

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo

Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



# DOKTORSKA DISERTACIJA

št. 155

Kandidat:

**ALEŠ BIZJAK**

Naslov naloge:

**SINTEZNI POSTOPEK OCENJEVANJA  
HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA REČNIH  
KORIDORJEV, RAZVIT Z ANALIZO  
STANJA NA REKI DRAGONJI**



Temo doktorske disertacije je odobril Senat Univerze v Ljubljani dne 13. maja 2003  
in za mentorja imenoval izr.prof.dr. Matjaža Mikoša in somentorja prof.dr. Mitja Brillya.

Ljubljana, november 2003

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo

Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



Komisijo za oceno ustreznosti teme doktorske disertacije v sestavi

izr.prof.dr. Matjaž Mikoš  
prof.dr. Mitja Brilly  
izr. prof.dr. Ivan Marušič, UL BF  
doc.dr. Karel Natek, UL FF  
izr.prof. Boris Kompare

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na svoji 10. seji dne  
24. aprila 2002

Komisijo za oceno doktorske disertacije v sestavi

izr.prof.dr. Matjaž Mikoš  
prof.dr. Mitja Brilly  
izr.prof.dr. Boris Kompare  
izr. prof.dr. Ivan Marušič, UL BF  
doc.dr. Karel Natek, UL FF

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na svoji 4. seji dne  
29. oktobra 2003

Komisijo za zagovor doktorske disertacije v sestavi

izr.prof.dr. Bojan Majes, predsednik  
izr.prof.dr. Matjaž Mikoš, mentor  
prof.dr. Mitja Brilly, somentor  
izr.prof.dr. Boris Kompare  
izr. prof.dr. Ivan Marušič, UL BF  
doc.dr. Karel Natek, UL FF

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo 5. redni seji dne  
26. novembra 2003

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo

Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



Podpisani **mag. Aleš Bizjak** izjavljam, da sem avtor doktorske naloge z naslovom:

**"SINTEZNI POSTOPEK OCENJEVANJA HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA REČNIH KORIDORJEV, RAZVIT Z ANALIZO STANJA NA REKI DRAGONJI".**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a long horizontal stroke followed by a sharp peak and a vertical drop, and ending with a horizontal tail.

Ljubljana, 18.11.2003

*»Pattern recognition is important to help us understand and relate to the world around us. We can develop a language of description and analysis to communicate relationships between different patterns, the processes that change the landscape and our aesthetic and emotional responses to them.«*

*»...by using templates of nature and culture, we can attempt to make new parts to restore lost or damaged areas. By working with natural processes we may be able to restore functioning to moribund ecosystems.«*

*(S. Bell, Landscape – Pattern, Perception and Process, 1999)*

## VSEBINA

Kazalo.....	ii
Seznam enačb.....	v
Seznam preglednic.....	vi
Seznam grafov.....	ix
Seznam shem.....	xii
Seznam slik.....	xiii
Seznam fotografij.....	xv
Povzetek.....	xvii
Abstract.....	xviii
1. UVOD.....	1
1.1. Problematika ocenjevanja ekološkega stanja rečnih koridorjev.....	1
1.2. Definicije.....	2
2. MATERIAL IN METODE DELA.....	4
2.1. Ekološki vidik rečnih koridorjev.....	4
2.1.1. Ekosistem tekočih voda.....	4
2.1.2. Rečni koridorji v ekološki strukturi krajine.....	7
2.2. Rečna hidromorfologija.....	11
2.2.1. Hidromorfološki procesi.....	12
2.2.2. Hidromorfološka struktura.....	14
2.2.3. Hidromorfološka karakteristična števila.....	24
2.3. Antropogene spremembe hidromorfoloških lastnosti rečnih koridorjev.....	25
2.3.1. Nekateri vplivi človekovih posegov na hidromorfološko stanje rečnih koridorjev.....	25
2.3.2. Obnova ali rehabilitacija vodotokov in varovalno načrtovanje urejanja vodotokov.....	29
2.3.3. Pregled in rezultati dosedanjih raziskav hidromorfološkega stanja vodotokov v Sloveniji.....	31
2.4. Raziskovanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	34
2.4.1. Ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	34
2.4.2. Referenčno hidromorfološko stanje rečnega koridorja.....	36
2.4.3. Analiza historičnih virov.....	39
2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	40
2.5.1. Metoda Riparian, Channel and Environmental Inventory (RCE).....	41
2.5.2. Metoda Stream Visual Assessment Protocol (SVAP).....	42
2.5.3. Metoda River Habitat Survey (RHS).....	43
2.5.4. Metoda Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB).....	44
2.6. Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	46
2.6.1. Zasnova razvoja sinteznega postopka.....	46
2.6.2. Metoda transektov.....	49
2.6.3. Hidromorfološki inventarizacijski list.....	50
2.6.4. Terenski zajem podatkov po metodi transektov.....	52
2.7. Orodja za analizo hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	72
2.7.1. Statistična orodja.....	72
2.7.2. Orodja strojnega učenja.....	77

<b>3. REZULTATI IN RAZPRAVA</b> .....	<b>79</b>
<b>3.1. Predhodne ekomorfološke raziskave v slovenskih ekohidrografskih območjih</b> .....	<b>79</b>
3.1.1. Terensko delo.....	79
3.1.2. Testiranje nekaterih tujih metod na reki Dragonji in reki Reki.....	83
<b>3.2. Analiza koridorja reke Dragonje</b> .....	<b>87</b>
3.2.1. Hidrološke lastnosti porečja Dragonje.....	<b>87</b>
3.2.2. Določitev transektov in transektni zajem podatkov v koridorju reke Dragonje.....	90
3.2.3. Hidromorfološka klasifikacija reke Dragonje po Rosgenu.....	92
3.2.4. Historična analiza koridorja reke Dragonje.....	97
3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje.....	100
<b>3.3. Aplikacija metode GSGB</b> .....	<b>103</b>
3.3.1. Aplikacija metode GSGB z odsečnim zajemom podatkov.....	103
3.3.2. Aplikacija metode GSGB s transektnim zajemom podatkov.....	110
<b>3.4. Analiza hidromorfoloških spremenljivk</b> .....	<b>116</b>
3.4.1. Zasnova analize in priprave nabora podatkov.....	116
3.4.2. Priprava nabora hidromorfoloških spremenljivk za obdelavo.....	118
3.4.3. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk z analizo glavnih komponent.....	120
3.4.4. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk s pomočjo odločitvenih dreves.....	124
3.4.5. Analiza korelacije hidromorfoloških spremenljivk.....	128
3.4.6. Pregled z orodji določenih pomembnejših hidromorfoloških spremenljivk.....	128
3.4.7. Zanesljivost določanja hidromorfoloških kakovostnih razredov.....	132
<b>3.5. Sintezna metoda za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev</b> .....	<b>133</b>
3.5.1. Izhodišča za izdelavo sintezne metode.....	133
3.5.2. Funkcionalne in strukturne enote ter hidromorfološke spremenljivke sintezne metode.....	134
3.5.3. Sistem ocenjevanja in razponi hidromorfoloških kakovostnih ocen sintezne metode.....	138
3.5.4. Zasnova sintezne metode.....	139
3.5.5. Primer izdelave skupne hidromorfološke ocene transekta.....	148
3.5.6. Aplikacija sintezne metode.....	155
<b>3.6. Analiza vpliva načina zajema podatkov in izbora spremenljivk</b> .....	<b>161</b>
3.6.1. Primerjava hidromorfoloških parov odsečnega in transektnega zajema po metodi GSGB..	162
3.6.2. Analiza vpliva izbora spremenljivk.....	164
3.6.3. Primerjava hidromorfoloških parov odsečnega zajema po metodi GSGB in transektnega zajema po sintezni metodi.....	164
<b>3.7. Analiza vpliva subjektivnega faktorja</b> .....	<b>166</b>
3.7.1. Uvajanje popisovalcev.....	166
3.7.2. Izbor testnih transektov.....	167
3.7.3. Delo na terenu.....	169
3.7.4. Pregled testnih transektov.....	169
3.7.5. Analiza vpliva subjektivnega faktorja z intervalom zaupanja.....	177
3.7.6. Analiza vpliva subjektivnega faktorja z neparametrskim testom.....	196
<b>4. SKLEP</b> .....	<b>199</b>
<b>4.1. Kandidatov originalni prispevek</b> .....	<b>199</b>
<b>4.2. Predlogi za izboljšavo in optimizacijo postopka</b> .....	<b>200</b>
<b>4.3. Nadaljnje delo in raziskave na področju hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev..</b>	<b>201</b>
<b>5. VIRI IN LITERATURA</b> .....	<b>203</b>
<b>6. KARTOGRAFSKI VIRI</b> .....	<b>209</b>

<b>7. FOTO VIRI.....</b>	<b>211</b>
<b>8. SEZNAM PRILOG NA PRILOŽENI ZGOŠČENKI.....</b>	<b>212</b>

## SEZNAM ENAČB

Enačba 1: Strugotvorni pretok vode.....	14
Enačba 2: Padec struge.....	24
Enačba 3: Padec struge.....	24
Enačba 4: Vijugavost toka.....	24
Enačba 5: Vijugavost toka.....	24
Enačba 6: Razmerje širina / globina.....	24
Enačba 7: Ureznost struge.....	25
Enačba 8: Dolžina transeka.....	49
Enačba 9: Interval zaupanja.....	72
Enačba 10: Z-statistika.....	73
Enačba 11: t-statistika.....	73
Enačba 12: Vzorčni standardni odklon.....	73
Enačba 13: Odklon zaupanja za velike vzorce.....	73
Enačba 14: Odklon zaupanja za male vzorce.....	73
Enačba 15: Interval zaupanja za povprečno vrednost.....	73
Enačba 16: H-statistika.....	74
Enačba 17: Dvorazsežna normalna porazdelitev vektorja.....	74
Enačba 18: Pearsonov koeficient korelacije.....	75
Enačba 19: Standardizirane linearne kombinacije.....	76
Enačba 20: Transformacija glavne komponente.....	76
Enačba 21: Glavna komponenta.....	76
Enačba 22: Skupna hidromorfološka ocena transeka.....	138
Enačba 23: Delna hidromorfološka ocena transeka.....	138



## SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Dejavniki ekosistemske integritete vodotoka.....	4
Preglednica 2: Ekološki strukturni elementi krajine v ekosistemih različnih redov velikosti.....	8
Preglednica 3: Ekološke funkcije kot robni pogoji minimalne širine rečnega koridorja po redih vodotoka.....	10
Preglednica 4: Dejavniki rečne hidromorfologije.....	11
Preglednica 5: Vrednosti količnika vijugavosti za tlorisne oblike vodotokov.....	19
Preglednica 6: Nekateri značilnosti hidromorfoloških kategorij struge.....	21
Preglednica 7: Nekateri vplivi človekovih posegov na rečni prostor in ekosistem.....	26
Preglednica 8: Hidromorfološki kakovostni razredi po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu.....	32
Preglednica 9: Kriteriji za analizo referenčnega stanja vodotoka.....	37
Preglednica 10: Rosgenova hidromorfološka klasifikacija vodotokov.....	38
Preglednica 11: Nekateri značilnosti referenčnega stanja rečnih koridorjev glede na tip toka.....	39
Preglednica 12: Primerjava osnovnih značilnosti in funkcionalnih enot metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	41
Preglednica 13: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RCE.....	41
Preglednica 14: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi RCE.....	42
Preglednica 15: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode SVAP.....	42
Preglednica 16: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi SVAP.....	43
Preglednica 17: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RHS.....	43
Preglednica 18: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi RHS.....	44
Preglednica 19: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode GSGB.....	44
Preglednica 20: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi GSGB.....	45
Preglednica 21: Dispozicija razširjenega seznama spremenljivk hidromorfološkega inventarizacijskega lista.....	51
Preglednica 22: Jakost korelacije spremenljivk glede na vrednost koeficienta korelacije $r$ .....	75
Preglednica 23: Seznam terensko analiziranih vodotokov po ekohidrografskih območjih.....	80
Preglednica 24: Koordinate centroidov testnih odsekov na reki Dragonji in reki Reki.....	83
Preglednica 25: Primerjava rezultatov testiranih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev na testnih odsekih na reki Dragonji in reki Reki z rezultati študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu.....	84
Preglednica 26: Razvrstitev koridorja reke Dragonje v tipe po ameriški klasifikaciji vodotokov glede na kartografsko in transektno zajete in izmerjene vrednosti dejavnikov klasifikacije.....	94
Preglednica 27: Mlini in mlinščice na reki Dragonji.....	100
Preglednica 28: Dolžinski razredi in število mlinščic na reki Dragonji.....	101
Preglednica 29: Deleži razredov ekomorfološke kakovosti reke Dragonje.....	102
Preglednica 30: Izbor 32 podatkov za transektno aplikacijo metode GSGB.....	110
Preglednica 31: Iz statistične analize predhodno izločene hidromorfološke spremenljivke brez informacijske vrednosti.....	119
Preglednica 32: Iz strojnega učenja predhodno izločene hidromorfološke spremenljivke brez informacijske vrednosti.....	119
Preglednica 33: Primerjalni pregled pomena z analizo glavnih komponent po dveh postopkih izbora določenih hidromorfoloških spremenljivk, padajoč pomen od prve proti zadnji vrstici preglednice.....	122
Preglednica 34: Pregled pomena z odločitvenim drevesom določenih hidromorfoloških spremenljivk, padajoč pomen od prve proti zadnji vrstici preglednice.....	126

Preglednica 35: Močno korelirane pomembne spremenljivke ( $r \geq 0,8$ ) statističnega izbora in izbora strojnega učenja.....	128
Preglednica 36: Pregled 68 s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja ter analizo korelacije določenih hidromorfoloških spremenljivk po funkcionalnih enotah inventarizacijskega lista.....	130
Preglednica 37: Hidromorfološke funkcionalne in strukturne enote rečnega koridorja v sintezni metodi ter izbrane hidromorfološke spremenljivke.....	136
Preglednica 38: Razponi ocen za kakovostne razrede ohranjenosti vodotoka po sintezni metodi.....	139
Preglednica 39: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za vijugavost vodnega toka v transektu.....	139
Preglednica 40: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za erozijo brežin v transektu.....	140
Preglednica 41: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture teka vodotoka v transektu.....	140
Preglednica 42: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za antropogene vodne tokove v transektu....	140
Preglednica 43: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prodišča v transektu.....	141
Preglednica 44: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za spreminjanje globine vode v transektu....	141
Preglednica 45: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost vodnega toka v transektu..	141
Preglednica 46: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za poglobljanje profila v transektu.....	142
Preglednica 47: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za tip profila v transektu.....	142
Preglednica 48: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prečne objekte v transektu.....	142
Preglednica 49: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prehode struge v transektu.....	143
Preglednica 50: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prepuste v transektu.....	143
Preglednica 51: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za ohranjenost rečnega dna v transektu.....	143
Preglednica 52: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost zemljinkega dna v transektu.....	144
Preglednica 53: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture rečnega dna v transektu.....	144
Preglednica 54: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za gradivo antropogenih brežin v transektu..	144
Preglednica 55: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za obrežno vegetacijo v transektu.....	145
Preglednica 56: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v transektu.....	145
Preglednica 57: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v transektu.....	146
Preglednica 58: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture obrežja v transektu....	146
Preglednica 59: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino rečnega koridorja v transektu.....	146
Preglednica 60: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino zaledne vegetacije v transektu.....	147
Preglednica 61: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za rabo pribrežnih zemljišč v transektu.....	147
Preglednica 62: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč v transektu.....	147
Preglednica 63: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za vijugavost vodnega toka v izbranem transektu 162.....	148
Preglednica 64: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za erozijo brežin v izbranem transektu 162.....	148
Preglednica 65: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture teka vodotoka v izbranem transektu 162.....	148
Preglednica 66: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za antropogene vodne tokove v izbranem transektu 162.....	149
Preglednica 67: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prodišča v izbranem transektu 162.....	149
Preglednica 68: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za spreminjanje globine vode v transektu.....	149
Preglednica 69: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost vodnega toka v izbranem transektu 162.....	150
Preglednica 70: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za poglobljanje profila v izbranem transektu 162.....	150
Preglednica 71: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za tip profila v izbranem transektu 162.....	150

Preglednica 72: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prečne objekte v izbranem transektu 162.....	151
Preglednica 73: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prehode struge v izbranem transektu 162.....	151
Preglednica 74: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prepuste v izbranem transektu 162.....	151
Preglednica 75: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za ohranjenost rečnega dna v izbranem transektu 162.....	151
Preglednica 76: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost zemljinjskega dna v izbranem transektu 162.....	152
Preglednica 77: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture rečnega dna v izbranem transektu 162.....	152
Preglednica 78: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za gradivo antropogenih brežin v izbranem transektu 162.....	152
Preglednica 79: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162.....	153
Preglednica 80: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162.....	153
Preglednica 81: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162.....	153
Preglednica 82: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture obrežja v izbranem transektu 162.....	153
Preglednica 83: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino rečnega koridorja v izbranem transektu 162.....	154
Preglednica 84: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino zaledne vegetacije v izbranem transektu 162.....	154
Preglednica 85: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za rabo pribrežnih zemljišč v izbranem transektu 162.....	154
Preglednica 86: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč v izbranem transektu 162.....	154
Preglednica 87: Nekatero značilnosti izbranih testnih transektov.....	169
Preglednica 88: Statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po metodi GSGB ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja – študentski zajem podatkov.....	181
Preglednica 89: Pregled razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev hidromorfoloških spremenljivk v testnih transektih po metodi GSGB.....	184
Preglednica 90: Pregled testnih transektov, v katerih so vrednosti vseh 12 študentskih meritev enake vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po metodi GSGB.....	185
Preglednica 91: Pregled testnih transektov, v katerih se vrednosti 12 študentskih meritev najbolj razlikujejo od vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po metodi GSGB.....	186
Preglednica 92: Statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po sintezni metodi ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja – študentski zajem podatkov.....	190
Preglednica 93: Pregled razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev hidromorfoloških spremenljivk v testnih transektih po sintezni metodi.....	193
Preglednica 94: Pregled testnih transektov, v katerih so vrednosti vseh 12 študentskih meritev enake vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po sintezni metodi.....	194
Preglednica 95: Pregled testnih transektov, v katerih se vrednosti 12 študentskih meritev najbolj razlikujejo od vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po sintezni metodi.....	195

## SEZNAM GRAFOV

Graf 1: Časovni okvir spreminjanja hidromorfoloških enot glede na njihovo velikost.....	12
Graf 2: Stopnje in časovna obdobja geomorfološkega dinamičnega ravnovesja.....	13
Graf 3: Tlorisna oblika struge kot funkcija strugotvornega pretoka in padca struge.....	20
Graf 4: Struktura in funkcija originalne in motene skupnosti ter razvoj skupnosti po obnovi oziroma rehabilitaciji.....	30
Graf 5: Primerjava deležev hidromorfoloških kakovostnih razredov v Sloveniji in zvezni deželi Hessen.....	32
Graf 6: Rezultati ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja na testnih odsekih D1, D2, D3, D4 in D5 na reki Dragonji po uporabljenih metodah v odstotkih maksimalnega števila točk za posamezno uporabljeno metodo.....	85
Graf 7: Primerjava rezultatov ocenjevanja po izbranih metodah za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja v odstotkih maksimalnega števila točk na testnih odsekih D1, D2, D3, D4 in D5 na reki Dragonji.....	85
Graf 8: Rezultati ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja na testnih odsekih R1, R2, R3, R4 in R5 na reki Reki po uporabljenih metodah v odstotkih maksimalnega števila točk za posamezno uporabljeno metodo.....	86
Graf 9: Primerjava rezultatov ocenjevanja po izbranih metodah za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja v odstotkih maksimalnega števila točk na testnih odsekih R1, R2, R3, R4 in R5 na reki Reki.....	86
Graf 10: Hidrogram reke Dragonje za leta 1993, 1994, 1995, 1996 in 1998.....	88
Graf 11: Krivulja trajanja pretokov voda reke Dragonje za obdobje 1961–1995.....	89
Graf 12: Vzdolžni profil centroidov transektov reke Dragonje, kakovostni razredi ekomorfološke kategorizacije in povprečni padci struge v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke.....	90
Graf 13: Dolžine transektov v koridorju reke Dragonje po metodi transektov.....	91
Graf 14: Urezanost struge ( <i>E</i> ) reke Dragonje v srednjem teku.....	92
Graf 15: Razmerja strugotvorne širine struge in strugotvorne globine struge ( <i>B/H</i> ) in povprečne vrednosti razmerja v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika.....	93
Graf 16: Vrednosti lokalnih vijugavosti ( <i>S</i> ) in povprečne vrednosti lokalnih vijugavosti v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika.....	93
Graf 17: Vrednosti lokalnih padcev ( <i>l</i> ) in povprečne vrednosti lokalnih padcev v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika.....	94
Graf 18: Gibanje števila prebivalcev v vaseh nad dolino Dragonje v obdobju 1869–1991.....	102
Graf 19: Deleži kategorij površinskega pokrova za povodje Dragonje za leta 1948, 1974 in 1988.....	102
Graf 20: Dolžine ocenjevalnih odsekov reke Dragonje po metodi GSGB.....	103
Graf 21: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	106
Graf 22: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	106
Graf 23: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	107
Graf 24: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	107
Graf 25: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	108
Graf 26: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	108
Graf 27: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	109

Graf 28: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	109
Graf 29: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	112
Graf 30: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	112
Graf 31: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	113
Graf 32: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	113
Graf 33: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	114
Graf 34: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	114
Graf 35: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	115
Graf 36: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB.....	115
Graf 37: Kumulativna varianca prvih desetih glavnih komponent.....	121
Graf 38: Razporeditev vzorcev 288 transektov glede na hidromorfološke kakovostne razrede po prvih dveh glavnih komponentah.....	121
Graf 39: Razporeditev vzorcev 288 transektov glede na hidromorfološke kakovostne razrede po prvih dveh glavnih komponentah C 1 in C 2 in smeri preostalih 82 glavnih komponent C 3 do C 288.....	122
Graf 40: Razsevni graf kanoničnih spremenljivk hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), določenih na osnovi 32 hidromorfoloških spremenljivk, prvi postopek izbora.....	132
Graf 41: Razsevni graf kanoničnih spremenljivk hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), določenih na osnovi 32 hidromorfoloških spremenljivk, drugi postopek izbora.....	133
Graf 42: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	157
Graf 43: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	157
Graf 44: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	158
Graf 45: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	158
Graf 46: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	159
Graf 47: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	159
Graf 48: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	160
Graf 49: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi.....	160
Graf 50: Dolžine odsekov in pripadajoče vsote dolžin transektov.....	161
Graf 51: Primerjava hidromorfoloških ocen po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke in povprečnih hidromorfoloških ocen po isti metodi v pripadajočih transektih.....	163
Graf 52: Odsečna hidromorfološka ocena v odvisnosti od razlike med odsečno in transektno hidromorfološko oceno po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke.....	163
Graf 53: Analiza vpliva izbora spremenljivk po sintezni metodi in metodi GSGB.....	164
Graf 54: Primerjava hidromorfoloških ocen po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke in povprečnih hidromorfoloških ocen po sintezni metodi v pripadajočih transektih.....	165
Graf 55: Odsečna hidromorfološka ocena v odvisnosti od razlike med odsečno hidromorfološko oceno po metodi GSGB in transektno hidromorfološko oceno po sintezni metodi za 100-, 200- in 500-metrške odseke.....	166
Graf 56: Evidentirane in merjene hidromorfološke kategorije in spremenljivke v transektih vzdolž toka reke Dragonje.....	167
Graf 57: Določitev transektov za analizo vpliva subjektivnega faktorja.....	168

Graf 58: Stacionaža, hidromorfološka kakovostna ocena in hidromorfološki kakovostni razred transektov po metodi GSGB.....	168
Graf 59: Grafični prikaz kvartilov za hidromorfološke ocene in pripadajoči intervali zaupanja dvanajstih testnih transektov po metodi GSGB – študentski zajem podatkov.....	182
Graf 60: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po metodi GSGB: ekspertna ocena in ocena dvanajstih študentov.....	182
Graf 61: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po metodi GSGB: ekspertna ocena in povprečje ocen dvanajstih študentov.....	183
Graf 62: Grafični prikaz kvartilov za hidromorfološke ocene in pripadajoči intervali zaupanja dvanajstih testnih transektov po sintezni metodi – študentski zajem podatkov.....	191
Graf 63: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po sintezni metodi za oceno stanja: ekspertna ocena in ocena dvanajstih študentov.....	191
Graf 64: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po sintezni metodi za oceno stanja: ekspertna ocena in povprečje ocen dvanajstih študentov.....	192

## SEZNAM SHEM

Shema 1: Hidromorfološke kategorije in njihova medsebojna procesna povezanost.....	21
Shema 2: Analiza hidromorfoloških spremenljivk.....	35
Shema 3: Zasnova razvoja sinteznega postopka ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev....	48
Shema 4: Tloris transekta.....	49
Shema 5: Meritev širine transekta.....	CD
Shema 6: Meritev padca struge.....	CD
Shema 7: Meritev širine aktivne struge.....	CD
Shema 8: Meritev strugotvorne širine struge.....	CD
Shema 9: Meritev strugotvorne globine struge.....	CD
Shema 10: Meritev povprečne globine vode.....	CD
Shema 11: Meritev dolžine osi otoka.....	CD
Shema 12: Meritev razdalje med prodišči.....	CD
Shema 13: Meritev povprečne globine tolmunov.....	CD
Shema 14: Meritev povprečne razdalje med tolmoni.....	CD
Shema 15: Meritev povprečne razdalje med vodnimi brazdami.....	CD
Shema 16: Meritev povprečne razdalje med brzicami.....	CD
Shema 17: Meritev povprečne razdalje med stopnjami.....	CD
Shema 18: Meritev povprečne višine stopenj.....	CD
Shema 19: Meritev širine plitvine.....	CD
Shema 20: Meritev naklona brežine.....	CD
Shema 21: Meritev višine brežine.....	CD
Shema 22: Baza podatkov za izdelavo odločitvenih dreves.....	77
Shema 23: Zasnova analize podatkov.....	117
Shema 24: Priprava nabora in analiza spremenljivk za izdelavo sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.....	118

## SEZNAM SLIK

Slika 1: Ekološko-hidrološke značilnosti vodotokov glede na tek vodotoka in velikost vodozbirnega območja.....	5
Slika 2: Koncept rečnega kontinuuma.....	6
Slika 3: Krajinskoekološka struktura rečnega koridorja.....	7
Slika 4: Sestava rečnega koridorja v prečnem prerezu.....	9
Slika 5: Značilni prečni prerez obrežne vegetacije kot ekotona rečnega koridorja.....	10
Slika 6: Strugotvorni nivo, nivo aktivne struge in nivo prodišča v prečnem profilu vodotoka.....	14
Slika 7: Rečne doline in rečna ravnica.....	15
Slika 8: Redi vodotokov v povodju po Strahlerju.....	16
Slika 9: Prečni profil hidromorfološke strukture vodnega in obvodnega prostora.....	17
Slika 10: Konceptualni vzorci strug glede na padec struge, stabilnost struge, velikost prevladujoče frakcije plavin in dotok plavin.....	18
Slika 11: Tlorisne oblike strug.....	19
Slika 12: Proces preoblikovanja ravne struge v hidromorfološko stabilnejšo obliko tlorisnega poteka.....	22
Slika 13: Značilni prerez vodne brazde in tolmana.....	23
Slika 14: Potencialne longitudinalne hidromorfološke spremembe za zagato plavnega lesa.....	23
Slika 15: Kakovostni odnos med stanjem, razvojnim ciljem in idealnim stanjem hidromorfologije vodotoka...	31
Slika 16: Vloga ocene hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev v sodobnem vodnogospodarskem načrtovanju.....	34
Slika 17: Osnovne hidromorfološke spremenljivke v prečnem profilu transekta.....	50
Slika 18: Trapezni profil, trapezni dvojni profil, V profil in pravokotni profil.....	61
Slika 19: Lokacije terenskih raziskav bolj ohranjenih vodotokov slovenske hidrografske mreže.....	79
Slika 20: Povodje reke Dragonje.....	87
Slika 21: Koridor reke Dragonje.....	87
Slika 22: Relief in hidrografska mreža porečja Dragonje.....	89
Slika 23: Rečna dolina tipa vodotoka B2.....	95
Slika 24: Rečna dolina tipa vodotoka A2a+.....	95
Slika 25: Rečna dolina tipa vodotoka B5.....	95
Slika 26: Značilni prečni profil tipa vodotoka B2.....	95
Slika 27: Značilni prečni profil tipa vodotoka A2a+.....	95
Slika 28: Značilni prečni profil tipa vodotoka B5.....	95
Slika 29: Rečna ravnica tipa E6.....	96
Slika 30: Značilni prečni profil tipa E6.....	96
Slika 31: L'Istria (Coppo, 1525).....	97
Slika 32: L'Istria (Coppo, 1525), izrez karte.....	97
Slika 33: Goritiae, Karstii, Chaczeoale, Carniolae, Histriae et Windorum Marchae Descrip(tio) (Lazius in Ortelius, 1561).....	97
Slika 34: Goritiae, Karstii, Chaczeoale, Carniolae, Histriae et Windorum Marchae Descrip(tio) (Lazius in Ortelius, 1561), izrez karte.....	97
Slika 35: Illyricum (Sambucus, 1572).....	98
Slika 36: Illyricum (Sambucus, 1572), izrez karte.....	98
Slika 37: Deželopisna karta Vojvodine Kranjske (Florijančič, 1744).....	98
Slika 38: Deželopisna karta Vojvodine Kranjske (Florijančič, 1744), izrez karte.....	98
Slika 39: Hertzogthumber Steyer, Kärnten, Krain & c. – Duches de Stirie, Carinthie, Carniole (Sanson d'Abbeville, 1657).....	98
Slika 40: Hertzogthumber Steyer, Kärnten, Krain & c. – Duches de Stirie, Carinthie, Carniole (Sanson d'Abbeville, 1657), izrez karte.....	98



Slika 41: Jožefinski kataster, spodnji tek reke Dragonje na Solinah, izliv v morje, 1763–1787.....	99
Slika 42: Jožefinski kataster, zgornji tek reke Dragonje in sotočje z Rokavo, 1763–1787.....	99
Slika 43: Mlini na reki Dragonji.....	101
Slika 44: Odločitveno drevo, izdelano iz podatkovne baze 95 diskretnih spremenljivk in ekspertne določitve hidromorfološkega kakovostnega razreda v 288 transektih.....	125

## SEZNAM FOTOGRAFIJ

Fotografija 1: Naraven odsek vodotoka.....	36
Fotografija 2: Antropogen odsek vodotoka.....	36
Fotografija 3: Hudourniški gorski vodotok.....	53
Fotografija 4: Hudourniški predgorski vodotok.....	53
Fotografija 5: Meandrirani dolinski vodotok.....	53
Fotografija 6: Kraški vodotok.....	53
Fotografija 7: Ravninski vodotok.....	54
Fotografija 8: Raven relief.....	54
Fotografija 9: Nizek razgiban relief.....	54
Fotografija 10: Gričevnat relief.....	54
Fotografija 11: Hribovit relief.....	54
Fotografija 12: Gorski relief.....	55
Fotografija 13: Meandrirani dolinski vodotok v gričevnatem reliefu in kadunjasti rečni dolini.....	55
Fotografija 14: Večdelna struga.....	56
Fotografija 15: Zaraščeni otok v začetnem sukcesivnem stadiju.....	56
Fotografija 16: Prodišče v zavoju.....	57
Fotografija 17: Vzdožno prodišče.....	57
Fotografija 18: Tolmun.....	58
Fotografija 19: Tolmun.....	58
Fotografija 20: Meritev globine tolmana.....	58
Fotografija 21: Vodna brazda.....	59
Fotografija 22: Brzice.....	59
Fotografija 23: Stopnja.....	60
Fotografija 24: Kaskadni tok.....	60
Fotografija 25: Pliitvina.....	60
Fotografija 26: Akvatični hidromorfološki niz tolmun - vodna brazda.....	61
Fotografija 27: Akvatični hidromorfološki niz brzica - tolmun.....	61
Fotografija 28: Trapezni profil.....	61
Fotografija 29: Meritev širine aktivne struge.....	61
Fotografija 30: Majhna spremenljivost širine vodnega toka.....	62
Fotografija 31: Zmerna spremenljivost širine vodnega toka.....	62
Fotografija 32: Velika spremenljivost širine vodnega toka.....	62
Fotografija 33: Zelo velika spremenljivost širine vodnega toka.....	62
Fotografija 34: Meritev globine vode.....	63
Fotografija 35: Pregaz.....	63
Fotografija 36: Prehod.....	63
Fotografija 37: Stopnja brez ribje steze.....	64
Fotografija 38: Prepust brez brežin in brez sedimenta.....	64
Fotografija 39: Prepust z brežinami in s sedimentom.....	64
Fotografija 40: Grobljasto dno struge.....	65
Fotografija 41: Utrditev dna struge s kamnometom v mokro.....	65
Fotografija 42: Zmerna raznovrstnost dna.....	65
Fotografija 43: Biološka obrast substrata.....	65
Fotografija 44: Prodno nasutje.....	66
Fotografija 45: Skalomet v mokro in skalomet v suho.....	66
Fotografija 46: Erozija v zavoju.....	66
Fotografija 47: Erozija v zavoju.....	66

Fotografija 48: Sklenjena naravna obrežna vegetacija.....	67
Fotografija 49: Členjena antropogena obrežna vegetacija – galerija.....	67
Fotografija 50: 75 % preraščenost struge.....	68
Fotografija 51: 50 % zaraščenost struge.....	68
Fotografija 52: Zapadlo drevje.....	69
Fotografija 53: Plavni les.....	69
Fotografija 54: Obtok v obrežnem delu rečnega koridorja.....	69
Fotografija 55: Mrtvica v obrežnem delu rečnega koridorja.....	69
Fotografija 56: Ledina.....	70
Fotografija 57: Pridelovalna površina.....	70
Fotografija 58: Razvit rečni koridor.....	70
Fotografija 59: Sledi visokih voda.....	70
Fotografija 60: Visokovodni nasip vzdolž rečnega koridorja.....	71
Fotografija 61: Sklenjena prostorska porazdelitev višje zaledne vegetacije.....	71
Fotografija 62: Mrtvica v zalednem delu rečnega koridorja.....	72
Fotografija 63: Transektni zajem podatkov v koridorju reke Dragonje.....	91
Fotografija 64: Primer tipa vodotoka B2 v Združenih državah Amerike.....	95
Fotografija 65: Primer tipa vodotoka A2a+ v Združenih državah Amerike.....	95
Fotografija 66: Primer tipa vodotoka B5 v Združenih državah Amerike.....	95
Fotografija 67: Reka Dragonja, tip B2, korigirano (zgornji tek) po ameriški hidromorfološki klasifikaciji.....	95
Fotografija 68: Reka Dragonja, tip B5, korigirano (srednji tek) po ameriški hidromorfološki klasifikaciji.....	95
Fotografija 69: Primer tipa vodotoka E6 v Združenih državah Amerike.....	96
Fotografija 70: Reka Dragonja, zgornji del spodnjega teka – tip vodotoka E6 (hipotetično) po ameriški hidromorfološki klasifikaciji.....	96
Fotografija 71: Testni transekt 81.....	170
Fotografija 72: Testni transekt 102.....	170
Fotografija 73: Testni transekt 124.....	171
Fotografija 74: Testni transekt 125.....	171
Fotografija 75: Testni transekt 147.....	172
Fotografija 76: Testni transekt 167.....	173
Fotografija 77: Testni transekt 188.....	173
Fotografija 78: Testni transekt 214.....	174
Fotografija 79: Testni transekt 217.....	174
Fotografija 80: Testni transekt 222.....	175
Fotografija 81: Testni transekt 225.....	176
Fotografija 82: Testni transekt 254.....	176

## POVZETEK

### **Ključne besede:**

Dragonja, ekohidrologija, hidromorfološko stanje, krajinska ekologija, rečni koridor, terenski poskus, transektni zajem podatkov, urejanje vodotokov

**UDK: 504.4.05 + 556.18 + 556.52 / .53 + 556.537 (043.3)**

V raziskavi obravnavamo razvoj nove sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, izdelane z analizo stanja na reki Dragonji. Izhodišče izdelave nove metode je bila hitrost zajema podatkov in natančnost metode. Pred izvedbo aplikativnega dela raziskave smo zasnovali koncept hitrega transektnega zajema podatkov ter izdelali obsežen hidromorfološki inventarizacijski list s kombiniranim naborom hidromorfoloških spremenljivk v tujini najpogosteje uporabljenih metod, švedske Riparian, Channel and Environmental Inventory, ameriške Stream Visual Assessment Protocol, angleške River Habitat Survey in nemške Gewässerstrukturgütebewertung.

