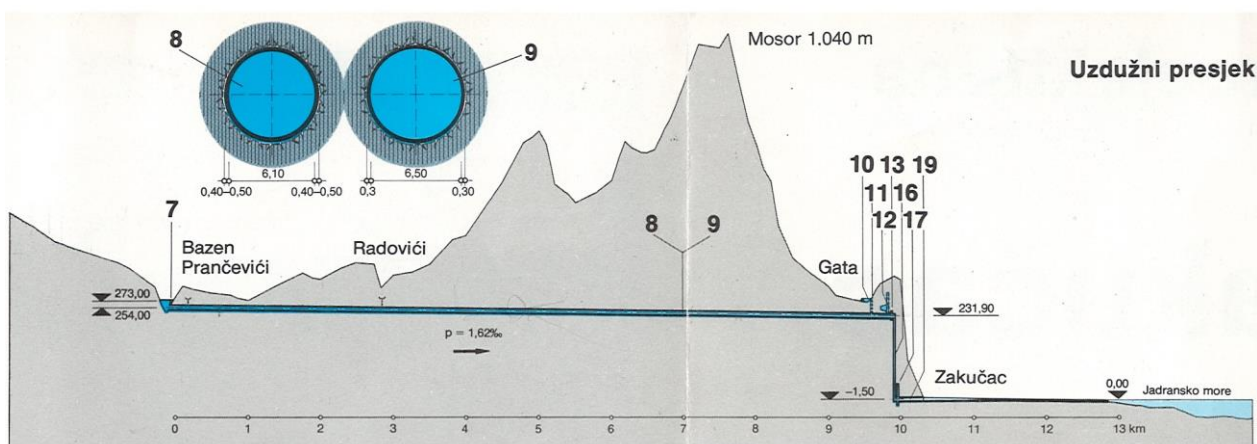
### 2.1.1.3 Dovodni sustav HE Zakučac

Dovodni sustav akumulacija Prančevići - HE Zakučac zamišljen je od samog početka kao višenamjenski sustav, i za potrebe vodoopskrbe i za potrebe proizvodnje električne energije. Tijekom proteklog razdoblja, od izgradnje do posljednje ishodne vodopravne dozvole, službeno se prenosi podatak o ukupnoj raspoloživoj količini vode za vodoopskrbu u zasunskoj komori HE Zakučac od 3000 l/s, od čega se za potrebe sustava Omiš-Brač-Hvar\_Šolta-Vis treba izdvojiti 1.050 l/s, dok se preostala količina treba iskoristiti za potrebe alternativnog dovoda prema području Splita.

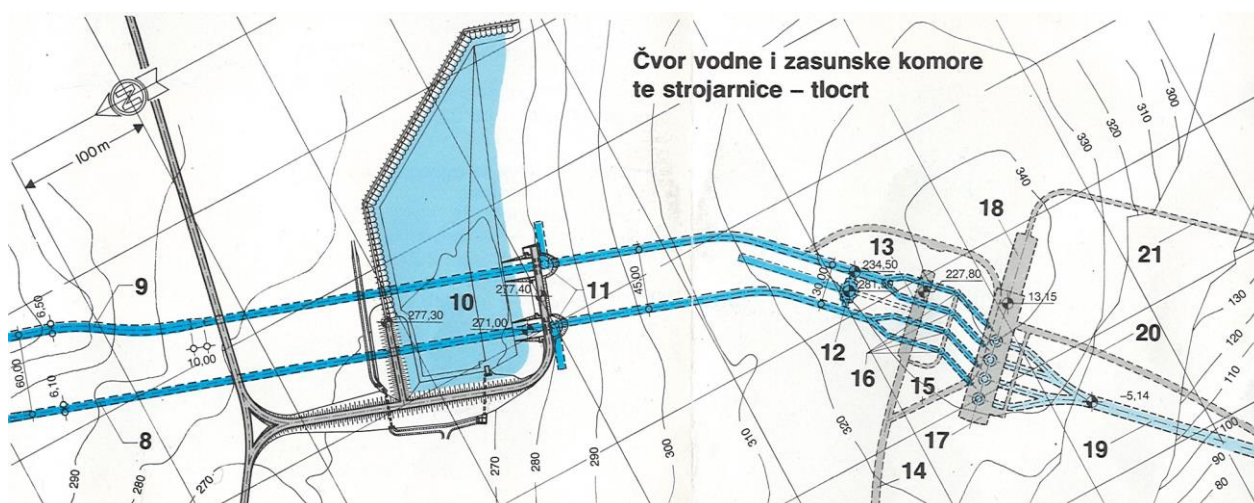
Imajući to u vidu, jedno od varijantnih rješenja zahvata vode za potrebe izrade ovog elaborata je zasunska komora HE Zakučac.

HE Zakučac je visokotlačna derivacijska hidroelektrana instalirane snage 576 MW (4 agregata pojedinačne snage 144 MW), locirana na ušću rijeke Cetine, blizu grada Omiša.

U donjem toku rijeke Cetine, betonskom branom Prančevići, formirano je derivacijsko jezero Prančevići, u kojem se vrši zahvat vode za HE Zakučac. Zahvat vode s ulaznim uređajem tunelskih dovoda vode za HE Zakučac, smješten je na desnom boku jezera Prančevići, neposredno uz branu. Prema Zakučcu su izgrađena dva paralelna dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara i duljina 9.876 m i 9.894 m, od jezera Prančevići do zasunske komore HE.

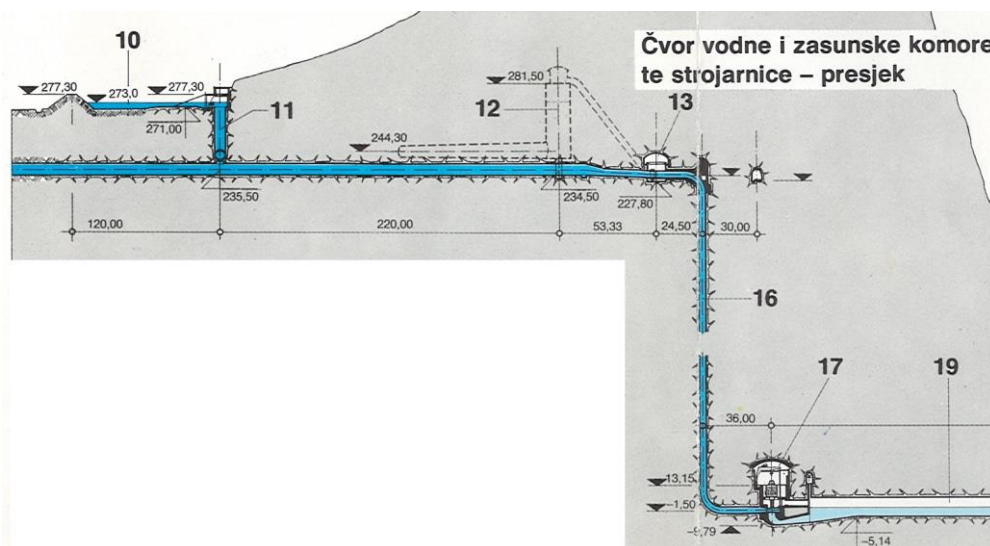


Slika 8: Dovodni tuneli Prančevići-Zakučac



Slika 9: HE Zakučac - vodne komore, zasunska komora i strojarica (tloct)





Slika 10: HE Zakučac - vodne komore, zasunska komora i strojarnica (presjek)

7. Ulazni uređaj
8. Desni dovodni tunel,  $l = 9876$  m,  $Q = 100$  m<sup>3</sup>/s,  $\varnothing = 6,1$  m
9. Lijevi dovodni tunel,  $l = 9894$  m,  $Q = 120$  m<sup>3</sup>/s,  $\varnothing = 6,5$  m
10. Preljevni bazen Gata
11. Vodna komora I
12. Vodna komora II
13. Zasunska komora  
2 kom. leptirasta zatvarača  $\varnothing = 3,5$  m  
2 kom. leptirasta zatvarača  $\varnothing = 3,75$  m
14. Pristupni tunel zasunskoj komori
15. Obilazni tunel
16. Tlačni cjevovodi: 1 i 2:  $l = 289$  m,  $\varnothing = 3,5 - 3,3$  m  
3 i 4:  $l = 289$  m,  $\varnothing = 3,75$  m
17. Strojarnica HE Zakučac
18. Komore blok transformatora
19. Odvodni tunel
20. Pristupni tunel
21. Kabelski rov

Slika 11: HE Zakučac – legenda

Unutar zasunske komore HE, s kotom dna komore 227,80 mn.m., grana se sustav s 4 dovoda za 4 agregata smještena 213,4 m niže, u strojarnici HE.

Unutar zasunske komore HE grana se i sustav dovoda sirove vode za potrebe Vodovoda d.o.o. Omiš, prema uređaju za kondicioniranje pitke vode Zagrad, smještenom cca 1,1 km jugoistočno, na 240 mn.m. Dovodni vodoopskrbni cjevovod položen je uz zid servisnog tunela za prilaz čvoru vodne i zasunske komore.

**Zasunska komora ima svijetlu širinu 8,9 m**, duljinu cca 63 m, visinu 15,8 m.

Rasplet dovoda u zasunskoj komori obuhvaća 2 cjevovoda DN 3500 mm i 2 cjevovoda DN 3750 mm, pri čemu se na svakom nalazi:

- Ogranak prema dolje (T 3500/700mm, odnosno T 3750/700) sa zasunom DN 700, koji se spaja na zajednički vodoopskrbni cjevovod DN 900/800 mm prema Omišu (UKPV Zagrad)
- Leptirasti zasun (DN 3500 mm, odnosno DN 3750 mm), s obodom manjeg profila za potrebe lakše manipulacije (pre)velikom zasunom
- Odzračni ventil, ugrađen prema gore, neposredno prije vertikalnog pada dovodnih cjevovoda prema strojarnici.



Slika 12: HE Zakučac – zasunska komora, jedna od četiri dovodne cijevi



Slika 13: HE Zakučac - servisni tunel za prilaz čvoru vodne i zasunske komore



Obilaskom servisnog tunela i zasunske komore HE Zakučac, utvrđeno je da novi zahvat za alternativni dovod vode do područja Splita u postojećoj zasunskoj komori **nije izvediv** iz sljedećih praktičnih razloga:

- Fizički nema mjesta za ubacivanje nove račve T 3500/1200 (T 3750/1200) u prostor u kojem se već nalazi T 3500/700, leptirasti zasun DN 3500 i zračni ventil (uz uvjet da za vrijeme gradnje postojeći dovod prema uređaju Zagrad treba ostati u punoj funkciji).
- Postojeća račva T 3500/700, smještena neposredno prije ulaza u vertikalni tunel prema turbinama, nije tehnički povoljna iz perspektive rada energetskog sustava, jer ima određen utjecaj na uznemiravanje toka prema vertikalnom tunelu, obzirom da dotok prema turbinama mora biti apsolutno bez oscilacija (umirivanje toka vode u dovodima je jedna od važnijih funkcija izgrađenih vodnih komora). Stoga ugradnja još jedne račve na svakom dovodu, smještene još bliže ulazu u vertikalni tunel, nije tehnički prihvatljiva za sustav HE.

Imajući u vidu šire područje razmatrane zasunske komore i postojeće dovodne tunele, nakon obilaska terena i neformalnog razgovora s mjerodavnim stručnjacima, zaključeno je da je zahvat najbolje izvesti u blizini prve vodne komore (jezera), cca 450 m uzvodno od zasunske komore, pored naselja Gata, iz sljedećih praktičnih razloga:

- Postojeći paralelni dovodni tuneli su na toj lokaciji najpliće izgrađeni, na dubini cca 40 m, na međusobnom razmaku cca 45 m,
- Lokacija je relativno u blizini početka Omiškog vodoopskrbnog sustava (uređaj Zagrad) te omogućuje iskorištenje novogradnje za izmještanje postojećeg vodozahvata iz zasunske komore,
- Zahvat se izvodi prije vodnih komora, čija je funkcija umirivanje toka vode u dovodima, te je takav zahvat tehnički povoljniji iz perspektive rada energetskog sustava.

Dovodni sustav akumulacija Prančevići - HE Zakučac je pod utjecajem kote vode u jezeru Prančevići. Maksimalna radna kota vode akumulacijskog jezera iznosi 273 mn.m., dok je minimalna radna kota propisana pravilnikom 263,40 mn.m.

Ovisno o radnoj koti jezera i protoku u dovodnim tunelima, na postojećem vodozahvatu sustava Omiš, u zasunskoj komori, radna kota pijezometarske linije iznosi 247-255 mn.m.

Kod razrade tehničkog rješenja zahvata za alternativni dovod vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine na širem području HE Zakučac, pri čemu bi se koristio visinski potencijal akumulacijskog jezera Prančevići, potrebno je zahvat smjestiti u Gatima, uzvodno od dviju vodnih komora. Zahvat treba izvesti ograncima iz postojeća dva dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara, sve sukladno situaciji na terenu.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, može biti smještena u području postojeće pristupne ceste za ulaznu građevinu postojećeg tunela.



Slika 14: HE Zakučac - postojeći ulaz u tunel i područje lokacije ulazne građevine hidrotehničkog tunela na širem području oko zasunske komore



Slika 15: HE Zakučac - dispozicija lokacija zahvatne građevine i ulaznih građevina hidrotehničkih tunela na širem području oko zasunske komore



## 2.1.2 Varijantne lokacije krajnjih točaka i međutočaka dovodnog sustava

### 2.1.2.1 Jadro

#### - UKPV Jadro

**Vodoopskrbni sustav Split-Solin-Kašтела-Trogir opskrbljuje se vodom s izvora rijeke Jadro**, koji izvire na koti 32,50 m n.m., na udaljenosti 4 km od centra Solina, i obuhvaća područje Grada Splita, s gravitirajućom Općinom Podstrana, Grada Solina, s dijelom gravitirajuće Općine Klis, Grada Kašтела i Grada Trogira, s gravitirajućom Općinom Seget i Općinom Okrug.

Vodozahvat se nalazi na samom izvoru rijeke Jadro, a sastoji se od akumulacije s regulacijskom zapornicom koja treba održavati vodostaj od 34,55 m n. m. do 34,75 m n. m. i zahvata Dioklecijanovog i Splitskog kanala u kojima voda teče gravitacijski prema području opskrbe.

Prema sadašnjim uvjetima rada sustava, zahvaćena voda tretira se samo kloriranjem. Međutim, **u tijeku su pripreme radnje za izgradnju centralnog uređaja za kondicioniranje pitke vode (UKPV) na lokaciji Majdan**, koja je udaljena cca 300 m nizvodno od lokacije vodozahvata na izvoru Jadra.

Centralni UKPV Jadro, na Majdanu, s kotom uređenog terena na 30 mn.m., i okvirnim tlocrtnim dimenzijama građevine 98x33 m, predviđen je s tehnologijom pročišćavanja pitke vode membranskom ultrafiltracijom **nazivnog kapaciteta 2.000 l/s**. Za uređaj je ishoda lokacijska dozvola u travnju 2021.g.

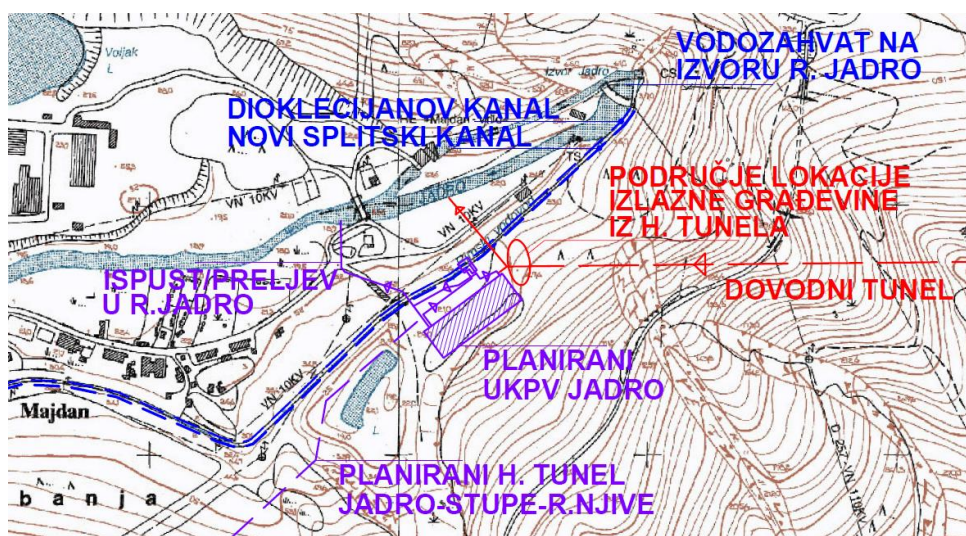


Slika 16: UKPV Jadro na Majdanu - situacijski prikaz planiranog uređaja (izvor: EZO UKPV s izvora r. Jadro)

Imajući u vidu da je zahvat na izvoru rijeke Jadro polazna točka sustava Split-Solin-Kašтела-Trogir te da je uz zahvat planirana izgradnja uređaja za kondicioniranje pitke vode, lokacija Majdan predstavlja logičan izbor krajnje točke tehničkog rješenja alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine.

Izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, može biti smještena na padini Mosora, sjeveroistočno od planiranog Uređaja.





Slika 17: UKPV Jadro na Majdanu - dispozicija lokacije uređaja i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela

U nastavku na planirani Uređaj, planirana je izgradnja hidrotehničkog tunela – dovoda vode s 2 cjevovoda DN1200 mm prema Splitu, od Uređaja „Jadro“ do crpne stanice „Ravne Njive“, s mogućnošću priključka na postojeći hidrotehnički tunel „Stupe“, po potrebi. Za tunel je izrađen idejni i glavni projekt.



Slika 18: UKPV Jadro na Majdanu – pogled na postojeće dovode i lokaciju planiranog uređaja

## - Mogućnost kondicioniranja vode iz Cetine na UKPV Jadro

S obzirom da je UKPV Jadro jedan od krajnjih točaka varijantnih rješenja alternativnog dovoda u ovom poglavlju će se opisati mogućnost kondicioniranja vode iz Cetine na UKPV Jadro.

Općenito, na izvorištu Jadra povremeno dolazi do porasta mutnoće s čijim povećanjem se povećava i sadržaj suspendiranih tvari, mijenja se mikrobiološka kvaliteta vode, jer se na suspendiranu tvar koja može biti organskog i anorganskog podrijetla lijepe čestice, kationi, mikroorganizmi i ostalo.

Na UKPV Jadro se namjerava ugraditi oprema koja se sastoji od:

- mikrofiltera za predtretman sirove vode, kojima se uklanjaju sedimenti, alge, protozoe, veće bakterije, a kroz taj filter prolazi voda, otopljene tvari, atomi i ioni
- te membrane za membransku ultrafiltraciju, kojom se uklanjaju suspendirane tvari (TSS) i otopljene tvari velike molekularne težine, te čak i poneki ioni, poput natrija, kalcija, magnezij-klorida i sulfata, dok čista voda i otopljene tvari manje molekularne težine putuju kroz površinu membrane.

Nadalje, za potrebe izrade ovog Idejnog rješenja Izrađivači su uspoređivali fizikalno-kemijske parametre vode iz Jadra i Cetine, koja se koristi za vodoopskrbu stanovništva i to:

- sirove izvorišne vode na Jadru i
- sirove površinske vode na Zagradu,

tijekom četiri mjeseca (veljača, lipanj, kolovoz i studeni) u 2021 godini, u razdoblju kada na Jadru nije zabilježena pojava povećane mutnoće. Te analize je provodio Nastavni zavod za javno zdravstvo. Izrađivači idejnog rješenja su došli do sljedećih zaključaka:

- **svi fizikalno-kemijski parametri** i na Jadru i na Cetini su ispod vrijednosti MDK prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/17)*
- **količina suspendiranih tvari** na Jadru i Cetini se kreće u sličnim parametrima:

Sirova voda	veljača	lipanj	kolovoz	studen	MDK
<b>Cetina mg/l</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<2	10 mg/l
<b>Jadro mg/l</b>	<0,5	<2	<0,5	<2	10 mg/l

- **isparni ostatak 105 °C** ukazuje na količinu ukupno otopljenih tvari, poput iona, prirodnih soli (Na, Ca, Mg, Cl...), metala te se za Jadro i Cetinu kreće u vrlo sličnim parametrima:

Sirova voda	veljača	lipanj	kolovoz	studen	MDK
<b>Cetina mg/l</b>	243	192	274	236	<1000 mg/l
<b>Jadro mg/l</b>	203	196	282	249	<1000 mg/l

- **elektrovodljivost** se kreće u sličnim parametrima, a ona ukazuje na količinu iona u vodi, najčešće natrija i klorida

Sirova voda	veljača	lipanj	kolovoz	studen	MDK
<b>Cetina</b>	378	333	477	413	2500
<b>Jadro</b>	379	394	476	415	2500



- **utrošak KMnO4-** pokazuje na količinu organske tvari u vodama, na osnovu utrošenog kisika za oksidaciju organske tvari izračuna se količina organske tvari, tj. količina organske tvari za obje rijeke se kreće u sličnim parametrima:

Sirova voda	veljača	lipanj	kolovoz	studeni	MDK
<b>Cetina</b>	1,01	0,69	1,12	0,54	5
<b>Jadro</b>	0,77	1,07	0,68	0,67	5

- **Dušikovi spojevi**, poput amonija i nitrata su kod obje rijeke ispod <0,01 mg/l, nitrat im se također kreće u sličnim vrijednostima, od 0,5 do 2,8 mg/l
- **Od prirodnih iona (mineralnih tvari)** srednja vrijednost kalcija se za obje rijeke kreće se oko 70 mg/l, magnezij je malo povećan za Cetinu, pa je srednja vrijednost oko 6 mg/l, a za Jadro 4 mg/l. Srednja vrijednost natrija za Cetinu je oko 11 mg/l, a za Jadro oko 7 mg/l, a kalij za obje rijeke je oko 0,5 mg/l
- **Mikrobiološki pokazatelji** nisu zadovoljeni ni kod Jadra ni Cetine, znači da su na vodozahvatima prisutne bakterije, doduše kod Cetine su te koncentracije nešto veće nego kod Jadra.

Usporedbom fizikalno-kemijskih parametara Cetine i Jadra, u uvjetima kada kod Jadra nema povećanja mutnoće, evidentno je da im se količina suspendiranih tvari, ukupno otopljenih tvari i organskih tvari kreće u vrlo sličnim parametrima. Poneke soli, poput mineralnih tvari (magnezij, kalcij, kloridi i sulfati) su malo povećane kod Cetine, a dušikovi spojevi im se kreću u vrlo sličnim parametrima. Prema tome, u uvjetima kada kod Jadra nema povećanja mutnoće, može se zaključiti da voda iz Cetine i voda iz Jadra imaju vrlo slične fizikalno-kemijske pokazatelje, te nema velikog odstupanja između izmjerenih parametara.

U uvjetima kada se javlja povećana mutnoća na Jadru, voda Jadra je u „lošijem“ stanju nego vode iz Cetine, i ima povećanu koncentraciju suspendirane tvari, otopljene tvari i povećano bakterijsko zagađenje, pri čemu treba naglasiti da će UKPV Jadro biti opremljen tehnologijom koja može ukloniti povećanu koncentraciju suspendirane tvari, otopljene tvari i povećano bakterijsko zagađenje.

Prema tome, temeljem procjena primjerenih za nivo razrade idejnog rješenja, može se zaključiti da bi planirani UKPV Jadro trebao biti odgovarajućih karakteristika i za kondicioniranje vode iz Cetine.

Ovdje je važno napomenuti, da u ovom trenutku ne znamo koja vrsta membrane će se ugraditi, jer to ovisi o proizvođaču, izvođaču i tenderu. U svakom slučaju, prilikom izrade više faze projektne dokumentacije, ovu tematiku će svakako trebati detaljnije analizirati.

### 2.1.2.2 Žrnovnica

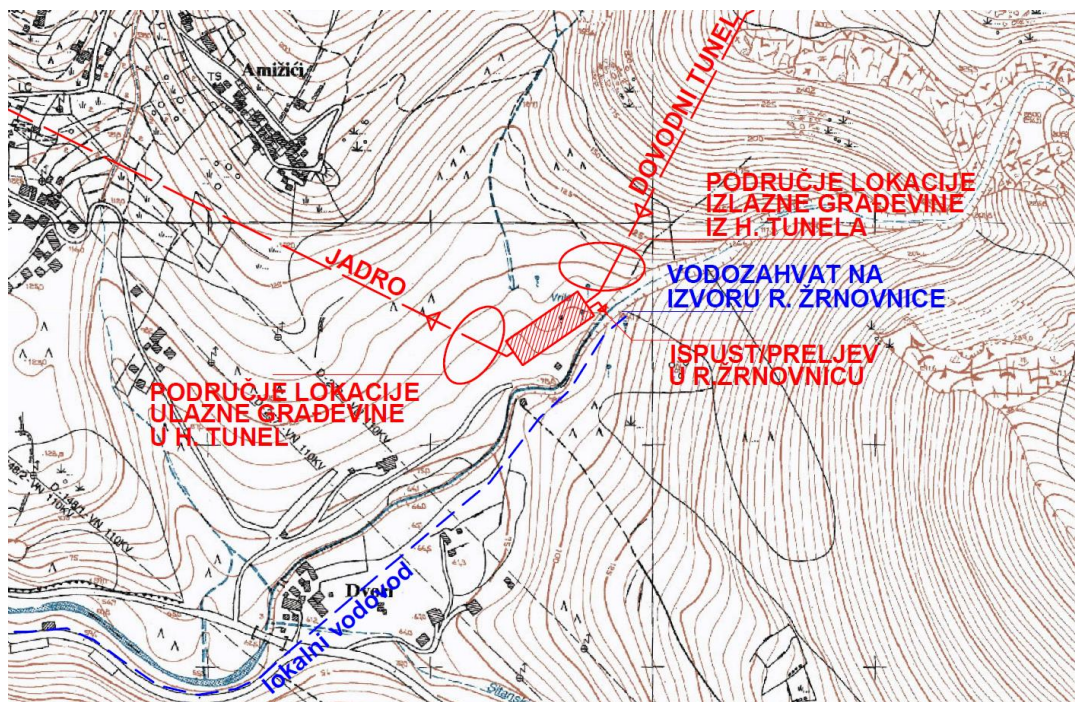
Izvor rijeke Žrnovnice nalazi se u podnožju Mosora, oko 2 km sjeveroistočno od naselja Žrnovnica. Čine ga tri stalna i šest privremenih izvora koji se nalaze na nadmorskim visinama u rasponu od 78 do 120 mn.m. Dio izvorišta je kaptiran za potrebe lokalnog vodoopskrbnog sustava naselja Žrnovnica, Korešnica i Donje Sitno, međutim radi neodgovarajućih tehničkih i sanitarnih uvjeta, u tijeku su pripreme radnje za izgradnju priključne vodoopskrbne mreže za predmetno područje iz sustava Split – Solin.

Izvorišta rijeke Žrnovnice u ljetnjim mjesecima imaju vrlo malu izdašnost, ali u preostalom dijelu godine nisu zanemariva (prema Studiji „Određivanje biološkog minimuma“, Građevinski fakultet Split, 1996.g., iskoristivi kapacitet za vodoopskrbu iznosi 800 l/s) te je tijekom proteklog razdoblja bila prisutna ideja o vodozahvatu na izvorima rijeke Žrnovnice za potrebe područja istočnog Splita, Stobreča i Podstrane, čime bi se iskoristila mogućnost gravitacijske opskrbe područja u većem dijelu godine i ušteda energije za precrpljivanje vode iz pravca Jadra. Takvo rješenje zahtijevalo bi izgradnju uređaja za kondicioniranje pitke vode zahvaćene na izvoru Žrnovnice i dovod većeg profila prema Splitu, ali isto nije dalje obrađivano ili preuzeto mjerodavnom planskom dokumentacijom (Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije, 2008.g.), niti je u međuvremenu izrađena novelacija studije biološkog minimuma za potrebe istog.

Potrebno je naglasiti da je prethodni opis informativnog karaktera te da ovo Idejno rješenje **ne uključuje** razmatranja o eventualnom iskorištenju izvorišta rijeke Žrnovnice.

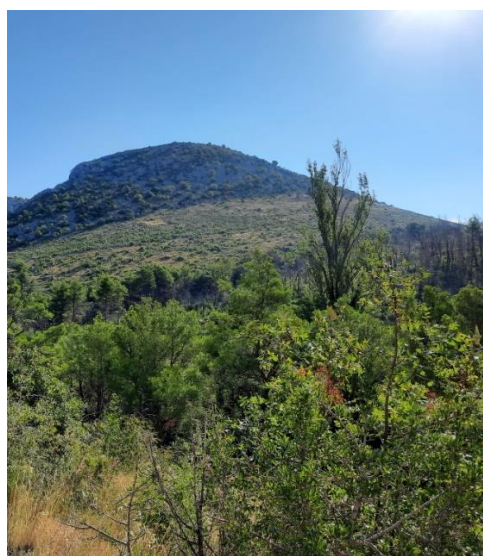
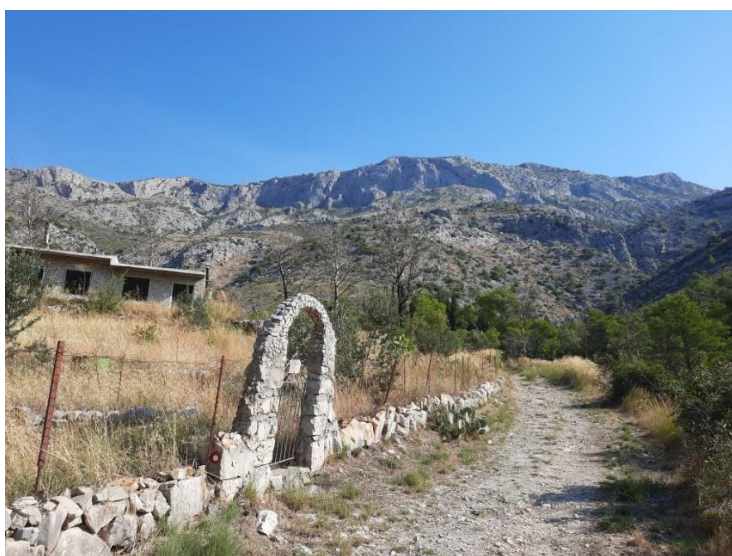
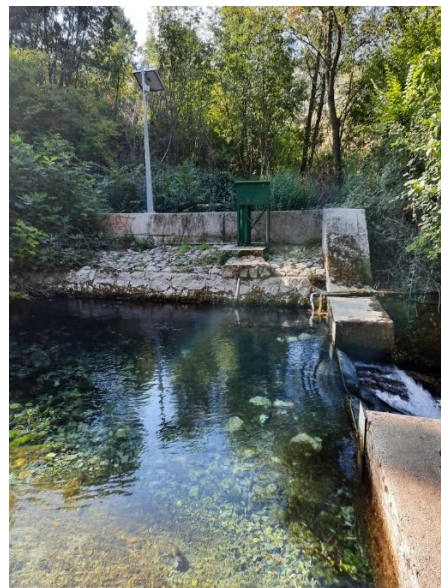
Ipak, imajući u vidu potencijal izvora Žrnovnice i njegov povoljan položaj, kako visinski, tako i u odnosu na pružanje vodoopskrbnog sustava na širem području Splita, lokacija uz izvor Žrnovnice predstavlja logičan izbor jedne od međutočaka ili krajnje točke tehničkog rješenja alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine.

Uređaj za kondicioniranje pitke vode (po potrebi, ovisno o postavljenom varijantnom rješenju) i izlazne i ulazne građevine hidrotehničkih tunela, s pristupnom cestom, mogu biti smještene na padini Mosora, zapadno od izvora Žrnovnice (područje zaseoka Dvori).



Slika 19: Žrnovnica (zaseok Dvori) – dispozicija potencijalne lokacije uređaja i ulaznih/izlaznih građevina hidrotehničkih tunela





Slika 20: Žrnovnica (zaseok Dvori) – pogled na potencijalnu lokaciju uređaja

## 2.2 TEHNIČKO RJEŠENJE DOVODA U HIDROTEHNIČKOM TUNELU ZA RAZMATRANJE VARIJANTI

### 2.2.1 Općenito o hidrotehničkim tunelima

Na trasi predloženih varijantnih rješenja izrade alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine, predviđena je izrada većeg broja tunela. Duljina pojedinih tunela u obrađenim varijantnim rješenjima iznosi po više od 10 km.

Prema dostupnim podacima tuneli bi se izvodili pretežno u vapnenačkoj stijenskoj masi, a dio tunela bio bi i u flišnim naslagama.

Za potrebe izgradnje hidrotehničkog tunela alternativnog dovoda vode na područje Splita, u nastavku se daju osvrti na primjere izvedenih tehničkih rješenja tunela na području Dalmacije, pri čemu se isti mogu podijeliti na:

- [1] Hidrotehnički tunel s pristupnim putem (tunel prohodan za ljude i manja vozila, s ugrađenim cjevovodom i/ili drugim instalacijama (primjeri iz prakse: tunel „Stupe“, „Čiovo“, „Blato-Učjak“))
- [2] Dovodni tunel u punom profilu (neprohodni tunel (primjer iz prakse: dva tunela HE Zakučac))

#### 2.2.1.1 Hidrotehnički tunel s pristupnim putem

Zbog potreba održavanja tunela i ugrađenih instalacija, nužno je da tuneli budu prohodni za ljude i manja vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu, i za vrijeme izgradnje i za vrijeme eksploatacije tunela.

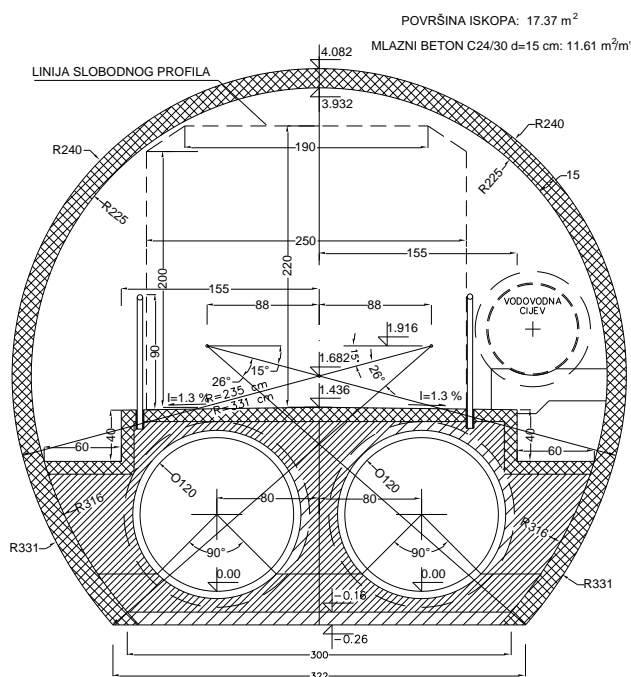
Poprečni presjek tunela mora biti takav da sadrži vodovodne cijevi, kolnik minimalne širine cca 2.2 (m), te nužnu rasvjetu.

Tunel se izvodi u blagom uzdužnom padu, vodeći računa da bude iznad nivoa podzemne vode. Takav tunel može imati samo primarni podgradni sustav. Nema potrebe za izradom hidroizolacije i sekundarne betonske obloge.

Zadnjih godina izgrađeno je u okolici Splita nekoliko ovakvih hidrotehničkih tunela bez sekundarne betonske obloge.

**Prvi primjer je hidrotehnički kanalizacijski tunel "Stupe"** duljine 2.512 (m). U dnu tunela položene su dvije cijevi promjera 1200 (mm) (za otpadne vode), a iznad njih je prostor za vozila za održavanje, s kolnikom širine 2,5 (m). Tunel je izveden bez hidroizolacije i bez sekundarne betonske obloge. Tunel je u funkciji odvoda otpadnih voda do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na TTTS-u, kod Splita. Dugoročno je ostavljena mogućnost ugradnje vodovodne cijevi u boku tunela.

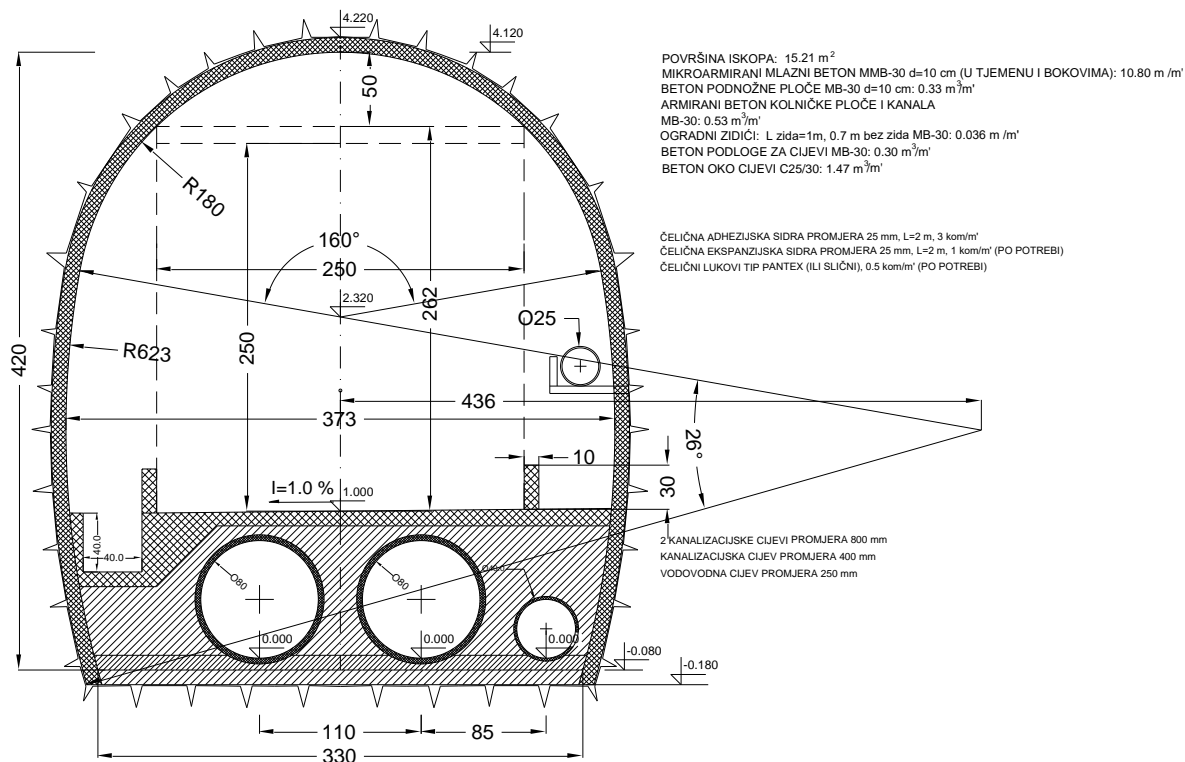
POPREČNI PRESJEK TUNELA STUPE



Slika 21: Poprečni presjek kanalizacijskog tunela "Stupe"

Drugi primjer je hidrotehnički kanalizacijski tunel "Čiovo" duljine 2.760 (m). U dnu tunela položene su dvije cijevi unutrašnjeg promjera 800 (mm) (za otpadne vode), a iznad njih je prostor za vozila za održavanje, s kolnikom širine 2,5 (m). Tunel je izveden bez hidroizolacije i bez sekundarne betonske obloge. Tunel je u funkciji odvoda otpadnih voda iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Divuljama do južne strane otoka Čiova, gdje se iste odvođe dalje kroz podmorski ispust u more.

POPREČNI PRESJEK TUNELA ČIOVO ZA IV. KTG. STIJEJSKE MASE



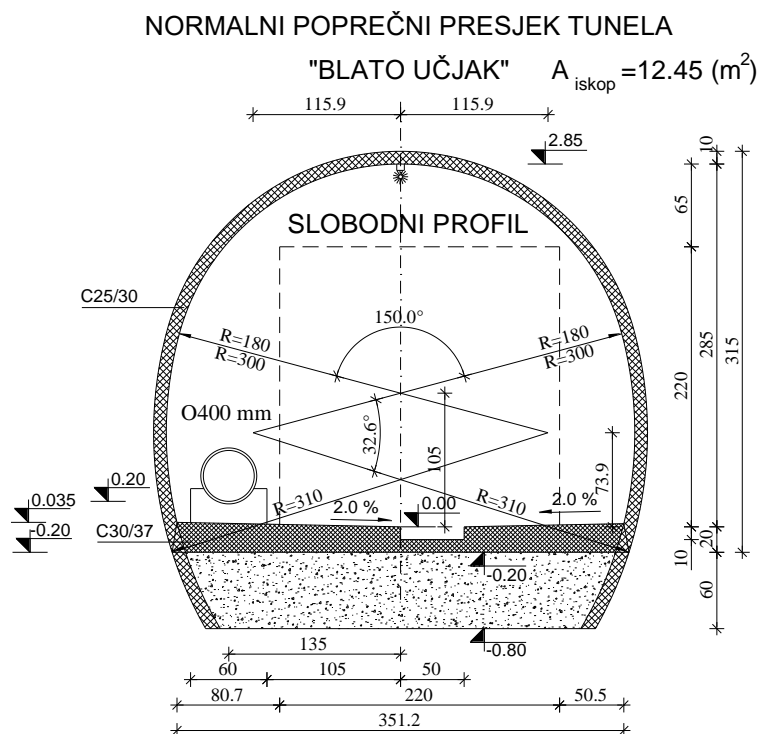


Slika 22: Poprečni presjek kanalizacijskog tunela "Čiovo"



Slika 23: Fotografija uređenog kanalizacijskog tunela „Čiovo“

**Treći primjer je hidrotehnički vodovodni tunel "Blato Učjak"** duljine 220 (m). Uz zid tunela položena je jedna vodovodna cijev promjera 400 (mm), a bočno je prostor za vozila za održavanje, s kolnikom širine 2,2 (m). Tunel je izveden bez hidroizolacije i bez sekundarne betonske obloge. Tunel je u funkciji dovoda vode do grada Blata na Korčuli.



Slika 24: Poprečni presjek vodovodnog tunela "Blato Učjak"

Ovi izvedeni tuneli, koji su u funkciji više od 10 godina, pokazuju da se ovakav tip tunela može efikasno upotrijebiti u praksi.

Bruto površina poprečnog presjeka iznosi od 15 do 20 (m<sup>2</sup>), a ovisi o broju i promjeru cijevi koje dolaze u tunel, te željenom slobodnom profilu.

Zbog sprječavanja ustajalosti zraka i velike vlažnosti zraka u tunelu, što bi nepovoljno utjecalo na svu opremu u tunelu, nužno je da takvi tuneli imaju i ventilaciju. Za ventilaciju je potrebno predvidjeti tlačne ventilatore na jednoj strani tunela, te izlaznu građevinu oblikovati tako da se omogući što više prirodne ventilacije (slika niže). Takvo rješenje je primijenjeno na hidrotehničkom tunelu „Čiovo“, gdje je omogućeno da se ostvaruje prirodna ventilacija u većem dijelu vremena, odnosno za vrijeme puhanja vjetra iz bilo kojeg smjera. Samo u vremenu tišine, ili vrlo slabog vjetra, nužan je rad ventilatora, što se lako automatizira preko senzora.

Takav tunel bi morao imati mogućnost okretanja vozila za održavanje (ili radi mimoilaženja vozila u tunelu) na cca svakih 300 m tunela. U tu svrhu bi se izgradila bočna udubljena dužine po cca 8 (m), na međusobnom razmaku od cca 300 (m). Ovakav razmak i izvedba bočnih proširenja pokazao se efikasnim rješenjem u hidrotehničkim tunelima "Čiovo" i "Stupe" za vrijeme građenja, kao i za vrijeme eksploatacije tunela.

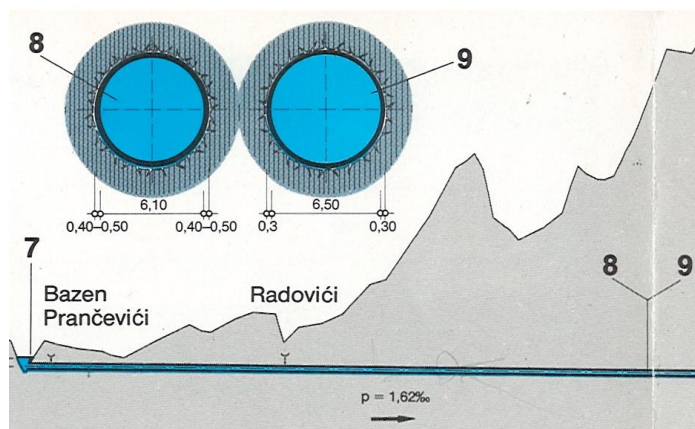


Slika 25: Izlazna portalna građevina hidrotehničkog tunela "Čiovo", oblikovana da djeluje kao "dimnjak"

### 2.2.1.2 Dovodni tunel u punom profilu

Dovodni tunel u punom profilu je u načelu tunel-cjevovod, koji je za vrijeme eksploatacije neprohodan, a u slučaju potreba za održavanjem treba ga u potpunosti isprazniti.

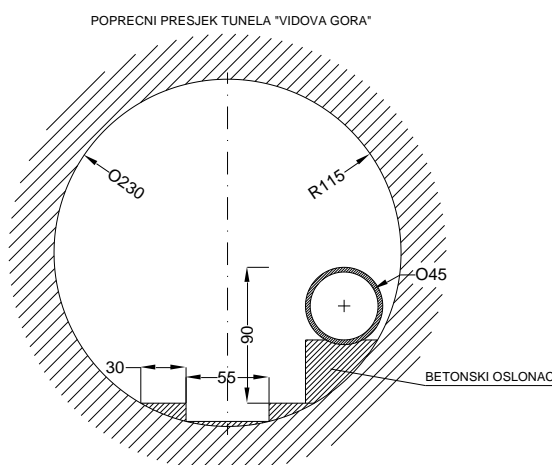
Poznati primjer iz prakse čine dva paralelna dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara i duljina 9.876 (m) i 9.894 (m), od jezera Prančevići do zasunske komore HE Zakučac. Međutim isti su prilično velikog profila za potrebe razmatranja ovog elaborata.



Slika 26: Poprečni presjek dovodnih tunela „Prančevići-Zakučac“

Izrada dovodnog tunela u punom profilu za dovod vode manjeg profila je načelno moguća. Takav tunel bio bi minimalnog profila koji je moguće izvesti jer se radi o relativno malim količinama vode, pa je glavni kriterij mogućnost izrade.

Jedan takav primjer tunela malog profila (kroz kojega ipak prolazi vodovodna cijev) je tunel "Vidova gora" na trasi Bol-Dol, duljine 8.500 (m), kružnog poprečnog presjeka. Tunel je bušen strojem s rotacijskom glavom promjera 2.3 (m).



Slika 27: Poprečni presjek vodovodnog tunela "Vidova gora"

U slučaju primjene ovakvog rješenja, bit će nužno izraditi primarni i sekundarni podgradni sustav, s hidroizolacijom.

U krškim terenima moguća su naknadna iznenađenja, obrušavanja stijenske mase, pomaci na rasjedima i slično.

U takvim slučajevima sanacija tunela za dovod vode bila bi iznimno komplicirana uz dugotrajan prekid dovoda vode.

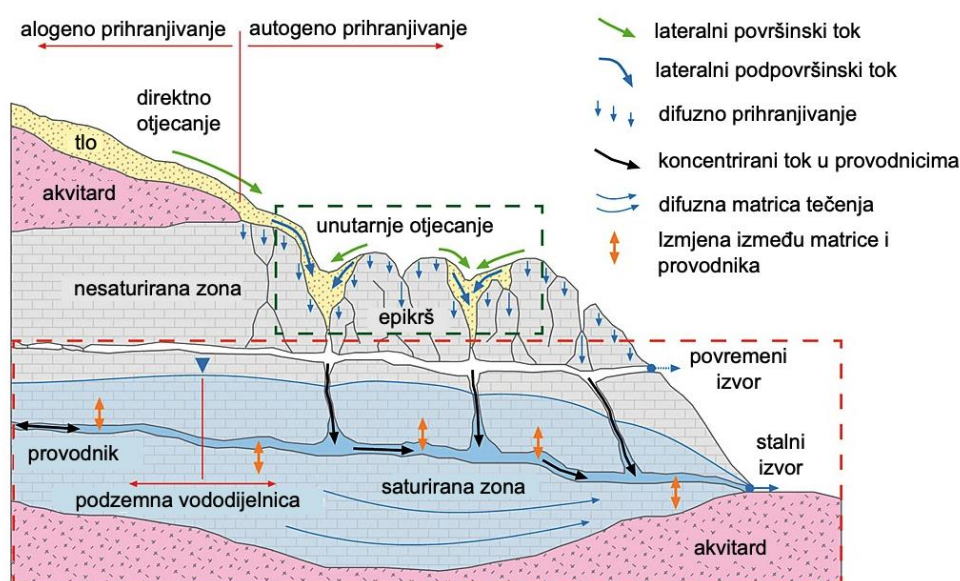
Kao primjer navodi se slučaj koji se dogodio nekoliko godina nakon puštanja u eksploataciju tunela Vidova gora. Na središnjem dijelu tunela došlo je, nakon obilnih kiša, do urušavanja dijela tunela u dužini od 10-15 (m). Na tom dijelu trase tunel je prolazio kroz stijensku masu izgrađenu od gline i kršja. Za vrijeme građenja, na toj dionici tunela, bio je izgrađen primarni podgradni sustav od armiranog mlaznog betona. Zbog djelovanja vode došlo je do slabljenja karakteristika stijenske mase, te zatim do sloma podgradnog sustava i puknuća vodovodne cijevi kojom se opskrbljuje južni dio otoka Brača, kao i otok Hvar.

Sanacija je trajala dugo, a opskrba vodom je bila privremeno riješena kroz cijev malog profila i malog kapaciteta. Za to vrijeme problemi u vodoopskrbi bili su veliki.

### 2.2.1.3 Razina podzemne vode

Za potrebe razrade tehničkih rješenja varijanti profila hidrotehničkih tunela te kasnije obrade tehničkih rješenja varijanti dovoda, posebno postavljanja nivelete trasa tunela, potrebno je razmotriti pojavnost podzemnih voda na predmetnom području.

Krški vodonosnici (akviferi) su kompleksni sustavi sačinjeni od karbonatnih topivih stijena, uglavnom vapnenca i dolomita te s karakterističnim sustavom poroznosti koji predstavlja izazov u modeliranju podzemnog toka vode kao i u procjeni razina podzemne vode. Uvid u stvarno stanje se dobija istražnim radovima, dubokim bušotinama, praćenju koncentriranog toka u provodnicima i praćenju kontrolnog signala – protoka na stalnom izvoru. Slika niže daje konceptualni model krškog vodonosnika kao i mehanizma prihranjivanja. Mora se zamijetiti kako površinska vododjelnica u kršu nije fiksna te se oslanja na orografske uvjete, ali i materijal s površine. Zbog toga imamo alogeno i autogeno prihranjivanje krškog vodonosnika. Podzemna vododjelnica koja određuje smjer lokalnog tečenja također nije fiksna te se mijenja s obzirom na razinu podzemne vode.



Reviews of Geophysics, Volume: 52, Issue: 3, Pages: 218-242, First published: 08 April 2014, DOI: (10.1002/2013RG000443)

Slika 28: Konceptualni model krškog sustava koji sadrži sve karakteristične procese

Zbog svega navedenog, procjene površine izvora Jadrā u literaturi variraju između 250 i 500 km<sup>2</sup>. Kako bi se procijenile razine podzemne vode na trasama hidrotehničkih tunela varijanti obrađenih u poglavlju 3, a bez ikakvih istražnih radova, koristili su se dostupni podaci i literatura, kako slijedi:

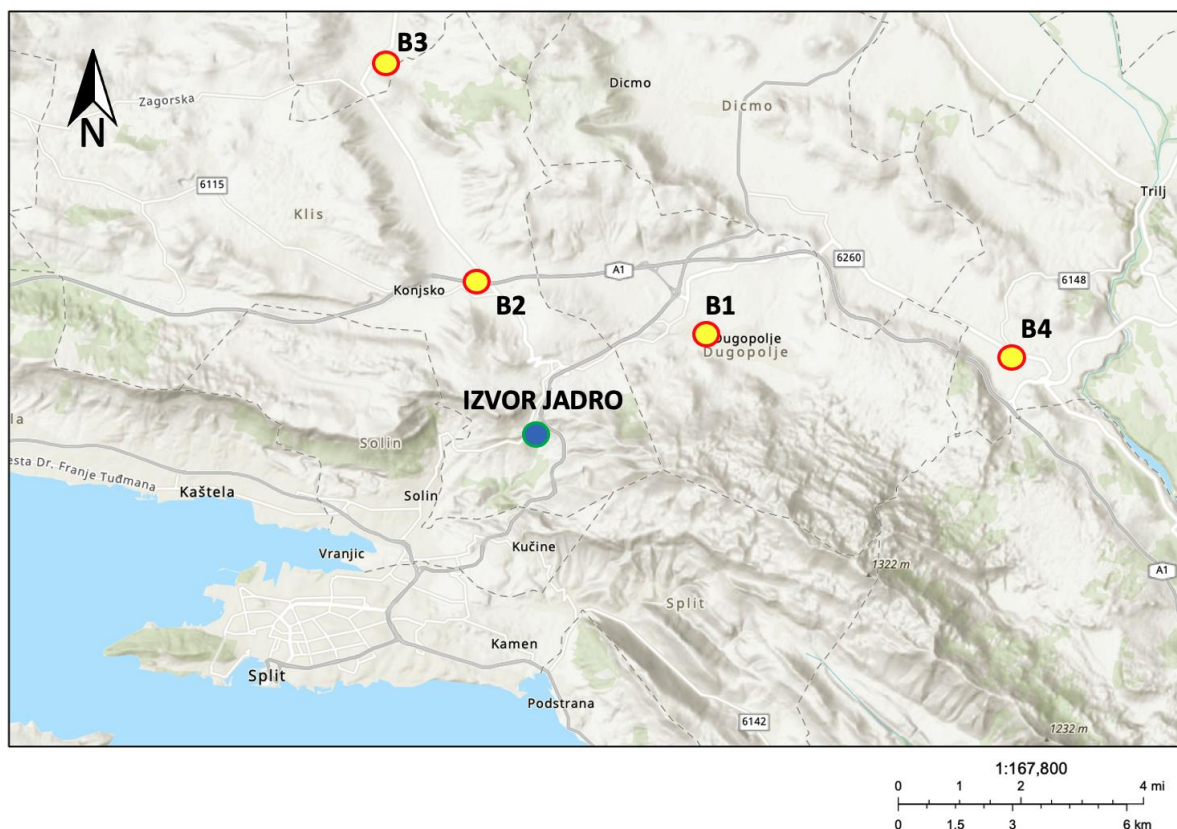
- [1] Primjena tehnologija temeljenih na hidroakustici, radaru i tlačnim sensorima kod praćenja i analize kretanja vode u kršu (2014); I. Andrić; doktorska disertacija; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu
- [2] Karst spring catchment: an example from Dinaric karst. Environ Earth Sci 74, 6211–6223 (2015). Bonacci, O., Andrić, I.; <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4644-8>
- [3] Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches (2014); A. Hartmann, N. Goldscheider, T. Wagener, J. Lange, M. Weiler; Reviews of Geophysics, Volume: 52, Issue: 3 <https://doi.org/10.1002/2013RG000443>
- [4] Procjena rizika od onečišćenja podzemnih voda u kršu na području sliva izvora Jadrā i Źrnovnice (2013); J. Loborec, doktorska disertacija; Rudarsko geološko naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Kako bi se kontinuirano pratila kvaliteta i stanje podzemnih voda u slivu Jadrā, izvedena su četiri duboka piezometra unutar sliva. Njihova lokacija je prikazana na sljedećoj slici.



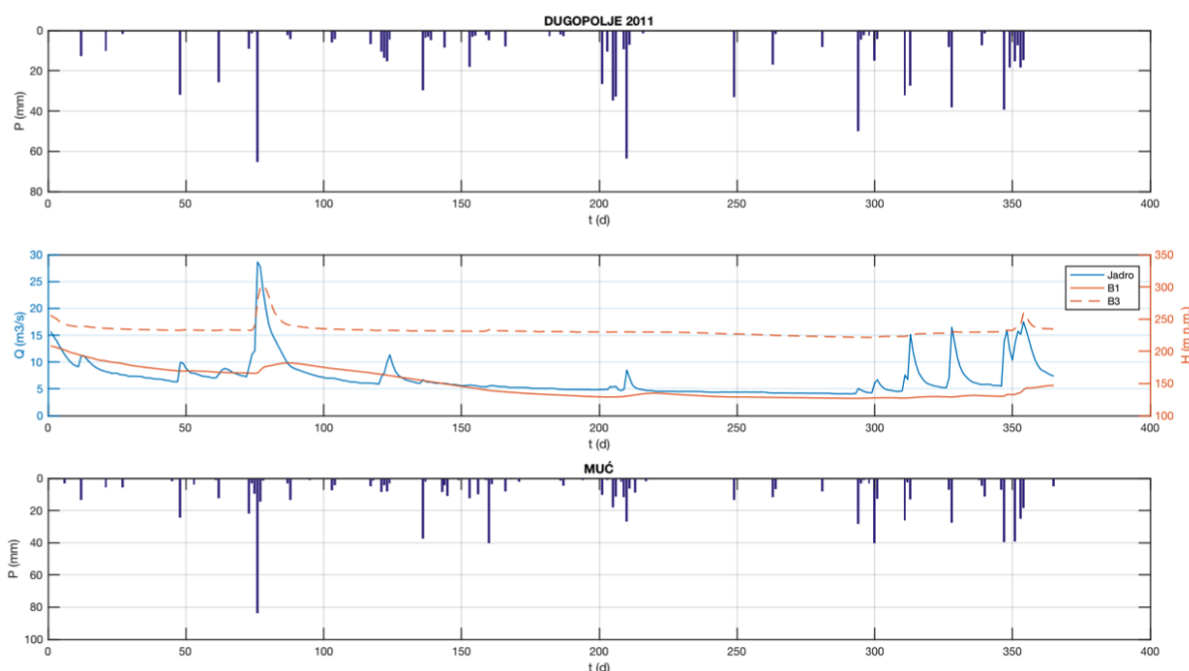
Izrađene četiri duboke istražno opažačke bušotine su: B-1 na lokaciji Dugopolje (koordinate: X = 4 827 308; Y = 6 385 888), B-2 na području Konjskog (koordinate: X = 4 828 776; Y = 6 380 231), B-3 na području Gizdavca (koordinate: X = 4 834 544; Y = 5 620 215) i B-4 na području Biskog polja (koordinate: X = 4 826 383; Y = 6 393 811).

Mora se napomenuti kako je, od izgradnje istih i početka rada 2010 godine, konstantan niz podataka osiguran samo za dvije bušotine B-1 i B-3.

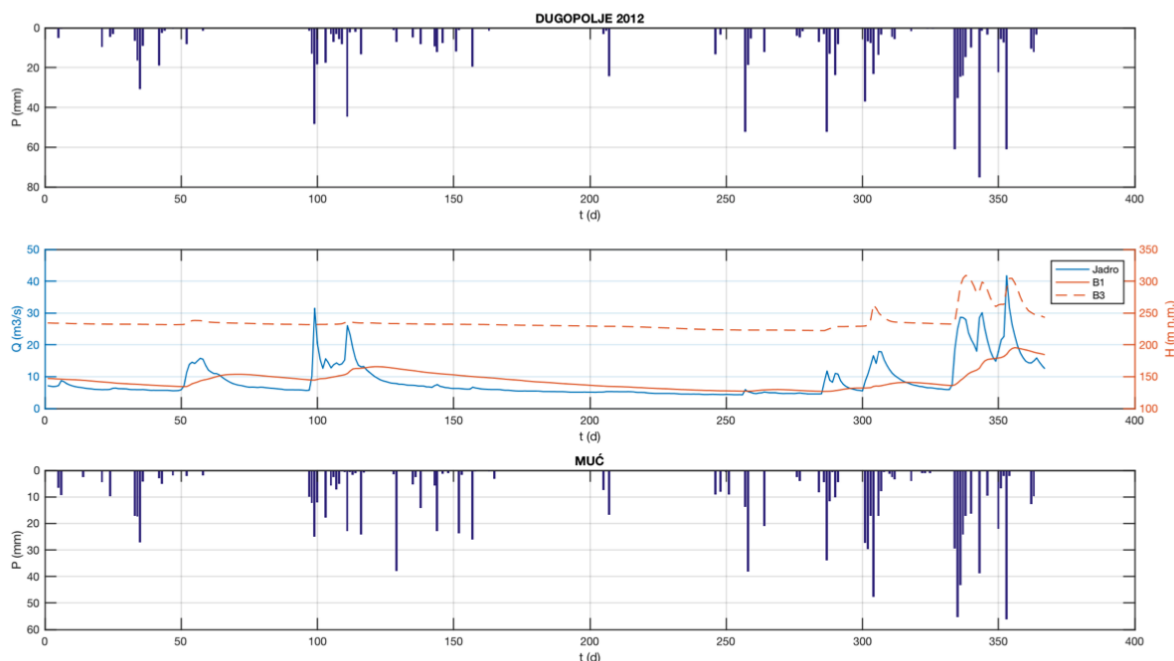


Slika 29: Situacija s ucrtanim lokacijama dubokih piezometara

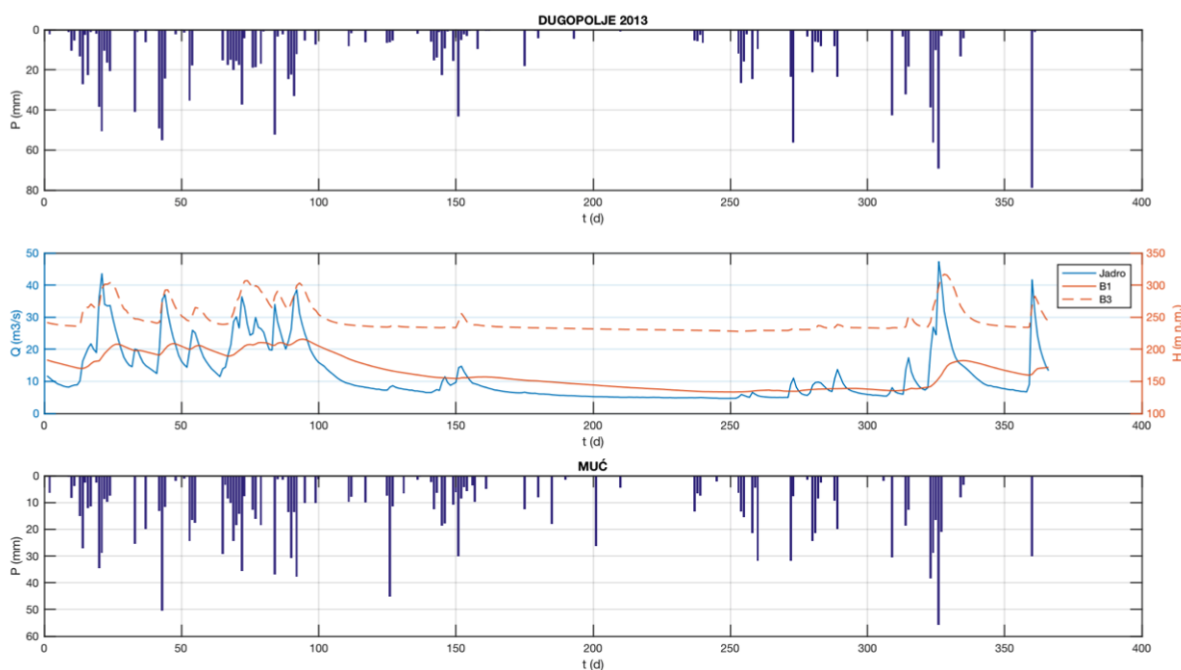
Podaci dostupni izrađivačima studije su prikazani na sljedećim grafovima.



Slika 30: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2011.g.