Terenski zajem podatkov smo izvedli na osnovi hidromorfološkega inventarizacijskega lista v 288 predhodno kartografsko določenih transektih vzdolž teka reke Dragonje na medosni razdalji 100 m in izdelali obsežno podatkovno bazo 148 hidromorfoloških spremenljivk v vsakem izmed transektov.

Podatkovno bazo smo za potrebe izdelave sintezne metode uredili v bazo 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk. Z uporabo statističnih orodij (analiza glavnih komponent, multivariatna analiza variance, korelacija) in orodij strojnega učenja (odločitveno drevo) smo jo sistematično reducirali v nabor 52 najpomembnejših hidromorfoloških spremenljivk za oceno hidromorfološkega stanja. Na osnovi pregleda in analize izbranih hidromorfoloških spremenljivk smo določili končni nabor 35 hidromorfoloških spremenljivk in izdelali sintezno metodo za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Strukturo in ocenjevalni sistem metode smo prilagodili transektnemu zajemu podatkov in metodo aplicirali v 288 transektih vzdolž reke Dragonje.

Na osnovi predhodnih rezultatov testiranja omenjenih metod na petih testnih odsekih reke Dragonje in petih testnih odsekih reke Reke smo kot primerjalno metodo v naši raziskavi izbrali nemško metodo Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB), ki za izdelavo hidromorfološke ocene potrebuje 32 hidromorfoloških spremenljivk. Metodo smo z originalnim konceptom odsečnega zajema v 111 odsekih in prirejenim transektnim zajemom podatkov v 288 transektih aplicirali vzdolž celotnega teka reke Dragonje.

S primerjalno analizo ocen odsečnega zajema po nemški metodi in transektnega zajema po nemški in sintezni metodi smo ugotovili, da lahko na primeru reke Dragonje za izdelavo ocene hidromorfološkega stanja rečnega koridorja namesto časovno zahtevnega odsečnega zajema uporabimo hitrejši transektni zajem podatkov, kljub temu da na reki Dragonji skupna dolžina transektov zajame le 20 % skupne dolžine odsekov. Prav tako smo ugotovili, da lahko ocenjevalni sistem transektno sintezne metode uspešno apliciramo tudi v daljših odsekih reke Dragonje.

Analiza vpliva subjektivnega faktorja, izdelana na osnovi 144 terenskih meritev predhodno šolanih študentov je pokazala, da se v večini testnih transektov glede na izračunane vrednosti *t*-statistike rezultati študentskih meritev v obeh metodah razlikujejo od rezultatov ekspertnih meritev. Pregled odstopanj vrednosti študentskih meritev od ekspertnih za posamezne spremenljivke obeh metod je pokazal, da bi bilo potrebno popisovalce hidromorfoloških kakovosti bolj poglobljeno uvajati v tovrstno delo v rečnih koridorjih. Izračun intervalov zaupanja za študentske meritve za obe metodi kaže, da so študentje z manj raztrosa in zanesljiveje določali hidromorfološke kakovostne razrede testnih transektov po sintezni metodi. Primerjalna analiza rezultatov meritev študentov z izračunom *H*-statistike neparametrijskega testa Kruskal - Wallis pa je pokazala, da so študentje tako po metodi GSGB kakor po sintezni metodi določevali podobne hidromorfološke ocene in jih tudi podobno razvrščali v hidromorfološke kakovostne razrede.

## ABSTRACT

### Key words:

the Dragonja River, ecohydrology, hydromorphological status, landscape ecology, river corridor, field experiment, transect data gathering, river engineering

**UDC: 504.4.05 + 556.18 + 556.52 / .53 + 556.537 (043.3)**

The research deals with the development of a new synthesis method of assessing the hydromorphological status of river corridors, based on state analysis of the Dragonja River. The bases of the new method were time effectiveness of data gathering and accuracy of the method. Prior to the practical research implementation, a concept of a rapid transect data gathering was designed. Additionally, an extensive hydromorphological record sheet was elaborated, including a combined list of hydromorphological variables of the methods most frequently used abroad: the Swedish Riparian, Channel and Environmental Inventory, the American Stream Visual Assessment Protocol, the British River Habitat Survey and the German Gewässerstrukturgütebewertung.

On the basis of the hydromorphological record sheet, field data gathering was carried out in 288 transects a priori cartographically determined along the Dragonja water course at an axis distance of 100 m. In each of the transects, an extensive data base of 148 hydromorphological variables was designed.

In order to work out the synthesis method, a data base of 99 discreet hydromorphological variables was prepared. By way of a systematical reduction, a list of 52 most significant hydromorphological variables, according to the results of statistical (Principal Component Analysis, MANOVA, Correlation) and machine learning tools (decision trees) was made. On the basis of reviewing and analysis of the determined hydromorphological variables, a final list of 35 hydromorphological variables was designed. Based on the final list, the synthesis method of assessing the hydromorphological status of river corridors was made. The structure and the assessment system of the method was adapted to the transect data gathering. The method was applied in the 288 transects along the Dragonja River.

On the basis of the results of applying the mentioned methods in five test reaches of the Dragonja River and five test reaches of the Reka River the German Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB) was chosen as the comparison method of the research. For the hydromorphological assessment, this method requires 32 hydromorphological variables. The method was applied along the Dragonja River in two ways, by way of its original concept of data gathering in 111 reaches, and by way of the adapted data gathering in 288 transects.

The comparison analysis of assessing the data gathering in reaches according to the German method and the transect data gathering according to the German and the synthesis method has shown that in the case of the Dragonja River, the faster transect data gathering can be used instead of the more time consuming data gathering in the river reaches, despite the fact that the sum of the transect lengths amounts to only 20 % of the total length of the reaches. Additionally, it was established that it is possible to successfully apply the assessment system of the transect synthesis method even to reaches of the Dragonja river.

Analysis of the factor of subjectiveness, conducted on the basis of 144 field measurements of pre-trained students has shown that according to the calculated values of the *t*-statistics in the majority of the test transects the results of student measurements differ from expert measurements in both methods. A review of deviations of measurements made by students in comparison to the expert measurements has indicated that assessors of hydromorphological qualities should receive a more in-depth introduction into the respective work in river corridors. The calculated confidence intervals for student measurements regarding both methods shows that the students had used the synthesis method with less variance and with a higher level of accuracy determined the hydromorphological quality classes of the transects. A comparison analysis of the results of the student measurements by calculating the *H*-statistics of the non-parametric Kruskal - Wallis test has shown that the students determined the hydromorphological values as well as hydromorphological quality classes with a high level of similarity in both methods.

## 1. UVOD

### 1.1. POBLEMATIKA OCENJEVANJA EKOLOŠKEGA STANJA REČNIH KORIDORJEV

Vplivi človekovih posegov v vodni režim in rečne koridorje, ki so se v Sloveniji in drugod izvajali predvsem zaradi zagotavljanja protipoplavne varnosti, pridobivanja novih kmetijskih površin in obratovanja vodosilnih naprav, povzročajo spremembe hidromorfoloških lastnosti rečnih koridorjev (npr. tlorisnega poteka struge, širine rečnega koridorja in struge vodotoka, globine vode, padca struge, oblik in materialov dna, naklona brežin, pokrovnosti pribrežnih zemljišč itd). Posledice človekovih posegov so problematične zlasti na rečnih ekosistemih manjših redov velikosti, kakršni so značilni za kapilarno strukturo slovenske hidrografske mreže. Ti so na spremembe vodnega režima ali strukture rečnega koridorja bolj občutljivi in se na njih tudi odzivajo hitreje kot večji.

Z raziskavami zakonitosti in lastnosti procesov v povodjih, rečnih koridorjih in vodotokih se pri nas že daljše obdobje specializirano ukvarjajo mnoge discipline, na primer hidrologija (Brilly in Šraj, 2000), geologija, hidrogeologija, geomorfologija (Natek, 1990), hidromorfologija (Mikoš, 2000), krajinska arhitektura (Ogrin, 1979; Marušič et al., 1999), pedologija (Čirić, 1989), fitocenologija (Stefanović, 1986), ekologija (Rejic, 1988) in druge. Z dvigom zavesti o pomenu ohranjenosti naravnih komponent okolja in njegove kompleksnosti pa so se na prehodu iz sedemdesetih v osemdeseta leta 20. stoletja kot nova disciplina, krajinska ekologija, razvile intenzivnejše interdisciplinarne raziskave o ekološki strukturi krajine (Forman in Godron, 1986; Fogg in Wells, 1998).

Dognanja in razumevanje pomena rečnih koridorjev v ekološki strukturi krajine so povzročile, da se je področje raziskav vodnih režimov rečnih strug razširilo na integralno procesno-prostorsko raziskovanje rečnih koridorjev. V začetku devetdesetih let 20. stoletja kot nadgradnjo omenjenih raziskav zasledimo razvoj metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev z ozirom na njegovo potencialno naravno stanje. Nekatero najbolj znane metode so: švedska metoda Riparian, Channel and Environmental Inventory (Petersen, 1992) za analizo stanja in oceno ohranjenosti habitatov manjših vodotokov v ruralnem okolju, ameriška metoda Stream Visual Assessment Protocol (Newton et al., 1998) za analizo stanja in oceno ohranjenosti stanja akvatičnih ekosistemov, angleška metoda River Habitat Survey (Raven et al., 1997) za analizo stanja in oceno ohranjenosti rečnih habitatov ter nemška metoda Gewässerstrukturgütebewertung (Zumbroich et al., 1999) za analizo stanja in oceno ohranjenosti vzdolžnega profila, prečnega profila, rečnega dna, obrežja in pribrežnih zemljišč v naravnem in urbanem okolju. Vendar neposreden prenos omenjenih ali podobnih metod za analizo stanja okolja zaradi posebnosti okoljskih in socialno-ekonomskih dejavnikov okolij, v katerih so bile izdelane, v druga okolja ni primeren.

V novejšem obdobju postaja ocena hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev tudi eno izmed izhodišč obnovitvenih in rehabilitacijskih del na vodotokih in v rečnih koridorjih. Sodobno urejanje vodotokov namreč predvideva ohranitev naravnega stanja vodotoka ali vsaj čim večje izboljšanje antropogeno spremenjenega hidromorfološkega stanja rečnega koridorja, ukrepe za doseg omenjenih ciljev pa oblikuje glede na hidromorfološko oceno oddaljenosti rečnega koridorja od njegovega potencialnega naravnega stanja (Fogg in Wells, 1999; Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1999; Marušič et al., 1999; Zumbroich et al., 1999).

Ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je pomembno tudi z vidika izpolnjevanja pravnih določil evropske zakonodaje. Direktiva 2000 / 60 / EC Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi

okvirja za ukrepanje Skupnosti na področju politike do voda (Official Journal of the European Communities, 2000) v Okoljskih ciljih namreč med drugim določa, da mora biti na vseh vodnih telesih v državah članicah v roku 15 let (2015) od začetka veljavnosti omenjene direktive doseženo dobro ekološko stanje. Po določilih Priloge V omenjene direktive je ekološko stanje opredeljeno z biološkimi elementi ter hidromorfološki in kemijsko-fizikalnimi elementi, ki podpirajo biološke elemente. Vzporedno z aktivnostmi, ki jih predvideva evropska direktiva, na evropski ravni poteka tudi proces standardizacije presojevanja hidromorfološkega stanja vodotokov (CEN, 2002).

Skrb za hidromorfološko stanje vodotokov prav tako predpisuje novi slovenski Zakon o vodah ZV – 1 (Uradni list RS, 2002), ki v 102. členu predpisuje izboljšanje hidromorfološkega stanja površinskih voda, torej tudi vodotokov (Bizjak in Mikoš, 2003). Eden izmed zakonodajnih vidikov uporabe ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev bi tako lahko bila izdelava kazalcev hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, na podlagi katerih bi lahko določili ukrepe za doseganje dobrega stanja vodotokov.

V Sloveniji, za razliko od kemijskih in bioloških metodologij za oceno stanja oziroma kakovosti vode, ki jih že uspešno uporabljamo, metoda za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev ali ohranjenosti rečnih koridorjev še ni razvita. Pionirsko delo na omenjenem področju raziskav v slovenskem prostoru je opravila strokovna naloga Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002), a potrebuje nadaljevanje v raziskovalnem delu.

Izdelavi slovenske metode za oceno stanja hidromorfološkega procesa v rečnih koridorjih so lahko v oporo omenjene tuje metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Vendar je potrebno s ciljem zmanjšanja obsega dela in porabe časa za izvedbo ocene stanja hidromorfološkega procesa v rečnem koridorju z ustreznimi statističnimi orodji in orodji strojnega učenja optimizirati število hidromorfoloških spremenljivk. Prav tako je treba z namenom racionalizacije s tujimi metodami predvidenega odsečnega zajema podatkov vzdolž celotnega teka raziskovanega vodotoka raziskati možnost modifikacije le-tega na samo dele rečnega koridorja raziskovanega vodotoka. Ob tem velja tudi poudariti, da našteje metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev temeljijo na ekspertnem znanju ali sposobnosti opazovanja in razločevanja hidromorfoloških pojavov, torej na subjektivnem mnenju ocenjevalca. Zato je rezultate ocenjevanj slovenske metode potrebno z ustreznim postopkom preveriti tudi z vidika vpliva subjektivnega faktorja na oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.

Kljub sorazmerno majhnemu deležu vodotokov v hidrografski mreži Slovenije, v katere je človek posegal (Bratina, 1999; Mikoš in Urbanič, 2002), je iz naštetega razvidno, da v Sloveniji potrebujemo metodo za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, ki bo prispevala del odgovorov na vsakodnevne dileme sodobnega vodnogospodarskega načrtovanja. Končno bo težnja po izboljšanju hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev prispevala tudi k negi ekoloških kakovosti in kakovosti vidnega okolja slovenskih rečnih krajin. Ob tem pa se moramo zavedati, da je *“regulacija vodotoka (ali rečnega koridorja; op. A. Bizjak), ki bistveno poruši njegovo naravno zgradbo, lahko degradacija, vendar samo tedaj, ko se pokaže, da ni bila (ali ni več; op. A. Bizjak) neogibna v obliki, v kakršni je bila izvedena”* (Marušič, 1991).

## 1.2. DEFINICIJE

Za področje raziskav hidromorfologije rečnih koridorjev in ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je značilno specifično izrazoslovje, ki je uporabljeno tudi v disertaciji. V nadaljevanju so razloženi nekateri najpogostejši izrazi:

- **aktivna struga** – območje omočenega profila struge in delov brežin, v katerih so vidne sledi pogostih visokih voda (npr. v smeri toka vode poležana nižja obrežna vegetacija);
- **hidromorfološka funkcionalna enota** – sestavni del rečnega koridorja (struga, obrežje, obvodni prostor);
- **hidromorfološka inventarizacija** – popis hidromorfoloških kategorij in spremenljivk v rečnem koridorju;
- **hidromorfološka karakteristična števila** – vrednosti, ki določajo osnovne hidromorfološke značilnosti stanja rečnega koridorja;
- **hidromorfološka kategorija** – sestavni del hidromorfološke enote (npr. tolmun, brzica, prodišče, peščina, otok, mrtvica, poplavna ravnica, riparijska in retroriparijska vegetacija itd.);
- **hidromorfološka klasifikacija** – razvrstitev vodotokov v hidromorfološke tipe glede na enakost, podobnost ali sorodnost naravnih robnih pogojev okolja (geologija, podnebje, relief, padec, oblika doline), ki vplivajo na hidromorfološko podobo vodotoka oziroma njeno podobnost;
- **hidromorfološka ocena** – ocena oddaljenosti hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (ali posameznih hidromorfoloških kategorij rečnega koridorja) od hidromorfološkega stanja referenčnega rečnega odseka (ali referenčnih stanj posameznih hidromorfoloških kategorij rečnega koridorja);
- **hidromorfološka spremenljivka** – merljiva količina, vrednost ali tip hidromorfološke kategorije (npr. tlorsni potek struge, padec struge, širina struge, naklon in višina brežine, globina tolmana, pestrost rečnega dna, pokrovnost in členjenost obrežne vegetacije itd.);
- **hidromorfološka struktura** – naravne značilnosti in sestava okolja vodotoka;
- **hidromorfološka utež** – vrednost, ki jo v ocenjevanju hidromorfološkega stanja rečnega koridorja pripišemo hidromorfološki spremenljivki ali njihovi kombinaciji, glede na njeno ali njihovo predhodno ugotovljeno stanje, dimenzijo, geomorfološko pozicijo v prostoru ali kombinacijo naštetega;
- **hidromorfološki kakovostni razred** – kakovostni razred vodotoka ali koridorja, določen z razponom hidromorfološke ocene;
- **hidromorfološki niz** – kombinacija akvatičnih (npr. tolmun - brzica, tolmun - prodišče - brzica itd.) ali terestričnih (npr. loka - mrtvica itd.) procesno povezanih hidromorfoloških enot;
- **hidromorfološki par** – kombinacija hidromorfološke ocene in hidromorfološkega kakovostnega razreda;
- **hidromorfološki procesi** – oblike pretoka energije in snovi po rečnem koridorju ali strugi vodotoka; povzročajo (pre)oblikovanje fizičnih značilnosti rečnega koridorja ali struge vodotoka;
- **hidromorfološki referenčni odsek rečnega koridorja** – odsek rečnega koridorja v naravnem ali naravnemu stanju čim bližjem stanju;
- **hidromorfološko referenčno stanje** – hidromorfološko stanje rečnega koridorja ali posameznih hidromorfoloških kategorij in spremenljivk na referenčnem odseku rečnega koridorja;
- **hidromorfološki transekt** – območje popisa rečnega koridorja dolžine ene širine aktivne struge na mestu meritve gorvodno in ene širine aktivne struge na mestu meritve dolvodno, merjeno od centroida transekta, in širine rečnega koridorja na mestu meritve;
- **hidromorfološko stanje rečnega koridorja** – stopnja (ne)spremenjenosti hidromorfoloških funkcionalnih enot, dejavnikov, kategorij ali nizov v rečnem koridorju (naravno, nespremenjeno, antropogeno, spremenjeno) in delovanja abiotskih dejavnikov rečnega ekosistema v rečnem koridorju;
- **ocena hidromorfološkega stanja rečnega koridorja** – postopek kvantificiranja antropogene spremembe hidromorfološkega stanja rečnega koridorja;
- **razpon hidromorfološke ocene** – s številčnimi vrednostmi določena spodnja in zgornja meja hidromorfološkega kakovostnega razreda;
- **rečni koridor** – struga vodotoka in območje vzdolž obeh bregov vodotoka, v katerem najdemo hidromorfološke pojave in druge sledi delovanja hidromorfoloških procesov.



## 2. MATERIAL IN METODE DELA

### 2.1. EKOLOŠKI VIDIK REČNIH KORIDORJEV

#### 2.1.1. Ekosistem tekočih voda

##### 2.1.1.1. Ekosistem in sladkovodni habitati

Ekosistem je »naravna samokrmilna in samovzdrževalna (kibernetika) ekološka enota, kjer obstaja dinamično ravnovesje med vsemi vrstami življenske združbe (biocenoze) ter med njimi in življenjskim prostorom (biotopom)« (Mršič, 1997). Na Zemlji obstaja nešteto oblik ekosistemov, ki jih delimo na osnovne tipe: zemeljski, morski in sladkovodni. Ekosistem je torej osnovna funkcijska enota v ekologiji, vsebuje biotično okolje (živi del ali skupnosti oziroma organizme) in abiotično okolje (neživi del), ki medsebojno vplivata eden na drugega in sta oba nujno potrebna za življenje. Ekosistem je torej lahko ribnik, jezero, reka, morje, travnik, gozd oziroma vsak dinamično ravnovesen naravni sistem. Pojem ekosistem je leta 1935 predstavil Sir Arthur George Tansley (1871–1955), britanski ekolog in naravovarstvenik. Ekosistem tvorijo abiotske sestavine (anorganske substance; organske sestavine; klimatski režim) in biomasa (producenti – avtotrofi; makrokonzumenti – fagotrofi; mikrokonzumenti – saprotrofi in osmotrofi). Glede na hitrost toka vode v mirujočih vodnih telesih in tekočih vodnih telesih so sladkovodni habitati lentični habitati (jezero, ribnik, močvirje) ali lotični (reke, potoki, izviri) habitati. Značilnosti ekosistemskega procesa so kroženje energije, definirana trofična struktura (prehranjevalne verige), biotska pestrost (vzorci raznovrstnosti v prostoru in času), biogeokemično kroženje ali kroženje snovi (izmenjava snovi med živimi ali neživimi organizmi), razvoj, evolucija in kibernetika (Odum, 1971). V preglednici 1 so prikazani dejavniki ekosistemske integritete vodotoka.

Preglednica 1: Dejavniki ekosistemske integritete vodotoka

EKOSISTEMSKA INTEGRITETA VODOTOKA				
biotski dejavniki	kemični dejavniki	pretočni režim	struktura habitata	viri energije
bolezni parazitizem hranjenje plenjenje kompetenca reprodukcija	topnost adsorpcija hranila organske snovi trdota motnost pH raztopljeni kisik temperatura	raba tal talna voda padavine in odtoki visoki in nizki ekstremi hitrost	obrežna vegetacija melj ukrivljenost tok substrat prekritost padec morfologija struge stabilnost brežin razmerje B / H	hranila sončna svetloba vnos organske snovi primarna produkcija sekundarna produkcija sezonski cikli

Vir: Newton et al., 1998

##### 2.1.1.2. Ekološko-morfološke značilnosti lotične skupnosti

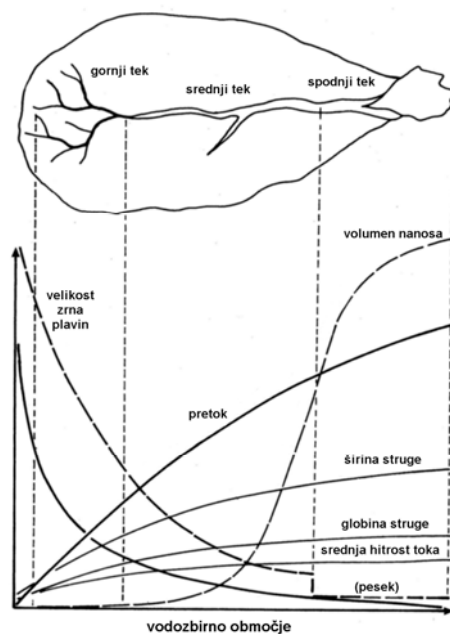
Tekoča vodna telesa se pretakajo po strugah. V splošnem so oblike in globine strug v skalnih soteskah precej stalne, na ravninskem svetu pa spremenljive, kar posebno velja za prodne naplavine. Tekoča vodna telesa se začenjajo s povirji ali kot jezerski odtoki. V vodno telo se steka voda iz prispevnega območja oziroma povodja. Vodnatost vodnega telesa je med drugim odvisna od lokalnih klimatskih razmer, poraščenosti povodja in hidrološkega režima vodotoka. Osnovne ekološko-morfološke značilnosti tekočih vodnih teles so:

- dinamika pretokov;
- razmerja visokih pretokov napram srednjim pretokom;
- razmerja visokih pretokov napram minimalnim pretokom;

- vzdolžno in prečno spreminjanje hitrosti vodnega toka;
- padec struge;
- hrapavost struge ali struktura dna;
- globina struge;
- širina struge (Odum, 1971).

Globina vode in prečni prerez vodotokov sta mnogo manjša kot pri stoječih vodah (jezerih), zato je snovna in energetska izmenjava kopno – voda relativno velika glede na velikost rečnega ali potočnega habitata. Energijsko so reke in potoki v večjem delu vezani na lastno zaledje (kopno, ribniki, močvirja, zaledne vode), saj producenti ne zadostujejo potrebam konzumentov; zato se mnogi primarni konzumenti hranijo z odpadlim materialom z obrežij vodotokov. Na izmenjavo energije kažejo tudi številni izvozniki energije – kopenski predatorji (npr. medved, galeb, kormoran). Potoki in reke torej tvorijo odprte in prepletene ekosisteme (Odum, 1971).

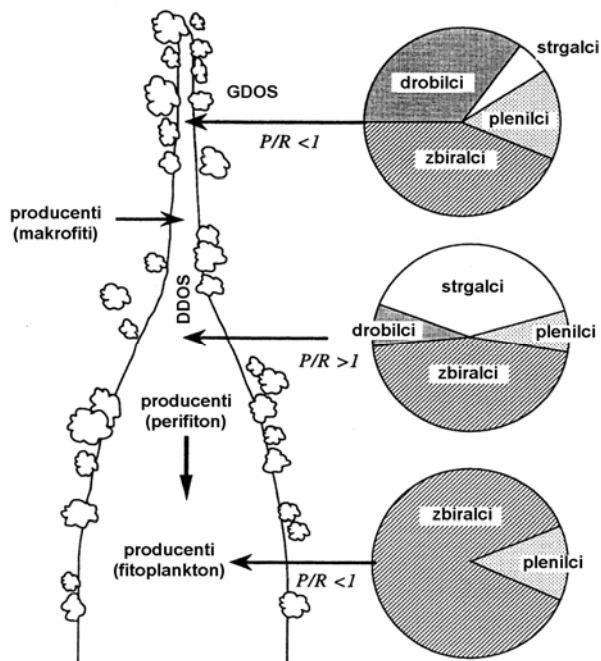
Velikost oziroma širina in globina struge narašča od zgornjega proti spodnjemu teku vodotoka, saj naraščajoča velikost vodozbirnega območja prispeva vedno večje količine vode v koridor vodotoka, ki povečujejo pretok vode po strugi, kakor prikazuje slika 1. Ugotovitev ne velja nujno za vodotoke, ki tečejo po monolitni ali trdni geološki podlagi oziroma neerodirajočemu materialu (Church, 1996) ter za kraške vodotoke.



Slika 1: Ekološko-hidrološke značilnosti vodotokov glede na tek vodotoka in velikost vodozbirnega območja (Church, 1996)

### 2.1.1.3. Rečni kontinuum

Koncept rečnega kontinuum je holistična konceptualizacija rečnega sistema. Hidromorfološke procese in hidrološke principe, ki se spreminjajo vzdolž vodotoka, avtohtono primarno produkcijo, alohtoni vnos, transport, izkoriščanje in shranjevanje organske snovi obravnava kot medsebojno odvisne spremenljivke lotičnega ekosistema, ki vplivajo na distribucijo in trofično stanje nevrentenčarjev vzdolž toka reke, kakor prikazuje slika 2 (Österreichisches Normungsinstitut, 1995).



Slika 2: Koncept rečnega kontinuuma (GDOS – grobi delci organske snovi; DDOS – drobni delci organske snovi) (Greenwood in Richardot-Coulet, 1996)

Vodotoki v zgornjem teku, kjer so širine aktivne struge manjše, so značilno senčni in prejema večje količine alohtonega materiala (npr. listja in vej obrežne vegetacije in drevja, ki prekriva strugo). Drobilci vnešeni material zdobijo v drobnejše organske delce, ki jih vodni tok odnaša dolvodno v presnovo zbiralcev. Z večanjem širin aktivne struge vodotoka se poveča penetracija svetlobe in tako primarne produkcije, drobilce pa nadomestijo strgalci. Z naraščajočo globino vodotoka dominirajo zbiralci, pojavijo pa se tudi plenilci. Koncepta rečnega kontinuuma ne moremo aplicirati na vodotokih nad gozdno mejo ter na vodotokih, kjer je kontinuiteta rečnega koridorja prekinjena (npr. jezovi, pregrade) zaradi naravnih ali antropogenih razlogov (Allaby, 1994).

#### 2.1.1.4. Subhabitati v lotičnih sladkovodnih ekosistemih

Organizmi so v sladkovodnih ekosistemih ekološko klasificirani glede na niše v prehranjevalni verigi, glede na življenjsko obliko ali okolje, glede na regijo ali subhabitat za tekoče (lotične) in stoječe (lentične) sladkovodne habitate. Omejujoči dejavniki, ki lahko vplivajo na število in distribucijo vrst v sladkovodnem ekosistemu, so temperatura, transparentnost (prodiranje svetlobe v globino vodnega telesa), vodni tok (opredeljuje distribucijo plinov, soli in malih organizmov), koncentracija O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> in koncentracija soli (nitrati in fosfati). V tekočih (lotičnih) sladkovodnih habitatih ločimo subhabitata:

- brzice (območje plitve vode in velikih hitrosti vodnega toka, ki erodira material iz dna in lebdeči material; v brzicah uspevajo značilno adaptirani rečni organizmi, specializirani pritrjeni bentični ali perifitični organizmi ter močni plavalci, ribe);
- tolmeni (območje globoke vode, manjše hitrosti, snovi se sedimentirajo in ustvarjajo mehka tla, v tolmunih uspevajo organizmi, značilni tudi za jezera in ribnike, okolje je prijazno planktonu in potočnemu ter rečnemu nektonu) (Odum, 1971).

Lotične in lentične skupnosti povezujejo ribe, živeče v obeh okoljih. Z razvojem potokov v večje reke se ekološke razlike med brzicami in tolmeni manjšajo, hkrati pa je sprememba sestave skupnosti večja v

enem kilometru odseka zgornjega teka kot v petdesetih kilometrih odseka spodnjega teka (Odum, 1971).

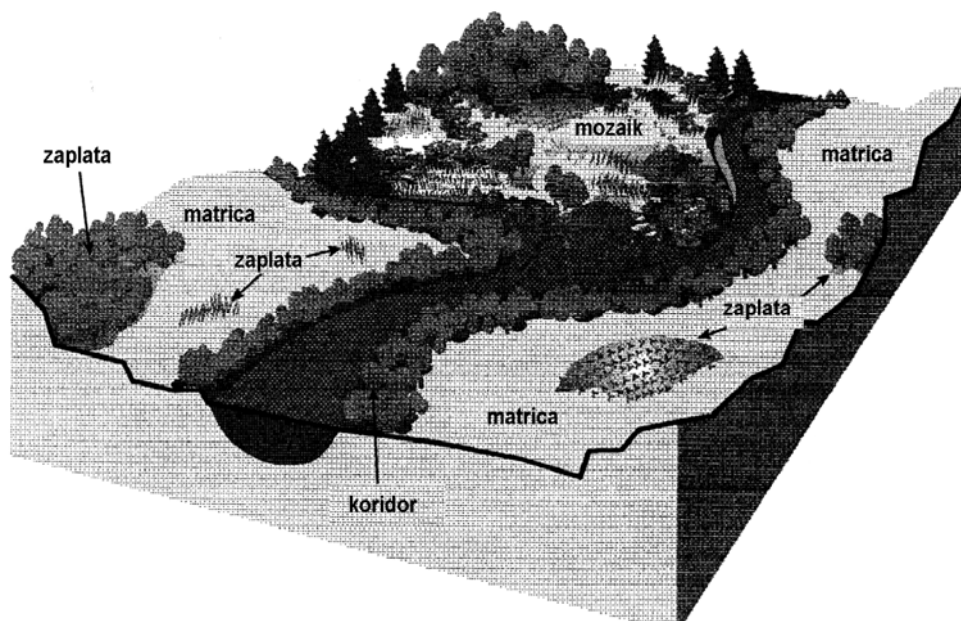
## 2.1.2. Rečni koridorji v ekološki strukturi krajine

### 2.1.2.1. Ekološka struktura krajine

Krajinska ekologija uporablja za opis strukture ekosistemov vseh velikostnih redov osnovne enote: matrica, zaplata, koridor in mozaik (Bell, 1999; Fogg in Wells, 1998; Forman in Godron, 1986). Matrica je prevladujoča oblika površinskega pokrova v območju, običajno so to gozdne površine, kmetijske površine, urbanizirane površine, teoretično pa katera koli oblika površinskega pokrova. Zaplata je površina pravilne ali nepravilne oblike, ki se razlikuje od matrice in jo v območju najdemo v manjšem obsegu kot matrico. Koridor je posebna oblika zaplate, ki povezuje druge matrice in zaplate v območju in je značilno podolgovate oblike. Mozaik je zbir zaplat, med katerimi nobena ne prevladuje v zadostni meri, da bi bila matrica (Fogg in Wells, 1998).

Matrice, zaplate, koridorji in mozaiki se pojavljajo v ekosistemih različnih redov velikosti, od največjih (npr. regionalno merilo) do najmanjših (npr. odsek vodotoka). Pri delu z vodotoki in rečnimi koridorji kot velikimi in kompleksnimi naravnimi sistemi je namreč pomembno razumevanje njihove notranje ekološke strukture, ki jo prav tako tvorijo matrica, zaplata, koridor in mozaik (Fogg in Wells, 1998). Slika 3 prikazuje rečni koridor v ekološki strukturi krajine na koridorskem merilu. V preglednici 2 je predstavljena ekološka struktura krajine in njeni sestavni deli od največjega do najmanjšega merila, ki jih lahko opredelimo kot:

- regionalno merilo (npr. Primorska);
- krajinsko merilo (npr. Koprška brda);
- koridorsko merilo (npr. koridor Dragonje);
- merilo vodotoka (npr. reka Dragonja);
- merilo odseka (npr. zgornji, srednji, spodnji tek reke Dragonje) (Fogg in Wells, 1998).