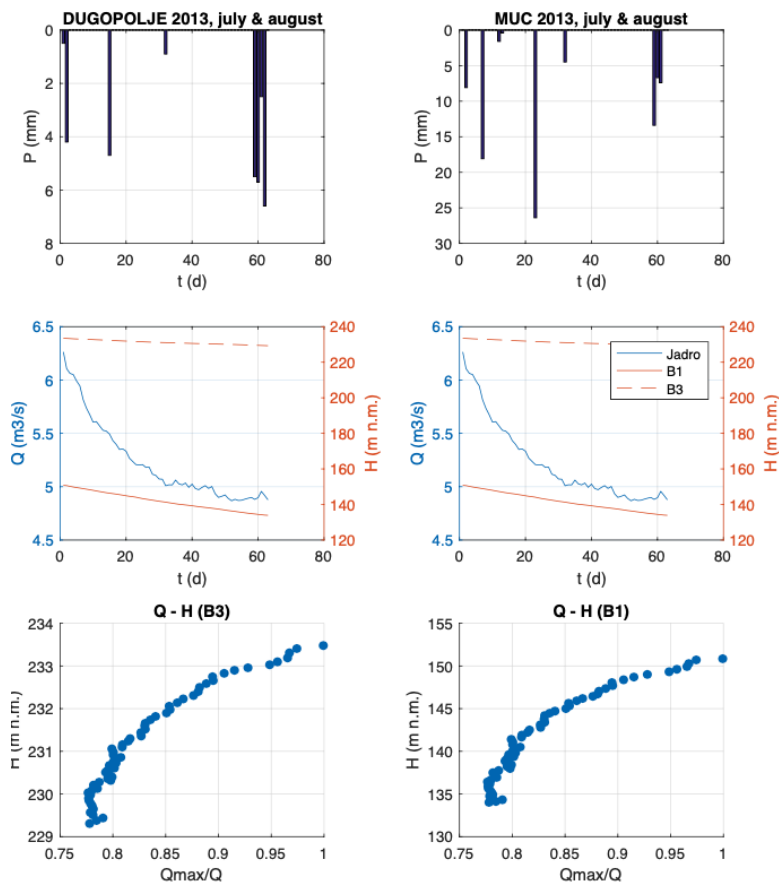
Slika 31: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2012.g.



Slika 32: Razine podzemne vode u B-1 i B-3, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć) za 2013.g.

Da bi se omogućilo praćenje i analiziranje razine podzemne vode na zabilježenim lokacijama potrebno je osim lokacije navesti i kote terena praćenih piezometara, B-1 na 278,73 (m n.m.) te B3 na 356,57 (m n.m.). Maksimum zabilježen na B-3 iznosi 342,77 (m n.m.), a na B-1 227,30 (m n.m.).

Bitno je pratiti i recesijski period u ljetnim mjesecima, pa je tako napravljena analiza podataka, upravo za taj period.



Slika 33: Razine podzemne vode u B-1 i B-3 tijekom recesijskog perioda 2013. godine, protok na izvoru Jadro te oborine (Dugopolje i Muć)

Može se primijetiti kako u recesijskom periodu jako sporo opada razina podzemne vode te da je grupirana oko zabilježenih minimuma (B-3 na 229 (m n.m.) i B-1 na 133 (m n.m.)).

Iz svega navedenog je razvidno da se razina podzemne vode mijenja u amplitudi i 100 (m), što je za očekivati kod krških vodonosnika. Kod velikih oborina, rast podzemne vode u piezometrima je preko 100 (m) u samo nekoliko dana.

**Na osnovi svega navedenog, ucrtana je procjena razine podzemne vode na uzdužnim profilima trasa tunela varijantnih rješenja** (Poglavlje 3, varijante 1-9, potpoglavlja Geomehničke klasifikacije tunela). Točnije procjene zahtijevaju istražne radove i detaljnije hidrogeološke podatke.

Temeljem podataka o podzemnim vodama i iskustvu gradnje tunela na ovim područjima (dalmatinski krš), izrađivači elaborata su se, za potrebe razrade varijantnih rješenja vodili time da, s ciljem izbjegavanja prevelikog utjecaja podzemnih voda, postave niveletu tunela na što je moguće višim kotama terena, uvažavajući minimalni preporučeni pad nivelete tunela od 0,2%.

Vođenje tunela iznad razina podzemnih voda (barem u većem dijelu godine) odražava se i na tehnički manje zahtjevne uvjete izgradnje tunela (tehnologija izvođenja, osiguranje uvjeta zaštite na radu, i sl.), kao i na tehnički manje zahtjevno projektno rješenje izvedbe tunela (potreban je samo primarni podgradni sustav), što se nastavno odražava i na manje troškove investicije. Vođenje tunela iznad razina podzemnih voda je posebno važno i zbog činjenice da će se tuneli morati graditi i s uzvodne strane, što stvara dodatne probleme u precrcpljivanju procjednih i eventualno podzemnih voda prema uzvodnom portalu tijekom izgradnje.



Mogućnost procjeđivanja podzemnih voda u tunel tijekom razdoblja povišenih razina podzemne vode svakako postoji, jer primarna podgrada ne predstavlja značajnu zapreku procjeđivanju. U uvjetima povišenih razina podzemne vode (duža kišna razdoblja) očekuju se povećani dotoci u tunel. Vrijednosti maksimalnih dotoka u tunel, na ovoj razini izrade projektne dokumentacije, nije moguće odrediti, ali će one svakako biti manje što je niveleta tunela postavljena na višoj geodetskoj koti.

Za vrijeme eksploatacije, za odvodnju procjednih voda predviđena je izgradnja odvodnog kanala duž tunela, što je vidljivo na normalnom poprečnom presjeku.

#### 2.2.1.4 Načini izvođenja iskopa tunela

U ovom poglavlju daje se pregled mogućih načina izvedbe tunela, te se pokazuju prednosti i nedostaci pojedinih mogućih načina realizacije projekta.

##### **ISKOP MINIRANJEM**

Ovaj način rada na iskopu tunela danas predstavlja klasičan način rada. Iskop se vrši u kampadama dužine 2 do 3 (m) (eventualno i nešto više od 3 (m)) za tunele ovakve veličine poprečnog presjeka, u relativno dobroj stijenskoj masi, a dužina kampade u rasjednim i zdrobljenim zonama iznosi najčešće 1 (m).

Nakon iskopa svake kampade slijedi izrada primarnog (i jedinog) podgradnog sustava koji se sastoji od armiranog mlaznog betona debljine od 5 do 25 (cm), potrebnog broja čeličnih sidara projektirane dužine, armature za armiranje mlaznog betona, te čeličnih rešetkastih nosača (po potrebi u V. ktg. stijenske mase). Moguća je i primjena mikroarmiranog mlaznog betona, koji se naročito primjenjuje kod tunela s velikim nadslojem u čvrstoj stijenskoj masi, kada se pojavljuju gorski udari.

Prednost ovakvog načina rada je u fleksibilnosti primjene potrebnog podgradnog sustava koji se može mijenjati na dnevnoj bazi.

Druga prednost sastoji se u tome da niti nailazak na spilju, kavernu ili rasjednu zonu ne predstavlja poseban problem jer je moguće trenutno reagirati na sve promjene u kvaliteti stijenske mase, te prilagoditi podgradne sustave stvarnom stanju na terenu.

Nedostatak ovakvog načina iskopa kod dugih tunela je relativno sporo napredovanje. Naime, na jednom radnom mjestu, uz odličnu organizaciju rada mogu se postići dvije, do maksimalno 3 kampade dnevno, što čini napredovanje sa svake strane tunela od maksimalno 6 do 8 (m) dnevno.

##### **ISKOP ROTACIJSKIM STROJEM ("KRTICA")**

Ovaj način iskopa tunela primjenjuje se u dobrim stijenskim masama i u tunelima veće duljine. Kod tunela duljine veće od 2 (km), iskop rotacijskim strojem svakako dolazi u obzir.

Prednost ovakvog načina rada je u brzini iskopa. Dnevno napredovanje može iznositi i više od 20 (m). Međutim, iskop se radi samo s jedne strane tunela. Kada ovaj stroj završi s iskopom, izlazi na drugu stranu izvan tunela. Nije moguć iskop sa dvije strane, jer se stroj ne može vratiti natrag.

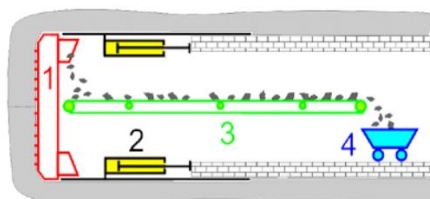
U slučaju da na trasi tunela ima rasjednih zona, kaverni ili spilja, ovakav način iskopa ima ozbiljnih poteškoća. Za napredovanje ovakvog stroja nužno je bočno oslanjanje velikih "papučica", na koje se djeluje velikom silom poprečno na tunel, kako bi se preko trenja između "papučica" i stijenske mase mogla ostvariti tlačna sila kojom rotacijski stroj djeluje na čelo iskopa, te kako bi stroj mogao izvoditi iskop. U slučaju da se ova bočna sila ne može ostvariti, stroj ne može napredovati.

U takvom slučaju treba na klasičan način riješiti nastalu prepreku, pa tek onda rotacijski stroj može nastaviti s radom.

Ako se na trasi tunela očekuje veći broj rasjeda, kaverni ili spilja, zastoji u radu će biti česti, a zbog otežanih uvjeta rada, i dugotrajni.

Na otoku Braču je koncem sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća probijen hidrotehnički vodovodni tunel "Vidova gora" na trasi Bol-Dol, duljine 8.500 (m), rotacijskim strojem promjera glave od 2.3 (m). Prema saznanju autora ovog idejnog rješenja, prilikom rada na ovom tunelu nije bilo znatnijih zastoja, vjerojatno zbog činjenice da je stijenska masa u većem dijelu trase bila izgrađena od dolomita, koji se ne otapaju pod djelovanjem procjednih voda, te se kaverne, spilje i rasjedi u takvoj stijenskoj masi pojavljuju mnogo rjeđe nego u vapnenačkoj stijenskoj masi.

Na sljedećoj slici prikazan je jedan primjer velikog stroja s rotacijskom glavom.



1. Rezna glava
2. Štit
3. Pokretna traka
4. Odvoz iskopanog materijala

**PRINCIP RADA 'KRTICE'**

Slika 34: Primjer velikog stroja s rotacijskom glavom

Za dovod vode od akumulacijskog jezera Prančevići do zasunske komore HE Zakučac, krajem sedamdesetih godina 20. stoljeća, probijen je drugi hidrotehnički dovodni tunel, promjera 6.5 (m), duljine oko 10 (km). Proboj je izveden strojem s rotacijskom glavom.

### ISKOP GLODAČIMA

Ovaj način iskopa tunela primjenjuje se u srednje tvrdim i mekšim stijenskim masama. Za slučaj dovoda vode do Splita, ovakav način iskopa je manje vjerojatan. Moguća je primjena ovakvog načina iskopa za iskop flišnih naslaga na trasi tunela. Iskop u čvrstim vapnenačkim stijenskim masama izvodio bi se klasično, miniranjem.



Slika 35: Primjer iskopa glodačima

## 2.2.2 Varijantni profili hidrotehničkog tunela

Na trasi predloženih varijantnih rješenja izrade alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine, predviđena je izrada većeg broja tunela. Duljina pojedinih tunela u obrađenim varijantnim rješenjima iznosi po više od 10 (km).

Prema dostupnim podacima tuneli bi se izvodili pretežno u vapnenačkoj stijenskoj masi, a dio tunela bio bi i u flišnim naslagama.

Za potrebe izgradnje hidrotehničkog tunela alternativnog dovoda vode na područje Splita, mogu se primijeniti sljedeće varijante tehničkog rješenja tunela:

- A. Hidrotehnički vodoopskrbni tunel s pristupnim putem** (tunel prohodan za ljude i manja vozila, s ugrađenim dovodnim cjevovodom)
- B. Hidrotehnički višenamjenski tunel s pristupnim putem** (tunel prohodan za ljude i manja vozila, s ugrađenim dovodnim cjevovodom i drugim instalacijama)
- C. Dovodni vodoopskrbni tunel u punom profilu** (neprohodni tunel)

Varijante **A** i **B** predložene su temeljem iskustva na do sada izvedenim hidrotehničkim tunelima u području Dalmacije (hidrotehnički kanalizacijski tunel "Stupe" kod Splita, hidrotehnički kanalizacijski tunel "Čiovo" kod Trogira, hidrotehnički vodovodni tunel "Blato-Učjak" kod Blata na Korčuli, hidrotehnički tunel "Mravinački potok" u Solinu, hidrotehnički kanalizacijski tunel "Vela Luka" na Korčuli). Naime, izgradnja prohodnog tunela polazi od toga da je zbog potreba održavanja tunela, te smještaja i održavanja ugrađenih instalacija, nužno da tunel bude prohodan za ljude i manja vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu, i za vrijeme izgradnje i za vrijeme eksploatacije tunela, posebno za duljinu tunela ne kraću od 10 (km).

Varijanta **C** predložena je radi temeljitije obrade prijedloga tipova hidrotehničkih tunela, premda nije uobičajeno i praktično graditi dovodne neprohodne tunele malog profila za veće duljine, a sve imajući u vidu da ovi tuneli imaju 2 do 2,5 puta manju poprečnu površinu, što implicira možebitne manje troškove gradnje za građevinu koja je formalno alternativni pravac. Naime, iako se dovodni tuneli u punom profilu redovito izvode i postoje u današnjoj praksi (npr. kao dio dovodnih sustava za HE), najčešće se radi ili o kraćim dovodima ili dovodima većeg profila. Tuneli, koji su dio varijantnih rješenja u poglavlju 3, trebali bi imati manji profil (minimalni koji je moguće izvesti), i duljinu ne kraću od 10 (km).

### 2.2.2.1 Varijanta A: Hidrotehnički vodoopskrbni prohodni tunel

Pretpostavka za varijantu izgradnje hidrotehničkog vodoopskrbnog prohodnog tunela polazi od toga da je zbog potreba održavanja tunela, te smještaja i održavanja ugrađenih instalacija, nužno da tunel bude prohodan za ljude i manja vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu, i za vrijeme izgradnje i za vrijeme eksploatacije tunela.

Poprečni presjek vodoopskrbnog prohodnog tunela mora biti takav da sadrži vodoopskrbne cijevi, prostor dovoljnog slobodnog profila za prolaz ljudi i manjeg vozila, te nužnu rasvjetu.

#### - Tehnički opis

Za potrebe razmatranja varijanti tehničkog rješenja tunela, predlaže se niže prikazani profil hidrotehničkog vodoopskrbnog prohodnog tunela, koji ima prosječnu površinu poprečnog presjeka iskopa cca **21,15 (m<sup>2</sup>/m')**.

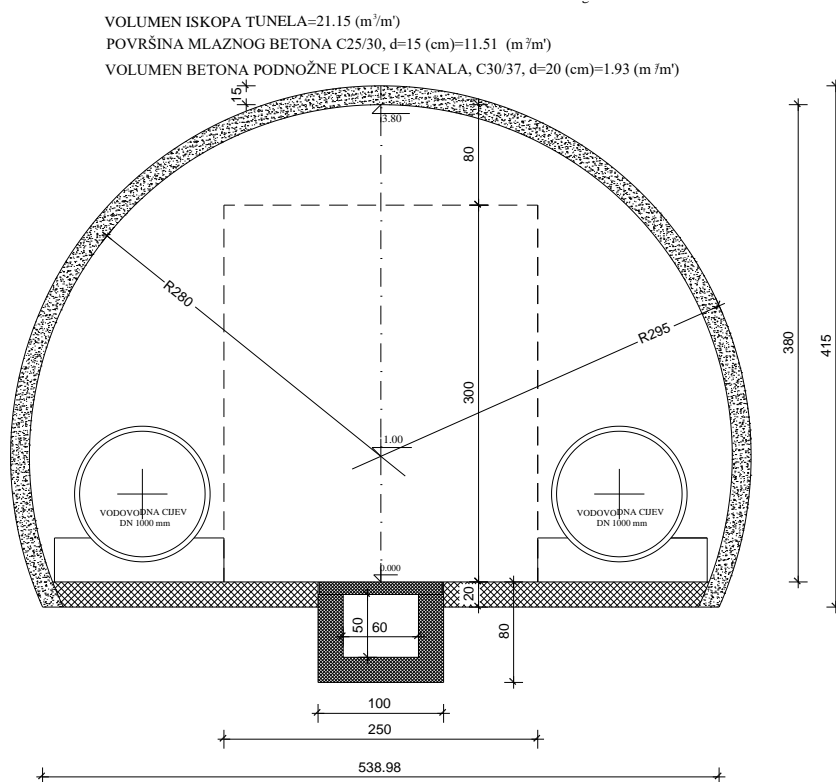


U presjeku su sadržane 2 cijevi za dovod vode za vodoopskrbu DN1000 (mm) (usvojeno prema hidrauličkom proračunu većine varijanti dovoda u poglavlju 3), smještene obostrano bočno; i prostor za prolaz ljudi i manjeg servisnog vozila slobodnog profila 2,5 x 3,0 (m).

Tunel ima ulaznu i izlaznu građevinu (portal), armiranobetonsku, s tehničkim rješenjem ventilacije duž tunela. Za mimoilaženje/okretanje vozila tijekom građenja i u eksploataciji, tunel ima niše duljine cca 8 (m), na međusobnom uzdužnom razmaku od cca 300 (m). Za potrebe valorizacije, usvojena je jedinstvena duljina tunela 10 (km), te prema tome tunel ima cca 33 takve niše.

U sredini profila tunela predviđena je minimalna rasvjeta, kao i odvodni kanal procjedne vode.

Tunel se izvodi u blagom uzdužnom padu, vodeći računa da bude iznad nivoa podzemne vode. Takav tunel može imati samo primarni podgradni sustav, s debljinom sloja mlaznog betona (podgrade) od 10 – 25 (cm), ovisno o tipu stijenske mase, i nema potrebe za izradom hidroizolacije i sekundarne betonske obloge.



Slika 36: Hidrotehnički vodoopskrbni prohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek

### - Uvjeti izgradnje tunela

Obzirom na duljinu i poprečni profil tunela, za ovu vrstu tunela najizvjesnije je da će se iskop izvoditi klasičnim načinom rada - miniranjem. Iskop će se vršiti u kampadama dužine 2 do 3 (m) (eventualno i nešto više od 3 (m)), u relativno dobroj stijenskoj masi, a dužina kampade u rasjednim i zdrobljenim zonama iznosi najčešće 1 (m).

Površina poprečnog presjeka iskopa osigurava dovoljno prostora za prolaz ljudi i potrebne mehanizacije, kao i za smještaj privremenog sustava ventilacije tunela tijekom izvođenja.

Nakon iskopa svake kampade slijedi izrada primarnog (i jedinog) podgradnog sustava koji se sastoji od armiranog mlaznog betona debljine od 5 do 25 (cm), potrebnog broja čeličnih sidara projektirane dužine, armature za armiranje mlaznog betona, te čeličnih rešetkastih nosača (po potrebi u V. ktg. stijenske mase). Moguća je i primjena mikroarmiranog mlaznog betona, koji se naročito primjenjuje kod tunela s velikim nadslojem u čvrstoj stijenskoj masi, kada se pojavljuju gorski udari.

Prednost ovakvog načina rada je u fleksibilnosti primjene potrebnog podgradnog sustava koji se može mijenjati na dnevnoj bazi.

Druga prednost sastoji se u tome da niti nailazak na spilju, kavernu ili rasjednu zonu ne predstavlja poseban problem jer je moguće trenutno reagirati na sve promjene u kvaliteti stijenske mase, te prilagoditi podgradne sustave stvarnom stanju na terenu.

Nedostatak ovakvog načina iskopa kod dugih tunela je relativno sporo napredovanje. Naime, na jednom radnom mjestu, uz odličnu organizaciju rada mogu se postići dvije, do maksimalno 3 kampade dnevno, što čini napredovanje sa svake strane tunela od maksimalno 6 do 8 (m) dnevno.

### - Uvjeti održavanja

Za potrebe kontrole, održavanja i servisiranja/popravljanja tunela i ugrađenih instalacija, u tunelu je predviđen prostor slobodnog profila 2,5 x 3,0 (m) za prolaz ljudi i manjih servisnih vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu. Kolnik je širine 2,5 (m), s okretištem ili mimoilazištem za vozila svakih 300 (m') tunela.

Tunel ima ulaznu i izlaznu građevinu (portal). Duž tunela ugrađena je minimalna rasvjeta i ventilacija.

#### 2.2.2.2 Varijanta B: Hidrotehnički višenamjenski prohodni tunel

Pretpostavka za varijantu izgradnje hidrotehničkog višenamjenskog prohodnog tunela polazi od toga da će se tunel, kad se već gradi, iskoristiti za više namjena, pa ga treba predvidjeti s više prostora za smještaj instalacija. Druge namjene, uz osnovnu – dovodnu za potrebe vodoopskrbe, u ovom trenutku mogu biti samo u obliku prijedloga. Kada, i ako, dođe do odluke o gradnji dovoda, o ovome će se trebati usuglasiti zainteresirane strane.

Zbog potreba održavanja hidrotehničkog višenamjenskog tunela, te smještaja i održavanja ugrađenih instalacija, nužno je da tunel bude prohodan za ljude i manja vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu, i za vrijeme izgradnje i za vrijeme eksploatacije tunela.

Poprečni presjek višenamjenskog prohodnog tunela mora biti takav da sadrži vodoopskrbne cijevi, prostor za cijevi za proizvoljnu drugu namjenu, prostor dovoljnog slobodnog profila za prolaz ljudi i manjeg vozila, te nužnu rasvjetu.

### - Tehnički opis

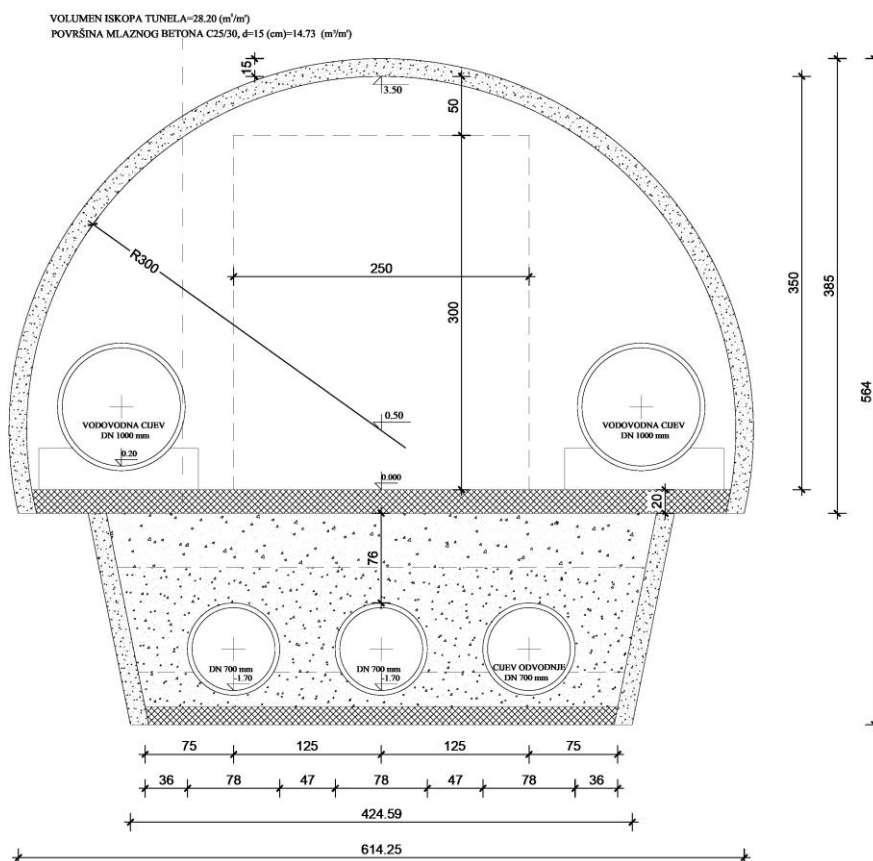
Za potrebe razmatranja varijanti tehničkog rješenja tunela, predlaže se niže prikazani profil hidrotehničkog višenamjenskog prohodnog tunela, koji ima prosječnu površinu poprečnog presjeka iskopa cca **28,20 (m<sup>2</sup>/m')**.

U presjeku su sadržane 2 cijevi za dovod vode za vodoopskrbu DN1000 (mm) (usvojeno prema hidrauličkom proračunu većine varijanti dovoda u poglavlju 3), smještene obostrano bočno; prostor za pretpostavljene druge namjenske cijevi pretpostavljenih profila DN700 (mm), smještene u kanalu ispod prohodnog dijela; i prostor za prolaz ljudi i manjeg servisnog vozila slobodnog profila 2,5 x 3,0 (m).

Tunel ima ulaznu i izlaznu građevinu (portal), armiranobetonsku, s tehničkim rješenjem ventilacije duž tunela. Za mimoilaženje/okretanje vozila tijekom građenja i u eksploataciji, tunel ima niše duljine cca 8 (m), na međusobnom uzdužnom razmaku od cca 300 (m). Za potrebe valorizacije, usvojena je jedinstvena duljina tunela 10 (km), te prema tome tunel ima cca 33 takve niše.

U sredini profila tunela predviđena je minimalna rasvjeta, a u kanalu ispod prohodnog dijela odvodni kanal procjedne vode.

Tunel se izvodi u blagom uzdužnom padu, vodeći računa da bude iznad nivoa podzemne vode. Takav tunel može imati samo primarni podgradni sustav, s debljinom sloja mlaznog betona (podgrade) od 10 – 25 (cm), ovisno o tipu stijenske mase, i nema potrebe za izradom hidroizolacije i sekundarne betonske obloge.



Slika 37: Hidrotehnički višenamjenski prohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek

### - Uvjeti izgradnje tunela

Kao u Varijanti **A**.

### - Uvjeti održavanja

Kao u Varijanti **A**.

#### 2.2.2.3 Varijanta C: Dovodni vodoopskrbni tunel u punom profilu – neprohodni

Pretpostavka za varijantu izgradnje dovodnog vodoopskrbnog neprohodnog tunela polazi od toga da je zbog možebitnih većih troškova izgradnje prohodnih tunela, čija je poprečna površina profila iskopa cca 2 puta veća, za nešto što je formalno alternativni pravac, potrebno razmotriti i izgradnju dovodnog neprohodnog tunela.

Dovodni tuneli u punom profilu redovito se izvode i postoje u današnjoj praksi (npr. kao dio dovodnih sustava za HE), ali se najčešće radi ili o kraćim dovodima ili dovodima većeg profila.

Tuneli, koji su dio varijantnih rješenja u poglavlju 3, trebali bi služiti za dovod relativno malih količina vode (prethodno usvojenih 2000 (l/s)), što implicira relativno (pre)mali poprečni profil. Osim toga, duljina tunela u varijantnim rješenjima iznosi više od 10 (km).

Izrada dovodnog tunela u punom profilu za dovod vode manjeg profila bio bi stoga odabran isključivo obzirom na minimalni profil koji je moguće izvesti, za postavljene uvjete, a ne obzirom na potrebe.



## - Tehnički opis

Za potrebe razmatranja varijanti tehničkog rješenja tunela, predlaže se niže prikazani profil dovodnog vodoopskrbnog neprohodnog tunela, koji ima prosječnu površinu poprečnog presjeka iskopa cca **13,85 (m<sup>2</sup>/m')**, uz pretpostavku bušenja strojem s rotacijskom glavom promjera 4,2 (m).

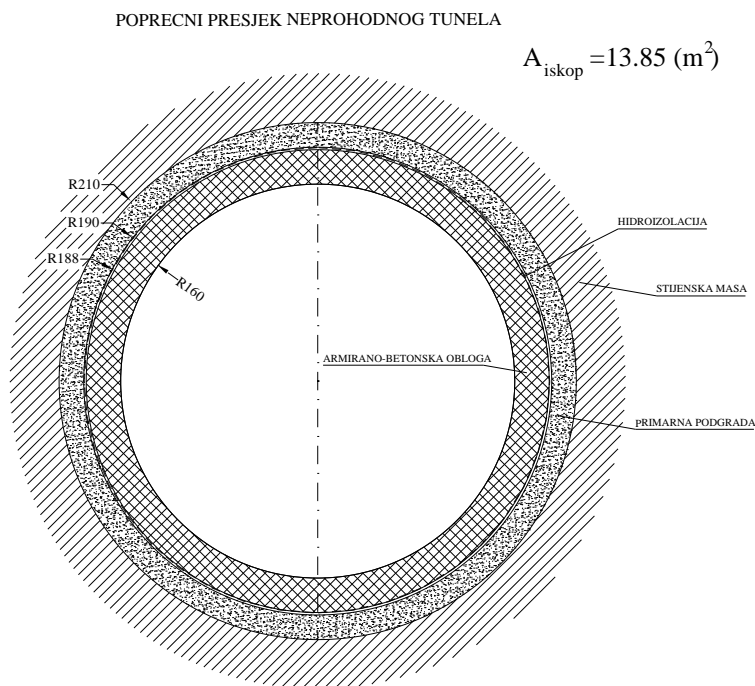
U presjeku je sadržana tunelska cijev za dovod vode za vodoopskrbu promjera 3200 (mm) (sukladno pretpostavljenim minimalnim uvjetima koji su potrebni kod izvođenja dugih tunela i minimalnim uvjetima kasnijeg pristupa i održavanja).

Tunel se izvodi u blagom uzdužnom padu, vodeći računa da bude iznad nivoa podzemne vode.

U primjeni ovakvog rješenja, bit će nužno izraditi primarni i sekundarni podgradni sustav, s hidroizolacijom, jer je nužno da tunelska cijev bude vodonepropusna u uvjetima tečenja vode pod tlakom.

Debljina sloja mlaznog betona (primarne podgrade) je cca 20 (cm). Na nju se postavlja hidroizolacija debljine cca 2 (cm), te završni sekundarni podgradni sloj armirano-betonske obloge debljine cca 28 (cm).

Tunel ima ulaznu armiranobetonsku portalnu građevinu, s odgovarajućim rješenjem pristupa i zapornicom. Na izlazu iz tunela izvela bi se izlazna portalna građevina u kojoj bi bio i razvod cijevi prema potrebama. Na izlaznoj portalnoj građevini također treba predvidjeti mogućnost ulaza ljudi i servisnog vozila, nakon što se, za potrebe pregleda ili popravka, isprazni kompletan tunel.



Slika 38: Vodoopskrbni neprohodni tunel, tipski normalni poprečni presjek

## - Uvjeti izgradnje tunela

Obzirom na duljinu i promjer tunela, za ovu vrstu tunela najizvjesnije je da će se iskop izvoditi strojem s rotacijskom glavom.

Prednost ovakvog načina rada je u brzini iskopa. Dnevno napredovanje može iznositi i više od 20 (m). Međutim, iskop se radi samo s jedne strane tunela. Kada ovaj stroj završi s iskopom, izlazi na drugu stranu izvan tunela. Nije moguć iskop sa dvije strane, jer se stroj ne može vratiti natrag.

U slučaju da na trasi tunela ima rasjednih zona, kaverni ili spilja, ovakav način iskopa ima ozbiljnih poteškoća. Za napredovanje ovakvog stroja nužno je bočno oslanjanje velikih "papučica", na koje se djeluje velikom silom poprečno na tunel, kako bi se preko trenja između "papučica" i stijenske mase mogla ostvariti tlačna sila kojom rotacijski stroj djeluje na čelo iskopa, te kako bi stroj mogao izvoditi iskop. U slučaju da se ova bočna sila ne može ostvariti, stroj ne može napredovati.

U takvom slučaju treba na klasičan način riješiti nastalu prepreku, pa tek onda rotacijski stroj može nastaviti s radom.

U normalnom radu odmah iza iskopa, odnosno iza samog stroja, izvodila bi se primarna podgrada koja može biti različitih debljina. Na ovoj razini razrade projektne dokumentacije pretpostavlja se da će biti dovoljna maksimalna debljina primarne podgrade od 20 (cm), zbog kružnog poprečnog presjeka koji je optimalan za preraspodjelu opterećenja oko iskopa kao i za nosivost podgradnog sustava.

Promjer iskopa od 4.20 (m) omogućava korištenje prikladne mehanizacije uz osiguranje dostatne ventilacije prostora.

Nakon ugradnje primarne podgrade ostao bi svijetli otvor promjera minimalno 3.80 (m).

Nakon izvedbe kompletnog iskopa tunela s paralelnom izvedbom primarnog podgradnog sustava, uslijedilo bi postavljanje hidroizolacije i sekundarne armiranobetonske obloge minimalne debljine 28 (cm).

Konačni svijetli profil od 3.20 (m) odabran je kao minimalni profil koji bi se mogao ostvariti uz osiguranje minimalnih uvjeta za rad ljudi i strojeva, imajući u vidu minimalnu potrebnu duljinu tunela od 10 (km).

Ovdje treba još jednom napomenuti moguće zastoje zbog pojave rasjednih zona, spilja ili jama. Navodi se primjer zastoja kod izvedbe tunela za odvodnju Fatničkog polja (1990. godine). Za prolazak špilje ispunjene glinom u dužini od 30 (m), izvođaču radova (Konstruktor iz Splita) trebalo je 3 mjeseca.

### - Uvjeti održavanja

Za potrebe kontrole, održavanja i servisiranja/popravljanja, tunel je potrebno prethodno isprazniti. Obzirom da se radi o alternativnom pravcu, isključivanje tunela iz pogona, samo po sebi neće predstavljati problem u sustavu redovite vodoopskrbe potrošača.

S druge strane, radi se o tunelu minimalne duljine 10 km, svijetlog promjera 3.2 (m), kojeg treba u cijelosti proći pješice ili na malom servisnom vozilu, za početak radi vizualne kontrole vidljive površine AB obloge u cijeloj duljini, a potom u slučaju potrebe čišćenja/popravka treba dopremiti alat i materijal.

U krškim terenima moguća su naknadna iznenađenja, obrušavanja stijenske mase, pomaci na rasjedima i slično. U takvim slučajevima sanacija tunela s ovakvim karakteristikama (duljina i relativno mali profil) bila bi komplicirana, ali izvediva.

U takvom tunelu je, u slučaju popravka, teško osigurati sigurne uvjete za duži boravak servisnog osoblja, u uvjetima skućenog prostora, povećane temperature i vlažnosti, ustajalog zraka, bez odgovarajuće ventilacije, i rasvjete. Kako bi se omogućilo ventiliranje tunela za slučaj potrebnih radova u tunelu, ulazna portalna građevina mora imati tako oblikovano vertikalno silazno okno da se kroz njega može osigurati izlaz zraka koji bi se ubacivao na nizvodnoj portalnoj građevini, ugradnjom privremenog gradilišnog tlačnog ventilatora. Osim toga, za slučaj popravka treba, zbog sigurnosti radnika, riješiti i privremenu rasvjetu u tunelu.

Treba naglasiti da i u slučaju samog pregleda tunela, tunel treba isprazniti i osigurati privremeno ventiliranje ugradnjom privremenog gradilišnog tlačnog ventilatora.

## 2.2.3 Valorizacija predloženih varijanti profila hidrotehničkog tunela

U ovom poglavlju su obrađena tri (3) varijantna rješenja tunela, prethodno opisana, na temelju višekriterijalne analize. Kriteriji koji su primijenjeni u analizi i vrednovanju su sljedeći:

- Tehno-ekonomski kriterij
- Ostali kriteriji (uvjeti i načini izgradnje, uvjeti održavanja i uvjeti pogona)

Jedan od važnijih čimbenika kod ocjene podobnosti pojedinog rješenja jest ukupan trošak izgradnje pojedine varijante te je kao takav obrađen u posebnom poglavlju 2.2.3.1.

Ostali kriteriji se baziraju na tehničkoj usporedbi između tri (3) varijantna rješenja tunela, poput uvjeta i načina izgradnje, održavanja i sl., te su obrađeni u posebnom poglavlju 2.2.3.2.

Na kraju, varijante i kriteriji su tablično prikazani, uspoređeni i ocjenjeni s pet ocjena: 5-odličan, 4- vrlo dobar, 3-dobar, 2-dovoljan, 1-nedovoljan.

### 2.2.3.1 Evaluacija varijantnih rješenja na temelju tehno ekonomskog kriterija

U sklopu ove analize, **tehno-ekonomski kriterij** je najvažniji, te je kao takav obrađen u ovom posebnom poglavlju, gdje su izračunati **Troškovi izgradnje i Troškovi pogona i održavanja**.

Pretpostavke, koje su uvedene za tehno-ekonomsku analizu varijantnih rješenja profila hidrotehničkog tunela su sljedeće:

- Za postavljena varijantna rješenja sustava izračunati su investicijski i operativni troškovi. Investicijski troškovi su uspoređeni po odabranom kriteriju evaluacije kako bi se ocijenila prihvatljivost pojedinog varijantnog rješenja. Nastavno, operativni i investicijski troškovi su iskorišteni za izračun neto sadašnje vrijednosti pojedinog varijantnog rješenja kako bi se iste usporedile međusobno.
- Za sva varijantna rješenja izračunati su ukupni i pojedinačni troškovi investicije te troškovi pogona i održavanja te NSV uz diskontnu stopu 4%, u projektnom razdoblju od 30 godina (3 godine gradnje +27 godina korištenja). Varijantna rješenja rangirana su na temelju ukupnih i pojedinačnih troškova.
- Jedinični troškovi izgradnje cjevovoda, hidrotehničkog tunela i ostalih objekata dati su na temelju iskustvenih saznanja, uzimajući u obzir tržišne cijene na sličnim projektima.
- Pri eventualnom daljnjem projektiranju dovodnog sustava pojedine varijante, moguće su korekcije prikazanog tehničkog rješenja, no točnost je prihvatljiva na razini idejnog rješenja.

U nastavku se daje tehno-ekonomska analiza varijantnih rješenja.



### VARIJANTA A-HIDROTEHNIČKI VODOVODNI TUNEL-PROHODNI

VARIJANTA A		Hidrotehnički vodovodni tunel		
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>394.000.000 HRK</b>
<b>Hidrotehnički tunel i cjevovodi</b>				<b>383.200.000 HRK</b>
Građevinski radovi *	10.000 m'		37.970 HRK/m'	379.700.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
<b>Oprema u tunelu</b>				<b>10.800.000 HRK</b>
	DUŽINA		JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Rasvjeta i slično	10.000 m'		1.000 HRK/m'	10.000.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>GRAĐEVINSKI TROŠKOVI:</b>				<b>383.200.000 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ELEKTROSTROJARSKE OPREME:</b>				<b>10.800.000 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>2.240.000 HRK/god</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>2.240.000 HRK/god</b>
		UKUPNA INV.	UDIO U ODRŽAVANJU	
Hidrotehnički tunel		383.200.000 HRK	0,5%	1.916.000 HRK/god
Oprema u tunelu		10.800.000 HRK	3,0%	324.000 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>403.725.433 HRK</b>

\*Građevinski radovi (iskop tunela s okretištima duljine 8 m, svakih 300 m', i kanalom odvodnje =10.140 kn/m'; izvedba primarne podgrade=13.830 kn/m'; dvije vodovodne cijevi DN 1000=14.000 kn/m')

IZRAČUN NETO SADAŠNJE VRIJEDNOSTI SVIH TROŠKOVA						
VARIJANTA A				AMORTIZACIJSKI PERIOD	PROJEKTI PERIOD	
INVESTICIJSKI TROŠKOVI		TROŠKOVI ODRŽAVANJA				
GRADEVINSKI	EL.-STROJARSKI	ODRŽAVANJE				
383.200.000 HRK	10.800.000 HRK	2.240.000 HRK/god				
114.960.000	0	0	0	114.960.000	1	2025
191.600.000	0	0	0	191.600.000	2	2026
76.640.000	10.800.000	0	0	87.440.000	3	2027
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	4	2028
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	5	2029
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	6	2030
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	7	2031
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	8	2032
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	9	2033
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	10	2034
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	11	2035
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	12	2036
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	13	2037
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	14	2038
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	15	2039
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	16	2040
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	17	2041
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	18	2042
0	10.800.000	2.240.000	13.040.000	13.040.000	19	2043
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	20	2044
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	21	2045
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	22	2046
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	23	2047
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	24	2048
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	25	2049
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	26	2050
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	27	2051
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	28	2052
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	29	2053
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	30	2054
0	0	2.240.000	2.240.000	2.240.000	31	2055
<b>403.725.433</b>				<b>NSV</b>		

Tablica 1: Varijanta A hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti

## VARIJANTA B-HIDROTEHNIČKI VIŠENAMJENSKI TUNEL-PROHODNI

VARIJANTA B		Hidrotehnički višenamjenski tunel		
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>608.800.000 HRK</b>
<b>Hidrotehnički tunel i cjevovodi</b>				<b>598.000.000 HRK</b>
Građevinski radovi*	10.000 m'		59.350 HRK/m'	593.500.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.500.000 HRK / kom	2.500.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
<b>Oprema u tunelu</b>				<b>10.800.000 HRK</b>
	DUŽINA		JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Rasvjeta i slično	10.000 m'		1.000 HRK/m'	10.000.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>GRAĐEVINSKI TROŠKOVI:</b>				<b>598.000.000 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ELEKTROSTROJARSKE OPREME:</b>				<b>10.800.000 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>3.314.000 HRK/god</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>3.314.000 HRK/god</b>
		UKUPNA INV.	UDIO U ODRŽAVANJU	
Hidrotehnički tunel		598.000.000 HRK	0,5%	2.990.000 HRK/god
Oprema u tunelu		10.800.000 HRK	3,0%	324.000 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>619.085.187 HRK</b>

\*Građevinski radovi (iskop tunela s okretištima duljine 8 m, svakih 300 m<sup>3</sup>=14.930 kn/m<sup>3</sup>; izvedba primarne podgrade=16.920 kn/m<sup>3</sup>; dvije vodovodne cijevi DN 1000, dvije cijevi za druge namjene DN 700 i odvodnja DN700=27.500 kn/m<sup>3</sup>)

IZRAČUN NETO SADAŠNJE VRJEDNOSTI SVIH TROŠKOVA						
VARIJANTA B				UKUPNI TROŠKOVI	AMORTIZACIJSKI PERIOD	PROJEKTIJNI PERIOD
INVESTICIJSKI TROŠKOVI		TROŠKOVI ODRŽAVANJA				
GRAĐEVINSKI	EL.-STROJARSKI	ODRŽAVANJE				
598.000.000 HRK	10.800.000 HRK	3.314.000 HRK/god				
179.400.000	0	0	0	179.400.000		2025
299.000.000	0	0	0	299.000.000		2026
119.600.000	10.800.000	0	0	130.400.000		2027
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	1	2028
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	2	2029
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	3	2030
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	4	2031
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	5	2032
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	6	2033
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	7	2034
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	8	2035
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	9	2036
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	10	2037
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	11	2038
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	12	2039
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	13	2040
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	14	2041
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	15	2042
0	10.800.000	3.314.000	14.114.000	14.114.000	16	2043
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	17	2044
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	18	2045
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	19	2046
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	20	2047
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	21	2048
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	22	2049
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	23	2050
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	24	2051
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	25	2052
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	26	2053
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	27	2054
0	0	3.314.000	3.314.000	3.314.000	28	2055
				<b>619.085.187</b>	<b>NSV</b>	

Tablica 2: Varijanta B hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti

### VARIJANTA C-DOVODNI VODOVODNI TUNEL-NEPROHODNI

VARIJANTA C		DOVODNI NEPROHODNI TUNEL		
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>405.400.000 HRK</b>
<b>Hidrotehnički tunel i cjevovodi</b>				<b>405.400.000 HRK</b>
*Građevinski radovi	10.000 m'		39.890 HRK/m'	398.900.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		3.500.000 HRK / kom	3.500.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		3.000.000 HRK / kom	3.000.000 HRK
<b>GRAĐEVINSKI TROŠKOVI:</b>				<b>405.400.000 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>2.137.000 HRK/god</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>2.137.000 HRK/god</b>
		UKUPNA INV.	UDIO U ODRŽAVANJU	
Hidrotehnički tunel		405.400.000 HRK	0,5%	2.027.000 HRK/god
Uspostavljanje uvjeta ulaska u tunel (pražnjenje tunela, privremena ventilacija)				110.000 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>408.085.918 HRK</b>

\*Građevinski radovi (iskop tunela=8.310 kn/m', izvedba primarne podgrade=11.130 kn/m', izvedba hidroizolacije=4.490 kn/m', izvedba sekundarne betonske obloge=15.960 kn/m')

IZRAČUN NETO SADAŠNJE VRIJEDNOSTI SVIH TROŠKOVA						
VARIJANTA C				AMORTIZACIJSKI PERIOD	PROJEKTI PERIOD	
INVESTICIJSKI TROŠKOVI		TROŠKOVI ODRŽAVANJA	UKUPNI TROŠKOVI			
GRAĐEVINSKI	EL.-STROJARSKI	ODRŽAVANJE				
405.400.000 HRK	HRK	2.137.000 HRK/god				
121.620.000	0	0	121.620.000		1	2025
202.700.000	0	0	202.700.000		2	2026
81.080.000	0	0	81.080.000		3	2027
0	0	2.137.000	2.137.000	1	4	2028
0	0	2.137.000	2.137.000	2	5	2029
0	0	2.137.000	2.137.000	3	6	2030
0	0	2.137.000	2.137.000	4	7	2031
0	0	2.137.000	2.137.000	5	8	2032
0	0	2.137.000	2.137.000	6	9	2033
0	0	2.137.000	2.137.000	7	10	2034
0	0	2.137.000	2.137.000	8	11	2035
0	0	2.137.000	2.137.000	9	12	2036
0	0	2.137.000	2.137.000	10	13	2037
0	0	2.137.000	2.137.000	11	14	2038
0	0	2.137.000	2.137.000	12	15	2039
0	0	2.137.000	2.137.000	13	16	2040
0	0	2.137.000	2.137.000	14	17	2041
0	0	2.137.000	2.137.000	15	18	2042
0	0	2.137.000	2.137.000	16	19	2043
0	0	2.137.000	2.137.000	17	20	2044
0	0	2.137.000	2.137.000	18	21	2045
0	0	2.137.000	2.137.000	19	22	2046
0	0	2.137.000	2.137.000	20	23	2047
0	0	2.137.000	2.137.000	21	24	2048
0	0	2.137.000	2.137.000	22	25	2049
0	0	2.137.000	2.137.000	23	26	2050
0	0	2.137.000	2.137.000	24	27	2051
0	0	2.137.000	2.137.000	25	28	2052
0	0	2.137.000	2.137.000	26	29	2053
0	0	2.137.000	2.137.000	27	30	2054
0	0	2.137.000	2.137.000	28	31	2055
<b>408.085.918</b>					<b>NSV</b>	

Tablica 3: Varijanta C hidrotehničkog tunela – izračun neto sadašnje vrijednosti

	NSV (HRK)	Indeks
Varijanta A_Hidrotehnički vodovodni tunel	<b>403.725.433</b>	1,00
Varijanta B_Hidrotehnički višenamjenski tunel	<b>619.085.187</b>	1,53
Varijanta C_Dovodni neprohodni tunel	<b>408.085.918</b>	1,01

Tablica 4: Usporedba neto sadašnje vrijednosti varijantnih rješenja profila tunela

U prethodnoj tablici su prikazani rezultati usporedbe neto sadašnje vrijednosti tri (3) varijantna rješenja putem indeksa rezultata. Najmanje troškove svedene na NSV ima varijanta A. Slijedi je odmah varijanta C, s razlikom od samo 1%, što predstavlja zanemarivu razliku za ovaj nivo obrade te se može uzeti da su vrijednosti investicija varijanti A i C istovrijedne.

Najskuplja je varijanta B s 53 % većim troškovima od varijante A. Ovdje je važno napomenuti, da u slučaju gradnje varijante B treba na osnovu prethodnih dogovora sa zainteresiranim stranama donijeti odluku o popisu svih namjena tunela, čime bi u povećanju poprečnog profila tunela radi ugradnje instalacija za druge namjene, u investiciji sudjelovale i druge zainteresirane strane.

### 2.2.3.2 Evaluacija varijantnih rješenja na temelju ostalih kriterija

Nadalje, osim tehno-ekonomskog pokazatelja kroz NSV, tu su i **ostali kriteriji** koje je potrebno sagledati i tek tada odlučiti koji profil hidrotehničkog tunela je optimalan za alternativni dovod.

Ostali kriteriji se baziraju na tehničkoj usporedbi između tri (3) varijantna rješenja tunela, poput uvjeta i načina izgradnje, uvjeta održavanja i uvjeta pogona.

Kriteriji	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C
<b>Uvjeti i načini izgradnje</b>	<p>Za ovu vrstu tunela najizvjesnije je da će se iskop izvoditi klasičnim načinom rada – miniranjem, s iskopom po kampadama. Površina poprečnog presjeka iskopa osigurava dovoljno prostora za prolaz ljudi i potrebne mehanizacije, i za smještaj privremenog sustava ventilacije. Nakon iskopa svake kampade slijedi izrada primarnog podgradnog sustava.</p> <p>Prednosti ovakvog načina rada su u fleksibilnosti primjene potrebnog podgradnog sustava (koji se može mijenjati na dnevnoj bazi) i da nailazak na spilju, kavernu ili rasjednu zonu ne predstavlja poseban problem (jer je moguće trenutno reagirati na sve promjene i prilagoditi podgradne sustave stvarnom stanju na terenu).</p> <p>Nedostatak ovakvog načina iskopa kod dugih tunela je relativno sporo napredovanje, od maksimalno 6 do 8 (m) dnevno. Međutim, iskop se može izvoditi s dvije strane tunela (uz organizaciju 2 gradilišta), sve sukladno opisanom u poglavlju 2.2.2.1.</p>	<p>Za ovu vrstu tunela najizvjesnije je da će se iskop izvoditi strojem s rotacijskom glavom. Površina poprečnog presjeka iskopa osigurava minimalno prostora za prolaz ljudi i potrebne mehanizacije, i za smještaj privremenog sustava ventilacije. Uz iskop se odmah izvodi primarni podgradni sustav, čime se poprečni profil dodatno sužava. Sekundarni podgradni sustav se izvodi nakon završetka probijanja tunela.</p> <p>Prednost ovakvog načina rada je u brzini iskopa. Dnevno napredovanje može iznositi i više od 20 (m). Međutim, iskop je moguć samo s jedne strane tunela.</p> <p>Nedostatak je u slučaju da na trasi tunela ima rasjednih zona, kaverni ili spilja, pa ovakav način iskopa ima ozbiljnih poteškoća i stroj ne može napredovati (jer nema odgovarajući oslonac). U takvom slučaju treba na klasičan način riješiti nastalu prepreku, što iziskuje dosta vremena, sve sukladno opisanom u poglavlju 2.2.2.3.</p>	



<p><b>Uvjeti održavanja</b> (pristup za potrebe kontrole, održavanja i servisiranja/popravljivanja tunela i ugrađenih instalacija)</p>	<p>Pristup svim lokacijama duž tunela je uvijek moguć. U tunelu je predviđen prostor slobodnog profila 2,5 x 3,0 (m) za prolaz ljudi i manjih servisnih vozila. Kolnik je širine 2,5 (m), s okretištem ili mimoilazištem za vozila svakih 300 (m') tunela.</p> <p>Tunel ima ulaznu i izlaznu građevinu (portal). Duž tunela ugrađena je minimalna rasvjeta i ventilacija.</p>	<p>Pretpostavlja se vršenje pregleda tunela jednom godišnje.</p> <p>Za potrebe pregleda tunela, tunel treba isprazniti i osigurati privremeno ventiliranje koje obuhvaća dopremu gradilišnog ventilatora i cijevi za ventiliranje.</p> <p>U slučaju potrebe izvršenja radova održavanja/popravljivanja potrebno je osigurati i privremenu rasvjetu, sve sukladno opisanom u poglavlju 2.2.2.3.</p>
<p><b>Uvjeti pogona</b> (mogućnosti pogona obzirom na režim rada i optimalne brzine tečenja u cjevovodu)</p>	<p>Unutar tunela ugrađene su dvije vodovodne cijevi, koje mogu raditi naizmjenice i istovremeno, ovisno o potrebama.</p> <p>U slučaju ispada iz pogona jednog cjevovoda, dovod je osiguran kroz drugi cjevovod.</p> <p>Profil cjevovoda (2xDN1000) je dimenzioniran optimalno obzirom na pretpostavljene polazne uvjete (niveleta i maksimalne količine).</p>	<p>Tunel je jedinstvena vodovodna cijev. U slučaju ispada tunela iz pogona, dovod vode nije moguć.</p> <p>Profil tunelske cijevi (DN3200) nije dimenzioniran optimalno obzirom na pretpostavljene polazne uvjete (maksimalne količine), pa će brzine tečenja biti neoptimalne (male). Odabran je isključivo obzirom na minimalni profil koji je moguće izvesti za postavljene izvedbene uvjete (tehnologija izvođenja tunela min.duljine 10 km, uz osiguranje minimalnih uvjeta za rad ljudi i strojeva)</p>

Tablica 5: Usporedba varijantnih rješenja profila tunela na temelju ostalih kriterija

### 2.2.3.3 Zaključno o predloženim varijantama

Obzirom da se varijante A, B i C u ovom trenutku ne mogu uspoređivati na isti način jer se potencijalne koristi za varijantu B ne mogu procijeniti, niti se može potvrditi da bi dodatno ulaganje bilo opravdano, varijanta B, u prethodnim obradama ostavljena je informativno. U nastavku se daje tablica, koja zbirno prikazuje prethodno opisane i vrednovane varijante A i C, na temelju postavljenih kriterija. Svaki kriterij je dobio određenu ocjenu: odličan (5), vrlo dobar (4), dobar (3), dovoljan (2) i nedovoljan (1).

Kriteriji	Varijanta A		Varijanta C	
Izgradnja u NSV (HRK)	403.725.433	5	408.085.918	5
Uvjeti i načini izgradnje	prihvatljivo	5	otežano ograničenim prostorom	3
Uvjeti održavanja	pristup stalno osiguran	5	pristup potrebno svaki put posebno omogućiti uz zahtjevne radnje	1
Uvjeti pogona	režim rada povoljan, fleksibilan način korištenja	5	režim rada nepovoljan, nefleksibilan sustav	1
<b>Ukupno</b>	<b>Varijanta A</b>	<b>20</b>	<b>Varijanta C</b>	<b>10</b>

Tablica 6: Evaluacija predloženih varijantnih rješenja profila tunela

Temeljem sagledavanja rezultata ove tablice, **varijanta A-prohodni hidrotehnički vodovodni tunel, se pokazala optimalna.**

## 2.2.4 Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela

Na temelju provedene valorizacije, u nastavku se daje prijedlog tipa tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela, koji će se uvrstiti u tehničke razrade i daljnju valorizaciju svih varijanti.

Tehničko rješenje obuhvaća izgradnju hidrotehničkog vodoopskrbnog tunela, kojim je omogućeno da tunel bude prohodan za ljude i manja vozila, kojima se može dopremiti potreban vodovodni i drugi materijal na bilo koju poziciju u tunelu, i za vrijeme izgradnje i za vrijeme eksploatacije tunela.

Poprečni presjek vodoopskrbnog prohodnog tunela mora biti takav da sadrži vodoopskrbne cijevi, prostor dovoljnog slobodnog profila za prolaz ljudi i manjeg vozila, te nužnu rasvjetu.

Predlaže se niže prikazani profil hidrotehničkog vodoopskrbnog prohodnog tunela u II., III., IV. i V. ktg. stijenske mase.

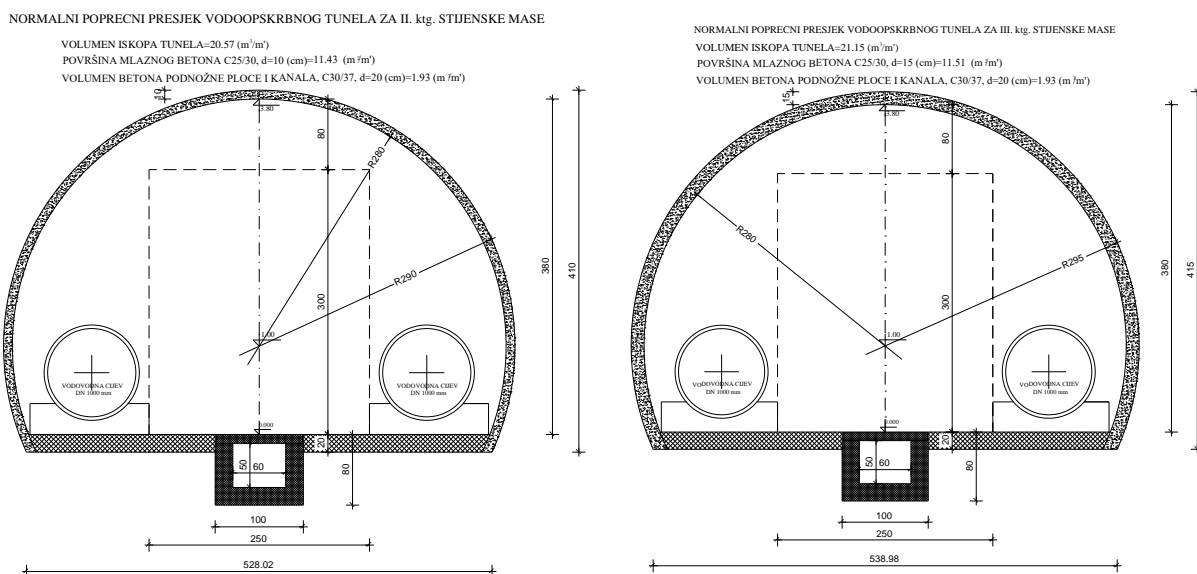
Tunel se izvodi u blagom uzdužnom padu, vodeći računa da bude iznad nivoa podzemne vode. Tunel ima samo primarni podgradni sustav i nema potrebe za izradom hidroizolacije i sekundarne betonske obloge.

Ovisno o kategoriji stijenske mase, od II. ktg. (dobra stijena) do V. ktg. (vrlo slaba stijena), normalni poprečni profil vodoopskrbnog tunela ima **volumen iskopa od 20,57 – 25,28 (m<sup>3</sup>/m')**, s debljinom sloja mlaznog betona (podgrade) od 10 – 25 (cm).

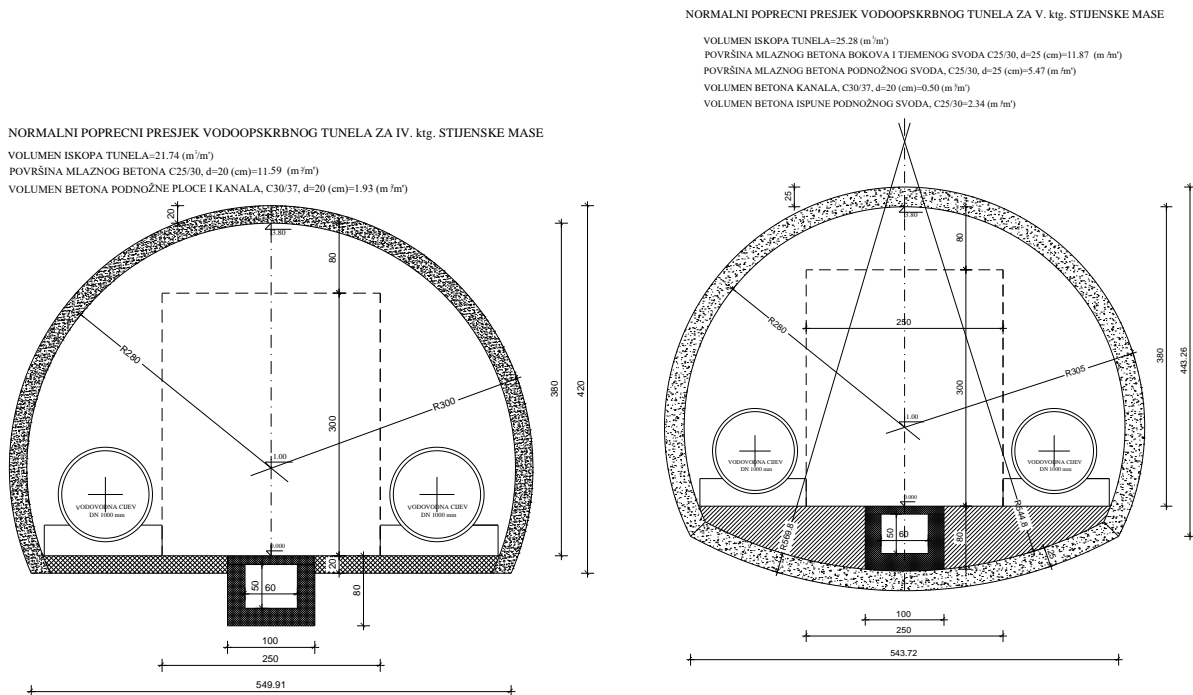
U presjeku su sadržane 2 cijevi za dovod vode za vodoopskrbu DN1000 (mm) (usvojeno prema hidrauličkom proračunu većine varijanti dovoda u poglavlju 3), smještene obostrano bočno; i prostor za prolaz ljudi i manjeg servisnog vozila slobodnog profila 2,5 x 3,0 (m).

Tunel ima ulaznu i izlaznu građevinu (portal), armiranobetonsku, s tehničkim rješenjem ventilacije duž tunela. Za mimoilaženje/okretanje vozila tijekom građenja i u eksploataciji, tunel ima niše duljine cca 8 (m), na uzdužnom međusobnom razmaku od cca 300 (m).

U sredini profila tunela predviđena je minimalna rasvjeta.



Slika 39: Vodoopskrbni prohodni tunel, normalni poprečni presjek u II. i III. ktg. stijenske mase



Slika 40: Vodoopskrbni prohodni tunel, normalni poprečni presjek u IV. i V. ktg. stijenske mase

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za **stijensku masu u II. ktg. (dobra stijenska masa)**, podgrada bi se sastojala od:

- Mjestimično sidrenje svoda sidrima dužine 3 m, na razmaku 2.5 m,
- Mlazni beton debljine 50 mm u svodu gdje je potrebno,
- Mjestimično čelična mreža.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za **stijensku masu u III. ktg. (povoljna stijenska masa)**, podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 4 m, na razmaku 1.5 do 2 m,
- Mlazni beton debljine 50 do 100 mm u svodu i 30 mm na zidovima,
- Čelična mreža u svodu.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za **stijensku masu u IV. ktg. (slaba stijenska masa)**, podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 4 do 5 m, na razmaku 1 do 1.5 m,
- Mlazni beton debljine 100 do 150 mm u svodu i 100 mm na zidovima,
- Čelična mreža u svodu i zidovima,
- Laki do srednji lukovi na razmaku od 1.5 m ukoliko je potrebno.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za **stijensku masu u V. ktg. (vrlo slaba stijenska masa)**, podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 5 do 6 m, na razmaku 1 do 1.5 m,
- Mlazni beton debljine 150 do 200 mm u svodu, 150 mm na zidovima i 50 mm na čelu,
- Čelična mreža u svodu i zidovima,
- Srednji do teški lukovi na razmaku od 0.75 m s čeličnim platicama i pretpobijanjem sidara po potrebi,
- sidreni podnožni svod.

## 2.3 POTREBE ZA VODOM

### 2.3.1 Vodoopskrba - mjerodavne količine za dimenzioniranje

U knjizi 1 obrađena je tema analiza potreba za vodom te je zaključeno da maksimalna planirana količina vode za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir u planskom razdoblju do 2050.g., neće prelaziti vodopravnom dozvolom propisanu maksimalnu količinu zahvaćanja od **2000 l/s**.

Premda se u planskom razdoblju (obrađene su 2024.g. i 2050.g.) potrebe za vodom smanjuju, u odnosu na današnje (obrađene su 2016. i 2017.g.), uslijed planiranih radova na sanaciji gubitaka vode u vodoopskrbnom sustavu, za razradu varijantnih rješenja dovoda vode prema području Splita, Solina, Kaštela i Trogira usvojena je količina od **2000 l/s**, posebno stoga jer je na tu količinu dimenzioniran i planirani uređaj za kondicioniranje pitke vode na lokaciji Majdan, u blizini vodozahvata rijeke Jadro.