Slika 3: Krajinskoekološka struktura rečnega koridorja (Fogg in Wells, 1998)

Preglednica 2: Ekološki strukturni elementi krajine v ekosistemih različnih redov velikosti

	<b>matrica</b>	<b>zaplata</b>	<b>mozaik</b>	<b>koridor</b>
<b>regija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– svet nad gozdno mejo</li> <li>– gozdni kompleksi</li> <li>– ravninski deli</li> <li>– metropolisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gozdne površine</li> <li>– stoječe vode</li> <li>– kmetijske površine</li> <li>– urbane površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gozdne površine</li> <li>– stoječe vode</li> <li>– kmetijske površine</li> <li>– urbane površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gorotvorna slemena</li> <li>– veletoki</li> <li>– transportni koridorji</li> </ul>
<b>krajina</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gozdni kompleksi</li> <li>– pridelovalne površine</li> <li>– urbane površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gozdne zaplate</li> <li>– goloseki</li> <li>– stoječe vode</li> <li>– gručaste naselbine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gozdne zaplate</li> <li>– goloseki</li> <li>– stoječe vode</li> <li>– gručaste naselbine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– gorska slemena</li> <li>– vodotoki</li> <li>– ceste</li> </ul>
<b>rečni koridor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vodno telo</li> <li>– gozdnate površine</li> <li>– travniki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mokrišča</li> <li>– gozdne, grmovne in travnate zaplate</li> <li>– mrtvice</li> <li>– otoki v strugi</li> <li>– urbane površine</li> <li>– rekreacijske površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mokrišča</li> <li>– gozdne, grmovne in travnate zaplate</li> <li>– mrtvice</li> <li>– otoki v strugi</li> <li>– urbane površine</li> <li>– rekreacijske površine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brežine vodotoka</li> <li>– poplavne površine</li> <li>– pritoki</li> <li>– ceste, kolovozi, poti</li> </ul>
<b>vodotok</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vodno telo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brzice in tolmoni</li> <li>– pokrovne akvatične rastline</li> <li>– otoki in prodišča</li> <li>– plavje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brzice in tolmoni</li> <li>– pokrovne akvatične rastline</li> <li>– otoki in prodišča</li> <li>– plavje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– območja vzdolž spodjedenih brežin</li> <li>– območje nivelete struge</li> <li>– odseki kemičnih in bioloških podobnosti ali različnosti</li> <li>– odseki specifičnih rab tal</li> </ul>
<b>odsek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vodno telo</li> <li>– otoki in prodišča</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brzice in tolmoni</li> <li>– pokrovne akvatične rastline</li> <li>– otoki in prodišča</li> <li>– plavje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brzice in tolmoni</li> <li>– pokrovne akvatične rastline</li> <li>– otoki in prodišča</li> <li>– plavje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– območja vzdolž spodjedenih brežin</li> <li>– območje nivelete struge</li> <li>– odseki kemičnih in bioloških podobnosti ali različnosti</li> <li>– odseki specifičnih rab tal</li> </ul>

Vir: Fogg in Wells, 1998

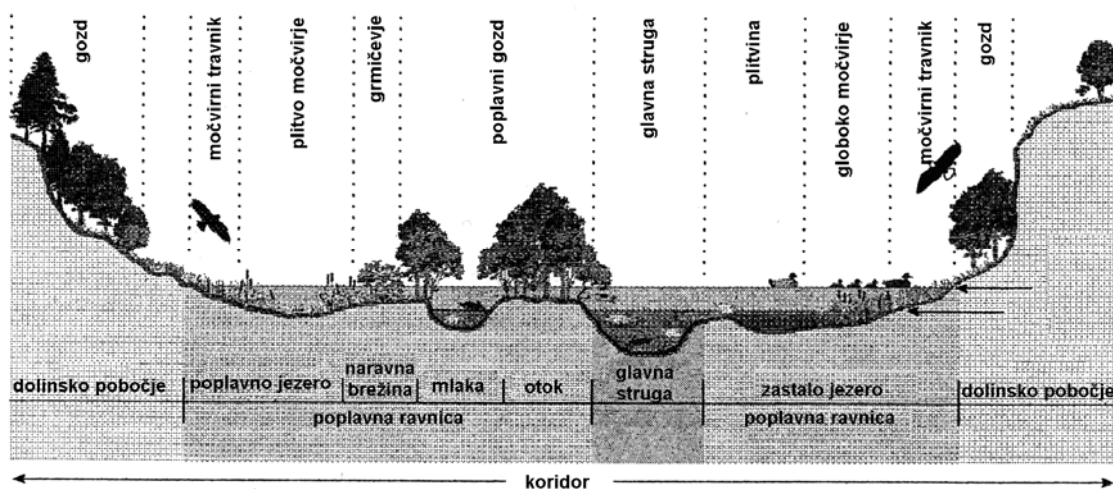
#### 2.1.2.2. Ekološka struktura in ekološke funkcije rečnega koridorja

Rečne koridorje uvrščamo v skupino ekoloških strukturnih elementov, ki so v raznih pojavnih oblikah značilni za večino krajin ter le te členijo ali povezujejo. Razen naravnih koridorjev (npr. vodotoki, rečni koridorji) krajino soustvarjajo tudi antropogeni koridorji (npr. vodnogospodarski, agrikulturni, elektroenergetski, prometni itd.). V krajinskoekološki terminologiji je naravni koridor definiran kot ozek pas zemlje, ki se na obeh straneh razlikuje od krajinske matrice in ima lastnosti, ki pomembno vplivajo na njegove ekološke funkcije in delovanje rečnega ekosistema:

- širina (razdalja, ki vključuje širino vodotoka in obrežno vegetacijo); prekinjajo jo lahko moteči vplivi sosednjih ekosistemov); širina koridorja je bistvenega pomena za opravljanje ekoloških funkcij koridorja;
- povezanost (merilo prostorske kontinuiranosti koridorja oziroma frekvenca naravnih strukturnih prekinitev ali vrzeli vzdolž koridorja);
- zavitost (tlorisni potek koridorja, npr. raven potek, potek s spreminjajočo se širino, razvejan potek, prekinjan potek, meandrirajoč potek);

- ožine (imajo podobno vlogo kot prekinitve, a ne prekinajo poteka koridorja);
- prekinitve (krajša ali daljša diskontinuiteta koridorja, pomembna za gibanje živali, snovi in energije preko in vzdolž njih);
- vozlišča (so zaplate podobne sestave vegetacije ob koridorju, pomembne za gibanje rastlinskih in živalskih vrst; običajno se pojavljajo na notranjih straneh rečnih zavojev) (Bell, 1999; Fogg in Wells, 1998; Forman in Godron, 1986).

V splošnem lahko ugotovimo, da rečni koridor sestavljajo struga vodotoka, brežine in obrežna vegetacija, obrežna krajina in poplavne ravnice ter rečne terase in pritoki (Fogg in Wells, 1998; Zumbroich et al., 1999). Slika 4 prikazuje nekatere značilne sestavne dele rečnega koridorja v prečnem prerezu.



Slika 4: Sestava rečnega koridorja v prečnem prerezu (Fogg in Wells, 1998)

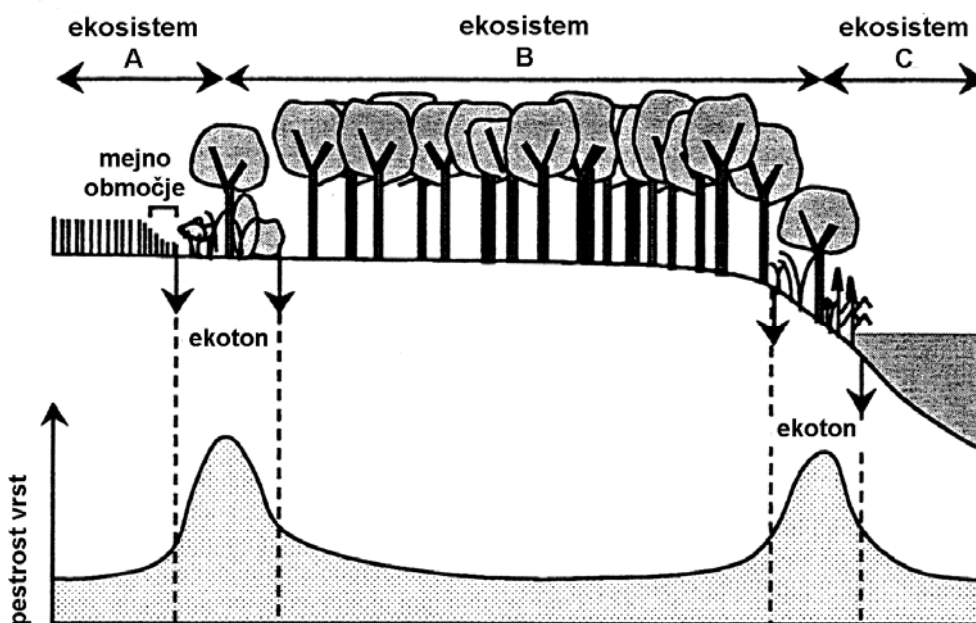
Pomen rečnih koridorjev v krajinskoekološki strukturi kažejo tudi njihove funkcije, ki soustvarjajo ekološki proces v krajinskih ekosistemih:

- koridor kot habitat (omogočajo živalskim in rastlinskim vrstam življenje, reprodukcijo, prehranjevanje in premikanje);
- koridor kot bariera (zaustavljajo materiale, energijo in organizme);
- koridor kot prevodnik (prevajajo materiale, energijo in organizme);
- koridor kot filter (selektivno prepuščajo materiale, energijo in organizme);
- koridor kot vir (na odsekih, kjer je izstop energije, materialov in organizmov večji od vstopa);
- koridor kot ponor (na odsekih, kjer je vstop energije, materialov in organizmov večji od izstopa) (Fogg in Wells, 1998).

Ob tem je potrebno poudariti pomen obrežnih pasov v rečnih koridorjih – ekotonov rečnih koridorjev. Ekoton je mejno območje med dvema ali več skupnostmi (npr. travnik in reka, gozd in reka, gozd in polje, skalnata in peščena tla na dnu morja itd.), običajno je podolgovate oblike, a ožji od skupnosti, ki jih ločuje oziroma povezuje. Ekotonalna območja, prikazana na sliki 5, običajno vsebujejo organizme sosednjih skupnosti in organizme, ki so značilni oziroma se pojavljajo zgolj v ekotonih. Pogosto sta številčnost vrst večja in gostota populacije višja kot v sosednjih skupnostih, ki jih ekoton ločuje oziroma povezuje. Tendanca povečane raznolikosti in gostote na križiščih skupnosti je znana kot efekt roba.

Organizmi, ki se večino časa zadržujejo v ekotonalnih območjih ali so v največjem številu zastopani v ekotonalnih območjih, pripadajo vrstam roba (Odum, 1971).

Obrežni pasovi tako povečujejo diverzitetu habitatov, ki jih ustvarjajo spodjedene brežine, drevesne korenine, veje preko brežin z vplivi na globino vode, hitrost toka, zrnavost substrata itd. Obrežni pasovi so velikega pomena za ekosistemski proces v rečnem koridorju, saj delujejo kot filtri hranil, polutantov in prerečevalci erozije obrežij in obrežnih območij. Tako je tudi ureditev ali obnova obrežnih pasov med pogostejšimi in uspešnejšimi strategijami in načini obnove vodotokov (de Waal et al., 1998).



Slika 5: Značilni prečni prerez obrežne vegetacije kot ekotona rečnega koridorja (Amoros et al., 1996)

Delovanje in uspešnost ekoloških procesov v rečnem koridorju sta v neposredni povezavi predvsem s širino rečnega koridorja. Minimalno širino rečnega koridorja določajo ekološke funkcije koridorja glede na razvitost ali red vodotoka (Fogg in Wells, 1998). Predstavljene so v preglednici 3.

Preglednica 3: Ekološke funkcije kot robni pogoji minimalne širine rečnega koridorja po redih vodotoka

red vodotoka	ekološke funkcije rečnega koridorja
1. red	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zadrževanje površinskega odtoka;</li> <li>– minimaliziranje poplav dolvodno;</li> <li>– nadzor vnosa raztopljenih snovi iz matrice;</li> </ul>
2.–4. red, preraščena struga vodotoka	<ul style="list-style-type: none"> <li>– prevodnik za notranje vrste;</li> <li>– alternativne poti za migracijo živalskih vrst preko koridorja na obeh straneh vodotoka;</li> <li>– nadzor vnosa raztopljenih snovi iz matrice;</li> <li>– minimaliziranje erozije pobočij;</li> <li>– zadrževanje površinskega odtoka;</li> <li>– minimaliziranje poplav dolvodno;</li> <li>– minimaliziranje sedimentacije dolvodno;</li> <li>– varstvo pestrosti habitata in številnosti vrst poplavnega območja;</li> </ul>

se nadaljuje

Preglednica 3, nadaljevanje

red vodotoka	ekološke funkcije rečnega koridorja
2.–4. red, nepreraščena struga vodotoka	<ul style="list-style-type: none"> <li>– enako kot za vodotok 2.–4. reda, preraščena struga vodotoka;</li> <li>– zagotavljanje notranjega habitata za prehode vrst preko nepreraščenega odprtega habitata struge;</li> </ul>
4.–10. red	<ul style="list-style-type: none"> <li>– enako kot za vodotok 2.–4. reda, nepreraščena struga vodotoka;</li> <li>– migracijske poti za živalske vrste z alternativami na obeh straneh struge;</li> <li>– prevodnost za amfibijske in druge organizme, odvisne od naravnih virov iz struge;</li> <li>– zagotavljanje senčnih habitatov in plavnega lesa za ribe;</li> <li>– zagotavljanje organske snovi iz pedosfere, pomembne osnove v rečni prehranjevalni verigi;</li> </ul>

Vir: Fogg in Wells, 1998

## 2.2. REČNA HIDROMORFOLOGIJA

Rečno hidromorfologijo lahko opišemo ali analiziramo s členitvijo le-te na dejavnike: hidromorfološke procese, hidromorfološke strukture in hidromorfološka karakteristična števila. Tako lahko razumljiveje prikažemo sicer izjemno kompleksen naravni procesni pojem, prikazan v preglednici 4.

Poglavitni hidromorfološki procesi ali procesi (pre)oblikovanja fizičnih značilnosti rečnih koridorjev so erozija, sedimentacija in strugotvorni pretok (Kern, 1994; Church, 1996; Rosgen, 1996). Za osnovno klasifikacijo hidromorfološkega stanja rečnega koridorja je najpomembnejša hidromorfološka struktura površinska oblikovanost okolja rečnega koridorja (tip rečne doline, vršaj, poplavna ravnica) (Kern, 1994; Rosgen, 1996; Knighton, 1998; Zumbroich et al., 1999). Osnovna hidromorfološka karakteristična števila, potrebna za uvodno hidromorfološko analizo, tipizacijo ali klasifikacijo raziskovanega tipa vodotoka, pa so: padeč struge, vijugavost toka, razmerja širina / globina struge in urezanost struge (Rosgen, 1996).

Preglednica 4: Dejavniki rečne hidromorfologije

dejavniki rečne hidromorfologije		
hidromorfološki procesi	hidromorfološka struktura	hidromorfološka karakteristična števila
erozija sedimentacija strugotvorni pretok vode	geomorfološka kategorija reliefa red vodotoka tek vodotoka struktura rečnega koridorja tlorisna oblika struge hidromorfološka kategorija struge	padeč struge vijugavost toka razmerje širina / globina struge urezanost struge

Viri: Kern, 1994; Rosgen, 1996; Church, 1996; Knighton, 1998; Scherle, 1999; Zumbroich et al., 1999



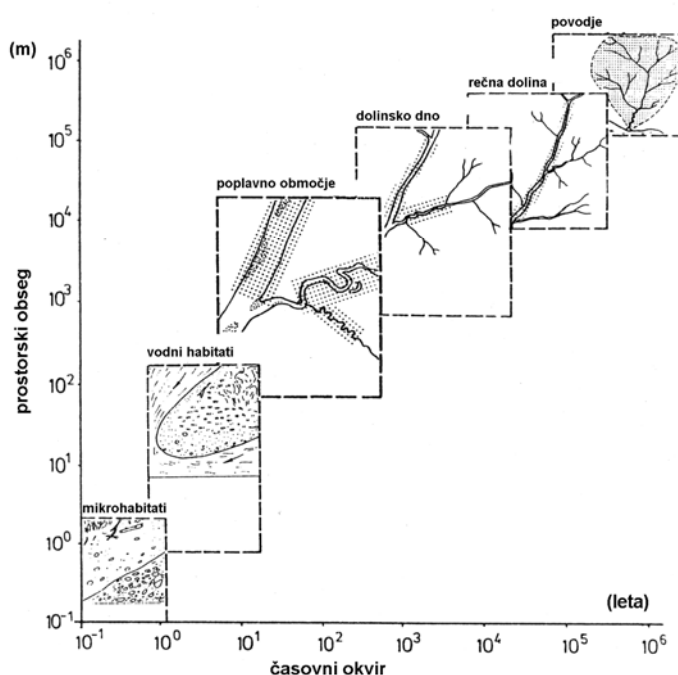
## 2.2.1. Hidromorfološki procesi

### 2.2.1.1. Erozija in sedimentacija

Hidromorfološki procesi so pretoki energije in snovi po rečnem koridorju ali strugi vodotoka. Pri tem se del energije sprosti v odvisnosti od hitrosti vodnega toka in pretoka vode, od naklona, oblike in hrapavosti struge ter od oblike krivulj gladine. Povzročata razne oblike erozije (odnašanja in prenašanja plavin), sedimentacije (odlaganja plavin) ter poplavljanja vode in tako tvori osnovo hidromorfoloških procesov v rečnem koridorju (Gilvear in Bravard, 1996). Rečna erozija je proces mehaničnega in kemičnega odnašanja in spreminjanja tektonskih oblik in skalne podlage (Rakičević, 1971). Vodotok erodira ali razgrajuje kamnino in sedimente, preko katerih teče, na tri različne načine (Plummer in McGearny, 1991), s hidravlično silo, z raztapljanjem in z abrazijo plavljenega materiala ob dno struge.

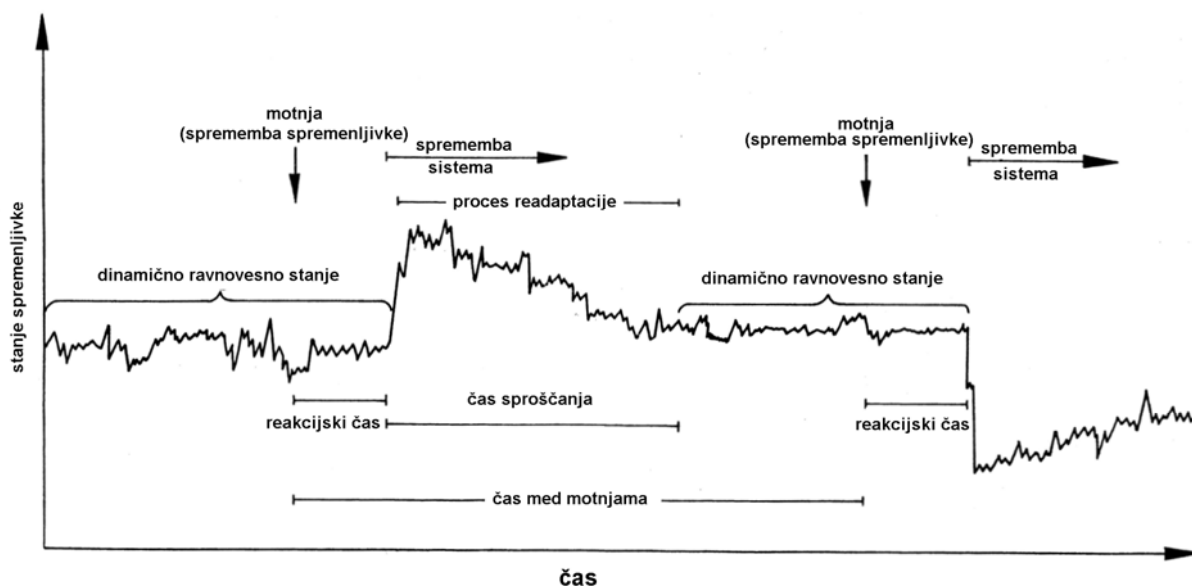
Premeščanje plavin je sposobnost vodotoka za prenašanje erodiranega materiala po strugi navzdol. V analizah hidromorfoloških procesov v rečnih koridorjih delimo material, ki ga vodotok premešča, na rinjene plavine ali težje delce, lebdeče plavine ali lažje delce in sedimente ter raztopljene snovi (Plummer in McGearny, 1991; Mikoš, 2000). Rinjene plavine oziroma težji in večji kosi kamnite osnove, skale, kamenje in prod se transportirajo po dnu vodotoka z drsenjem, kotaljenjem ali poskakovanjem (odbijanjem rinjenih plavin od dna struge). Lebdeče plavine oziroma lažje delce voda prenaša, ne da bi se dotikali ali odbijali od dna struge, saj zaradi majhne lastne teže lebdijo v vodni masi. Sedimenti so plavine, ki se v mirujoči vodi izločijo in usedejo na dno. Raztopljene snovi so v vsej vodni masi in se ne gibljejo zgolj v nekem določenem prerezu.

Ko količina energije vode pade pod raven, potrebno za prenos materiala, vodotok odloži ali akumulira plavljeni material in tvori hidromorfološke oblike ali hidromorfološke kategorije struge, ki jih predstavljamo v poglavju 2.2.2.5. Hidromorfološke kategorije struge. Erozija in sedimentacija plavin povzročata spremembe hidromorfoloških enot različnih velikosti (od povodja do mikrohabitata) v različno dolgih časovnih obdobjih (od nekaj dni ali tednov do milijona let) (Kern, 1994), kakor prikazuje graf 1.



Graf 1: Časovni okvir spreminjanja hidromorfoloških enot glede na njihovo velikost (Kern, 1994)

Hidromorfološke spremenljivke se na naravne ali antropogene motnje odzivajo v reakcijskem času. Reakcijskemu času sledi proces sproščanja sistema ali obdobje readaptacije ali prilagajanja novonastalim robnim pogojem. Proces readaptacije sistema se konča v dinamičnem ravnovesnem stanju. V primeru antropogene motnje je stopnja spremembe dinamičnega ravnovesnega stanja odvisna od količine človekovega posega v strugo vodotoka ali vplivno območje rečnega koridorja (Kern, 1994). Obdobje od ene do druge motnje imenujemo čas mirovanja sistema. Graf 2 prikazuje stopnje in časovna obdobja geomorfološkega dinamičnega procesa.



Graf 2: Stopnje in časovna obdobja geomorfološkega dinamičnega ravnovesja (Kern, 1994)

Razvoj in oblikovanost vodnega in obvodnega prostora sta tako odvisna od intenzivnosti hidromorfoloških procesov v rečnem koridorju, torej količinske in časovne razporeditve vode (vodostaj, pretok in strugotvorni pretok vode, hitrost vode) ter naravnih danosti okolja rečnega koridorja (lastnosti hribinskega materiala, ki se odlaga v strugo in plavi dolvodno, geološka zgradba rečne krajine, padec struge, oblika doline, lokalna klima, obrežna vegetacija oziroma površinski pokrov obrežnih zemljišč, raba tal in antropogene spremembe struge) (Kern, 1994; Church, 1996; Rosgen, 1996).

### 2.2.1.2. Strugotvorni pretok

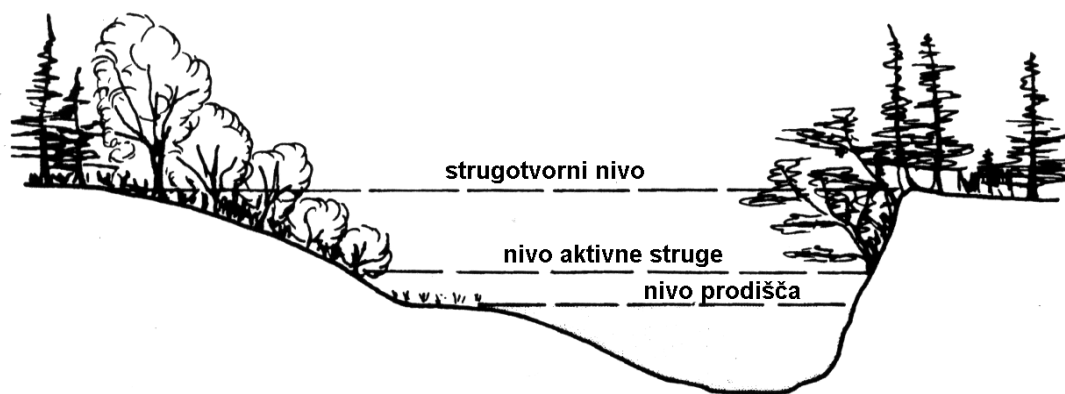
Strugotvorni pretok vode teče skozi mokri profil strugotvorne višine oziroma zapolnjuje strugo vodotoka do višine, ko se voda začne prelivati iz osnovne struge preko brežin na pribrežna zemljišča, a samo do nivoja poplavne ravnice, ne pa tudi rečne terase. Razen erozijskega procesa in sedimentacije plavin je strugotvorni pretok poglavitni dejavnik transporta plavin, nastajanja, izginjanja ali premikanja hidromorfoloških kategorij struge ter spreminjanja geometrije rečnih zavojev in meandrov, torej oblikovanja hidromorfologije struge (Rosgen, 1996). Na sliki 6 so prikazani strugotvorni nivo, nivo aktivne struge in nivo prodišča v prečnem profilu vodotoka.

V splošnem lahko strugotvorno višino struge in strugotvorni pretok opazujemo na vodotokih z dobro izraženo poplavno ravnico, za katere viri navajajo povratno dobo strugotvornega pretoka 1,5–2,5 leta. Strugotvorno višino struge določamo s terenskimi opazovanji. Pravilna določitev strugotvorne višine je pomembna, saj je le-ta nujna spremenljivka v enačbah za izračun razmerja širina / globina struge ter

urezanosti struge. Strugotvorni pretok izračunamo po enačbi, kjer je  $Q_{bc}$  količina vode [ $m^3 / s$ ], ki preteče s hitrostjo v skozi mokri profil s strugotvorno površino  $S_{bc}$ :

$$Q_{bc} = S_{bc} v. \quad (1)$$

Na vodotokih z zelo majhnimi oziroma slabo izraženimi poplavnimi ravninami ter na globoko vrezanih vodotokih strugotvorni pretoki ne povzročajo modifikacij hidromorfološke strukture vodotoka. V povirnih delih vodotokov, kjer zrna plavin ekstremno velikih redov velikosti transportirajo veliki ali katastrofalni dogodki, korelacije med frekvenco in strugotvornostjo pretoka oziroma med frekvenco poplav in hidromorfološkim spreminjanjem niso bile ugotovljene. V tovrstnih vodotokih povzročajo hidromorfološke spremembe večji, manj pogosti pretoki. Omenjene korelacije prav tako niso bile ugotovljene za velike nižinske vodotoke, ki tečejo v lahko mobilnih sedimentih, oblikujejo pa jih predvsem pogosti pretoki (Church, 1996; Rosgen, 1996).



Slika 6: Strugotvorni nivo, nivo aktivne struge in nivo prodišča v prečnem profilu vodotoka (Church, 1996)

Na oblikovanost roba struge vodotoka in razvoj specifičnih obrežnih habitatov vplivata tudi trajanje in sezonska razporeditev poplav, saj obstajajo korelacije med obrežnimi rastlinskimi združbami in nivojem poplavne vode oziroma med vrstno sestavo obrežne vegetacije in trajanjem poplave (Church, 1996).

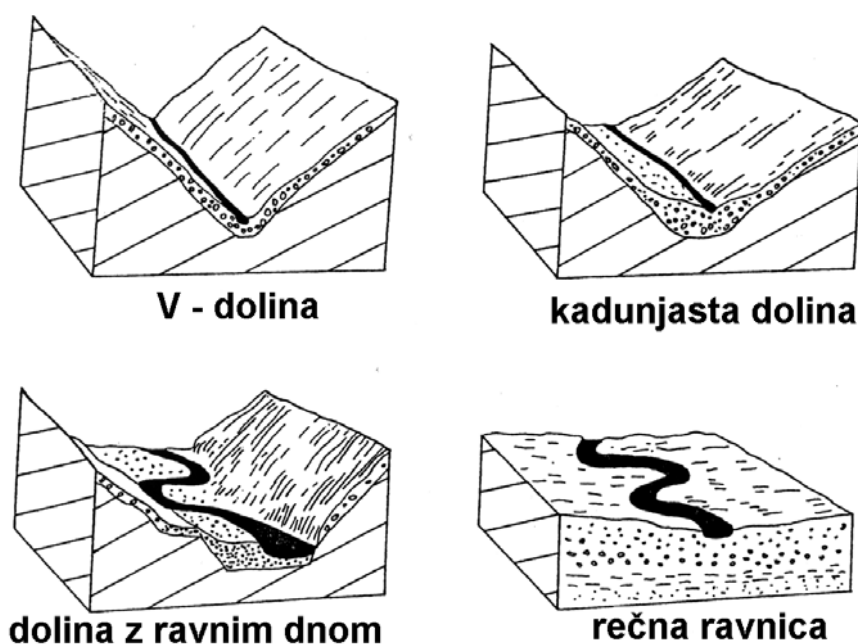
## 2.2.2. Hidromorfološka struktura

### 2.2.2.1. Geomorfološke kategorije reliefa

Vodotoki tečejo pa rečnih dolinah, vršajih ali rečnih ravninah. Rečna dolina je kot poglobitev zemeljskega površja največja posledica rečne erozije. Sestavljajo jo dolinsko dno, v katerega je urezana struga vodotoka, rečne terase in obrobna dolinska pobočja. Rečne doline so nastale kot posledica součinkovanja pobočnih erozijskih procesov in erozijskih procesov v strugi vodotoka. Vertikalna erozija povzroča urezovanje struge in poglobljanje doline. Bočna erozija povzroča razširjanje rečne doline, predvsem z meandriranjem vodotoka oziroma spreminjanjem in premikanjem toka vodotoka. Z geološkimi dobami so glede na razvitost procesov odnašanja (obdobja klimatskih otoplitev) ali odlaganja (obdobja klimatskih ohladitev) sedimentov vodotoki spreminjali tlorisno obliko (Kern, 1994). Na sliki 7 so predstavljeni nekateri tipi rečnih dolin in rečna ravnica po nemški tipizaciji (Zumbroich et al., 1996).

Večina vodotokov teče v rečnih dolinah, ki imajo tako vertikalni kot lateralen vpliv na vodotok. Ožja in bolj strma je dolina, bolj je hidromorfološka dinamika vodotoka omejena v lateralni dimenziji in bolj je

vodotok urezan v dolinsko dno. Širša ko je rečna dolina, manj je omejitev za lateralne procese in vplivov na padec vodotoka, ki je v dinamičnem ravnovesju največkrat prav v tovrstnih dolinah. Padec struge je določen z razmerjem med erozijo, transportom in akumulacijo plavin. Na mestih lokalnih zmanjšanj padca lahko nastanejo rečni zavoji in meandri. Število geomorfoloških kategorij, v katerih tečejo vodotoki (rečne doline in rečne ravnice), ki jih opredeljujejo avtorji, se razlikuje glede na potrebe in natančnost dela. Najnatančnejša delitev je bila izdelana za potrebe ameriške klasifikacije vodotokov, ki je kot izhodišče določila 11 tipov rečnih dolin in ravnice, značilnih za površje Združenih držav Amerike (Rosgen, 1996). Slovenskim razmeram pa je najbližja nemška delitev, ki predlaga delitev na globoko V – dolino in sotesko, plitvo V - dolino ali kadunjasto dolino, dolino z ravnim dnom in rečno ravnico (Kern, 1994; Zumbroich et al., 1996; Scherle, 1999), prikazana na sliki 7.



Slika 7: Rečne doline in rečna ravnica (Zumbroich et al., 1996)

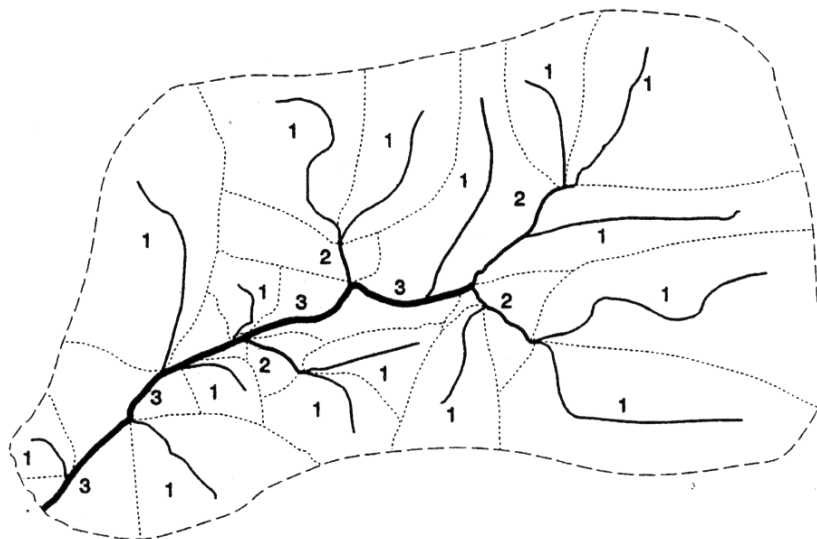
Vršaji nastajajo na mestih zmanjšanja padcev vodnega toka. Največkrat so to območja izlivov gorskih potokov, rek in hudournikov v vodotoke, tekoče po dnu dolin. Nenadna sprememba padca zmanjša moč delovanja vodotoka, zaradi česar pride do odlaganja plavin. Posledica je nastanek stožčastega nanosa večjih količin plavin z osnovo v dolinski ravnici in vrhom, ki se razteza ob strugi vodotoka.

Naplavne ravnice so običajno v spodnjih tekih vodotokov. Pri visokih vodostajih vodotoki prestopijo brežine in preplavijo dno dolin. Po dolinskem dnu se nanaša material, predvsem drobnejši rečni pesek in mulj. Sloji so lahko debeli nekaj deset metrov, kar kaže na veliko erozijsko moč vodnih tokov. Pri poplavljanju vodotokov se največji del plavin odlaga neposredno ob obrežju. Posledica je tvorba naravnih nasipov, poraslih z vegetacijo.

#### 2.2.2.2. Red in tek vodotoka

Vodotok tvori s pritoki hidrogrfski sistem ali mrežo vodotokov. Za potrebe analize umeščenosti vodotoka v hidrogrfsko mrežo povodja vodotoke označujemo z redi. Tovrstne klasifikacije vodotokov so zanimive tudi zaradi signifikantnih korelacij med velikostjo struge in geografsko lokacijo v povodju

(Church, 1996). Glavni vodotok je običajno največja in najbolj vodnata struga in jo je zato lahko opredeliti v hidrografskem sistemu povodja. Red vodotoka se označuje z naravnim številom, začnši z 1 na povirnih vodah. Nižjega reda je pritok, manjšega pomena je njegov tok v pogledu količine vode. Višji red vodotoka nastopi, ko se združita dva pritoka istega reda. Slika 8 prikazuje rede vodotokov v povodju po Strahlerju.



Slika 8: Redi vodotokov v povodju po Strahlerju (Mehl, 1998)

Značaj vodotokov pa se od izvira dolvodno spreminja poleg velikosti in vodnatosti struge tudi glede padca in morfologije struge, količine plavin, hitrosti pretoka vode, razvitosti in pojavnosti vegetacije akvatičnega, amfibijskega in terestričnega pasu itd. Spremembe običajno združujemo v značilne odseke vodotoka ali pogosteje v tri značilne teke vodotokov, zgornji tek, srednji tek in spodnji tek. Glede na oblikovanost zemeljskega površja (rečna dolina, vršaj, naplavna ravnica), tek vodotoka (zgornji, srednji, spodnji) in dejavnike okolja (npr. alpsko, sredogorsko, kraško, panonsko), v katerem teče vodotok, se v vplivnem območju rečnih koridorjev razvijejo za tek in okolje specifični hidromorfološki pojavi: vodni rokavi, mrtvice s stalno vodo, mrtvice z občasno vodo, presušene struge z občasno vodo, rečna jezera, rečni otoki, loke, poplavni gozdovi, široke plitvine, peščine, prodni žepi, naravne okopine, gazi ali brodi, brzice, občasni slapovi, stalni slapovi, skalni ali lehnjakovi pragovi, kaskade, tesni, tolmeni, estavele, vodne jame, brezna v posrednem in neposrednem stiku z vodnim tokom, presihajoča jezera, občasni izviri itd.

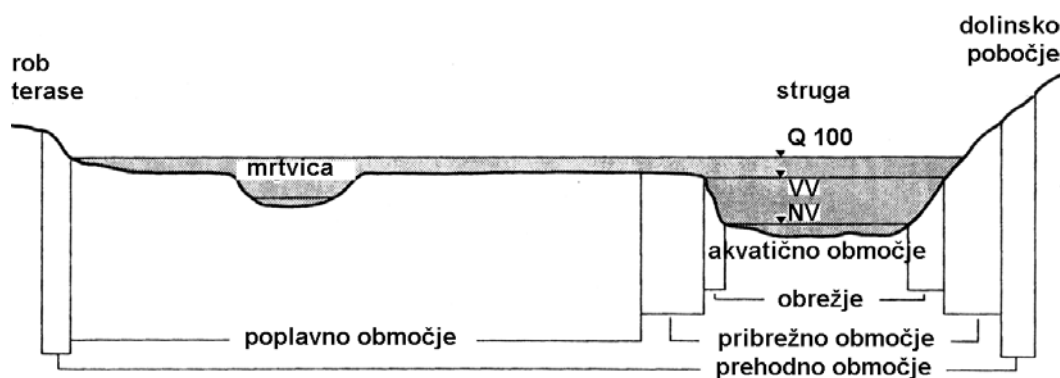
Dejavniki delitve vodotoka na odseke ali na teke so običajno: sprememba geološke podlage, sprememba oblike doline, sprememba padca, sprememba pretoka, pomemben pritok oziroma sprememba reda vodotoka, sprememba značilnega površinskega pokrova ali značilne rabe tal ter sprememba transporta plavin zaradi naravnih dejavnikov ali antropogenih posegov (npr. slap, jezero, akumulacija, jez, velika pregrada itd.). Zaradi kompleksnosti hidromorfoloških dejavnikov v rečnih koiridorjih določitev tekov vodotoka olajša raziskovalno delo, hkrati pa pripomore k sistematiki in preglednosti rečnega sistema (Church, 1996; European Committee for Standardization, 2002).

### 2.2.2.3. Vodni in obvodni del rečnega koridorja

Vodni (struga vodotoka) in obvodni del (brežine, poplavne ravnice) sta prostorsko, strukturno in ekološko povezana sestavna dela rečnega koridorja, v katerem se kažejo posredni in neposredni vplivi

vodotoka. Del rečne struge, ki je zapolnjen z vodo, se imenuje akvatični del, rečni breg nad akvatičnim delom pa obrežje. Obrežje se nadaljuje v pribrežno zemljišče, ki mu sledi naplavna ravnica ali poplavno območje (Niehoff, 1996). Slika 9 prikazuje hidromorfološke strukture vodnega in obvodnega prostora.

Vodni del je izpostavljen delovanju odnašanja, prenašanja in odlaganja (erozije in sedimentacije) plavin in je v neposrednem stiku z vodnim telesom, obseg območja pa je določen z nivojem visokih voda v strugi vodotoka. Rečna struga je sestavljena iz rečnega dna in brežin vodotoka. Struge se razlikujejo po posameznih vodotokih in po posameznih delih vodotoka, oblika in dimenzije pa so odvisne od pretoka in stopnje razvitosti vzdolžnega profila. Vodotoki z večjimi pretoki imajo praviloma globlje struge oziroma majhna razmerja širina / globina. V začetnih stopnjah razvitosti vzdolžnega profila so struge globoke in imajo obliko črke V, v kasnejših, razvitejših stopnjah vzdolžnih profilov pa se struge razširijo in imajo trapezoidno obliko.



Slika 9: Prečni profil hidromorfološke strukture vodnega in obvodnega prostora (Niehoff, 1996)

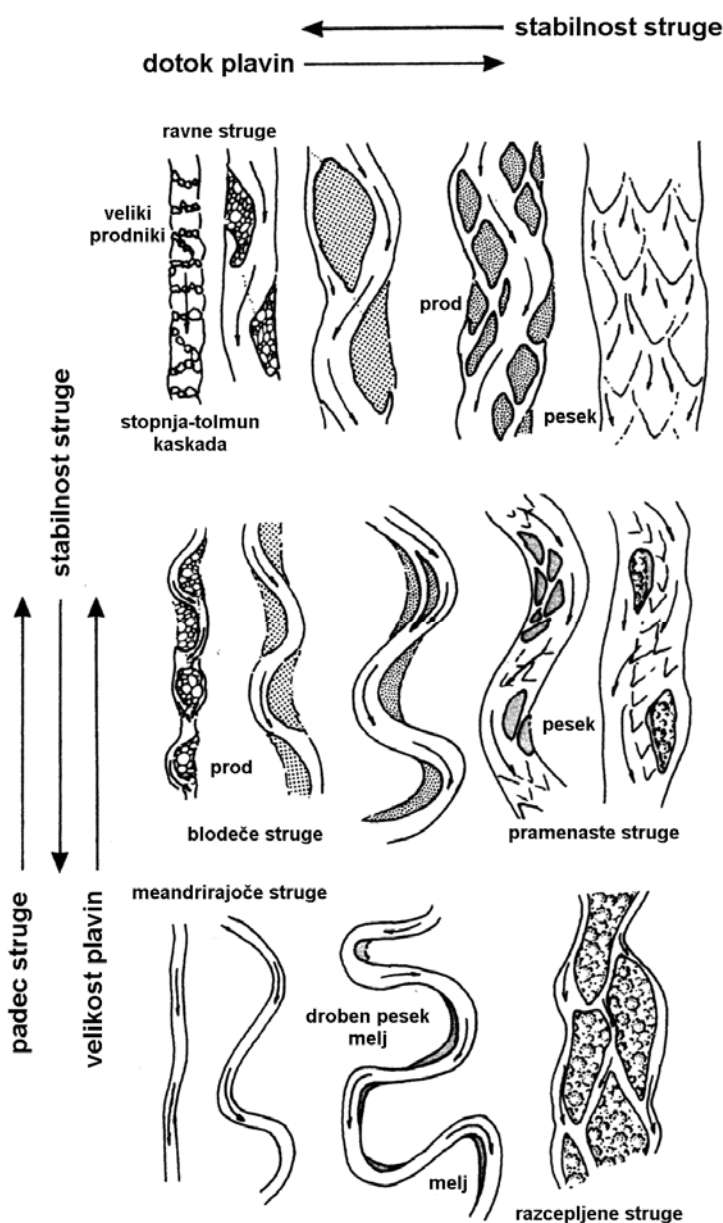
Obvodni del je večji in sega v zunanje dele rečnega koridorja. Nastal je kot posledica delovanja vodotoka v preteklosti. Izpostavljen je poplavljanju vodotoka in je le občasno v neposrednem stiku z vodotokom, vendar pod stalnim in neposrednim vplivom podtalnice. Obvodni del rečnega koridorja opredeljujejo poplavna območja rednih ali periodičnih oziroma redkih in visokih poplav. Ta območja so praviloma locirana v pasu med poplavnim svetom in predeli, ki so z reliefno členjenostjo obvarovani pred najvišjimi in najobsežnejšimi poplavami.

#### 2.2.2.4. Tlorisne oblike strug

Hidromorfološko stanje rečnega koridorja je opredeljeno tudi s količino in velikostjo plavin, ki potujejo po strugi vodotoka. Količina in velikost plavin se spreminjata glede na tek vodotoka. V zgornjem teku vodotokov so običajno plavine večjih redov velikosti, ki zaradi teže in velikosti ne morejo biti plavljene oziroma so plavljene zgolj ob ekstremnih dogodkih. Tu je premer posameznega zrna nemalokrat enak ali vsaj podobnega velikostnega reda kot širina struge. V spodnjih tekih vodotokov običajno prevladujejo peščene in meljaste frakcije, širina struge pa je bistveno večjih redov velikosti kakor premer posameznega zrna. Po tem merilu je izvedena tudi klasifikacija strug na male struge (velikost struge je primerljiva z velikostjo posameznega zrna) in velike struge (velikost struge je veliko večja od velikosti posameznega zrna) (Church, 1996).

Drobnozrnate plavine se plavijo v suspenziji in jih visoke vode odlagajo na obrežje ter tako tvorijo visoke in sorazmerno zbite in odporne brežine. Posledično se oblikujejo enojne, relativno ozke struge, ki običajno vijugajo ali meandrirajo. V nasprotju z drobno zrnatimi plavinami se večje frakcije plavin plavijo v dnu ali ob robu struge in se posledično odlagajo kot prodišča, ki polnijo strugo in tako povzročajo

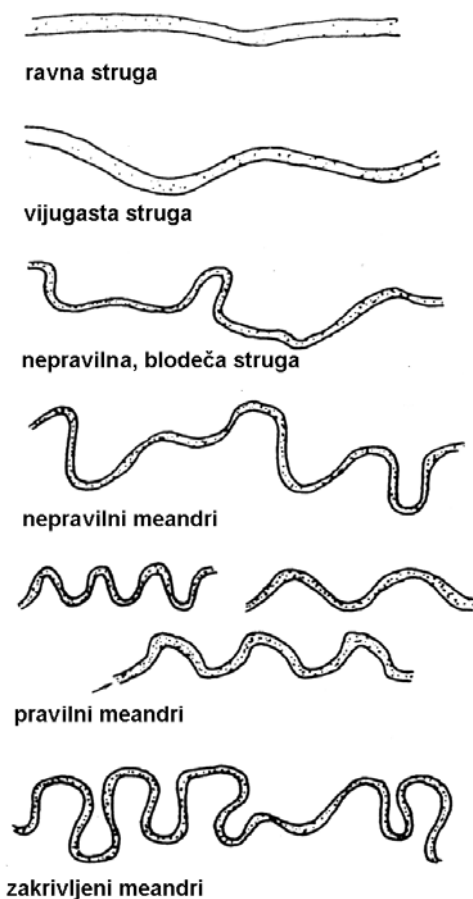
lateralne odklone smeri struge. Tovrstne struge lahko glede na pretok plavin nepravilno vijugajo ali meandrirajo, blodijo ali se delijo v deljene (meandrirajoče, pramenaste, razcepljene) struge. So značilno široke in plitve, brežine tvorijo nezbite frakcije večjih redov velikosti. Meja med drobnimi in grobimi plavinami je med 0,3 in 1,0 mm, to je v razredu debelega peska (Church, 1996; Mikoš, 2000). Vodotoki, ki tečejo v lastnih naplavinah, so najbolj izpostavljeni spreminjanju oblike. V tovrstnih strugah veljajo značilni odnosi med pretokom, širino, globino in hitrostjo toka, ki jih imenujemo hidravlična geometrija. Slika 10 prikazuje konceptualne vzorce strug glede na nekatere hidromorfološke značilnosti, slika 11 pa tlorisne oblike strug.



Slika 10: Konceptualni vzorci strug glede na padec struge, stabilnost struge, velikost prevladujoče frakcije plavin in dotok plavin (Church, 1996)

Obliko struge torej določajo zrnatost, vezanost in odpor materiala, padec, hitrost toka in nihanje vodostaja oziroma pretoka. V nevezanem materialu, precej enakomerno zrnatem pesku, je prež struge podoben paraboli, v vezanem materialu, ki ima znaten razpon zrnatosti, ima struga pravokotnejši

prerez. Pri večjem padcu je struga bolj ravna, pri manjšem pa bolj zavita. V naravi tečejo vodotoki po različnih materialih oziroma kamninskih osnovah in zadevajo ob raznovrstne ovire, zato obstaja več pojavnih oblik strug: ravne, enostavne, meandrirajoče, razvejane, sestavljene, mrežaste ali retikularne ali razcepljene (Rejic, 1988; Mikoš, 2000). V preglednici 5 so navedene vrednosti količnika vijugavosti za posamezne tlorisne oblike vodotokov.



Slika 11: Tlorisne oblike strug (Church, 1996)

Preglednica 5: Vrednosti količnika vijugavosti za tlorisne oblike vodotokov

tlorisna oblika struge	količnik vijugavosti
ravne struge	1 – 1,05
nepravilne ravne struge	1 – 1,05
zmerno vijugajoča struga	1,05 – 1,3
močno vijugajoča struga	1,3 – 1,5
nepravilno vijugajoča struga	1,05 – 1,5
meandrirajoča struga	> 1,5
ravna pramenasta struga	1 – 1,05
vijugajoča pramenasta struga	1 – 1,5
razcepljena struga	vse vrednosti

Vir: Scherle, 1999

Ravne struge so nastale kot posledica regulacijskih del oziroma po naravni poti zaradi skalnih pragov ali brežin oziroma vegetacije, ki preprečujejo bočno erozijo. Gorski potoki z velikimi padci dna vodotoka lahko tvorijo ravne struge v dolžini do desetkratne širine struge (Rejic, 1988; Mikoš, 2000).

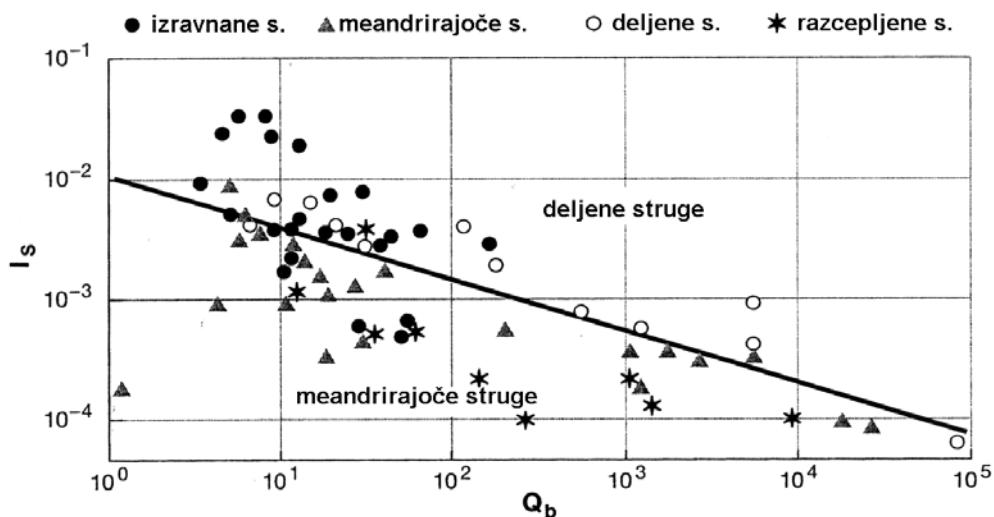


Enostavne struge so vrezane v enakomerno vezane in odporne usedline, strmec je v povprečju enak. V enostavnih strugah se pojavljajo sekvence brzica – tolmun, glavni tok niha med brežinama in je sinusoiden. Na zavojih se rečni tok prislanja na konkaven ali zunanji breg, zato je struga tu globlja, na nasprotnem bregu pa običajno nastaja plitvina (Rejic, 1988; Mikoš, 2000).

Meandrirajoče struge so enovite struge z glavno strugo. Prepoznavne so po meandriranju z bočnimi zajedami na zunanji strani zavojev. Razvejane struge so večkratne glavne struge v zgornjem, bolj strmem toku, in so izrazito nestabilne, v rečnih deltah pa so stabilnejše. Sestavljene struge se pojavljajo v usedlinah, ki so močnejše vezane in nudijo vodnemu toku močnejši odpor, na površju usedlin so številne ovire z mrtvimi koti, pojavljajo pa se tudi občasni in stalni otoki. Pomemben pogoj za nastanek sestavljene struge je povečan padec (Rejic, 1988; Mikoš, 2000).

Mrežaste ali retikularne ali razcepljene struge so sestavljene iz več delnih strug. Ovire niso vedno stalne, visoka voda jih premika, odnaša in prinaša. Stalnejše ovire počasi naseli rastlinstvo, tudi drevje, in lahko postanejo stalnejši ali stalen otok. Posebna oblika struge je meandrirana, pojavlja pa se v ravninah pri majhnem padcu (Rejic, 1988; Mikoš, 2000).

Avtorji ugotavljajo številne povezave med obliko struge in globino struge, razmerjem širine strugotvorne struge in globine strugotvorne struge, padcem struge, pretokom itd. (Richards, 1987; Rosgen, 1996; Church, 1996; Hütte, 2000). Graf 3 prikazuje tlorisno obliko struge kot funkcijo strugotvornega pretoka in padca struge. Korelacija med strugotvornim pretokom in padcem struge je šibkejša na vodotokih z manjšimi strugotvornimi pretoki in večjimi padci (npr. hudourniki). V spodnjih tekih vodotokov, z značilno večjimi strugotvornimi pretoki in manjšimi padci ter tokom v lastnih naplavinah, pa je korelacija med spremenljivkama večja. Za natančnejšo interpretacijo razdelitve tlorisnih oblik strug pa bi kot spremenljivko veljalo upoštevati tudi geološko podlago.



Graf 3: Tlorisna oblika struge kot funkcija strugotvornega pretoka in padca struge (Hütte, 2000)

#### 2.2.2.5. Hidromorfološke kategorije struge

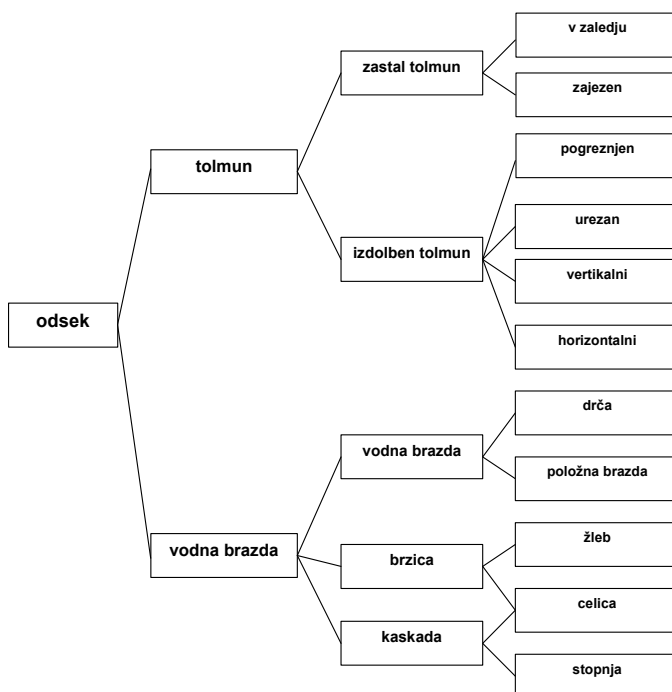
Hidromorfološke kategorije struge so spontani pojavi, ki nastanejo kot posledica delovanja hidromorfoloških procesov v strugi vodotoka. To so: otoki, peščine, prodišča, tolmeni, vodne brazde, brzice, stopnje, kaskade in plitvine ter zapadlo drevje in plavni les. Naštete kategorije so v hidromorfoloških procesih medsebojno povezane in odvisne ter tvorijo sukcesivne procesne enote ali

sekvence, kot so tolmun – vodna brazda – prodišče, stopnja – tolmun ali brzica – tolmun itd. (Church, 1996; Knighton, 1998; Scherle, 1999; Hütte, 2000). Preglednica 6 prikazuje značilnosti hidromorfoloških kategorij struge, shema 1 členi medsebojno procesno povezanost hidromorfoloških struktur, na sliki 12 pa je prikazan laboratorijski prikaz razvoja ravnega odseka struge v stabilnejšo strugo vijugajoče ali zavite tlorisne oblike.

Preglednica 6: Nekatere značilnosti hidromorfoloških kategorij struge ( $D_{max}$  – premer največjega zrna;  $d$  – globina vode;  $b$  – širina struge)

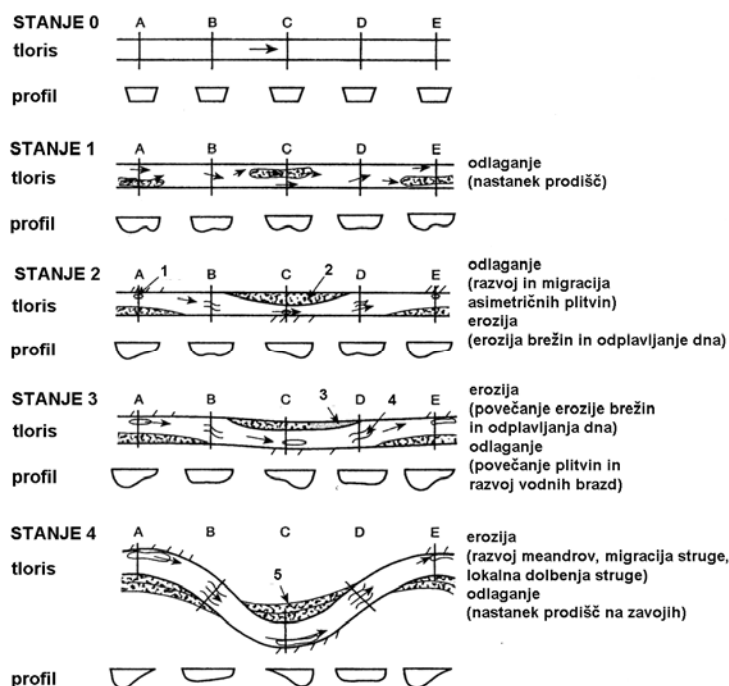
hm kategorija	padec struge	razmerje $D_{max} / d$	dolžina kategorije	medsebojna razdalja
stopnja	> 4 %	~ 1	~ 1–2 D	3–4 b
kaskada	4–10 %	~ 1	> 2 D	
brzica	2–4 %	~ 1	>> D	~ 5 b
vodna brazda	< 2 %	< 1	~ 2,5 D	~ 5 b
plitvina	<< 2 %	<< 1	~ 2,5 D	~ 5 b

Vir: Scherle, 1999



Shema 1: Hidromorfološke kategorije in njihova medsebojna procesna povezanost (Church, 1996)

Na odsekih, kjer reka odlaga plavine in ustvarja ovire v strugi, zaradi česar se le-ta sorazmerno lateralno širi, nastajajo otoki. Če je proces tvorjenja otokov persistenten, se le-ti sčasoma zarastejo in iz nezaraščenelega otoka preko začetnega sukcesivnega stadija preidejo v zrel sukcesivni stadij. Otoki z zrelim sukcesivnim stadijem zarasti so značilni za razcepljene struge veletokov in njihovih delt z majhnimi padci (npr. Donava, Missisipi itd.). V vodotokih manjših redov velikosti in večjih padcev, kakršni so značilni za slovenske razmere, so otoki redkejši oziroma manj izraziti.



Slika 12: Proces problikovanja ravne struge v hidromorfološko stabilnejšo obliko tlorisnega poteka (Knighton, 1998)

Prodišča so območja odlaganja plavin večjih frakcij (srednje zrno > 2 mm). Nastajajo na odsekih divergentnega toka zmanjšane prodonosnosti, običajno nad vodnimi brazdami oziroma pod izpranimi tolmuni. Razmerje velikosti zrna in globine toka  $D/d$  je manjše od 0,1. Prodišča se najintenzivneje tvorijo v strugah s padci, manjšimi od 3 % v povezavi z vodnimi brazdami, kjer so le-te mnogokrat sestavni del čela prodišč. Peščine so območja odlaganja plavin pretežno peščenih frakcij (srednje zrno < 2 mm). Oblike prodišč in peščin so odvisne od mesta nastanka v strugi: vzdolžna prodišča in peščine, prodišča in peščine v zavoju, sredinska prodišča in peščine, prodišča in peščine na sotočjih ter diagonalna prodišča in peščine. Prodišča in peščine so značilno nižje hidromorfološke tvorbe kakor otoki (Church, 1996; Scherle, 1999).

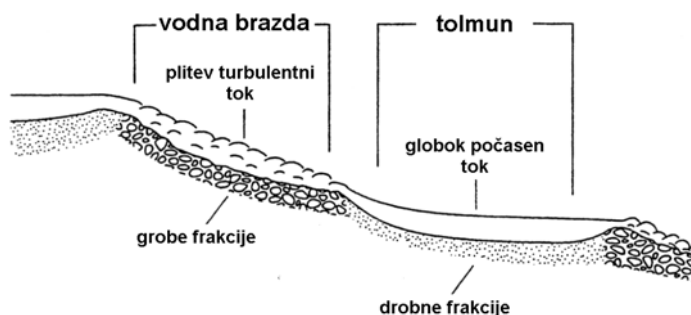
Brzice nastajajo na odsekih vodotoka z nepravilnim vzorcem groblje ( $D > 120$  mm) in vmesnih prostorov z razmerjem velikosti zrna in globine toka  $D/d$  reda velikosti 1,0 in kritičnim tokom. Pri nizkih pretokih groblja izdajanja. Padec struge je reda velikosti 2 do 4 %. Tok vode je vlaknaste oblike oziroma teče v obliki brzic po strukturah dna struge. V območju brzic je vodni tok značilno globlji kot v območju vodnih brazd (Church, 1996).

Vodne brazde so območja relativno nizkega in v primerjavi s tolmuni hitrega vodnega toka. Razmerje velikosti zrna in globine toka  $D/d$  je običajno manjše od 1, lokalni padec struge vzdolž vodne brazde pa je običajno reda velikosti 2 %. Vodne brazde se običajno pojavljajo v srednje velikih strugah s povprečnim padcem pod 1 %, na tistih odsekih vodotoka, kjer prevladujejo izmenjujoča prodišča in prevoji oziroma so vidni večji vnosi plavin v strugo. Substrat vodnih brazd je običajno bolj grob od substrata tolmunov. Vodne brazde tvorijo sekvence s tolmuni na značilni razdalji reda velikosti 5–7 širin struge (Church, 1996; Knighton, 1998; Currie, 1999).

Tolmuni so lokalne poglobitve dna struge z značilno nižjimi hitrostmi toka vode, običajno povezane z rečnimi okljuki, zavoji ali vijugami. Zaledni tolmuni so tolmuni, nastali zaradi ovir v glavnem toku struge s preusmeritvijo vodnega toka. Dno zalednih tolmunov je običajno prekrito s finejšimi frakcijami plavin.

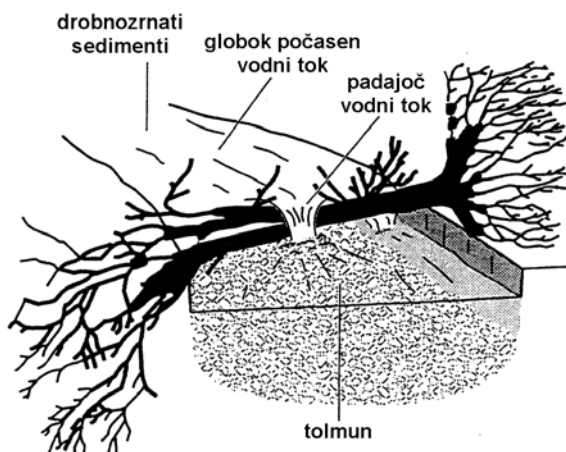
Zajezeni tolmeni nastajajo gorvodno od groblje v brzicah in kaskadah ali gorvodno od večjih zagat plavnega lesa in akumulacij plavin. Izprani tolmeni nastajajo v območjih dovodno od ovir v strugi, so najgloblji deli struge, vendar je hitrost toka v obdobjih visokih voda še vedno relativno velika. Dno tolmunov zasedajo drobnejše frakcije kakor dno struge, globina tolmunov in razdalja med tolmeni pa z manjšanjem padca struge naraščata (Church, 1996; Knighton, 1998; Currie, 1999). Slika 13 prikazuje značilni prerez vodne brazde in tolmana.

Zaporedje stopenj tvori kaskadni tok. Značilen je za vodotoke z relativno velikim padcem. Zaznamuje ga prelivanje vode preko stopenj, ki jih tvorijo večji prodniki ali samice oziroma geološka podlaga struge. Padec strug s kaskadnim tokom je običajno večji od 3–5 %. Vloga kaskad in stopenj v ozkih grapah strmih strug je izjemnega pomena za disipacijo energije vodnega toka, ki bi sicer povzročal erozijo brežin (Church, 1996; Knighton, 1998).



Slika 13: Značilni prerez vodne brazde in tolmana (Gilvear in Bravard, 1996)

V brežino vkoreninjeno in nad strugo nagnjeno ali v vodo potopljeno drevje je zapadlo drevje. Zapadlo drevje slabi proces erozije brežin in usmerja tok vode proti matici, redkeje pa povzroči spremembo tlorisnega poteka struge. Plavni les so odpadlo vejevje in drevje ali debla, ki tvorijo plavne zagate. Glede na razmerje širine zagate in širine strugotvorne struge ter glede na razmerje višine zagate in globine strugotvorne struge ločimo megazagate, makrozagate, mezozagate, mikrozagate in posamezne kose plavnega lesa. Ker se v strugi pojavljajo naključno, vplivajo na formacijo in normalne sekvence hidromorfoloških kategorij, predvsem prodišč in mrtvih rokavov kot posledica preoblikovanja struge, spremembe tlorisnega poteka struge ali preusmeritve toka vode (Church, 1996; Gilvear in Bravard, 1996). Slika 14 prikazuje možen vpliv zagate plavnega lesa na longitudinalno hidromorfološko strukturo vodotoka.



Slika 14: Potencialne longitudinalne hidromorfološke spremembe za zagato plavnega lesa (Gilvear in Bravard, 1996)

### 2.2.3. Hidromorfološka karakteristična števila

#### 2.2.3.1. Padec struge

Padec struge je glavno hidromorfološko karakteristično število, predvsem z vidika plavin, hidravlike in bioloških funkcij. Določa ga vzdolžni profil vodotoka in praviloma pada od zgornjega proti spodnjemu teku vodotoka. Zaradi dolžine vodotokov padec običajno merimo na posameznih odsekih in redih vodotoka. V takih primerih merimo delne padce na dolžini 25 do 30 širin vodotoka (Rosgen, 1996). Padec struge  $I_c$  je višinska razlika med koto dna zgornjega in koto dna spodnjega prečnega profila vodotoka na izbrani dolžini v horizontalni projekciji. Izračunamo ga po enačbi:

$$I_c = \Delta h / l \quad (2) \quad \text{ali} \quad I_c = I_v / S, \quad (3)$$

kjer so  $\Delta h$  sprememba nadmorske višine [m<sup>1</sup>],  $l$  razdalja med točkama, med katerima merimo višinsko razliko,  $I_v$  padec doline [%] in  $S$  vijugavost struge (Rosgen, 1996).

#### 2.2.3.2. Vijugavost toka

Vijugavost toka kvantificiramo s koeficientom vijugavosti toka ali sinuositeto toka (Rakičević, 1971; Knigthon, 1998). Opređeljena je kot razmerje med dolžino vodotoka od izvira do izliva oziroma med dvema poljubnima prečnima profiloma in najkrajšo ravno dolinsko črto, ki povezuje izvir in izliv ali dva poljubna prečna profila. V neposredni povezavi z vijugavostjo toka so geometrijske značilnosti meandrov, predvsem radij zavitosti. Vijugavost toka je večja pri nižinskih in manjša pri gorskih vodotokih. Koeficient vijugavosti izračunamo po enačbah

$$S = L_c / L_v \quad (4) \quad \text{ali} \quad S = I_v / I_c, \quad (5)$$

kjer je  $S$  vijugavost struge,  $L_c$  dolžina struge [m<sup>1</sup>; km<sup>1</sup>],  $L_v$  dolžina doline [m<sup>1</sup>; km<sup>1</sup>],  $I_v$  padec doline [%] in  $I_c$  padec struge [%]. V splošnem velja, da z zmanjšanjem padca struge in prevladujočega zrna plavin koeficient vijugavosti oziroma zavitost rečnega toka naraste (Rosgen, 1996). Nekatere tlorisne oblike strug so prikazane v poglavju 2.2.2.4. Tlorisne oblike strug na sliki 10, vrednosti vijugavosti za tlorisne oblike strug pa v preglednici 5.

#### 2.2.3.3. Razmerje širina / globina struge

Razmerje širina / globina struge je kazalnik trendov nestabilnosti struge ter porazdelitve razpoložljive energije v strugi vodotoka, ki vpliva tudi na pretok plavin v vodotoku. Za ozke in globoke vodotoke so značilna manjša, za široke in plitke vodotoke pa večja razmerja širina / globina. Razmerje širina / globina izračunamo po enačbi (Rosgen 1996):

$$w / d = w_{bc} / d_{bc}, \quad (6)$$

kjer je  $w / d$  razmerje širina / globina,  $w_{bc}$  širina gladine ob strugotvornem pretoku [m<sup>1</sup>] in  $d_{bc}$  povprečna strugotvorna globina vode ob strugotvornem pretoku [m<sup>1</sup>]. Zaradi značilnosti porazdelitve energije v strugah z večjimi razmerji širina / globina je v tovrstnih vodotokih strižna napetost skoncentrirana vzdolž brežin. Tako se z večanjem razmerja širina / globina intenzivira proces erozije brežin. Večanje količine erodiranega materiala v strugi in širjenje struge povzročita padec premestitvene zmogljivosti vodotoka in sedimentacije erodiranega materiala ter kot ponovitev cikla procesa erozijo brežin vodotoka (Rosgen, 1996).

#### 2.2.3.4. Urezanost struge

Urezanost struge v geološko podlago količinsko izraža poglobljenost ali vdolbljenost struge prečnega profila vodotoka v relief rečne krajine (Rosgen, 1996; Knighton, 1998). Izračunamo jo po enačbi:

$$E = w_{fpa} / w_{bc}, \quad (7)$$

pri čemer je  $E$  urezanost struge,  $w_{fpa}$  širina geomorfološkega poplavnega območja [m<sup>1</sup>] in  $w_{bc}$  [m<sup>1</sup>] širina strugotvorne gladine. Pri tem je širina geomorfološkega poplavnega območja merjena na višini dveh globin vode pri strugotvornem pretoku (Rosgen, 1996). Ob določanju urezanosti struge je pomembno razlikovati med stopnjo povezanosti pribrežnih zemljišč z vodotokom: območje rednih poplav, rečna terasa ali nekdanje poplavno območje in od vodotoka močno ločena pribrežna zemljišča. Geomorfološko poplavno območje običajno obsega območja rednih poplav in rečne terase (Rosgen, 1996).

## 2.3. ANTROPOGENE SPREMEMBE HIDROMORFOLOŠKIH LASTNOSTI REČNIH KORIDORJEV

### 2.3.1. Nekateri vplivi človekovih posegov na hidromorfološko stanje rečnih koridorjev

Človek zaradi potrebe razvoja civilizacije z različnimi dejavnostmi posega v struge vodotokov in vplivna območja rečnih koridorjev ali povodij. S posegi povzroča trajne spremembe abiotskih in biotskih sestavin in dinamike rečnega ekosistema in obvodne krajine. Zaradi vpliva človekove dejavnosti v okolju vodotokov ločimo kemične, biološke in fizične motnje (Österreichisches Normungsinstitut, 1995).

Fizične motnje v okolju vodotoka se pojavljajo v vseh merilih krajine, od krajinskega do merila odseka vodotoka, povzročajo pa lokalne vplive in vplive, oddaljene od mesta motnje. Spremembe rabe tal, urbanizacija, gradnja in vzdrževanje cest, intenzivna kmetijska raba tal, namakanje in podobne človekove dejavnosti v vplivnem območju vodotokov, ukrepi poplavne varnosti in drugo lahko izdatno in trajno vplivajo na ekološke (npr. geomorfološke, hidrološke, hidromorfološke itd.) značilnosti povodja. (Fogg in Wells, 1998).

Človekove dejavnosti v strugi vodotoka (npr. odstranjevanje zapadlega drevja, čiščenje plavnega lesa, izkoriščanje mineralnih surovin, zaježitve in regulacije vodotokov, modifikacije strug, protipoplavne ureditve itd.) povzročajo neposredne vplive, v vplivnem območju rečnega koridorja (npr. urbanizacija, prometna infrastruktura, melioracije zemljišč, intenzivna živinoreja, goloseki in pogozditve, dnevni kopi, rekreacija itd.) pa posredne vplive na hidromorfološko stanje rečnih koridorjev (Knighton, 1998; Raven et al., 1998; Ward in Stanford, 1995). Nekateri avtorji kot posebno kategorijo vplivov človekovih posegov v rečne koridorje obravnavajo jezove in pregrade (vplivi v akumulacijah in vplivi dolvodno od akumulacij) (Church, 1996; Bravard in Petts, 1996). V preglednici 7 so naštetih nekateri izmed možnih vplivov zaradi omenjenih dejavnosti in posegov.