### 2.3.2 Navodnjavanje

U knjizi 1 obrađena je i problematika navodnjavanja te se u nastavku daje kratak izvadak.

Sustav navodnjavanja Kaštela – Trogir - Seget predviđa navodnjavanje oko 900 ha poljoprivrednih površina na područjima koja sada nemaju sustavno riješeno navodnjavanje, od čega oko 780 ha na području Kaštela i oko 120 ha na području Trogira i Segeta.

Elaboratom Osnovni projekt navodnjavanja Kaštela – Trogir – Seget (izrada: Grad invest d.o.o., Split, 2006. god.), definirane su jedinične potrebe za vodom i njihove distribucije tijekom godine. U nastavku izdvajamo potrebe u kritičnom razdoblju lipanj-rujan (kada su raspoložive količine slatke vode najmanje) i godišnji prosjek potreba, kako za postojeće, tako i za planirano stanje:

- **Postojeće potrebe 144-214 l/s u razdoblju lipanj-rujan**, prosječne godišnje ~93 l/s
- **Planirane potrebe 415-558 l/s u razdoblju lipanj-rujan**, prosječne godišnje ~267 l/s

Kao raspoloživi izvori vode u zadovoljavanju potreba za vodom promatranog područja predloženi su izvorske vode (Jadro, Pantana), podzemne vode (kopani i bušeni bunari) i oborinske vode.

Međutim, revizijom Osnovnog projekta navodnjavanja područja Kaštela-Trogir-Seget (izrada: Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2007.god.), zaključeno je da se Projekt uz manje ispravke može prihvatiti kao dobra podloga za nastavak rada na ovoj složenoj problematici, ali da apsolutno i definitivno ne treba računati na dodatno uzimanje voda ili iz izvora ili iz vodotoka Jadrta, posebno u razdoblju lipanj-rujan, budući analizirano područje obiluje drugim vodama. Predloženo je sakupljanje kišnice, koja ima veliku potencijalnu mogućnost, jeftinija je, garantira nezavisnost, te je ekološki najbolje rješenje. Također, izvor Pantana, a posebno njegov krški vodonosnik potencijalni su pouzdani izvor značajnih količina slatke vode za širu regiju. Međutim, da bi se to omogućilo potrebno je izvršiti određene istražne radove i naći odgovarajuća rješenja.

Nastavno na takav zaključak, projekt izgradnje sustava navodnjavanja je stao.

Upravo je pred završetkom Novelacija Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV-a). Vjerojatno će se u noveliranom planu navodnjavanja Splitsko-dalmatinske županije područje Kaštela (zahvaćanje vode djelomično iz Jadrta, akumulacije, kišnice, bušotina) promatrati odvojeno od područja Trogir-Seget (zahvaćanje vode iz vodovodnog sustava, akumulacije, zaleđe izvora Pantane), sve s ciljem da se rastereti izvor rijeke Jadro kao mogući zahvat dodatne veće količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.



## 3 TEHNIČKO RJEŠENJE PREDLOŽENIH VARIJANTI

U poglavlju 2 dat je prijedlog potencijalnih lokacija vodozahvatnih građevina dovoda, ulaznih i izlaznih građevina tunela s prilaznim cestama, međutočaka i krajnjih točaka dovoda, kao i lokacija za smještaj uređaja za kondicioniranje pitke vode.

U nastavku se daje prikaz 10 prijedloga varijantnih rješenja alternativnog dovoda vode do područja Splita s horizonta rijeke Cetine.

### 3.1 VARIJANTA 1: AKUMULACIJA ĐALE-JADRO

#### 3.1.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Đale

**Završna točka dovodnog sustava:** Planirani UKPV Jadro, lokacija Majdan

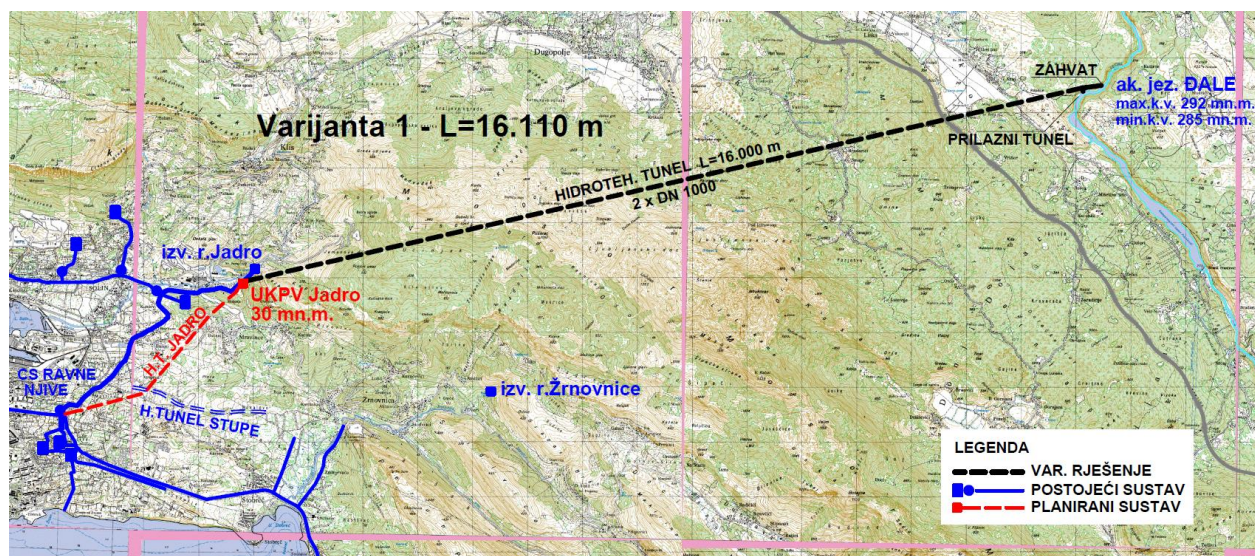
Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kašela-Trogir

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Đale – Jadro je ukupne duljine **16,11 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
Varijanta 1	Zahvat Đale					
	Pristupni tunel Đale		70			
	Hidrotehn. tunel Đale-Jadro		16.000		2x DN 1000	32.000
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>				
	Đale-Jadro	<b>16.110</b>	16.070	40		<b>32.080</b>

Tablica 7: Varijanta 1 – građevine dovodnog sustava

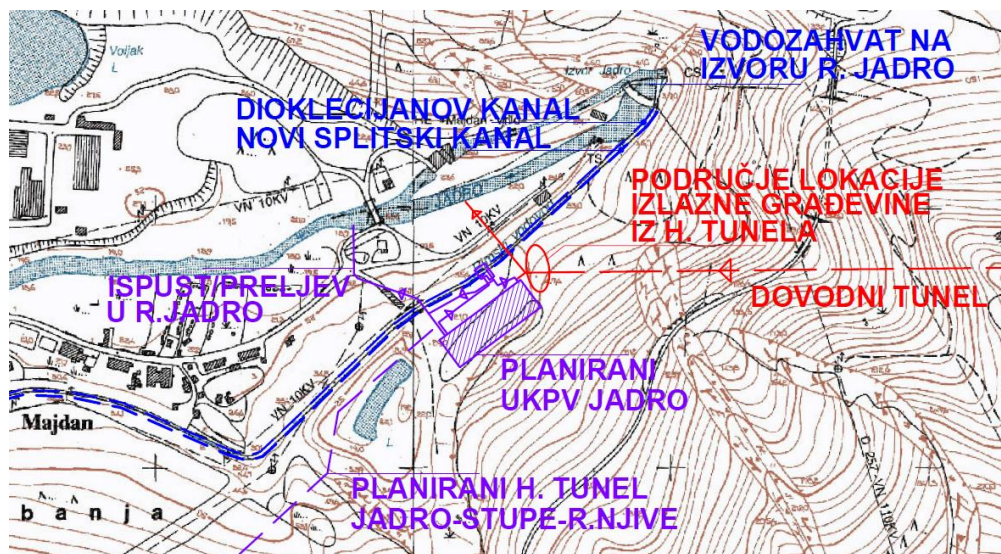


Slika 41: Varijanta 1 – situacijski prikaz





Na stac. km 16+000 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od planiranog Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Jadro“, na Majdanu. Rasplet cjevovoda na predmetnoj lokaciji obuhvaća priključak na planirani dovod sirove vode iz Jadra u Uređaj i izvedbu ispusnog/preljevog cjevovoda u rijeku Jadro.



Slika 44: Varijanta 1-lokacija uređaja UKPV Jadro na Majdanu i izlazne građevine tunela

### 3.1.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Rubni uvjeti:

- Akumulacija Đale razina vode:
  - o  $H_{min}=285$  m n.m.
  - o  $H_{max}=292$  m n.m.
- UKPV Jadro: dotok  $Q_{max}=2000$  l/s

Dimenzionirani cjevovodi:

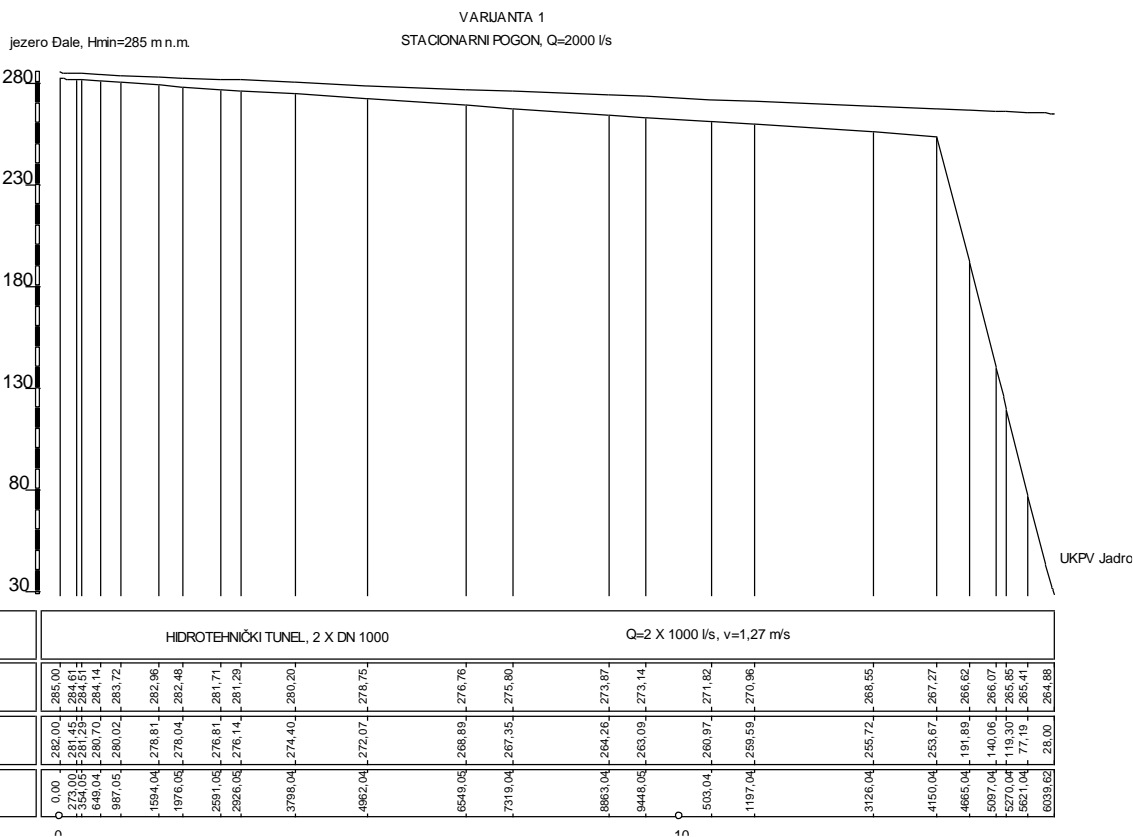
- Dovodni tunel Đale – UKPV Jadro: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=1000$  mm (2 X DN1000),
- Modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Na idućoj slici prikazan je uzdužni presjek Đale – UKPV Jadro s piezometarskom visinom za stacionarni pogon prema najnepovoljnijim rubnim uvjetima,  $Q_{max}=2000$  l/s (2 x1000 l/s),  $H_{min}=285$  m n.m.

Brzina vode u cjevovodu je  $v=1.27$  m /s.

Prema rezultatima proračuna minimalni dolazni tlak na ulazu u UKPV Jadro je  $P_{min}=237$  m v.s. (23,2 bara), dok je maksimalni tlak jednak hidrostatičkom  $P_{max}=262$  m v.s. (26.2 bara).

Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetske potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Jadra. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.



Slika 45: Varijanta 1 – uzdužni profil Dale-Jadro, hidraulički proračun

### 3.1.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

**1. Dionica od stac. 0+000.00 do 0+821.60.** Dužina dionice iznosi 821.60 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 53 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=0/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Dobro.	-5



- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 0+821.60 do 1+782.59.** Dužina dionice iznosi 960.99 (m). Nadsloj iznosi od 31 do 58 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankouslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (cm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Ovisno o smjeru iskopa u odnosu na nagib diskontinuiteta stanje može biti dobro do povoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 41 bod - III. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 1+782.59 do 3+059.42.** Dužina dionice iznosi 1276.83 (m). Nadsloj iznosi od 33 do 125 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 3+059.42 do 4+778.21.** Dužina dionice iznosi 1718.79 (m). Nadsloj iznosi od 125 do 300 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/20.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijek pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**5. Dionica od stac. 4+778.21 do 7+351.68.** Dužina dionice iznosi 2573.47 (m). Nadsloj iznosi od 186 do 258 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijek pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 51 bod - III. ktg. stijenske mase

**6. Dionica od stac. 7+351.68 do 9+017.88.** Dužina dionice iznosi 1666.20 (m). Nadsloj iznosi od 258 do 456 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita ( $K_1$ ). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 71 bod - II. ktg. stijenske mase

**7. Dionica od stac. 9+017.88 do 10+290.34.** Dužina dionice iznosi 1272.46 (m). Nadsloj iznosi od 456 do 573 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitičnih vapnenaca ( $J_3$ ). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=0/30 i 20/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°-50°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**8. Dionica od stac. 10+290.34 do 10+813.70.** Dužina dionice iznosi 523.36 (m). Nadsloj iznosi od 573 do 652 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih i gromadastih kalkaerita ( $J_2$ ). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=0/30 i 20/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30° do 50°. Dobro do nepovoljno	-8

- UKUPNO: 72 boda - II. ktg. stijenske mase

**9. Dionica od stac. 10+813.70 do 13+082.61.** Dužina dionice iznosi 2268.91 (m). Nadsloj iznosi od 445 do 735 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=260/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je poprečno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**10. Dionica od stac. 13+082.61 do 14+073.05.** Dužina dionice iznosi 990.44 (m). Nadsloj iznosi od 445 do 195 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilutita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita (K<sub>1</sub>). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=270/55.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova



Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15
---------------------	----------------	----

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijev pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 55°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je dobro do vrlo povoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 71 bod - II. ktg. stijenske mase

**11. Dionica od stac. 14+073.05 do 15+005.61.** Dužina dionice iznosi 932.56 (m). Nadsloj iznosi od 195 do 84 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabosortiranih polimiktnih vapnenačkih breča (OI). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=330/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25-50 MPa.

Broj bodova 12.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 %

Broj bodova 13.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Umjereno rastrošene	3
Ukupno:		14

- podzemna voda: opće stanje "mokro" Broj bodova 7

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 49 bodova - III. ktg. stijenske mase

**12. Dionica od stac. 15+005.61 do 16+005.00.** Dužina dionice iznosi 999.39 (m). Nadsloj iznosi od 84 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima (2E<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 30 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=20/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa.

Broj bodova 2.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 %

Broj bodova 8.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj

		bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20°. Dobro.	-5

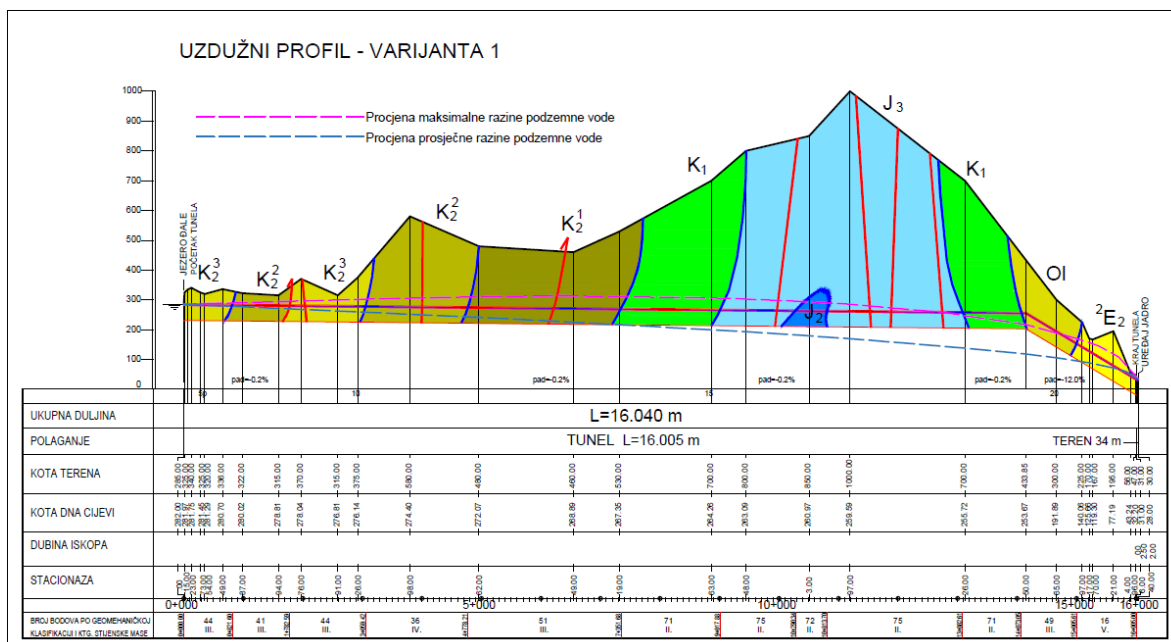
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel Varijante 1.**

TUNEL VARIJANTE 1					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	821,60	821,60	44	III.
2.	821,60	1782,59	960,99	41	III.
3.	1782,59	3059,42	1276,83	44	III.
4.	3059,42	4778,21	1718,79	36	IV.
5.	4778,21	7351,68	2573,47	51	III.
6.	7351,68	9017,88	1666,20	71	II.
7.	9017,88	10290,34	1272,46	75	II.
8.	10290,34	10813,70	523,36	72	II.
9.	10813,70	13082,61	2268,91	75	II.
10.	13082,61	14073,05	990,44	71	II.
11.	14073,05	15005,61	932,56	49	III.
12.	15005,61	16005,00	999,39	16	V.

TUNEL VARIJANTE 1 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
6721,37	6565,45	1718,79	999,39	16005,00
41,995	41,021	10,739	6,244	100,000

Tablica 8: Varijanta 1 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 46: Varijanta 1 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.1.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

Prvenstvena namjena sustava je alternativni dovod do 2000 l/s vode na UKPV Jadro, u količini i razdoblju prema potrebi.

Kako je u uvodu rečeno, novi dovod može se koristiti samo za vodoopskrbu ili za vodoopskrbu i druge namjene.

Ukoliko se koristi samo za vodoopskrbu, predmetni dovod bi bio rezerva vode vodi s Jadr. Vodu zahvaćenu u rijeci Cetini, koja se koristi za vodoopskrbu, trebat će kondicionirati na uređaju Jadro.

Te količine mogu biti od min. cca 500 l/s, za minimalnu brzinu tečenja u cjevovodima  $v=0,3$  m/s, do max. potrebnih 2000 l/s, na koje je dimenzioniran novi dovod. Obzirom da se novi dovod planira izvesti sa dvije cijevi, sustav je fleksibilan i u smislu količina koje se njime dovode, i u smislu pogona i održavanja dovodnih cjevovoda.

U gornjem tekstu je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda samo u osnovnim crtama, što mislimo da zadovoljava nivo obrade u ovom idejnom rješenju. Sve detaljnije obrade bit će predmet detaljnije dokumentacije.

**Sustav Varijante 1 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela-Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

## **Hidroenergetsko iskorištavanje:**

Sirova voda koja bi se dovodila predmetnim dovodom, a prije upuštanja na UKPV Jadro, može se koristiti za proizvodnju električne energije, pri čemu bi bilo potrebno izgraditi malu HE. HE bi mogla raditi cijelu godinu (cca 8000 h), tako da bi i glavni dovod mogao biti u funkciji cijelu godinu, i u razdoblju kada se ne koristi za vodoopskrbu, da ne stoji „u suho“. Moguća je i kombinacija da se nakon turbina sirova voda usmjeri za pokrivanje biološkog minimuma u rijeci Jadro.

### **- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE:** Raspoloživi tlak na kraju hidrotehničkog tunela je, s obzirom na visinsku razliku zahvatne građevine i krajnje točke hidrotehničkog tunela, moguće iskoristiti za proizvodnju električne energije izgradnjom hidroelektrane. Potencijalna lokacije HE bila bi na lokaciji Majdan, uzvodno od lokacije planiranog UKPV-a. Na taj način je moguće iskoristiti energiju vode koja se dovodi hidrotehničkim tunelom, te je ispustiti iz HE u UKPV.

HE se zbog prostorne konfiguracije zahvata, dovodnih cjevovoda i strojarne klasificira kao derivacijska hidroelektrana. Dovodni cjevovodi se zbog svoje duljine mogu svrstati u hidraulički jako dugačke dovodne cjevovode. Zbog toga je potrebno zaštititi dovodne cjevovode od nepovoljnih dinamičkih hidrauličkih pojava (vodni udar) ugradnjom vodne komore ili ugradnjom regulatora tlaka. Način zaštite treba posebno analizirati u daljnjim fazama projekta.

Sam objekt hidroelektrane sastojao bi se od više etažne nadzemne strojarne, trafostanice za daljnju distribuciju proizvedene električne energije, te pristupne ceste platou HE.

Strojarnica treba imati uobičajene etaže i prostore u kojima bi bila ugrađena primarna elektro-strojarska oprema, te dodatni pomoćni pogon elektrane, retencijski bazen na ispustu iz elektrane iz kojeg bi se moglo omogućiti kontrolirano ispuštanje zahtijevanih količina vode na UKPV, te istovremeno osigurati preljev viška voda u tok rijeke Jadro, zaobilazni cjevovod koji bi omogućio nesmetan rad vodoopskrbnog sustava u slučaju obustave rada elektrane iz bilo kojeg razloga.

Hidroelektrana se preko trafostanice, koja može biti samostojeći objekt ili dio same strojarne spaja na distribucijsku mrežu.

S obzirom na dostupne neto padove i protok od 2 m<sup>3</sup>/s dostupne su impulsne Pelton turbine ili impulsno-reaktivne Francis turbine koje bi takvu konfiguraciju pada i protoka najučinkovitije iskoristile.

**Proračun instalirane snage:** Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	16 000
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Qi=2,00 m<sup>3</sup>/s:**

min.kota vode ak.jez. Dale	m n.m.	285
geodetska kota HE	m n.m.	32
gubitci sustava	m	20,32
<b>neto pad Hneto</b>	<b>m</b>	<b>232,68</b>



$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 3,98 \text{ (MW)}$$

$P_i$  (MW) - nominalna snaga agregata  
 $Q_i$  (m<sup>3</sup>/s) - protok agregata  
 $\eta_T = 0,92$  - iskoristivost turbine  
 $\eta_G = 0,95$  - iskoristivost generatora  
 $H_{neto}$  (m) - neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **31,84 GWh/god.**

#### - Osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećim HE Đale i HE Zakućac), koje bi u tom slučaju imale smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeće elektrane rade 8000 h godišnje.

Postojeće HE	HE Đale	HE Zakućac
H [m]	14,0	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2	2
neiskorištena snaga P [MW]	0,24	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE</b> 8000h/god [GWh/god]	<b>1,92</b>	<b>33,88</b>
	Ukupno:	<b>35,80 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 1 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

## 3.2 VARIJANTA 2: AKUMULACIJA ĐALE-ŽRNOVNICA-JADRO

### 3.2.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Đale

**Završna točka dovodnog sustava:** Planirani UKPV Jadro, lokacija Majdan

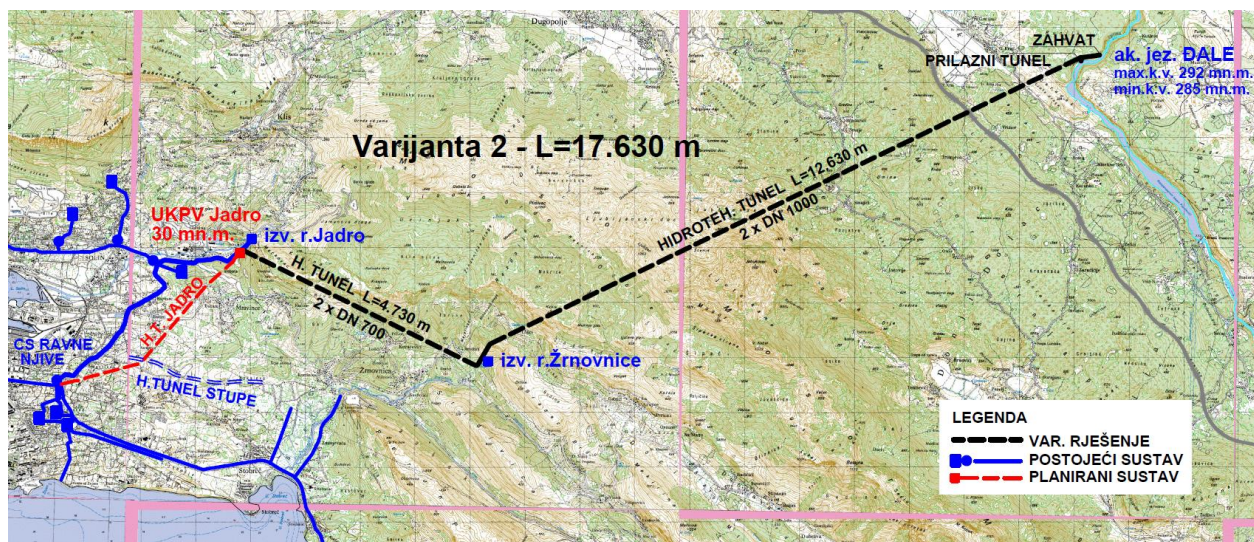
Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Đale – Žrnovnica -Jadro je ukupne duljine 17,630 km, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
<b>Varijanta 2</b>	<b>Zahvat Đale</b>					
	Pristupni tunel Đale		70			
	Hidrotehn. tunel Đale-Žrnovnica		12.630		2x DN 1000	25.260
	cjevovod u terenu			160	2x DN 700	320
	Hidrotehn. tunel Žrnovn.-Jadro		4.730		2x DN 700	9.460
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>				
	<b>Đale-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>17.630</b>	<b>17.430</b>	<b>200</b>		<b>35.120</b>

Tablica 9: Varijanta 2 – građevine dovodnog sustava



Slika 47: Varijanta 2 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane HE Đale i postojećeg tunela, s polaznom kotom dna cijevi 282.00 mn.m. Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

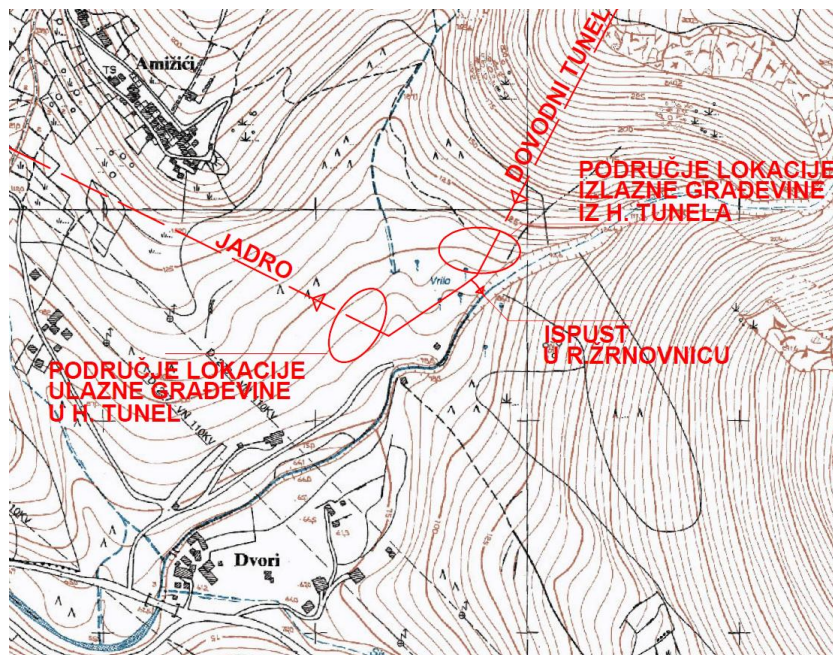
Na području cca 300 m nizvodno od brane HE Đale, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, do koje treba izvesti pristupni put s priključkom na postojeću pristupnu cestu za HE Đale. Pristupni tunel, duljine cca 70 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel. (Slika 42)

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Đale-Žrnovnica** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 282 m n.m. (zahvatna građevina). Na stac. km 11+380 kota dna cijevi je na cca 259,40 m n.m. Tunel završava na stac. km 12+630 s kotom dna cijevi na cca 107,50 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u nagibu od 0,2 %, u prvom dijelu, do stac. km 11+380. U drugom dijelu je u nagibu 12 %, do izlaza.

Na području Žrnovnice (zaseok Dvori), u udolini zapadno od lokacije izvora r. Žrnovnice, dovodni cjevovod se vodi terenom do ulazne građevine tunela prema Jadru.



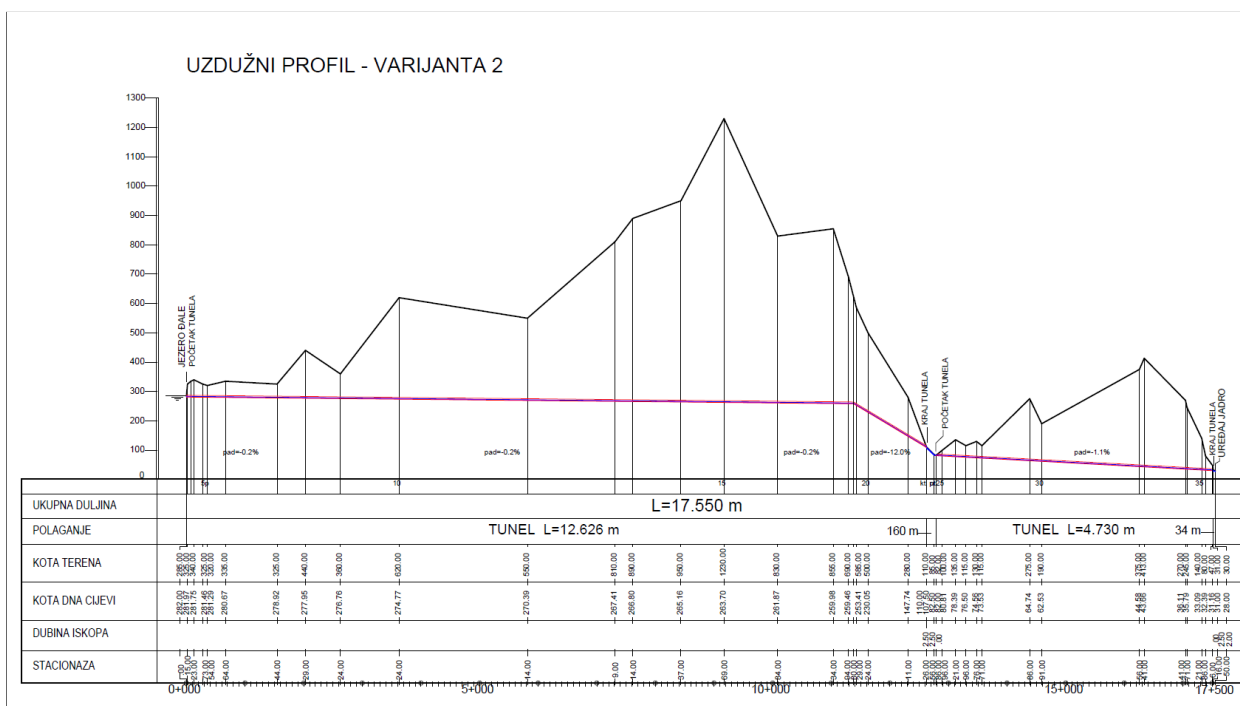
Slika 48: Varijanta 2-lokacija izlaznih/ulaznih građevina tunela na području izv. Žrnovnice

**Dovodni tunel Žrnovnica-Jadro** započinje na stac. km 12+780 s kotom dna cijevi na 82 m n.m. i završava na stac. km 17+510 s kotom dna cijevi na cca 32 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 1,1 %.

Na stac. km 17+510 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od planiranog Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Jadro“, na Majdanu. Rasplet cjevovoda na predmetnoj lokaciji obuhvaća priključak na planirani dovod sirove vode iz Jadra u Uređaj i izvedbu ispusnog/preljevog cjevovoda u rijeku Jadro. (Slika 44)









Ukupno:		15
---------	--	----

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 0+548.39 do 1+516.31.** Dužina dionice iznosi 967.92 (m). Nadsloj iznosi od 41 do 49 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (cm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotina:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Ovisno o smjeru iskopa u odnosu na nagib diskontinuiteta stanje može biti povoljno do nepovoljno. Usvaja se nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 1+516.31 do 2+438.19.** Dužina dionice iznosi 921.88 (m). Nadsloj iznosi od 41 do 157 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotina:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 2+438.19 do 3+525.76.** Dužina dionice iznosi 1087.57 (m). Nadsloj iznosi od 78 do 314 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankouslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita (K<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijek pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**5. Dionica od stac. 3+525.76 do 4+684.32.** Dužina dionice iznosi 1158.56 (m). Nadsloj iznosi od 309 do 340 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita (K<sub>2</sub><sup>1</sup>). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijek pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 51 bod - III. ktg. stijenske mase

**6. Dionica od stac. 4+684.32 do 6+978.78.** Dužina dionice iznosi 2294.46 (m). Nadsloj iznosi od 275 do 479 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilutita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita (K<sub>1</sub>). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=35/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijev pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-8

- UKUPNO: 68 bodova - II. ktg. stijenske mase

**7. Dionica od stac. 6+978.78 do 7+614.53.** Dužina dionice iznosi 635.75 (m). Nadsloj iznosi od 479 do 618 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debeluslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=20/45 i 240/45.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijev pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°-45°.	-10



	Nepovoljno.	
--	-------------	--

- UKUPNO: 70 bodova - II. ktg. stijenske mase

**8. Dionica od stac. 7+614.53 do 8+935.91.** Dužina dionice iznosi 1321.38 (m). Nadsloj iznosi od 618 do 872 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debeloslojenih i gromadastih kalkaernita (J<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=240/45.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 45°. Nepovoljno	-10

- UKUPNO: 70 bodova - II. ktg. stijenske mase

**9. Dionica od stac. 8+935.91 do 10+110.98.** Dužina dionice iznosi 1175.07 (m). Nadsloj iznosi od 961 do 563 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debeloslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=210/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 70 bodova - II. ktg. stijenske mase

**10. Dionica od stac. 10+110.98 do 10+774.10.** Dužina dionice iznosi 663.12 (m). Nadsloj iznosi od 564 do 582 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna

čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/45 i 45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°-45°. Dobro do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 13 bodova - V. ktg. stijenske mase

**11. Dionica od stac. 10+774.10 do 11+180.87.** Dužina dionice iznosi 406.77 (m). Nadsloj iznosi od 590 do 498 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita (<sup>2</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/45 i 45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°-45°. Dobro do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 13 bodova - V. ktg. stijenske mase

**12. Dionica od stac. 11+180.87 do 11+229.61.** Dužina dionice iznosi 48.74 (m). Nadsloj iznosi od 498 do 467 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca (<sup>1</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastršenost zidova pukotine:	umjereno rastršene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 47 bodova - III. ktg. stijenske mase

**13. Dionica od stac. 11+229.61 do 11+783.49.** Dužina dionice iznosi 553.88 (m). Nadsloj iznosi od 467 do 233 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50-100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 - 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastršenost zidova pukotine:	Neznatno rastršene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 39 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**14. Dionica od stac. 11+783.49 do 12+625.00.** Dužina dionice iznosi 841.51 (m). Nadsloj iznosi od 233 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°-45°. Dobro do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 13 bodova - V. ktg. stijenske mase

**15. Dionica od stac. 12+785.00 do 17+515.00.** Dužina dionice iznosi 4730.00 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 364 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( ${}^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/50, 10/30 i 20/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°-50°. Dobro do vrlo nepovoljno.	-7

- UKUPNO: 14 bodova - V. ktg. stijenske mase

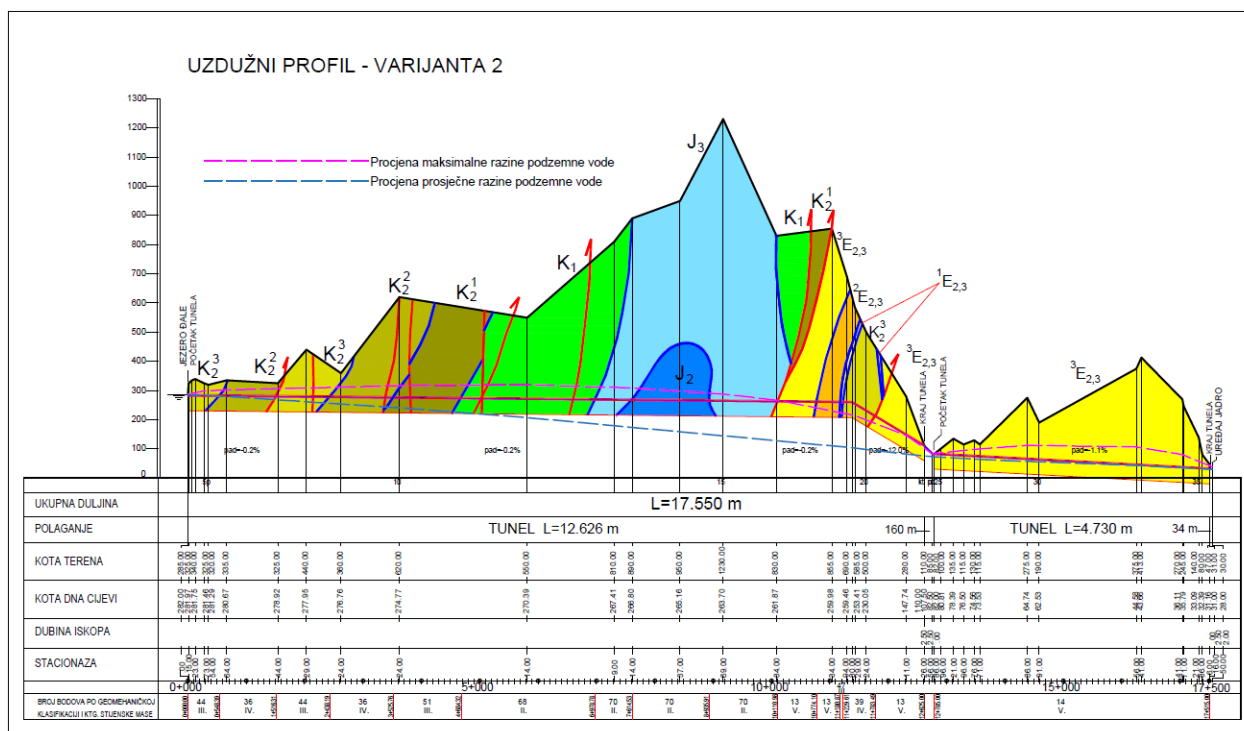
**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 2.**



TUNEL VARIJANTA 2					
REDNI BROJ DIONICE	STAC. POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	548,39	548,39	44	III.
2.	548,39	1516,31	967,92	36	IV.
3.	1516,31	2438,19	921,88	44	III.
4.	2438,19	3525,76	1087,57	36	IV.
5.	3525,76	4684,32	1158,56	51	III.
6.	4684,32	6978,78	2294,46	68	II.
7.	6978,78	7614,53	635,75	70	II.
8.	7614,53	8935,91	1321,38	70	II.
9.	8935,91	10110,98	1175,07	70	II.
10.	10110,98	10774,10	663,12	13	V.
11.	10774,10	11180,87	406,77	13	V.
12.	11180,87	11229,61	48,74	47	III.
13.	11229,61	11783,49	553,88	39	IV.
14.	11783,49	12625,00	841,51	13	V.
15.	12785,00	17515,00	4730	14	V.

TUNEL VARIJANTA 2 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
5426,66	2677,57	2609,37	6641,4	17355,00
31,269	15,428	15,035	38,268	100,000

Tablica 10: Varijanta 2 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 51: Varijanta 2 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. klg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.2.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 2 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela-Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

**Hidroenergetsko iskorištavanje:**

**- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE:** Raspoloživi tlak na kraju hidrotehničkog tunela je, s obzirom na visinsku razliku zahvatne građevine i krajnje točke hidrotehničkog tunela, moguće iskoristiti za proizvodnju električne energije izgradnjom hidroelektrane.

Potencijalna lokacije HE bila bi na kraju hidrotehničkog tunela na padini Mosora zapadno od izvora Žrnovnice. Voda bi se iz hidroelektrane dalje zatvorenim cjevovodom vodila do ulazne građevine hidrotehničkog tunela Žrnovnica-Jadro. Ukoliko bi se izgradio UKPV zapadno od izvora Žrnovnice tada bi HE trebala biti smještena sjeverozapadno od UKPV-a, tj. uzvodno od UKPV-a.

HE se zbog prostorne konfiguracije zahvata, dovodnih cjevovoda i strojarne klasificira kao derivacijska hidroelektrana. Dovodni cjevovodi se zbog svoje duljine mogu svrstati u hidraulički jako dugačke dovodne cjevovode. Zbog toga je potrebno zaštititi dovodne cjevovode od nepovoljnih dinamičkih hidrauličkih pojava (vodni udar) ugradnjom vodne komore ili ugradnjom regulatora tlaka. Način zaštite treba posebno analizirati u daljnjim fazama projekta.

Sam objekt hidroelektrane sastojao bi se od više etažne nadzemne strojarne, trafostanice za daljnju distribuciju proizvedene električne energije, te pristupne ceste platou HE.

Strojarnica treba imati uobičajene etaže i prostore u kojima bi bila ugrađena primarna elektro-strojarska oprema, te dodatni pomoćni pogone elektrane, retencijski bazen na ispustu iz elektrane iz kojeg bi se moglo omogućiti kontrolirano ispuštanje zahtijevanih količina vode dalje u hidrotehnički tunel ili na UKPV, te istovremeno osigurati preljev viška voda u tok rijeke Žrnovnice, zaobilazni cjevovod koji bi omogućio nesmetan rad vodoopskrbnog sustava u slučaju obustave rada elektrane iz bilo kojeg razloga.

Hidroelektrana se preko trafostanice, koja može biti samostojeći objekt ili dio same strojarne spaja na distribucijsku mrežu.

S obzirom na dostupne neto padove i protok od 2 m<sup>3</sup>/s dostupne su impulsne Pelton turbine ili impulsno-reaktivne Francis turbine koje bi takvu konfiguraciju pada i protoka najučinkovitije iskoristile.

**Proračun instalirane snage:** Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	12 630
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s**:

min.kota vode ak.jez. Đale	m n.m.	285
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci sustava	m	16,04
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>183,96</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 3,14 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **25,12 GWh/god.**

#### - Osromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećim HE Đale i HE Zakućac), koje bi u tom slučaju imale smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeće elektrane rade 8000 h godišnje.

Postojeće HE	HE Đale	HE Zakućac
H [m]	14,0	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2	2
neiskorištena snaga P [MW]	0,24	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE</b>	<b>1,92</b>	<b>33,88</b>
8000h/god [GWh/god]	Ukupno:	<b>35,80 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 2 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

## 3.3 VARIJANTA 3: AKUMULACIJA ĐALE-ŽRNOVNICA-JADRO, S OGRANKOM PREMA ISTOČNOM PODRUČJU SPLITA

### 3.3.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Đale

**Završna točka dovodnog sustava:** UKPV Jadro, lokacija Majdan  
PCS Ravne Njive, Stobreč

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao cjelovito rješenje planirane građevine postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.). Za ovo tehničko rješenje nužna je izgradnja krajnje dionice tog tunela, kojim će se postojeći tunel Stupe priključiti na Ravne Njive te je isto uvršteno u tablicu. Obzirom na već postavljeno i projektnom dokumentacijom razrađeno rješenje, nije se razmatralo alternativno rješenje priključka.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir i ključne točke sustava Splita

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Đale – Žrnovnica -Jadro, s ogrankom prema istočnom području Splita, je ukupne duljine **27,930 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
<b>Varijanta 3</b>	<b>Zahvat Đale</b>					
	Pristupni tunel Đale		70			
	Hidrotehn. tunel Đale-Žrnovnica		12.630		2x DN 1000	25.260
	cjevovod u terenu			160	2x DN 700	320
	<b>UKPV Žrnovnica</b>	kapacitet 1200 l/s				
	Hidrotehn. tunel Žrnovn.-Jadro		4.730		1 x DN 700	4.730
	cjevovod u terenu			40	1 x DN 700	40
	<b>UKPV Jadro</b>	Planirani dio postojećeg sustava				
	cjev. Žrnovnica-kamenolom-TTTS			4.600	1 x DN 800	4.600
	cjev. u tunelu Stupe			2.300	1 x DN 700	2.300
cjev. Kamenolom-Stobreč			1.900	1 x DN 500	1.900	
	<b>Tunel do R.Njiva, nužni dio plan. post. sustava</b>		1.500			
	<b>Đale-Žrnovnica-Jadro, s ogr. prema ist. podr. Splita</b>	<b>27.930</b>	18.930	9.000		<b>39.150</b>

Tablica 11: Varijanta 3 – građevine dovodnog sustava



Slika 52: Varijanta 3 – situacijski prikaz



Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane HE Đale i postojećeg tunela, s polaznom kotom dna cijevi **282.00 mn.m.** Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

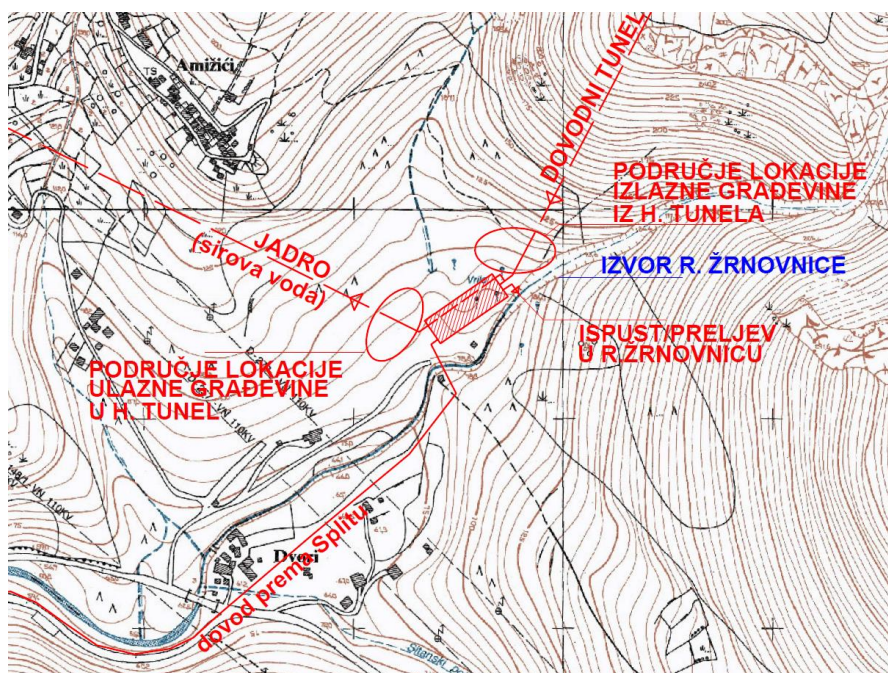
Na području cca 300 m nizvodno od brane HE Đale, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, do koje treba izvesti pristupni put s priključkom na postojeću pristupnu cestu za HE Đale. Pristupni tunel, duljine cca 70 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel. (Slika 42)

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odzračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Đale-Žrnovnica** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 282 m n.m. (zahvatna građevina). Na stac. km 11+380 kota dna cijevi je na cca 259,40 m n.m. Tunel završava na stac. km 12+630 s kotom dna cijevi na cca 107.50 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u nagibu od 0,2 %, u prvom dijelu, do stac. km 11+380. U drugom dijelu je u nagibu 12 %, do izlaza.

**Uređaj za kondicioniranje pitke vode „Žrnovnica“** i izlazna/ulazna građevina hidrotehničkih tunela, s pristupnom cestom, smjestit će se na padini Mosora, u udolini zapadno od lokacije izvora r. Žrnovnice (zaseok Dvori). Uređaj se nalazi na okvirnoj koti cca 80 mn.m. Uređaj služi za kondicioniranje vode koja se transportira prema istočnom području Splita, a koja prema raspodjeli količina (vidi hidraulički proračun) iznosi 1200 l/s, što je i planirani kapacitet Uređaja. Ostatak sirove vode iz Cetine (800 l/s) transportira se do Uređaja Jadro.



Slika 53: Varijanta 3-lokacija uređaja UKPV Žrnovnica i izlazne/ulazne građevine tunela

**Dovodni tunel Žrnovnica-Jadro** započinje na stac. km 12+780 s kotom dna cijevi na 82 m n.m. i završava na stac. km 17+510 s kotom dna cijevi na cca 32 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 1,1 %.

Na stac. km 17+510 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od planiranog Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Jadro“, na Majdanu. Rasplet cjevovoda na predmetnoj lokaciji obuhvaća priključak na planirani dovod sirove vode iz Jadra u Uređaj i izvedbu ispusnog/preljevog cjevovoda u rijeku Jadro. (Slika 44)



Na lokaciji uređaja UKPV Žrnovnica planiran je spoj s UKPV Jadro izvođenjem hidrotehničkog tunela, dok je za spoj sa CS Ravne njive planirana druga trasa koja uključuje postojeći hidrotehnički tunel „Stupe“ sa spojem na planirani hidrotehnički tunel „Jadro“.

Kapacitet planiranog uređaja UKPV Žrnovnica je  $Q=1200$  l/s, što je manje od maksimalno projektiranog protoka na vodozahvatu ( $Q_{max}=2000$  l/s), a razlog tome je što se dio vode za potrebe podsustava Kaštela-Trogir i dio Solina dovode direktno na uređaj UKPV Jadro (hidrotehnički tunel sirove vode Žrnovnica-Jadro). Zahvaćanje vode za uređaj UKPV Jadro bio bi nizvodno od HE Žrnovnica.

Modelirana raspodjela protoka  $Q_{max}=2000$  l/s:

- lokalna potrošnja za Žrnovnicu:  $Q=50$  l/s,
- potrošnja za dio vodoopskrbe istočnog dijela sustav, tzv. „Split-istok“:  $Q=150$  l/s,
- za podsustav Kaštela-Trogir i dio Solina, a što predstavlja dotok na UKPV Jadro (za postojeću CS Kunčeva greda):  $Q=800$  l/s,
- za podsustav CS Ravne njive (bez potrošnje „Split-istok“):  $Q=1000$  l/s.

Dimenzionirani cjevovodi od vodozahvata Đale do Žrnovnice:

- dovodni tunel Đale – Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=1000$  mm (2 X DN1000),
- prijelaz između dva tunela na lokaciji izvora Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (2 X DN700),
- dovodni tunel Žrnovnica – uređaj UKPV Jadro: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (2 X DN700),

Dimenzionirani cjevovodi od Žrnovnice do postojećeg vodoopskrbnog sustava SSKT:

- hidrotehnički tunel od Žrnovnice do UKPV Jadro (sirova voda Žrnovnica-Jadro): jedan cjevovod unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (1 X DN700),
- dionica od uređaja UKPV Žrnovnica do ulaza u hidrotehnički tunel „Stupe“: jedan cjevovod unutarnjeg promjera  $D_u=800$  mm (1 X DN800),
- u hidrotehničkom tunelu „Stupe“: jedan cjevovod unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (1 X DN700),
- cjevovod „ogranak Split-istok“ jedan cjevovod DN500,  $D_u=500$  mm,
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Hidrotehnički tunel „Jadro“ je projektiran u sklopu Aglomeracije Split-Solin. U ovom tunelu projektirana su dva cjevovoda 2 X DN1200 ( $D_u=1100$  mm), a projektom je predviđen spojni **cjevovod DN700, na stacionaži cca 2+580 (od Jadra) za povezivanje s tunelom „Stupe“**.

Prilikom izgradnje kanalizacijskog tunela "Stupe", u desnom boku tunela izvedeni su oslonci za polaganje vodovodne cijevi DN700.

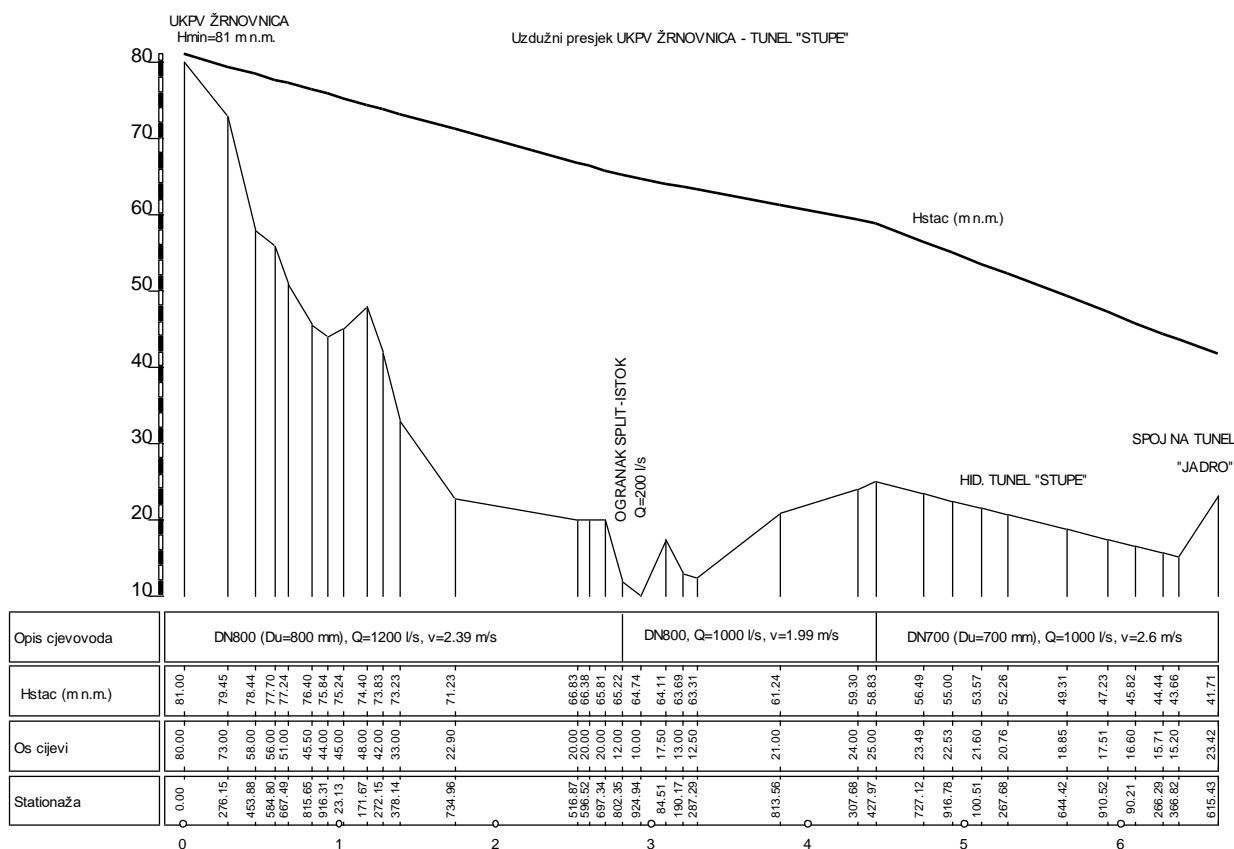
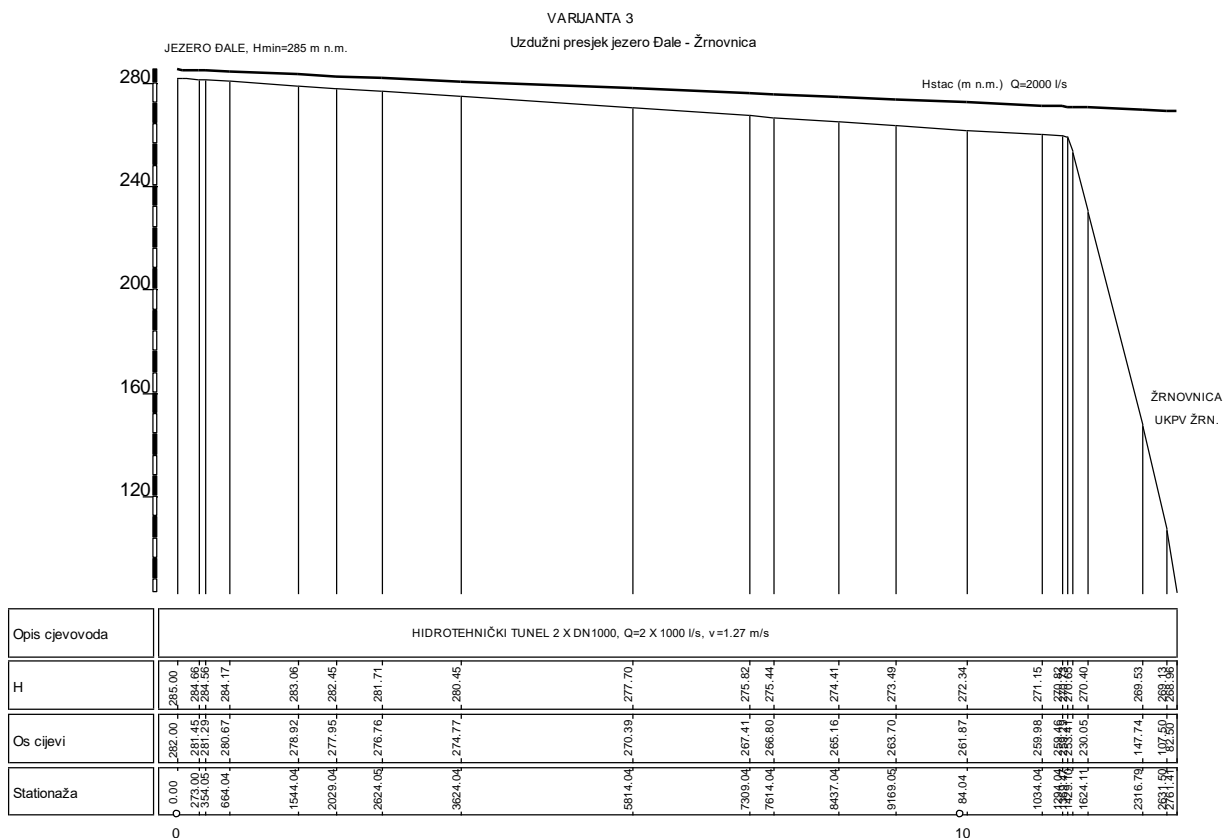
Rezultati hidrauličkog proračuna prikazani su na uzdužnim presjecima s piezometarskom visinom za stacionarni pogon, te su navedene dimenzije cjevovoda, protoci i brzine vode.

Prema rezultatima proračuna minimalni dolazni tlak na ulazu u UKPV Jadro je  $P_{min}=30.9$  m v.s. ( $H=60.92$  m n.m.), dok je maksimalni tlak jednak hidrostatičkom  $P_{max}=55$  m v.s. (5.5 bara).

Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetske potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Žrnovnica kao u Varijanti 2. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.

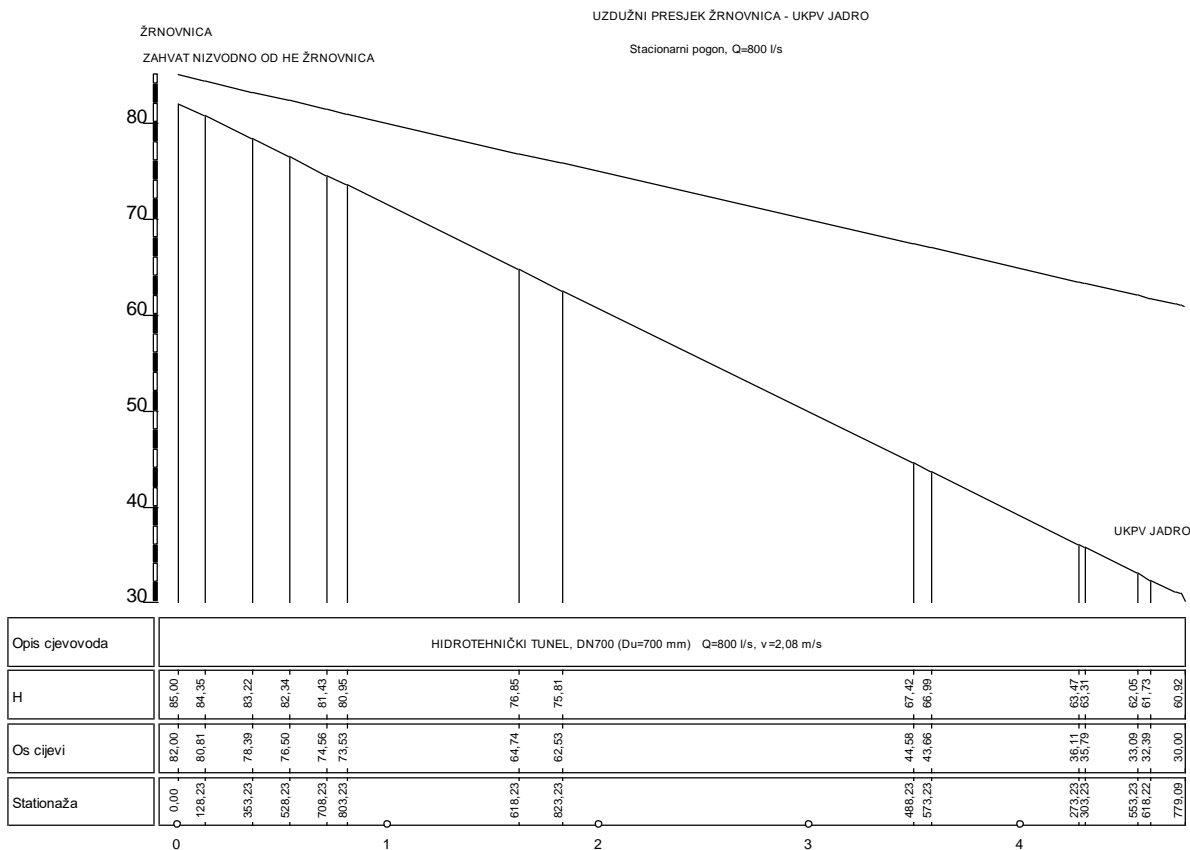
Prema rezultatima proračuna tlak na usisnom kraju CS Ravne njive je  $P=25.37$  m v.s. ( $P=2.5$  bara).

Tlak na spoju planiranog cjevovoda „ogranak Spli-istok“ i postojećeg magistralnog cjevovoda (lokacija Strožanac) je  $P=62.7$  m v.s. ( $P=6.2$  bara).