Preglednica 7: Nekateri vplivi človekovih posegov na rečni prostor in ekosistem

	POSEG V STRUGI ALI NA OBREŽJU VODOTOKA								POSEG V VPLIVNEM OBMOČJU REČNEGA KORIDORJA									
	zajezitev toka	izravnava struge	nadvišanje brežin ali gradnja nasipov	utrditev dna	utrditev brežin in gradnja nasipov	odstranjevanje plavnega lesa	odstranitev riparijske vegetacije	prehodi in pregazi	mostovi	odvzemi vode	poselitev	prometna infrastruktura	intenzivna kmetijska raba	goloseki	pogozditve	dnevni kopi	rekreacija	mhe in druge rabe vodne energije
<b>VPLIV NA REČNO KRAJINO</b>																		
homogenizacija elementov rečne krajine		■		■	■		■					■		■				
poenostavitev strukture krajinske slike	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■				
izguba identitete krajine	■	■					■			■		■	■	■				
poškodba krajine		■	■				■								■			■
<b>VPLIV NA KRAJINSKOEKOLOŠKO STRUKTURO</b>																		
izguba habitata		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	
izguba mokrišč									■	■		■	■					
izguba efekta roba	■	■	■	■	■	■	■											■
fragmentiranje rečnega koridorja	■	■	■		■	■	■		■	■	■	■	■				■	■
zmanjšana vrstna pestrost in biomasa		■	■			■	■			■	■	■	■	■				
zmanjšana notranja zveznost in širina koridorja	■		■	■	■			■	■	■	■	■	■		■	■		
zmanjšana povezanost koridorja in sosednjih ekosistemov	■		■	■	■		■	■	■	■	■	■	■					
zmanjšanje migracij flore in favne		■	■	■			■	■		■		■	■					
povečanje izpostavljenosti vremenskim razmeram		■	■	■	■		■	■		■			■					
izguba riparijske vegetacije	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
izguba retroriparijske vegetacije										■	■	■	■		■			
izguba virov osenčenja, detritusa, hrane in pokritosti		■		■	■	■	■		■				■					
izguba vegetativne sestave, strukture in višinske pestrosti			■		■		■		■				■	■				

se nadaljuje

Preglednica 7, nadaljevanje

	POSEG V STRUGI ALI NA OBREŽJU VODOTOKA								POSEG V VPLIVNEM OBMOČJU REČNEGA KORIDORJA									
	zajezitev toka	izravnava struge	nadvišanje brežin ali gradnja nasipov	utrditev dna	utrditev brežin in gradnja nasipov	odstranjevanje plavnega lesa	odstranitev riparijske vegetacije	prehodi in pregazi	mostovi	odvzemi vode	poselitev	prometna infrastruktura	intenzivna kmetijska raba	goloseki	pogozditve	dnevni kopi	rekreacija	mhe in druge rabe vodne energije
<b>VPLIV NA KAKOVOST VODE</b>																		
onesnaženje iz točkovnih virov onesnaženja	■						■											
onesnaženje iz disperznih virov onesnaženja		■	■	■		■	■											
povečanje vnosa hranil in kontaminantov							■			■	■	■	■					
padec kapacitete asimilacije hranil in pesticidov	■		■	■	■	■	■		■				■					
<b>VPLIV NA VODNE KOLIČINE</b>																		
sprememba pogostosti pretokov		■	■				■		■									
sprememba trajanja pretokov			■	■	■	■	■		■									
sprememba hitrosti toka	■	■	■	■	■	■	■											
povečanje maksimalne poplavne višine	■	■	■				■											
povečanje poplavne moči	■	■	■	■	■	■	■											
sprememba trajanja poplav																		
zmanjšanje infiltracije površinskega odtoka				■	■		■							■				
zmanjšanje napajanja podtalnice	■		■		■	■			■									
padec nivoja podtalnice	■	■	■				■		■									
padec pritoka podtalnice v vodotok			■		■		■		■	■	■	■						
zmanjšanje podzemnega toka vode		■		■			■		■									

se nadaljuje



Preglednica 7, nadaljevanje

	POSEG V STRUGI ALI NA OBREŽJU VODOTOKA									POSEG V VPLIVNEM OBMOČJU REČNEGA KORIDORJA								
	zajezitev toka	izravnavna struge	nadvišanje brežin ali gradnja nasipov	utrditev dna	utrditev brežin in gradnja nasipov	odstranjevanje plavnega lesa	odstranitev riparijske vegetacije	prehodi in pregazi	mostovi	odvzemi vode	poselitev	prometna infrastruktura	intenzivna kmetijska raba	goloseki	pogozditve	dnevni kopi	rekreacija	mhe in druge rabe vodne energije
<b>VPLIV NA HIDROMORFOLOGIJO</b>																		
sprememba hidromorfološkega procesa	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
izguba naravnega dinamičnega ravnovesja struge	■	■	■	■	■	■	■			■			■	■				
povečanje padca struge	■	■	■	■	■	■				■								
kompaktiranje zemljine	■		■		■		■			■	■	■	■					
povečanje količine drobnega sedimenta v strugi	■	■	■	■		■		■	■									
zmanjšanje meandriranja	■	■	■	■	■	■												
širjenje in poglobljanje struge vodotoka	■	■	■	■	■	■	■		■	■								
povečanje erozije brežin	■	■	■	■		■												
povečanje vnosa plavin v vodotok				■	■		■	■										
zmanjšanje kapacitete akumuliranja plavin v vodotoku		■	■	■	■	■												
zmanjšanje kapacitete akumuliranja plavin v poplavni ravnici		■	■			■	■											
izguba obrežnih hidromorfoloških struktur in nizov	■	■		■	■	■	■	■										
izguba zalednih hidromorfoloških struktur in nizov										■	■	■	■					
izguba ali zmanjšanje poplavnih površin										■	■	■						

Viri: Knighton, 1998; Raven et al., 1998; Fogg in Wells, 1998

### 2.3.2. Obnova ali rehabilitacija vodotokov in varovalno načrtovanje urejanja vodotokov

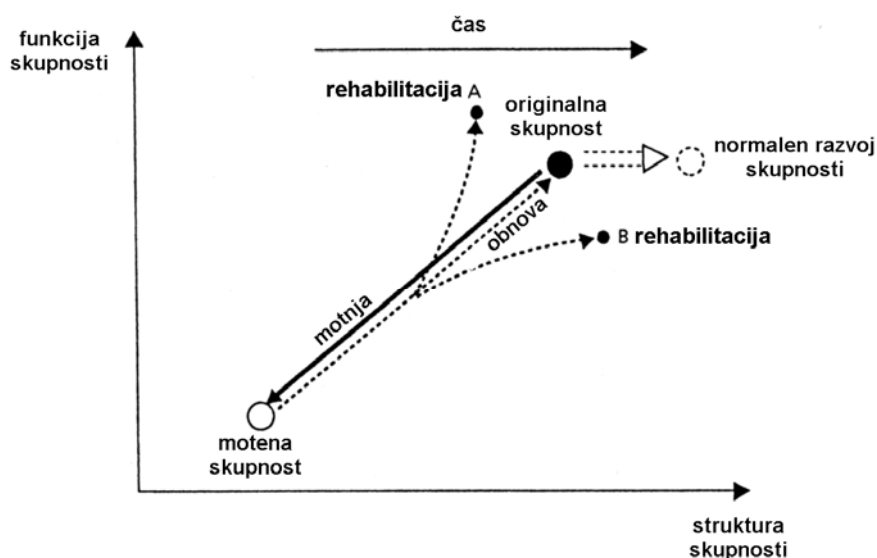
Za rečne koridorje in vodotoke, na katere je človek vplival neposredno in posredno z dejavnostmi, naštetimi v poglavju 2.3.1. Nekateri vplivi človekovih posegov na hidromorfološko stanje rečnih koridorjev, je značilna manjša ekološka vrednost, pestrost in stabilnost okolja, manjša regeneracijska kapaciteta okolja in razvrednotena krajinska slika (Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 2002). Za izboljšanje stanja rečnega ekosistemskega procesa v antropogeno spremenjenih vodotokih se v sodobnem ravnanju z vodami uporabljata dva načina, obnova in rehabilitacija, ki se ločita glede na predvideni obseg ukrepov za izboljšanje stanja in količino človekove intervencije.

Ciljno stanje obnove ali rehabilitacije vodotokov in rečnih koridorjev je ponovna vzpostavitev oblike, strukture in delovanja sestavin rečnega ekosistema (vrstne, krajinskoekološke, hidromorfološke, pedološke, fitocenološke in drugih struktur rečnega ekosistema) v oblikah, čim bližjih oblikam pred antropogenimi motnjami in posledičnimi spremembami rečnega ekosistema (naravovarstveni sektorski cilji obnove ali rehabilitacije vodotoka). Ukrepi za doseg ciljnega stanja obnove ali rehabilitacije vodotokov morajo upoštevati idejo ekološkega koncepta, omejeni pa so z zagotavljanjem dogovorjene varnosti bivanja prebivalstva, zatečenega v poplavnem območju vodotoka ter z omogočanjem že podeljenih vodnih pravic na odseku ali celotni dolžini vodotoka (razvojni sektorski cilji obnove ali rehabilitacije vodotoka). Izkušnje kažejo, da ukrepi obetavnih obnov in rehabilitacij vodotokov temeljijo na vzpostavitvi originalnih biotopov in regionalno značilnih vrstnih sestav (Österreichisches Normungsinstitut, 1995).

Ker je za vodotoke kot ekosisteme značilna samoobnovitvena sposobnost, je pred vsakim posegom, tudi obnovitvenim, potrebno ugotoviti, katere so ključne motnje za normalen ekosistemski razvoj vodotoka oziroma, katere izmed ugotovljenih motenj lahko odstranimo, da bi se vodotok lahko obnovil s samoobnovitvenimi procesi. Po presoji ključnih motenj in možnosti za sanacijo stanja rečnega ekosistema se odločimo za eno izmed treh možnih oblik obnove vodotokov:

- nemotena obnova; v koridorju in vodotoku potekajo intenzivni procesi samoobnovitve, obnovitveni posegi niso potrebni oziroma so lahko škodljivi;
- asistirana obnova; samoobnovitveni procesi v koridorju potekajo, a so prepočasni; obnovitveni posegi lahko pospešijo proces obnove koridorja in vodotoka;
- upravljana obnova; samoobnova in funkcioniranje ekosistema zaostajata za obnovitveno kapaciteto ekosistema; potrebni so intenzivni obnovitveni posegi (Fogg in Wells, 1998).

Obnova vodotokov je ponovna vzpostavitev strukture in delovanja rečnih ekosistemov. Ekološka obnova vodotokov je proces vračanja rečnega ekosistema v stanje in delovanje, čim bolj podobno stanju in delovanju rečnega ekosistema pred motnjami. Proces obnove vodotokov skuša torej ponovno vzpostaviti strukturo, delovanje, dinamiko in samodejno vzdrževanje rečnih ekosistemov. Rehabilitacija vodotoka pa je povrnitev funkcije vodotoku in (ali) obvodnemu zemljišču po motnji. Rehabilitacija vodotoka vključuje okrevanje delovanja in procesov v degradiranem habitatu, ne vzpostavlja nujno stanja pred motnjo, prispeva pa h geološki in hidrološki stabilnosti krajini, ki so del naravnega ekosistemskega mozaika (Fogg in Wells, 1998). Na grafu 4 sta prikazani struktura in funkcija originalne in motene skupnosti ter razvoj skupnosti po obnovi oziroma rehabilitaciji.



Graf 4: Struktura in funkcija originalne in motene skupnosti ter razvoj skupnosti po obnovi oziroma rehabilitaciji (Milner, 1996)

Tuje izkušnje kažejo, da je za načrtovanje obnove vodotokov najprimernejše krajinsko merilo, ki v zadostni meri povzema vse zunanje relevantne dejavnike, ki imajo vpliv na vodotok oziroma obnovo vodotoka. Pojem krajina je geografsko območje, ki ga opredeljujejo ponavljajoči se vzorci naravne in kulturne krajine, torej vzorci, ki vsebujejo tako naravne skupnosti (gozdovi, močvirja, travniki itd.) kot kulturna območja (vasi, pridelovalne površine, prometne površine itd.) (Fogg in Wells, 1998). Erozijska, rekonstrukcija padca struge in količine plavin, redukcija polucije in revegetacija rečnega koridorja so ukrepi, ki pripomorejo k uspešni obnovi ali rehabilitaciji vodotoka bolj kakor izvedba umetnih subhabitatskih struktur (npr. tolmunov, brzic, vodnih brazd itd.), saj te običajno propadejo po nekaj letih. Končno je hidromorfološko stanje rečnega koridorja enovit pojem in zato lokalna izboljšanja hidromorfološkega stanja ne morejo biti persistentna (Howe, 1997).

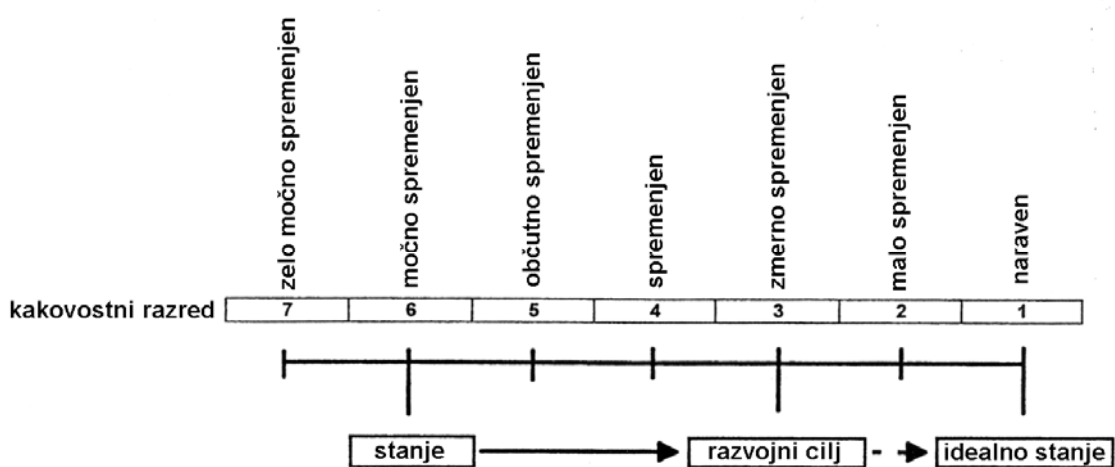
Ukrepe za obnovo ali rehabilitacijo vodotoka ali rečnega koridorja določamo glede na stanje vodotoka in antropogeno motnjo ekosistemskega procesa v okolju vodotoka. Ukrepe obnove ali rehabilitacije vodotoka lahko opredelimo glede na velikostni red sestavnega dela hidromorfološke strukture rečnega koridorja ali hidromorfološke kakovosti, ki jo želimo izboljšati, npr.:

- ukrepi obnove ali rehabilitacije mikrohabitata (pestrost substrata, globina vode, hitrost toka vode);
- ukrepi obnove ali rehabilitacije makrohabitata (npr. sekvenca tolmun – vodna brazda v območju strugotvorne višine in širine struge);
- ukrepi obnove ali rehabilitacije odseka vodotoka (npr. struga vodotoka in poplavna ravnica do 5-letnih visokih vod);
- ukrepi obnove ali rehabilitacije segmenta vodotoka (npr. struga vodotoka in poplavna ravnica vodotoka);
- ukrepi obnove ali rehabilitacije rečnega sistema (npr. različnih tipov vodotokov v vodozbirnem območju) (Muhar, 1996).

Za pravilno izbiro ukrepov varovalnega načrtovanja hidromorfološke obnove ali rehabilitacije vodotoka je poleg ciljnega stanja vodotoka (izpolnjevanje naravovarstvenih in razvojnih ciljev) potrebno določiti

hidromorfološko stanje vodotoka (hidromorfološka inventarizacija in analiza). Na primeru reke Dragonje je v poglavju 2.6.4. Terenski zajem podatkov po metodi transektov predstavljena inventarizacija stanja rečnega koridorja, v poglavju 3.2. Analiza koridorja reke Dragonje pa postopek hidromorfološke analize rečnega koridorja.

V nadaljevanju varovalnega načrtovanja je potrebno glede na idealno ali referenčno stanje vodotoka analizirati celostni ali zgolj delni ekološki deficit, npr. spremenjenost hidromorfologije vodotoka (Eberstaller et al., 2000; Zumbroich et al., 1999). Spremenjenost hidromorfologije vodotoka ali rečnega koridorja od naravnega ali referenčnega stanja ugotavljamo, ocenjujemo in merimo z metodami za oceno stanja hidromorfološkega procesa v rečnih koridorjih. Nekatere izmed v tujini pogosteje uporabljenih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev so predstavljene v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Slika 15 prikazuje kakovostni odnos med stanjem, razvojnim ciljem ali optimalnim stanjem in idealnim stanjem hidromorfologije vodotoka.



Slika 15: Kakovostni odnos med stanjem, razvojnim ciljem in idealnim stanjem hidromorfologije vodotoka (Zumbroich et al., 1999)

### 2.3.3. Pregled in rezultati dosedanjih raziskav hidromorfološkega stanja vodotokov v Sloveniji

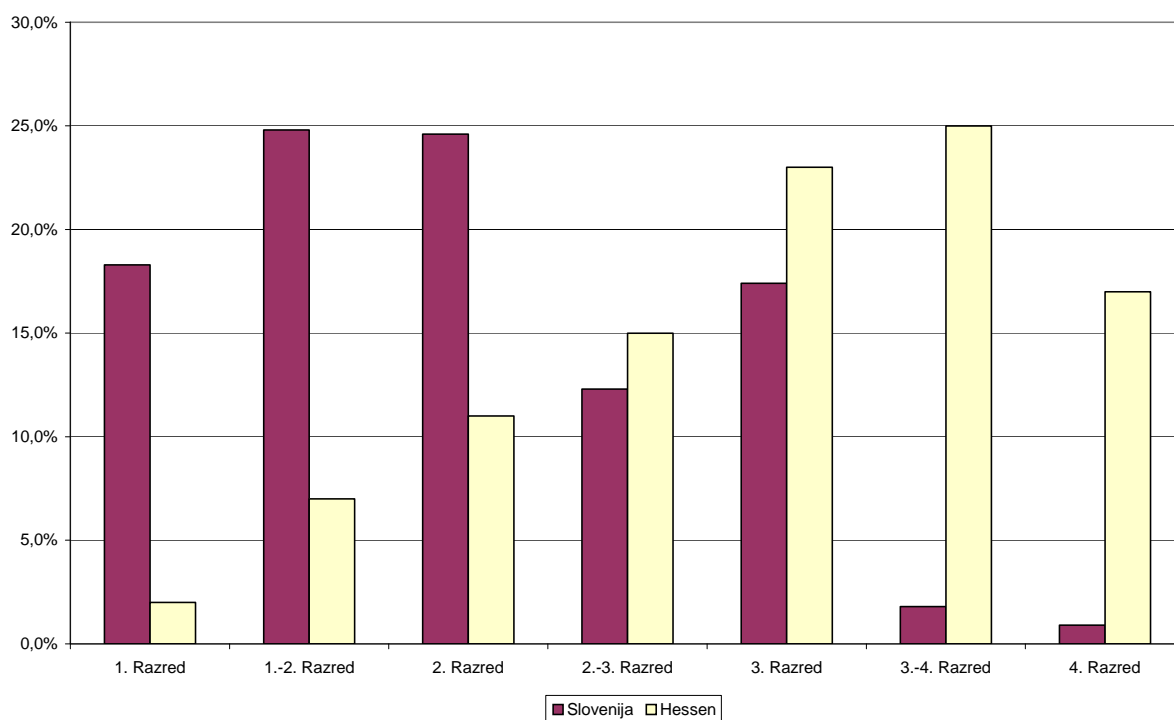
V Sloveniji je bila v obdobju od 1994 do 2002 izvedena študija Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994; VGI, 2002), ki je kot prva tovrstna študija manj poglobljena, a dobra osnova za nadaljnje raziskovalno delo na področju ocenjevanja stanja hidromorfoloških kakovosti vodotoka. Izdelala jo je multidisciplinarna skupina strokovnjakov, hidrotehnik, krajinski arhitekt, biolog in geolog, in razporedila vodotoke v 4 razrede in 3 medrazrede glede na njihovo ohranjenost, predstavljene v preglednici 8. Uporabnost študije je omejena, za obravnavo prostora celotne Slovenije je bila namreč potrebna posplošitev metodologije (Bratina, 1999), ki ne zadostuje za izdelavo podrobnejših varovalno načrtovalskih vodnogospodarskih smernic in ureditev.

Preglednica 8: Hidromorfološki kakovostni razredi po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994; VGI, 2002)

opis stanja vodotoka	hidromorfološki kakovostni razred
naravni vodotoki	1. razred
delno naravni vodotoki	1.–2. razred
opazne in sonaravne ureditve vodotokov	2. razred
vidne ureditve vodotokov	2.–3. razred
tehnične ureditve vodotokov iz naravnih materialov	3. razred
naravi tuje ureditve vodotokov	3.–4. razred
nenaravne toge ureditve vodotokov iz umetnih materialov	4. razred

Vir: VGI, 1994; 2002

Skupina je pregledala 7.522,60 km ali 55,8 % skupne dolžine vodotokov v Sloveniji glede na hidrografsko mrežo iz preglednih kart v merilu 1 : 25.000. V tem merilu je izdelana tudi kartografska osnova za šifrant slovenskih tekočih voda. Rezultati študije kažejo na sorazmerno veliko ohranjenost hidromorfoloških kakovosti vodotokov. V najkakovostnejše razrede (1., 1.–2. in 2. razred) je namreč uvrščenih nekaj manj kot 70 % vseh kategoriziranih vodotokov, v najslabše razrede, to je razrede najbolj spremenjenih vodotokov (3.–4. in 4. razred), pa le nekaj manj kot 5 %. V primerjavi z raziskanim hidromorfološkim stanjem vodotokov v nemškem prostoru je hidromorfološko stanje vodotokov v Sloveniji precej bolj ohranjeno (Mikoš in Urbanič, 2002). Na grafu 5 je prikazana primerjava deležev hidromorfoloških kakovostnih razredov vodotokov v Sloveniji in zvezni deželi Hessen (ZR Nemčija). V nadaljevanju podajamo osnovne značilnosti kakovostnih razredov.



Graf 5: Primerjava deležev hidromorfoloških kakovostnih razredov v Sloveniji in zvezni deželi Hessen (ZR Nemčija) (Blank et al., 1999; Mikoš in Urbanič, 2002)

V 1. razred so uvrščeni antropogeno nespremenjeni vodotoki. Na obravnavanih odsekih ali gorvodno od obravnavanih odsekov do povirja ni zaznani človekovih posegov, ki bi vplivali na hidromorfološke lastnosti vodotoka (npr. pretok, sproščanje ali zadrževanje plavin, spremembe geometrije struge itd.) ali na pogoje za razvoj rastlinskih in živalskih vrst v območju struge in obrežja. V povirjih so to odseki

naravno stabilnih hudourniških strug. V naravnem stanju ohranjamo tiste vodotoke, ki so naravno stabilni, oziroma s preišljenim gospodarjenjem z naravnimi dobrinami ne rušimo naravnega ravnotežja v vplivnem območju vodotoka. Na nižinskih vodotokih so to odseki, kjer je celotni gorvodni del ohranjen v naravni obliki. Za tovrstne vodotoke je značilna raznolikost struge, pestrost vodnega toka, naravna obrežna vegetacija in pogoji za obstoj značilnih živalskih vrst. Med takšne odseke so uvrščeni tudi naravno stabilni odseki in naravna prodišča (VGI, 1994; VGI, 2002).

V 1.–2. razred so uvrščeni vodotoki, ki so na obravnavanem odseku sicer antropogeno nespremenjeni, vendar so na gorvodnem odseku ali v povirjih zaznani posegi, ki vplivajo tako na hidromorfologijo kot na spremenjene razmere oziroma spreminjanje biotopa na obravnavanem odseku. Iz hidromorfološkega vidika so to na primer zadrževanje plavin na gorvodnih odsekih, spremembe naravnega odtočnega režima in podobni posegi. V ta razred je uvrščena večina slovenskih naravnih rek. V primerjavi s 1. razredom so razlike ohranjenosti rečne hidromorfologije minimalne (VGI, 1994; VGI, 2002).

Sonaravno urejeni vodotoki in odseki vodotokov, na katerih je viden antropogeni vpliv oziroma so glede na naravno stanje opazne spremembe hidromorfologije, so uvrščeni v 2. razred. Na takšnih odsekih so se ustvarile nove stabilne rečne struge in pogoji za razvoj sekundarnega biotopa. Vodotoki so urejani le s prečnimi objekti za usmerjanje vodnih tokov in stabilizacijo nivelete. V ta razred so uvrščene tudi vse hudourniške struge, ki so stopnjevane z zaplavno-stabilizacijskimi objekti (VGI, 1994; VGI, 2002).

V 2.–3. razred so uvrščeni odseki rek, ki so bili v preteklosti urejevani v obliki klasičnih regulacij ali starih regulacij s pretežno vzdolžnimi zavarovanji. S časom so se regulacijski ukrepi zarastli ter se ustvarili pogoji za sekundarne biotope, ki pa so manj pestri od naravnih. Videz takšnih odsekov je sicer dokaj naraven, vendar je profil struge monoton, brez pretiranih sprememb vodnatosti, globalna linija pa enakomerna in enolika. Manj stabilni odseki so izpostavljeni spreminjanju profila (npr. erozija ali zaplavljanje), vendar je to posledica neskladja med elementi, ki oblikujejo vodni prostor (velikost, čas in razporeditev pretokov in prodonosnosti) in geometrijo pretočnega prereza. Z razvojem hidromorfoloških procesov preidejo v to kategorijo vse klasične trapezne regulacije, le da glede na prvotna tehnična izhodišča s tem izgubljajo osnovne hidravlične in dinamične zahteve. Pretočni prerezi postanejo poddimenzionirani. Z ukrepi rehabilitacije je možno takšne odseke uvrstiti v 2. kakovostni razred, z dodatnimi tehničnimi ureditvami pa v 3. kakovostni razred (VGI, 1994; VGI, 2002).

Klasično regulirani vodotoki z enakomernim in simetričnim profilom, monotono strukturo dna in enakomerno globino so uvrščeni v 3. razred. To so običajno klasične trapezne regulacijske oblike z vzdolžnimi zavarovanji ob nožici in zatravljenimi brežinami, pri katerih se upoštevajo predvsem tehnični pogoji. Z ukrepi rehabilitacije jih je možno prerazporediti v višje kakovostne razrede (npr. 2. - 3. ali 2. razred) (VGI, 1994; VGI, 2002).

V 3.–4. kakovostni razred so uvrščeni odseki vodotokov, pri katerih pretočni prerez zaradi utrditve brežin nima neposrednega stika z naravno podlago (npr. betonske stene, tlak itd.). Obrežna vegetacija pri srednjih vodah nima neposrednega stika z vodno gladino. Pretočni profil je monoton in enakomeren. Upoštevani so izključno tehnični pogoji oblikovanja (VGI, 1994; VGI, 2002).

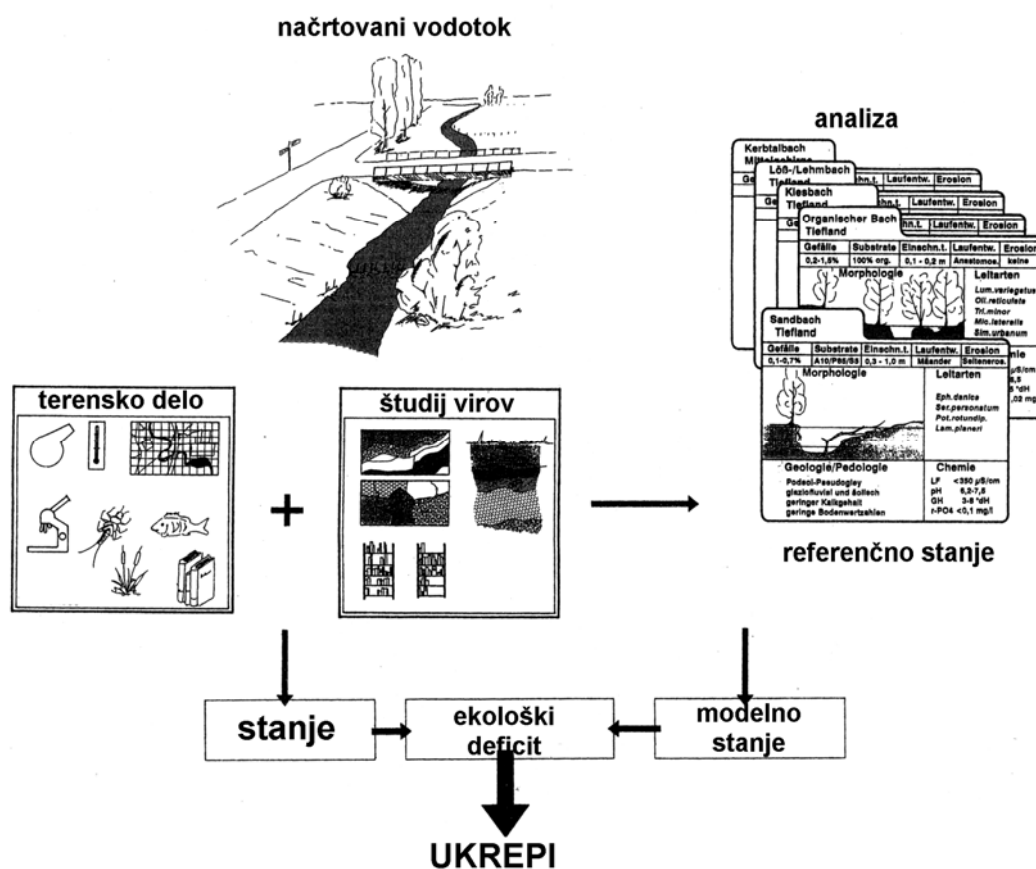
Vodotoki, kjer so brežine in dno popolnoma utrjene z umetnimi ali polumetnimi materiali (npr. beton, tlak in lomljenec v betonu, asfalt itd.), so uvrščene v 4. kakovostni razred. Pri normalnih razmerah so globine vode plitve ali pa je korito suho. Obrežna vegetacija je zunaj pretočnega prereza in zaradi tako prizadetih brežin ni več možnosti za razvoj sekundarnih biotopov. Podobne ureditve smo načrtovali in jih načrtujemo predvsem tam, kjer to zahtevajo pogoji varovanja pred škodljivim delovanjem voda (VGI, 1994; VGI, 2002).

## 2.4. RAZISKOVANJE HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA V REČNEM KORIDORJU

### 2.4.1. Ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev

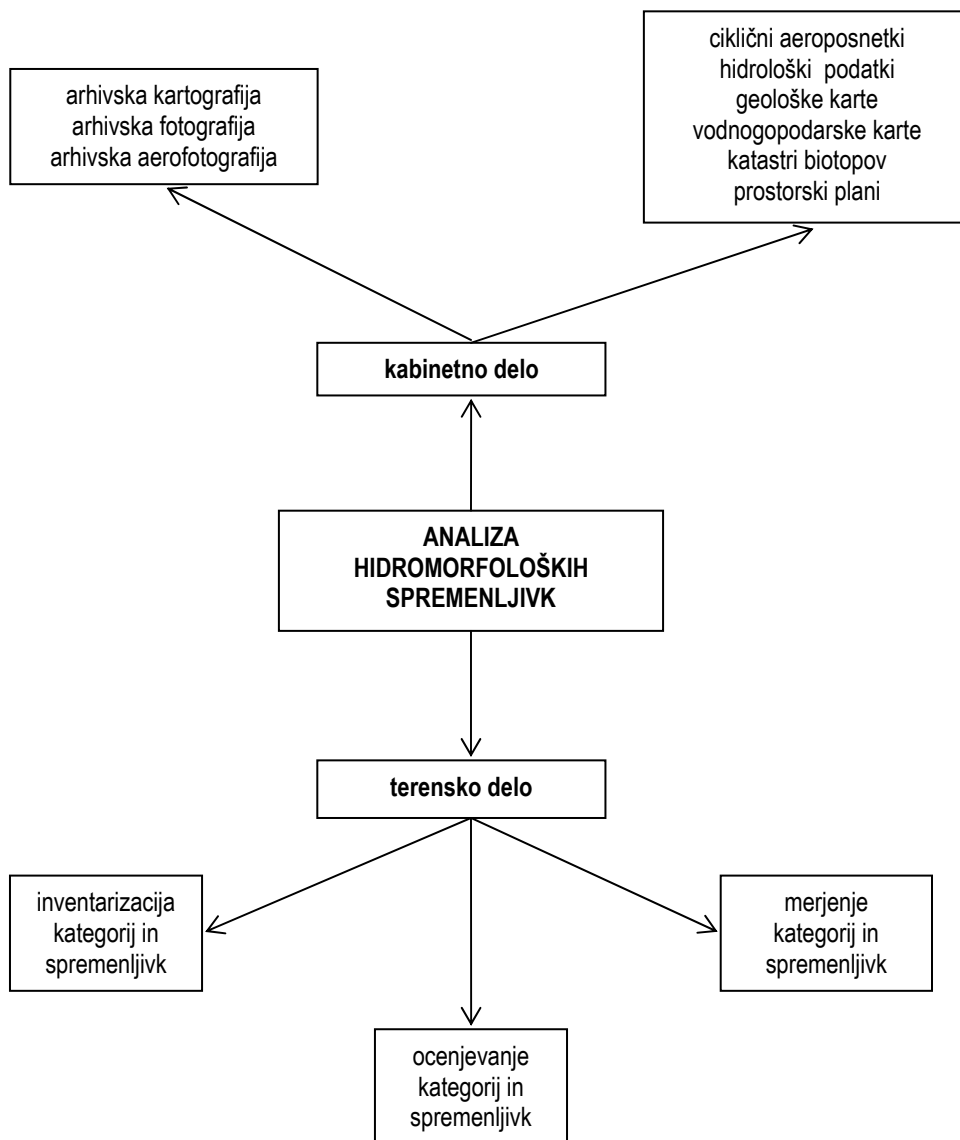
Ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev izhaja iz ideje ohranjanja naravnosti ali možnosti obnove ali rehabilitacije rečnega koridorja. Je analitičen postopek pripisovanja ocen hidromorfološkemu stanju rečnega koridorja, hidromorfološkim enotam ali kategorijam. Aktualno je postalo s spoznanjem, da varovanje in izboljšanje kakovosti vode ni edini cilj in način varstva vodotokov in kakovosti rečnega okolja. Prve znane metode so se pojavile v začetku 90. let prejšnjega stoletja (npr. Petersen, 1992). Razvoj metod intenzivno poteka tudi v sedanjosti.

Namen ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je merjenje spremenjenosti le-tega kot posledica človekovih ukrepov v preteklosti, oziroma ocenjevanje oddaljenosti le-tega od njegove potencialne naravne oblike. Cilj ocenjevanja je torej razvrstitev hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju in pripadajočih naravnih struktur v kakovostne razrede glede na ugotovitve ocenjevanja. Slika 16 prikazuje vlogo ocenjevanja hidromorfološkega stanja v sodobnem nemškem vodnogospodarskem načrtovanju, ki upošteva doktrino vzorčne podobe vodotoka (nem. Leitbild). Ocena hidromorfološkega stanja rečnega koridorja vsebuje vsaj dva vidika aplikacije: procesno inženirskega (ukrepi obnove ali rehabilitacije hidromorfološkega stanja, če je to potrebno) in prostorsko urejevalskega (ustreznejše načrtovanje dejavnosti in rabe tal v rečnih krajinah glede na njihove naravne vrednosti in potencialne prostora).



Slika 16: Vloga ocene hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev v sodobnem vodnogospodarskem načrtovanju (Zumbroich et al., 1999)

Izhodišče za izvedbo ocene hidromorfološkega stanja je terenski zajem podatkov rečnega koridorja. Prav tako pomembni so arhivski viri podatkov, številni avtorji pa kot uporabne za analizo hidromorfologije rečnega koridorja naštevajo še ciklične in arhivske aeroposnetke ter raznovrstne dokumente iz tematskih baz podatkov ter pripadajočo kartografijo (npr. katastri, geološke karte, vodomerne postaje, katastri biotopov, vodnogospodarske karte, prostorski plani itd.) (Niehoff, 1996; Knighton, 1998; Fogg in Wells, 1998; Zumbroich et al., 1999; Nachtnebel et al., 1999; Muhar et al., 2000). Shema 2 prikazuje členitev analize hidromorfoloških spremenljivk.