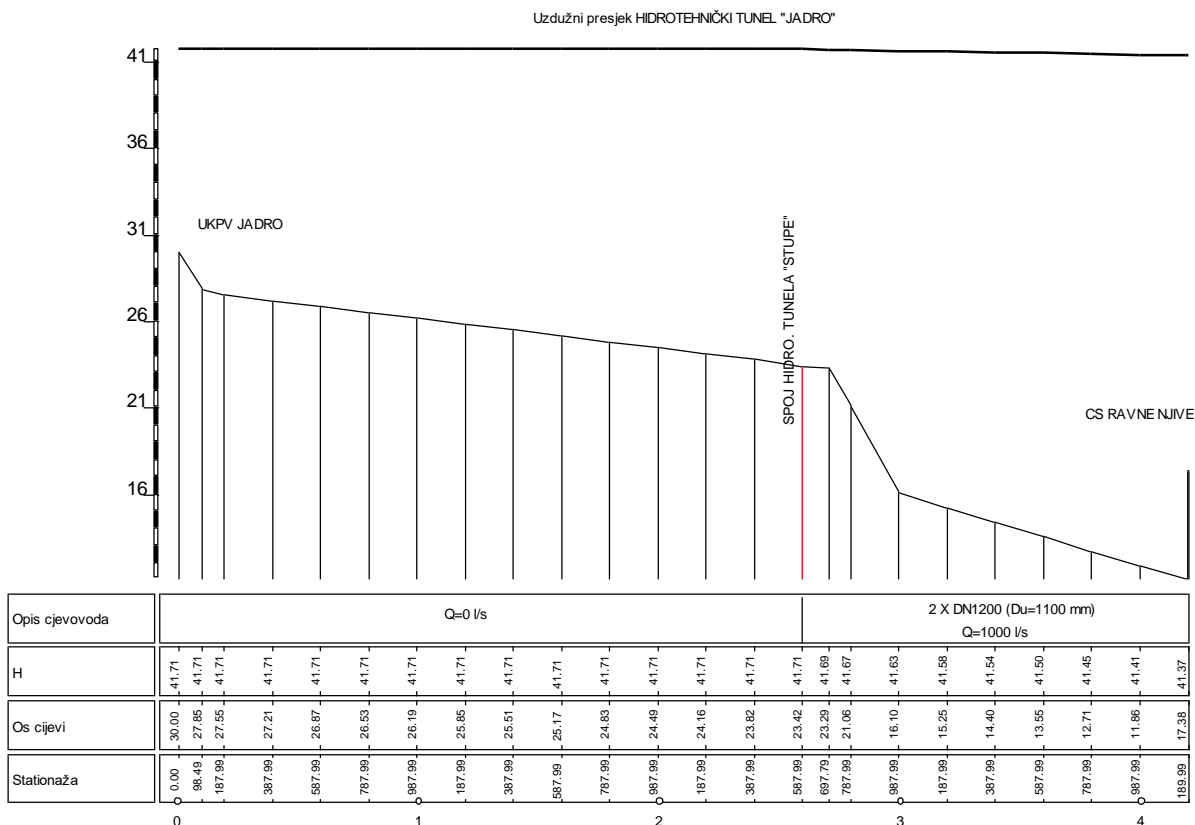


Slika 55: Varijanta 3 – uzdužni profil Dale-Žrnovnica-Stupe, hidraulički proračun

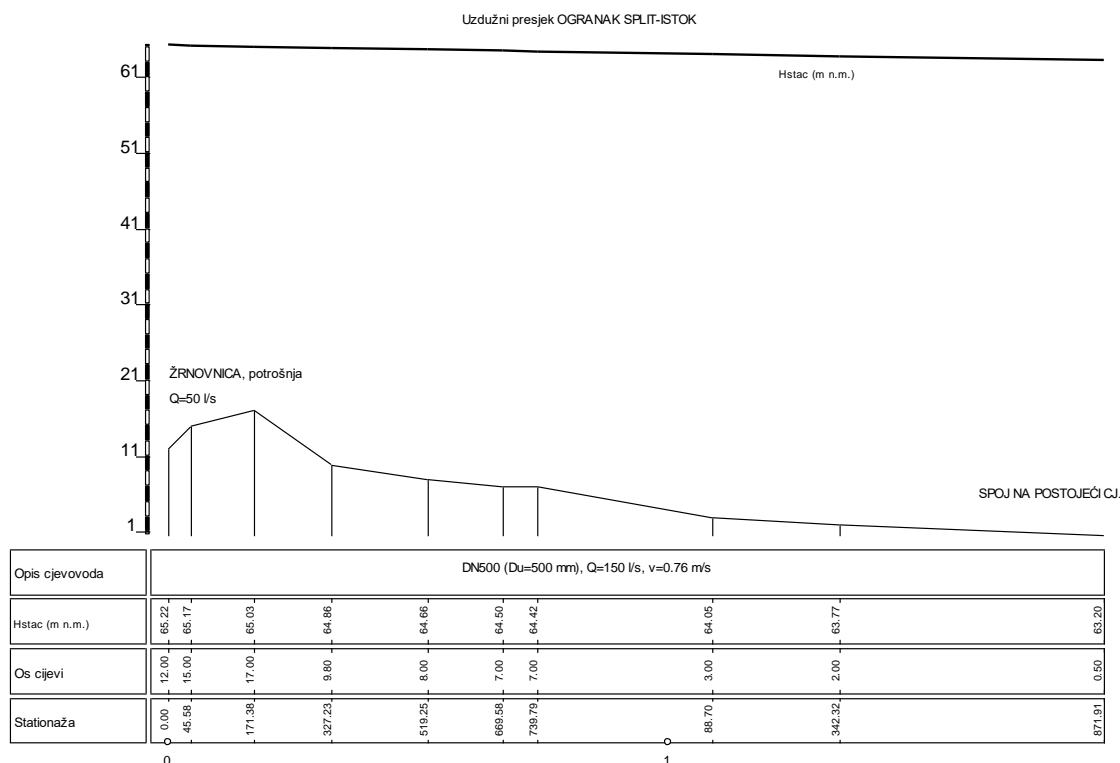




Slika 56: Varijanta 3 – uzdužni profil Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun



Slika 57: Varijanta 3 – uzdužni profil hidrotehnički tunel „Jadro“ (projekt Aglomeracija Split-Solin)



Slika 58: Varijanta 3 – uzdužni profil ogranak Split-istok, hidraulički proračun

### 3.3.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

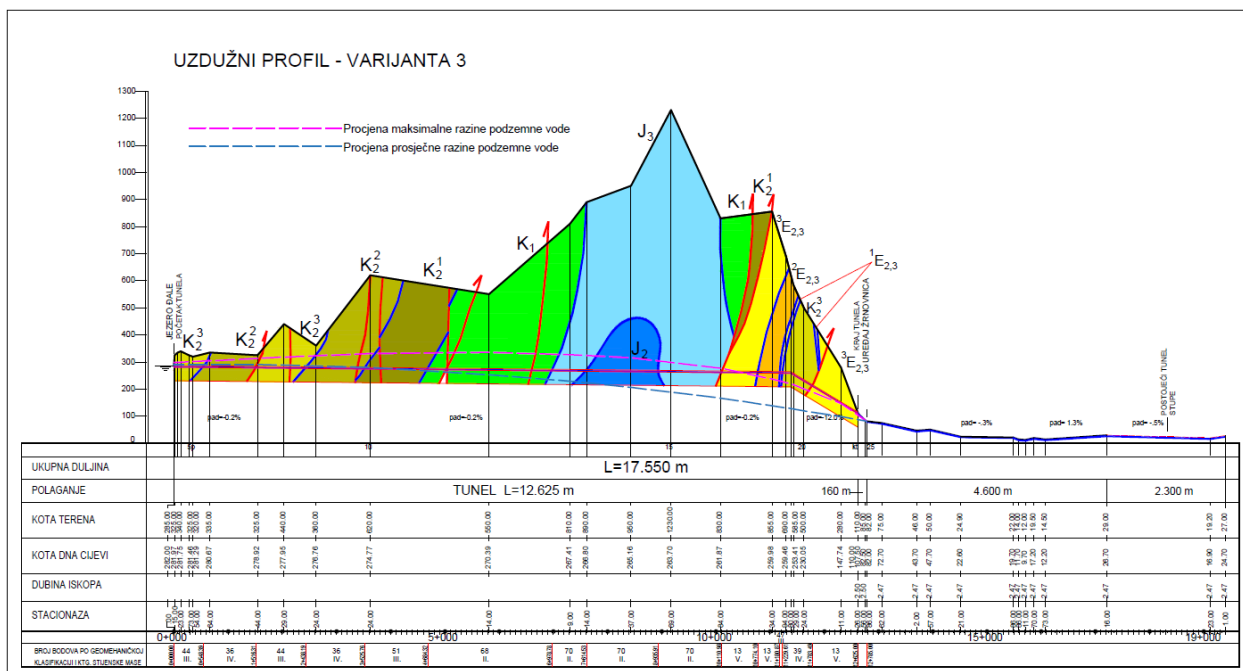
Napomena: Varijanta 3 je identična Varijanti 2 od stac. 0+000.00 do stac. 12+785.00. Zbog toga su klasifikacije stijenske mase za tunel Varijante 3 (prvih 14 dionica) jednake klasifikacijama stijenske mase za tunel Varijante 2 (prvih 14 dionica).

U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehaničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 3.

TUNEL VARIJANTE 3					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	548,39	548,39	44	III.
2.	548,39	1516,31	967,92	36	IV.
3.	1516,31	2438,19	921,88	44	III.
4.	2438,19	3525,76	1087,57	36	IV.
5.	3525,76	4684,32	1158,56	51	III.
6.	4684,32	6978,78	2294,46	68	II.
7.	6978,78	7614,53	635,75	70	II.
8.	7614,53	8935,91	1321,38	70	II.
9.	8935,91	10110,98	1175,07	70	II.
10.	10110,98	10774,10	663,12	13	V.
11.	10774,10	11180,87	406,77	13	V.
12.	11180,87	11229,61	48,74	47	III.
13.	11229,61	11783,49	553,88	39	IV.
14.	11783,49	12625,00	841,51	13	V.

TUNEL VARIJANTE 3 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
5426,66	2677,57	2609,37	1911,4	12625,00
42,983	21,208	20,668	15,140	100,000

Tablica 12: Varijanta 3 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 59: Varijanta 3 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.3.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 3 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela-Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

**Hidroenergetsko iskorištavanje:**

**- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage:** Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

### Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	12 630
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s**:

min.kota vode ak.jez. Đale	m n.m.	285
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci sustava	m	16,04
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>183,96</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 3,14 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **25,12 GWh/god.**

### - Osromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećim HE Đale i HE Zakućac), koje bi u tom slučaju imale smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeće elektrane rade 8000 h godišnje.

Postojeće HE	HE Đale	HE Zakućac
H [m]	14,0	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2	2
neiskorištena snaga P [MW]	0,24	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE</b> 8000h/god [GWh/god]	<b>1,92</b>	<b>33,88</b>
	Ukupno:	<b>35,80 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 3 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.



## 3.4 VARIJANTA 4: AKUMULACIJA ĐALE- ŽRNOVNICA-ISTOČNO PODRUČJE SPLITA

### 3.4.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Đale

**Završna točka dovodnog sustava:** Majdan, PCS Ravne Njive i Stobreč

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao cjelovito rješenje planirane građevine postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.). Za ovo tehničko rješenje nužna je izgradnja tog tunela, kojim će se postojeći tunel Stupe priključiti na postojeći sustav i u smjeru Ravnih Njiva i u smjeru Majdana, te je isti uvršten u tablicu. Obzirom na već postavljeno i projektnom dokumentacijom razrađeno rješenje, nije se razmatralo alternativno rješenje priključka.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode i u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split (PCS Ravne Njive) i u početnu točku postojećeg sustava Solin-Kaštela-Trogir (planirana ulazna građevina uz Uređaj Jadro), te Stobreč

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Đale – Žrnovnica-istočno područje Splita, je ukupne duljine **25,660 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
Varijanta 4	Zahvat Đale					
	Pristupni tunel Đale		70			
	Hidrotehn. tunel Đale-Žrnovnica		12.630		2x DN 1000	25.260
	cjevovod u terenu			160	2x DN 700	320
	<b>UKPV Žrnovnica</b>	kapacitet 2000 l/s				
	cjev. Žrnovnica-kamenolom-TTTS			4.600	2 x DN 800	9.200
	cjev. u tunelu Stupe			2.300	2 x DN 700	4.600
	cjev. Kamenolom-Stobreč			1.900	1 x DN 500	1.900
	<b>Tunel Jadro-R.Njive, nužni dio plan. post. sustava</b>			3.993		
	<b>Đale-Žrnovnica-istočno područje Splita</b>	<b>25.653</b>	<b>16.693</b>	<b>8.960</b>		<b>41.280</b>

Tablica 13: Varijanta 4 – građevine dovodnog sustava



Slika 60: Varijanta 4 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane HE Đale i postojećeg tunela, s polaznom kotom dna cijevi **282.00 mn.m.** Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

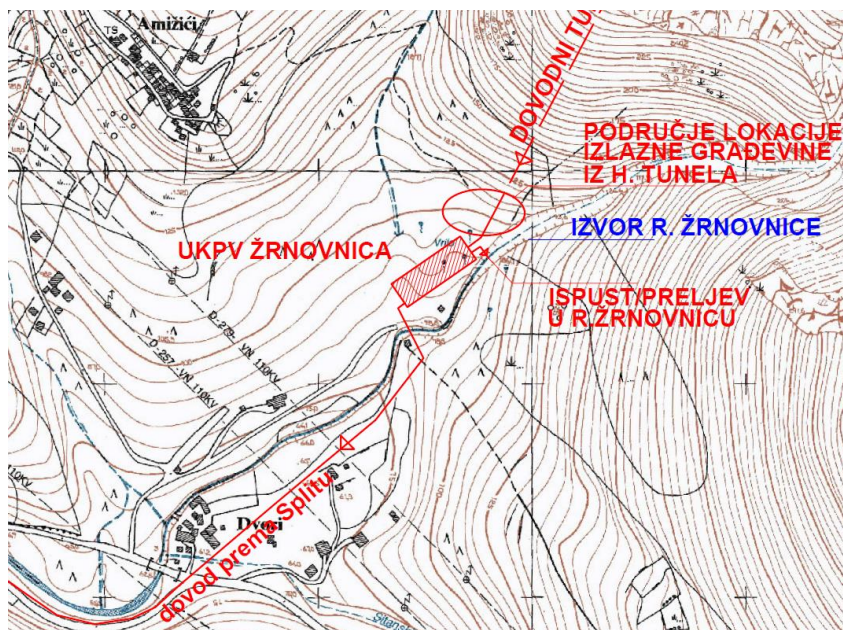
Na području cca 300 m nizvodno od brane HE Đale, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, do koje treba izvesti pristupni put s priključkom na postojeću pristupnu cestu za HE Đale. Pristupni tunel, duljine cca 70 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel. (Slika 42)

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odzračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Đale-Žrnovnica** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 282 m n.m. (zahvatna građevina). Na stac. km 11+380 kota dna cijevi je na cca 259,40 m n.m. Tunel završava na stac. km 12+630 s kotom dna cijevi na cca 107.50 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u nagibu od 0,2 %, u prvom dijelu, do stac. km 11+380. U drugom dijelu je u nagibu 12 %, do izlaza.

**Uređaj za kondicioniranje pitke vode „Žrnovnica“** i izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupnom cestom, smjestit će se na padini Mosora, u udolini zapadno od lokacije izvora r. Žrnovnice (zaseok Dvori). Uređaj se nalazi na okvirnoj koti cca 80 mn.m. Uređaj služi za kondicioniranje ukupne količine vode, koja se transportira prema istočnom području Splita, i koja iznosi 2000 l/s, što je i planirani kapacitet Uređaja.



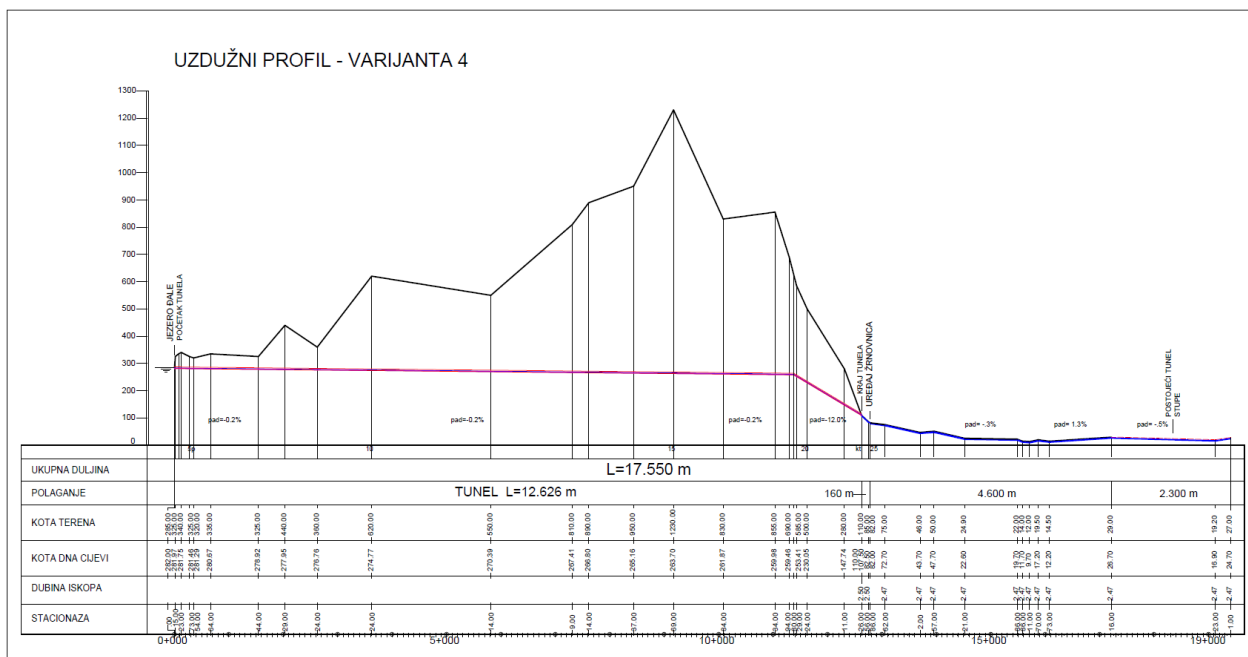
Slika 61: Varijanta 4-lokacija uređaja UKPV Žrnovnica i izlazne/ulazne građevine tunela

**Dovod prema istočnom području Splita** započinje na stac. km 12+780, na izlazu iz Uređaja Žrnovnica.

Cjevovod prati koridor ceste duž lijeve obale rijeke Žrnovnice do kamenoloma, gdje se grana prema TTŠ-u i postojećem višenamjenskom tunelu „Stupe“ (u kojem je ostavljen prostor za vodoopskrbni cjevovod većeg profila), i prema Stobreču.

Glavni pravac kroz tunel „Stupe“ spaja se s planiranim hidrotehničkim tunelom „Jadro“ te se voda dovodi s jedne strane do glavne točke Splitskog sustava (procrpna stanica „Ravne Njive“) i s druge strane do polazne točke sustava Solin-Kaštela-Trogir (ulazna građevina u Dioklecijanov i Novi Splitski kanal uz UKPV Jadro).

Ogranak prema Stobreču spaja se na dužobalni cjevovod VS Visoka I (k.d. 89,50 mn.m.)–Stobreč-Strožanac–Podstrana, profila DN 500, koji čini tzv. srednju vodoopskrbnu zonu.



Slika 62: Varijanta 4 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe

### 3.4.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Rubni uvjeti na vodozahvatu:

- Akumulacija Đale razina vode:
  - o Hmin=285 m n.m.
  - o Hmax=292 m n.m.

U Varijanta 4 planiran je uređaj za preradu vode na lokaciji izvora rijeke Žrnovnice, UKPV Žrnovnica. Visinski položaj uređaja je Z=80 m n.m., te je kao najnepovoljniji početni rubni uvjet modelirana minimalna razina vode na uređaju od Hmin=81 m n.m.

Kapacitet planiranog uređaj UKPV Žrnovnica je Q=2000 l/s, što je ujedno maksimalno projektirana količina zahvaćene vode.

Modelirana raspodjela protoka Qmax=2000 l/s:

- lokalna potrošnja za Žrnovnicu: Q=50 l/s,
- potrošnja za dio vodoopskrbe istočnog dijela sustav, tzv. „Split-istok“: Q=150 l/s,
- za podsustav Kaštela-Trogir i dio Solina, a što predstavlja dotok na UKPV Jadro i dalje do postojeće CS Kunčeva greda: Q=800 l/s,
- za podsustav CS Ravne njive (bez potrošnje „Split-istok“): Q=1000 l/s.

Dimenzionirani cjevovodi od vodozahvata Đale do Žrnovnice:

- dovodni tunel Đale – Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera Du=1000 mm (2 X DN1000),
- prijelaz između dva tunela na lokaciji izvora Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera Du=700 mm (2 X DN700),
- dovodni tunel Žrnovnica – uređaj UKPV Jadro: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera Du=700 mm (2 X DN700),

Dimenzionirani cjevovodi od Žrnovnice do postojećeg vodoopskrbnog sustava SSKT:



- dionica od uređaja UKPV Žrnovnica do ulaza u hidrotehnički tunel „Stupe“: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $Du=800$  mm (2 X DN800),
- u hidrotehničkom tunelu „Stupe“: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $Du=700$  mm (2 X DN700),
- cjevovod „ogranak Split-istok“ jedan cjevovod DN500,  $Du=500$  mm,
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Hidrotehnički tunel „Jadro“ je projektiran u sklopu Aglomeracije Split-Solin; dva cjevovoda 2 X DN1200 ( $Du=1100$  mm).

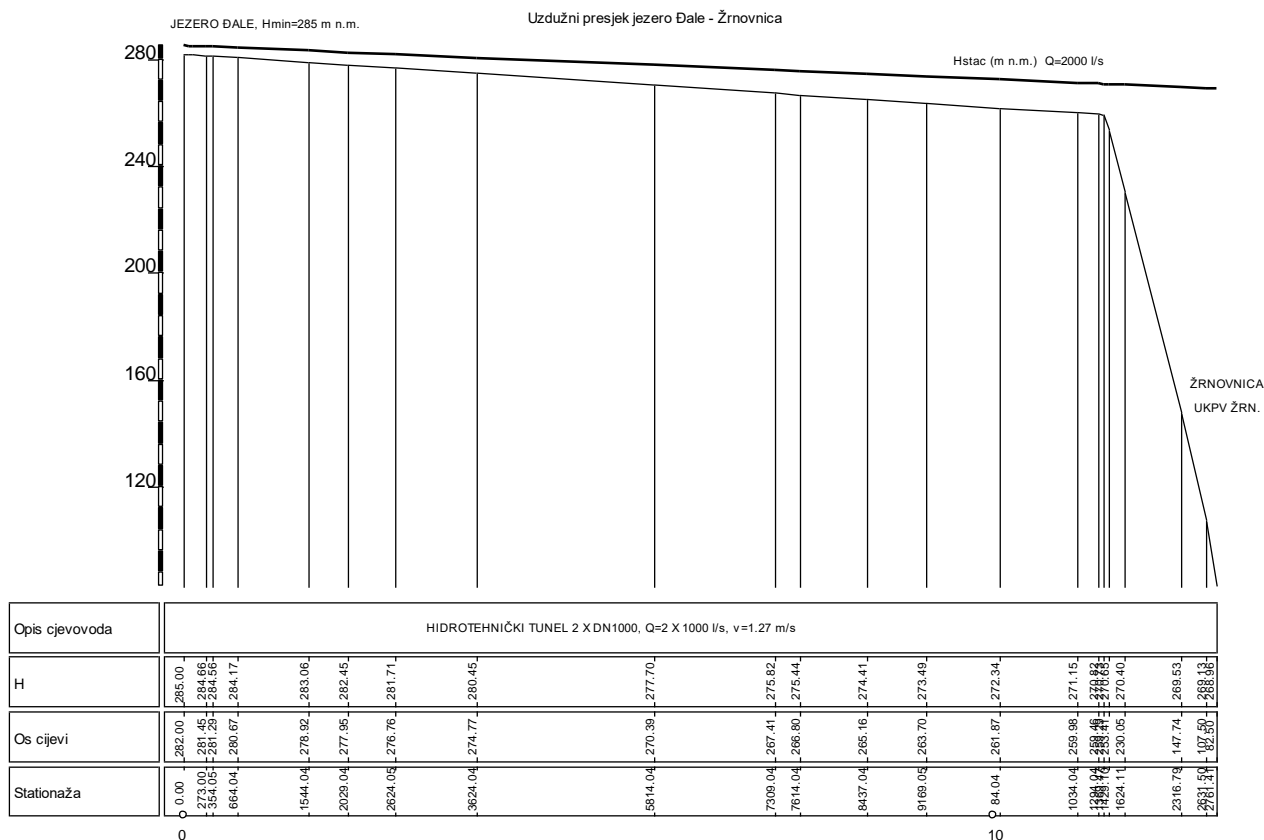
Prilikom izgradnje kanalizacijskog tunela "Stupe", u desnom boku tunela izvedeni su oslonci za polaganje vodovodne cijevi DN700. Prema rezultatima matematičkog modela za ovu varijantu, jedna cijev DN700 nije dostatna za planirani protok  $Q=1800$  l/s, a stanje tlaka za samo jedan cjevovod prikazano je crtkanom linijom na priloženom uzdužnom profilu.

Rezultati hidrauličkog proračuna prikazani su na uzdužnim presjecima s piezometarskom visinom za stacionarni pogon, te su navedene dimenzije cjevovoda, protoci i brzine vode.

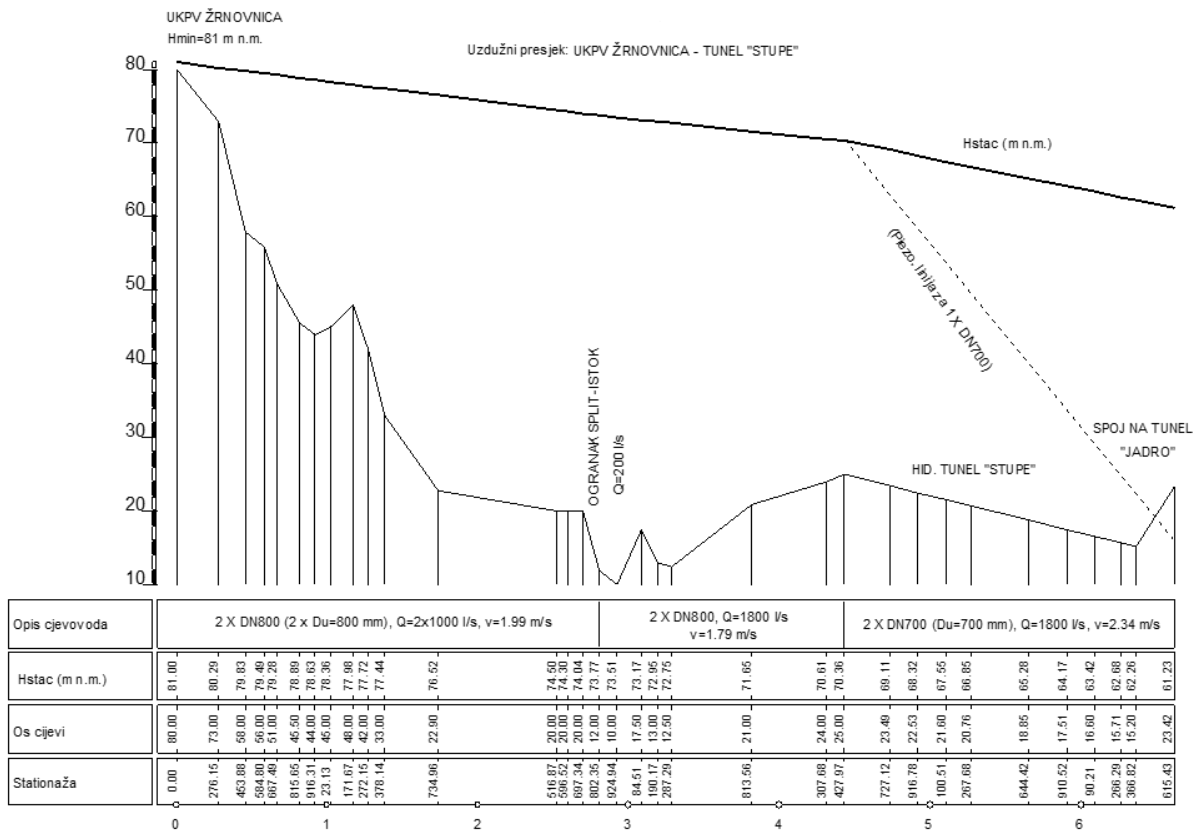
Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetska potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Žrnovnica. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.

Piezometarska visina na izlazu iz hidrotehničkog tunela Đale-Žrnovnica je  $H_{min}=269$  m n.m.

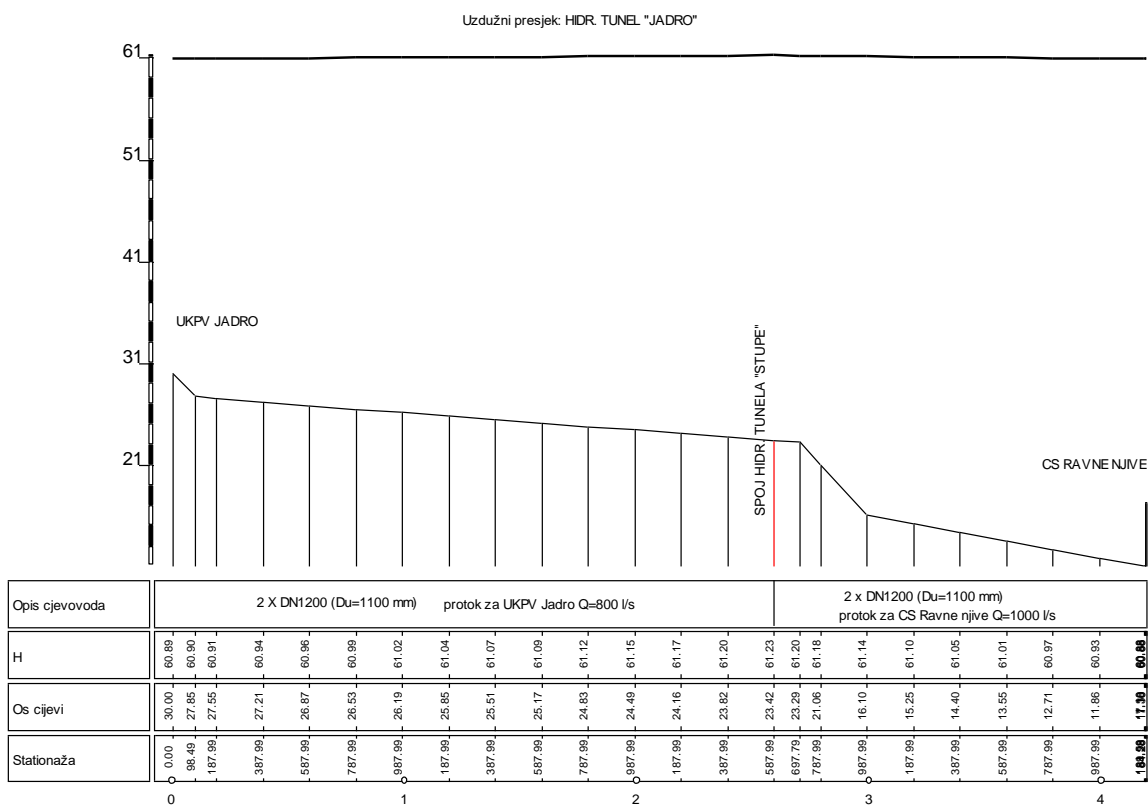
Prema rezultatima proračuna tlak na usisnom kraju CS Ravne njive je  $P=44.8$  m v.s. ( $P=4.4$  bara), dok je tlak na ulazu uređaja UKPV Jadro  $P=30.8$  m v.s. ( $P=3$  bara). Tlak na spoju planiranog cjevovoda „ogranak Split-istok“ i postojećeg magistralnog cjevovoda (lokacija Strožanac) je  $P=71$  m v.s. ( $P=7$  bara).





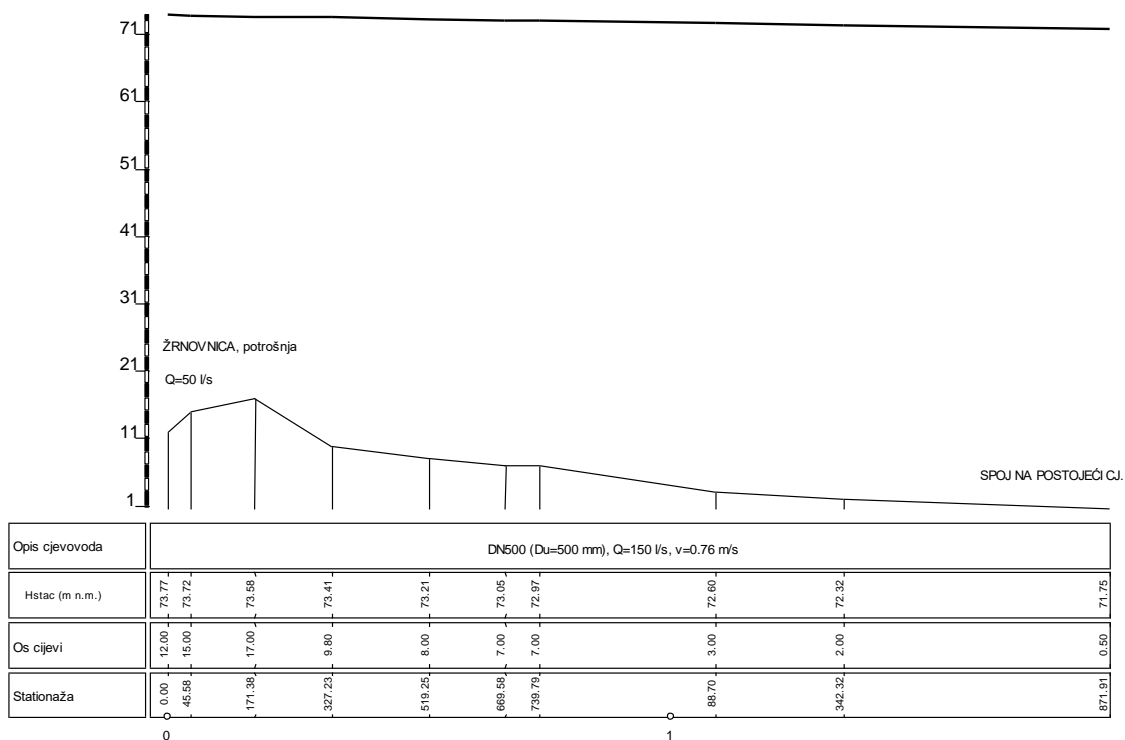


Slika 63: Varijanta 4 – uzdužni profil Đale-Žrnovnica-Stupe, hidraulički proračun



Slika 64: Varijanta 4 – uzdužni profil hidrotehnički tunel „Jadro“ (projekt Aglomeracija Split-Solin)

Uzdužni presjek: OGRANAK SPLIT-ISTOK



Slika 65: Varijanta 4 – uzdužni profil ogranak Split-istok, hidraulički proračun

### 3.4.3 Geomehničke klasifikacije tunela

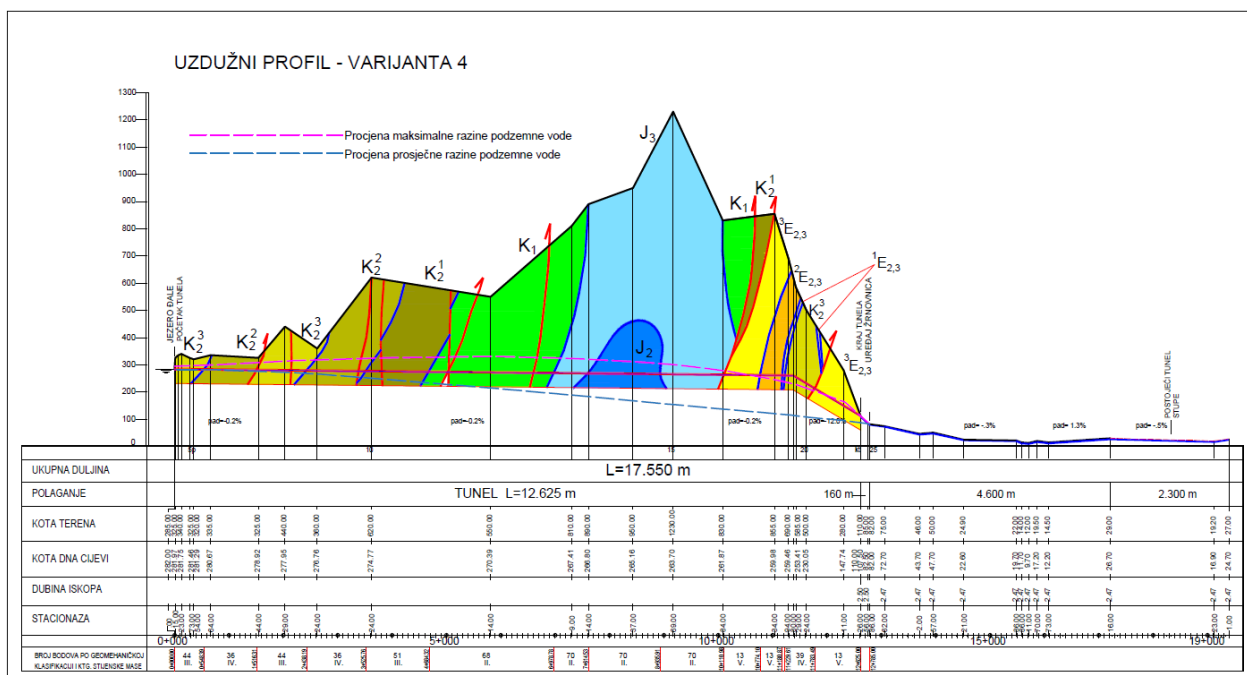
Napomena: Varijanta 4 je identična Varijanti 2 od stac. 0+000.00 do stac. 12+785.00. Zbog toga su klasifikacije stijenske mase za tunel Varijante 4 (prvih 14 dionica) jednake klasifikacijama stijenske mase za tunel Varijante 2 (prvih 14 dionica).

U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 4.

TUNEL VARIJANTE 4					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	548,39	548,39	44	III.
2.	548,39	1516,31	967,92	36	IV.
3.	1516,31	2438,19	921,88	44	III.
4.	2438,19	3525,76	1087,57	36	IV.
5.	3525,76	4684,32	1158,56	51	III.
6.	4684,32	6978,78	2294,46	68	II.
7.	6978,78	7614,53	635,75	70	II.
8.	7614,53	8935,91	1321,38	70	II.
9.	8935,91	10110,98	1175,07	70	II.
10.	10110,98	10774,10	663,12	13	V.
11.	10774,10	11180,87	406,77	13	V.
12.	11180,87	11229,61	48,74	47	III.
13.	11229,61	11783,49	553,88	39	IV.
14.	11783,49	12625,00	841,51	13	V.

TUNEL VARIJANTE 4 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
5426,66	2677,57	2609,37	1911,4	12625,00
42,983	21,208	20,668	15,140	100,000

Tablica 14: Varijanta 4 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel



Slika 66: Varijanta 4 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.4.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 4 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Hidroenergetsko iskorištavanje:**

**- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage** - Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	12 630
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok  $Q_i=2,00 \text{ m}^3/\text{s}$ :

min.kota vode ak.jez. Đale	m n.m.	285
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci sustava	m	16,04
<b>neto pad <math>H_{\text{neto}}</math></b>	<b>m</b>	<b>183,96</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{\text{Neto}} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 3,14 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{\text{neto}}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **25,12 GWh/god.**

#### - Osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećim HE Đale i HE Zakućac), koje bi u tom slučaju imale smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeće elektrane rade 8000 h godišnje.

Postojeće HE	HE Đale	HE Zakućac
H [m]	14,0	247,0
Q [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	2	2
neiskorištena snaga P [MW]	0,24	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE</b> 8000h/god [GWh/god]	<b>1,92</b>	<b>33,88</b>
	Ukupno:	<b>35,80 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 4 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.



## 3.5 VARIJANTA 5: AKUMULACIJA PRANČEVIĆI-JADRO

### 3.5.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Prančevići

**Završna točka dovodnog sustava:** Planirani UKPV Jadro, lokacija Majdan

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir.

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Prančevići –Jadro je ukupne duljine **17,630 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
Varijanta 5	Zahvat Prančevići					
	Pristupni tunel Prančevići		260			
	Hidrotehn. tunel Pran.-Jadro		17.330		2x DN 1000	34.660
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>				
	<b>Prančevići-Jadro</b>	<b>17.630</b>	<b>17.590</b>	<b>40</b>		<b>34.740</b>

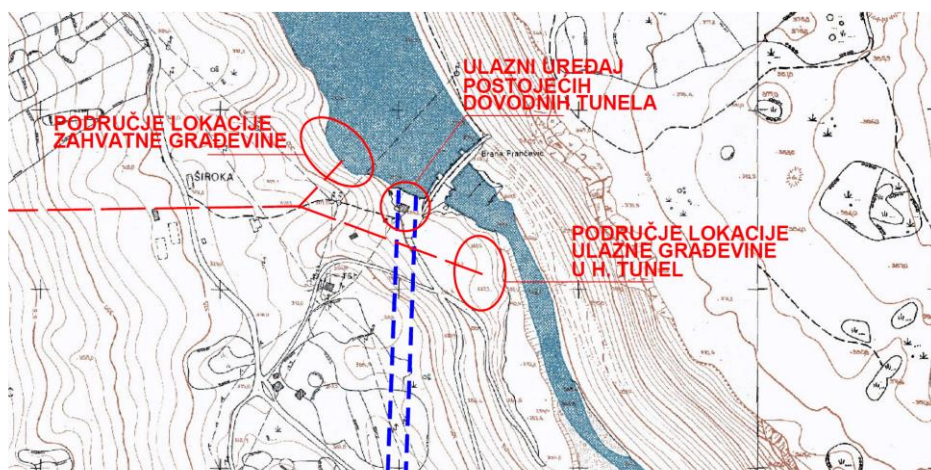
Tablica 15: Varijanta 5 – građevine dovodnog sustava



Slika 67: Varijanta 5 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane MHE Prančevići i postojećih ulaznih građevina dovodnih tunela za HE Zakućac, s polaznom kotom dna cijevi **260.00 mn.m.** Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Na području cca 150 m nizvodno od brane MHE Prančevići, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, za koju treba izvesti priključak na postojeću pristupnu cestu za MHE Prančevići. Pristupni tunel, duljine cca 260 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel.

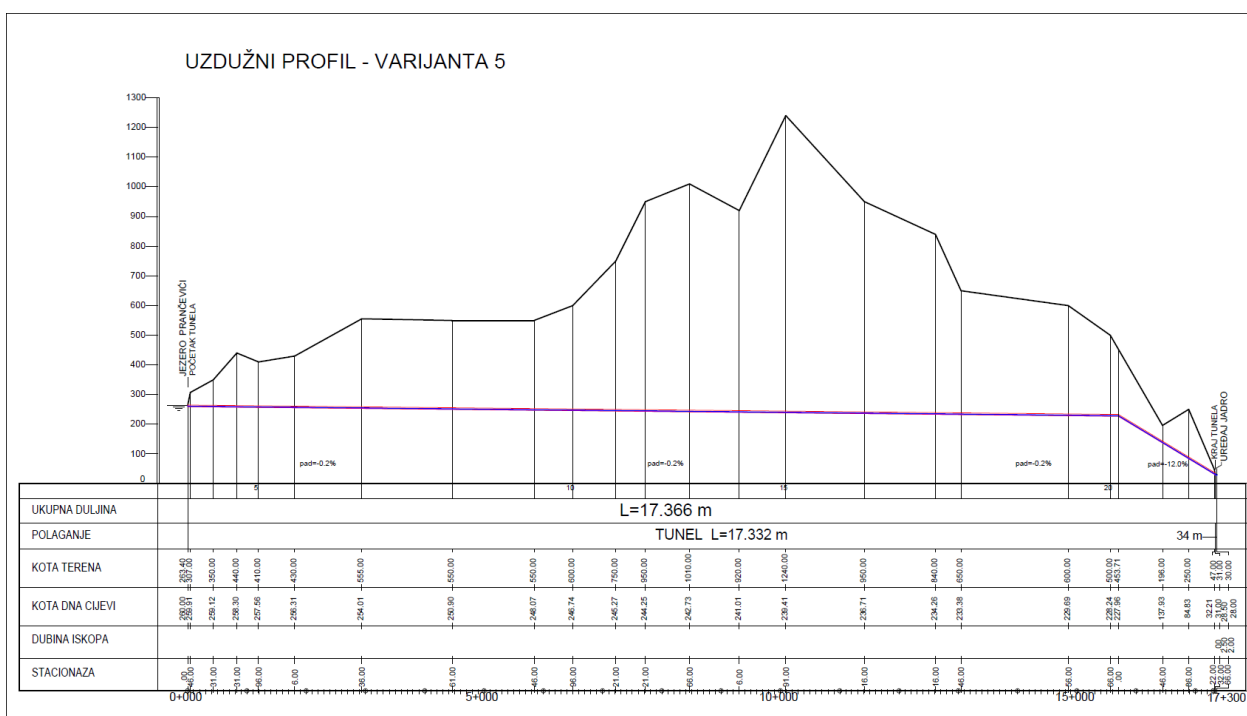


Slika 68: Varijanta 5-lokacija zahvatne građevine iz akumulacije Prančevići i ulazne građevine tunela

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Prančevići-Jadro** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 260 m n.m. (zahvatna građevina). Na stac. km 15+700 kota dna cijevi je na cca 228 m n.m. Tunel završava na stac. km 17+330 s kotom dna cijevi na cca 32 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u nagibu od 0,2 %, u prvom dijelu, do stac. km 15+700. U drugom dijelu je u nagibu 12 %, do izlaza.



### 3.5.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Rubni uvjeti:

- Akumulacija Prančevići razina vode:
  - o Hmin=263,4 m n.m.
  - o Hmax=273 m n.m.
- UKPV Jadro: dotok Qmax=2000 l/s

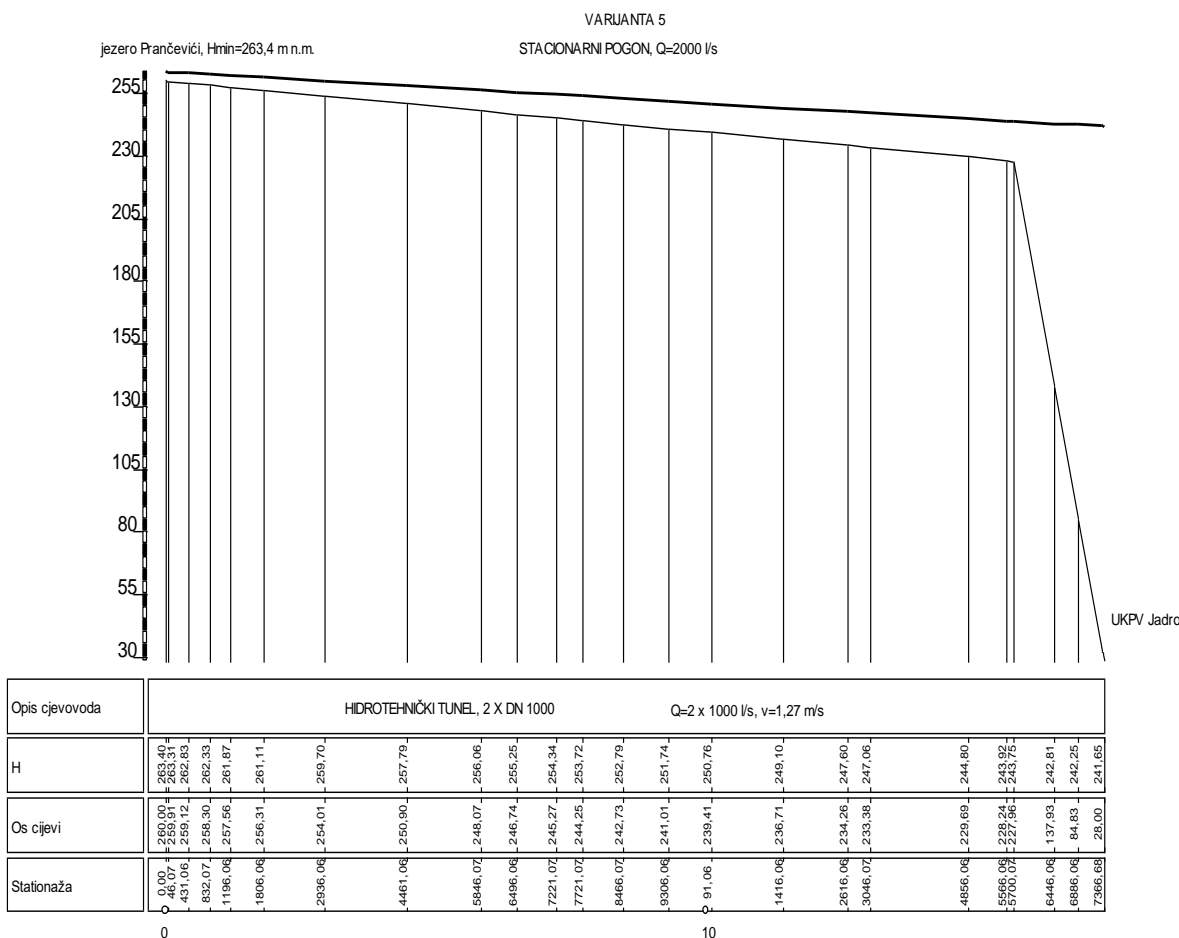
Dimenzionirani cjevovodi:

- Dovodni tunel Prančevići – UKPV Jadro: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera Du=1000 mm (2 X DN1000),
- Modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je k=0.25 mm.

Na idućoj slici prikazan je uzdužni presjek akumulacija Prančevići – UKPV Jadro s piezometarskom visinom za stacionarni pogon prema najnepovoljnijim rubnim uvjetima, Qmax=2000 l/s (2 x1000 l/s), Hmin=263,4 m n.m.

Brzina vode u cjevovodu je v=1.27 m /s.

Prema rezultatima proračuna minimalni dolazni tlak na ulazu u UKPV Jadro je Pmin=213,64 m v.s. (20,9 bara), dok je maksimalni tlak jednak hidrostatičkom Pmax=243 m v.s. (24.3 bara). Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetska potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Jadra. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.





### 3.5.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

**1. Dionica od stac. 0+000.00 do 0+692.28.** Dužina dionice iznosi 692.28 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 145 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (cm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Ovisno o smjeru iskopa u odnosu na nagib diskontinuiteta stanje može biti povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 41 bod - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 0+692.28 do 3+336.80.** Dužina dionice iznosi 2644.52 (m). Nadsloj iznosi od 145 do 297 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/35 i 40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30° do 35°. Dobro.	-5



- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 3+336.80 do 4+115.30.** Dužina dionice iznosi 778.50 (m). Nadsloj iznosi od 297 do 295 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zjjev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 4+115.30 do 6+480.45.** Dužina dionice iznosi 2365.15 (m). Nadsloj iznosi od 295 do 347 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zjjev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 51 bod - III. ktg. stijenske mase

**5. Dionica od stac. 6+480.45 do 8+409.76.** Dužina dionice iznosi 1929.31 (m). Nadsloj iznosi od 347 do 758 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita ( $K_1$ ). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 50°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 71 bod - II. ktg. stijenske mase

**6. Dionica od stac. 8+409.76 do 9+895.59.** Dužina dionice iznosi 1485.83 (m). Nadsloj iznosi od 758 do 674 do 916 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitičnih vapnenaca ( $J_3$ ). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=25/45.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 45°. Dobro do vrlo nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 70 bod - II. ktg. stijenske mase

**7. Dionica od stac. 9+895.59 do 11+222.99.** Dužina dionice iznosi 1327.40 (m). Nadsloj iznosi od 916 do 995 do 750 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih i gromadastih kalkarenita

(J<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=220/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastršenost zidova pukotine:	Neznatno rastršene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**8. Dionica od stac. 11+222.99 do 15+599.43.** Dužina dionice iznosi 4376.44 (m). Nadsloj iznosi od 750 do 255 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitčnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=220/30, 230/35, 260/25 i 240/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastršenost zidova pukotine:	Neznatno rastršene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25° do 35°. Povoljno do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 72 boda - II. ktg. stijenske mase

**9. Dionica od stac. 15+599.43 do 16+006.17.** Dužina dionice iznosi 406.74 (m). Nadsloj iznosi od 255 do 152 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilutita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita (K<sub>1</sub>). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=245/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 68 bodova - II. ktg. stijenske mase

**10. Dionica od stac. 16+006.17 do 16+084.93.** Dužina dionice iznosi 78.76 (m). Nadsloj iznosi od 152 do 132 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca ( $^1E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**11. Dionica od stac. 16+084.93 do 16+663.89.** Dužina dionice iznosi 578.96 (m). Nadsloj iznosi od 132 do 53 do 106 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10



- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**12. Dionica od stac. 16+663.89 do 17+047.68.** Dužina dionice iznosi 383.79 (m). Nadsloj iznosi od 106 do 160 do 104 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabosortiranih polimiktnih vapnenačkih breča (OI). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25-50 MPa.

Broj bodova 12.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 %

Broj bodova 13.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Umjereno rastrošene	3
Ukupno:		14

- podzemna voda: opće stanje "mokro" Broj bodova 7

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 49 boda - III. ktg. stijenske mase

**13. Dionica od stac. 17+047.68 do 17+330.00.** Dužina dionice iznosi 282.32 (m). Nadsloj iznosi od 104 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa.

Broj bodova 2.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 %

Broj bodova 8.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova

kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

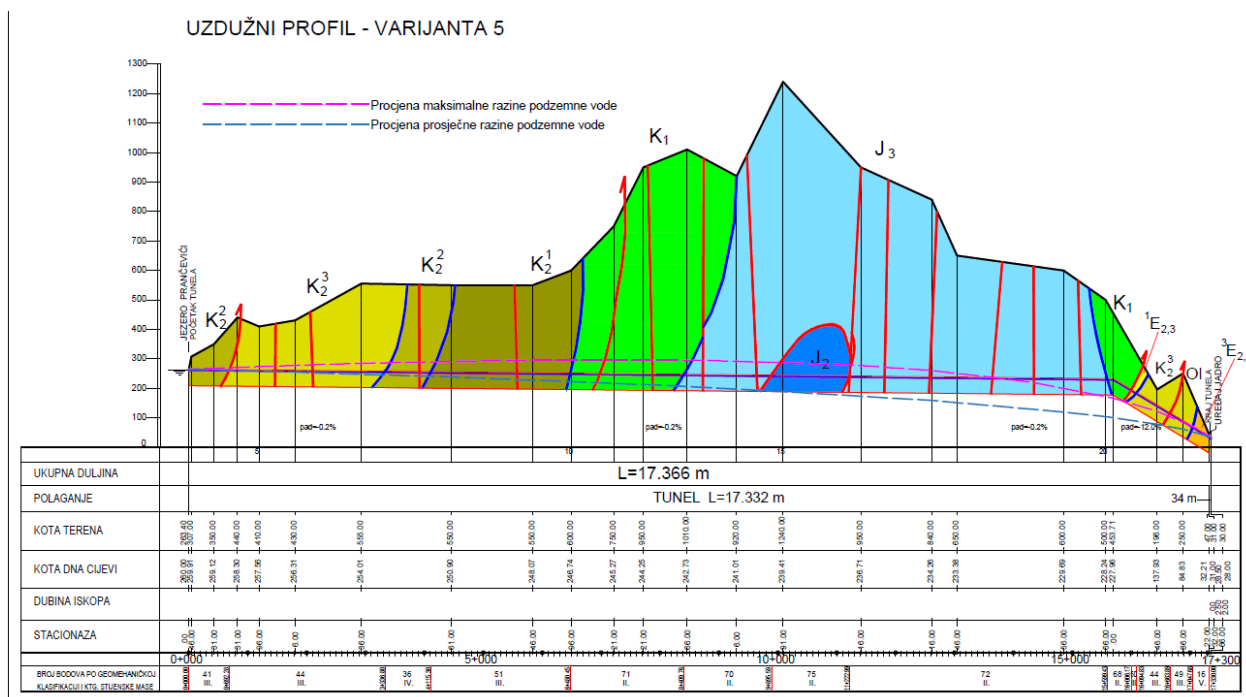
- UKUPNO: 16 bodova - V. klg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel Varijante 5.**

TUNEL VARIJANTE 5					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJSKE MASE
1.	0,00	692,28	692,28	41	III.
2.	692,28	3336,80	2644,52	44	III.
3.	3336,80	4115,30	778,50	36	IV.
4.	4115,30	6480,45	2365,15	51	III.
5.	6480,45	8409,76	1929,31	71	II.
6.	8409,76	9895,59	1485,83	70	II.
7.	9895,59	11222,99	1327,40	75	II.
8.	11222,99	15599,43	4376,44	72	II.
9.	15599,43	16006,17	406,74	68	II.
10.	16006,17	16084,93	78,76	50	III.
11.	16084,93	16663,89	578,96	44	III.
12.	16663,89	17047,68	383,79	49	III.
13.	17047,68	17330,00	282,32	16	V.

TUNEL VARIJANTE 5 KATEGORIJE STIJSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
9525,72	6743,46	778,50	282,32	17330,00
54,967	38,912	4,492	1,629	100,000

Tablica 16: Varijanta 5 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 71: Varijanta 5 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.5.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 5 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela-Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

**Hidroenergetsko iskorištavanje:**

**- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.1.4.

**Pračun instalirane snage**

Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	17 330
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s**:

min.kota vode ak.jez. Prančevići	m n.m.	263,40
geodetska kota HE	m n.m.	32
gubitci sustava	m	22,01
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>209,39</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 3,58 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **28,64 GWh/god.**

#### - Osromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećoj HE Zakućac), koja bi u tom slučaju imala smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeća elektrana radi 8000 h godišnje.

Postojeća HE	HE Zakućac
H [m]	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2
neiskorištena snaga P [MW]	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE 8000h/god [GWh/god]</b>	<b>33,88 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 5 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.



## 3.6 VARIJANTA 6: AKUMULACIJA PRANČEVIĆI- ŽRNOVNICA-JADRO

### 3.6.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Prančevići

**Završna točka dovodnog sustava:** Planirani UKPV Jadro, lokacija Majdan

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:** Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Prančevići – Žrnovnica -Jadro je ukupne duljine **18,48 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

	Građevine	ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
Varijanta 6	Zahvat Prančevići					
	Pristupni tunel Prančevići		260			
	Hidrotehn. tunel Pran.-Žrnovnica		13.290		2x DN 1000	26.580
	cjevovod u terenu			160	2x DN 700	320
	Hidrotehn. tunel Žrnovna.-Jadro		4.730		2x DN 700	9.460
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>				
	<b>Prančevići-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>18.480</b>	<b>18.280</b>	<b>200</b>		<b>36.440</b>

Tablica 17: Varijanta 6 – građevine dovodnog sustava



Slika 72: Varijanta 6 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane MHE Prančevići i postojećih ulaznih građevina dovodnih tunela za HE Zakučac, s polaznom kotom dna cijevi **260.00 mn.m**. Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Na području cca 150 m nizvodno od brane MHE Prančevići, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, za koju treba izvesti priključak na postojeću pristupnu cestu za MHE Prančevići. Pristupni tunel, duljine cca 260 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel. (Slika 68)



- HE Žrnovnica: iskorištenje hidroenergetskog potencijala za protok  $Q_{max}=2000$  l/s, visinska kota donje vode je 85 m n.m.
- UKPV Jadro: dotok  $Q_{max}=2000$  l/s

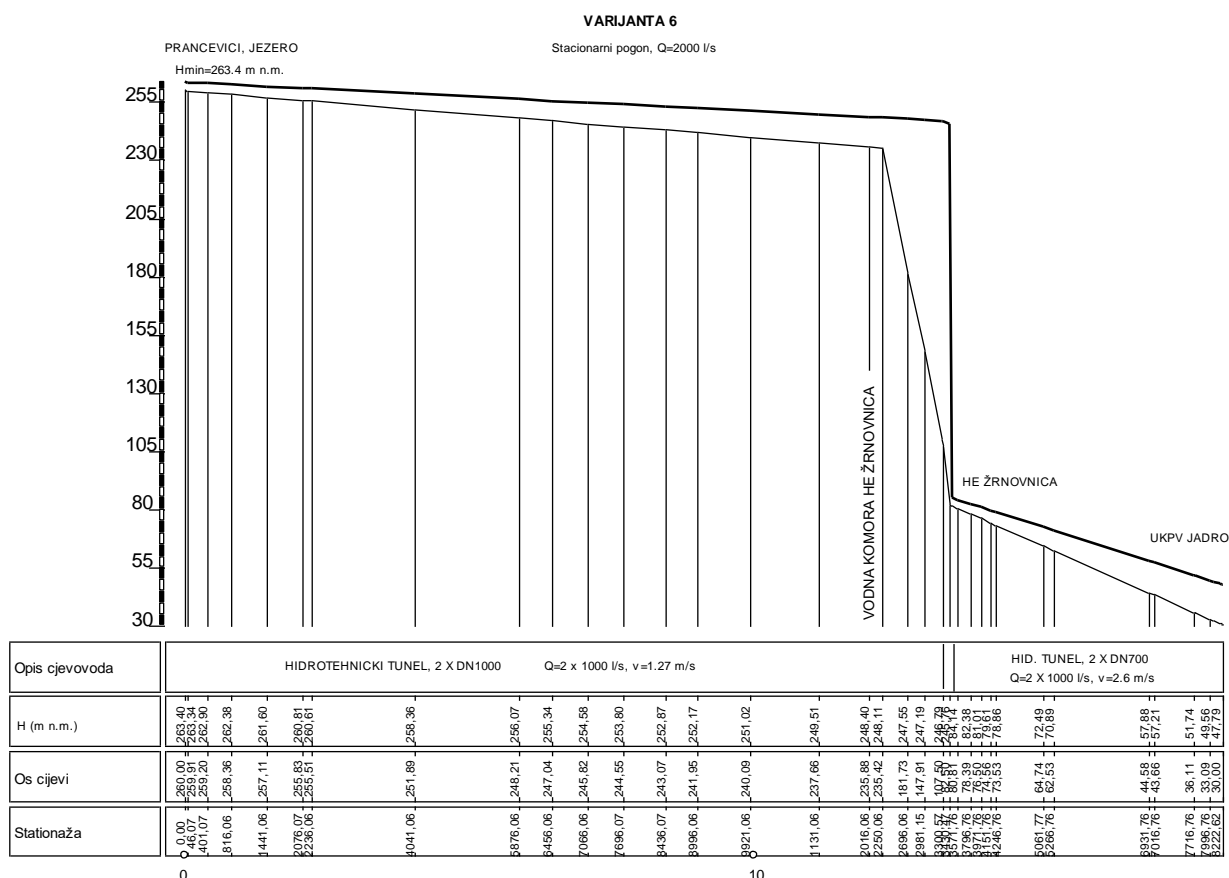
Dimenzionirani cjevovodi:

- dovodni tunel Prančevići – Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $Du=1000$  mm (2 X DN1000),
- prijelaz između dva tunela na lokaciji izvora Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $Du=700$  mm (2 X DN700),
- dovodni tunel Žrnovnica – uređaj UKPV Jadro: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $Du=700$  mm (2 X DN700),
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Na idućoj slici prikazan je uzdužni presjek Prančevići – Žrnovnica – UKPV Jadro s piezometarskom visinom za stacionarni pogon prema najnepovoljnijim rubnim uvjetima,  $Q_{max}=2000$  l/s (2 x 1000 l/s),  $H_{min}=263.4$  m n.m. Brzina vode u cjevovodu DN1000 je  $v=1.27$  m /s, dok je u cjevovodu DN700 brzina  $v=2.60$  m /s.

Prema rezultatima proračuna minimalni dolazni tlak na ulazu u UKPV Jadro je  $P_{min}=17.79$  m v.s. (1.78 bara), dok je maksimalni tlak jednak hidrostatičkom  $P_{max}=55$  m v.s. (5.5 bara) što uvjetuje kota donje vode na izlazu iz HE Žrnovnica. Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetski potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Žrnovnica. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.

Minimalna piezometarska visina ulazu u HE Žrnovnica je  $H_{min}=245.76$  m n.m.



Slika 74: Varijanta 6 – uzdužni profil Prančevići-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun

### 3.6.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

**1. Dionica od stac. 0+000.00 do 0+611.21.** Dužina dionice iznosi 611.21 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 124 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankouslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (cm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Ovisno o smjeru iskopa u odnosu na nagib diskontinuiteta stanje može biti povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 41 bod - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 0+611.21 do 2+613.15.** Dužina dionice iznosi 2001.94 (m). Nadsloj iznosi od 124 do 251 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
-----------------	------	-------------



Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5
---------------------	---	----

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 2+613.15 do 3+972.24.** Dužina dionice iznosi 1359.09 (m). Nadsloj iznosi od 251 do 290 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 3+972.24 do 5+354.92.** Dužina dionice iznosi 1382.68 (m). Nadsloj iznosi od 290 do 367 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°.	-10

	Nepovoljno.	
--	-------------	--

- UKUPNO: 51 bod - III. ktg. stijenske mase

**5. Dionica od stac. 5+354.92 do 7+040.15.** Dužina dionice iznosi 1685.23 (m). Nadsloj iznosi od 367 do 695 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobrouslojenih kalcilutita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita (K<sub>1</sub>). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 % Broj bodova 19.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 50°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 71 bod - II. ktg. stijenske mase

**6. Dionica od stac. 7+040.15 do 7+743.81.** Dužina dionice iznosi 703.66 (m). Nadsloj iznosi od 695 do 864 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=20/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**7. Dionica od stac. 7+743.81 do 9+226.66.** Dužina dionice iznosi 1482.85 (m). Nadsloj iznosi od 864 do 1073 do 994 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih i gromadastih kalkaerita

(J<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=200/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**8. Dionica od stac. 9+226.66 do 10+850.32.** Dužina dionice iznosi 1623.66 (m). Nadsloj iznosi od 994 do 642 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debeloslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=210/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25° do 35°. Povoljno do nepovoljno.	-7

- UKUPNO: 73 boda - II. ktg. stijenske mase

**9. Dionica od stac. 10+850.32 do 12+015.00.** Dužina dionice iznosi 1164.68 (m). Nadsloj iznosi od 642 do 234 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slaboslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita (K<sub>2</sub>). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 56 bodova - III. ktg. stijenske mase

**10. Dionica od stac. 12+015.00 do 12+634.49.** Dužina dionice iznosi 619.49 (m). Nadsloj iznosi od 234 do 145 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**11. Dionica od stac. 12+634.49 do 12+913.37.** Dužina dionice iznosi 278.88 (m). Nadsloj iznosi od 145 do 130 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita (<sup>2</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5



- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°-45°. Dobro do nepovoljno.	-8

- UKUPNO: 13 bodova - V. ktg. stijenske mase

**12. Dionica od stac. 12+913.37 do 12+987.43.** Dužina dionice iznosi 74.06 (m). Nadsloj iznosi od 130 do 122 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca ( $1E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25-50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**13. Dionica od stac. 12+987.43 do 13+290.00.** Dužina dionice iznosi 302.57 (m). Nadsloj iznosi od 122 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50-100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 - 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1

zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**14. Dionica od stac. 13+598.30 do 18+180.00.** Dužina dionice iznosi 4581.70 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 364 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2.3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/50, 10/30, 20/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.  
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.  
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30° do 50°. Dobro.	-5

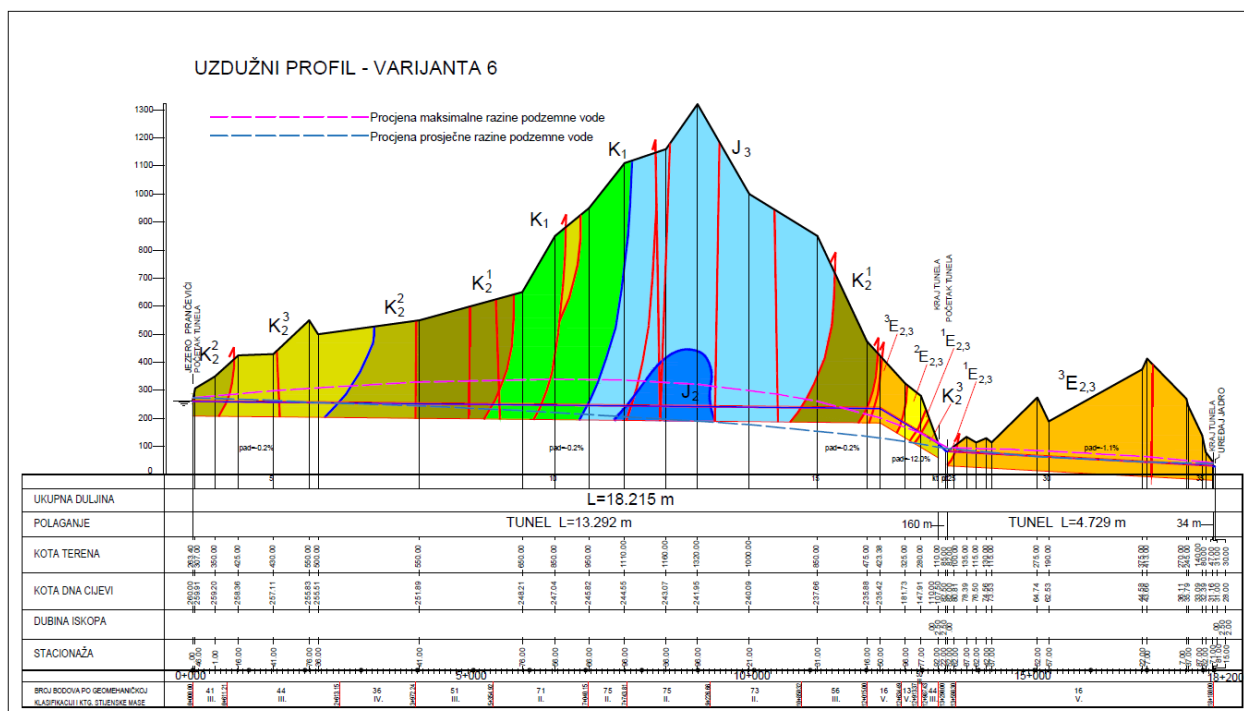
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 6.**

TUNEL VARIJANTE 6					
REDNI BROJ DIONICE	STAC. POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	611,21	611,21	41	III.
2.	611,21	2613,15	2001,94	44	III.
3.	2613,15	3972,24	1359,09	36	IV.
4.	3972,24	5354,92	1382,68	51	III.
5.	5354,92	7040,15	1685,23	71	II.
6.	7040,15	7743,81	703,66	75	II.
7.	7743,81	9226,66	1482,85	75	II.
8.	9226,66	10850,32	1623,66	73	II.
9.	10850,32	12015,00	1164,68	56	III.
10.	12015,00	12634,49	619,49	16	V.
11.	12634,49	12913,37	278,88	13	V.
12.	12913,37	12987,43	74,06	50	III.
13.	12987,43	13290,00	302,57	44	III.
14.	13598,30	18180,00	4581,70	16	V.

TUNEL VARIJANTE 6 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
5495,40	5537,14	1359,09	5480,07	17871,70
30,749	30,983	7,605	30,663	100,000

Tablica 18: Varijanta 6 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 75: Varijanta 6 – Uzdudni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.6.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 6 može biti višenamjenski.**

**Vodoopskrba-prvenstvena namjena:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split – Solin – Kaštela - Trogir

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela-Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

**Hidroenergetsko iskorištavanje:**

**- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage** - Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda

duljina L (m)	m	13 290
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s:**

min.kota vode ak.jez. Prančevići	m n.m.	263,40
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci sustava	m	16,88
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>161,52</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 2,76 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **22,08 GWh/god.**



### - Osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećoj HE Zakućac), koja bi u tom slučaju imala smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeća elektrana radi 8000 h godišnje.

Postojeća HE	HE Zakućac
H [m]	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2
neiskorištena snaga P [MW]	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE 8000h/god [GWh/god]</b>	<b>33,88 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 6 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

## 3.7 VARIJANTA 7: AKUMULACIJA PRANČEVIĆI- ŽRNOVNICA-JADRO, S DOVODOM ZA OMIŠ

### 3.7.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Akumulacijsko jezero Prančevići

**Ključne točke dovodnog sustava:** UKPV Jadro, lokacija Majdan  
UKPV Zagrad, Omiš

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:**

- Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir.
- Mogućnost dovoda vode i u početnu točku Omiškog sustava (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasusnoj komori HE Zakućac)

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Akumulacijsko jezero Prančevići – Žrnovnica -Jadro je ukupne duljine **20,1 km**, a s dovodom za Omiš **25,920 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

Građevine		ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]	
Varijanta 7	Zahvat Prančevići						
	Pristupni tunel Prančevići		260				
	Hidrotehn. tunel Pran.-Žrnovnica		14.910		2x DN 1200	10.260	
					2x DN 1000	19.560	
	cjevovod u terenu			160	2x DN 700	320	
	Hidrotehn. tunel Žrnovn.-Jadro		4.730		2x DN 700	9.460	
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80	
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>					
	<b>Prančevići-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>20.100</b>	<b>19.900</b>	<b>200</b>		<b>39.680</b>	
Hidroteh. tunel Omiš		5.760		2x DN 800	11.520		
cjevovod u terenu			60	2x DN 800	120		
<b>UKPV Zagrad</b>	<b>postojeći</b>						
<b>ogranak za Omiš</b>	<b>5.820</b>	<b>5.760</b>	<b>60</b>		<b>11.640</b>		
<b>SVEUKUPNO:</b>	<b>25.920</b>	<b>25.660</b>	<b>260</b>		<b>51.320</b>		

Tablica 19: Varijanta 7 – građevine dovodnog sustava



Slika 76: Varijanta 7 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je unutar jezera, uzvodno od brane MHE Prančevići i postojećih ulaznih građevina dovodnih tunela za HE Zakučac, s polaznom kotom dna cijevi **260.00 mn.m.** Početna dionica dovoda je tunelski dovod u punom profilu, izveden do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Na području cca 150 m nizvodno od brane MHE Prančevići, smjestit će se ulazna građevina pristupnog tunela, za koju treba izvesti priključak na postojeću pristupnu cestu za MHE Prančevići. Pristupni tunel, duljine cca 260 m, spaja se bočno na hidrotehnički tunel. (Slika 68)

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odzračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

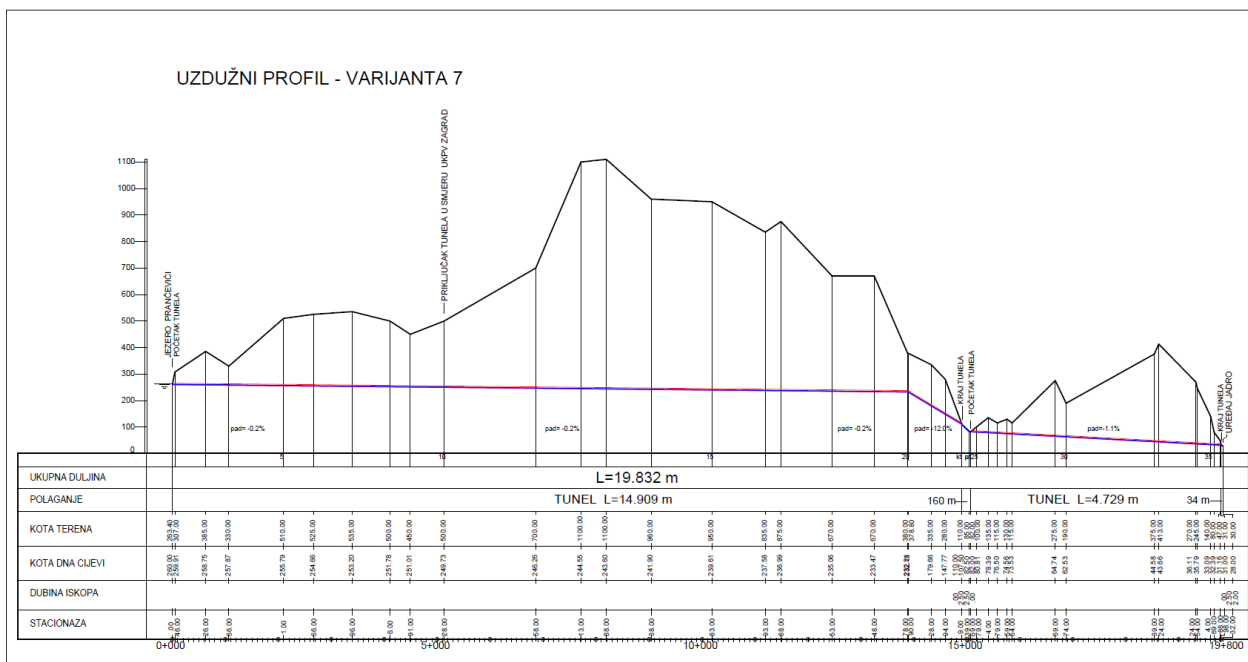
**Dovodni tunel Prančevići-Žrnovnica** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 260 m n.m. (zahvatna građevina). Na stac. km 5+130 odvaja se ogranak prema Omiškom sustavu, s kotom dna cijevi na 249,70 m n.m. Na stac. km 13+890 kota dna cijevi je na 232,50 m n.m. Tunel završava na stac. km 14+910 s kotom dna cijevi na cca 107.50 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u nagibu od 0,2 %, u prvom dijelu, do stac. km 13+890. U drugom dijelu je u nagibu 12 %, do izlaza.

Na području Žrnovnice (zaseok Dvori), u udolini zapadno od lokacije izvora r. Žrnovnice, dovodni cjevovod se vodi terenom do ulazne građevine tunela prema Jadru. (Slika 48)

**Dovodni tunel Žrnovnica-Jadro** započinje na stac. km 15+070 s kotom dna cijevi na 82 m n.m. i završava na stac. km 19+800 s kotom dna cijevi na cca 32 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 1,1 %.



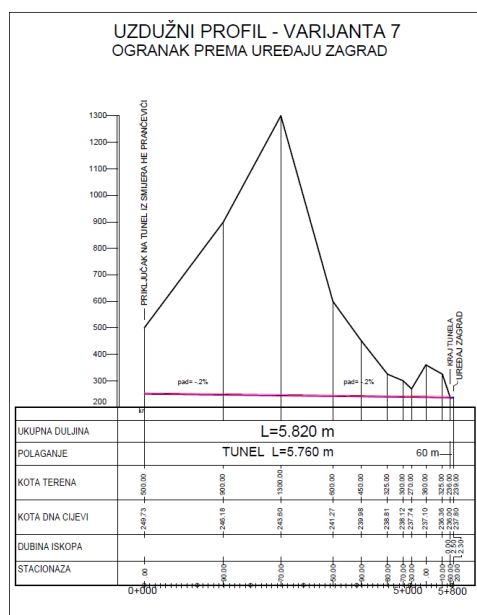
Slika 77: Varijanta 7 – uzdužni profil Prančevići-Žrnovnica-Jadro

Na stac. km 19+800 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od planiranog Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Jadro“, na Majdanu. Rasplet cjevovoda na predmetnoj lokaciji obuhvaća priključak na planirani dovod sirove vode iz Jadra u Uređaj i izvedbu ispusnog/preljevog cjevovoda u rijeku Jadro. (Slika 44)

**Dovodni tunel ogranka prema Omišu** započinje na stac. km 0+000 (glavna stac. km 5+130) s kotom dna cijevi na 249,70 m n.m. i završava na stac. km 5+760 s kotom dna cijevi na cca 236 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 0,24 %.

Na stac. km 5+760 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od postojećeg Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Zagrad“, na koji je potrebno spojiti dovod.



Slika 78: Varijanta 7 – uzdužni profil dovoda prema Omišu



### 3.7.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Rubni uvjeti:

- Akumulacija Prančevići razina vode:
  - o  $H_{min}=263.4$  m n.m.
  - o  $H_{max}=273$  m n.m.
- Uređaj UKPV Zagrad:
  - o  $H_{ulaz}=240$  m n.m.
- UKPV Jadro: dotok  $Q_{max}=2000$  l/s
- UKPV Zagrad: dotok  $Q_{max}=1050$  l/s
- Ukupno zahvaćena količina vode  $Q_{uk}=3050$  l/s
- HE Žrnovnica, protok  $Q=2000$  l/s, kota donje vode 85 m n.m.

Dimenzionirani cjevovodi:

- dionica hidrotehničkog tunela od vodozahvata na akumulaciji Prančevići do priključka (račvanje) za Omiš: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=1200$  mm (2 X DN1200),
- dionica od čvora račvanja do izlaza na lokaciji izvora rijeke Žrnovnice: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=1000$  mm (2 X DN1000),
- Hidrotehnički tunel od čvora priključka (račvanje) za Omiš do izlaza na lokaciji UKPV Zagrad: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=800$  mm (2 X DN800),
- Nakon izlaza iz hidrotehničkog tunela na lokaciji izvora Žrnovnice planira se izvesti hidroelektrana HE Žrnovnica
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Rezultati proračuna prikazani su na uzdužnom presjeku s piezometarskom visinom za stacionarni pogon prema najnepovoljnijim rubnim uvjetima, a to su maksimalni protok i minimalna razina vode na zahvatu. Na slici 4 prikazana je dionica od zahvata na jezeru Prančevići do izvora rijeke Žrnovnice, a na slici 5 je dionica od priključka (račve) hidrotehničkog tunela do UKPV Tunel.

Prva dionica hidrotehničkog tunela dimenzionirana je za ukupno planiranu količinu  $Q=3050$  l/s, brzina vode u svakom cjevovodu je  $v=1.35$  m /s. U 2. dionici (2XDN1000) brzina vode je  $v=1.27$  m/s, dok je u cjevovodu DN800 brzina  $v=1.04$  m /s (tunel za Omiš).

Prema rezultatima proračuna minimalni dolazni tlak na ulazu u **UKPV Zagrad** je  $P_{min}=20.5$  m v.s. (2.05 bara), dok je maksimalni tlak jednak hidrostatičkom  $P_{max}=33$  m v.s. (3.3 bara). Minimalna piezometarska visina na ulazu u uređaj Zagrad je  $H_{min}=251$  m n.m.

Ovako dimenzionirani cjevovodi osiguravaju energetske potencijal za izgradnju hidroelektrane na lokaciji Žrnovnica. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.

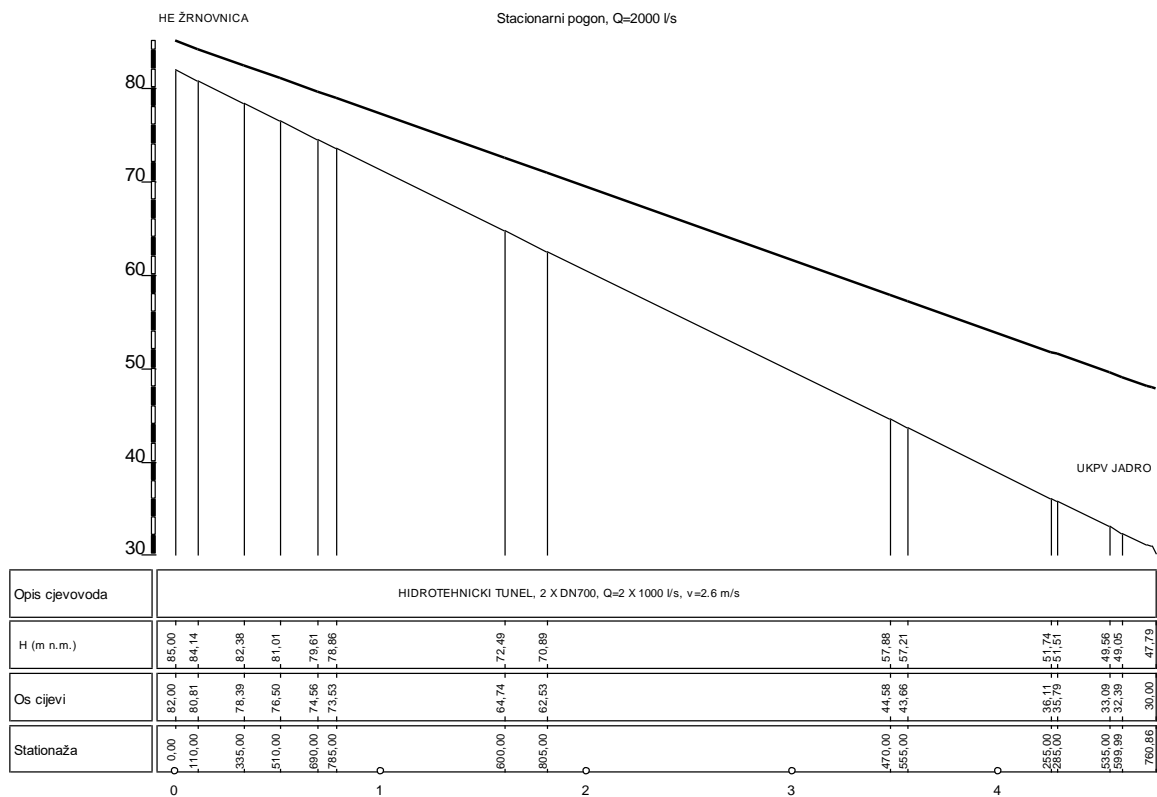
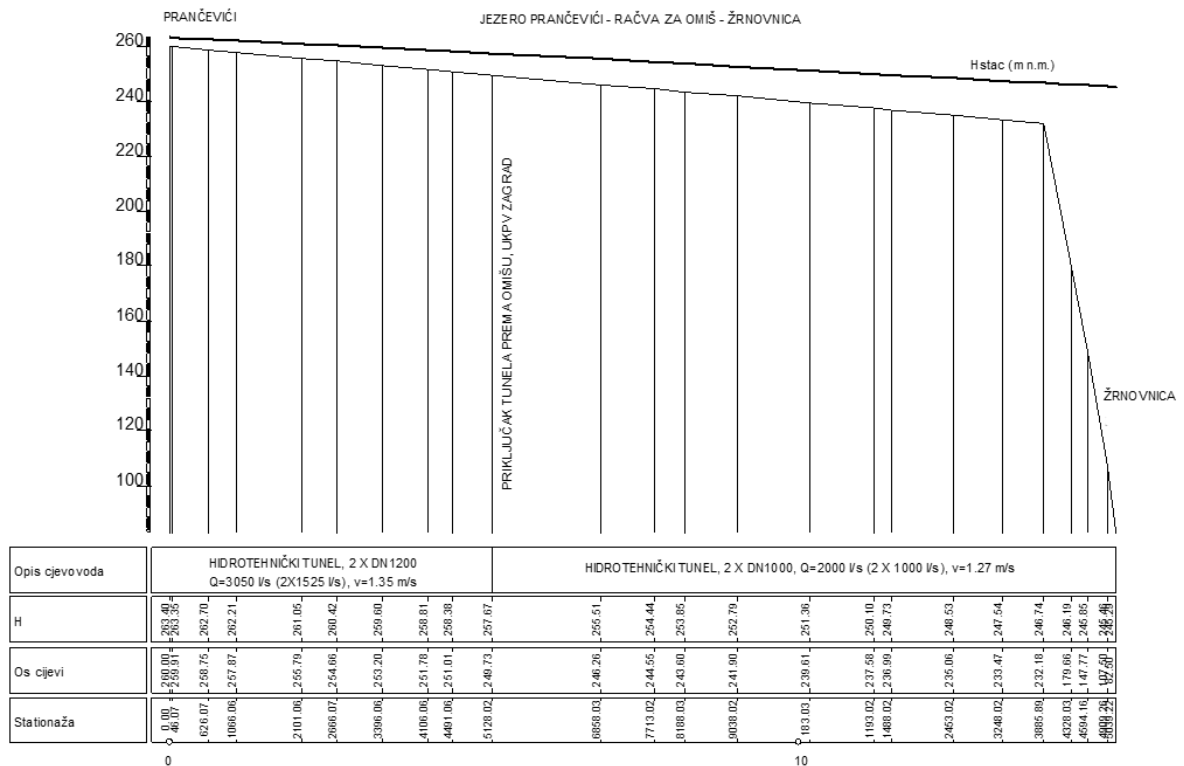
Piezometarska visina na izlazu iz hidrotehničkog tunela Prančevići-Žrnovnica je  $H_{min}=245.4$  m n.m.

Kako je zahvat vode za UKPV Jadro nizvodno od HE Žrnovnica, predtalak na uređaju je  $P=17.79$  m v.s. (1.78 bara), dok je piezometarska visina  $H_{min}=47.79$  m n.m.

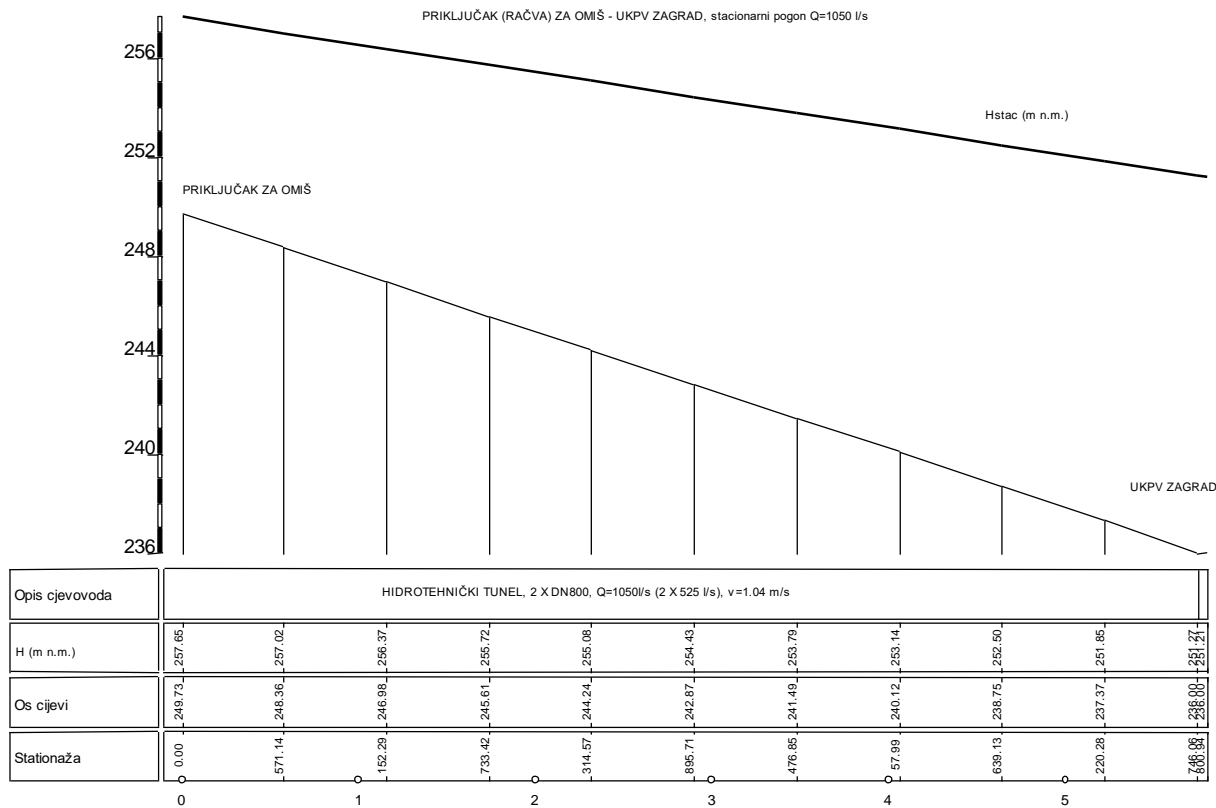
**Dodatak:** Kod ove varijante postoji mogućnost izvođenja odvojenih dovodnih cjevovoda za potrebe Splita ( $Q=2000$  l/s) i Omiša ( $Q=1050$  l/s) u prvoj dionici hidrotehničkog tunela, na duljini  $L=5128$  m od zahvata do račvanja za Omiš. Kako bi piezometarska visina u čvoru grananja ostala ista (ili s odstupanjem +/- 1 m) dimenzije cjevovoda su:

- dovodni cjevovod za Split: 1 x DN1400 ( $D_u=1400$  mm), brzina vode  $v=1.3$  m/s

- dovodni cjevovod za Omiš: 1 x DN1000 (Du=1000 mm), brzina vode v=1.34 m/s
- ostale dionice cjevovoda su kao u prethodnom opisu



Slika 79: Varijanta 7 – uzdužni profil Prančevići-priključak za Omiš-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun



Slika 80: Varijanta 7 – uzdužni profil priključak za Omiš – UKPV Zagrad, hidraulički proračun

### 3.7.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

**1. Dionica od stac. 0+000.00 do 0+378.87.** Dužina dionice iznosi 378.87 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 88 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankoslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (cm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunnelsku os, s nagibom od 30°. Ovisno o smjeru iskopa u odnosu na nagib diskontinuiteta stanje može biti povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 41 bod - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 0+378.87 do 0+433.22.** Dužina dionice iznosi 54.35 (m). Nadsloj iznosi od 88 do 95 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih vapnenaca (E<sub>1,2</sub>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=55/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 0+433.22 do 2+218.66.** Dužina dionice iznosi 1785.44 (m). Nadsloj iznosi od 95 do 252 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita (K<sub>2</sub><sup>3</sup>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 2+218.66 do 3+607.32.** Dužina dionice iznosi 1388.66 (m). Nadsloj iznosi od 252 do 277 do 267 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankouslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita (K<sub>2</sub><sup>2</sup>). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 -



50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 36 bodova - IV. ktg. stijenske mase

**5. Dionica od stac. 3+607.32 do 4+542.41.** Dužina dionice iznosi 935.09 (m). Nadsloj iznosi od 267 do 198 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/20.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
<b>Ukupno:</b>		<b>6</b>

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20°. Povoljno do nepovoljno	-7

- UKUPNO: 14 bodova - V. ktg. stijenske mase

**6. Dionica od stac. 4+542.41 do 5+204.15.** Dužina dionice iznosi 661.74 (m). Nadsloj iznosi od 198 do 255 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/20.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**7. Dionica od stac. 5+204.15 do 5+309.41.** Dužina dionice iznosi 105.26 (m). Nadsloj iznosi od 255 do 266 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage tankouslojenih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^2$ ). RQD je procijenjen na 60 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–5 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm) i od 60 - 200 (mm).	7

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 41 bod - III. ktg. stijenske mase

**8. Dionica od stac. 5+309.41 do 6+790.72.** Dužina dionice iznosi 1481.31 (m). Nadsloj iznosi od 266 do 440 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=70/25.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje"

Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 25°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 51 bod - III. ktg. stijenske mase

**9. Dionica od stac. 6+790.72 do 7+024.01.** Dužina dionice iznosi 233.29 (m). Nadsloj iznosi od 440 do 525 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage dobroslojenih kalcilita, grumoloznih vapnenaca i kalkarenita (K<sub>1</sub>). RQD je procijenjen na 90 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa.

Broj bodova 12.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 i 90 - 100 %

Broj bodova 19.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	0.1-1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>20</b>

- podzemna voda: opće stanje "vlažno"

Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 50°. Ovisno o smjeru iskopa ocjena je povoljno do nepovoljno. Usvaja se dobro.	-5

- UKUPNO: 71 bod - II. ktg. stijenske mase

**10. Dionica od stac. 7+024.01 do 10+329.12.** Dužina dionice iznosi 3305.11 (m). Nadsloj iznosi od 525 do 861 do 689 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debeloslojenih oolitičnih vapnenaca (J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=215/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa.

Broj bodova 12.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 %

Broj bodova 20.

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
-----------------	------------------------	-------------

Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17
---------------------	-----------------------------	----

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>21</b>

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**11. Dionica od stac. 10+329.12 do 11+307.71.** Dužina dionice iznosi 978.59 (m). Nadsloj iznosi od 689 do 608 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=25/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50-100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 - 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>18</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 56 bodova - III. ktg. stijenske mase

**12. Dionica od stac. 11+307.71 do 12+181.68.** Dužina dionice iznosi 873.97 (m). Nadsloj iznosi od 608 do 487 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50-100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 - 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj



		bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**13. Dionica od stac. 12+181.68 do 13+836.81.** Dužina dionice iznosi 1655.13 (m). Nadsloj iznosi od 487 do 162 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
<b>Ukupno:</b>		<b>6</b>

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**14. Dionica od stac. 13+836.81 do 14+198.03.** Dužina dionice iznosi 361.22 (m). Nadsloj iznosi od 162 do 148 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita (<sup>2</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1

ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°-45°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**15. Dionica od stac. 14+198.03 do 14+287.52.** Dužina dionice iznosi 89.49 (m). Nadsloj iznosi od 148 do 150 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca ( $^1E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25-50 MPa. Broj bodova 4.  
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.  
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**16. Dionica od stac. 14+287.52 do 14+752.80.** Dužina dionice iznosi 465.28 (m). Nadsloj iznosi od 150 do 61 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50-100 MPa. Broj bodova 7.  
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.  
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 - 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5

Ukupno:		15
---------	--	----

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**17. Dionica od stac. 14+752.80 do 14+910.00.** Dužina dionice iznosi 157.20 (m). Nadsloj iznosi od 61 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca ( $1E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=45/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**18. Dionica od stac. 15+070.00 do 19+800.00.** Dužina dionice iznosi 4730.00 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 364 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/50, 10/30, 20/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u	-5

odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30° do 50°. Dobro.

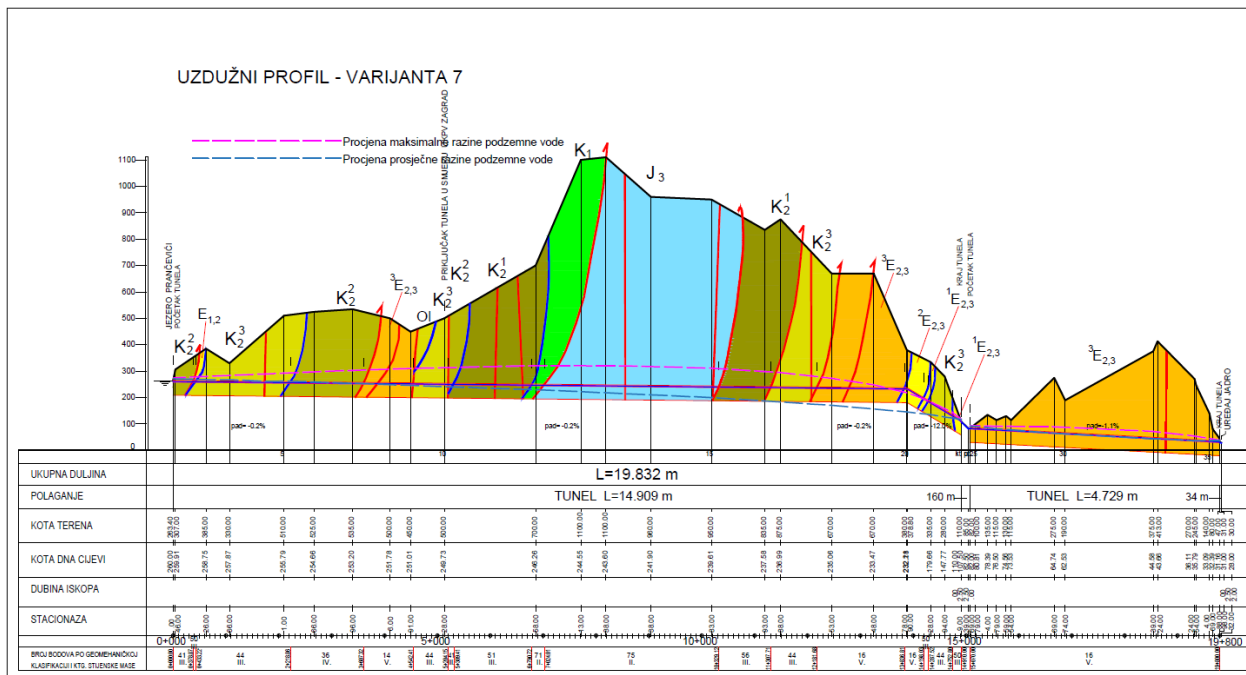
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel Varijante 7.

TUNEL VARIJANTE 7					
REDNI BROJ DIONICE	STAC. POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	0,00	378,87	378,87	41	III.
2.	378,87	433,22	54,35	50	III.
3.	433,22	2218,66	1785,44	44	III.
4.	2218,66	3607,32	1388,66	36	IV.
5.	3607,32	4542,41	935,09	14	V.
6.	4542,41	5204,15	661,74	44	III.
7.	5204,15	5309,41	105,26	41	III.
8.	5309,41	6790,72	1481,31	51	III.
9.	6790,72	7024,01	233,29	71	II.
10.	7024,01	10329,12	3305,11	75	II.
11.	10329,12	11307,71	978,59	56	III.
12.	11307,71	12181,68	873,97	44	III.
13.	12181,68	13836,81	1655,13	16	V.
14.	13836,81	14198,03	361,22	16	V.
15.	14198,03	14287,52	89,49	50	III.
16.	14287,52	14752,80	465,28	44	III.
17.	14752,80	14910,00	157,20	50	III.
18.	15070,00	19800,00	4730,00	16	V.

TUNEL VARIJANTE 7 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
3538,40	7031,50	1388,66	7681,44	19640,00
18,016	35,802	7,071	39,111	100,000

Tablica 20: Varijanta 7- Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



Slika 81: Varijanta 7 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel



**Ogranak - 1. Dionica od stac. 0+000.00 do 0+701.03.** Dužina dionice iznosi 701.03 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 435 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=50/35.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 35°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 56 bodova - III. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 2. Dionica od stac. 0+701.03 do 1+887.29.** Dužina dionice iznosi 1186.26 (m). Nadsloj iznosi od 435 do 797 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih do gromadastih, bioakumuliranih i kristaliziranih vapnenaca i sitnozrnatih dolomita ( $K_2^1$ ). RQD je procijenjen na 85 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=220/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 75 – 90 % Broj bodova 17.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm).	15

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrd < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		18

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno do koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 65°. Vrlo nepovoljno.	-12

- UKUPNO: 49 bod - III. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 3. Dionica od stac. 1+887.29 do 2+386.06.** Dužina dionice iznosi 498.77 (m). Nadsloj iznosi od 797 do 982 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage debelouslojenih oolitičnih vapnenaca

(J<sub>3</sub>). RQD je procijenjen na 95 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 100 - 250 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=210/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 100–250 MPa. Broj bodova 12.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 90 - 100 % Broj bodova 20.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (cm) i > 200 (cm).	17

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 m	2
zijeve pukotine:	< 0.1 mm	5
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		21

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 50°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 75 bodova - II. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 4. Dionica od stac. 2+386.06 do 3+064.97.** Dužina dionice iznosi 678.91 (m). Nadslaj iznosi od 982 do 1051 do 700 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita (K<sub>2</sub><sup>3</sup>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=20/60 i 20/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 - 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 - 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijeve pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 60° do 65°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 5. Dionica od stac. 3+064.97 do 3+316.69.** Dužina dionice iznosi 251.72 (m). Nadslaj iznosi od 700 do 519 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita (E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.

- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 65°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 6. Dionica od stac. 3+316.69 do 3+442.35.** Dužina dionice iznosi 125.66 (m). Nadslaj iznosi od 519 do 430 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca (I<sub>E2.3</sub>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 65°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 7. Dionica od stac. 3+442.35 do 4+302.93.** Dužina dionice iznosi 860.58 (m). Nadslaj iznosi od 430 do 151 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita (K<sub>2</sub><sup>3</sup>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=30/20.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meki < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20°. Nepovoljno.	-10

- UKUPNO: 39 boda - IV. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 8. Dionica od stac. 4+302.93 do 4+902.90.** Dužina dionice iznosi 599.97 (m). Nadslj iznosi od 151 do 50 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
<b>Ukupno:</b>		<b>6</b>

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 9. Dionica od stac. 4+902.90 do 5+118.60.** Dužina dionice iznosi 215.70 (m). Nadslj iznosi od 50 do 27 do 57 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita ( $^2E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0



hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 65°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 10. Dionica od stac. 5+118.60 do 5+265.52.** Dužina dionice iznosi 146.92 (m). Nadsloj iznosi od 57 do 106 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage breča s fragmentima foraminiferskog vapnenca (I<sub>E2,3</sub>). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 25 - 50 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/65.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 25–50 MPa. Broj bodova 4.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	60 - 200 (mm)	8

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	0.1 - 1 mm	4
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm	4
rastrošenost zidova pukotine:	umjereno rastrošene	3
Ukupno:		20

- podzemna voda: opće stanje "vlažno" Broj bodova 10
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 50 bodova - III. ktg. stijenske mase

**Ogranak - 11. Dionica od stac. 5+265.52 do 5+760.00.** Dužina dionice iznosi 494.48 (m). Nadsloj iznosi od 106 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/40.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost		

zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom koso do okomito u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

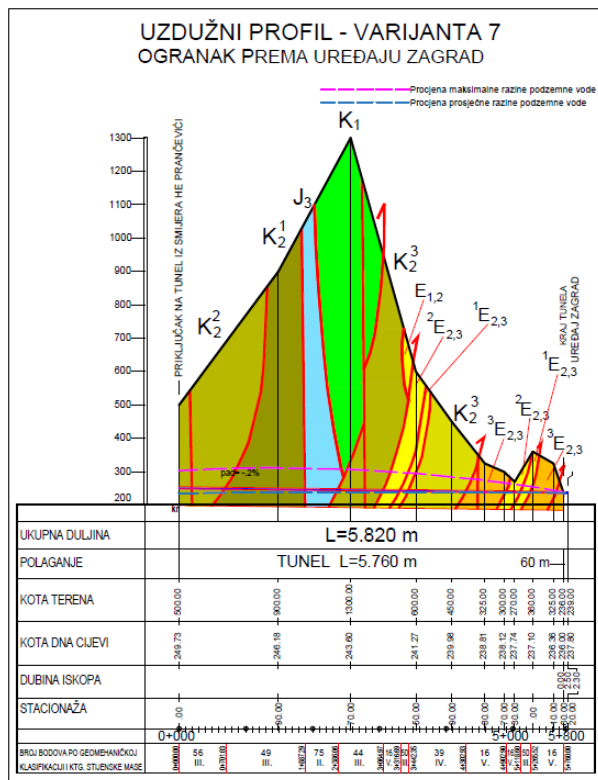
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 7 - ogranak prema Uređaju Zagrad.**

TUNEL VARIJANTE 7-a - ogranak prema uređaju Zagrad					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJSKE MASE
1.	0,00	701,03	701,03	56	III.
2.	701,03	1887,29	1186,26	49	III.
3.	1887,29	2386,06	498,77	75	II.
4.	2386,06	3064,97	678,91	44	III.
5.	3064,97	3316,69	251,72	16	V.
6.	3316,69	3442,35	125,66	50	III.
7.	3442,35	4302,93	860,58	39	IV.
8.	4302,93	4902,90	599,97	16	V.
9.	4902,90	5118,60	215,70	16	V.
10.	5118,60	5265,52	146,92	50	III.
11.	5265,52	5760,00	494,48	16	V.

TUNEL VARIJANTE 7-a - ogranak prema uređaju Zagrad				
KATEGORIJE STIJSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
498,77	2838,78	860,58	1561,87	5760,00
8,659	49,284	14,941	27,116	100,000

Tablica 21: Varijanta 7 ogr. - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel



Slika 82: Varijanta 7 ogr. - Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehaničkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.7.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 7 može biti višenamjenski.**

#### Vodoopskrba:

**Osnovni cilj:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split–Solina–Kaštela–Trogir

**Dodatna mogućnost:** Dovod 1050 l/s u početnu točku sustava Omiš–Brač–Hvar–Šolta–Vis (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasunskoj komori HE Zakućac)

**Navodnjavanje:** Dovod dodatne količine vode za potrebe navodnjavanja područja Kaštela–Trogir Seget, s ciljem rasterećenja izvora rijeke Jadro, kao mogućeg zahvata dodatne količine vode za navodnjavanje, uz zahvaćanje vode za vodoopskrbu.

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

#### Hidroenergetsko iskorištavanje:

##### - Moguća godišnja proizvodnja električne energije

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage** - Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda:

Cjevovodi zajedničkog hidrotehničkog tunela

duljina L (m)	m	5,130
promjer D (mm)	mm	1200
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	1,13
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,50

Cjevovodi hidrotehničkog tunela Žrnovnica

duljina L (m)	m	9,775
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s:**

min.kota vode ak.jez. Prančevići	m n.m.	263,40
geodetska kota HE	m n.m.	85

gubitci zajedničkog hidrotehničkog tunela	m	5,64
gubitci hidrotehničkog tunela Žrnovnica	m	12,41
<b>neto pad <math>H_{neto}</math></b>	<b>m</b>	<b>160,34</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 2,74 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **21,92 GWh/god.**

#### - Osromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećoj HE Zakućac), koja bi u tom slučaju imala smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeća elektrana radi 8000 h godišnje.

Postojeća HE	HE Zakućac
H [m]	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2
neiskorištena snaga P [MW]	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE 8000h/god [GWh/god]</b>	<b>33,88 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 7 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

## 3.8 VARIJANTA 8: GATA-ŽRNOVNICA-JADRO (H. TUNEL), S DOVODOM ZA OMIŠ

### 3.8.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Dovodni tunel Prančevići-Zakućac, lokacija Gata

**Ključne točke dovodnog sustava:** UKPV Jadro, lokacija Majdan  
UKPV Zagrad, Omiš

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:**

- Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir.
- Mogućnost dovoda vode i u početnu točku Omiškog sustava (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasunskoj komori HE Zakućac)

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Gata – Žrnovnica - Jadro je ukupne duljine **17,8 km**, a s dovodom za Omiš **18,360 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

Građevine		ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]
<b>Varijanta 8</b>	<b>Zahvat Gata</b>					
	Hidroteh. tunel Gata		625		1x DN 1400 1x1100*	625
	cjevovod u terenu			65	2x DN 1100	130
	Hidrotehn. tunel Gata-Žrnovnica		12.240		2x DN 700	24.480
	cjevovod u terenu			100	2x DN 700	200
	Hidrotehn. tunel Žrnovn.-Jadro		4.730		2x DN 700	9.460
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>				
	<b>Gata-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>17.800</b>	17.595	205		<b>34.975</b>
	Hidroteh. tunel Omiš*		520		2x DN 700	1.040
	cjevovod u terenu*			40	2x DN 700	80
	<b>UKPV Zagrad*</b>	<b>postojeći</b>				
	<b>ogranak za Omiš</b>	<b>560</b>	520	40		<b>1.120</b>
	<b>UKUPNO:</b>	<b>18.360</b>	18.115	245		<b>36.095</b>
	Napomena: *nije sastavni dio rješenja za dovod prema području Splita					

Tablica 22: Varijanta 8 – građevine dovodnog sustava

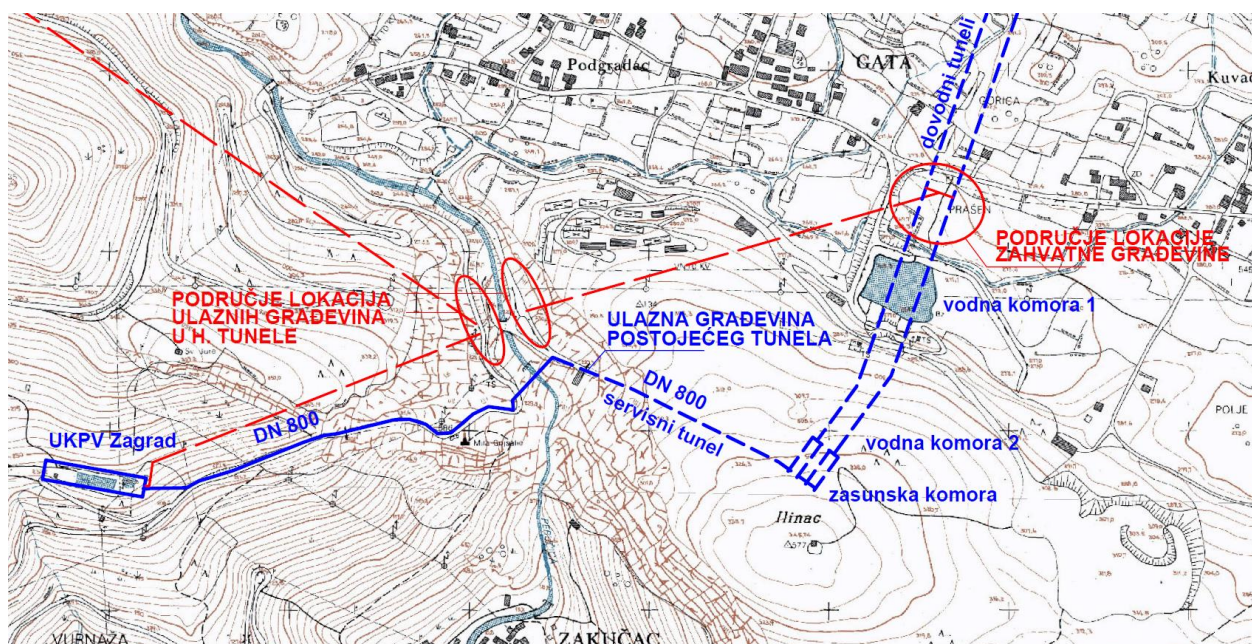




Slika 83: Varijanta 8 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je na lokaciji Gata, na dovodnim tunelima Prančevići-Zakućac, uzvodno od dviju vodosprema. Zahvat obuhvaća izgradnju ogranaka iz postojećih dva dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara, s polaznom kotom dna cijevi cca **232.00 mn.m.** Ogranci trebaju biti tunnelski dovodi u punom profilu, izvedeni do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela „Gata“ smjestit će se u području postojeće pristupne ceste za ulaznu građevinu postojećeg tunela do zasunske komore HE Zakućac. Na istom području smjestit će se i ulazna građevina nastavka dovoda - hidrotehničkog tunela „Žrnovnica“.



Slika 84: Varijanta 8-lokacija zahvatne građevine iz dovoda u Gatima i ulaznih građevina tunela



Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Gata** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 232 m n.m. (zahvatna građevina) i završava na stac. km 0+625 s kotom dna cijevi na cca 225 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 0,4 %.

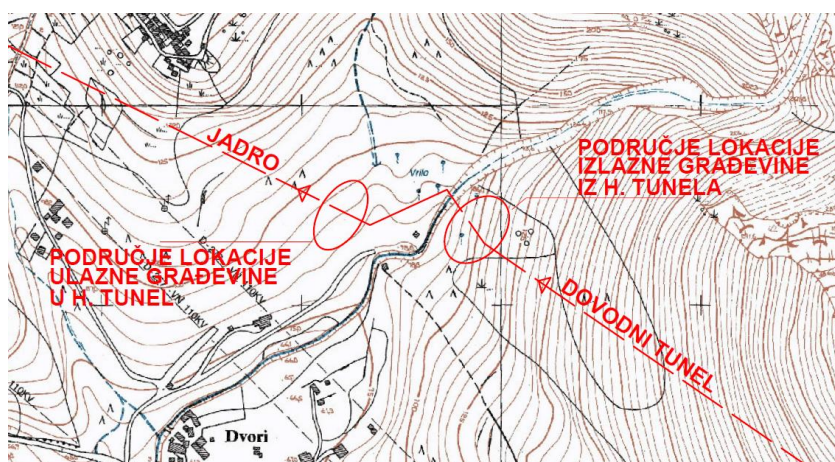
Na izlazu iz tunela potrebno je terenski prijeći korito potoka i ceste.

Iz te točke postavljene su 2 povarijante, ovisno o mogućnostima vođenja dijela trase terenom.

**Dovodni tunel Gata-Žrnovnica** započinje na stac. km 0+690 s kotom dna cijevi na 222 m n.m. i završava na stac. km 12+930 s kotom dna cijevi na cca 90 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 1,1 %.

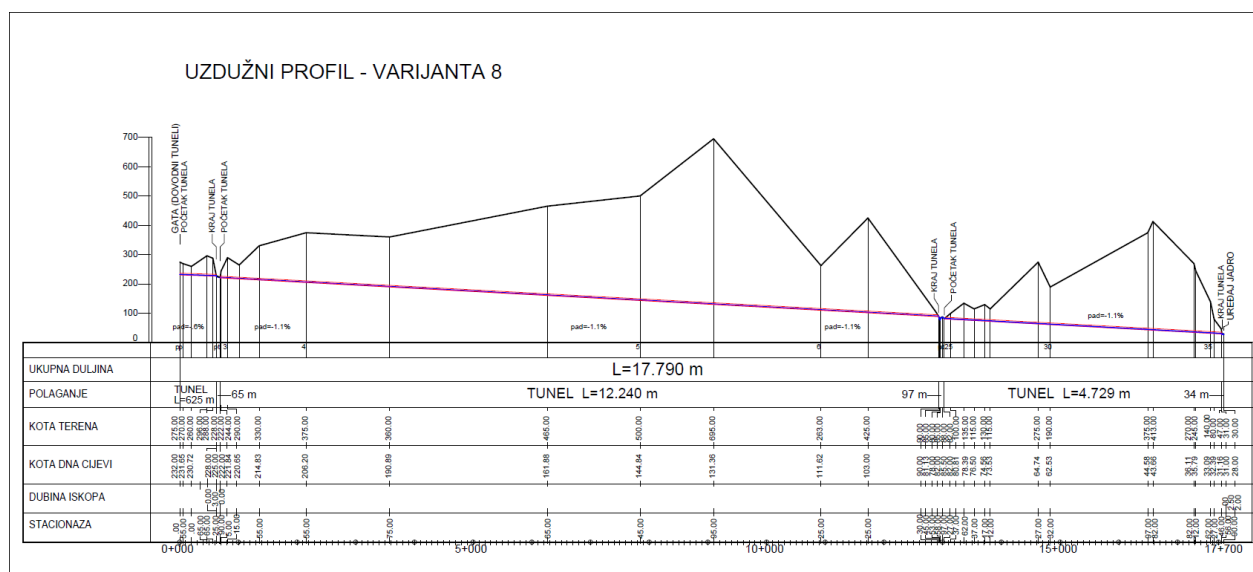
Na području Žrnovnice (zasek Dvori), u udolini zapadno od lokacije izvora r. Žrnovnice, dovodni cjevovod se vodi terenom do ulazne građevine tunela prema Jadru.



Slika 85: Varijanta 8 - lokacija izlaznih/ulaznih građevina tunela na području izv. Žrnovnice

**Dovodni tunel Žrnovnica-Jadro** započinje na stac. km 13+030 s kotom dna cijevi na 82 m n.m. i završava na stac. km 17+760 s kotom dna cijevi na cca 32 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 1,1 %.



Slika 86: Varijanta 8 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro

Na stac. km 17+760 smještena je izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od planiranog Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Jadro“, na Majdanu. Rasplet cjevovoda na predmetnoj lokaciji obuhvaća priključak na planirani dovod sirove vode iz Jadra u Uređaj i izvedbu ispusnog/preljevog cjevovoda u rijeku Jadro. (Slika 44)

**Dovodni tunel ogranka prema Omišu** započinje na stac. km 0+000 (glavna stac. km 0+690), s kotom dna cijevi na 222 m n.m. i završava na stac. km 0+520, s kotom dna cijevi na 237,8 m n.m. gdje je smještena izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od postojećeg Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Zagrad“, na koji je potrebno spojiti dovod.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 3,5 %.

### 3.8.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Rubni uvjeti:

- Gata (dovodni tunel HE Zakučac):
  - o  $H_{min}=247$  m n.m.
- UKPV Jadro: protok  $Q_{max}=2000$  l/s
- UKPV Zagrad: protok  $Q_{max}=1050$  l/s
- Ukupno zahvaćena količina vode  $Q_{uk}=3050$  l/s
- HE Žrnovnica, protok  $Q=2000$  l/s, kota donje vode 85 m n.m.

U ovoj varijanti odabrani su manje profile cjevovoda s većom brzinom tečenja. Zbog veće brzine tečenja nastaje veći gubitak energije i piezometarska linija ima veći nagib. Dodatna ograničenja za dimenzioniranje cjevovoda su u funkciji osiguranja potrebnog predtlaka na uređajima za preradu vode. Minimalne piezometarske visine na uređajima bile bi sljedeće:

- o UKPV Jadro je objekt koji je u fazi projektiranja i kako bi se bilo na strani sigurnosti određuje se minimalni predtlak na ulazu od 1 bara:  $H_{min}=40$  m n.m. (Zuređaj + 1 bar)
- o UKPV Zagrad je postojeći uređaj te je piezometarska kota na ulazu određena prema postojećoj koti preljeva iznad filtarskih polja:  $H_{min}=241.3$  m n.m.

Dimenzionirani cjevovodi:

- Prva dionica je od zahvata u Gatima (dovodni tuneli) do spoja cjevovoda za UKPV Zagrad: dva paralelna cjevovoda od čega jedan služi za dobavu vode na UKPV Jadro, a drugi za dovod vode na uređaj Zagrad. Cjevovod za UKPV Jadro je unutarnjeg promjera  $D_u=1400$  mm (1 X DN1400), a cjevovod za UKPV Zagrad je unutarnjeg promjera  $D_u=1100$  mm (1 X DN1100),
- druga dionica je od spoja cjevovoda za UKPV Zagrad (Omiš) do izlaza iz hidrotehničkog tunela na lokaciji izvora Žrnovnica: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (2 X DN700),
- na lokaciji izvora Žrnovnica, gdje cjevovod nije u hidrotehničkom tunelu, planirani su cjevovodi 2 X DN700,
- na dionici hidrotehničkog tunela Žrnovnica – uređaj UKPV Jadro planirana su dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=700$  mm (2 X DN700),
- cjevovodi za UKPV Zagrad su 2 X DN700 (dio je u hidrotehničkom tunelu a dio trasa po terenu),
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

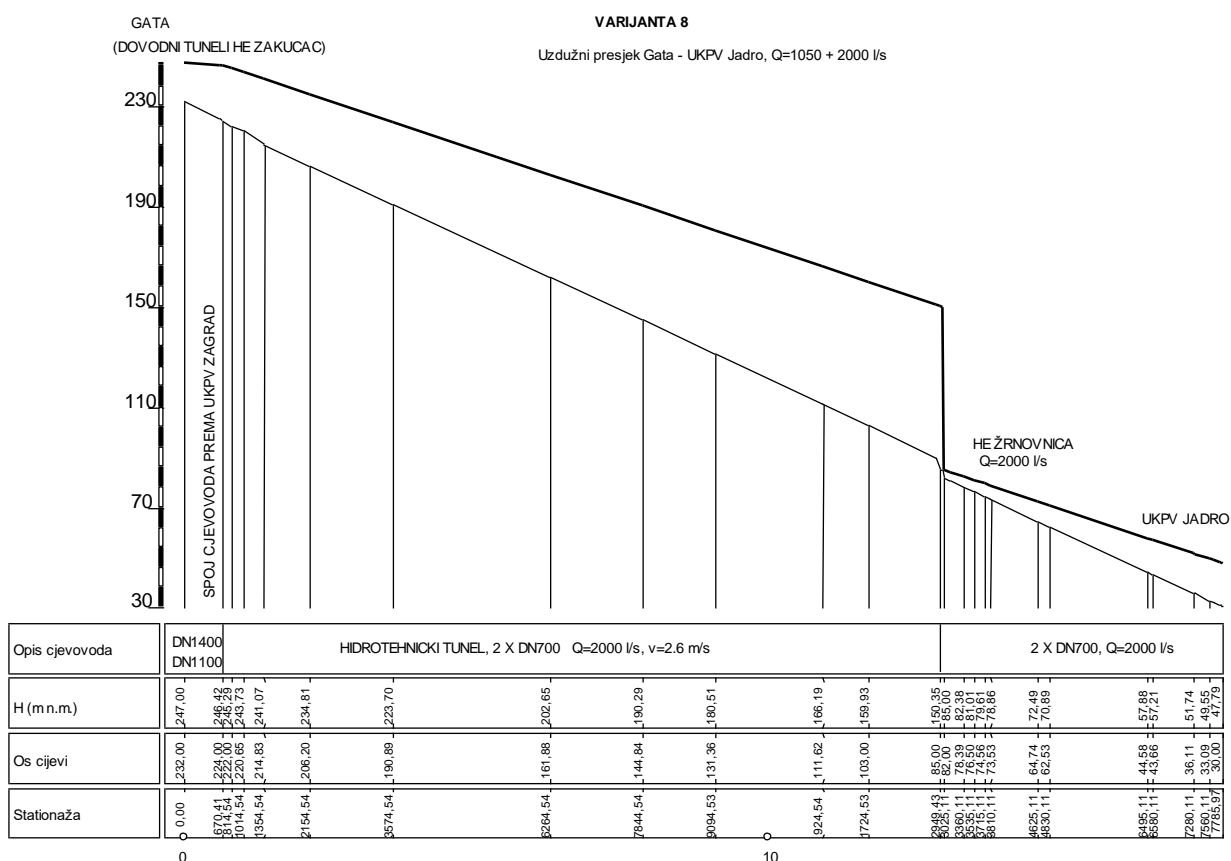
Na idućoj slici prikazan je uzdužni presjek Gata – Žrnovnica – UKPV Jadro s piezometarskom visinom za stacionarni pogon prema najnepovoljnijim rubnim uvjetima,  $H_{min}=247$  m n.m.

Brzina vode u cjevovodu DN1400 za protok  $Q=2000$  l/s je  $v=1.30$  m /s. Brzina vode u cjevovodu DN1100 za protok  $Q=1050$  l/s je  $v=1.34$  m /s. Brzina vode u cjevovodu DN700 za protok  $Q=1000$  l/s je  $v=2.60$  m /s (za UKPV Jadro). U cjevovodima DN700 za Omiš ( $Q=2 \times 525$  l/s) brzina vode je  $v=1.36$  m /s.

Kod ovako dimenzioniranih cjevovoda energetski potencijal za hidroelektranu HE Žrnovnica je minimalan. Piezometarska visina na ulazu u HE Žrnovnica je  $H_{min}=150.35$  m n.m., a kota donje vode na izlazu je 85 m n.m.

Kako je zahvat vode za UKPV Jadro nizvodno od HE Žrnovnica, predtalak na uređaju je  $P=17.79$  m v.s. (1.78 bara), dok je piezometarska visina  $H_{min}=47.79$  m n.m.

Minimalna piezometarska visina na ulazu u UKPV Zagrad (Omiš) je  $H_{model}=245.16$  m n.m., što je 3.8 m iznad kote preljeva kod filtarskih polja.



Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
<b>Ukupno:</b>		<b>15</b>

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20° do 25°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 12+697.53 do 12+799.25.** Dužina dionice iznosi 101.72 (m). Nadsloj iznosi od 59 do 31 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage tankoslojevitih kalkarenita ( $2E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
<b>Ukupno:</b>		<b>6</b>

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 30°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 12+799.25 do 12+930.00.** Dužina dionice iznosi 130.75 (m). Nadsloj iznosi od 31 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5-25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 - 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1



ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**4. Dionica od stac. 13+025.00 do 17+755.00.** Dužina dionice iznosi 4730.00 (m). Nadsloj iznosi od 5 364 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita (<sup>3</sup>E<sub>2,3</sub>). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30, 20/30, 30/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.  
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.  
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0  
- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

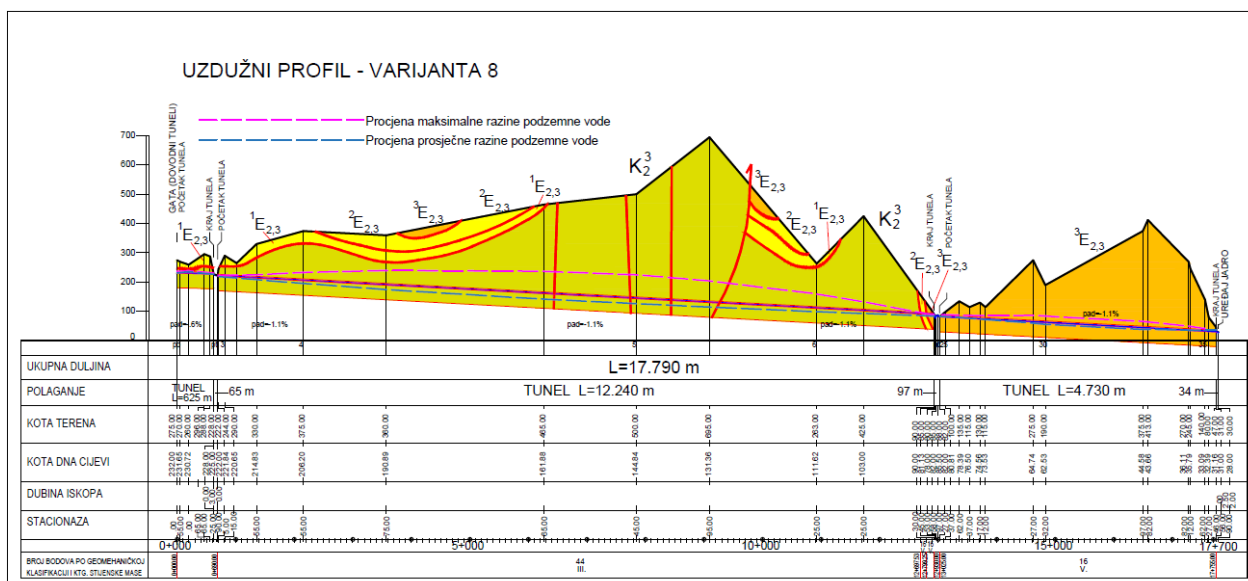
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 8.**

TUNEL VARIJANTE 8					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	690,00	12697,53	12007,53	44	III.
2.	12697,53	12799,25	101,72	16	V.
3.	12799,25	12930,00	130,75	16	V.
4.	13025,00	17755,00	4730,00	16	V.

TUNEL VARIJANTE 8 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
0,00	12007,53	0,00	4962,47	16970,00
0,000	70,757	0,000	29,243	100,000

Tablica 23: Varijanta 8 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel



Slika 88: Varijanta 8 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. ktg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.8.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 8 može biti višenamjenski.**

#### Vodopostroba:

**Osnovni cilj:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodopostrobnog sustava Split–Solim–Kaštela–Trogir

**Dodatna mogućnost:** Dovod 1050 l/s u početnu točku sustava Omiš–Brač–Hvar–Šolta–Vis (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasusnoj komori HE Zakućac)

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

#### Hidroenergetsko iskorištavanje:

##### - Moguća godišnja proizvodnja električne energije

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage** - Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda:

### Cjevovodi zajedničkog hidrotehničkog tunela

duljina L (m)	m	700
promjer D (mm)	mm	1200
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	1,13
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	2,0

### Cjevovodi hidrotehničkog tunela Žrnovnica

duljina L (m)	m	12,240
promjer D (mm)	mm	700
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,385
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s**:

min.kota vode u d.tunelu u Gatima	m n.m.	247
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci zajedničkog hidrotehničkog tunela	m	1,365
gubitci hidrotehničkog tunela Žrnovnica	m	97,92
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>62,71</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 1,07 \text{ (MW)}$$

- $P_i$  (MW) - nominalna snaga agregata  
 $Q_i$  (m<sup>3</sup>/s) - protok jednog agregata  
 $\eta_T = 0,92$  - iskoristivost turbine  
 $\eta_G = 0,95$  - iskoristivost generatora  
 $H_{neto}$  (m) - neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **8,6 GWh/god.**

### - Osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osiromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećoj HE Zakućac), koja bi u tom slučaju imala smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeća elektrana radi 8000 h godišnje.

Postojeća HE	HE Zakućac
H [m]	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2
neiskorištena snaga P [MW]	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE 8000h/god [GWh/god]</b>	<b>33,88 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 8 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

## 3.9 VARIJANTA 9: GATA-ŽRNOVNICA-JADRO (DIJELOM H.TUNEL, DIJELOM U TERENU), S DOVODOM ZA OMIŠ

### 3.9.1 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Dovodni tunel Prančevići-Zakućac, lokacija Gata

**Ključne točke dovodnog sustava:** UKPV Jadro, lokacija Majdan  
UKPV Zagrad, Omiš

Napomena: Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive prikazan je na situaciji informativno, kao planirana građevina postojećeg sustava (poglavlje 2.1.2.1.), ali nije nužan za ovo tehničko rješenje.

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:**

- Dovod vode u početnu točku postojećeg vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir.
- Mogućnost dovoda vode i u početnu točku Omiškog sustava (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasunskoj komori HE Zakućac)

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Gata – Žrnovnica - Jadro je ukupne duljine **18,290 km**, a s dovodom za Omiš **18,850 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

Varijante 8 i 9 se razlikuju utoliko što se u Varijanti 9 dio trase vodi terenom, pa je hidrotehnički tunel kraći.

Građevine		ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]	profil cj. DN [mm]	duljina cj. L [m]	
Varijanta 9	<b>Zahvat Gata</b>						
	Hidroteh. tunel Gata		625		1x DN 1400 1x1100*	625	
	cjevovod u terenu			65	2x DN 1100	130	
	Hidrotehn. tunel Gata-D.Sitno		10.200		2x DN 1000	20.400	
	cjevovod u terenu D.Sitno-Žrnovn.			2.630	1x DN 1000	2.630	
	Hidrotehn. tunel Žrnovn.-Jadro		4.730		2x DN 700	9.460	
	cjevovod u terenu			40	2x DN 700	80	
	<b>UKPV Jadro</b>	<b>Planirani dio postojećeg sustava</b>					
	<b>Gata-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>18.290</b>	<b>15.555</b>	<b>2.735</b>		<b>33.325</b>	
	Hidroteh. tunel Omiš*		520		2x DN 700	1.040	
	cjevovod u terenu*			40	2x DN 700	80	
	<b>UKPV Zagrad*</b>	<b>postojeći</b>					
	<b>ogranak za Omiš</b>	<b>560</b>	<b>520</b>	<b>40</b>		<b>1.120</b>	
<b>UKUPNO:</b>	<b>18.850</b>	<b>16.075</b>	<b>2.775</b>		<b>34.445</b>		
Napomena: *nije sastavni dio rješenja za dovod prema području Splita							

Tablica 24: Varijanta 9 – građevine dovodnog sustava





Slika 89: Varijanta 9 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je na lokaciji Gata, na dovodnim tunelima Prančevići-Zakučac, uzvodno od dviju vodosprema. Zahvat obuhvaća izgradnju ogranaka iz postojeća dva dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara, s polaznom kotom dna cijevi cca **232.00 mn.m.** Ogranci trebaju biti tunnelski dovodi u punom profilu, izvedeni do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela „Gata“ smjestit će se u području postojeće pristupne ceste za ulaznu građevinu postojećeg tunela do zasunske komore HE Zakučac. Na istom području smjestit će se i ulazna građevina nastavka dovoda - hidrotehničkog tunela „Žrnovnica“ (Slika 84).

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odzračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).

**Dovodni tunel Gata** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 232 m n.m. (zahvatna građevina) i završava na stac. km 0+625 s kotom dna cijevi na cca 225 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 0,4 %.

Na izlazu iz tunela potrebno je terenski prijeći korito potoka i ceste.

Iz te točke postavljene su 2 povarijante, ovisno o mogućnostima vođenja dijela trase terenom.

**Dovodni tunel Gata-D.Sitno** započinje na stac. km 0+690 s kotom dna cijevi na 222 m n.m. Tunel završava na stac. km 10+890 s kotom dna cijevi na cca 197,50 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 0,2%.

Na izlazu iz tunela cjevovod dovoda se vodi terenom, od stac. km 10+890 do 13+520, dijelom niz brdsku padinu i dijelom uz cestu, do Žrnovnice, i dalje do ulazne građevine tunela prema Jadru.





### 3.9.2 Hidraulički proračun

U nastavku slijedi osnovni hidraulički proračun na modelu od početne točke zahvata do krajnje točke uklapanja, za stacionarno pogonsko stanje s osnovnim dimenzioniranjem građevina.

Varijanta 9 ima istu lokaciju vodozahvata kao i Varijanta 8, a modelirani sljedeći najnepovoljniji rubni uvjeti:

- Gata (dovodni tunel HE Zakučac):
  - o  $H_{Gata\_min}=247$  m n.m.
- UKPV Jadro: protok  $Q_{max}=2000$  l/s
- UKPV Zagrad: protok  $Q_{max}=1050$  l/s
- Ukupno zahvaćena količina vode  $Q_{uk}=3050$  l/s

Minimalne piezometarske visine na uređajima za preradu vode, koje trebaju osigurati uredan pogon uređaja su sljedeće:

- o UKPV Jadro je objekt koji je u fazi projektiranja i kako bi se bilo na strani sigurnosti određuje se minimalni predtlak na ulazu od 1 bara:  $H_{min}=40$  m n.m. (Zuređaj + 1 bar)
- o UKPV Zagrad je postojeći uređaj te je piezometarska kota na ulazu određena prema postojećoj koti preljeva iznad filtarskih polja:  $H_{min}=241.3$  m n.m.

Na lokaciji izvora rijeke Žrnovnice planira se HE Žrnovnica s instaliranim protokom  $Q=2000$  l/s, a kota donje vode je 85 m n.m.

U Varijanti 9 u odnosu na Varijantu 8 planirana je manja dužina hidrotehničkog tunela, dok je značajno veća dužina cjevovoda koja bi se polagala uz postojeću prometnicu.

Dimenzionirani cjevovodi:

- prva dionica je od zahvata u Gatima (dovodni tuneli) do spoja cjevovoda za UKPV Zagrad: dva paralelna cjevovoda od čega jedan služi za dobavu vode na UKPV Jadro, a drugi za dovod vode na uređaj Zagrad. Cjevovod za UKPV Jadro je unutarnjeg promjera  $D_u=1400$  mm (1 X DN1400), a cjevovod za UKPV Zagrad je unutarnjeg promjera  $D_u=1100$  mm (1 X DN1100),
- dionica od račvanja za Omiš do izlaza i hidrotehničkog tunela na lokaciji naselja D. Sitno: dva paralelna cjevovoda pojedinačnog unutarnjeg promjera  $D_u=1000$  mm (2 X DN1000),
- dionica od naselja D. Sitno do izvora rijeke Žrnovnica, gdje cjevovod nije u hidrotehničkom tunelu, planiran je jedan cjevovod DN1000,
- modelirana pogonska hrapavost cjevovoda je  $k=0.25$  mm.

Zbog visoke kote na izlazu iz hidrotehničkog tunela nije moguće dimenzionirati manji profil cjevovoda unutar samog hidrotehničkog tunela.

Na idućoj slici prikazan je uzdužni presjek Gata – Žrnovnica s piezometarskim visinama za stacionarni pogon prema modeliranim rubnim uvjetima,  $H_{Gata\_min}=247$  m n.m.

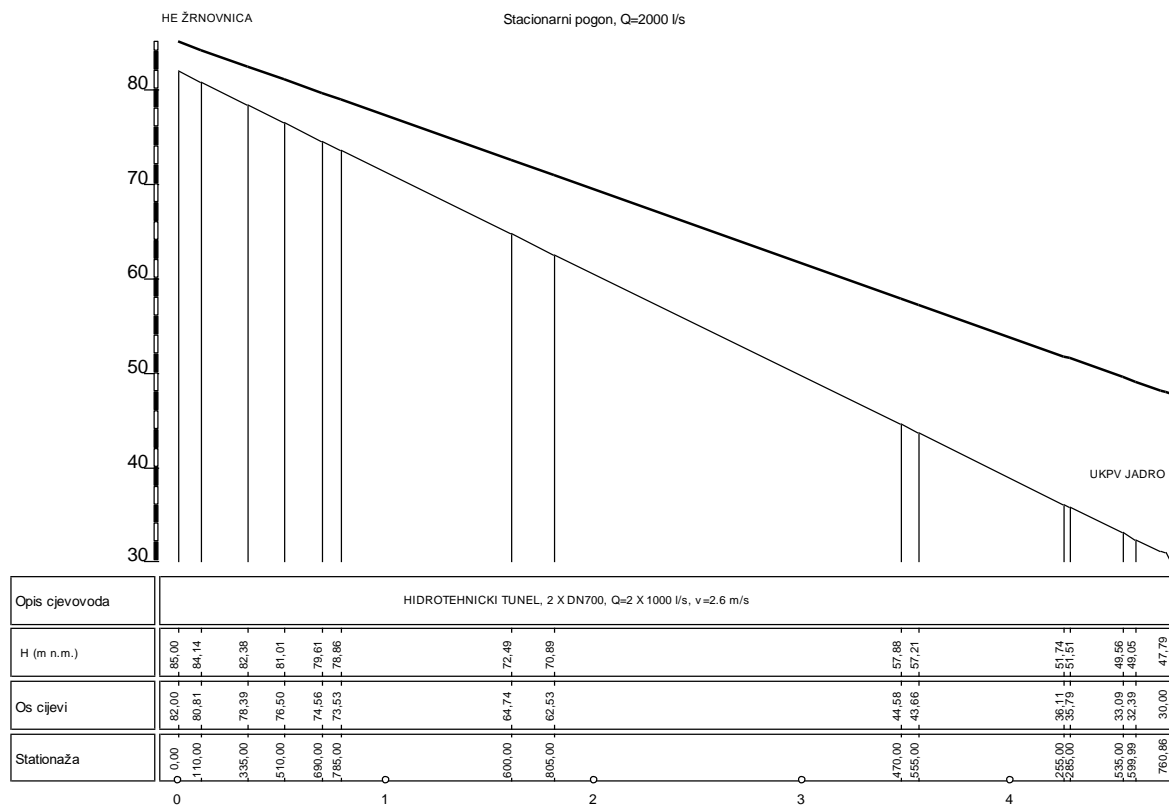
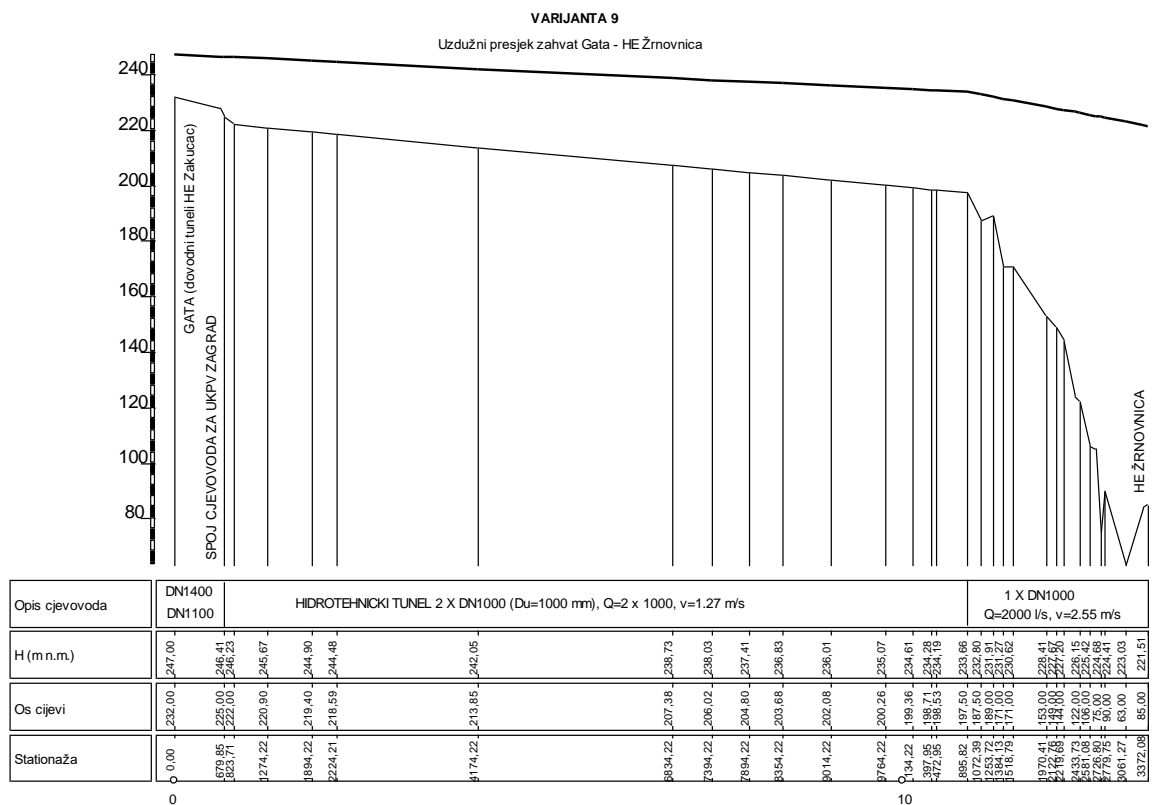
Brzina vode u cjevovodu DN1000 za protok  $Q=1000$  l/s je  $v=1.27$  m/s, dok je u cjevovodu DN1000 kod protoka  $Q=2000$  l/s brzina vode  $v=2.55$  m/s.

Prema rezultatima proračuna minimalni tlak na izlazu iz hidrotehničkog tunela je  $P_{min}=36.1$  m v.s., a piezometarska visina je  $H_{model}=233.6$  m n.m.

Kod ovako dimenzioniranih cjevovoda energetski potencijal za hidroelektranu HE Žrnovnica određen je piezometarskom visinom na ulazu u HE Žrnovnica  $H_{min}=221.5$  m n.m., a kota donje vode na izlazu je 85 m n.m. Ipak, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela potrebno je ispitati i faktor osiromašenja postojeće proizvodnje el.energije.

Kako je zahvat vode za UKPV Jadro nizvodno od HE Žrnovnica, predtlak na uređaju je  $P=17.79$  m v.s. (1.78 bara), dok je piezometarska visina  $H_{min}=47.79$  m n.m.

Minimalna piezometarska visina na ulazu u UKPV Zagrad (Omiš) je  $H_{model}=245.17$  m n.m., što je 3.8 m iznad kote preljeva kod filtarskih polja.



Slika 92: Varijanta 9 – uzdužni profil Gata-Žrnovnica-Jadro, hidraulički proračun



### 3.9.3 Geomehaničke klasifikacije tunela

**1. Dionica od stac. 0+690.00 do 9+174.39.** Dužina dionice iznosi 8484.39 (m). Nadsloj iznosi od 5 do 373 do 172 (m). Stijensku masu izgrađuju naslage slabouslojenih bioakumuliranih vapnenaca s tanjim lećama dolomita ( $K_2^3$ ). RQD je procijenjen na 70 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 50 - 100 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/20.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 50–100 MPa. Broj bodova 7.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 50 – 75 % Broj bodova 13.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	20 – 60 (cm).	10

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	3-10 i 10-20 m	1
zijev pukotine:	1-5 mm	1
hrapavost:	hrapave	5
ispuna:	tvrdi < 5 mm i meka < 5 mm	3
rastrošenost zidova pukotine:	Neznatno rastrošene	5
Ukupno:		15

- podzemna voda: opće stanje "kapljanje" Broj bodova 4

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 20°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 44 boda - III. ktg. stijenske mase

**2. Dionica od stac. 9+174.39 do 10+890.00.** Dužina dionice iznosi 1715.61 (m). Nadsloj iznosi od 172 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=40/30.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijev pukotine:	>5 mm	0
hrapavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**3. Dionica od stac. 13+515.00 do 18+245.00.** Dužina dionice iznosi 4730.00 (m). Nadsloj iznosi od 5 364 do 5 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage pješčenjaka u izmjeni s laporima, uz pojavu leća kalkarenita i kalcirudita ( $^3E_{2,3}$ ). RQD je procijenjen na 40 %, a jednoosna tlačna čvrstoća se procjenjuje na 5 - 25 (MPa). Prema Općoj geološkoj karti sustav međuslojnih pukotina ima elemente položaja SS=10/30, 20/30, 30/50.

Geomehanička klasifikacija (RMR Bieniawski 1989.).

- jednoosna čvrstoća: 5–25 MPa. Broj bodova 2.
- indeks kvalitete jezgre (RQD): RQD 25 – 50 % Broj bodova 8.
- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	Broj bodova
Međuslojne pukotine	< 60 (mm)	5

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	Broj bodova
kontinuiranost:	1-3 m	4
zijeve pukotine:	>5 mm	0
hrpavost:	glatke	1
ispuna:	meka > 5 mm	0
rastrošenost zidova pukotine:	Jako rastrošene	1
Ukupno:		6

- podzemna voda: opće stanje "tečenje" Broj bodova 0

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	Broj bodova
Međuslojne pukotine	Generalno pružanje slojeva je uglavnom paralelno u odnosu na tunelsku os, s nagibom od 40°. Dobro.	-5

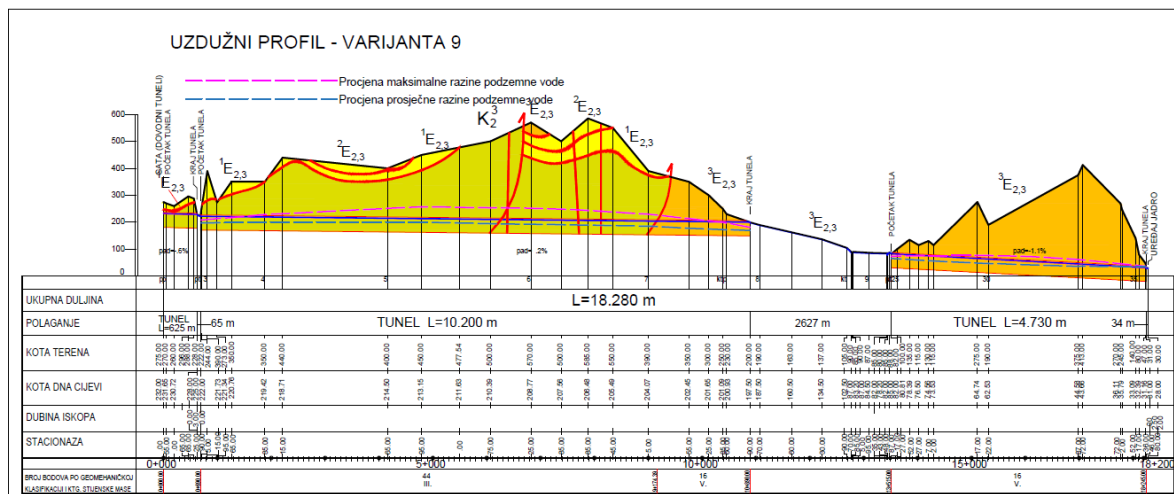
- UKUPNO: 16 bodova - V. ktg. stijenske mase

**U sljedećim tablicama dat je uzdužni i zbirni pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel Varijante 9.**

TUNEL VARIJANTE 9					
REDNI BROJ DIONICE	STAC POČETKA	STAC. KRAJA	L (m)	BROJ BODOVA (RMR)	USVOJENA KATEGORIJA STIJENSKE MASE
1.	690,00	9174,39	8484,39	44	III.
2.	9174,39	10890,00	1715,61	16	V.
3.	13515,00	18245,00	4730,00	16	V.

TUNEL VARIJANTE 9 KATEGORIJE STIJENSKE MASE				
II. (m)	III. (m)	IV. (m)	V. (m)	UKUPNO
0,00	8484,39	0,00	6445,61	14930,00
0,000	56,828	0,000	43,172	100,000

Tablica 25: Varijanta 9 - Pregled klasifikacija stijenske mase po Geomehničkoj klasifikaciji za tunel



Slika 93: Varijanta 9 – Uzdužni profil, klasifikacija stijenske mase po Geomehantičkoj klasifikaciji za tunel

**Način izvedbe podgrada** u skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehantičkoj klasifikaciji (RMR), za stijensku masu u II., III., IV. i V. klg., **dat je na kraju poglavlja 2.2.4. Prijedlog tehničkog rješenja hidrotehničkog tunela.**

### 3.9.4 Namjena, funkcioniranje i korištenje sustava

U poglavlju 3.1.4. načelno je naveden način korištenja i funkcioniranja novog dovoda.

**Sustav Varijante 9 može biti višenamjenski.**

#### **Vodoopskrba:**

**Osnovni cilj:** Dovod 2000 l/s za potrebe funkcioniranja vodoopskrbnog sustava Split–Solina–Kaštela–Trogir

**Dodatna mogućnost:** Dovod 1050 l/s u početnu točku sustava Omiš–Brač–Hvar–Šolta–Vis (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasusnoj komori HE Zakućac)

**Biološki minimum r. Žrnovnice:** Mogućnost upuštanja vode u korito rijeke Žrnovnice, u razdoblju male izdašnosti izvora Žrnovnice, ili druge vanredne situacije, za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

**Biološki minimum r. Jadro:** Dovod vode za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke Jadro u slučaju vanredne situacije.

#### **Hidroenergetsko iskorištavanje:**

##### **- Moguća godišnja proizvodnja električne energije**

U nastavku se daje kratki opis HE s izračunom potrebne instalirane snage (u MW) i moguće godišnje proizvodnje električne energije (u GWh/god), za pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s, i uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje. Ulazni pretpostavljeni parametri mogu biti i drugačije odabrani.

**Opis lokacije i građevine HE** – opisano u poglavlju 3.2.4.

**Proračun instalirane snage** - Kod proračuna instalirane snage uzete su iskustvene vrijednosti koeficijenta učinkovitosti turbine i generatora.

Proračunske hidrauličke karakteristike dovodnih cjevovoda:

Cjevovodi zajedničkog hidrotehničkog tunela

duljina L (m)	m	700
promjer D (mm)	mm	1200
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	1,13
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	2,0

Cjevovodi hidrotehničkog tunela Žrnovnica

duljina L (m)	m	10,200
promjer D (mm)	mm	1000
površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	1,00

Cjevovod u terenu

duljina L (m)	m	2,630
promjer D (mm)	mm	1000

površina poprečnog presjeka A (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	0,785
hrapavost k (mm)	mm	0,25
protok Q	m <sup>3</sup> /s	2,00

Proračun očekivane instalirane snage za protok **Q<sub>i</sub>=2,00 m<sup>3</sup>/s**:

min.kota vode u d.tunelu u Gatima	m n.m.	247
geodetska kota HE	m n.m.	85
gubitci zajedničkog hidrotehničkog tunela	m	1,365
gubitci hidrotehničkog tunela Žrnovnica	m	12,95
gubitci cjevovoda u terenu do Žrnovnice	m	12,89
<b>neto pad H<sub>neto</sub></b>	<b>m</b>	<b>134,80</b>

$$P_i = \rho \cdot g \cdot Q_i \cdot H_{Neto} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot 10^{-6} = 2,31 \text{ (MW)}$$

$P_i$ (MW)	- nominalna snaga agregata
$Q_i$ (m <sup>3</sup> /s)	- protok jednog agregata
$\eta_T = 0,92$	- iskoristivost turbine
$\eta_G = 0,95$	- iskoristivost generatora
$H_{neto}$ (m)	- neto pad

Očekivana godišnja proizvodnja MHE Majdan uz pretpostavku da elektrana radi 8000 h godišnje iznosi **18,49 GWh/god.**

#### - Osromašenje postojeće proizvodnje električne energije

Ipak, evidentno je da razmatranje izgradnje male HE na kraju dovodnog tunela i njene isplativosti, nužno utječe na osromašenje postojeće proizvodnje električne energije (na postojećoj HE Zakućac), koja bi u tom slučaju imala smanjen dotok za taj isti pretpostavljeni cjelogodišnji max. protok 2 m<sup>3</sup>/s. Stoga se u nastavku također daje i pojednostavljeni izračun mogućeg godišnjeg gubitka proizvodnje električne energije (u GWh/god), uz istu pretpostavku da postojeća elektrana radi 8000 h godišnje.

Postojeća HE	HE Zakućac
H [m]	247,0
Q [m <sup>3</sup> /s]	2
neiskorištena snaga P [MW]	4,24
<b>Gubitak godišnje proizvodnje pri radu HE 8000h/god [GWh/god]</b>	<b>33,88 GWh/god</b>

Temeljem prikazanog, proizlazi da je gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE.

U nastavku obrade varijante 9 u ovom elaboratu, neće se uzeti u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda. To se posebno odnosi na poglavlje 5. Valorizacija predloženih varijanti - kriterij ekonomske koristi od prodaje električne energije.

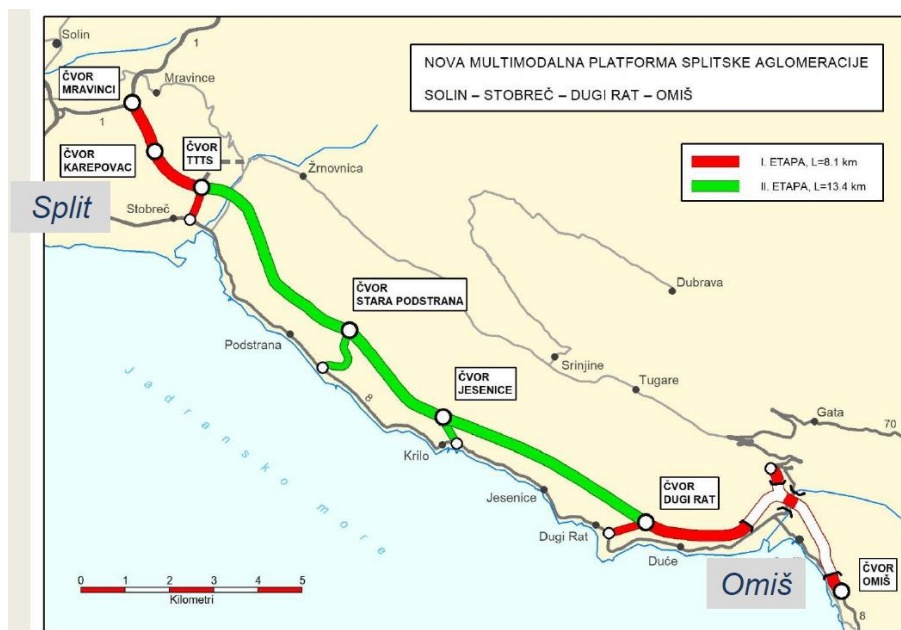


## 3.10 VARIJANTA 10: GATA-ZAGRAD-BRZA CESTA-STOBREČ-RAVNE NJIVE

### 3.10.1 Brza cesta Stobreč-Omiš

Varijanta 10 nadovezuje se na prijedlog da dovod vode prema području Splita treba smjestiti unutar koridora planirane brze ceste Trogir-Solin-Split-Omiš, na dionici Stobreč (čvor TTTS)- Omiš (čvor Dugi Rat).

Za potrebe izrade ovog elaborata, podaci o brzjoj cesti preuzeti su iz prezentacijskog materijala „Izgradnja obilaznice Omiša“, prezentera Hrvatske ceste na stručnom skupu HKIG – Opatija 2021.g. Obzirom na nivo detaljnosti izrade ovog elaborata (razrada načelnih trasa varijanti), smatramo da su niže navedeni podaci dovoljno mjerodavni za potrebe prikaza Varijante 10.

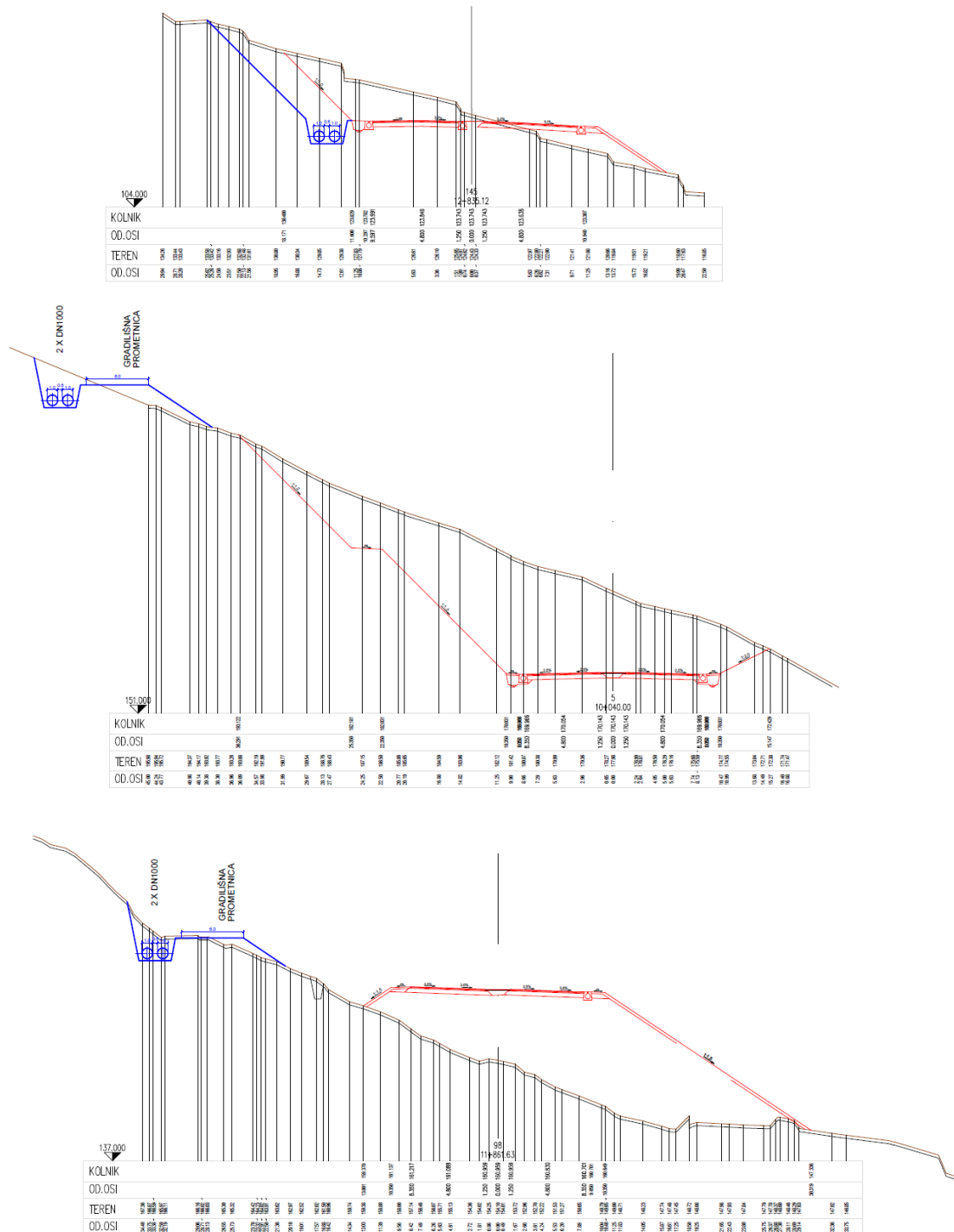


Slika 94: Varijanta 10 -brza cesta Solin-Stobreč-Dugi Rat-Omiš

Sukladno planovima Hrvatskih cesta, trasa predmetne dionice brze ceste počinje na **čvoru TTTS** u km 0+000 te se nastavlja na prethodnu dionicu kao četvertračna cesta kojoj su kolnici odvojeni zelenim pojasom. Trasa brze ceste prelazi iznad kružnog toka **nadvožnjakom TTTS** (L=cca 235 m) te je spojena s kružnim tokom preko sjeverne i južne rampe čvora. Dalje prema istoku nalazi se **most Žrnovnica** (L=cca 540 m), koji osim rijeke Žrnovnice vodi preko županijske ceste ŽC 6142 i preko gusto izgrađenog dijela Podstrane. Nakon završetka mosta lijevi i desni kolnik se razdvajaju i deniveliraju te prolaze kroz **tunele Perun** (Ls= cca 200 m, Lj=cca 220 m) i **Rudine** (Ls= cca 365 m, Lj=cca 360 m). Nakon tunela lijevi i desni kolnik se približavaju te nastavljaju do **vijadukta Duge njive** (L=cca 90 m). Trasa dalje vodi jugoistočno prema čvoru Stara Podstrana u km cca 5+200, kojim je ostvaren spoj s državnom cestom DC8, poslije čega slijedi **nadvožnjak Drinovac** u km cca 6+340. Čvor Jesenice nalazi se dalje na jugoistoku u km cca 8+100. Do čvora Krilo Jesenice brza cesta se vodi kao četvertračna cesta, a nakon uklapanja rampi čvora od km cca 8+1000 do kraja trase se vodi kao dvotračna cesta. Dalje na jugoistoku u km cca 10+340 nalazi se **nadvožnjak Jesenice**. Trasa se zatim visinski spušta i istodobno tlocrtno približava obali i naseljima te dolazi do **čvora Dugi Rat** u km cca 13+860.

Imajući u vidu da se brza cesta čvor TTTS-čvor Dugi Rat sastoji od niza nadvožnjaka, vijadukata i tunela, kao i duljeg mosta preko r. Žrnovnice i gusto izgrađenog dijela Podstrane, evidentno je da se koridor brze ceste na dionicama navedenih elemenata može iskoristiti samo za izgradnju cjevovoda do max. profila DN 300 mm. Osim toga, obzirom na strminu planine, duž koje se vodi trasa, cesta je naizmjenice projektirana u visokim zasjecima, nasipima i usjecima, što dodatno otežava polaganje cjevovoda većih profila (npr. 2 cjevovoda DN1000 (900)) unutar koridora ceste.

U nastavku se daje prikaz tipičnog poprečnog profila ceste u zasjeku, nasipu i usjeku, s prikazom rova za 2 cjevovoda DN1000 (900). U slučajevima kada se rov ne može smjestiti uz cestu, potrebno je osigurati i gradilišnu prometnicu min. širine 6 m.



Slika 95: Varijanta 10 -brza cesta Stobreč-Dugi Rat, poprečni profili

S obzirom na prikazane elemente brze ceste, evidentno je da se koridor brze ceste uglavnom ne može iskoristiti za izgradnju cjevovoda većih profila od npr. DN 300 mm, koji se kao takav ne može smatrati „alternativnim dovodom“ za šire područje Splita, već samo spojnim cjevovodom za prelazno područje Split-Omiš.

Cjevovodi većeg profila (npr. 2 cjevovoda DN1000 (900)) ne mogu fizički stati u pojedine elemente brze ceste (vijadukti, tuneli, most), dok je smještaj cjevovoda u visokim zasjecima, nasipima i usjecima prilično otežan.

Za razradu ovog rješenja s cjevovodima većeg profila za potrebe alternativnog dovoda potrebno je trasu voditi van koridora brze ceste, čime se poništavaju izvorne prednosti ovog prijedloga. Naime, takvo rješenje traži uspostavu novog koridora/proširenja koridora ceste, s odgovarajućim novim/dodatnim imovinsko-pravnim postupcima.

**U nastavku se daju načelni podaci Varijante 10 „Dovodni sustav Gata – Zagrad – brza cesta - Stobreč – Ravne Njive“, koji se dalje neće detaljnije obrađivati niti valorizirati, jer nisu usporedivi s preostalim varijantama koje obrađuju izgradnju „alternativnih dovoda“ za šire područje Splita.**

### 3.10.2 Tehničko rješenje

**Zahvatna građevina:** Dovodni tunel Prančevići-Zakućac, lokacija Gata

**Ključne točke dovodnog sustava:** UKPV Zagrad, Omiš  
PCS Ravne Njive

**Načelno uklapanje u postojeći sustav:**

- Izgradnja novog dovoda vode do početne točke Omiškog sustava (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasunskoj komori HE Zakućac)
- Dovod dodatne količine vode u središnju točku istočnog područja Splita (Sirobuja-Stobreč-Podstrana) te dalje kroz h. tunel Stupe do crpne stanice Ravne Njive.

**Tehnički opis:** Dovodni sustav Gata – Zagrad – brza cesta - Stobreč – Ravne Njive je ukupne duljine **22,4 km**, pojedinačnih građevina sukladno tablici u nastavku.

Građevine		ukupno L [m]	hidroteh. tunel L [m]	teren L [m]
<b>Varijanta 10</b>	<b>Zahvat Gata</b>			
	Hidroteh. tunel Gata		625	
	cjevovod u terenu			65
	Hidroteh. tunel Omiš		520	
	cjevovod u terenu			40
	<b>UKPV Zagrad</b>	<b>dogradnja postojećeg uređaja</b>		
	cjevovod Zagrad-Naklice			1.850
	Hidroteh. tunel Duće		1.850	
	cjevovod Brza cesta			13.650
	cjevovod u terenu			1.500
	cjevovod u tunelu Stupe			2.300
	<b>Gata-Zagrad-brza cesta-R.Njive</b>	<b>22.400</b>	<b>2.995</b>	<b>19.405</b>

Tablica 26: Varijanta 10 – građevine dovodnog sustava

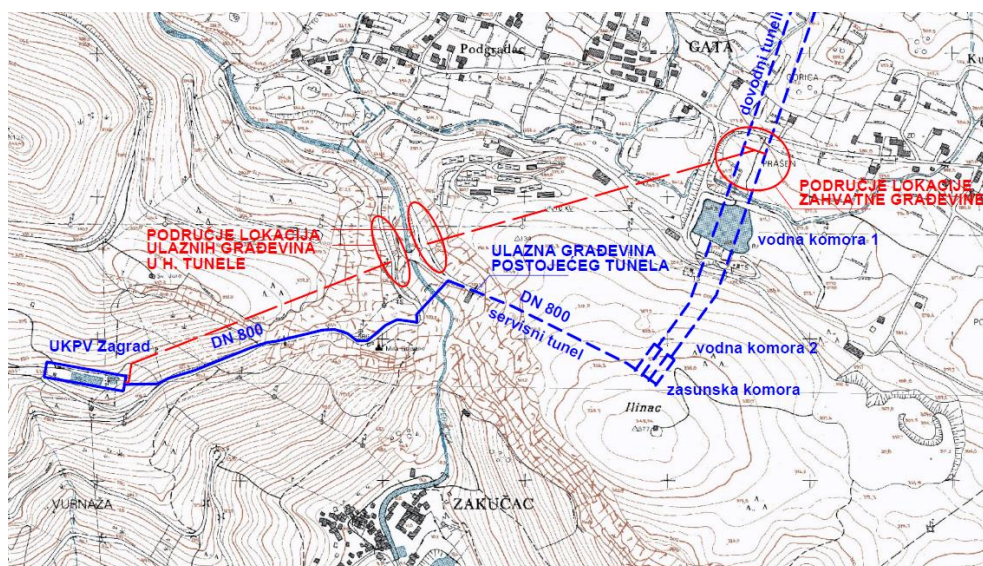




Slika 96: Varijanta 10 – situacijski prikaz

Zahvatna građevina smještena je na lokaciji Gata, na dovodnim tunelima Prančevići-Zakučac, uzvodno od dviju vodosprema. Zahvat obuhvaća izgradnju ogranaka iz postojeća dva dovodna tunela unutarnjeg promjera 6,1 i 6,5 metara, s polaznom kotom dna cijevi cca **232.00 mn.m**. Ogranci trebaju biti tunnelski dovodi u punom profilu, izvedeni do početka hidrotehničkog tunela, koji je prohodan za ljude i manja vozila.

Ulazna građevina hidrotehničkog tunela „Gata“ smjestit će se u području postojeće pristupne ceste za ulaznu građevinu postojećeg tunela do zasunske komore HE Zakučac. Na istom području smjestit će se i ulazna građevina nastavka dovoda - hidrotehničkog tunela „Omiš“.



Slika 97: Varijanta 10-lokacija zahvatne građevine iz dovoda u Gatima i ulaznih građevina tunela

Za potrebe izrade ovog elaborata položena je okvirna trasa tunela, pri čemu se nije ulazilo u detalje izvedbe tunela (odračna vertikalna okna i drugi slični tehnički elementi dovodnog tunela).



**Dovodni tunel Gata** započinje na stac. km 0+000 s kotom dna cijevi na 232 m n.m. (zahvatna građevina) i završava na stac. km 0+625 s kotom dna cijevi na cca 225 m n.m.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 0,4 %.

Na izlazu iz tunela potrebno je terenski prijeći korito potoka i ceste.

**Dovodni tunel Omiš** započinje na stac. km 0+690, s kotom dna cijevi na 222 m n.m. i završava na stac. km 1+210, s kotom dna cijevi na 240 m n.m. gdje je smještena izlazna građevina hidrotehničkog tunela, s pristupom, sjeveroistočno od postojećeg Uređaja za kondicioniranje pitke vode „Zagrad“, na koji je potrebno spojiti dovod.

Tunel (i cijevi dovoda) je u konstantnom nagibu od 3,5 %.

Obzirom da će se količine koje se zahvaćaju u Gatima povećati, u odnosu na kapacitet UKPV Zagrad, potrebno je dograditi kapacitet Uređaja.

Za vođenje daljnje trase, ovisno o tome da li se planira spojni cjevovod manjeg profila ili alternativni dovod većeg profila, koristio bi se koridor brze ceste Dugi Rat-TTTS, odnosno područje duž padine planine van koridora ceste. Spoj Dugi Rat-UKPV Zagrad može se voditi direktno – dijelom tunnelski, dijelom terenom pored Naklica, ili novim paralelnim cjevovodom duž terena, uz postojeći dovod Zagrad-Omiš-Dugi Rat, vodeći računa o tome da se kroz tu dionicu svakako obuhvati novo rješenje glavnog dovoda iz Uređaja Zagrad prema desnoj obali Omiša (područje Priko).

Na području Stobreča dovod se spaja na glavne cjevovode srednje vodoopskrbne zone (VS Visoka I, k.d. 89,5 mn.m.), za opskrbu područja Širobuja-Stobreč-Podstrana.

Dovod se nadalje nadovezuje na postojeći hidrotehnički tunel „Stupe“, u kojem je ostavljen prostor za smještaj vodovodne cijevi, te se voda doprema do crpne stanice „Ravne Njive“, uklapajući se u planirano rješenje vodoopskrbe šireg područja Splita.

### 3.10.3 Namjena sustava

**Sustav Varijante 10 je jednonamjenski, te služi kao  dodatni dovodni sustav  za vodoopskrbu područja Split-Omiš.**

**Vodoopskrba:**

**Osnovni cilj:** Dovod 1050 l/s u početnu točku sustava Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis (napuštanje postojećeg dovoda sa zahvatom u zasunskoj komori HE Zakućac)

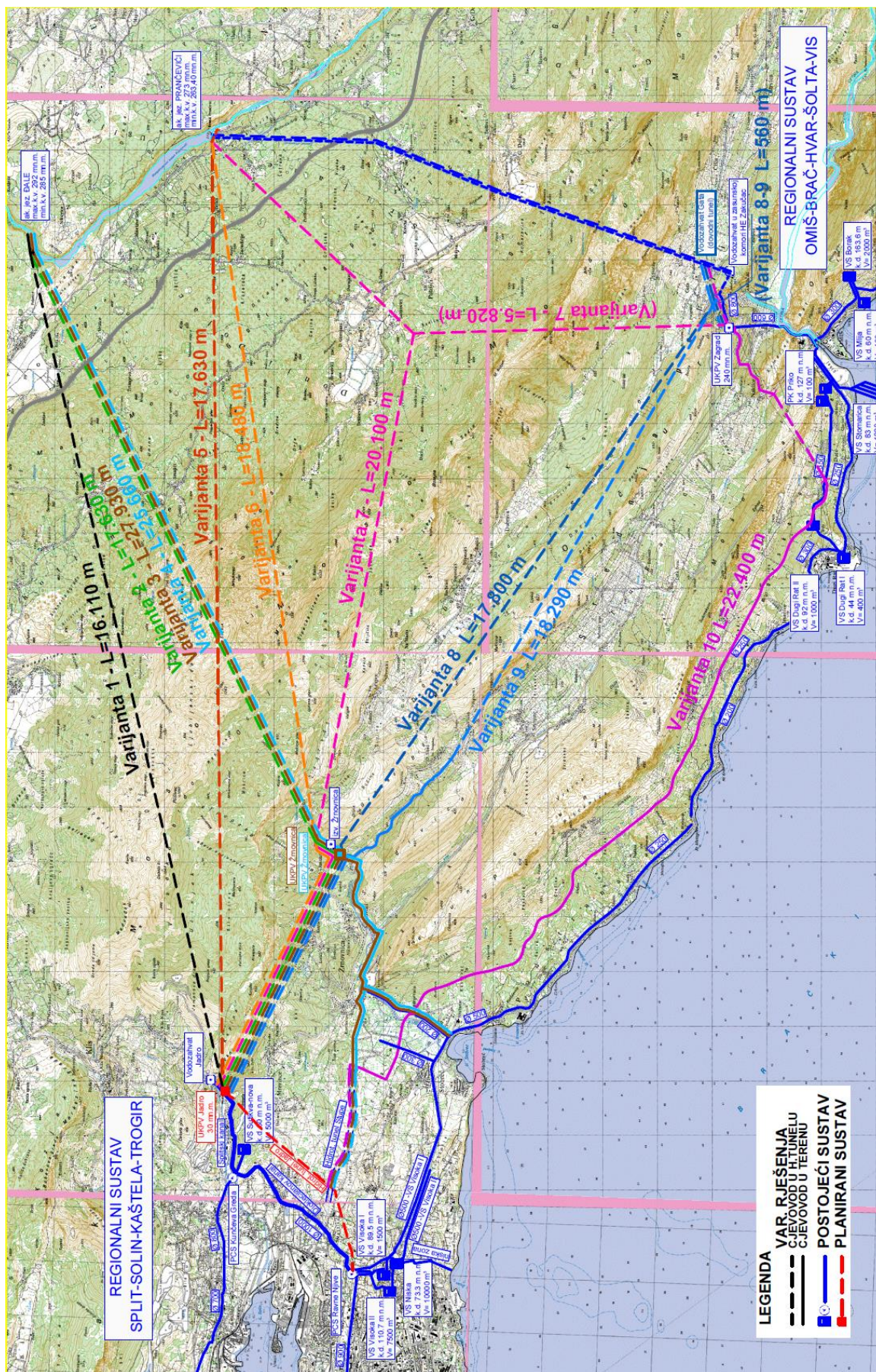
**Dodatna mogućnost:** Dovod dodatne količine vode za potrebe vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir

### 3.11 USPOREDNI PRIKAZ PREDLOŽENIH VARIJANTI

	Zahvat	hidroteh.			UKPV	napomena
		ukupno L [m]	tunel L [m]	teren L [m]		
<b>Varijanta 1</b>	Đale-Jadro	16.110	16.070	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
<b>Varijanta 2</b>	Đale-Žrnovnica		12.700	160		
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	<b>Đale-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>17.630</b>	<b>17.430</b>	<b>200</b>		
<b>Varijanta 3</b>	Đale-Žrnovnica		12.700	160	UKPV Žrnovnica	-planirani uređaj kapaciteta 1200 l/s
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	Žrnovnica-ist. podr. Splita			8.800		
	Tunel do Ravnih Njiva		1.500			-nužni dio plan. post. sustava
	<b>Đale-Žrnovnica-Jadro, s ogr. prema ist. podr. Splita</b>	<b>27.930</b>	<b>18.930</b>	<b>9.000</b>		
<b>Varijanta 4</b>	Đale-Žrnovnica		12.700	160	UKPV Žrnovnica	-planirani uređaj kapaciteta 2000 l/s
	Žrnovnica-ist. podr. Splita			8.800		
	Tunel Jadro-Ravne Njive		3.993			-nužni dio plan. post. sustava
	<b>Đale-Žrnovnica-istočno područje Splita</b>	<b>25.653</b>	<b>16.693</b>	<b>8.960</b>		
<b>Varijanta 5</b>	Prančevići-Jadro	17.630	17.590	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
<b>Varijanta 6</b>	Prančevići-Žrnovnica		13.550	160		
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	<b>Prančevići-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>18.480</b>	<b>18.280</b>	<b>200</b>		
<b>Varijanta 7</b>	Prančevići-Žrnovnica		15.170	160		
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	<b>Prančevići-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>20.100</b>	<b>19.900</b>	<b>200</b>		
	+Dovod Omiš		5.760	60	UKPV Zagrad	-postojeći uređaj
	<b>Ukupno</b>	<b>25.920</b>	<b>25.660</b>	<b>260</b>		
<b>Varijanta 8</b>	Gata-Žrnovnica		12.865	165		
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	<b>Gata-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>17.800</b>	<b>17.595</b>	<b>205</b>		
	+Dovod Omiš		520	40	UKPV Zagrad	-postojeći uređaj
	<b>Ukupno</b>	<b>18.360</b>	<b>18.115</b>	<b>245</b>		
<b>Varijanta 9</b>	Gata-Žrnovnica		10.825	2.695		
	Žrnovnica-Jadro		4.730	40	UKPV Jadro	-planirani dio post. sust.*
	<b>Gata-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>18.290</b>	<b>15.555</b>	<b>2.735</b>		
	+Dovod Omiš		520	40	UKPV Zagrad	-postojeći uređaj
	<b>Ukupno</b>	<b>18.850</b>	<b>16.075</b>	<b>2.775</b>		
<b>Varijanta 10</b>	Gata-Zagrad-brza cesta-R.Njive	22.400	2.995	19.405	UKPV Zagrad	-dogradnja post. uređaja
	Varijanta 10 nije usporediva, jer predstavlja dodatni spojni dovod za područje Splita-Omiš, koji se kao takav ne može smatrati „alternativnim dovodom“ za šire područje Splita.					
	* planirani dio postojećeg sustava - pripreme radnje za izgradnju Uređaja Jadro su već u tijeku (ishođena je lokacijska dozvola), neovisno o ovom elaboratu, te se Uređaj Jadro ne smatra građevinom koja je planirana ovim rješenjem.					

Tablica 27: Usporedni prikaz predloženih varijanti





Slika 98: Usporedni prikaz predloženih varijanti



## 4 GEOLOŠKE, HIDROGEOLOŠKE I HIDROLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA DUŽ TRASA RAZMATRANIH VARIJANTI

### 4.1 GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA

Geološka građa područja alternativnih pravaca za dovod vode na područje Splita iz srednjeg toka rijeke Cetine odlikuje se raznolikim litostratigrafskim članovima i izraženom tektonikom. Bitne geološke značajke prikazane su kroz pregled zastupljenih naslaga, njihove građe, relativne starosti i strukturno-tektonskih procesa koji su formirali današnju sliku proučavanog područja površine cca 150 km<sup>2</sup>.

#### 4.1.1 Litostratigrafske značajke područja

Najstarije otkrivene naslage područja su jurske naslage. One izgrađuju greben Mosora i predstavljaju jezgru jurske antiklinale. Na površini su zastupljene naslage gornje jure – malma (J<sub>3</sub>). Naslage su slabo uslojene, gromadaste a najčešći član je oolitični vapnenac (kalkareniti i kalcruditi). Nastali su u uvjetima grebenske sedimentacije. Debljine su preko 700 m. Pošto je vrh Mosora na visini preko 1300 mnm, na dubini preko 700 m javljaju se starije naslage srednje jure, dogera (J<sub>2</sub>) koje su zastupljene također gromadastim vapnencima, pseudoolitičnim kalkarenitima i kalclutitima. Debljina dogera je 240 m. Doger leži na donjokrednim, lijaskim naslagama (J<sub>1,2</sub>) zastupljenim vapnencima u donjem dijelu i dolomitima u gornjem dijelu na prelazu u doger. Dolomitizacija lijaskih naslaga je česta i intenzivna tako da su prisutni svi prelazi između čistih vapnenaca i čistih dolomita.

Najveći dio istraživanog terena prekrivaju karbonatne naslage kredne starosti. Donjoj kredi (K<sub>1</sub>) odgovaraju pretežno vapnenci, dok se u gornjoj uz vapnence i dolomite javljaju mješovite, vapneno-dolomitične stijene. Naslage gornje krede odvojene su u katove: cenoman, turon i senon. Naslage cenomana (K<sub>2</sub><sup>1</sup>) rasprostranjene su pretežno u središnjem dijelu terena kao dolomiti i vapnenci. Vapnenci odgovaraju fosiliferim kalclutitima i biokalkarenitima dok dolomiti pripadaju tipu sekundarnih dolomita s različitim stupnjem dolomitizacije. Cenomanske naslage postupno prelaze u vapnence turonske starosti (K<sub>2</sub><sup>2</sup>). Prevladavaju vapnenci s ulošcima dolomita. Na turonskim vapnencima kontinuirano slijede vapnenci senona (K<sub>2</sub><sup>3</sup>). U senonu prevladavaju vapnenci tipa biokalkareniti. Senonski vapnenci maju najveće rasprostranjenje unutar krednih naslaga. Debljina ukupnih krednih naslaga je 1700 m.

S vapnencima senona završava mezozojska sedimentna serija a započinje taloženje tercijarnih naslaga. Mlađi vapnenci paleogena u transgresinom su kontaktu s naslagama senona, bez jasne kutne diskordance. Mjastimično su razvijene liburnijske naslage (PcE) s brečama u bazi, kao prelazne naslage iz krede u eocen. Na njima slijede foraminiferski vapnenci (E<sub>1,2</sub>) razvijeni kao miliolidni, alveolinski i numulitni vapnenci koji su dobili ime prema brojnim fosilnim ostacima pojedinih vrsta foraminifera. Debljina im ne prelazi 100 m. Na ovim naslagama kontinuirano slijede glaukonitni vapnenci i lapori (E<sub>2</sub>) debljine 30 m. Fliška serija započinje transgresijom u vidu breča izgrađenih od ulomaka gornjokrednih i foraminiferskih vapnenaca. Fliš (E<sub>2,3</sub>) izgrađuju pješčenjaci i detritični vapnenci u ritmičkoj izmjeni s laporima. Približna debljina fliša iznosi oko 800 m.

Najmlađe kvartarne naslage (Q) su razvijene u krškim poljima, depresijama, na krškim platoima, padinama brdskih masiva i nanosima rijeka. Predstavljaju relativno tanke naslage nastale trošenjem temeljnih stijena. S obzirom na pretežnu zastupljenost vapnenačkih stijena, najčešće su zastupljene crvenicom s kršjem okolnih stijena. Nekontinuiranog su rasprostiranja bez većeg značaja za regionalne hidrogeološke odnose.



## 4.1.2 Tektonske značajke područja

U strukturno-geološkom pogledu, područje istraživanja alternativnih pravaca za dovod vode na područje Splita iz srednjeg toka rijeke Cetine pripada manjim dijelom priobalnom „tercijarnom sinklinoriju“ i većim dijelom „mezozojskom boranom kompleksu“.

Tektonskoj jedinici **tercijarni sinklinorij** pripada priobalni pojas do čela ljsuke Kozijak-Mosor-Biokovo. Ovo područje odgovara tercijarnom sedimentacijskom prostoru koji je tokom eocena pretrpio najjače jednosmjerne tektonske pokrete. Deformacije sedimentata je potencirala vrlo heterogena litološka građa ovog područja, odnosno velike razlike u plasticitetu i čvrstoći stijenske mase. Sedimentacijski bazen je izobran poprimivši karakter sinklinorija s izduženim i stisnutim borama. Antiklinale su građene od gornjokrednih (senonskih) vapnenaca a sinklinale od eocenskog laporovitog fliša. Bore su izoklinalno polegle, često prevrnutе, čineći ljuskavu građu terena kao osnovni tip strukturnih deformacija ove tektonske jedinice. Senonske antiklinale su prevrnutе i reversno natisnute na eocenski fliš. Jugozapadna krila senonskih antiklinala su redovito reducirana a čela ljsuki su morfološki dobro istaknuta (Perun, Omiška Dinara).

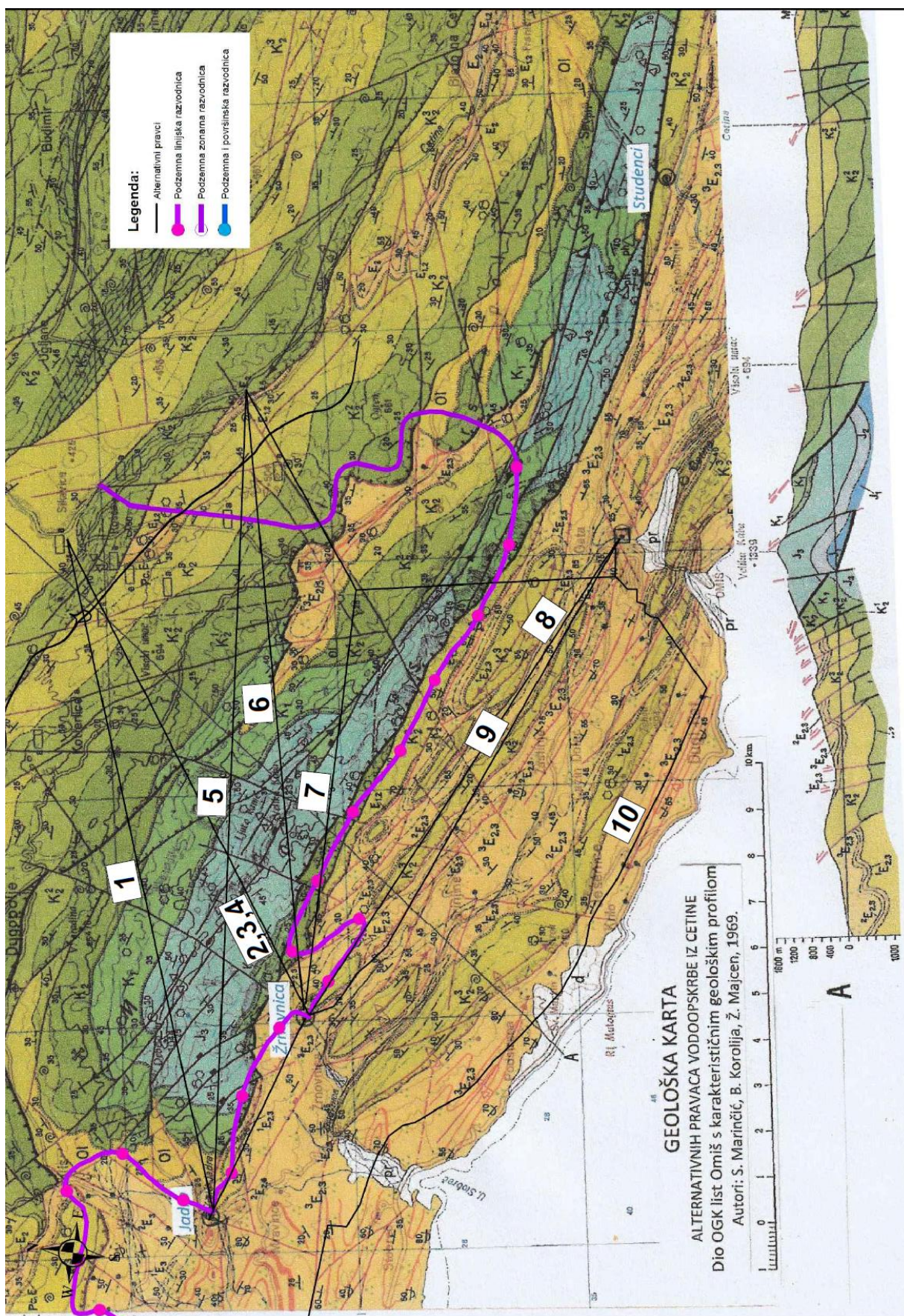
**Mezozojskom boranom kompleksu** pripada široko područje primorskog zaleđa od čela ljsuke Kozijak- Mosor-Biokovo do čela navlake Jabuka-Aržano. To je pretežno litološki kompaktan karbonatni kompleks jursko-krednih naslaga s manjim pojavama tercijara. Ova tektonska jedinica formirana je tijekom mezozoika kroz nekoliko tektonskih faza: pfalačka, novokimerijska, austrijska i na kraju laramijska kada poprima karakter boranog područja pretežno simetričnih struktura. Mlađi, eocenski tektonski pokreti eksponiraju već formirane bore, mjestimično ih prevrću i reversno natiskuju na sinklinalne dijelove gornje krede i starije naslage eocena, formirajući ljsuke kao što su Dicmo-Šestanovac, Dicmo-Ugljane i Trilj-Lovreć.

Za ovaj kompleks karakteristična je struktura Mosora koja u vrijeme ovih mlađih tangencijalnih pokreta egzistira kao stabilnija kopnena masa koja stvara otpor potiskivama iz smjera sjeveroistoka. Zbog tog otpora potiskivane strukture djelomično zaobilaze strukturu Mosora, koja je i sama u konačnici nagurana na tercijarni sedimentacijski prostor. Markantna struktura ove tektonske jedinice je i lokalna navlaka Dugopolje-Dolac, gdje su navučene donjokredne i cenomanske naslage na eocenski fliš Mosorskog zaleđa stvarajući tektonska poluokna (Srijansko polje).