Shema 2: Analiza hidromorfoloških spremenljivk



## 2.4.2. Referenčno hidromorfološko stanje rečnega koridorja

Referenčno ali potencialno naravno hidromorfološko stanje rečnega koridorja je izhodišče za izdelavo sistema ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, saj spremenjenost le-tega merimo s primerjanjem njegovega stanja z referenčnim stanjem. Model referenčnega stanja ne ponazarja nujno ali samo naravnega stanja rečne krajine, temveč skuša predvsem ohraniti prvinsko podobo reke z upoštevanjem omejitev, ki izhajajo iz ciljev vodnogospodarske rabe (Österreichisches Normungsinstitut, 1995). Nekateri avtorji definirajo realistično ali integralno referenčno stanje, ki se določi na podlagi potencialnega naravnega stanja, kulturnozgodovinskega referenčnega stanja in razvojnih ciljev vodnega gospodarstva (Scherle, 1999).

Referenčno stanje ekološkega (npr. hidromorfološkega) stanja v rečnem koridorju torej lahko je, a ni nujno popolnoma enako naravnemu stanju oziroma je le-temu podobno v največji možni meri. Zato so kriteriji za določitev referenčnega stanja tiste abiotične in biotične spremenljivke (Muhar et al., 1995; Rosgen, 1996), ki omogočajo grobo diferenciacijo različnih tipov vodotokov, hkrati pa jih lahko uporabimo za opredelitev trenutnega hidromorfološkega stanja. Kriterije izbiramo glede na njihov pomen v sistemu ocenjevanja, glede na dostopnost podatkov ter glede na razpoložljiv čas in sredstva. Kriteriji za analizo referenčnega stanja so prikazani v preglednici 9. Referenčno stanje torej prikazuje najboljše možno ekološko stanje (npr. hidromorfološko) v določenem tipu vodotoka, ki pa je v mnogih primerih zaradi hidroloških in hidromorfoloških sprememb v današnjih pogojih nestabilno (Newton et al., 1998).



Fotografiji 1 in 2: Naraven odsek in antropogen odsek vodotoka

Namen raziskovanja in določanja referenčnih hidromorfoloških stanj je pridobiti osnove za ekološko presojo stanja vodotoka, torej poglobiti ali pridobiti znanja o hidromorfološkem stanju in njegovi oddaljenosti od potencialnega naravnega ali referenčnega stanja (Österreichisches Normungsinstitut, 1995). Referenčno hidromorfološko stanje je pomembno tudi za napovedovanje hidromorfoloških procesov v rečnem koridorju glede na značilnosti raziskovanega vodotoka. Nadalje lahko terensko zajete podatke referenčnih odsekov ekstrapoliramo na odseke podobnih, a spremenjenih vodotokov in rečnih koridorjev, za katere ni na voljo arhivskih podatkov. Z razumevanjem hidromorfološkega stanja referenčnih odsekov lahko optimiziramo vodnogospodarske ureditve, popolneje določimo ukrepe za obnovo vodotoka in izvajanje monitoringa ter presoj po zaključku obnovitvenih del. Fotografiji 1 in 2 primerjalno prikazujeta naraven in antropogen odsek vodotoka.

Preglednica 9: Kriteriji za analizo referenčnega stanja vodotoka

kriterij	spremenljivka
krajina	<ul style="list-style-type: none"> <li>– relief</li> <li>– geološka podlaga</li> <li>– tip rečne doline</li> <li>– padec rečne doline</li> <li>– tlorsni potek vodotoka</li> <li>– prodonosnost</li> </ul>
hidrologija	<ul style="list-style-type: none"> <li>– režim</li> <li>– vodnatost</li> <li>– značilni pretoki</li> <li>– značilnosti toka</li> <li>– povezanost površinske in podzemne vode</li> <li>– temperatura vode</li> </ul>
hidromorfološke dimenzije vodotoka	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vijugavost rečnega toka</li> <li>– razmerja širin meandrov</li> <li>– padec struge</li> <li>– širina struge</li> <li>– razmerje širina / globina struge</li> <li>– urezanost struge</li> <li>– profili dna in brežin</li> </ul>
hidromorfološke oblike vodotoka	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tolmeni</li> <li>– brzice</li> <li>– vodne brazde</li> <li>– stopnje</li> <li>– kaskade</li> <li>– obrežni hidromorfološki nizi</li> </ul>
obrežje	<ul style="list-style-type: none"> <li>– obrežna vegetacija</li> <li>– zaledna vegetacija</li> <li>– mokrišča, logi</li> <li>– tip poplavne ravnice</li> <li>– zaledni hidromorfološki nizi</li> </ul>

Viri: Muhar et al., 1995; Rosgen, 1996; Scherle, 1999

Referenčno stanje določamo s kabinetnimi in terenskimi metodami dela na referenčnih odsekih raziskovanega rečnega koridorja. Če raziskovani rečni koridor zaradi izdatne antropogene spremenjenosti ne vsebuje več naravnih ali naravi bližnjih odsekov, za določitev referenčnega stanja izberemo rečni koridor vodotoka v podobnem okolju, to je v podobnem tipu krajine s podobnimi rabami tal (Fogg in Wells, 1998), ali pa si pomagamo s primerjavami raziskovanega vodotoka z hidromorfološki klasifikacijami. Referenčno stanje analiziramo tudi z rekonstruiranjem stanja vodotoka iz arhivskih dokumentov (npr. kartografski material, aeroposnetki, arhivski zapisi in meritve, katastrski listi, stare vojaške karte itd.).

Izhodišče sodobnega določanja referenčnega stanja rečnega koridorja ali vodotoka so hidromorfološke klasifikacije. Odmevne hidromorfološke klasifikacije so izdelali geomorfologi in hidromorfologi Davis (1899), Melton (1936), Matthes (1956), Wolman (1957), Lane (1957), Schumm (1963), Culbertson (1967), Thornbury (1969), Khan (1971), Selby (1985) in Rosgen (1996). Ameriška hidromorfološka klasifikacija vodotokov (Rosgen, 1996), izdelana po prostorsko in časovno zelo obsežni raziskavi hidromorfologije rečnih koridorjev, je dvostopenjska. Na prvi stopnji analize na osnovi enajstih tipov rečnih dolin interpretira 8 osnovnih tipov vodotokov. V drugi stopnji analize jih razdeli na 94 podtipov vodotokov geografsko omejenih na območje Združenih držav Amerike in določi vrednosti najpomembnejših hidromorfoloških spremenljivk njihovih referenčnih stanj. Pregledna vsebina je predstavljena v preglednici 10. V preglednici 11 pa so prikazane nekatere značilnosti referenčnega stanja rečnih koridorjev glede na tip toka (Petts in Amoros, 1996).

Preglednica 10: Rosgenova hidromorfološka klasifikacija vodotokov

tip vodotoka tip doline	splošen opis	urezanost struge	razmerje B / H	vijugavost toka	padec struge	značilnosti površja in hidromorfologije
Aa+ I II III VII	zelo strmi, globoko utesnjeni; kaskadni; transport plavin in plavnega lesa; hudourniški	< 1,4	< 12	1,0 – 1,1	> 1 %	zelo visok relief; erozijski pojavi, skalna osnova, odkladnine; velik potencial za transport plavja; globoko utesnjeni vodotoki; vertikalne stopnje z globokimi izpranimi tolmoni; slapovi
A I II III VII	strmi, utesnjeni, kaskadni; stopnje / tolmoni; transport plavin in plavnega lesa; zelo stabilni, kadar dominirajo skalna osnova ali groblja	< 1,4	< 12	1,0–1,2	0,4–1 %	visoki relief; erozijske oblike, skalna osnova, odkladninske oblike; utesnjeni in omejeni vodotoki s kaskadnimi odseki; stopnja / tolmun; pogosti globoki tolmoni;
B I II III VI	zmerno utesnjeni; zmern padec; dominantne brzice; redki tolmoni; zelo stabilni ravnica, profil in brežine	1,4–2,2	> 12	> 1,2	0,2–0,39 %	zmerni relief, koluvijalne odkladnine; zmerna utesnjenost in razmerje širina / globina; ozke, zmerno strme doline; prevladujoče brzice, izprani tolmoni
C III IV V VI VIII IX X	majhni padci, meandrirajoče struge, prodišča; brzice / tolmoni; široke, dobro izražene poplavne ravnice	> 2,2	> 12	> 1,4	< 0,2 %	široke doline in terase, poplavne ravnice, naplavni talni tipi; zmerno utesnjeni z izrazitimi meandri; brzice / tolmoni
D III V VIII IX X XI	razvejan tok z vzdolžnimi in prečnimi prodišči; zelo široke struge z erodiranimi brežinami	-	> 40	-	< 0,4 %	široke doline z nanosi, strmi vršaji; plavine in odkladninski pojavi; izdaten dotok plavin; akumuliranje plavin, agradacija; močna erozija dna in brežin
DA X XI	razcepljena, ozka in globoka struga; ekstenzivne zaraščene poplavne površine in mokrišča; zmeren relief z zelo spremenljivimi zavistostmi toka in razmerji širina / globina; zelo stabilne brežine	> 2,2		zelo spremenljiva	< 0,05 %	široke doline z majhnim padcem, naplavna tla; razcepljeni tok, droben sediment; stabilni otoki, poraščeni z vegetacijo; široka poplavna mokrišča; majhen delež rinjenih plavin, velika motnost
E VIII X XI	majhen padec; meandrirajoče struge; brzice / tolmoni; majhna razmerja širina / globina; zelo stabilne struge; velika razmerja širin meandrov	> 2,2	< 12	> 1,5	< 0,2 %	široke doline, travniki; naplavine, poplavne ravnice; zaviti tok s stabilnimi, z obrežno vegetacijo poraščenimi brežinami; brzice / tolmoni, majhna razmerja širina / globina
F IV V VI VIII IX X	utesnjeni meandrirajoči vodotoki; brzice / tolmoni; majhni padci; velika razmerja širina / globina	< 1,4	> 12	> 1,4	< 0,2 %	utesnjeni v zelo preperelem materialu; zmerni padci, velika razmerja širina / globina; meandrirajoči, nestabilni, močna bočna erozija, brzice / tolmoni
G II VI VIII X	utesnjene struge; stopnja / tolmun; majhna razmerja širina / globina, zmerni padci	< 1,4	< 12	> 1,2	0,2–0,39 %	struge; stopnje / tolmoni, zmerni padci, majhna razmerja širina / globina; ozke, globoko vrezane v naplavine (vršaji, delte); nestabilni, izdatna bočna erozija

Vir: Rosgen, 1996

Preglednica 11: Nekatere značilnosti referenčnega stanja rečnih koridorjev glede na tip toka

	hudourniški tok	razvejan tok	meandrirajoč tok	razcepljen tok
<b>RELIEF</b>				
krajina	gorska / hribovita	vznožja gora / hribov	ravninski svet	ravninski svet
nakloni	zelo strmi	strmi	strmi / položni	zelo položni
<b>HIDROMORFOLOGIJA</b>				
oblika doline	V – oblika	U - oblika	ravnina	ravnina
obvodni svet	zelo ozek	ozek	širok	zelo širok
oblika strug	ravna	prepletena	meandrirajoča	zelo zavita
število strug	enojna	razdeljena	enojna	mnogodelna
prodni nanosi	redki	redki	redki	zelo redki
stalna prodišča	zelo redka	zelo redka	pogosta	pogosta
izmenična prodišča	redka	zelo redka	zelo redka	zelo redka
opuščeni rokavi	zelo redki	zelo pogosti	zelo pogosti	pogosti
peščeni nanosi	zelo redki	redki	pogosti	pogosti
mokrišča	zelo redka	zelo redka	redka	zelo pogosta
<b>DOMINANTNI PROCESI</b>				
hitrost toka	velika	srednja	majhna	majhna
nihanje pretoka	veliko	srednje	veliko	veliko
erozijski procesi	intenzivni	šibki	zmerni	zmerni
stabilnost brežin	zelo stabilne	zelo mobilne	mobilne	mobilne / stabilne
opuščeni meandri	zelo redki	zelo redki	zelo pogosti	redki
vnos hribine	izdaten	manj izdaten	zanemarljiv	zanemarljiv
avulzija	zanemarljiva	izdatna	srednje izdatna	srednje izdatna
odlaganje iz strug	zanemarljivo	šibko	izdatno	izdatno
sedimentacija strug	manj izdatna	srednje izdatna	srednje izdatna	izdatna
<b>EKOSISTEM</b>				
fluvialna dinamika	hitra (ure)	hitra (ure)	počasna (leta)	počasna (leta)
biodiverziteta	zmerna	velika	velika	zelo velika
biomasa	zmerna	zmerna	velika	zelo velika
ekosistemski stadiji	začetni	razvijajoči	začetni / zreli	začetni / zreli

Vir: Petts in Amoros, 1996

### 2.4.3. Analiza historičnih virov

V nasprotju s klasifikacijami vodotokov, ki jih izvajamo z meritvami današnjih stanj hidromorfoloških spremenljivk antropogeno nespremenjenih ali malo spremenjenih vodotokov in rečnih koridorjev oziroma njihovih odsekov, so historični viri pogled v preteklost vodotoka z najstarejšimi razpoložljivimi kartografskimi in pisnimi dokumenti o stanju vodotoka nekoč. Historična opredelitev referenčnega stanja hidromorfologije vodotoka je tako znanstveni konsenz o izbiri tistega obdobja v preteklosti, ko človekovih vplivov v vplivnem območju vodotoka ali rečnega koridorja še ni bilo, ali pa so bili ti vplivi zanemarljivih redov velikosti.

Tuji in domači viri (Österreichisches Normungsinstitut, 1995; Bostelmann et al., 1998; Hütte, 2000; Mikoš, 2002) tako priporočajo uporabo podatkov o stanju okolja vodotoka iz obdobja pred industrijsko revolucijo oziroma pred letom 1800, ko človek v vplivnih območjih rečnih koridorjev še ni spreminjal rabe tal (npr. urbanizacija, promet, intenzivna kmetijska raba itd.) oziroma za potrebe naštetih dejavnosti še ni reguliral vodotokov, na vodotokih ustvarjal plovni poti ali izkoriščal vodne energije z velikimi hidroenergetskimi sistemi. Viri informacij iz teh obdobj, če še obstajajo in so dosegljivi, so predvsem stare geografske in vojaške karte, zoogeografske klasifikacije, stare meritve, poročila o podeljenih vodnih pravicah, ribiška poročila, drugi pisani viri, razglednice in fotografije starejšega datuma, slikarske krajine itd. (Ogrin, 1995; Kondolf in Downs, 1996; Knighton, 1998; Zumbroich et al., 1999; Hütte, 2000).

Namen historične analize je torej pridobiti podatke oziroma analizirati količino spremembe tekov vodotokov med preteklostjo in sedanjostjo kot eno izmed osnovnih evidenc spremembe hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Industrijska revolucija, ki je povzročila prve večje antropogene posege v vplivna območja vodotokov (Bostelmann et al., 1998), se je začela z Wattovo iznajdbo parnega stroja leta 1775 v Angliji in se preko zahodne Evrope v desetletjih razširila tudi v naše kraje. Glede na zapoznelost industrijske revolucije v Sloveniji so najstarejši dosegljivi in za namene ugotavljanja referenčnega stanja uporaben kartografski zgodovinski vir stare vojaške karte iz druge polovice 18. stoletja. Poleg teh so informativni tudi franciscejski kataster iz druge polovice 19. stoletja, avstroogrške, italijanske in starojugoslovanske vojaške karte iz obdobja pred prvo svetovno vojno, med njo in po njej, prav tako pa arhivski aerosnetki.

Podatki o hidromorfološkem stanju vodotoka iz obdobja, ki jih lahko pridobimo iz arhivskega kartografskega materiala, so omejeni na opredelitev vzorca struge, oceno stanja površinskega pokrova in tlorisnega poteka ter vijugavosti vodotoka. Vendar lahko s pravilno interpretacijo in razumevanjem hidromorfološkega stanja in povezanosti dejavnikov le-tega prispevajo k ustvarjanju podobe hidromorfološkega referenčnega stanja vodotoka, pripomorejo v postopku klasifikacije vodotoka (Knighton, 1998) in podajo izhodiščno oceno spremenjenosti vodotoka oziroma rečnega koridorja.

## **2.5. METODE ZA OCENO HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA V REČNEM KORIDORJU**

Na področju ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je bilo v znanstvenem in strokovnem tisku v tujini v zadnjih desetih letih predstavljenih nekaj metod. V vsakdanjem delu in praksi širše znane in uporabljane so na primer:

- švedska The Riparian, Channel, and Environmental Inventory (RCE) (Petersen, 1992);
- ameriška Stream Visual Assessment Protocol (SVAP) (Newton et al., 1998);
- britanska River Habitat Survey (RHS) (Raven et al., 1998);
- nemška Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB) (Zumbroich et al., 1999) (priloga 2 na priloženi zgoščenci).

Metodam sta skupna usmerjenost na oceno stanja tako nežive kot žive narave rečnih koridorjev, ter naravno dinamično hidromorfološko stanje v antropogeno nespremenjenem rečnem koridorju kot referenčno stanje ocenjevalnih sistemov.

Metode se razlikujejo po vrsti hidromorfoloških dejavnikov, ki jih zajemajo, po načinu in natančnosti inventarizacij, po dolžini inventariziranih odsekov, po sistemih ocenjevanja, hidromorfoloških ocenah in njihovih razponih ter po številu hidromorfoloških kakovostnih razredov. Metodam je skupno, da se postopek ocenjevanja opravlja samo na podlagi terenskih ogledov. Primerjava osnovnih značilnosti in funkcionalnih enot metod so prikazane v preglednici 12.

Preglednica 12: Primerjava osnovnih značilnosti in funkcionalnih enot metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev

	<b>RCE</b>	<b>SVAP</b>	<b>RHS</b>	<b>GSGB</b>
	<b>Petersen, 1992</b>	<b>Newton et al., 1998</b>	<b>Raven et al., 1998</b>	<b>Zumbroich et al., 1999</b>
<b>osnovne značilnosti metod</b>				
uporabnost metode	š vodotoka ≤ 3 m	ni določena	4 tipi vodotokov	š dna 1–10 m
dolžina odseka	100 m	12 š aktivna struga	500 m	50–400 m
funkcionalne enote	4	4	4	1
spremenljivke	16	15	23	25
kakovostni razredi	5	4	6	7
razpon indeksa	16–360	1,0–10,0	0–264	1,0–7,0
<b>funkcionalne enote</b>				
ekološka struktura		■		
raba tal	■		■	■
vegetacija	■		■	■
hidromorfologija	■	■	■	■
hidrologija		■		
kakovost vode		■		
organska snov	■			
antropogeni vplivi			■	■

Vir: Petersen, 1992; Newton et al., 1998; Raven et al., 1998; Zumbroich et al., 1999

### 2.5.1. Metoda Riparian, Channel, and Environmental Inventory (RCE)

Namen švedske metode Riparian, Channel, and Environmental Inventory (v nadaljnjem besedilu RCE) je oceniti stanje vodotoka glede na stanje in značilnosti spremenljivk funkcionalnih enot priobalnega zemljišča, obrežne vegetacije, hidromorfologije vodotoka in organske snovi v vodotoku. V preglednici 13 so prikazane hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RCE.

Preglednica 13: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RCE

<b>funkcionalna enota</b>	<b>spremenljivka</b>
pribrežno zemljišče	krajinski vzorec pribrežnih zemljišč
	širina obrežnega pasu
obrežna vegetacija	sklenjenost obrežne vegetacije
	obrežna vegetacija v desetmetrskem pasu
hidromorfologija	zadrževalni elementi
	struktura struge
	plavine
	struktura brežin
	erozija brežin
	kamniti substrat, otip in oblika
	dno struge
	brzice, tolmeni, meandri
organska snov	akvatična vegetacija
	ribe
	detritus
	makrobentos

Vir: Petersen, 1992

Metoda RCE je uporabna za ocenjevanje stanja vodotokov širine do 3 m na dolžini ocenjevanega odseka 100 m. Metoda predvideva kartiranje po odsekih vzdolž celotne dolžine vodotoka, ki ga ocenjujemo. Uporaba uteži za spremenljivke v oceni stanja ni predvidena. Metodo izvajamo s terenskim ogledom in izpolnjevanjem ocenjevalnega lista iz stojišča v rečnem koridorju 50 m gorvodno in 50 m dolvodno, ter ugotavljamo povprečno stanje spremenljivk v ocenjevanem delu rečnega koridorja (Petersen, 1992).

Z izračunom skupne ocene ohranjenosti vodotoka kot vsote točkovanj šestnajstih spremenljivk metoda RCE razvrsti ocenjevani odsek vodotoka v enega izmed petih kakovostnih razredov, od odlične do slabe, in tako določi ohranjenost vodotoka. Najvišja možna ocena posamezne spremenljivke je od 15 do 30 točk, glede na pomen spremenljivke za skupno oceno ter glede na sposobnost uporabnika, da natančno izmeri spremenljivko. Kakovostni razredi so določeni z razponi ocen. Večje število točk pomeni večjo ohranjenost oziroma boljši kakovostni razred odseka vodotoka, ki ga ocenjujemo (Petersen, 1992). Preglednica 14 prikazuje razporejene ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi RCE. Prevod metode je v prilogi 2 na priloženi zgoščenki.

Preglednica 14: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi RCE

RCE ocena	ohranjenost vodotoka / kakovostni razred
293–360	odlična / 1
224–292	zelo dobra / 2
154–223	dobra / 3
86–153	zadovoljiva / 4
16–85	slaba / 5

Vir: Petersen, 1992

## 2.5.2. Metoda Stream Visual Assessment Protocol (SVAP)

Namen ameriške metode Stream Visual Assessment Protocol (v nadaljnjem besedilu SVAP) je oceniti stopnjo ohranjenosti vodotokov glede na ocene stanja spremenljivk funkcionalnih enot hidromorfologije, hidrologije, kakovosti vode in ekološke strukture. V preglednici 15 so prikazane hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode SVAP.

Preglednica 15: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode SVAP (\*opcijske spremenljivke)

funkcionalna enota	spremenljivka
hidromorfologija	stanje struge
	obrežni pas
	stabilnost brežin
	tolmuni
	učvrščenost vodnih brazd*
hidrologija	sprememba hidrološkega režima
kakovost vode	značilnosti vode
	hranilne snovi
	prisotnost gnojil*
ekološka struktura	bariere za migracijo rib
	habitati rib
	habitati nevretenčarjev in insektov
	preraščenost struge*
	slanost*
	veliki nevretenčarji*

Vir: Newton et al., 1998

Metodo SVAP apliciramo na ocenjevanem odseku dolžine dvanajstkratne širine aktivne struge. Uporabnost metode ali omejitvene dejavnike za aplikacijo metode vir ne navaja. Metoda sestoji iz dveh delov, identifikacije odseka in ocene stanja. Poleg 15 obveznih spremenljivk metoda navaja še 5 opcijskih, ki jih ocenjujemo le, če so prisotne. Uporaba uteži za spremenljivke v oceni stanja ni predvidena. Metodo izvajamo s terenskim ogledom vzdolž ocenjevanega odseka, popisovanjem ocenjevalnega lista in skiciranjem stanja odseka vodotoka (Newton et al., 1998). Avtorji navajajo pomen sodelovanja lokalnega prebivalstva pri izpolnjevanju ocenjevalnega lista, kar je svojevrstna posebnost in izjema med raziskanimi metodami za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju. Sodelovanje lokalnega prebivalstva je neobvezna, a priporočena pomoč ekspertu pri inventarizaciji stanja rečnega odseka in izdelavi ocene ohranjenosti vodotoka.

Metoda poda oceno ohranjenosti odseka vodotoka in razvrsti odsek vodotoka v enega izmed štirih kakovostnih razredov ohranjenosti vodotoka, od odlične do slabe, glede na povprečno število točk evidentiranih obveznih ali opcijskih spremenljivk. Večje število točk pomeni večjo ohranjenost oziroma boljši kakovostni razred odseka vodotoka, ki ga ocenjujemo (Newton, 1998). Preglednica 16 prikazuje razpone ocen za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi SVAP. Prevod metode je v prilogi 2 na priloženi goščenci.

Preglednica 16: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi SVAP

SVAP ocena	ohranjenost vodotoka / kakovostni razred
9,0–10,0	odlična / 1
7,5–8,9	dobra / 2
6,1–7,4	zadostna / 3
1,0–6,0	slaba / 4

Vir: Newton et al., 1998

### 2.5.3. Metoda River Habitat Survey (RHS)

Namen britanske metode River Habitat Survey (v nadaljnjem besedilu RHS) je sistematična presoja vrste in kakovosti vodotokov, glede na stanje spremenljivk funkcionalnih enot hidromorfologije vodotoka in rečnega koridorja, rabe tal na brežinah in v 50 metrskem pasu od brežin, vegetacije in antropogenih vplivov, ocenjenih z vidika Habitat Quality Assessment (HQA) in Habitat Modification Score (HMS). Med tem ko Habitat Quality Assessment opredeljuje kakovost habitata na ocenjevanih odsekih, Habitat Modification Score opredeljuje stopnjo spremenjenosti habitata kot posledico antropogenih posegov na ocenjevanih odsekih. V razrede se razvrščajo samo kakovosti, ocenjene s sistemom ocenjevanja Habitat Modification Score (HMS). V preglednici 17 so prikazane hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RHS.

Preglednica 17: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode RHS

funkcionalna enota	spremenljivka
hidromorfologija	oblika rečne doline
	število brzic, tolmunov, prodišč
	material brežin
	spremembe brežin
	značilnosti brežin
	substrat v strugi
	tip toka
	spremembe struge
	značilnosti struge
	profil bregov
	dodatne hidromorfološke značilnosti struge
	posebno pomembne značilnosti
	dimenzije struge
raba tal	raba tal na bregu
	raba tal v pasu 50 m od brega
vegetacija	tipi vegetacije v strugi
	sklenjenost krošenj
	poraslost struge
	tuje (moteče) rastlinske vrste
	jelše
antropogeni vplivi	umetne značilnosti
	sledovi nedavnega vzdrževanja
	splošne značilnosti

Vir: Raven et al., 1998



Metoda RHS je uporabna za štiri tipe vodotokov: strme potoke, vodotoke gorskih dolin, vodotoke na apneni geološki podlagi in male nižinske vodotoke, ki so jih določili avtorji za potrebe ocenjevanja stanja vodotokov v Veliki Britaniji. Dolžina ocenjevalnega odseka je 500 m. Metoda ne predvideva uporabe uteži za oceno spremenljivk (Raven et al., 1998). Ocenjevani odsek vodotoka razvrsti v enega izmed šestih kakovostnih razredov, od nespremenjenega vodotoka do popolnoma spremenjenega vodotoka, glede na vsoto delnih ocen ohranjenosti vodotoka. Kakovostni razredi so določeni z razponi ocene. Manjše število točk pomeni večjo ohranjenost oziroma boljši kakovostni razred ocenjevanega odseka vodotoka (Raven et al., 1998), kakor prikazuje preglednica 18. Prevod metode je v prilogi 2 na priloženi zgoščenki.

Preglednica 18: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi RHS

RHS ocena	ohranjenost vodotoka / kakovostni razred
0	nespremenjen vodotok / 1
0–2	neznatno spremenjen vodotok / 2
3–8	zmerno spremenjen vodotok / 3
9–20	spremenjen vodotok / 4
21–44	zelo spremenjen vodotok / 5
45–264	popolnoma spremenjen vodotok / 6

Vir: Raven et al., 1998

#### 2.5.4. Metoda Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB)

Namen nemške metode Gewässerstrukturgütebewertung (v nadaljnjem besedilu GSGB) (priloga 2 na priloženi zgoščenki), je oceniti stanje vodotoka glede na stanje in značilnosti spremenljivk funkcionalnih enot vodotoka: tlorsnega poteka vodotoka, vzdolžnega profila, strukture rečnega dna, prečnega profila, strukture obrežja in rabe pribrežnih zemljišč, predstavljenih v preglednici 19.

Preglednica 19: Hidromorfološke funkcionalne enote in spremenljivke metode GSGB

funkcionalna enota	spremenljivka
tlorsni potek vodotoka	zavitost rečnega toka
	bočna erozija v zavojih
	vzdolžna prodišča
	posebne strukture
vzdolžni profil	prečni objekti
	zaježitve
	zacevljenost
	prečna prodišča
	raznovrstnost toka
	spreminjanje globine
rečno dno	substrat rečnega dna
	talne ureditve
	raznovrstnost substrata
	posebne strukture tal
prečni profil	tip profila
	globina profila
	bočna erozija
	spreminjanje širine profila
	prepustnost
obrežje	obrežna zarast
	ureditve obrežij
	posebne ureditve obrežij
pribrežno zemljišče	raba tal
	obrežni pas
	posebne strukture

Vir: Zumbroich et al., 1999

Metoda GSGB je uporabna za vodotoke z vidnim dnom širine od 1 do 10 m. Dolžina kartirnega odseka po metodi je med 50 in 500 m, v odvisnosti od širine vodotoka. Metoda predvideva kartiranje po odsekih vzdolž celotne dolžine vodotoka, na katerem ocenjujemo hidromorfološko stanje. Ocena stanja spremenljivk funkcionalnih enot predvideva uporabo uteži, odvisna je od tipa vodotoka (vodotok v soteski ali globoki V dolini, vodotok v ledeniški U dolini, meandrirani dolinski vodotok, vodotok v kadunjasti ali plitvi V dolini, prodonosni vodotok s poplavnimi lokami in ravninski vodotok), redkeje pa od širine toka vode ali globine profila. Pri podeljevanju ocen veljajo še nekatera posebna pravila, pojasnjena v prevodu metode (priloga 2 na priloženi zgoščenki) (Zumbroich et al., 1999).

Z izračunom skupne ocene ohranjenosti vodotoka kot povprečja rezultatov delnih ocen funkcionalnih enot tlorisnega poteka vodotoka, vzdolžnega profila, rečnega dna, prečnega profila, obrežja in pribrežnega zemljišča, metoda GSGB razvrsti ocenjevani odsek vodotoka v enega izmed sedmih kakovostnih razredov. Kakovostni razredi so določeni z enakomernimi razponi hidromorfološke ocene. Nižja kot je ocena, boljši je kakovostni razred oziroma bližje naravnemu stanju je vodotok, in obratno, višja kot je ocena, slabši je kakovostni razred oziroma bolj je vodotok spremenjen (Zumbroich et al., 1999). Preglednica 20 prikazuje razpore ocen za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi GSGB. Prevod metode je v prilogi 2 na priloženi zgoščenki.

Preglednica 20: Razponi ocene za kakovostne razrede hidromorfološke ohranjenosti vodotoka po metodi GSGB

ocena GSGB	kakovostni razred
1,0–1,7	1
1,8–2,6	2
2,7–3,5	3
3,6–4,4	4
4,5–5,3	5
5,4–6,2	6
6,3–7,0	7

Vir: Zumbroich et al., 1999

Za oceno stanja tlorisnega poteka raziskovanega vodotoka metoda GSGB upošteva stanje izbranih spremenljivk tlorisnega poteka vodotoka: zavrtost rečnega toka glede na tip rečne doline, intenziteto bočne erozije v zavojih struge glede na tip rečne doline in razgibanost toka vode, pojavnost vzdolžnih prodišč (prodišča ob obrežjih, prodišča v zavojih, otočna prodišča, prodišča na sotočjih) glede na širino toka (< 5 m ali 5–10 m) in posebne strukture struge (plavni les, zapadlo drevje, tvorjenje otokov, širitve toka, zožitve toka, cepitve toka, kaskade) glede na širino toka (< 5 m ali 5–10 m) (Zumbroich et al., 1999).

V oceni stanja vzdolžnega profila raziskovanega vodotoka metoda upošteva stanje izbranih spremenljivk vzdolžnega profila vodotoka: zveznost rečnega koridorja glede na vpliv prečnih objektov, izrazitost zajezev toka, zacevjenost glede na delež sedimenta, število prečnih prodišč glede na tip rečne doline in širino toka (< 5 m ali 5–10 m), izrazitost raznovrstnosti toka glede na tip rečne doline in intenzivnost spreminjanja globine vode glede na tip rečne doline (Zumbroich et al., 1999).

V oceni stanja rečnega dna vodotoka metoda upošteva stanje izbranih spremenljivk rečnega dna vodotoka: talne ureditve glede na izvedbo, raznovrstnost substrata glede na tip rečne doline in posebne strukture tal (oblike tolmunov, vodne brazde, brzice, stopnje, kaskade) glede na tip rečne doline (Zumbroich et al., 1999).

V oceni stanja prečnega profila vodotoka metoda upošteva stanje izbranih spremenljivk prečnega profila vodotoka: tip profila glede na stanje (naravni, antropogeni) in tip izvedbe, globina profila, intenziteta bočne erozije glede na tip rečne doline in globino profila, spreminjanje širine profila glede na tip rečne doline in tok vode glede na prepustnost in zasnovo prepustov (Zumbroich et al., 1999).

V oceni stanja obrežja vodotoka metoda upošteva stanje izbranih spremenljivk obrežja vodotoka: obrežna zarast levega in desnega brega vodotoka glede na izvor, antropogene ureditve za levi in desni breg vodotoka glede na tip izvedbe in število posebnih ureditev obrežij (plavni les, zapadlo drevje, koreninski koridorji) (Zumbroich et al., 1999).

V oceni stanja pribrežnih zemljišč metoda upošteva stanje izbranih spremenljivk pribrežnih zemljišč vodotoka: raba tal za levi in desni breg vodotoka glede na tip rečne doline in delež površine pribrežnih zemljišč (> 50 % ali 10 – 50 %), ki ga zaseda, ter izvor (naravna ali antropogena), pribrežni pas za levi in desni breg vodotoka glede na delež površine pribrežnih zemljišč (> 50 % ali 10 – 50 %), ki ga zaseda, ter širino pribrežnega pasu in posebne antropogene strukture pribrežnih zemljišč za levi in desni breg vodotoka glede na oddaljenost (neznatna, zmerna, velika) od vodotoka (Zumbroich et al., 1999).

## **2.6. SINTEZNI POSTOPEK OCENJEVANJA HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA REČNIH KORIDORJEV**

### **2.6.1. Zasnova sinteznega postopka**

Izvedba raziskave ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev in izdelave sinteznega postopka za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je zasnovana kot sistematični večstopenjski raziskovalni pristop. Zanj so značilne geografsko obsežno zastavljene uvodne raziskave slovenskih vodotokov, ki se v nadaljevanju zgostijo na poglobljene metodološke, hidromorfološke in statistične raziskave na enem študijskem primeru rečnega koridorja. Zasnova razvoja sinteznega postopka ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je prikazana v shemi 3.

Za izbor študijskega primera rečnega koridorja je treba izvesti predhodne terenske raziskave vodotokov v vseh ekohidrogrfskih območjih slovenske hidrogrfske mreže. Pri tem je potrebno pozornost usmeriti na bolj ohranjene vodotoke. Za potrebe izbora referenčne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja je treba s predhodno že predstavljenimi tujimi metodami izvesti testna ocenjevanja stanja na več odsekih študijskega rečnega koridorja. Za potrebe optimizacije izbora metode se izvede primerjalno testno ocenjevanje stanja tudi na večih odsekih rečnega koridorja, po geološki podlagi in nadmorski višini podobnega študijskemu rečnemu koridorju.

V izbranem študijskem rečnem koridorju je treba izvesti poglobljen pregled ekohidroloških lastnosti in rabe tal. Na osnovi raziskave arhivskih kartografskih virov je potrebno izdelati primerjalno analizo vijugavosti vodotoka iz najstarejšega dosegljivega in za analizo vijugavosti uporabnega kartografskega vira. Kot del predanaliz je potrebno s hidromorfološko klasifikacijo vodotoka podati oceno potencialnega naravnega stanja študijskega vodotoka.