Popratni transverzalni i longitudinalni lomovi sekundarnog su značaja jer nisu imali važnijeg udjela u formiranju ove tektonske jedinice. Ipak, ističe se longitudinalni lom koji je uslijedio nakon glavnih pokreta, presjecajući važnije strukturne forme pa i navlaku Dugopolje-Dolac kod Zagorskih poljica. Pruža se od Konjskog preko Klisa, Mosorskog grebena do sjevernog podnožja Biokova.

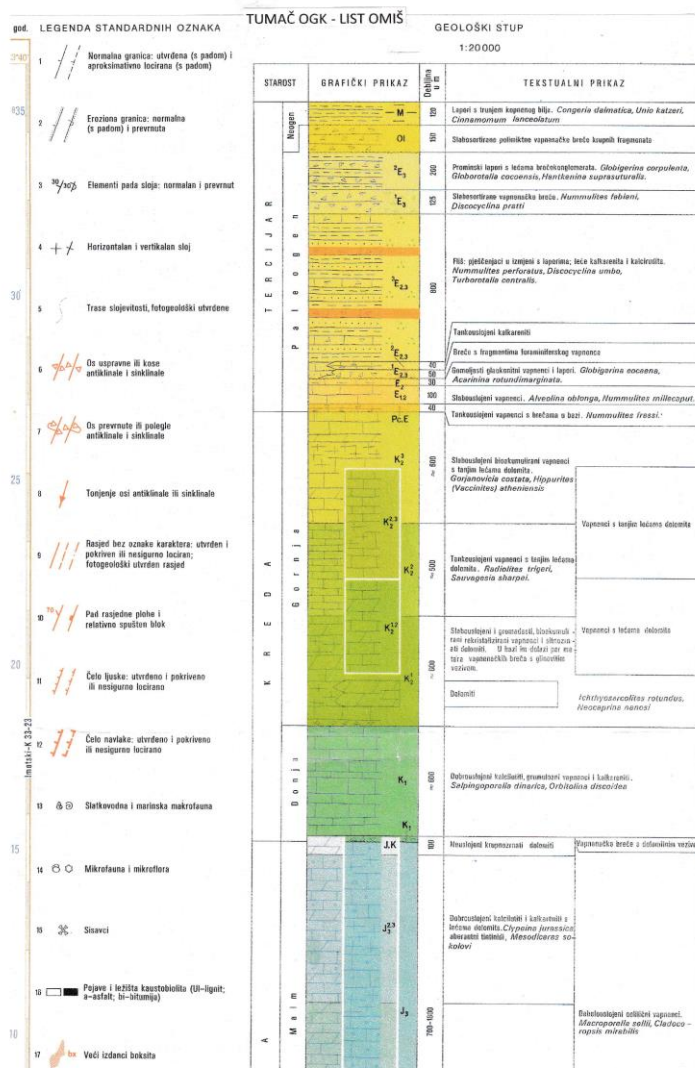
Općenito se može reći da mezozojska tektonska jedinica, u odnosu na tercijarni sinklinorij, egzistira kao antiklinorij. Na prilogu „Geološka karta“ prikazan je reprezentativni geološki profil kojim su obuhvaćene obje opisane tektonske jedinice.





Slika 99: Geološka karta s prikazom pravaca pružanja varijantnih rješenja





Slika 100: Geološka karta – tumač znakova

### 4.1.3 Hidrogeološke značajke

Orogenetski pokreti, u okviru kojih su stijene borane i izlomljene, omogućili su snažno okršavanje karbonatnih stijena tako da oborinske vode koje se infiltriraju kroz znatno izlomljene i dobro propusne karbonatne stijene poniru u podzemlje i formiraju privilegirane podzemne tokove. Veći dio oborinskih voda ovog područja, nakon poniranja u podzemlje teče podzemnim tokovima prema sjeveroistoku uzduž generalnog pružanja geoloških struktura u užim slivovima Jadrana i Žrnovnice.

Eocenske flišne naslage (E<sub>2.3</sub>) u proučavanom terenu predstavljaju slabo propusne do nepropusne naslage. Ako zalježu duboko ispod erozijske baze ove naslage predstavljaju potpunu barijeru kretanju podzemnih voda. Takav slučaj imamo u priobalnom dijelu gdje pojedine flišne bore unutar tercijarnog sinklinorija zalježu dovoljno duboko ispod kote morske razine kao što je područje Podstrana-Krilo Jesenice-Dugi rat. Ako su naslage laporovitog fliša na relativno višim kotama i reducirane rasjednim pomacima, predstavljaju nepotpune (višeće) brijere ispod kojih podzemna voda otiče prema nižoj erozijskoj bazi. Takav slučaj imamo unutar mezozojskog boranog kompleksa u području Blato – Pavići i područje Putišić (Srijansko polje). Također se i u dijelu priobalnog, tercijarnog sinklinorija javljaju pliće flišne bore koji su bliže regionalnoj navlaci Mosora - područje Gata i Srinjine.

Relativne podzemne barijere izgrađuju dolomiti i dolomitno-vapnenačke stijene, kada se nalaze u jezgrama reduciranih antiklinala. Ove barijere usmjeravaju podzemne tokove u generalni, dinarski smjer pružanja struktura. Ove relativne barijere značajne su u krškim terenima zbog usporne funkcije i koncentracije podzemnih voda s uzvodne strane. Primjer je atiklinala Ugljane.

Najveći dio istraživanog područja izgrađuju vodopropusne stijene. Glavna im je značajka da sva oborska voda koja padne na njih brzo ponire u podzemlje. Tek nakon intenzivne i dugotrajne kiše formiraju se povremeni, kratkotrajni tokovi, aktiviraju se pojedine špilje i ponori koje nazivamo estavelama. Nakon prestanka kiše površinska voda brzo se povlači u podzemlje. Propusno područje predstavlja mezozojski borani kompleks u kome se ističe greben Mosora. Dio tercijarnog sinklinorija također je djelomično dobro propustan u zonama gornjokrednih antiklinala.

Na razmatranom području razlikujemo tri **slivna područja**. Najznačajniji je zapadni dio područja mezozojskog boranog kompleksa koji pripada većim dijelom slivu Jadra i Žrnovnice a manjim dijelom slivu Studenca. Područje **sliva Jadra i Žrnovnice** izgrađeno je skoro isključivo od vapnenaca i dolomita. Oborinske vode koje padnu na ovo područje brzo poniru u podzemlje. Mali dio se zadrži na površini u depresijama i vrtačama s crvenicom i reduciranim laporovitim naslagama fliša. Sliv Jadra i Žrnovnice se hrani dijelom i iz susjednih slivova.

Hidrogeološke značajke doline Cetine od Trilja do Blata detaljno su proučavane u vezi izgradnje akumulacije Prančević. Bojenjem ponora Grabov mlin, do kojeg seže uspor akumulacije, dokazana je podzemna veza s izvorima Jadro i Žrnovnica, a nizvodnije s vrelom Studenca. Akumulacija Prančević je oplemenila režim izvora Žrnovnice jer više ne presušuje a isto tako pozitivno utječe na režim izvora Jadra.

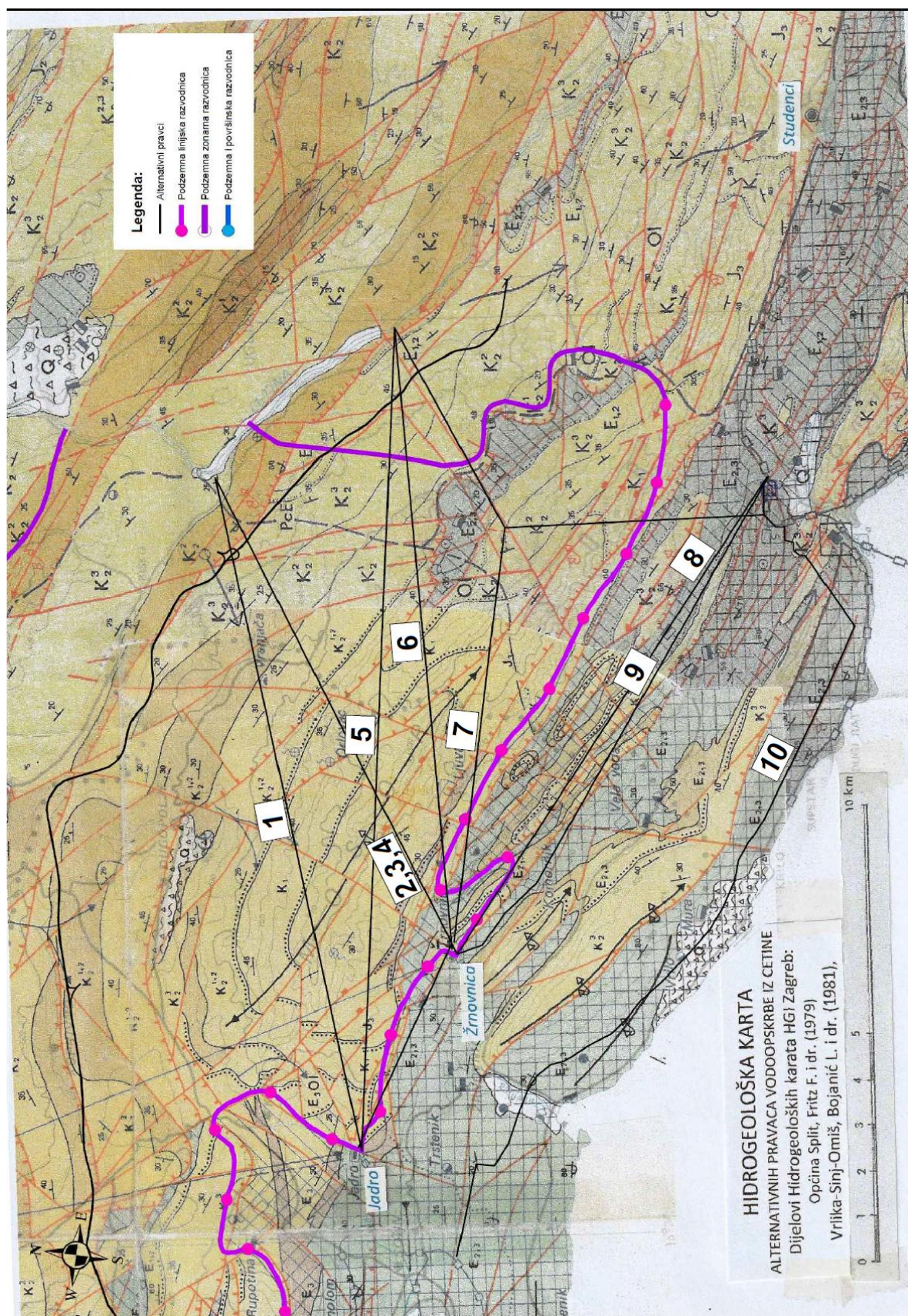
Dubina do vode temeljnice u slivu Jadra i Žrnovnice oscilira u zavisnosti od hidroloških uvjeta u slivu. Na temelju prelinarnih mjerenja na monitoring bušotini B-1 u Dugopolju, apsolutna razina podzemne vode tokom jedne hidrološke godine se približno kreće između minimalne kote 130 m nm i maksimalne kote 220 m nm. O dubini i cirkulaciji podzemnih voda znakoviti su podaci duboke naftaške bušotine poduzeća INA-NAFTAPLIN koja je 80-tih godina prošlog stoljeća bušena na desnoj obali Cetine JI od Biska. Do dubine 1.500 m izmjenjuju se jače ili slabije okršene vapnenačke stijene a nakon toga do 1.860 m slijedi jako raspucana i kavernoza zona vapnenaca gdje su gubici bušaće isplake bili potpuni. U nastavku do 4.000 m je uglavnom kompaktni vapnenac. Temperaturna inverzija iznošene vode prilikom bušenja intervala od 1.350 m do 1.500 m ukazuje na duboku cirkulaciju hladnije, pliće vode.

**Sliv izvorišta Studenac** koji izvire na desnoj obali Cetine zapadno od Kostanja, pruža se u zaleđe do linije Tijarica-Aržano zahvaćajući najveći dio srednjeg toka Cetine. Izvire duž rasjednog kontakta mezozojskog boranog kompleksa (kredni vapnenac) i tercijarnog sinklinorija (eocenski fliš). Kompletan sliv je unutar mezozojskog boranog kompleksa koji je uglavnom izgrađen od vapnenaca i dolomita s malim učešćem eocenskih i neogenskih lapora.

Dio srednjeg toka Cetine južno od Trilja s akumulacijskim jezerima Đale i Prančević predstavljaju područje zonalne razvodnice ova dva sliva s karakterističnim odnosima površinskih i podzemnih voda u različitim hidrološkim uvjetima. U sušnom periodu rijeka Cetina je „viseća rijeka“ kada hrani podzemne vode oba sliva, a u kišnom periodu rijeka je recipijent okolnim podzemnim vodama koje prikuplja i sprovodi svojim kanjonskim dijelom u sliv Studenca.

Područje tercijarnog sinklinorija ima složenu litologiju i tektoniku te posljedično ima složene hidrogeološke odnose. Čitavo područje se prikazuje kao jedinstveni **primorski sliv** unutar kojeg egzistiraju nepropusne (potpune i viseće) barijere i propusna područja. Generalne značajke ovog područja predstavljaju regionalnu barijeru podzemnim vodama iz zaleđa. Na kontaktu karbonatnog mezozojskog boranog kompleksa i laporovitog tercijarnog sinklinorija javljaju se najznačajniji izvori šireg područja: Jadro, Žrnovnica i Studenac (Izvor podataka: Marinčić S., Korolija M., Majcen Ž. i dr. (1977) OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA LIS OMIŠ - tumač, Savezni geološki zavod, Beograd; Bojanić L., Ivičić D., Batić V. i dr. (1981) HIDROGEOLOŠKA STUDIJA PODRUČJA VRLIKA – SINJ – OMIŠ, Geološki zavoda Zagreb).





Slika 101: Hidrogeološka karta s prikazom pravaca pružanja varijantnih rješenja





## 4.1.4 Analiza predloženih varijanti alternativnih pravaca s geološkog aspekta

Predložene varijante alternativnih pravaca dovoda vode do područja Splita sagledane su s geološkog i hidrogeološkog aspekta te zaštite izvora u javnoj vodoopskrbi Jadra i Žrnovnice. U tom kontekstu izrađeni su odgovarajući prilozi na kojima su ucrtane predložene trase dovoda na geološkim i hidrogeološkim podlogama. Također je prezentiran prilog sa zonama sanitane zaštite i predloženim pravcima dovoda vode iz rijeke Cetine.

Ako razmotrimo geološke i hidrogeološke značajke predloženih 10 varijanti dovoda vode na Splitsko područje, uvjetno ih možemo grupirati u dvije grupe: zahvat vode iz korita rijeke Cetine i zahvat vode iz dovodnog sustava HE Zakučac. U prvu grupu spadaju varijante 1 – 7, a u drugu grupu varijante 8 -10.

### Varijante 1-7

U geološkom i hidrogeološkom pogledu, zahvati vode iz korita rijeke Cetine u svih 7 varijanti imaju slične uvjete. Sve varijante su predviđene tunelskim dovodom kroz okršene vapnence, rjeđe dolmite i još rjeđe lapore, mezozojskog boranog kompleksa. Planirana kota tunela je oko 260 mn.m. što je nešto viša od maksimalno zabilježene razine u Dugopolju od 220 mn.m., što pretpostavlja da bi tuneli bili izvedeni u prozračnoj zoni iznad vode temeljnice gdje cirkulira oborinska voda prilikom poniranja usljed gravitacije.

U krškim područjima su zabilježene velike oscilacije razine podzemne vode uvjetovane ekstremnim hidrološkim događajima. Zbog toga je moguće da se u takvim uvjetima razina podzemne vode temeljnice digne toliko da poplavi tunel. Takav događaj je zabilježen prilikom izgradnje tunela Prančević - HE Zakučac, koji je građen na kotama između 250 – 230 mn.m. Poplava je dodatno uvjetovana i dubokim zaljezanjem eocenskog fliša usljed reversnog navlačenja krednih vapnenaca.

Sve varijante ove grupe prolaze kroz II. i III. zonu sanitarne zaštite Jadra i Žrnovnice, a varijante 5, 6 i 7 dodatno zahvaćaju vodu iz susjednog sliva Studenca.

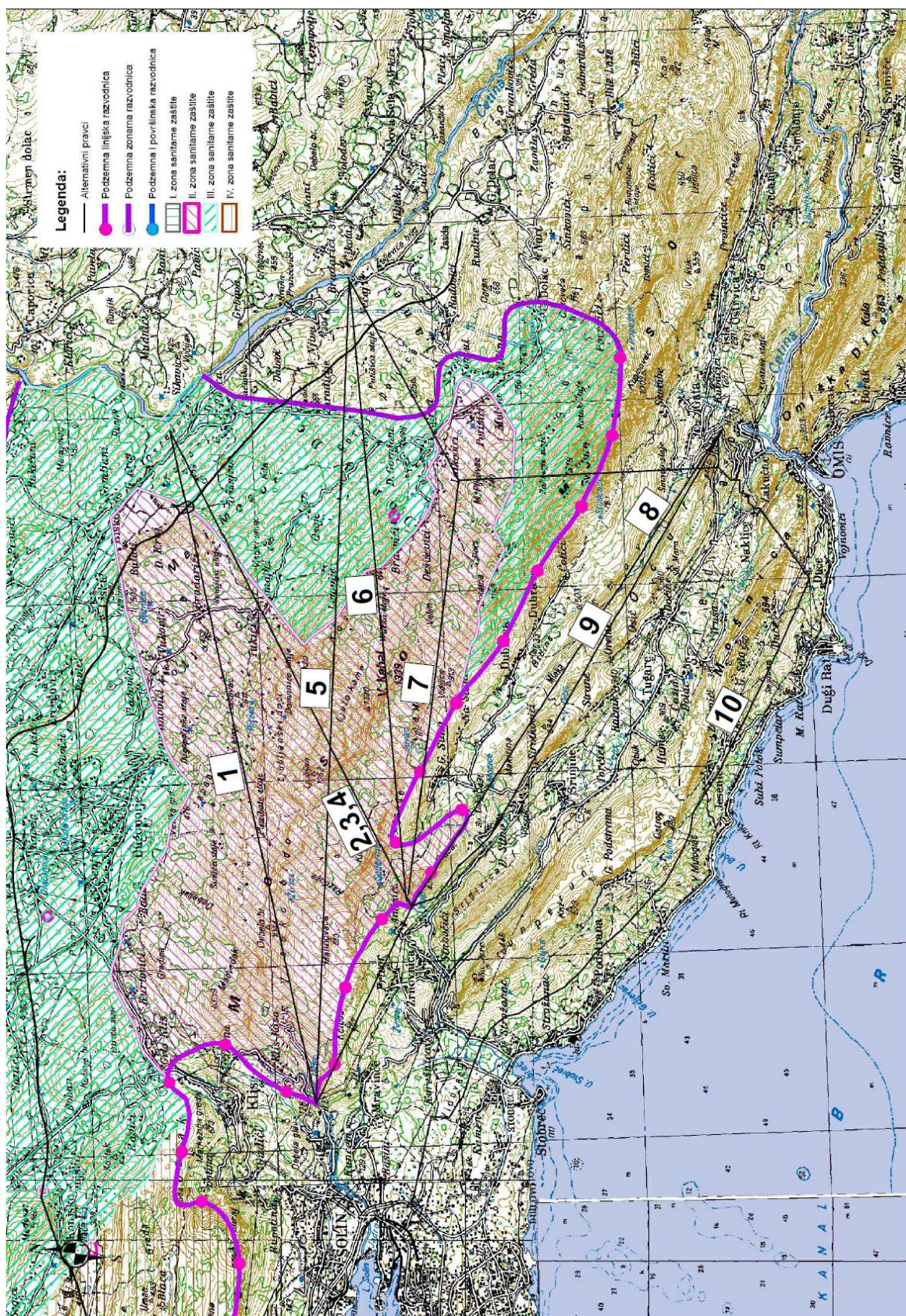
### Varijante 8-10

Druga grupa predloženih varijanti ima zahvat iz dovodnog sustava HE Zakučac, gdje se također zahvaća voda rijeke Cetine koja je tunelski dovedena u zaleđe Omiša na kotu 227 m nm. Predložene varijante su kombinacija tunelskog i površinskog dovoda vode preko izvora Žrnovnice do zone izvora Jadro osim varijante 10 koja završava u Ravnim Njivama i koja je pretežno površinski dovod.

U geološkom smislu varijante druge grupe su locirane na području tercijarnog sinklinorija odnosno primorskog sliva. Trase ove grupe varijanti prolaze kroz borane laporovite naslage eocenskog fliša i gornjo krednog vapnenca. Pošto se pružaju izvan sliva vodoopskrbnih izvora ne zahvaćaju zone sanitarne zaštite. Razina podzemne vode na ovom području nije kontinuirana i ima velike oscilacije budući se mješaju propusne i slabo propusne naslage. Područje je bogato mnogobrojnim manjim izvorima (1-3 l/s) koji se javljaju i na visokim kotama preko 500 mn.m. osobito uz reversni rasjed Mosora. Zbog toga se mogu očekivati česte pojave vode u tunelima, uglavnom malog kapaciteta.

I prva i druga grupa varijanti prolazi kroz stijene koje su iskustveno u geomehaničkom smislu stabilne za tunelogradnju. Gemehaničke značajke se mogu preciznije spoznati koristeći analogiju s postojećim tunelima građenim u istovjetnim sredinama na istraživanom području.





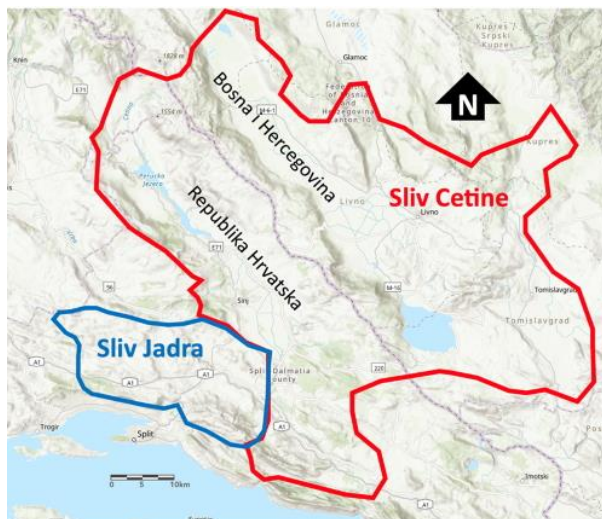
Slika 103: Karta s prikazom zona sanitarne zaštite i pravaca pružanja varijantnih rješenja



## 4.2 HIDROLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA

### 4.2.1 Osvrt na hidrološke značajke područja

U svrhu iskoristivosti vodnih resursa, postoje opravdani razlozi za korištenje istih izgradnjom sustava koji omogućuje komunikaciju vodnog bogatstva između različitih slivova. Pri tom se mijenjaju karakteristike vodnih tijela, prvenstveno s obzirom na kakvoću i količine. U svim predloženim varijantama se događa transfer iz vodnog tijela rijeke Cetine (sliv Cetine) u sliv Jadransko-žrnovnički.



Slika 104: Procijenjene granice sliva rijeke Cetine i izvora Jadransko-žrnovnički

Ova komunikacija postoji trenutno u manjem opsegu, intenzivirana podizanjem razina podzemnih voda uslijed energetske iskoristivosti sliva Cetine, tako da slivove možemo smatrati povezanim, čemu svjedoče i brojni znanstveni i stručni radovi. Stoga je bitno karakterizirati sliv Cetine, prvenstveno njegove značajke vezane za krški vodonosnik, geografsku i administrativnu lokaciju. Što se tiče samog sliva Cetine, važno je napomenuti kako se orografski sliv i hidrološki sliv razlikuju. Dvije trećine ukupnog sliva se nalaze unutar Bosne i Hercegovine, a jedna trećina (kompletni orografski sliv) u Republici Hrvatskoj. Stoga je kontroliranje i monitoring kvalitete vode međudržavni problem, kao i količine koje se kroz energetski sustav propuštaju. Te količine se reguliraju međudržavnim sporazumima i izravno utječu na protok rijeke Cetine, kao i moguće količine zahvaćanja vode kroz bilo koju od navedenih varijanti. Stoga se hidrološki aspekti, koji se odnose na izgradnju pojedine varijante, itekako razlikuju od onih, koji se odnose na sveukupnu dugoročnu održivost bilo koje od navedenih varijanti.

Varijante imaju za cilj unaprjeđenje vodoopskrbnog sustava Split-Solin-Kaštela-Trogir, uz eventualno osiguravanje biološkog minimuma rijeka Jadransko-žrnovnički u slučaju vanrednih situacija uzrokovanih prekomjernim zahvaćanjem ili alokacijom izvorišta uslijed tektonskih poremećaja te hidroenergetsko iskorištenje potencijala. Sve varijante moraju se promatrati kroz prizmu održivosti gdje se propituje svako rješenje u trodimenzionalnom vektorskom prostoru ekonomske, ekološke i društvene isplativosti. Hidrološki aspekti, kao što se može pretpostaviti, svakako ostavljaju dubok trag na sva tri navedena stupa održivosti, prvenstveno na ekološki i društveni segment. Stoga cjelokupni zahvat može biti ekonomski održiv (tehničko rješenje u kombinaciji hidrotehničkog tunela, tlačnog cjevovoda i energetske uporabe uslijed visinskih razlika točke ulaza i izlaza), ali zbog specifične situacije vezane za sliv Cetine, gdje se jedna trećina cjelokupnog hidrološkog sliva nalazi u Republici Hrvatskoj, a dvije trećine u susjednoj Bosni i Hercegovini, te ranjivosti istog uslijed hidrogeoloških karakteristika, postoje rizici koji dugoročnu održivost sustava mogu ugroziti.

Hidrološki aspekti, koji se odnose na tehno-ekonomsku dimenziju svake varijante, se odnose prvenstveno na klimatske promjene, koje mijenjaju prostornu i vremensku razdiobu oborina unutar sliva, promjenu u dinamici podzemnih voda i eventualno prihranjivanje hidrotehničkog

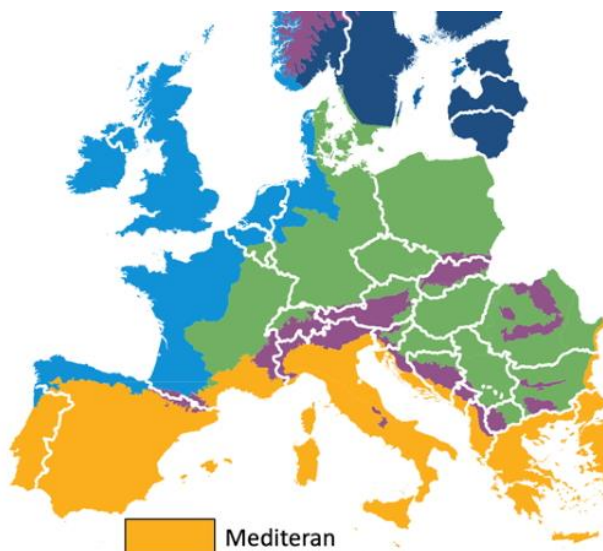
tunela, ukoliko se u nekim od budućih razrada varijanti, prikupljanje vode iz krškog podzemlja bude smatrano tehnički izvedivom nadogradnjom sustava. Zaštita voda koje prihranjuju vodonosnik Jadra se odnosi i na kvalitetu vode koja se potencijalno još može zahvatiti hidrotehničkim tunelom, no kako velikim dijelom u svim varijantama hidrotehnički tunel prolazi ispod planinskog masiva Mosora, moguća žarišta onečišćenja, kao što su industrijska proizvodnja, intenzivna poljoprivreda i stočarstvo, naselja s visokom gustoćom naseljenosti, promet i turizam, su značajno reducirana.



Slika 105: Pretpostavljeni sliv izvora Jadro

Kako se efektivna zaštita voda provodi tehničkim, ali i administrativnim mjerama, može se vidjeti iz recentnih primjera koliko je značajna učinkovitost upravo pravne regulacije zaštite sliva. Negativan primjer je svakako mikrozoniranje unutar sanitarnih zona izvora Jadra koja su omogućila industrijske i komercijalne sadržaje unutar ranjivog područja prihranjivanja vodonosnika. Nameće se svakako pitanje, na koji način se administrativno provodi zaštita voda na teritoriju Bosne i Hercegovine i koliko je ista kompatibilna s Okvirnom direktivom vodama te proizašlim standardima zaštite Voda u Europskoj uniji.

Europska agencija za okoliš (EEA) navodi neke od najvažnijih posljedica Klimatskih promjena za različite regije Europe.



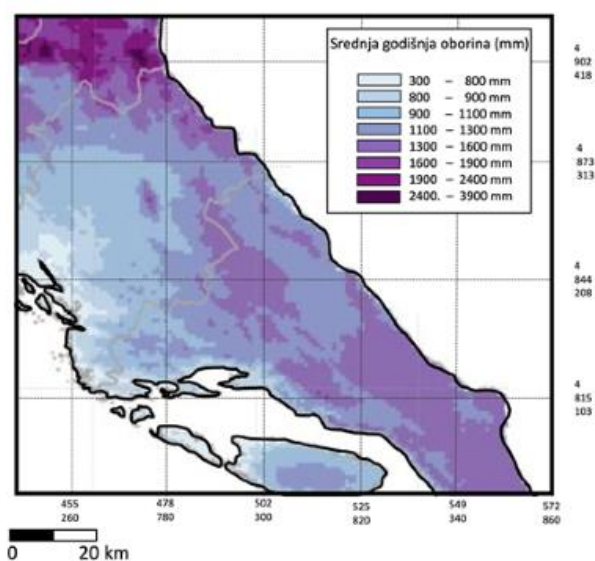
Slika 106: Mediteransko područje u Europi

Za Mediteran se navode sljedeće ključne promatrane i projicirane klimatske promjene i utjecaji:

- Veliki porast ekstremnih vrućina
- Smanjenje oborina i protoka rijeka
- Povećavanje rizika od suše
- Povećavanje rizika od gubitka biološke raznolikosti
- Povećavanje rizika od šumskih požara
- Povećana konkurencija između različitih korisnika vode
- Povećana potražnja vode za poljoprivredom
- Smanjenje prinosa usjeva
- Povećavanje rizika za stočarsku proizvodnju
- Povećanje smrtnosti od toplinskih valova
- Proširenje staništa vektora transmisivnih zaraznih bolesti s juga
- Smanjivanje potencijala za proizvodnju energije
- Povećanje potrebe za energijom za hlađenje
- Smanjenje ljetnog turizma i potencijalni porast u ostalim sezonama
- Povećanje višestrukih klimatskih opasnosti
- Većina gospodarskih sektora negativno je pogođena
- Velika ranjivost na širenje učinaka klimatskih promjena izvan Europe

Iz svega navedenog je razvidno kako sve projekcije negativno utječu na kakvoću i količine vode. Stoga kod dugoročnog planiranja se moraju uzeti u obzir moguće negativne posljedice klimatskih promjena kako kod određivanja maksimalnih količina zahvaćanja, tako i budući negativni utjecaji na kakvoću voda.

Srednje godišnje oborine na površini sliva sugeriraju dostatne količine za potrebe energetske potrošnje i potrebe zahvaćanja u sklopu alternativnog dovoda za Split no svakako je poželjno razmotriti učinke klimatskih promjena na cjelokupnu količinu oborina, prvenstveno u sušnom (ljetnom) razdoblju gdje se potrošnja vode intenzivira.

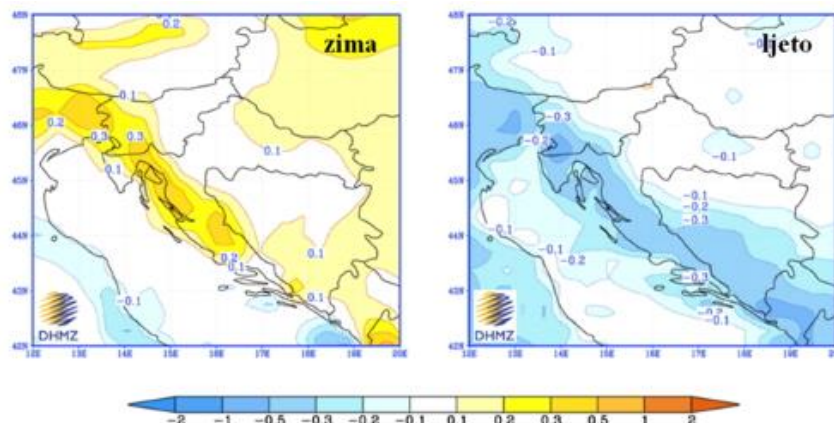


Slika 107: Karta srednje godišnje količine oborine za razdoblje 1971–2000 (Izvor: DHMZ)

Regionalni klimatski modeli se temelje na globalnim modelima, pa tako je DHMZ analizirao rezultate globalnog klimatskog modela ECHAM5/MPI-OM (Roeckner i sur., 2003.; Marsland i sur., 2003.) nad područjem Europe, razvijenog na Planck institutu u Njemačkoj, koji je ujedno uključen i u posljednje izvješće Međuvladinog panela za klimatske promjene (engl. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Ovim modelom su analizirani različiti scenariji, pri čemu se ističe scenarij **A2**, po kojem se očekuje u budućnosti velika heterogenost procesa sa stalnim povećanjem svjetske populacije te gospodarski razvoj i tehnološke promjene koje su regionalno orijentirane. A2 je osnova za regionalni klimatski model RegCM, koji predviđa promjene na teritoriju Republike Hrvatske. Za potrebe sagledavanja hidroloških aspekata izgradnje



alternativnog dovoda vode za Split, potrebno je svakako promatrati oborinu i njenu preraspodjelu u vremenskoj i prostornoj domeni, što je prikazano na slici u nastavku.



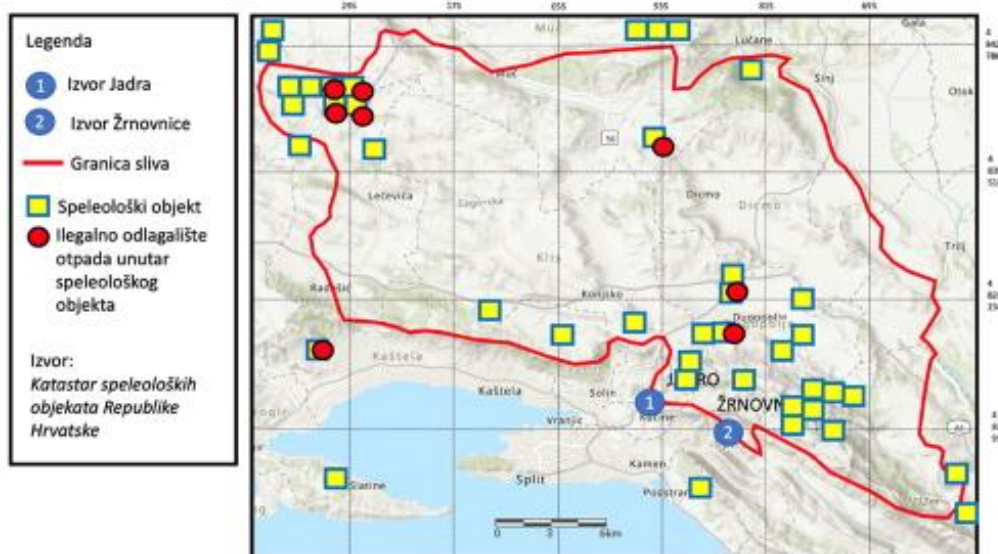
Slika 108: Promjena oborine u Hrvatskoj (u mm/dan) u razdoblju 2041. - 2070. u odnosu na razdoblje 1961. - 1990. prema rezultatima regionalnog klimatskog modela RegCM za A2 scenarij za zimu i ljeto

Raspoložive količine za zahvaćanje vode će se, prema projekcijama, između 2041. i 2070. g. smanjivati upravo u ljetnom razdoblju, kada je i najveća potrošnja, jer će se oborina kao glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus također smanjiti do -0,3 mm/dan na području sliva Cetine i sliva Jadra.

Povoljnju okolnost svakako predstavlja vrijednost godišnjih oborina.

Svaka od navedenih varijanti se sastoji od zahvaćanja vode unutar hidroenergetskog sustava rijeke Cetine na lokacijama akumulacija za HE Đale ili HE Prančević.

Kako sve varijante prolaze većim dijelom ispod planinskog masiva Mosora, potrebno je razmotriti i pojavnost speleoloških objekata unutar sliva. Duboki speleološki objekti jame se mogu često naći unutar sliva i predstavljaju brzu komunikaciju površinskog otjecanja s podzemnim vodama. Podaci o lokacijama istraženih speleoloških objekata unutar sliva preuzeti su iz Hrvatskog katastra speleoloških objekata. Na slici su prikazani i ilegalni deponiji otpada unutar špilja i jama. Ucrtane špilje i jame predstavljaju samo manji dio ukupnog broja speleoloških objekata unutar sliva Jadra, jer su slikom obuhvaćeni samo oni objekti koji su istraženi i za koje postoje nacrti.



Slika 109: Prostorni raspored istraženih speleoloških objekata unutar sliva Jadra

Karakteristika krškog vodonosnika, što ga razlikuje od ostalih tipova, je upravo pojava špilja, jama i kanala koji u kršu predstavljaju provodnike kroz koje voda brzo komunicira. Stoga poroznost u



kršu opisujemo kao trostruki model, gdje za provodnike (špilje, jame i neprohodne podzemne kanale) možemo reći kako brzo sprovode podzemnu vodu, za razliku od druge dvije komponente, pukotine i kršku matricu, koja zastupa intergranularnu poroznost sedimentnih stijena. Tablica u nastavku prikazuje osnovne karakteristike i razlike između tipova permeabilnosti prema ranije opisanom modelu trostruke poroznosti.

Permeabilnost	Dimenzije	Mehanizam toka	Vrijeme putovanja	Raspodjela
Krška matrica	$\mu\text{m}$ - mm	laminaran	dugo	Kontinuirani medij
Pukotine	10 $\mu\text{m}$ - 10 mm	uglavnom laminaran s nelinearnim komponentama	srednje	lokalizirana
Provodnici (kanali)	10 mm - 10 m	tok otvorenog vodnog lica, tok pod tlakom, turbulentan tok,	kratko	lokalizirana

Tablica 28: Karakteristike vodonosnika prema tri tipa permeabilnosti

## 4.2.2 Analiza predloženih varijanti alternativnih pravaca s hidrološkog aspekta

### Varijante 1-6 : Akumulacija Đale/Akumulacija Prančevići-Žrnovnica-Jadro

Žarišta onečišćenja, s kojih bi potencijalno podzemnim transportom mogli doći polutanti do tunela u varijantama 1-6, lokaliziraju se prvenstveno na industrijsko-komercijalnu zonu u Dugopolju, prometnice koje su na trasi objekta (Autocesta, državne i županijske ceste) i nešto udaljeniju zonu Muć, na zapadu. Naime, industrijsko – komercijalna zona Dugopolje se nalazi na visinskim kotama između 312 i 330 m n.m. što je značajno iznad planiranih kota zahvata na 285 mn.m. (Đale)/ 263,40 mn.m.(Prančevići) i kota niveleti tunela. Autocesta i državna cesta D1, koje imaju intenzivan promet tijekom turističke sezone, su također iznad kote planiranog hidrotehničkog tunela. Stoga postoje rizici od onečišćenja i prodora polutanata u dovodnik.

Površina iznad planiranih hidrotehničkih tunela, koja se nalazi na kotama iznad 400 mn.m., nema potencijal onečišćenja i minimalna je pojava zahvata u okolišu koji mogu dovesti do generiranja rizika. Obzirom da se ispod opisanih površina nalazi preko 70% duljine trasa tunela, razumno je razmotriti i opcije prikupljanja podzemnih voda na opisanim segmentima tunela. Podzemne vode u kršu imaju izrazito dinamičnu promjenu razine podzemne vode. Površinski se voda prikuplja kroz vertikalne i horizontalne provodnike (jame i špilje), što predstavlja brzu komponentu toka vode kroz podzemlje. Kako je matrica poroznosti krša sačinjena ne samo od velikih provodnika, nego i od manjih pukotina te intergranularne poroznosti unutar topivih stijena vapnenca i dolomita, tokovi unutar podzemlja mijenjaju brzinu u ovisnosti o samoj matrici. Od tuda velike promjene razine podzemne vode kao i izraženi podzemni tokovi vode koji u pravilu prate geološke formacije.

Varijante 2-4 (zajednički dio do Žrnovnice i Jadra) razlikuju se od Varijante 1 utoliko što hidrotehnički tunel od zahvata (Đale) vodi do izvora Žrnovnice te zatim drugim tunelom do UKPV Jadro. Za kretanje vode u kršu svojstvene su velike i brze oscilacije razine podzemne vode te velike razlike između minimalnih i maksimalnih zabilježenih razina, prosječno od 20 do 80 m. U planinskom masivu te razlike mogu biti znatno veće, i do preko 100 m. Od minimuma do maksimuma podzemna voda može oscilirati i u jednom danu. Stoga, planiranje zahvaćanja podzemnih voda izgradnjom hidrotehničkog tunela može biti korisna, a sama realizacija u budućnosti može osigurati dodatne količine čiste vode s viših kota.

Varijante 5-6, sa zahvatom u jezeru Prančevići, kao i sve druge varijante imaju potencijal prikupljanja podzemnih voda, ali isto tako i potencijalne rizike u fazi izgradnje zbog pojavnosti

vode u krškom podzemlju. Stoga je svakako važno eventualnu izgradnju planirati u sušnom razdoblju kada su nagli tokovi u podzemlju rjeđi. Kao i svaka navedena varijanta, hidrološki gledano, većim svojim dijelom prolazi ispod kote komercijalno industrijske zone u Dugopolju i nešto udaljenije zone Muć na zapadu, što u konačnici predstavlja rizik na eventualna onečišćenja podzemnim putem.

Navedene varijante 1-6 nisu izravno ugrožene nutrijentima, kao posljedici intenzivne poljoprivrede, jer ne prolaze ispod karakterističnih površina namijenjenih navedenoj aktivnosti, već prolaze ispod planinskog masiva na čijoj površini nema značajnijih invazivnih antropogenih djelovanja.

#### **Varijanta 7: Akumulacija Prančevići-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš**

Varijantu 7, kao i svaku do sada analiziranu varijantu karakterizira hidrološka partikularnost krškog vodonosnika i načina njegovog prihranjivanja. Prvi izvor prihranjivanja može se opisati kao difuzni dio i odnosi se na oborine koje se s površine krša infiltriraju u vodonosnik. Difuzno prihranjivanje vodonosnika utječe na razinu podzemne vode unutar istog. Prihranjivanje alogenskog tipa izazvano je površinskim tokom što potječe sa susjednih slivova. Prihranjivanje vodonosnika alogenog karaktera događa se na mjestima gubitaka površinskog toka, a to mogu biti trasom planiranog hidrotehničkog tunela ponori i jame. Alogeno prihranjivanje svakako ovisi i o razini podzemne vode dva susjedna sliva, tako da komunikacija između sliva Cetine i Jadra ovisi o razdoblju unutar hidrološke godine.

U slučaju toka uslijed poplava susjednog sliva i alogenog prihranjivanja s velikim količinama, krški vodonosnik je podložan snažnom pulsima pri kojem ne postoji filtracija vode u procesu prelaska površinskog toka u podzemni. Pri tom krupni otpad kao i otopljeni kontaminanti dospijevaju s lakoćom u podzemlje. Unutarnje prehranjivanje krškog vodonosnika se odnosi na površinu krškog terena iznad i transport vode s istog u podzemlje. Kao i prethodne varijante, varijanta 7 ima potencijal prikupljanja podzemnih voda, pri čemu također nije izravno ugrožena nutrijentima kao posljedici intenzivne poljoprivrede jer ne prolazi ispod karakterističnih površina namijenjenih navedenoj aktivnosti.

#### **Varijante 8-9: Gata-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš**

Varijante 8 i 9 međusobno se razlikuju utoliko što jedan dio planirane trase prolazi površinom, preciznije tlačnim cjevovodom ukopanim na projektiranoj dubini ispod same površine terena. Hidrološka analiza varijanti 8 i 9 ima umanjenu glavnu ulaznu veličinu u hidrološki ciklus u odnosu sa svim ostalim varijantama (1-7), jer je očekivana godišnja oborina na južnoj padini Mosora manja, u usporedbi sa sjevernim dijelom. Alogeno prihranjivanje vodonosnika na trasi planiranih tunela ne mora nužno biti umanjeno u odnosu na lokaciju ostalih varijanti, jer se dominantni regionalni tok podzemnih voda ne mijenja. Difuzno prihranjivanje pak je umanjeno zbog manjih oborina. Za očekivati je manju razinu podzemne vode, pa su povezani rizici u fazi izgradnje i operativnog funkcioniranja zbog navedenog mehanizma prihranjivanja, kao i zbog činjenice da se trasa jednim dijelom vodi terenom, manji u odnosu na varijante 1-7.

## 5 VALORIZACIJA PREDLOŽENIH VARIJANTI VIŠEKRITERIJALNOM ANALIZOM I IZBOR POVOLJNIJIH RJEŠENJA

U ovom poglavlju izvršit će se vrednovanje predloženih varijanti primjenom višekriterijalne analize, na temelju postavljenih kriterija. Takva analiza je najviše primjenjiva kada treba odabrati koje je varijantno rješenje ili koja su varijantna rješenja optimalnija između više predloženih varijanti.

Višekriterijalna analiza pomaže donijeti odluku o izboru najpovoljnije varijante tako što je jednostavnije procijeniti relativne važnosti za svaki par kriterija, nego odjednom odrediti težine ili rangirati sve kriterije zajedno.

Ovu metodu karakterizira velika doza subjektivnosti, pa da bi se taj utjecaj na izbor varijanti što više izbjegao potrebno je što više kriterija kvantificirati, tj. pripisati im određene novčane vrijednosti.

Ostale kriterije koje nije moguće kvantificirati tj. izraziti u novčanim terminima, kvalitativno će se opisati.

### 5.1 METODA IZRADE VIŠEKRITERIJALNE ANALIZE

Izrađivač će vrednovanje varijanti temeljiti na sljedećim koracima:

1/ Predložiti kriterije (*slika 110*), koji su podijeljeni u sljedeće osnovne grupe:

- Tehno-ekonomski kriteriji
- Ostali kriteriji

Tehno-ekonomski kriterij se jedini može kvantificirati, tj. pripisati mu odgovarajuće novčane vrijednosti, te će se obraditi u posebnom poglavlju preko ekonomskih troškova i ekonomske koristi.

Ostali kriteriji se ne mogu kvantificirati, ali će se kvalitativno opisati.

2/ Dodijeliti sljedeće ocjene varijantnim rješenjima na temelju predloženih kriterija

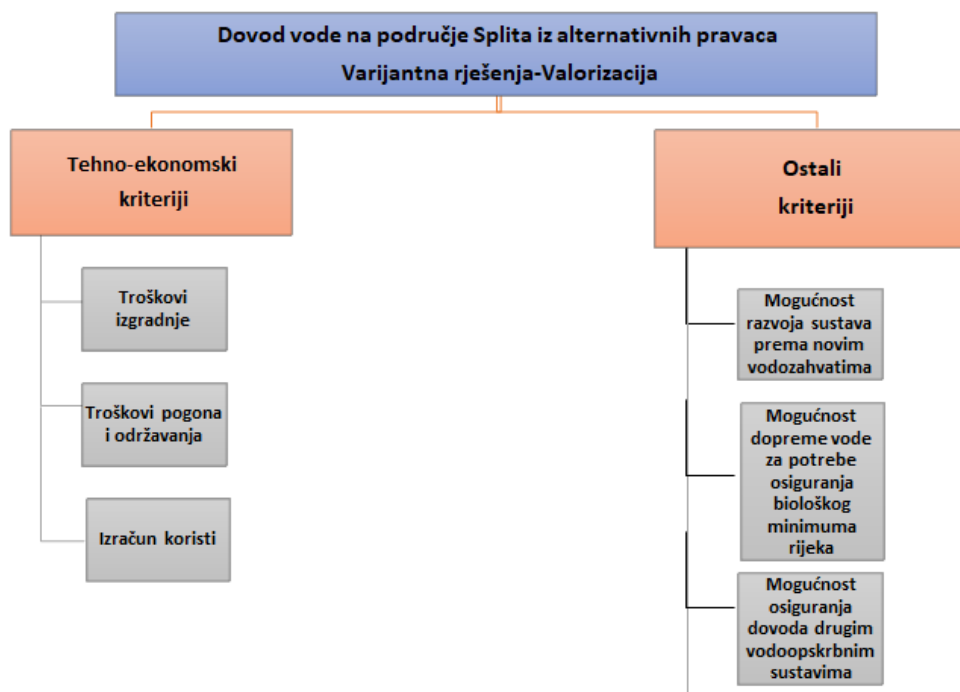
Ocjene	Opisno stanje
5	odličan
4	vrlo dobar
3	dobar
2	dovoljan
1	nedovoljan

gdje će najveću ocjenu pet (5) dobiti varijanta koja se pokaže optimalna u određenom kriteriju, npr. varijanta koja u **tehno-ekonomskom kriteriju** bude najjeftinija dobit će najveću ocjenu.

Dodjeljivanje ocjena varijantama na temelju ostalih kriterija Izrađivač će samostalno procijeniti na temelju dostupnih podataka, poput prostornih planova te studijske i projektne dokumentacije, ali i na iskustvenoj bazi. Ostali kriteriji se ne mogu prikazati u novčanim terminima, te se njihovo vrednovanje bazira na vlastitim procjenama Izrađivača te je osnovno svojstvo te metode velika količina subjektivnosti.

Obzirom na važnost kriterija, tehno-ekonomski kriterij nosi 80% vrijednosti ukupne ocjene, dok ostali kriteriji zajedno nose 20%.

3/ Izračunati broj bodova za svaku varijantu i rangirati ih prema dobivenim bodovima (*Tablica 41*)



Slika 110: Predloženi kriteriji

## 5.2 EVALUACIJA VARIJANTNIH RJEŠENJA NA TEMELJU TEHNO-EKONOMSKOG KRITERIJA

U sklopu ove analize, tehno-ekonomski kriterij je najvažniji, te se kao takav obrađuje u posebnom poglavlju. Tehno-ekonomski kriterij je podijeljen u dvije skupine:

- **ekonomski troškovi** i
- **ekonomske koristi**

Njihova obrada će se izvršiti u tehno-ekonomskoj analizi troškova i koristi. Prvo će se za svaku varijantu izračunati **troškovi** izgradnje, pogona i održavanja svedeni na neto sadašnju vrijednost u projektnom periodu od 30 godina, te zatim **korist** koja ima tržišnu vrijednost, također svedenu na neto sadašnju vrijednost u projektnom periodu od 30 godina.

Nadalje, za svaku varijantu će se trošak varijante umanjiti za njenu korist, odnosno izračunat će se **razlika između troškova i koristi**. Ta razlika će se usporediti između varijanti preko indeksa rezultata.

### 5.2.1 Ekonomski troškovi

Varijante imaju sljedeće troškove: **Troškovi izgradnje, Troškovi pogona i održavanja i Troškovi korištenja i otkupa zemljišta.**

Pretpostavke, koje su uvedene za tehno-ekonomsku analizu troškova varijantnih rješenja alternativnog dovoda, su sljedeće:

- Za postavljena varijantna rješenja sustava izračunati su investicijski i operativni troškovi. Investicijski troškovi su uspoređeni po odabranom kriteriju evaluacije kako bi se ocijenila prihvatljivost pojedinog varijantnog rješenja. Nastavno, operativni i investicijski troškovi su iskorišteni za izračun neto sadašnje vrijednosti pojedinog varijantnog rješenja kako bi se iste usporedile međusobno.



- Sustavi su dimenzionirani na vršno hidrauličko opterećenje – 2000 l/s.
- Za sva varijantna rješenja izračunati su ukupni i pojedinačni troškovi investicije te troškovi pogona i održavanja te NSV uz diskontnu stopu 4%, u projektnom razdoblju od 30 godina (3 godine gradnje +27 godina korištenja). Nakon 15 godina uračunata je izmjena elektro-strojarske opreme. Varijantna rješenja rangirana su na temelju ukupnih i pojedinačnih troškova.
- Jedinični troškovi izgradnje cjevovoda, hidrotehničkog tunela i ostalih objekata dani su na temelju iskustvenih saznanja, uzimajući u obzir tržišne cijene na sličnim područjima.
- Troškovi izgradnje vodozahvata nisu procjenjivani. Vodozahvatne građevine su zajedničke svim varijantama, te iako se razlikuje njihov položaj (Akumulacija Đale/ Akumulacija Prančevići/ dovodni tunel Gata), smatra se da je izgradnja vodozahvata, neovisno o lokaciji, podjednako zahtjevna i tehnički i financijski u svim varijantama te, kao takva, nije podložna usporedbi.
- Troškovi izgradnje ogranka dovoda prema Omišu, u varijantama koje obuhvaćaju tu mogućnost, nisu procjenjivani. Radi odgovarajuće usporedbe varijanti, izvršena je procjena troškova izgradnje samo u dijelu dovodnih sustava koji ispunjavaju zadani cilj – dovod na područje Splita. Mogućnost osiguranja dovoda drugim vodoopskrbnim sustavima jedan je od ostalih tehničkih kriterija.
- Pri eventualnom daljnjem projektiranju dovodnog sustava pojedine varijante moguće su korekcije prikazanog tehničkog rješenja, no točnost je prihvatljiva na razini idejnog rješenja.
- Investicijski trošak otkupa zemljišta na ovom području uzet je prema trenutno važećim tržišnim cijenama na predmetnim lokacijama.
- Investicijski troškovi izgradnje UKPV-a Žrnovnica su bazirani na investicijskim troškovima izgradnje UKPV Jadro. Troškove energenata i kemikalija za UKPV Žrnovnicu Izrađivač idejnog rješenja procijenio je na temelju dostupnih podataka o UKPV Jadro (izvor: Elaborat zaštite okoliša)
- Jedinične cijene izgradnje hidrotehničkih tunela za sve varijante su bazirane na prikazanim podacima o geomehaničkim klasifikacijama (II, III, IV i V kategorija) hidrotehničkih tunela po dionicama. Ti troškovi su prikazani u „ulaznoj tablici“.

## 5.2.2 Ekonomske koristi

U ovom poglavlju će se procijeniti ekonomske koristi investicije kod svake varijante. Općenito, ekonomske koristi od investicije u projektima vodoopskrbe su podijeljeni u sljedeće kategorije:

- Uštede u troškovima resursa za korisnika
  - uštede u radu privatnih bunara osiguranjem novih vodovodnih priključaka i
  - uštede povezane sa smanjenim korištenjem vode u boci za piće i kuhanje-izgradnjom UKPV-a se poboljšava kvaliteta vodoopskrbe
- Uštede u troškovima resursa za pružatelje usluge, poput
  - smanjeni varijabilni troškovi vezani uz smanjivanje razine gubitaka u vodoopskrbi,
  - energetska učinkovitost-manja potrošnja energije (zamjena elektro-strojarske opreme) i
  - smanjeni troškovi održavanja nakon zamjene zastarjele imovine

Koristi za okoliš, poput poboljšanja kvalitete vode za kupanje i poboljšane kvalitete riječnog ekosustava se u vodoopskrbi ne mogu kvantificirati, jer su povezane s realizacijom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i sustava odvodnje otpadnih voda.

Postoje i ostale ekonomske koristi, ali se iste ne kvantificiraju, već se kvalitativno (subjektivno) opisuju:

- koristi po zdravlje proizašle iz poboljšane kakvoće pitke vode
- gospodarski razvoj potaknut poboljšanjem komunalnih usluga
- korist od izravnog uživanja vodnih dobara (kupanje, ribolov) zbog poboljšanja kakvoće vode, očuvanje vodnih staništa, poboljšanja stanja vodnog tijela

Iz navedenog teksta jasno je da ovaj projekt nema prethodno navedene ekonomske koristi, jer nije klasični projekt poboljšanja vodoopskrbnog sustava, već alternativni dovod, kojim se:

- **ne osiguravaju novi priključci**
- **ne poboljšava kvaliteta vode za piće**
- **ne smanjuju gubici u vodoopskrbi**
- **ne smanjuje potrošnja energije**
- **ne smanjuju troškovi održavanja sustava, jer ovaj dovod ne zamjenjuje proizvoljni dio postojećeg sustava**

Ovaj projekt alternativnog dovoda jedino može imati **ekonomsku korist od prodaje električne energije**, proizvedene iskorištenjem hidroenergetskog potencijala izgradnjom hidroelektrane u svakoj varijanti.

Međutim, da bi se ispitala isplativost izgradnje HE na kraju dovodnog tunela, bilo je potrebno razmotriti i pitanje osiromašenja postojeće proizvodnje električne energije uslijed 'oduzimanja' zahvaćene vode od protoka kroz postojeće HE.

To je obrađeno unutar poglavlja 3, za svaku varijantu posebno, unutar potpoglavlja o namjeni, funkcioniranju i korištenju sustava, **te je zaključeno da je u svim varijantama gubitak postojeće proizvodnje veći od koristi uslijed izgradnje HE**. Stoga se nadalje u ovom elaboratu neće uzimati u razmatranje eventualna izgradnja male HE na kraju dovoda.

Iz priloženog obrazloženja, vidljivo je da u sklopu ove valorizacije nije moguće izdvojiti ekonomske koristi koje bi se mogle dalje valorizirati, za ovaj nivo razrade.

Najveća korist alternativnog dovoda, što je ujedno i njegov osnovni cilj, je **povećanje sigurnosti javne vodoopskbe** aglomeracije gradova Splita (s gravitirajućom Općinom Podstrana), Solina (s dijelom gravitirajuće Općine Klis), Kaštela i Trogira (s gravitirajućom Općinom Seget i Općinom Okrug), što nije moguće ekonomski izmjeriti.

### 5.2.3 Tehno-ekonomska analiza troškova

Nadalje, u tekstu slijede tablice o **tehno-ekonomskoj analizi troškova** za pojedinu varijantu.

Prije tih tablica, prvo će se prikazati „**ulazna tablica**“ u kojoj su za svaku varijantu prethodno izračunati troškovi izgradnje hidrotehničkog tunela (građevinski radovi) prema jediničnim cijenama izgradnje po kategorijama stijenske mase na temelju geomehaničke klasifikacije tunela sadržane u poglavlju 3.

Građevinskim radovima obuhvaćen je iskop tunela s okretištima (duljine 8 m, svakih 300 m'), kanal odvodnje i izvedba primarne podgrade.

Ukupni troškovi izgradnje hidrotehničkih tunela pojedine varijante, ovdje izračunati, uvršteni su u tablice za izračun tehno-ekonomske analize troškova.

VARIJANTA 1					
Hidrotehnički tunel Đale-Jadro					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	6.721,37	6.565,45	1.718,79	999,39	<b>16.005</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	127.773.116	157.331.801	51.873.314	56.822.741	<b>393.800.972</b>

VARIJANTA 2					
Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	5.426,66	2.677,57	2.609,37	1.911,40	<b>12.625</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	103.160.703	64.164.210	78.751.138	108.677.280	<b>354.753.331</b>
Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	268.935.615	<b>268.935.615</b>

VARIJANTA 3					
Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	5.426,66	2.677,57	2.609,37	1.911,40	<b>12.625</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	103.160.703	64.164.210	78.751.138	108.677.280	<b>354.753.331</b>
Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	268.935.615	<b>268.935.615</b>

VARIJANTA 4					
Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	5.426,66	2.677,57	2.609,37	1.911,40	<b>12.625</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	103.160.703	64.164.210	78.751.138	108.677.280	<b>354.753.331</b>

VARIJANTA 5					
Hidrotehnički tunel Prančevići-Jadro					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	9.525,72	6.743,46	778,50	282,32	<b>17.330</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	181.083.756	161.597.561	23.495.235	16.051.988	<b>382.228.540</b>

VARIJANTA 6					
Hidrotehnički tunel Prančevići-Žrnovnica					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	5.495,40	5.537,14	1.359,09	898,37	<b>13.290</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	104.467.449	132.689.794	41.017.519	51.079.004	<b>329.253.766</b>
Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0	0	0	268.935.615	<b>268.935.615</b>

VARIJANTA 7					
Hidrotehnički tunel Prančevići-Žrnovnica					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
Dionice tunela prema kategoriji (m)	3.538,40	7.031,50	1.388,66	2.951,44	<b>14.910</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	67.264.917	168.500.036	41.909.946	167.811.275	<b>445.486.174</b>
Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0	0	0	268.935.615	<b>268.935.615</b>



VARIJANTA 8					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
<b>Hidrotehnički tunel Gata</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	625,00	<b>625</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	35.535.890	<b>35.535.890</b>
<b>Hidrotehnički tunel Gata-Žrnovnica</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	12.007,53	0,00	232,47	<b>12.240</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	287.743.616	0,00	13.217.645,00	<b>300.961.261</b>
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	268.935.615	<b>268.935.615</b>

VARIJANTA 9					
Kategorija stijenske mase	II.	III.	IV.	V.	Ukupno
<b>Hidrotehnički tunel Gata</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	625,00	<b>625</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	35.535.890	<b>35.535.890</b>
<b>Hidrotehnički tunel Gata-Žrnovnica</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	8.484,39	0,00	1.715,61	<b>10.200</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	203.316.507	0,00	97.545.165	<b>300.861.672</b>
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro</b>					
Dionice tunela prema kategoriji (m)	0,00	0,00	0,00	4.730,00	<b>4.730</b>
HRK/m'	19.010	23.964	30.180	56.857	
HRK/dionici	0,00	0,00	0,00	268.935.615	<b>268.935.615</b>

Tablica 29: Ulazna tablica s cijenom izgradnje tunela pojedinih varijanti prema geomehaničkoj klasifikaciji

Slijede tablice **tehno-ekonomske analize troškova** za svaku varijantu.

### VARIJANTA 1-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVOVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA)</b>				<b>642.032.972 HRK</b>
<b>Građevinski dio</b>				<b>625.232.972 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL DN</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Pristupni tunel Đale	70 m'		28.000 HRK/m'	1.960.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Đale-Jadro*</b>	16.000 m'		prema ulaznoj tablici	393.800.972 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	16.000 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	225.600.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Dva vodovodna cjevovoda u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>16.800.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično tunel Đale-Jadro	16.000 m'		1.000 HRK/m'	16.000.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>3.630.165 HRK/god</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	625.232.972 HRK	0,5%		3.126.165 HRK/god
Oprema u tunelu	16.800.000 HRK	3,0%		504.000 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>657.237.371 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 30: Varijanta 1 – Tehno-ekonomska analiza troškova

### VARIJANTA 2-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVOVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA)</b>				<b>871.283.946 HRK</b>
<b>Građevinski dio</b>				<b>852.323.946 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL DN</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Pristupni tunel Đale	70 m'		28.000 HRK/m'	1.960.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica*</b>	12.630 m'		prema ulaznoj tablici	354.753.331 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	12.630 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	178.083.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	160 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	1.488.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	4.730 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	39.732.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>18.960.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično tunel Đale-Žrnovnica	12.630 m'		1.000 HRK/m'	12.630.000 HRK
Ventilatori tunel Đale-Žrnovnica	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično tunel Žrnovnica-Jadro	4.730 m'		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori tunel Žrnovnica-Jadro	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>4.830.420 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	852.323.946 HRK	0,5%		4.261.620 HRK/god
Oprema u tunelu	18.960.000 HRK	3,0%		568.800 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>888.825.497 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 31: Varijanta 2 - Tehno-ekonomska analiza troškova

### VARIJANTA 3-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA)</b>				<b>979.955.946 HRK</b>
<b>Građevinski dio</b>				<b>960.995.946 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Pristupni tunel Đale	70 m'		28.000 HRK/m'	1.960.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica*</b>	12.630 m'		prema ulaznoj tablici	354.753.331 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	12.630 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	178.083.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	160 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	1.488.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Vodovodna cijev u tunelu	4.730 m'	1x DN 700	4.200 HRK/m'	19.866.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	1x DN 600	3.000 HRK/m'	120.000 HRK
<b>Cjevovod Žrnovnica-kamenolom-TTTS</b>	4.600 m'	1x DN 800	5.300 HRK/m'	24.380.000 HRK
Cjevovod u tunelu Stupe	2.300 m'	1x DN 700	4.200 HRK/m'	9.660.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel do Ravnih Njiva*</b>	1.500 m'			90.000.000 HRK
Cjevovod Kamenolom-Stobreč	1.900 m'	1x DN 500	2.500 HRK/m'	4.750.000 HRK
<b>Oprema u tunelu</b>				<b>18.960.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično tunel Đale-Žrnovnica	12.630 m'		1.000 HRK/m'	12.630.000 HRK
Ventilatori tunel Žrnovnica	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično tunel Žrnovnica-Jadro	4.730 m'		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori tunel Jadro	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>5.373.780 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	960.995.946 HRK	0,5%		4.804.980 HRK/god
Oprema u tunelu	18.960.000 HRK	3,0%		568.800 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%</b>				<b>997.780.688 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m i kanal odvodnje u tunelu				

#### UKPV ŽRNOVNICA

<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI UKPV ŽRNOVNICA (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA +OSTALO)</b>				<b>82.560.000 HRK</b>
Otkup zemljišta	7.200 m2	300 HRK / m2		2.160.000 HRK
Negrađevinski i pripremni radovi				600.000 HRK
Građevinski radovi				23.940.000 HRK
Elektro-strojarski radovi i oprema				23.940.000 HRK
Tehnološki radovi i oprema				31.920.000 HRK
<b>UKPV - GRAĐEVINSKI TROŠKOVI:</b>				<b>23.940.000 HRK</b>
<b>UKPV - TROŠKOVI ELEKTRO-STROJARSKE OPREME:</b>				<b>55.860.000 HRK</b>
<b>OPERATIVNI TROŠKOVI UKPV-a</b>				<b>2.500.527 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>		<b>OPREMA 3% INV</b>	<b>GRAĐ 1% INV</b>	
UKPV Žrnovnica		1.675.800 HRK/god	239.400 HRK/god	1.915.200 HRK/god
<b>UTROŠAK ENERGENATA</b>		<b>Godišnja potrošnja kWh/god.</b>	<b>Jedinična cijena HRK/kWh</b>	
Utrošak električne energije (potrebna snaga-190 kW)		752.340	0,75	564.255 HRK/god
<b>UTROŠAK KEMIKALIJA</b>		<b>Godišnja potrošnja kg/god.</b>	<b>Jedinična cijena HRK/kg</b>	
Otopina HCl (32%)		3.240	4,00	12.960 HRK/god
Otopina NaOCl (16%)		2.028	4,00	8.112 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%</b>				<b>135.443.397 HRK</b>

<b>REKAPITULACIJA TROŠKOVA IZRAŽENIH U NSV UZ DISKONTNU STOPU 4%</b>				<b>1.133.224.085 HRK</b>
Hidrotehnički tuneli i cjevovodi				997.780.688 HRK
UKPV Žrnovnica				135.443.397 HRK

Tablica 32: Varijanta 3 - Tehno-ekonomska analiza troškova

### VARIJANTA 4-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA)</b>				<b>852.824.331 HRK</b>
<b>Građevinski dio</b>				<b>839.394.331 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Pristupni tunel Đale	70 m'		28.000 HRK/m'	1.960.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Đale-Žrnovnica</b>	12.630 m'		prema ulaznoj tablici	354.753.331 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	12.630 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	178.083.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	160 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	1.488.000 HRK
<b>Cjevovod Žrnovnica-kamenolom-TTTS</b>	4.600 m'	2x DN 800	9.900 HRK/m'	45.540.000 HRK
Cjevovod u tunelu Stupe	2.300 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	19.320.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Jadro-Ravne Njive</b>	3.993 m'			230.000.000 HRK
Cjevovod Kamenolom-Stobreč	1.900 m'	1x DN 500	2.500 HRK/m'	4.750.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>13.430.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično tunel Đale-Žrnovnica	12.630 m'		1.000 HRK/m'	12.630.000 HRK
Ventilatori tunel Žrnovnica	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>4.599.872 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	839.394.331 HRK	0,5%		4.196.972 HRK/god
Oprema u tunelu	13.430.000 HRK	3,0%		402.900 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>865.863.722 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

<b>UKPV ŽRNOVNICA</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI UKPV ŽRNOVNICA (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA + OSTALO)</b>				<b>137.600.000 HRK</b>
Otkup zemljišta	12.000 m <sup>2</sup>	300 HRK / m <sup>2</sup>		3.600.000 HRK
Negrađevinski i pripremni radovi				1.000.000 HRK
Građevinski radovi				39.900.000 HRK
Elektro-strojarski radovi i oprema				39.900.000 HRK
Tehnološki radovi i oprema				53.200.000 HRK
<b>UKPV - GRAĐEVINSKI TROŠKOVI:</b>				<b>39.900.000 HRK</b>
<b>UKPV- TROŠKOVI ELEKTRO-STROJARSKE OPREME:</b>				<b>93.100.000 HRK</b>
<b>OPERATIVNI TROŠKOVI UKPV-a</b>				<b>4.167.545 HRK</b>
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>		<b>OPREMA 3% INV</b>	<b>GRAĐ 1% INV</b>	
UKPV Žrnovnica		2.793.000 HRK/god	399.000 HRK/god	3.192.000 HRK/god
<b>UTROŠAK ENERGENATA</b>		<b>Godišnja potrošnja kWh/god.</b>	<b>Jedinična cijena HRK/kWh</b>	
Utrošak električne energije (potrebna snaga-316 kW)		1.253.900	0,75	940.425 HRK/god
<b>UTROŠAK KEMIKALIJA</b>		<b>Godišnja potrošnja kg/god.</b>	<b>Jedinična cijena HRK/kg</b>	
Otopina HCl (32%)		5.400	4,00	21.600 HRK/god
Otopina NaOCl (16%)		3.380	4,00	13.520 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>225.738.995 HRK</b>



<b>REKAPITULACIJA TROŠKOVA IZRAŽENIH U NSV UZ DISKONTNU STOPU 4%</b>				<b>1.091.602.717 HRK</b>
Hidrotehnički tuneli i cjevovodi				865.863.722 HRK
UKPV Žrnovnica				225.738.995 HRK

Tablica 33: Varijanta 4 - Tehno-ekonomska analiza troškova

### VARIJANTA 5-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNEL I CJEVOVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI DIO + OPREMA)</b>				<b>655.863.540 HRK</b>
<b>Građevinski dio</b>				<b>637.733.540 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Pristupni tunel Prančevići	260 m'		28.000 HRK/m'	7.280.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Prančevići Jadro*</b>	17.330 m'		prema ulaznoj tablici	382.228.540 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	17.330 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	244.353.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>18.130.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično u tunelu Prančevići Jadro	17.330 m'		1.000 HRK/m'	17.330.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>3.732.568 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	637.733.540 HRK	0,5%		3.188.668 HRK/god
Oprema u tunelu	18.130.000 HRK	3,0%		543.900 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>672.175.209 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 34: Varijanta 5 - Tehno-ekonomska analiza troškova

## VARIJANTA 6-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>861.070.381 HRK</b>
<b>Građevinski radovi</b>				<b>841.450.381 HRK</b>
	DUŽINA/KOMADA	PROFIL	JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Pristupni tunel Prančevići	260 m'		28.000 HRK/m'	7.280.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Prančevići-Žrnovnica*</b>	13.290 m'		prema ulaznoj tablici	329.253.766 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	13.290 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	187.389.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	160 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	1.488.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	4.730 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	39.732.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>19.620.000 HRK</b>
	DUŽINA		JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Rasvjeta i slično u tunelu Prančevići-Žrnovnica	13.290 m'		1.000 HRK/m'	13.290.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Žrnovnica-Jadro	4.730 m'		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>4.795.852 HRK</b>
	UKUPNA INV.	UDIO U ODRŽAVANJU		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	841.450.381 HRK	0,5%		4.207.252 HRK/god
Oprema u tunelu	19.620.000 HRK	3,0%		588.600 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4</b>				<b>879.116.903 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 35: Varijanta 6 - Tehno-ekonomska analiza troškovi

## VARIJANTA 7-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVOVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>988.426.789 HRK</b>
<b>Hidrotehnički tunel i cjevovodi</b>				<b>967.186.789 HRK</b>
	DUŽINA/KOMADA	PROFIL	JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Pristupni tunel Prančevići	260 m'		28.000 HRK/m'	7.280.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Prančevići-Žrnovnica*</b>	14.910 m'		prema ulaznoj tablici	445.486.174 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	5.130 m'	1x DN 1200	11.500 HRK/m'	58.995.000 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	9.780 m'	2x DN 1000	14.100 HRK/m'	137.898.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	160 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	1.488.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	4.730 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	39.732.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>21.240.000 HRK</b>
	DUŽINA		JEDINIČNA CIJENA	UKUPNA CIJENA
Rasvjeta i slično u tunelu Prančevići-Žrnovnica	14.910 m'		1.000 HRK/m'	14.910.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Žrnovnica-Jadro	4.730 m'		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>5.473.134 HRK</b>
	UKUPNA INV.	UDIO U ODRŽAVANJU		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	967.186.789 HRK	0,5%		4.835.934 HRK/god
Oprema u tunelu	21.240.000 HRK	3,0%		637.200 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%</b>				<b>1.008.109.997 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 36: Varijanta 7 - Tehno-ekonomska analiza troškova

## VARIJANTA 8-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVOVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI</b>				<b>788.349.766 HRK</b>
<b>Građevinski radovi</b>				<b>768.354.766 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
<b>Hidrotehnički tunel Gata*</b>	625 m'		prema ulaznoj tablici	35.535.890 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	625 m'	1x DN 1400	11.500 HRK/m'	7.187.500 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	65 m'	2x DN 1100	21.300 HRK/m'	1.384.500 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Gata-Žrnovnica*</b>	12.240 m'		prema ulaznoj tablici	300.961.261 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	12.240 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	102.816.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	100 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	930.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	4.730 m'	2x DN 700	8.400 HRK/m'	39.732.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjekom	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2x DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema</b>				<b>19.995.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično u tunelu Gata	625 m'		1.000 HRK/m'	625.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Gata-Žrnovnica	12.240 m'		1.000 HRK/m'	12.240.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Žrnovnica-Jadro	4.730 m'		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>4.441.624 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	768.354.766 HRK	0,5%		3.841.774 HRK/god
Oprema u tunelu	19.995.000 HRK	3,0%		599.850 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>806.508.821 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 37: Varijanta 8 - Tehno-ekonomska analiza troškova



## VARIJANTA 9-IZRAČUN TROŠKOVA

<b>HIDROTEHNIČKI TUNELI I CJEVODI</b>				
<b>INVESTICIJSKI TROŠKOVI (GRAĐEVINSKI RADOVI + OPREMA)</b>				<b>844.694.177 HRK</b>
<b>Građevinski radovi</b>				<b>826.739.177 HRK</b>
	<b>DUŽINA/KOMADA</b>	<b>PROFIL</b>	<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
<b>Hidrotehnički tunel Gata*</b>	625 m'		prema ulaznoj tablici	35.535.890 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	625 m'	1X DN 1400	11.500 HRK/m'	7.187.500 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	65 m'	2X DN 1100	21.300 HRK/m'	1.384.500 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Gata-Žrnovnica*</b>	10.200 m'		prema ulaznoj tablici	300.861.672 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	10.200 m'	2X DN 1000	14.100 HRK/m'	143.820.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	2.630 m'	1X DN 1000	7.000 HRK/m'	18.410.000 HRK
<b>Hidrotehnički tunel Žrnovnica-Jadro*</b>	4.730 m'		prema ulaznoj tablici	268.935.615 HRK
Dvije vodovodne cijevi u tunelu	4.730 m'	2X DN 700	8.400 HRK/m'	39.732.000 HRK
Ulazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		2.000.000 HRK / kom	2.000.000 HRK
Izlazna portalna građevina spredusjeko	1 kom		1.500.000 HRK / kom	1.500.000 HRK
Cjevovod u terenu	40 m'	2X DN 700	9.300 HRK/m'	372.000 HRK
<b>Oprema u tunelu</b>				<b>17.955.000 HRK</b>
	<b>DUŽINA</b>		<b>JEDINIČNA CIJENA</b>	<b>UKUPNA CIJENA</b>
Rasvjeta i slično u tunelu Gata	625 m'		1.000 HRK/m'	625.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Gata-Žrnovnica	10.200 m'		1.000 HRK/m'	10.200.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
Rasvjeta i slično u tunelu Žrnovnica-Jadro	4.730 kom		1.000 HRK/m'	4.730.000 HRK
Ventilatori	1 kom		800.000 HRK / kom	800.000 HRK
<b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA</b>				<b>4.672.346 HRK</b>
	<b>UKUPNA INV.</b>	<b>UDIO U ODRŽAVANJU</b>		
Zahvat, hidrotehnički tunel i cjevovodi	826.739.177 HRK	0,5%		4.133.696 HRK/god
Oprema u tunelu	17.955.000 HRK	3,0%		538.650 HRK/god
<b>UKUPNI TROŠKOVI IZRAŽENI U NETO SADAŠNJOJ VRIJEDNOSTI (NSV) UZ DISKONTNU STOPU 4%:</b>				<b>861.356.974 HRK</b>
*uključeni građevinski radovi bez cijevi, okretišta duljine 8 m na svakih 300 m' i kanal odvodnje u tunelu				

Tablica 38: Varijanta 9 - Tehno-ekonomska analiza troškova

U narednoj tablici su prikazani sveukupni troškovi svedeni na NSV za pojedinu varijantu.

VARIJANTE	NSV	Indeks
<b>Varijanta 1_Akumulacija Đale-Jadro</b>	<b>657.237.371</b>	<b>1,00</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	657.237.371	
<b>Varijanta 2_Akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>888.825.497</b>	<b>1,35</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	888.825.497	
<b>Varijanta 3_Akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro s ogrankom prema istočnom području Splita</b>	<b>1.133.224.085</b>	<b>1,72</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	997.780.688	
UKPV Žrnovnica	135.443.397	
<b>Varijanta 4_Akumulacija Đale-Žrnovnica-istočno područje Splita</b>	<b>1.091.602.717</b>	<b>1,66</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	865.863.722	
UKPV Žrnovnica	225.738.995	
<b>Varijanta 5_Akumulacija Prančevići-Jadro</b>	<b>672.175.209</b>	<b>1,02</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	672.175.209	
<b>Varijanta 6_Akumulacija Prančevići-Žrnovnica-Jadro</b>	<b>879.116.903</b>	<b>1,34</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	879.116.903	
<b>Varijanta 7_Akumulacija Prančevići -Žrnovnica-Jadro s ogrankom za Omiš</b>	<b>1.008.109.997</b>	<b>1,53</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	1.008.109.997	
<b>Varijanta 8_Gata-Žrnovnica-Jadro s dovodom za Omiš</b>	<b>806.508.821</b>	<b>1,23</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	806.508.821	
<b>Varijanta 9_Gata-Žrnovnica-Jadro s dovodom za Omiš</b>	<b>861.356.974</b>	<b>1,31</b>
Hidrotehnički tunel i cjevovodi	861.356.974	

Tablica 39: Usporedni prikaz neto sadašnje vrijednosti varijantnih rješenja

U narednoj tablici su varijante rangirane na temelju tehno-ekonomskog kriterija, poredane od najjeftinije prema najskupljoj.

Poredak varijanti	Varijante	Indeks rezultata	NSV (HRK)
1	Varijanta 1	1,00	657.237.371
2	Varijanta 5	1,02	672.175.209
3	Varijanta 8	1,23	806.508.821
4	Varijanta 9	1,31	861.356.974
5	Varijanta 2	1,35	888.825.497
6	Varijanta 6	1,34	879.116.903
7	Varijanta 7	1,53	1.008.109.997
8	Varijanta 4	1,66	1.091.602.717
9	Varijanta 3	1,72	1.133.224.085

Tablica 40: Poredak varijanti od najjeftinije prema najskupljoj na temelju tehno-ekonomskog kriterija

Indeks rezultata je pokazao da je varijanta 1 - akumulacija Đale-Jadro optimalna (najjeftinija), na temelju tehno-ekonomskih kriterija, te se nalazi na prvom mjestu.

S razlikom samo od 2 % slijedi je varijanta 5-akumulacija Prančevići-Jadro.

Varijanta 8 je skuplja za 23%, dok su varijante 2, 6 i 9 skuplje za 31-35 % od varijante 1.

Za 53 % je skuplja varijanta 7, zatim varijanta 4 za 66 %, a najskuplja je varijanta 3 za 72 %.

## 5.3 EVALUACIJA VARIJANTNIH RJEŠENJA NA TEMELJU OSTALIH KRITERIJA

Osim tehno-ekonomskog pokazatelja kroz NSV, tu su i ostali kriteriji koje je potrebno sagledati i tek tada se odlučiti za optimalnu varijantu alternativnog dovoda. Ostali kriteriji se ne mogu kvantificirati, ali će se kvalitativno opisati.

Ostali kriteriji se baziraju na tehničkoj usporedbi između devet (9) varijantnih rješenja dovoda, i mogu se opisati kroz sljedeće:

### [1] Mogućnost razvoja sustava prema novim vodozahvatima

Kod kriterija *mogućnost razvoja sustava prema novim vodozahvatima* ocijenila se mogućnost razvoja pojedinih varijanti prema novim, uzvodnim vodozahvatima, npr. prema izvoru rijeke Rude ili akumulacijskom jezeru Peruća, što je načelno prikazano kao dugoročni cilj razvoja dovodnog sustava u van planskom periodu u Vodoopskrbnom planu Splitsko-dalmatinske županije, 2008. god. Što je zahvat uzvodniji, varijanta se nalazi u bližem položaju u odnosu na nove zahvate te će eventualni produžetak dovodnog sustava biti kraći, pa će i ocjena biti najviša.

Prema ovom kriteriju, varijante 1, 2, 3 i 4, s vodozahvatom u akumulacijskom jezeru HE Đale, su najpovoljnije, jer su najbliže Velikoj Rudi ili Perući.

Varijante 5, 6 i 7, s vodozahvatom u akumulacijskom jezeru HE Prančevići, su manje povoljne.

Varijante 8 i 9, s vodozahvatom unutar dovodnog sustava Prančevići-HE Zakućac, su najmanje povoljne, jer se i po udaljenoj lokaciji i po nemogućnosti priključka dugoročnog dovoda na tunel Prančevići-HE Zakućac ne uklapaju u takvo dugoročno rješenje.

### [2] Mogućnost dopreme vode za potrebe osiguranja biološkog minimuma rijeka

Kada se ne koristi alternativni dovod za vodoopskrbu, može se koristiti za pokrivanje biološkog minimuma u rijekama Jadro i/ili Žrnovnica, po potrebi.

Kod kriterija *Mogućnost dopreme vode za potrebe osiguranja biološkog minimuma rijeka* ocijenila se mogućnost upuštanja vode u korito rijeka Jadro i/ili Žrnovnica, u razdoblju male izdašnosti izvora, ili druge vanredne situacije, te za potrebe osiguravanja biološkog minimuma rijeke.

Prema ovom kriteriju, varijante 1 i 5 mogu vodu dopremiti samo da Jadrta, što je manje povoljno.

Sve ostale varijante vodu mogu dovesti i do Jadrta i do Žrnovnice, što je povoljnije.

### [3] Mogućnost osiguranja dovoda drugim vodoopskrbnim sustavima

Sve varijante rješavaju postavljeni zadatak Alternativnog dovoda do područja Splita. Međutim, varijante 7, 8 i 9, nude mogućnost razvoja dovodnog sustava prema sustavu Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis, sa zajedničkim vodozahvatom i početnom dionicom zajedničkog tunela za dva sustava.

Premda se to može smatrati određenom prednošću, u odnosu na varijantu 7, varijante 1-6 mogu se nadopuniti nastavkom dovoda prema sustavu Omiš-Brač-Hvar-Šolta-Vis, kao i sustavu Regionalnog vodovoda Makarskog primorja, onako kako je prikazano kao dugoročni cilj razvoja dovodnog sustava u van planskom periodu u Vodoopskrbnom planu Splitsko-dalmatinske županije, 2008. god.

Jedine varijante koje rješavaju dovod za 2 sustava s daleko manjim ulaganjima od izgradnje dodatnog dugog tunela prema Omišu, su varijante 8 i 9. Međutim, njima ne ide u prilog kriterij 1, kao i nepovoljan utjecaj na postojeći hidroenergetski sustav Prančevići-HE Zakućac.

Naime, dovodni sustav akumulacija Prančevići - HE Zakućac zamišljen je od samog početka, tijekom 1960'ih godina, kao višenamjenski sustav, i za potrebe vodoopskrbe i za potrebe proizvodnje električne energije, pri čemu je kao prioritarna funkcija dovoda istaknuta vodoopskrba.

Međutim, značajnim razvojem i jednog (vodoopskrbnog) i drugog (elektro) sustava, koji se dogodio tijekom proteklih 6 desetljeća, takvo zajedničko djelovanje postaje sve složenije, pa rješenja kojima se predlaže izgradnja novog zahvata unutar zajedničkih objekata dovodnog sustava akumulacija Prančevići - HE Zakučac (varijante 8 i 9), nisu prihvatljive od strane HEP-a.

## 5.4 ZAKLJUČAK O PREDLOŽENIM VARIJANTAMA

U ovom elaboratu je obrađeno 9 varijantnih rješenja alternativnog dovoda. Sve varijante su ispunile osnovni cilj, a to je rezervni dovod za vodoopskrbu aglomeracije Split-Solin-Kaštela-Trogir, odnosno povećanje **sigurnosti javne vodoopskrbe**.

Kada nema potrebe za korištenjem vode za vodoopskrbu, ili kad se za vodoopskrbu zahvaća tek dio ukupne količine, voda se može upuštati u rijeke Jadro i/ili Žrnovnicu za potrebe osiguranja **biološkog minimuma rijeka**. Ova mogućnost je načelno obrađena, jer ovim idejnim rješenjem dodatna voda za osiguranje biološkog minimuma nije predviđena.

Da bi se mogla donijeti odluka o optimalnoj varijanti alternativnog dovoda, koristila se metoda višekriterijalne analize, kojom su za svaku varijantu prvo obrađeni **tehnoekonomski kriteriji**, koji su prikazani u novčanim vrijednostima. Taj kriterij je najvažniji te je njegovoj težinskoj vrijednosti dodijeljen iznos od 80 % ukupne ocjene. Tehno-ekonomski kriterijem obrađeni su troškovi izgradnje, pogona i održavanja planiranih objekata, hidrotehničkih tunela, cjevovoda, UKPV, i dr.

Troškovi izgradnje, pogona i održavanja planiranih objekata su svedeni na NSV u periodu od 30 godina, te je za svaku varijantu izračunat indeks rezultata, koji je pokazao sljedeće:

- Varijanta 1- akumulacija Đale-Jadro je najjeftinija,
- s razlikom od 2 % slijedi je Varijanta 5-akumulacija Prančevići-Jadro.
- Varijanta 8 je skuplja za 23%, dok su varijante 2, 6 i 9 skuplje za 31-35 % od varijante 1.
- Za 53 % je skuplja varijanta 7, zatim varijanta 4 za 66 %, a najskuplja je varijanta 3 za 72 %.

Nadalje, varijante su obrađene na temelju ostalih kriterija koji se ne mogu kvantificirati, tj. prikazati u novčanim terminima, već su se kvalitativno opisale. Njihovo vrednovanje se bazira na vlastitim procjenama Izrađivača te je osnovno svojstvo te metode velika količina subjektivnosti, te je njegovoj težinskoj vrijednosti dodijeljen iznos od 20 % vrijednosti ukupne ocjene. U biti, ostali kriteriji se temelje na opisu prednosti i mana predloženih varijantnih rješenja.

Sljedeća tablica zbirno prikazuje prethodno opisane i vrednovane varijante na temelju postavljenih kriterija. Svaki kriterij je dobio određenu ocjenu: odličan (5), vrlo dobar (4), dobar (3), dovoljan (2) i nedovoljan (1). Na kraju su varijante rangirane prema najvećem broju bodova.



vrijednost ocjene	Kriteriji	Varijanta 1 Đale-Jadro		Varijanta 2 Đale-Žrnovnica-Jadro		Varijanta 3 Đale-Žrnovnica-Jadro, s ograncima prema istočnom području Splita		Varijanta 4 Đale-Žrnovnica-istočno područje Splita		Varijanta 5 Prančevići-Jadro		Varijanta 6 Prančevići-Žrnovnica- Jadro		Varijanta 7 Prančevići-Žrnovnica- Jadro, s dovodom za Omiš		Varijanta 8 Gata-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš		Varijanta 9 Gata-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš	
		80%	NSV (HRK)	657.237.371	5	888.825.497	3	1.133.224.085	1	1.091.602.717	1	672.175.209	4	879.116.903	3	1.008.109.997	2	806.508.821	3
	bodovi		4,00		2,40		0,80		0,80		3,20		2,40		1,60		2,40		2,40
	Rangirane varijante	1		3		5		5		2		3		4		3		3	
20% ocjene	Mogućnost razvoja sustava prema novim vodozahvatima	najbliža Velikoj Rudi ili Perući	5	najbliža Velikoj Rudi ili Perući	5	najbliža Velikoj Rudi ili Perući	5	najbliža Velikoj Rudi ili Perući	5	srednje udaljena od Velike Rude ili Peruće	3	srednje udaljena od Velike Rude ili Peruće	3	srednje udaljena od Velike Rude ili Peruće	3	najudaljenija od Velike Rude ili Peruće	1	najudaljenija od Velike Rude ili Peruće	1
	Mogućnost dopreme vode za potrebe osiguranja biološkog minimuma rijeka	Jadro	3	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro	3	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro i Žrnovnica	5	Jadro i Žrnovnica	5
	Mogućnost osiguranja dovoda drugim vodoopskrbnim sustavima	mala mogućnost	3	mala mogućnost	3	mala mogućnost	3	mala mogućnost	3	mala mogućnost	3	mala mogućnost	3	veća mogućnost	4	velika mogućnost	5	velika mogućnost	5
	ukupno ost.krit. bodovi		11		13		13		13		9		11		12		11		11
	Rangirane varijante	3		1		1		1		4		3		2		3		3	
	Ukupno bodova	Varijanta 1	6,2	Varijanta 2	5,0	Varijanta 3	3,4	Varijanta 4	3,4	Varijanta 5	5,0	Varijanta 6	4,6	Varijanta 7	4,0	Varijanta 8	4,6	Varijanta 9	4,6
	Ukupno rangirane varijante	1		2		5		5		2		3		4		3		3	

Ocjene	
5	odličan
4	vrlo dobar
3	dobar
2	dovoljan
1	nedovoljan

Tablica 41: Evaluacija predloženih varijantnih rješenja

U prethodnoj tablici varijante su ocijenjene i rangirane na sljedeći način:

- VARIJANTA 1-akumulacija Đale-Jadro je na **prvom mjestu**, kao optimalna varijanta
- VARIJANTA 2-akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro i VARIJANTA 5-akumulacija Prančevići-Jadro se nalaze na **drugom mjestu**
- VARIJANTA 6-akumulacija Prančevići-Žrnovnica-Jadro, VARIJANTA 8-Gata-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš i VARIJANTA 9-Gata-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš se nalaze na **trećem mjestu**
- VARIJANTA 7-akumulacija Prančevići-Žrnovnica-Jadro, s dovodom za Omiš, se nalazi na **četvrtom mjestu**
- VARIJANTA 3-akumulacija Đale-Žrnovnica-Jadro, s ogrankom prema istočnom području Splita i VARIJANTA 4-akumulacija Đale-Žrnovnica-istočno područje Splita se nalaze na **petom mjestu**, kao najnepovoljnije varijante

Višekriterijalna analiza je pokazala da je **varijanta 1 optimalna** za alternativni dovod do aglomeracije Split-Solin-Kaštela-Trogir.

Njene **prednosti** su sljedeće:

- Ima najmanje troškove izgradnje, pogona i održavanja te je najjeftinija na temelju tehn-ekonomskog kriterija s analizom troškova svedenog na NSV
- Najbliža je budućim uzvodnim vodozahvatima Velikoj Rudi ili Perući zajedno s varijantama 2, 3 i 4, što znači da se najbolje uklapa u dugoročno rješenje Vodoopskrbnog plana SDŽ

Njene **mane** su sljedeće:

- U kriteriju *Mogućnost dopreme vode za potrebe osiguranja biološkog minimuma rijeka* je dobila nižu ocjenu jer može, po potrebi, pokrivati biološki minimum samo rijeke Jadro, a ne i Žrnovnice, kao što mogu varijante 2,3,4,6,7,8 i 9.
- U kriteriju *Mogućnost osiguranja dovoda drugim vodoopskrbnim sustavima* je također dobila nižu ocjenu jer ne nudi takvu mogućnost.

Bez obzira na nabrojane mane varijante 1, smatramo da su ipak važnije njene prednosti u financijskom i ekonomskom smislu, zbog najmanjih troškova izgradnje.

Za predloženu **varijantu 1, kao optimalnu** za alternativni dovod aglomeracije, će se u narednoj Knjizi 3 izraditi tehn-ekonomski sažetak s obrazloženjem svih analiziranih parametara. Također, u sažetak će se uvrstiti i **drugorangirana varijanta 2**, bez obzira što je velika razlika u bodovima u korist varijante 1. Varijanta 2 je predložena da se uvrsti u sažetak zbog mogućnosti osiguranja biološkog minimuma rijeke Žrnovnice, što smatramo da je važan kriterij nakon tehn-ekonomskog kriterija. Osim toga, varijanta 2 ima dvije prihvatne točke dovoda, što dugoročno nudi više mogućnosti razvoja dovodnog sustava prema području opskrbe.

Na kraju će se izraditi plan aktivnosti, koji se sastoji od planiranja provedbe istražnih radova, izrade daljnje studijsko-projektne dokumentacije, te izrade ostale dokumentacije.

## 6 ZAKLJUČNO O OBRADENOJ KNJIZI 2

Od vodnog se gospodarstva traži odgovarajuća razina usluga u funkciji zdravlja i sigurnosti stanovništva, proizvodnje hrane i razvoja drugih gospodarskih djelatnosti, te zaštite ekosustava i vodnog okoliša u cjelini.

To podrazumijeva brigu za osiguranje dovoljne količine i zadovoljavajuće kakvoće vode i izgrađenost vodoopskrbnih sustava, na način koji odgovara potrebama svih stalnih i povremenih stanovnika, gospodarskih i drugih subjekata.

Ova Knjiga 2 je obradila problematiku alternativnog dovoda na zadovoljavajući način, tako što je svih 9 obrađenih varijanata postiglo zadani cilj

- **povećanje sigurnosti javne vodoopskrbe** - rezerva za vodoopskrbu aglomeracije Split-Solin-Kaštela-Trogir

Osim ovog, alternativni dovod može postići i dodatni cilj u vidu ostalih namjena za korištenje voda, poput navodnjavanja, dopune biološkog minimuma i dr., ali su te namjene u ovom elaboratu tek načelno spomenute. Ukoliko se bude željelo i ako bude zainteresiranih investitora, alternativni dovod se može planirati i za korištenje ostalih namjena. U dokumentaciji višeg reda bit će potrebno obraditi takve zahtjeve.

Svaka varijanta je detaljno obrađena s tehničke strane, s popisom potrebnih građevina, situacijskim prikazom i uzdužnim profilom. Prikazani su geomehanički pokazatelji tunela, kao i geološke, hidrogeološke i hidrološke značajke područja duž planiranih trasa.

Nakon toga, pristupilo se valorizaciji predloženih varijanti višekriterijalnom analizom, koja je pokazala da je optimalna **varijanta 1-akumulacija Đale-Jadro**. Vodozahvat se planira izvesti u akumulaciji Đalo s dvije cijevi, dimenzionirane na max. potrebnih 2.000 l/s, smještenih u hidrotehnički tunel duljine 16.000 m.

Svako zahvaćanje voda, bez obzira na namjenu, može imati negativnog utjecaja na stanje voda, poput promjena u hidrološkom režimu i morfologiji, negativnog utjecaja na stanišne vrste i kakvoću voda.

Međutim, Cetina je danas regulirana rijeka, na kojoj su izvršeni brojni hidrotehnički zahvati koji su utjecali na prirodni hidrološki režim i stanje rijeke. Njena morfologija, kontinuitet toka i hidrološki režim su poprilično promijenjeni, što je vidljivo iz parametara stanja vodnih tijela (prikazano u knjizi 1), gdje je za hidromorfološke elemente utvrđena ocjena „umjereno, loše i vrlo loše“ na svim vodnim tijelima Cetine, nizvodno od Peruće. Ostali pokazatelji stanja vodnih tijela Cetine, poput fizikalno-kemijskih pokazatelja, bioloških elemenata kakvoće su ocijenjeni „dobri i vrlo dobri“.

Vodno tijelo rijeke Jadro, kao i Cetine, ne zadovoljava u hidromorfološkim elementima, koji su ocijenjeni „vrlo loše“, dok su ostali pokazatelji ocijenjeni „dobri“. Vodno tijelo rijeke Žrnovnice je u boljem stanju po hidromorfološkim elementima s ocjenom „umjereno“.

Bez obzira na sadašnje stanje Cetine, Jadra i Žrnovnice, svaki vodozahvat bilo koje namjene izaziva stres vodnim ekosustavima, i prije bilo čega treba istražiti kakav režim zahvaćanja odgovara tipu vodotoka, odnosno treba ispitati dnevne, sezonske i godišnje varijacije protoka, sve kako bi se zadovoljio dobro stanje vodnih tijela. Takve daljnje obrade će biti predmet dokumentacije višeg reda.

## 7 GRAFIČKI PRILOZI

**7.1 PREGLEDNA SITUACIJA: VARIJANTNA RJEŠENJA MJ 1:50 000**

**7.2 MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE ĐALE MJ 1:5 000**

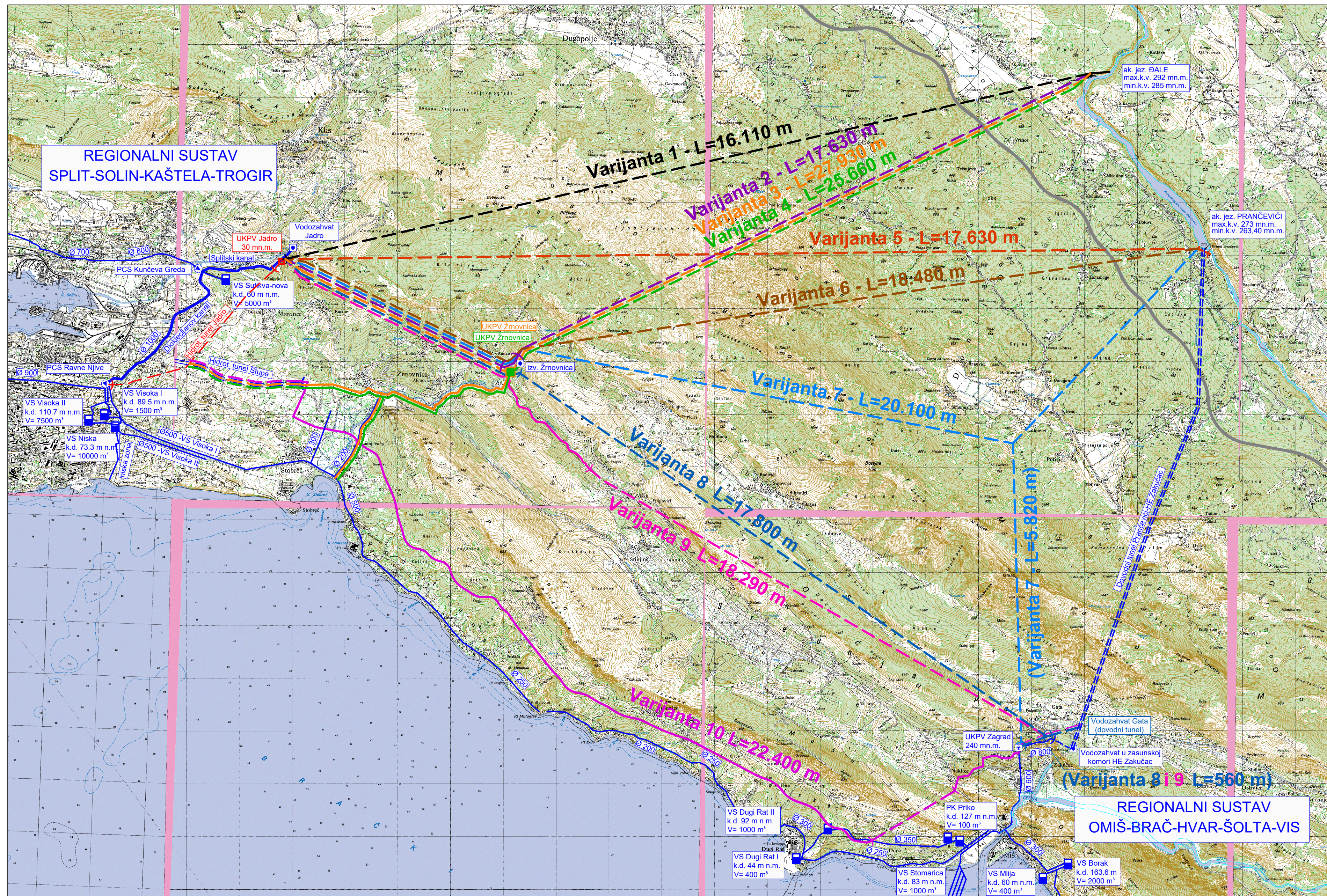
**7.3 MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE PRANČEVIĆI MJ 1:5 000**

**7.4 MIKROLOKACIJA: GATA (DOVODNI TUNEL PRANČEVIĆI-HE ZAKUČAC) MJ 1:5 000**

**7.5 MIKROLOKACIJA: MAJDAN (UPOV JADRO) MJ 1:5 000**

**7.6 MIKROLOKACIJA: ŽRNOVNICA MJ 1:5 000**





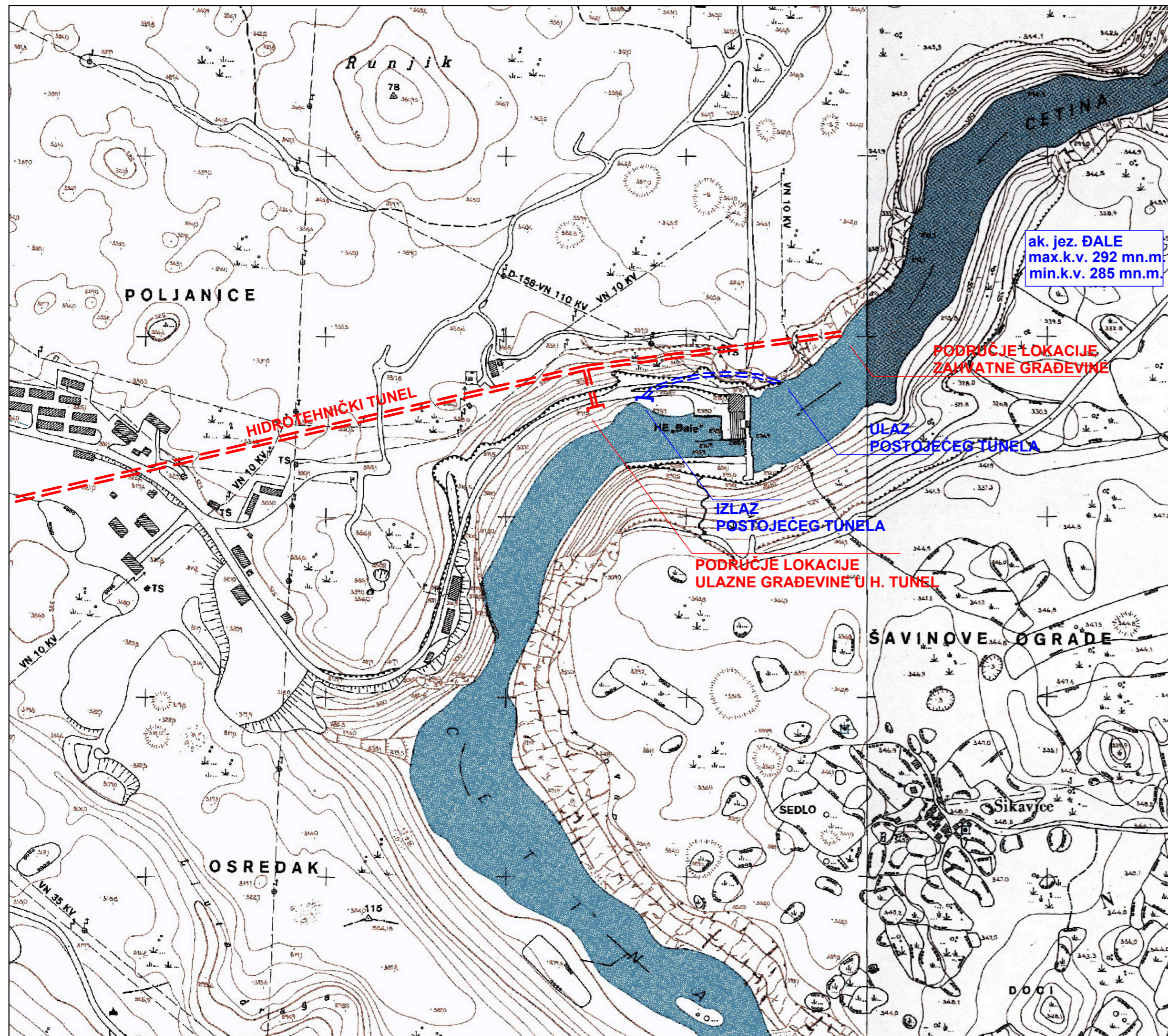
**PREGLEDNA SITUACIJA:  
VARIJANTNA RJEŠENJA**

MJ: 1: 50 000

- LEGENDA**
- VARIJANTA 1
  - VARIJANTA 2
  - VARIJANTA 3
  - VARIJANTA 4
  - VARIJANTA 5
  - VARIJANTA 6
  - VARIJANTA 7
  - VARIJANTA 8
  - VARIJANTA 9
  - VARIJANTA 10
  - - - CJEVOVOD U H. TUNELU
  - CJEVOVOD U TERENU
  - POSTOJEĆI SUSTAV
  - PLANIRANI SUSTAV

IZVODITELJI: INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split	HIDROING d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split	PODIZVODITELJI: PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split	FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE Matice hrvatske 15 21000 Split
NAZIV PROJEKTA: <b>ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA</b>			
NARUČITELJI: HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb	VODITELJI PROJEKTA: Goran Marinović, dipl. ing. grad. Zdenko Čelan, dipl. ing. grad.	PROJEKTANTI: Elis Katalinić, dipl. ing. grad. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. grad.	
RAZINA: IDEJNO RJEŠENJE	KNJIGA: 2	OZNAKA: AD/02	MJESTO I DATUM: Split, studeni 2022.
NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA: <b>PREGLEDNA SITUACIJA VARIJANTNA RJEŠENJA</b>	MJERILO: 1: 50 000		Broj lista: <b>7.1</b>





## MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE ĐALE

MJ: 1: 5 000

### LEGENDA:

- POSTOJEĆE GRAĐEVINE
- PLANIRANE GRAĐEVINE

<b>IZVODITELJI:</b> INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split	<b>HIDROING d.o.o.</b> Trg hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split	<b>PODIZVODITELJI:</b> PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split	<b>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</b> Matice hrvatske 15 21000 Split
<b>NAZIV PROJEKTA:</b> ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA			
<b>NARUČITELJ:</b> HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb	<b>VODITELJI PROJEKTA:</b> Goran Marinović, dipl. ing. građ. Zdenko Čelan, dipl. ing. građ.	<b>PROJEKTANTI:</b> Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ.	
<b>RAZINA:</b> IDEJNO RJEŠENJE	<b>KNJIGA:</b> 2	<b>OZNAKA:</b> AD/02	<b>MJESTO I DATUM:</b> Split, studeni 2022.
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA:</b> <b>MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE ĐALE</b>			<b>MJERILO:</b> 1: 5 000  Broj lista: <b>7.2.</b>

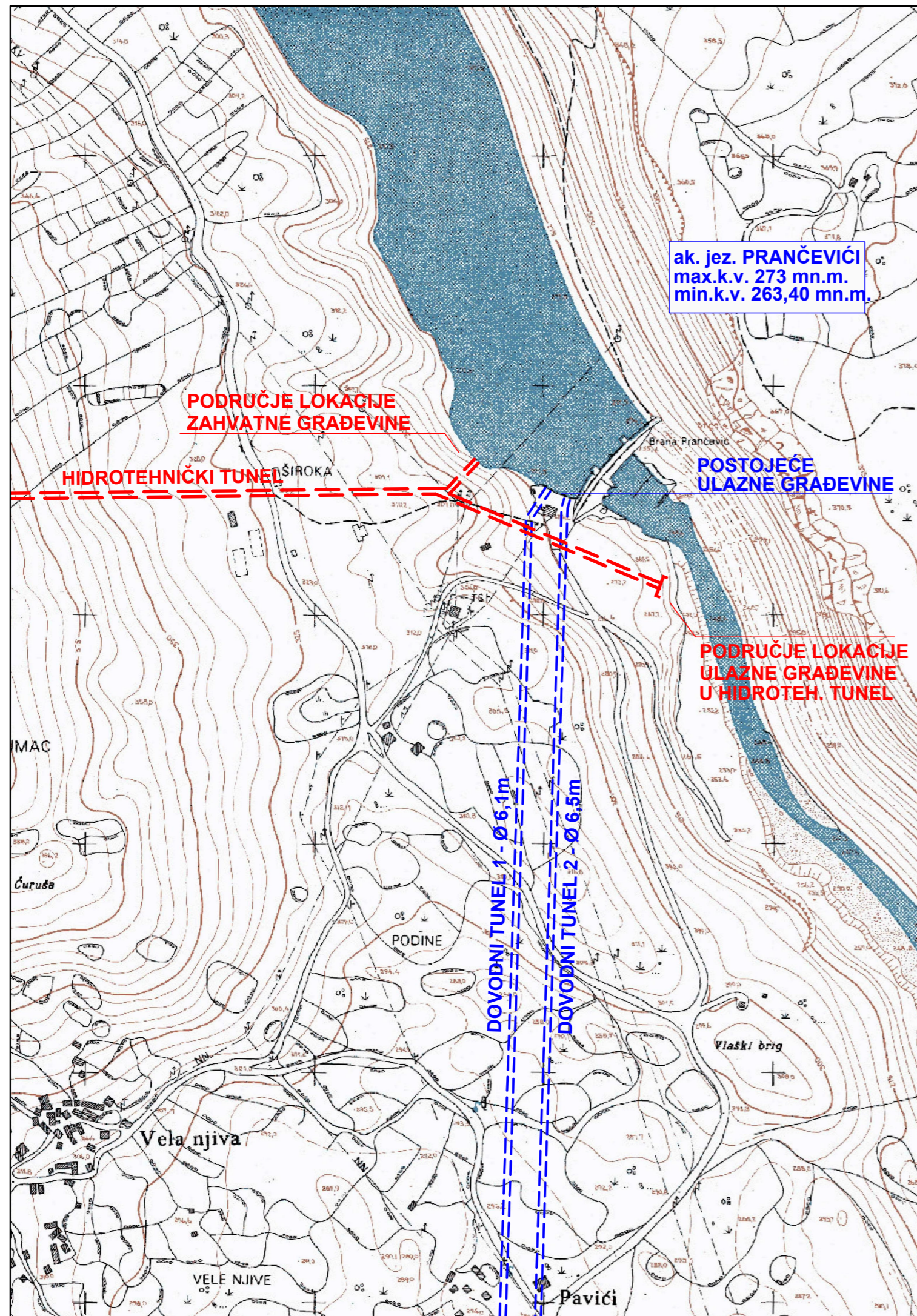


# MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE PRANČEVIĆI

MJ: 1: 5 000

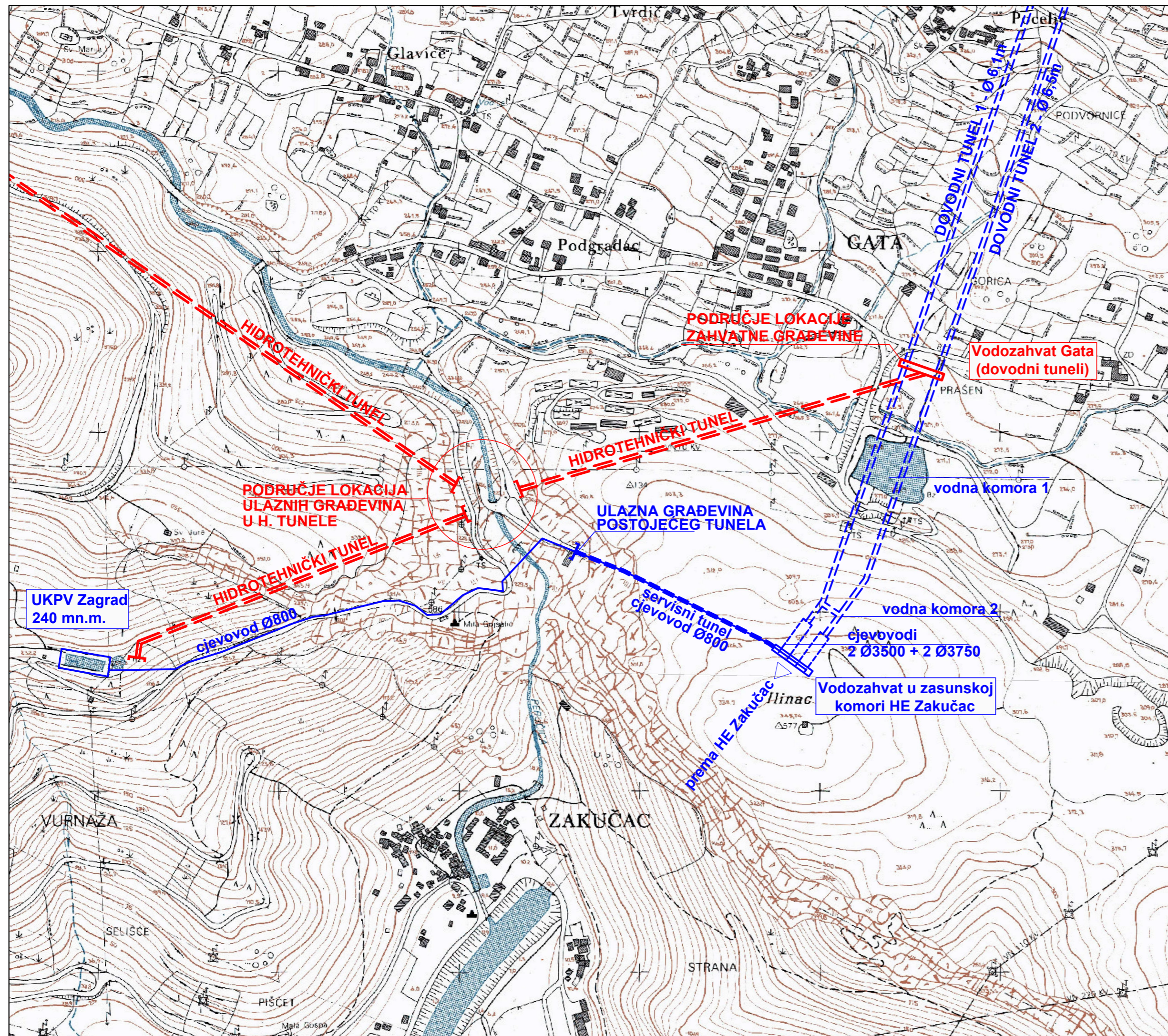
## LEGENDA:

- POSTOJEĆE GRAĐEVINE
- PLANIRANE GRAĐEVINE



IZVODITELJI: INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split		HIDROING d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split		PODIZVODITELJI: PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split		FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE Matice hrvatske 15 21000 Split	
NAZIV PROJEKTA: ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA							
NARUČITELJ: HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb			VODITELJI PROJEKTA: Goran Marinović, dipl. ing. građ. Zdenko Čelan, dipl. ing. građ.		PROJEKTANTI: Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ.		
RAZINA: IDEJNO RJEŠENJE		KNJIGA: 2	OZNAKA: AD/02	MJESTO I DATUM: Split, studeni 2022.		MJERILO: 1: 5 000	
NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA: <b>MIKROLOKACIJA: AKUMULACIJSKO JEZERO I HE PRANČEVIĆI</b>						Broj lista: <b>7.3.</b>	





**MIKROLOKACIJA:  
GATA**  
(DOVODNI TUNEL PRANČEVIĆI-HE ZAKUČAC)  
MJ: 1: 5 000

**LEGENDA:**  
--- POSTOJEĆE GRAĐEVINE  
--- PLANIRANE GRAĐEVINE

IZVODITELJI: INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split		HIDROING d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split		PODIZVODITELJI: PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split		FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE Matice hrvatske 15 21000 Split	
NAZIV PROJEKTA: <b>ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA</b>							
NARUČITELJI: HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb			VODITELJI PROJEKTA: Goran Marinović, dipl. ing. građ. Zdenko Čelan, dipl. ing. građ.		PROJEKTANTI: Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ.		
RAZINA: IDEJNO RJEŠENJE		KNJIGA: 2	OZNAKA: AD/02	MJESTO I DATUM: Split, studeni 2022.		MJERILO: 1: 5 000	
NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA: <b>MIKROLOKACIJA: GATA (DOVODNI TUNEL PRANČEVIĆI-HE ZAKUČAC)</b>						Broj lista: <b>7.4.</b>	

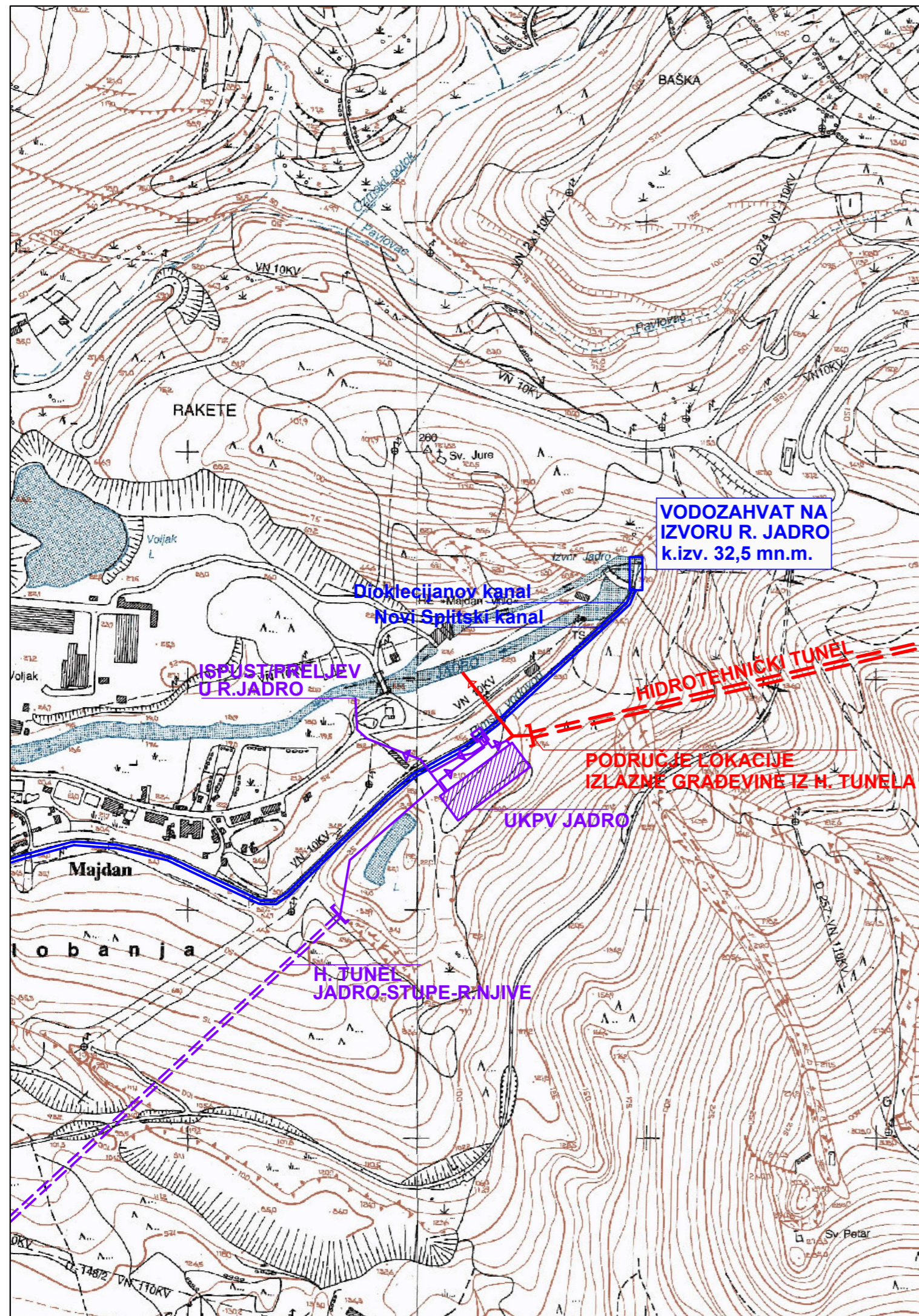


# MIKROLOKACIJA: MAJDAN (UPOV JADRO)

MJ: 1: 5 000

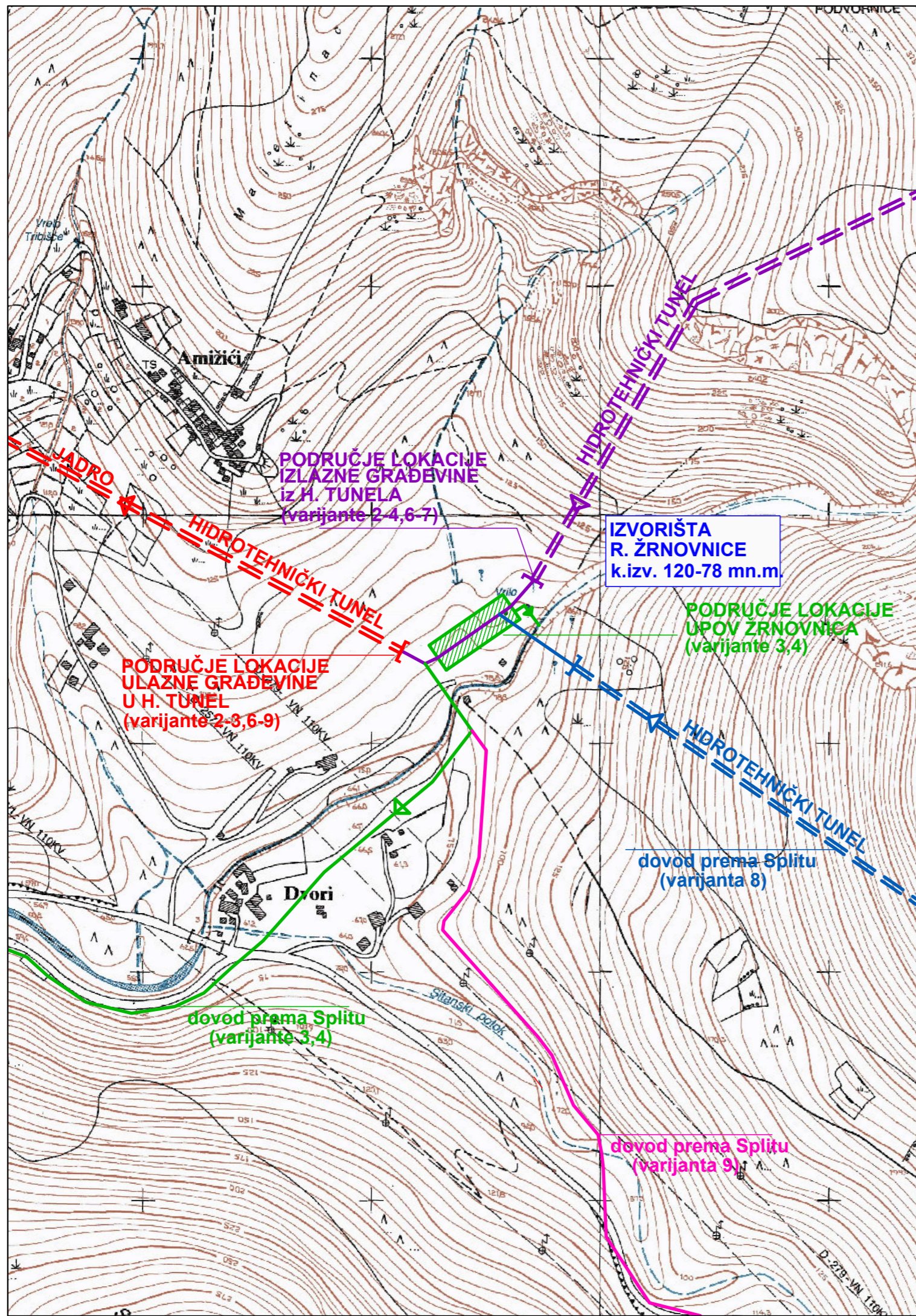
## LEGENDA:

- POSTOJEĆE GRAĐEVINE
- - - PLANIRANE GRAĐEVINE IDEJNOG RJEŠENJA
- PLANIRANE GRAĐEVINE POSTOJEĆEG SUSTAVA NEOVISNO O IDEJNOM RJEŠENJU



IZVODITELJI: INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split		HIDROING d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 2 21000 Split		PODIZVODITELJI: PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split		FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE Matice hrvatske 15 21000 Split	
NAZIV PROJEKTA: ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA							
NARUČITELJ: HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb			VODITELJI PROJEKTA: Goran Marinović, dipl. ing. građ. Zdenko Čelan, dipl. ing. građ.		PROJEKTANTI: Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ.		
RAZINA: IDEJNO RJEŠENJE		KNJIGA: 2	OZNAKA: AD/02	MJESTO I DATUM: Split, studeni 2022.		MJERILO: 1: 5 000	
NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA: MIKROLOKACIJA: MAJDAN (UPOV JADRO)						Broj lista: 7.5.	





## MIKROLOKACIJA: ŽRNOVNICA

MJ: 1: 5 000

### LEGENDA:

- PLANIRANE GRAĐEVINE VARIJANTI 2-4, 6-7
- PLANIRANE GRAĐEVINE VARIJANTI 2-3, 6-9
- PLANIRANE GRAĐEVINE VARIJANTI 3-4
- PLANIRANE GRAĐEVINE VARIJANTE 8
- PLANIRANE GRAĐEVINE VARIJANTE 9

IZVODITELJI: INFRA PROJEKT d.o.o. Vukovarska 148 21000 Split		PODIZVODITELJI: PROJEKTI BIRO SPLIT d.o.o. Trg hrvatske bratske zajednice 8 21000 Split		FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE Matice hrvatske 15 21000 Split	
NAZIV PROJEKTA: <b>ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA ZA DOVOD VODE NA PODRUČJE SPLITA IZ ALTERNATIVNIH PRAVACA</b>					
NARUČITELJ: HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb		VODITELJI PROJEKTA: Goran Marinović, dipl. ing. građ. Zdenko Čelan, dipl. ing. građ.		PROJEKTANTI: Elis Katalinić, dipl. ing. građ. Zvončica Mimica Koščina, dipl. ing. građ.	
RAZINA: IDEJNO RJEŠENJE	KNJIGA: 2	OZNAKA: AD/02	MJESTO I DATUM: Split, studeni 2022.	MJERILO: 1: 5 000	
NAZIV GRAFIČKOG PRIKAZA: <b>MIKROLOKACIJA: ŽRNOVNICA</b>		Broj lista: <b>7.6.</b>			