Na osnovi poglobljene analize metod za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju je potrebno izdelati sistematično urejen hidromorfološki inventarizacijski list za potrebe terenske inventarizacije rečnega koridorja. Inventarizacijski list mora biti pregleden in sistematično urejen ter naj vsebuje razširjeni nabor inventarizacijskih kategorij. Ta mora biti izdelan kot sinteza naborov inventarizacijskih kategorij testiranih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.

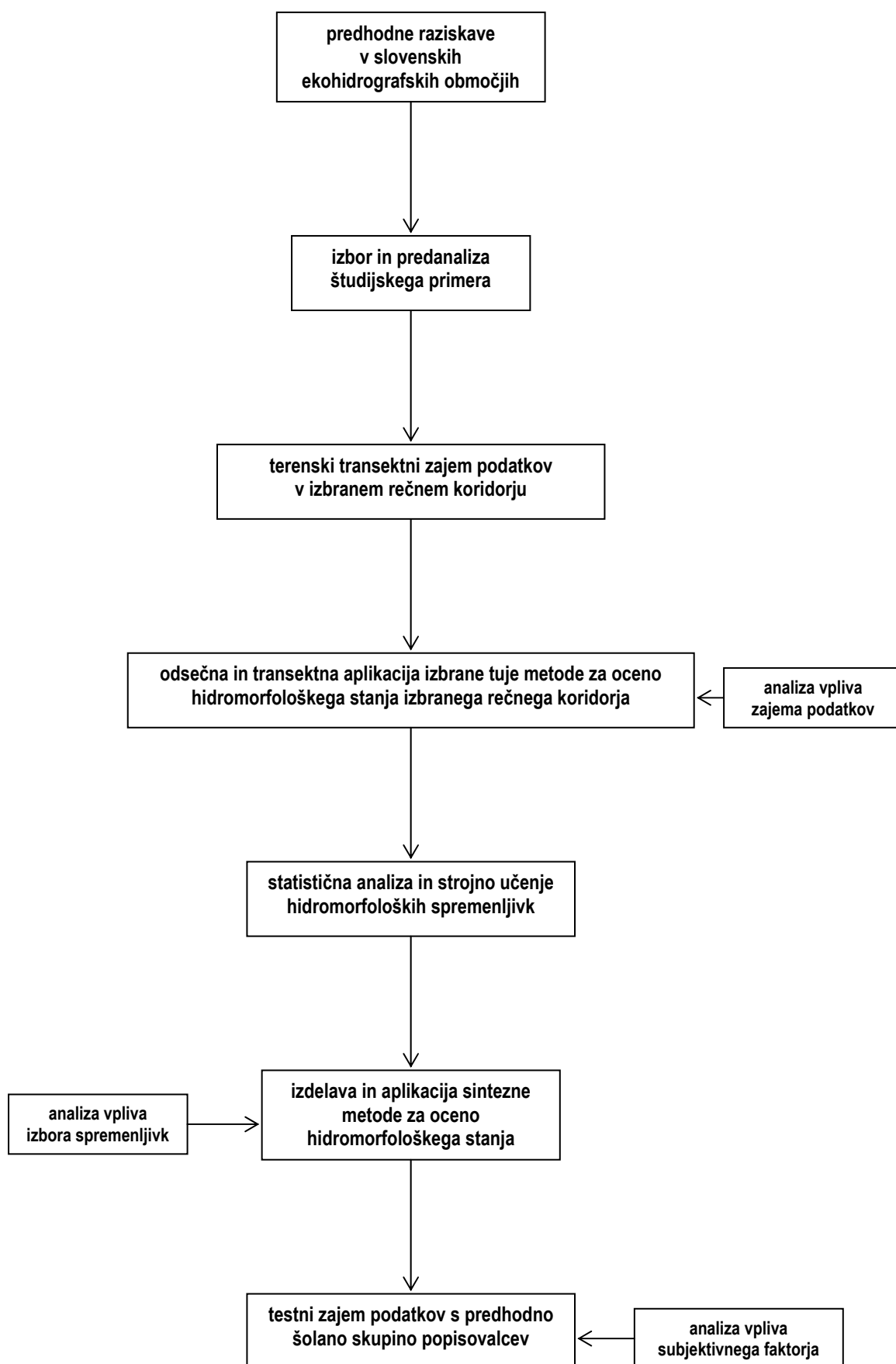
S sinteznim hidromorfološkim inventarizacijskim listom je v študijskem rečnem koridorju potrebno izvesti terenski transektni zajem podatkov in oblikovati hidromorfološko podatkovno bazo študijskega rečnega koridorja. Lokacije transektov študijskega rečnega koridorja se kartografsko določi po določilih predhodno izdelane metode transektov.

Izbrano tujo metodo za oceno hidromorfološkega stanja je potrebno terensko aplicirati v ocenjevalnih odsekih na celotni dolžini študijskega rečnega koridorja. V nadaljevanju je potrebno izbrano metodo kabinetno aplicirati tudi v transektih, s podatkovno bazo, pridobljeno s terenskim transektnim zajemom podatkov vzdolž študijskega rečnega koridorja. Z uporabo statističnih orodij in metod je na osnovi rezultatov odsečnega in transektnega terenskega zajema potrebno izdelati primerjalno analizo vpliva zajema podatkov.

Za potrebe izdelave sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja bomo izdelali poglobljeno analizo razširjene podatkovne baze, izdelane s transektnim zajemom podatkov vzdolž študijskega rečnega koridorja. S statističnimi orodji in orodji strojnega učenja je potrebno reducirati število spremenljivk podatkovne baze in ugotoviti statistično pomembnost izbranih spremenljivk v postopku ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja. Novi, s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja reducirani in preverjeni nabor spremenljivk se upošteva pri izdelavi sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja.

Izdelano sintezno metodo je potrebno kabinetno aplicirati s hidromorfološko podatkovno bazo terensko transektno zajetih podatkov študijskega rečnega koridorja. S pomočjo statističnih orodij je treba na osnovi rezultatov izbrane tuje metode in sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev izdelati primerjalno analizo vpliva izbora hidromorfoloških spremenljivk.

Za potrebe analize subjektivnega faktorja je potrebno izvesti testni zajem podatkov v študijskem koridorju s skupino predhodno šolanih popisovalcev. Testni zajem se izvede na izbranih testnih transektih, po predhodno določenih merilih. S primerjavo ekspertno zajetih podatkov in podatkov, ki jih zajamejo predhodno šolani popisovalci, je treba z ustreznimi statističnimi metodami in tehnikami izdelati analizo subjektivnega faktorja.



Shema 3: Zasnova razvoja sinteznega postopka ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev

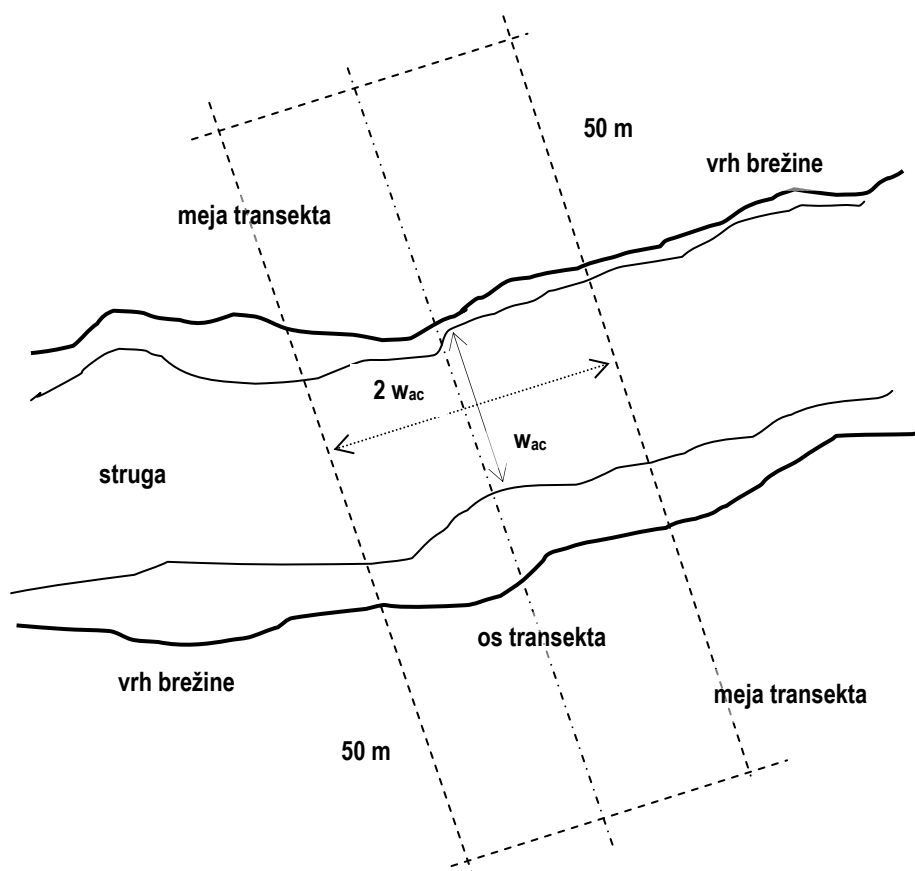
## 2.6.2. Metoda transektov

Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, predstavljene v poglavju 2.5., predvidevajo odsečno terensko aplikacijo. Uporabljamo jih torej na predhodno določenih odsekih samo dela toka ali celotnega toka raziskovanega vodotoka. Pravila in postopki določitve dolžin raziskovanih odsekov se razlikujejo med metodami. Z ustrezno racionalizacijo obsega območij hidromorfološke inventarizacije s pomočjo metode transektov skušamo obseg in časovno zahtevnost terenskega zajema podatkov ustrezno zmanjšati in optimizirati.

Metoda transektov temelji na terenskem zajemu podatkov v transektih rečnega koridorja. Transekti so na smer toka reke pravokotni in kartografsko a priori določeni prečni odseki rečnega koridorja oziroma mesta zajema podatkov z osmi na medosni razdalji 100 m. Predhodna kabinetna kartografska določitev transektov poteka v smeri gorvodno od izliva vodotoka v vodotok višjega reda ali morje do izvira vodotoka. Dolžina n-tega transekta vzdolž vodotoka je enaka dvojni širini aktivne struge  $w_{ac}$  v osi n-tega transekta. Izračunamo jo po enačbi:

$$l_{transekt(n)} = 2w_{ac(n)} \quad (8)$$

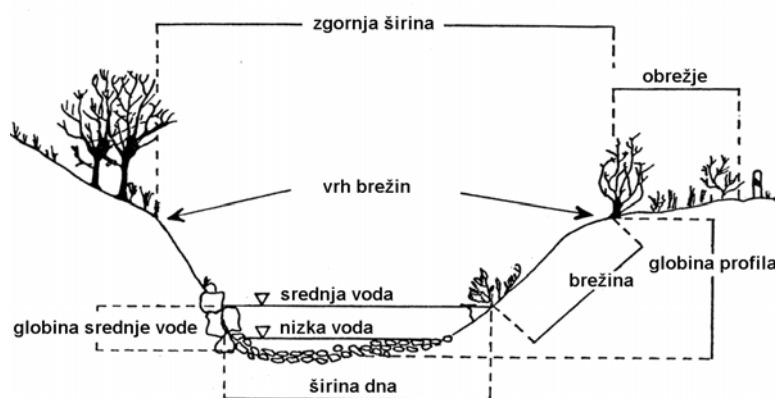
Širina transekta je razdalja 50 m od zgornjega roba leve brežine in 50 m od zgornjega roba desne brežine. Shema 4 prikazuje tloris transekta. Na osi transekta kot izhodiščne meritve poleg meritve širine aktivne struge in določitve dolžine transekta odčitamo še koordinate centroida transekta in nadmorsko višino transekta.



Shema 4: Tloris transekta ( $w_{ac}$  – širina aktivne struge)

Terenski transektni zajem podatkov hidromorfoloških spremenljivk rečnega koridorja izvajamo v obdobju, ko na raziskovanem vodotoku prevladujejo srednji nizki pretoki. Tako z vidika objektivnih pogojev zajema podatkov zagotovimo optimalno natančnost in primerljivost zajemov podatkov. Pri delu uporabljamo GPS napravo, laserski razdaljemer s trinožnikom, padomer, geodetsko mersko lato, geodetski meter in fotografski aparat. Slika 17 prikazuje nekatere osnovne hidromorfološke spremenljivke prečnega profila transekta. Zajem hidromorfoloških spremenljivk v transektu sistematiziramo po hidromorfoloških enotah rečnega koridorja:

- vodni del rečnega koridorja ali območje aktivne struge vodotoka;
- obrežni del rečnega koridorja v širini 10 m od roba aktivne struge vodotoka;
- pribrežni del rečnega koridorja izza obrežnega dela v širini do 50 m oddaljenosti od roba struge.



Slika 17: Osnovne hidromorfološke spremenljivke v prečnem profilu transekta (Zumbroich et al., 1999)

### 2.6.3. Hidromorfološki inventarizacijski list

Seznam hidromorfoloških spremenljivk za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev smo v razširjeni obliki povzeli po izbranih tujih metodah, predstavljenih v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Spremenljivke smo uredili v hidromorfološki inventarizacijski list (priloga 3 na priloženi zgoščenki), ki je izhodiščna podatkovna enota terensko zajetih in kabinetno izvedenih spremenljivk. Pri izdelavi seznama hidromorfoloških spremenljivk smo upoštevali načela:

- izbrane hidromorfološke spremenljivke morajo biti abiotski indikator ohranjenosti rečnega koridorja;
- izbrane hidromorfološke spremenljivke naj bodo prilagojene transektnemu zajemu podatkov;
- terenski zajem hidromorfoloških spremenljivk naj bo enostaven in tehnično nezahteven.

Inventarizacijski list vsebuje za potrebe hidromorfološkega arhiva podatke o teku vodotoka (npr. podatkov o geografiji in krajini vodotoka, povezav z drugimi bazami podatkov, osnovnih značilnostih vodotoka itd.), za potrebe hidromorfološke analize pa popis analitičnih spremenljivk. V inventarizacijskem listu so spremenljivke sistematično razvrščene v hidromorfološke funkcionalne enote, določene po vzoru nemške metode GSGB: vzdolžni profil, prečni profil, rečno dno, obrežje in pribrežna zemljišča. Inventarizacijski list vsebuje 169 podatkovnih rubrik.

Preglednica 21 prikazuje dispozicijo seznama spremenljivk hidromorfološkega inventarizacijskega lista. V postopku hidromorfološke inventarizacije rečnega koridorja jih zajemamo s štetjem, ekspertnim ocenjevanjem ali meritvami. Zajeti podatki so količinski (npr. numerični podatki, velikostni razredi, frekvenčni razredi) ali kakovostni (npr. stanje hidromorfološke spremenljivke). Z izjemo obrežne vegetacije, zaledne vegetacije in biotskih tipov rabe tal smo pretežno izbrali spremenljivke, ki opisujejo

abiotске komponente hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju. Nekatere spremenljivke lahko zasedajo dve vrednosti, za levi in za desni breg vodotoka (npr. erozija, obrežna vegetacija, raba tal itd.). Vsaki inventarizirani vrednosti spremenljivk pripada inventarizacijska koda.

Preglednica 21: Dispozicija razširjenega seznama spremenljivk hidromorfološkega inventarizacijskega lista

hidromorfološka funkcionalna enota	hidromorfološka spremenljivka	inventarizacija	ocena	meritev
TEK VODOTOKA	tip vodotoka	■		
	relief območja	■		
	tip rečne doline	■		
	oblika in vzorec struge	■		
	lokalni padec struge			■
VZDOLŽNI PROFIL	otoki	■		
	dimenzije otokov			■
	peščine	■		
	povprečna razdalja med peščinami			■
	prodišča	■		
	povprečna razdalja med prodišči			■
	tolmuni	■		
	povprečna globina tolmunov			■
	povprečna razdalja med tolmuni			■
	vodne brazde	■		
	povprečna razdalja med vodnimi brazdami			■
	brzice	■		
	povprečna razdalja med brzicami			■
	stopnje	■		
	povprečna razdalja med stopnjami			■
	povprečna višina stopenj			■
	plitvine	■		
	povprečna širina plitvin			■
akvatični hidromorfološki nizi	■			
PREČNI PROFIL	tip profila	■		
	širina aktivne struge			■
	širina strugotvorne struge			■
	spremenljivost širine toka		■	
	povprečna globina vode			■
	globina strugotvorne vode			■
	spremenljivost globine vode		■	
	prehodi struge	■		
ureditve prečnega profila	■			
prepusti	■			
REČNO DNO	substrat in utrditve dna	■		
	raznovrstnost dna		■	
	biološka obrast substrata dna	■		

se nadaljuje



Preglednica 21, nadaljevanje

hidromorfološka funkcionalna enota	hidromorfološka spremenljivka	inventarizacija	ocena	meritev
OBREŽJE	tvorivo naravnih brežin	■		
	gradivo antropogenih brežin	■		
	erozijski procesi brežin	■		
	intenzivnost erozijskih procesov		■	
	obnovitveni ali rehabilitacijski ukrepi	■		
	naklon brežin			■
	višina brežin			■
	višja obrežna vegetacija	■		
	prostorska porazdelitev višje obrežne vegetacije		■	
	starost višje obrežne vegetacije		■	
	preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo		■	
	zaraščenost struge z akvatično terestrično vegetacijo		■	
	zapadlo drevje	■		
	plavni les	■		
	obrežne hidromorfološke kategorije ali nizi	■		
	PRIBREŽNO ZEMLJIŠČE	raba pribrežnih zemljišč	■	
širina rečnega koridorja			■	
hidrotehnične ureditve		■		
prostorska distribucija višje zaledne vegetacije			■	
starost višje zaledne vegetacije			■	
širina višje zaledne vegetacije			■	
zaledne hidromorfološke kategorije ali nizi		■		

Po potrebi lahko naštetih spremenljivk razen s terenskim zajemom opazujemo in dodatno analiziramo še s pomočjo aeroposnetkov, cikličnih aeroposnetkov, tematskih podatkovnih baz, arhivskih kartografij in terestričnih fotografij. Spremenljivke analitičnega dela popisnega lista (red vodotoka, lokalna vijugavost vodotoka, vijugavost vodnega toka v teku vodotoka, ekomorfološki razred, hidrološki režim vodotoka, podnebje), ki niso predstavljene v preglednici 21, smo zajemali s pomočjo tematskih podatkovnih baz, kartografije in arhivske kartografije. Merjene spremenljivke lahko normaliziramo s karakterističnimi hidromorfološkimi števili.

#### 2.6.4. Terenski zajem podatkov po metodi transektov

Terenski zajem podatkov po metodi transektov obsega zajem hidromorfoloških spremenljivk okolja vodotoka in hidromorfoloških spremenljivk teka vodotoka, vzdolžnega profila, prečnega profila, rečnega dna, obrežja v območju do 10 m od roba aktivne struge in pribrežnega zemljišča v območju do 50 m od roba aktivne struge v raziskovanem transektu. Transektni zajem spremenljivk, predstavljen v poglavju 2.6.3. Hidromorfološki inventarizacijski list, tako obsega:

- inventarizacija hidromorfoloških spremenljivk (30 podatkov / transekt): beležimo vidno zaznavne sestavne dele ali kakovostno stanje sestavnih delov ali spremenljivk hidromorfološke strukture rečnega koridorja;
- ocenjevanje hidromorfoloških spremenljivk (12 podatkov / transekt): na osnovi ekspertne presoje vidnega zaznavanja ocenjujemo in razvrščamo stanje sestavnega dela hidromorfološke strukture

ali spremenljivke rečnega koridorja v velikostne ali frekvenčne razrede po količinskih deležih, starosti itd.;

- meritev hidromorfoloških spremenljivk (17 podatkov / transekt): z ustreznimi merskimi napravami po vnaprej določenih pravilih merjenja merimo pomembne dimenzije sestavnih delov hidromorfološke strukture ali spremenljivke rečnega koridorja in jih nato glede na določila hidromorfološkega inventarizacijskega lista kabinetno razvrščamo v velikostne razrede.

#### 2.6.4.1. Tek vodotoka

##### 2.6.4.1.1. Tip vodotoka

Po kabinetnih in terenskih raziskavah določimo tip vodotoka, običajno za območje teka vodotoka: hudourniški gorski (fotografija 3), hudourniški predgorski (fotografija 4), meandrirani dolinski (fotografija 5), kraški vodotok (fotografija 6), ravninski vodotok (fotografija 7).



Fotografiji 3 in 4: Hudourniški gorski in hudourniški predgorski vodotok



Fotografiji 5 in 6: Meandrirani dolinski in kraški vodotok



Fotografija 7: Ravninski vodotok

#### 2.6.4.1.2. Relief območja

Po kabinetnih in terenskih raziskavah določimo relief območja, običajno za območje teka vodotoka: raven relief (fotografija 8), nizek razgiban relief (fotografija 9), gričevnat relief (fotografija 10), hribovit relief (fotografija 11), gorski relief (fotografija 12).



Fotografiji 8 in 9: Raven relief in nizek razgiban relief



Fotografiji 10 in 11: Gričevnat relief in hribovit relief



Fotografija 12: Gorski relief

#### 2.6.4.1.3. Tip rečne doline

Po kabinetnih in terenskih raziskavah določimo tip rečne doline, običajno za območje teka vodotoka: ravninski svet, U dolina, globoka V dolina ali soteska, plitva V dolina ali kadunjasta dolina. Slikovni prikaz tipov rečnih dolin je podan v poglavju 2.2.2.1. Geomorfološke kategorije reliefa. Fotografija 13 prikazuje meandrirani dolinski vodotok v gričevnatem reliefu in kadunjasti rečni dolini.



Fotografija 13: Meandrirani dolinski vodotok v gričevnatem reliefu in kadunjasti rečni dolini

#### 2.6.4.1.4. Oblika in vzorec struge

V transektu vodotoka inventariziramo obliko (deljena, razepljena) in vzorec struge (enojna struga, večdelna struga) in beležimo cepitve struge oziroma prehajanje toka vode iz enojne struge v večdelno strugo ali obratno. Fotografija 14 prikazuje večdelno strugo.



Fotografija 14: Večdelna struga

#### 2.6.4.1.5. Lokalni padec struge

Lokalni padec struge v transektu merimo s padomerom po globočnici (črta največjih globin) dolvodno od osi transeкта. Skozi padomer usmerimo vizuro na višinsko koto merilčevih oči na vertikalni merski lati, oddaljeni 10 m, in na skali padomera odčitamo padec struge v stopinjah, procentih ali promilih. Glede na natančnost padomera je potrebno lokalne padce izmeriti še s kabinetnim delom, s kartografskim odčitavanjem nadmorske višine iz izohips, interpoliranih na sredino struge vodotoka. Shema meritve lokalnega padca struge je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2. Vz dolžni profil

##### 2.6.4.2.1. Otoki

V transektu inventariziramo število in tip otokov: nezaraščeni otoki, zaraščeni otoki v začetnem sukcesivnem stadiju, zaraščeni otoki v zrelem sukcesivnem stadiju. Fotografija 15 prikazuje zaraščeni otok v začetnem sukcesivnem stadiju.



Fotografija 15: Zaraščeni otok v začetnem sukcesivnem stadiju

##### 2.6.4.2.2. Dolžini osi otoka

Na otokih, inventariziranih v transektu, merimo najdaljšo dolžino po krajši osi otoka, ki je običajno orientirana prečno glede na tok vode, in najdaljšo dolžino po daljši osi otoka, ki je običajno orientirana vzdolžno glede na tok vode. Uporabimo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve dolžin osi otoka je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.3. Peščine

V transektu inventariziramo število in tip peščin (obrežni ali sredinski nanosi plavin s povprečnim premerom zrn pod 2 mm): stranske izmenjujoče peščine, vzdolžne peščine, peščine v zavoju, sredinske peščine, peščine na sotočju.

#### 2.6.4.2.4. Povprečna razdalja med peščinami

Razdalje med peščinami v transektu merimo od konca (dolvodnega roba) prve gorvodne peščine do začetka (gorvodnega roba) naslednje dolvodne peščine itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med peščinami v transektu. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med peščinami je v prilogi 5 na priloženi zgoščenki.

#### 2.6.4.2.5. Prodišča

V transektu inventariziramo število in tip prodišča (obrežni ali sredinski nanosi plavin s povprečnim premerom zrn nad 2 mm): stranska izmenjujoča prodišča, vzdolžna prodišča, prodišča v zavoju, sredinska prodišča, prodišča na sotočju. Fotografija 16 prikazuje prodišče v zavoju, fotografija 17 pa vzdolžno prodišče.



Fotografiji 16 in 17: Prodišče v zavoju in vzdolžno prodišče

#### 2.6.4.2.6. Povprečna razdalja med prodišči

Razdalje med prodišči v transektu merimo od konca (dolvodnega roba) prvega gorvodnega prodišča do začetka (gorvodnega roba) naslednjega dolvodnega prodišča itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med prodišči v transektu. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med prodišči je v prilogi 5 na priloženi zgoščenki.

#### 2.6.4.2.7. Tolmuni

V transektu štejemo tolmane (fotografiji 18 in 19).



Fotografiji 18 in 19: Tolmun

#### 2.6.4.2.8. Povprečna globina tolmunov

Globino tolmunov merimo v osrednjih delih tolmunov, ki jih inventariziramo v transektu. Ob koncu meritev izračunamo povprečno globino tolmunov v transektu. Za meritev globine tolmunov uporabljamo geodetsko mersko lato. Meritev globine tolmunov je prikazana na fotografiji 20, shema meritve povprečne globine tolmunov pa je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.



Fotografija 20: Meritev globine tolmunov

#### 2.6.4.2.9. Povprečna razdalja med tolmini

Razdalje med tolmini v transektu merimo od osredja oziroma najglobljega dela gorvodnega tolmunov do osredja oziroma najglobljega dela naslednjega dolvodnega tolmunov itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med tolmini v transektu. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med tolmini je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.10. Vodne brazde

V transektu štejemo vodne brazde (fotografija 21).



Fotografija 21: Vodna brazda

#### 2.6.4.2.11. Povprečna razdalja med vodnimi brazdami

Razdalje med vodnimi brazdami v transektu merimo od prevoja gorvodne vodne brazde do prevoja naslednje dolvodne vodne brazde itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med prevoji vodnih brazd oziroma med vodnimi brazdami v transektu. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med vodnimi brazdami je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.12. Brzice

V transektu štejemo brzice (fotografija 22).



Fotografija 22: Brzice

#### 2.6.4.2.13. Povprečna razdalja med brzicami

Razdalje med brzicami v transektu merimo od dolvodnega zaključka gorvodne brzice do gorvodnega začetka naslednje dolvodne brzice itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med brzicami v transektu. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med brzicami je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.14. Stopnje

V transektu štejemo stopnje (fotografija 23). Zaporedje stopenj tvori kaskadni tok (fotografija 24).





Fotografiji 23 in 24: Stopnja in kaskadni tok

#### 2.6.4.2.15. Povprečna razdalja med stopnjami

Razdalje med stopnjami oziroma globino stopenj v transektu merimo od gorvodne stopnje do naslednje dolvodne stopnje itd. Ob koncu meritev izračunamo povprečno razdaljo med stopnjami v transektu. Izrazite serije stopenj tvorijo kaskadni tok. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato ali geodetski meter. Shema meritve povprečne razdalje med stopnjami je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.16. Povprečna višina stopenj

Višino stopenj merimo na vseh stopnjah v transektu. Ob koncu meritev izračunamo povprečno višino stopenj v transektu. Za meritev uporabljamo geodetsko mersko lato. Shema meritve povprečne višine stopenj je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.17. Plitvine

V transektu štejemo plitvine ali območja plitve vode in mirnega ali stoječega toka (fotografija 25).



Fotografija 25: Plitvina

#### 2.6.4.2.18. Povprečna širina plitvin

Širino plitvin merimo pravokotno na smer vodnega toka na vseh plitvinah v transektu. Ob koncu meritev izračunamo povprečno širino plitvin v transektu. Za meritev uporabljamo geodetski meter ali geodetsko mersko lato in laserski razdaljemer. Shema meritve povprečne širine plitvin je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.2.19. Akvatični hidromorfološki nizi

V transektu inventariziramo kombinacije akvatičnih hidromorfoloških kategorij v strugi vodotoka: tolmunov, vodnih brazd, brzic, stopenj in kaskad. Fotografija 26 prikazuje akvatični hidromorfološki niz tolmun - vodna brazda, fotografija 27 pa akvatični hidromorfološki niz brzica - tolmun.

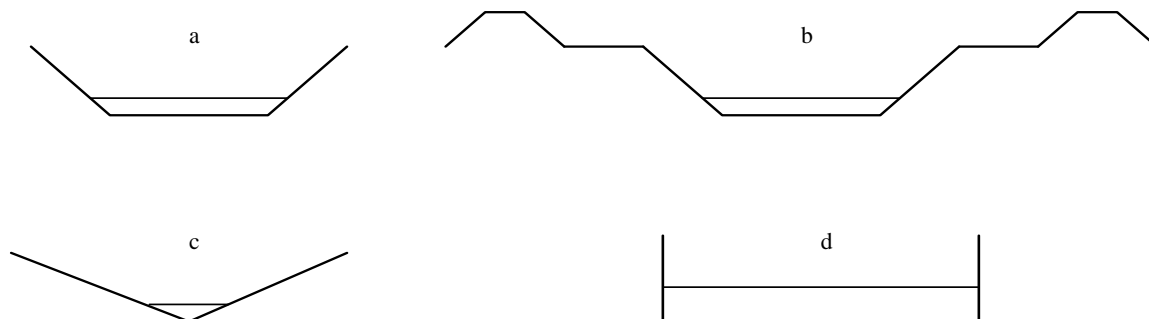


Fotografiji 26 in 27: Akvatični hidromorfološki niz tolmun - vodna brazda in brzica - tolmun

#### 2.6.4.3. Prečni profil

##### 2.6.4.3.1. Tip profila

Če prečni profil vodotoka v transektu ni naraven, inventariziramo tip antropogenega prečnega profila vodotoka in ga uvrstimo v eno izmed kategorij, prikazanih na sliki 18: trapezni profil, trapezni dvojni profil, V profil, pravokotni profil ali druge oblike profila. Fotografija 28 prikazuje trapezni dvojni profil.



Slika 18: Trapezni profil (a), trapezni dvojni profil (b), V profil (c) in pravokotni profil (d)



Fotografiji 28 in 29: Trapezni profil in meritev širine aktivne struge

#### 2.6.4.3.2. Širina aktivne struge

Širino aktivne struge merimo v osi transekta z mersko lato ali laserskim razdaljemerom, če je struga širša od dolžine merske late. Laserski žarek usmerimo po osi transekta na rob struge umeščeni kamen ali debelejšo vejo na nasprotnem bregu vodotoka. Nivo aktivne struge je določen kot nivo sledi delovanja pogostih srednjih visokih voda, ki ga prepoznamo po poležani travi v smeri toka vode ali ostankih trave, drobnejšega vejevja ali odpadkov (npr. PVC vrečke) na gorvodni strani debel olesenelih obrežnih rastlin. Meritev širine aktivne struge je prikazana na fotografiji 29, shema meritve širine aktivne struge pa je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.3.3. Širina strugotvorne struge

Širino strugotvorne struge merimo z laserskim razdaljemerom v osi transekta. Širina strugotvorne struge je razdalja med najvišjima točkama leve in desne brežine oziroma zadnjo topografsko spremembo pred poplavno ravnico in višinsko ekvivalentno točko na nasprotni brežini. Shema meritve širine strugotvorne struge je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci.

#### 2.6.4.3.4. Spremenljivost širine vodnega toka

Spremenljivost širine toka določamo subjektivno, na osnovi ekspertnega mnenja. Z vidnim zaznavanjem oziroma ocenjevanjem razgibanosti ali vijugavosti linije brežin v transektu spreminljivost širine toka razvrščamo v kategorije: majhna spreminljivost širine vodnega toka (fotografija 30), zmerna spreminljivost širine vodnega toka (fotografija 31), velika spreminljivost širine vodnega toka (fotografija 32), zelo velika spreminljivost širine vodnega toka (fotografija 33).



Fotografiji 30 in 31: Majhna in zmerna spreminljivost širine vodnega toka



Fotografiji 32 in 33: Velika in zelo velika spreminljivost širine vodnega toka

#### 2.6.4.3.5. Povprečna globina vode

Povprečno globino vode merimo v točkah četrtinske razdelitve vodnega ogledala z laserskim razdaljemerom in vertikalno uravnano geodetsko mersko lato. Meritev globine vode je prikazana na fotografiji 34, shema meritve povprečne globine vode pa je v prilogi 5 na priloženi zgoščenki.



Fotografija 34: Meritev globine vode

#### 2.6.4.3.6. Globina strugotvorne vode

Globino strugotvorne vode merimo kot pravokotno višinsko razliko med najglobljo točko dna struge in nivojem meritve strugotvorne širine v osi transekta. Za meritev uporabljamo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato. Shema meritve globine strugotvorne vode je v prilogi 5 na priloženi zgoščenki.

#### 2.6.4.3.7. Spremenljivost globine vode

Spremenljivost globine vode ocenjujemo subjektivno, na osnovi ekspertnega mnenja z vidnim zaznavanjem prečne in vzdolžne horizontalne razgibanosti dna struge v transektu. Spremenljivost globine vode razvrščamo v kategorije: majhna, zmerna, velika, zelo velika.

#### 2.6.4.3.8. Prehodi struge

V transektu inventariziramo in določimo kategorijo prehoda struge glede na stopnjo antropogenega posega: pregaz, prehod, brv, most. Fotografija 35 prikazuje pregaz, fotografija 36 pa prehod.



Fotografiji 35 in 36: Pregaz in prehod

#### 2.6.4.3.9. Ureditve prečnega profila

V transektu inventariziramo vodnogospodarske ureditve prečnega profila in jih uvrstimo v eno izmed kategorij: jezbičice, talni pragovi, stopnje brez ribje steze, stopnje z ribjo stezo, gladke drče, hrapave drče ter kamnite ali betonske jezovne zgradbe. Fotografija 37 prikazuje stopnjo brez ribje steze.



Fotografija 37: Stopnja brez ribje steze

#### 2.6.4.3.10. Prepusti

V transektu inventariziramo prepuste in jih glede na značilnosti in stopnjo antropogenega posega uvrstimo v eno izmed kategorij: prepusti brez brežin in brez sedimenta, prepusti brez brežin in s sedimentom, prepusti z brežinami in brez sedimenta, prepusti z brežinami in s sedimentom. Fotografija 38 prikazuje prepust brez brežin in brez sedimenta, fotografija 39 pa prepust z brežinami in s sedimentom.



Fotografiji 38 in 39: Prepust brez brežin in brez sedimenta in prepust z brežinami in s sedimentom

#### 2.6.4.4. Rečno dno

##### 2.6.4.4.1. Substrat dna in utrditve dna

V transektu opazujemo sestavo dna struge in inventariziramo frakcije po kategorijah: matična kamnina, groblja, grušč, prod, pesek, melj, glina ali blato. Utrditve dna inventariziramo glede na tip v kategorije: antropogene utrditve dna, kamnomet v suho, kamnomet v mokro, skalomet v suho, skalomet v mokro, betonske plošče v suho s sedimentom, betonske plošče v suho brez sedimenta, betonske plošče v mokro s sedimentom ali betonske plošče v mokro brez sedimenta. Fotografija 40 prikazuje grobljasto dno struge, fotografija 41 pa utrditev dna struge s kamnometom v mokro.



Fotografiji 40 in 41: Grobljasto dno struge in utrditev dna struge s kamnometom v mokro

#### 2.6.4.4.2. Raznovrstnost dna

V transektu ocenjujemo raznovrstnost dna glede na število prevladujočih zrnastostnih razredov v dnu vodotoka in jih razvrstimo v kategorije: majhna (1 zrnastostni razred), zmerna (2 zrnastostna razreda), velika (3 zrnastostni razredi), zelo velika (4 ali več zrnastostnih razredov). Zrnastostni razredi so groblja (> 120 mm), grušč (60–120 mm), prod (2–60 mm), pesek (0,06–2 mm), melj (0,002–0,06 mm), glina (< 0,002 mm). Fotografija 42 prikazuje zmerno raznovrstnost dna.



Fotografija 42: Zmerna raznovrstnost dna

#### 2.6.4.4.3. Biološka obrast substrata

V transektu opazujemo prisotnost biološke obrašččenosti substrata (fotografija 43).



Fotografija 43: Biološka obrast substrata

#### 2.6.4.5. Obrežje

##### 2.6.4.5.1. Tvorivo naravnih brežin

V transektu opazujemo tvorivo naravne brežine in določimo kategorijo zemljina ali kamnina. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta.

##### 2.6.4.5.2. Gradivo antropogenih brežin

V transektu opazujemo gradivo in (ali) izvedbo antropogene brežine, kot gradivo opredelimo zemljino, les, nefugiran ali fugiran kamnomet ali skalomet in nefugirane ali fugirane betonske plošče. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta. Fotografija 44 prikazuje prodno nasutje, fotografija 45 pa skalomet v mokro in skalomet v suho.



Fotografiji 44 in 45: Prodno nasutje, skalomet v mokro in skalomet v suho

##### 2.6.4.5.3. Erozijski procesi brežin

V transektu opazujemo vrsto rečne bočne erozije in jo opredelimo kot erozijo v zavojih in ožinah ali kot vzdolžno erozijo. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta. Fotografiji 46 in 47 prikazujeta erozijo v zavoju.



Fotografiji 46 in 47: Erozija v zavoju

##### 2.6.4.5.4. Intenzivnost erozijskih procesov

V transektu ocenjujemo intenzivnost bočne erozije glede na dolžinski delež erodirane brežine napram celotni dolžini brežine v območju zajema podatkov. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem

bregu transeкта. Intenzivnost bočne erozije razvrščamo v razrede: ni pojava, majhna (0–25 %), zmerna (25–50 %), velika (50–75 %) in zelo velika (75–100 %).

#### 2.6.4.5.5. Obnovitveni ali rehabilitacijski ukrepi

V transektu opazujemo izvedene obnovitvene ali rehabilitacijske ukrepe ter jih opredelimo kot zatratitve, pogozditve ali razširitve vodnega toka.

#### 2.6.4.5.6. Naklon brežin

V transektu merimo naklon brežin obeh bregov. Za merjenje naklona brežin uporabimo padomer in geodetsko mersko lato. Shema naklona brežin je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта.

#### 2.6.4.5.7. Višina brežin

V transektu merimo višino brežin obeh bregov. Za merjenje naklona brežin uporabimo laserski razdaljemer in geodetsko mersko lato. Shema meritve višine brežin je v prilogi 5 na priloženi zgoščenci. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта.

#### 2.6.4.5.8. Višja obrežna vegetacija

V transektu opazujemo izvor grmovne in drevesne obrežne vegetacije in jo opredelimo kot naravno obrežno vegetacijo, kot antropogeno obrežno vegetacijo ali kot galerijo kot posebno drevoredno obliko antropogene obrežne vegetacije. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта.

#### 2.6.4.5.9. Prostorska porazdelitev višje obrežne vegetacije

V transektu ocenjujemo prostorsko porazdelitev grmovne in drevesne obrežne vegetacije. Na osnovi ekspertnega mnenja jo z vidnim zaznavanjem glede na način zarasti (sporadične gruče, sklenjene gruče ali pasovi vzdolž brežin) opredelimo kot sklenjeno (fotografija 48) ali členjeno (fotografija 49). Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта.



Fotografiji 48 in 49: Sklenjena naravna obrežna vegetacija in členjena antropogena obrežna vegetacija – galerija



#### 2.6.4.5.10. Starost višje obrežne vegetacije

V transektu ocenjujemo starost višje obrežne vegetacije. Na osnovi ekspertnega mnenja jo razvrščamo v starostne razrede. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta. Starost višje obrežne vegetacije razvrščamo v razrede: pojva ni, < 10 let, < 25 let, < 50 let in > 50 let.

#### 2.6.4.5.11. Preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo

V transektu ocenjujemo površinski delež tlorisne preraščenosti struge s terestrično obrežno vegetacijo in jo razvrščamo v razrede preraščenosti struge: pojava ni, 0–25 %, 25–50 %, 50–75 % in 75–100 %. Fotografija 50 prikazuje 75 % preraščenost struge.



Fotografija 50: 75 % preraščenost struge

#### 2.6.4.5.12. Zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo

V transektu ocenjujemo površinski delež tlorisne zaraščenosti struge z akvatično obrežno vegetacijo in jo razvrščamo v razrede zaraščenosti struge: pojava ni, 0–25 %, 25–50 %, 50–75 % in 75–100 %. Fotografija 51 prikazuje 50 % zaraščenost struge.



Fotografija 51: 50 % zaraščenost struge

#### 2.6.4.5.13. Zapadlo drevje

V transektu opazujemo pojav zapadlega drevja. Zapadlo drevje je v brežino vkoreninjeno ter v vodo moleče živo ali odmrlo drevje (fotografija 52).



Fotografija 52: Zapadlo drevje

#### 2.6.4.5.14. Plavni les

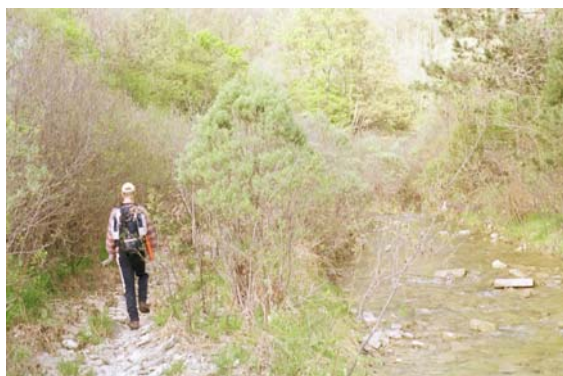
V transektu opazujemo pojav plavnega lesa. Plavni les so debela in vejevje izkoreninjene in odmrle, z gorvodnih odsekov z vodnim tokom plavljene grmovne in drevesne obrežne vegetacije, ki se zadržujejo v strugi vodotoka (fotografija 53).



Fotografija 53: Plavni les

#### 2.6.4.5.15. Obrežne hidromorfološke kategorije ali nizi

V transektu inventariziramo posamezne obrežne hidromorfološke kategorije ali kombinacije obrežnih hidromorfoloških kategorij: obtokov, zastale vode, mrtvic in opuščenih mlinščic. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта. Fotografija 54 prikazuje obtok, fotografija 55 pa mrtvico v obrežnem delu rečnega koridorja.



Fotografiji 54 in 55: Obtok in mrtvica v obrežnem delu rečnega koridorja

#### 2.6.4.6. Pribrežna zemljišča

##### 2.6.4.6.1. Raba pribrežnih zemljišč

V transektu inventariziramo rabo pribrežnih zemljišč in jo opredelimo kot avtohton gozd, zemljišče v zaraščanju, travnik ali ledino, alohton gozd, pridelovalne površine ali grajene površine. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta. Fotografija 56 prikazuje ledino, fotografija 57 pa pridelovalno površino.



Fotografiji 56 in 57: Ledina in pridelovalna površina

##### 2.6.4.6.2. Širina rečnega koridorja

V transektu merimo širino rečnega koridorja (fotografija 58) glede na obseg obrežne in zaledne vegetacije, obseg obrežnih in zalednih hidromorfoloških nizov, glede na sledi visokih voda (listje, drobno vejevje, PVC odpadki itd.) (fotografija 59) na oleseneli obrežni in zaledni vegetaciji, ter jo opredelimo v širinah aktivne struge (pojava ni, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 > 5) vodotoka v območju zajema podatkov. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta.



Fotografiji 58 in 59: Razvit rečni koridor in sledi visokih voda

##### 2.6.4.6.3. Hidrotehnične ureditve

V transektu opazujemo tip hidrotehnične ureditve pribrežnega zemljišča. Ločimo visokovodne nasipe in visokovodne zide. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transekta. Fotografija 60 prikazuje visokovodni nasip.



Fotografija 60: Visokovodni nasip vzdolž rečnega koridorja

#### 2.6.4.6.4. Prostorska porazdelitev višje zaledne vegetacije

V transektu ocenjujemo prostorsko porazdelitev višje zaledne vegetacije. Na osnovi ekspertnega mnenja jo z vidnim zaznavanjem glede na način zarasti (posamezno drevje, sporadične gruče, sklenjene gruče) opredelimo kot raztreseno, členjeno ali sklenjeno. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта. Fotografija 61 prikazuje sklenjeno prostorsko porazdelitev višje zaledne vegetacije.



Fotografija 61: Sklenjena prostorska porazdelitev višje zaledne vegetacije

#### 2.6.4.6.5. Starost višje zaledne vegetacije

V transektu ocenjujemo starost višje zaledne vegetacije. Na osnovi ekspertnega mnenja jo razvrščamo v starostne razrede višje zaledne vegetacije. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта. Starost višje zaledne vegetacije razvrščamo v razrede: pojava ni, < 10 let, < 25 let, < 50 let in > 50 let.

#### 2.6.4.6.6. Širina višje zaledne vegetacije

V transektu prečno glede na strugo merimo širino grmovne in drevesne zaledne vegetacije in jo razvrščamo v širinske razrede grmovne in drevesne zaledne vegetacije. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта. Širino višje zaledne vegetacije razvrščamo v razrede: pojava ni, < 10 m, < 25 m, < 50 m in > 50 m.

#### 2.6.4.6.7. Zaledne hidromorfološke kategorije ali nizi

V transektu inventariziramo posamezne zaledne hidromorfološke kategorije ali kombinacije zalednih hidromorfoloških kategorij: obtokov, zastale vode, mrtvic in opuščenih mlinščic. Spremenljivko opazujemo na levem in desnem bregu transeкта. Fotografija 62 prikazuje mrtvico v zalednem delu rečnega koridorja.



Fotografija 62: Mrtvica v zalednem delu rečnega koridorja

## 2.7. ORODJA ZA ANALIZO STANJA HIDROMORFOLOŠKEGA PROCESA V REČNEM KORIDORJU

Procesi, ki se odvijajo v naravnem okolju (npr. hidromorfološki proces), so izjemno kompleksni sistemi medsebojno povezanih spremenljivk. Inventarizacija takega procesa, to je popis spremenljivk procesa, ki jih današnje znanje lahko prepozna ter njihovih lastnosti, zahteva nemalo truda in predpriprave ter teoretičnega znanja o procesu. Analiza medsebojnih zakonitosti spremenljivk procesa pa zaradi kompleksnosti problematike zahteva uporabo računalniško podprtih statističnih orodij in orodij strojnega učenja.

### 2.7.1. Statistične metode

#### 2.7.1.1. Interval zaupanja

Ocenjevanje neznanih količin v statističnih raziskavah izvajamo s točkovnim ali intervalnim ocenjevanjem. Pri točkovnem ocenjevanju neznanu količino ocenjujemo z eno vrednostjo, pri intervalnem ocenjevanju pa neznanu količino ocenjujemo z dvema vrednostima. Intervalno oceno parametra imenujemo interval zaupanja. Interval zaupanja je slučajni interval, vezan na pripadajoči slučajni vzorec. Definicija intervala zaupanja je:

»Naj  $\Theta$  označuje parameter, ki ga ocenjujemo, vrednost  $\alpha$  je v naprej predpisana verjetnost,  $0 < \alpha < 1$ . Interval  $(L_1, L_2)$  imenujemo interval zaupanja za parameter  $\Theta$ , če velja enačba (Košmelj, 2001):

$$P(L_1 < \Theta < L_2) = 1 - \alpha \text{, (9)}$$

kjer so standardne vrednosti, ki jih uporabljamo za verjetnost  $\alpha$ , 0,05; 0,01 ali 0,001. Od tod izračunamo vrednosti zaupanja  $1 - \alpha$ , ki so 0,95; 0,99 ali 0,999. Zaupanje običajno izražamo z odstotki, torej je

interval zaupanja lahko 95%, 99% ali 99,9%.  $L_1$  in  $L_2$  sta spodnja in zgornja meja intervala zaupanja. Sta slučajni spremenljivki in imata pri vsakem vzorcu drugo vrednost, saj vsak slučajni vzorec velikosti  $n$  generira svoj interval zaupanja  $(l_1, l_2)$ . V populaciji vseh vzorcev velikosti  $n$  je odstotek intervalov zaupanja, ki vsebujejo parameter  $\Theta$ , enak  $100(1 - \alpha)$ . Za posamezni interval zaupanja lahko torej trdimo le z verjetnostjo  $(1 - \alpha)$ , da je eden tistih, ki vsebujejo parameter  $\Theta$ . Ne vemo pa, ali je  $\Theta$  vsebovan tudi v tem intervalu ali ne. Ločimo in po različnih postopkih računamo intervale zaupanja za povprečno vrednost, varianco in standardni odklon ter Bernoullijevo verjetnost (Košmelj, 2001).

Za potrebe analize hidromorfološkega procesa v rečnih koridorjih uporabljamo analizo ocenjevanja neznanih količin za povprečne vrednosti spremenljivk. Izračun intervala zaupanja za povprečno vrednost  $E(X)$  temelji na porazdelitvi vzorčnih aritmetičnih sredin  $\bar{x}$  v populaciji vzorcev  $n$  (Košmelj, 2001). Če je  $X \sim N(\mu, \sigma)$  in je  $\sigma$  znana, izračunamo vrednost Z-statistike (standardizirana normalna porazdelitev) po enačbi:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1). \quad (10)$$

Če je  $X \sim N(\mu, \sigma)$  in  $\sigma$  ni znana, izračunamo vrednost t-statistike (Studentova porazdelitev z  $n - 1$  stopnjami prostosti) po enačbi:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \sim t(SP = n - 1), \quad (11)$$

kjer je S vzorčni standardni odklon. Vzorčni standardni odklon izračunamo po enačbi:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (12)$$

Odklon zaupanja  $\Delta$ , ki ga dobimo iz intervala zaupanja, je največja možna razlika med  $\bar{x}$  ali oceno za povprečno vrednost in  $\mu$  ali njeno pravo vrednostjo. Na širino odklona zaupanja  $\Delta$  vplivajo (Košmelj, 2001):

- velikost zaupanja  $(1 - \alpha)$  (večje zaupanje pomeni širši odklon zaupanja);
- variabilnost s preučevane spremenljivke (večja variabilnost pomeni širši odklon zaupanja);
- število enot v vzorcu  $n$  (več enot v vzorcu pomeni ožji odklon zaupanja);
- standardna napaka ocene  $s(\bar{x})$  (večja standardna napaka pomeni slabšo natančnost vzorčne ocene in obratno).

Odklon zaupanja  $\Delta$  izračunamo glede na velikost vzorca. Za velike oziroma male vzorce izračunamo odklon zaupanja  $\Delta$  po enačbah:

$$\Delta = z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (13) \quad \text{ozioroma} \quad \Delta = t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (14)$$

Meji intervala zaupanja za povprečno vrednost sta simetrični okoli ocene  $\bar{x}$ . Interval zaupanja za povprečno vrednost zapišemo in izračunamo po enačbi:

$$l_{1,2} = \bar{x} \pm \Delta. \quad (15)$$

### 2.7.1.2. *Neparametrski testi*

V nasprotju s parametrsкими testi, ki jih v statistiki uporabljamo za primerjavo srednjih vrednosti normalno porazdeljenih spremenljivk dveh ali več populacij, neparametrške teste uporabljamo za primerjavo mediane dveh ali več populacij, ki niso nujno normalno porazdeljene. Neparametrski testi so uporabni tudi v primerih, ko analiziramo razrede, kategorije ali opisne oznake in ne realnih vrednosti spremenljivk, ali kadar se v vzorcu pojavljajo posamezne izredno velike vrednosti, ki bi sicer vplivale na izračun srednje vrednosti. Niso zahtevni za interpretacijo, a obstaja nekaj manj verjetnosti, da bomo z njimi odkrili razlike, ki obstajajo med vzorci (Townend, 2002).

Neparametrške teste lahko razumemo kot alternativo parametrskim testom. Alternativi  $t$ -testu sta npr. Mann - Whitneyev U-test in dvo-vzorčni test Kolmogorov - Smirnov. Kot alternativo testu ANOVA uporabimo Kruskal - Wallisov ali Friedmanov test, namesto korelacije pa Spearmanovo korelacijo rangov (Millard in Neerchal, 2001; Townend, 2002).

Za primerjavo vrednosti median dveh ali več populacij spremenljivk, ki niso nujno normalno porazdeljene, uporabimo Kruskal - Wallisov test, ki temelji na opazovanjih rangov. Ranžirno vrsto tvorimo iz vrednosti vseh opazovanj vseh vzorcev. Ničelna domneva  $H_0$  in alternativna domneva  $H_1$  za Kruskal - Wallisov test sta:

$H_0$  : populacije imajo isto mediano;

$H_1$  : populacije nimajo iste mediane.

Pod ničelno domnevo  $H_0$  naj bi bila povprečja rangov za vsak vzorec podobna, vrednost testne  $H$ -statistike v takem primeru je majhna. V nasprotnem primeru, ko je vrednost testne  $H$ -statistike velika, zavrnemo ničelno domnevo v korist alternativne (Millard in Neerchal, 2001). Vrednost testne  $H$ -statistike izračunamo po enačbi

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left( \frac{R^2}{n} \right) - 3(N+1), \quad (16)$$

kjer je  $N$  število vrednosti v vseh vzorcih,  $R$  vsota rangov v vzorcu in  $n$  število vrednosti v vzorcu. Vrednost testne  $H$ -statistike za velike vzorce preverimo v preglednici  $H^2$  porazdelitve za stopnjo prostosti  $(n - 1)$  (Millard in Neerchal, 2001; Townend, 2002).

### 2.7.1.3. *Korelacija*

Korelacija je statistična mera, ki vrednoti povezanost med dvema spremenljivkama na enoti populacije. Pri tem sta pomembni relaciji odvisnost (relacija, kjer vrednosti ene spremenljivke vplivajo na vrednosti druge spremenljivke, v drugo smer pa vpliva ni) in povezanost ali soodvisnost (relacija, ko se vrednosti obeh spremenljivk spreminjajo hkrati) (Košmelj, 2001). Test korelacije analizira torej le sorodnost ali podobnost med dvema spremenljivkama, ne analizira pa dejanskega vpliva spremembe ene spremenljivke na spremembo druge. Za test korelacije morajo biti vrednosti obeh spremenljivk normalno porazdeljene meritve ali štetja, pri čemer vrednosti kot ocene stanja opazovane kakovosti niso uporabne (Townend, 2002). Pri dvorazsežni normalni porazdelitvi za slučajni vektor  $(X, Y)$  velja:

$$(X, Y) \approx N(\mu_x, \mu_y, \sigma_x, \sigma_y, r), \quad (17)$$

pri čemer so lastnosti koeficienta korelacije  $r$  :

- vrednosti koeficienta korelacije so na intervalu od  $-1$  do  $+1$ :  $-1 \leq r \leq 1$ ;
- koeficient korelacije je simetričen, spremenljivki sta enakovredni:  $r_{xy} = r_{yx}$ ;
- korelacija spremenljivke same s seboj je 1:  $r_{xx} = 1$  (Košmelj, 2001).

Korelacijo linearno povezanih spremenljivk določamo s Pearsonovim koeficientom korelacije  $r$ . Ta izraža oddaljenost sorodnosti ali podobnosti dveh spremenljivk od ravne črte oziroma meri intenziteto linearne povezanosti spremenljivk. Oceno koeficienta korelacije  $r$  po Pearsonu izračunamo po enačbi (Košmelj, 2001):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{VKO_{xy}}{\sqrt{VKO_{xx} VKO_{yy}}} \quad (18)$$

Vrednosti koeficienta korelacije  $r$  blizu 1 ali  $-1$  opisujejo močno korelacijo, vrednosti blizu 0 pa majhno korelacijo spremenljivk, kakor prikazuje preglednica 22. Ničelna domneva v testu korelacije tako pravi, da povezave med spremenljivkama ni, alternativna domneva pa trdi obratno (Košmelj, 2001):

$H_0 : r = 0$ , spremenljivki nista povezani;

$H_1 : r \neq 0$ , spremenljivki sta povezani.

Preglednica 22: Jakost korelacije spremenljivk glede na vrednost koeficienta korelacije  $r$

koeficient korelacije $r$	jakost korelacije
1 – 0,9	močna
0,9 – 0,6	šibka
0,6 – 0	majhna
0	ni korelacije
0 – - 0,6	majhna
- 0,6 – - 0,9	šibka
- 0,9 – -1	močna

Vir: Townend, 2002

#### 2.7.1.4. Analiza glavnih komponent

Raziskave procesov, v katere je vpleteno veliko število opazovanih spremenljivk različnih tipov meritev na enoti populacije, so analitično zahtevne, težko razumljive in nepregledne. Zato je potrebno analitične postopke poenostaviti z opazovanjem manjšega dela linearne kombinacije originalnih spremenljivk, kar običajno izvedemo z eno izmed multivariatnih statističnih metod (Townend, 2002; Harrell et al., 2001 b).

Analiza glavnih komponent je multivariatna statistična metoda, s katero analiziramo večje podatkovne baze oziroma odnose med spremenljivkami, ki jih opazujemo. Ugotavlja, katera izmed lastnosti ali spremenljivk najbolj variira med enotami populacije. Metoda originalno bazo koreliranih podatkov linearno transformira v znatno manjšo bazo nekoreliranih podatkov v prostoru glavnih komponent. Pri tem nova podatkovna baza nekoreliranih podatkov ohrani večino informacije originalne, velike baze koreliranih podatkov. Majhne baze nekoreliranih podatkov so pripravnejše za analizo, bolj obvladljive ter jih nenazadnje lažje razumemo kot velike baze koreliranih podatkov (Lin et al., 2002). Z analizo glavnih komponent v podatkovni bazi odkrijemo niz standardiziranih linearnih kombinacij, ki jih razlaga enačba



$$\sum l_i^2 = 1, \quad (19)$$

kjer je  $l$  vektor koeficientov poljubne linearne kombinacije. Standardizirane linearne kombinacije ali glavne komponente glede na način računanja ohranjajo večino variance originalne baze podatkov. Če je  $x$  poljubni vektor s srednjo vrednostjo  $\mu$  in kovariančno matriko  $\Sigma$ , je transformacija glavne komponente opisana z enačbo

$$x \rightarrow y = \Gamma'(x - \mu), \quad (20)$$

kjer je  $\Gamma$  pravokotnica,  $\Gamma' \Sigma \Gamma = \Delta$  pa diagonala, in velja  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0 \dots$ . Tako lahko  $i$ -to glavno komponento  $x$ -a definiramo kot  $i$ -ti element vektorja  $y$  in velja enačba (Harrell et al., 2001 b):

$$y_i = \gamma_i'(x - \mu). \quad (21)$$

Glavne komponente so razvrščene glede na pomembnost. Prva glavna komponenta ima največjo varianco med vsemi standardiziranimi linearnimi kombinacijami  $x$ -a oziroma določa najbolj variabilno značilnost vzorca. Druga glavna komponenta ima največjo varianco med vsemi standardiziranimi linearnimi kombinacijami  $x - a$ , nekorelirano s prvo glavno komponento in določa drugo najbolj variabilno značilnost vzorca itd.

Maksimalno število glavnih komponent je enako številu spremenljivk ali številu tipov meritev v bazi podatkov. Viri navajajo nekaj kriterijev za redukcijo števila oziroma določitev števila upoštevanih glavnih komponent ali tistih, ki jih glede na rezultate testa obdržimo kot pomembne:

- pomembnejše glavne komponente vizualno ločimo od manj pomembnih glede na histogram glavnih komponent;
- v nadaljni raziskavi upoštevamo toliko oziroma tiste glavne komponente, da razložimo približno 90 % variance;
- iz nadaljne raziskave izločimo glavne komponente s podpovprečnimi vrednostmi standardne deviacije;
- upoštevamo prvih šest glavnih komponent (Townend, 2002; Harrell et al., 2001 b).

Za analizo podatkov z metodo glavnih komponent uporabljamo kovariančno ali korelacijsko matriko. Z uporabo kovariančne matrike pripišemo večji pomen tistim spremenljivkam, ki imajo večjo velikost zapisa številke. Z uporabo korelacijske matrike, ki je v praksi pogosteje uporabljena, pa pripisujemo enak pomen vsem tipom meritev spremenljivk v analizi (Townend, 2002).

#### 2.7.1.5. MANOVA

Multivariatno statistično metodo za analizo variance (MANOVA ali multivariatna ANOVA) uporabljamo v primerih, ko na enotah populacije statistično obdelujemo več spremenljivk hkrati in ugotavljamo podobnost oziroma različnost enot populacije, ne pa tudi konkretnih razlik. Zato multivariatno analizo variance pogostokrat uporabljamo v kombinaciji z drugima dvema multivariatnima statističnima metodama, z analizo glavnih komponent in s klustersko analizo. Ničelna in alternativna domneva za multivariatno analizo variance sta (Townend, 2002):

$H_0$  : vsi vzorci prihajajo iz populacije z enakim srednjim vektorjem;

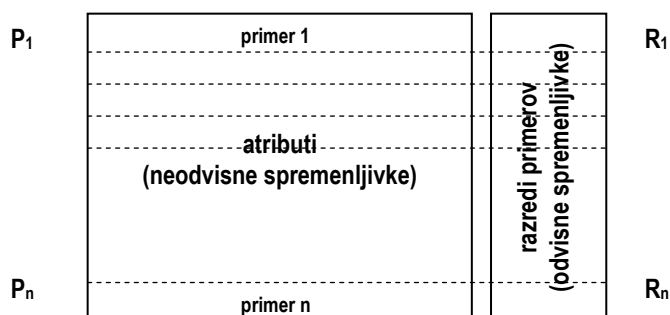
$H_1$  : vzorci ne prihajajo vsi iz populacije z enakim srednjim vektorjem,

pri čemer velja, da imajo populacije enak srednji vektor le če so srednje vrednosti vseh spremenljivk, vključenih v analizo enake. Za izvedbo multivariatne analize variance veljajo zahteve, da je podatkovna baza nastala na osnovi naključnega vzorčenja z neodvisnimi opazovanji, da so vrednosti spremenljivk normalno porazdeljene in da imajo enake variance. Vrednosti spremenljivk morajo biti meritve vrednosti ali štetja pojavov. Vrednosti spremenljivk kot na primer ocene stanja za izvedbo multivariatne analize variance niso primerne. Zaradi kompleksnosti izračunov je multivariatna analiza variance običajno izvedena s pomočjo računalniške opreme in statističnih programskih paketov (Townend, 2002).

## 2.7.2. Orodja strojnega učenja

Za analizo velikih in kompleksnih baz podatkov se izmed orodij strojnega učenja v praksi zelo pogosto uporabljajo odločitvena drevesa. Z odločitvenimi drevesi analiziramo podatke in odkrivamo nova znanja o njihovih medsebojnih razmerjih ali značilnih vzorcih, ki jih tvorijo ter izdelujemo konceptualne modele, ki jih uporabljamo za odkrivanje novih znanj o zakonitostih procesa, ki ga raziskujemo. Ti so prav tako uporabni za analizo odnosov med podatki ali spremenljivkami ter za napovedi stanj raziskovanega procesa. V proces dela je vključen ekspert ali skupina ekspertov (učitelj) ter računalnik oziroma računalniški program in algoritem (učenec) (Bratko et al., 2003 a; Atanasova in Kompore, 2002).

Osnova za izdelavo konceptualnih modelov s pomočjo orodij strojnega učenja je podatkovna baza, ki jo sestavljajo primeri. Primere podajamo v preglednici v vrsticah, ena vrstica je torej en primer. Vsebuje attribute, to so diskretne in realne vrednosti neodvisnih spremenljivk, ter razrede primerov, to so kvalitativne ocene odvisne spremenljivke. Baza podatkov za izdelavo odločitvenih dreves je prikazana na shemi 22. Tudi za delo z odločitvenimi drevesi je izrednega pomena kakovost in prečiščenost podatkovne baze. Če sistem napajamo s slabimi, neprečiščenimi podatki, so tudi rezultati slabi in nezanesljivi (Bratko et al., 2003 a; Atanasova in Kompore, 2002).



Shema 22: Baza podatkov za izdelavo odločitvenih dreves

Rezultat analize je odločitveno drevo, ki ga iz razredov primerov izdelava učni algoritem. Da bi se izbrani algoritem naučil napovedovanja nekega razreda, mora biti na voljo dovolj primerov tega razreda. Odločitveno drevo je torej shema procesa, sistema ali koncepta, ki ga raziskujemo in skušamo analitično razložiti. Med najpogosteje uporabljenimi algoritmi za izdelavo odločitvenih dreves je Top – Down Induction of Decision Trees:

- podani niz primerov ( $S$ ) razdelimo na podnize ( $S_i$ ) glede na izbrani najboljši atribut; vsi primeri podniza imajo tako isto vrednost izbranega atributa; vsak podniz tvori vozlišče v drevesu, najboljši atribut pa se avtomatsko izbere z izračunom entropije in pridobitvijo informacije;
- če so vsi primeri v podnizu  $S_i$  istega razreda, potem se ustvari list drevesa s tem razredom, sicer pa se postopek ponovi za  $S = S_i$  (Atanasova in Kompore, 2002).

Delo z odločitvenimi drevesi omogoča dve vrsti raziskav, odkrivanje novega znanja in izdelavo uporabnih modelov za razumevanje in simuliranje raziskovanega procesa. V postopku pridobivanja novega znanja izmed spremenljivk poljubno izberemo eno kot odvisno in ji torej namenimo vlogo razreda primera, ki ga napovedujemo z vsemi ostalimi podanimi atributi. S pomočjo učnega algoritma raziskujemo povezanost ali medsebojno odvisnost atributov. Pri raziskovanju uporabnih modelov pa je razred, ki ga napovedujemo, odvisna spremenljivka, atributi pa neodvisne spremenljivke (Atanasova, Kompare, 2002).

Vrednotenje rezultatov učenja, torej uspešnosti dela algoritma, merimo z dvema kriterijema: natančnost razvitih konceptov in razumljivost. Natančnost razvitih konceptov merimo z verjetnostjo pravilne klasifikacije poljubnih primerov v razrede primerov, razumljivost razvitih konceptov pa je kriterij povdargeno subjektivne narave in ga je zato težje meriti (Bratko et al., 2003 b).

Za potrebe vrednotenja rezultatov učenja bazo podatkov razdelimo na učno množico in testno množico. Učni in testni množici lahko razdelimo na več načinov:

- učna množica obsega dve tretjini vseh podatkov, testna množica pa preostalo tretjino;
- deleža množic določimo naključno;
- od  $k$  nizov primerov enega privzamemo kot testno množico,  $k - 1$  pa jih privzamemo kot učno množico;
- bazo podatkov razdelimo na desetine, od tega eno desetino privzamemo kot testno množico, preostalih devet desetih podatkov pa kot učno množico (10-fold cross validation) (Bratko et al., 2003 b).

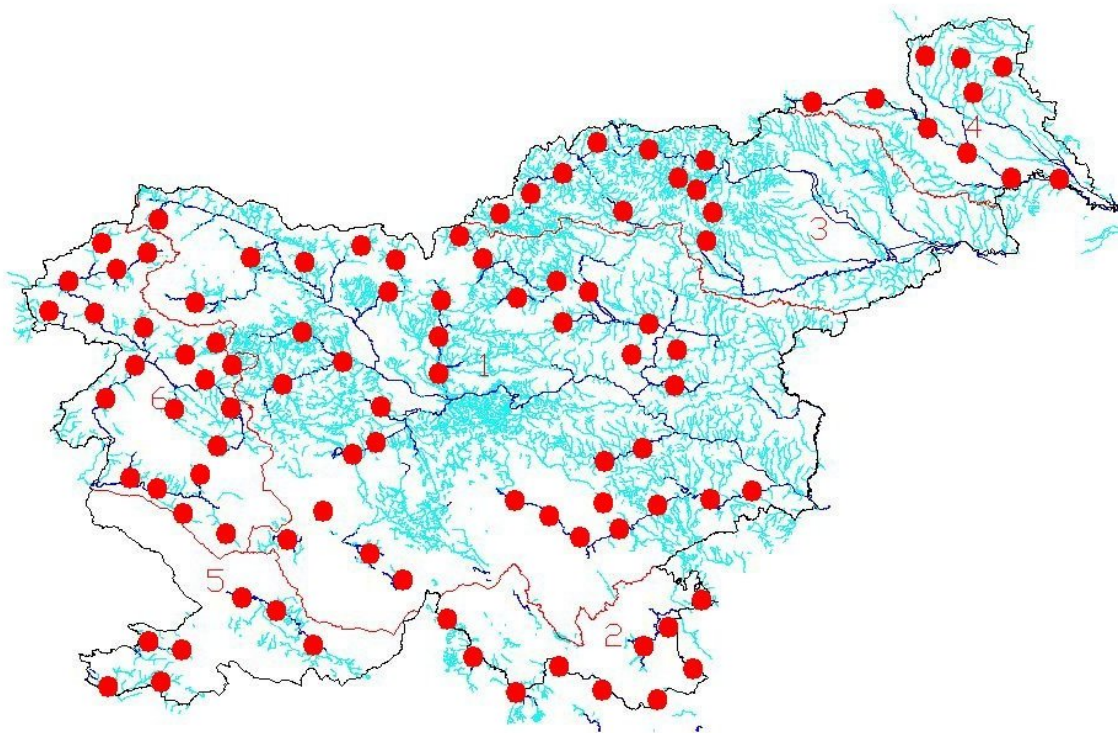
Da bi povečali zaupanje v test vrednotenja rezultatov, proces učenja in testiranja ponavljamo, običajno desetkrat. V praksi se tako kot standarden postopek vrednotenja rezultatov priznava in vedno pogosteje uporablja deset delno navzkrižno testiranje veljavnosti (10-fold cross validation). Podobno kakor postopek učenja razredov lahko postopek vrednotenja natančnosti uspešno izvajamo le na osnovi dovolj velikih baz podatkov (Bratko et al., 2003 b).

### 3. REZULTATI IN RAZPRAVA

#### 3.1. PREDHODNE EKOMORFOLOŠKE RAZISKAVE V SLOVENSkih EKOHIDROGRAFSKIH OBMOČJIH

##### 3.1.1. Terensko delo

V uvodnem obdobju raziskave ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev v naravnem okolju smo opravili terenske raziskave slovenskih vodotokov v vseh ekohidrografskih območjih (Brilly et al., 2001). Pri tem smo pozornost usmerili na bolj ohranjene vodotoke oziroma dele ali odseke vodotokov, ki so bili po kategorizaciji pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002) razvrščeni v 1. ali 1.–2. kakovostni razred. Slika 19 prikazuje lokacije terenskih raziskav, v preglednici 23 pa so navedeni v uvodnem obdobju raziskave terensko analizirani vodotoki po posameznih ekohidrografskih območjih. Geološko podlago povzemamo po Geološki karti Slovenije (GZS, 1990). Fotografije nekaterih zanimivejših odsekov raziskanih vodotokov so v prilogi 8 na priloženi zgoščenki.



Slika 19: Lokacije terenskih raziskav bolj ohranjenih vodotokov slovenske hidrografske mreže

Preglednica 23: Seznam terensko analiziranih vodotokov po ekohidrografskih območjih

<b>EHO 1 – alpsko ekohidrografsko območje donavskega porečja</b>				
<b>alpski (visokogorski in gorski) kras</b>				
<b>zap. št.</b>	<b>datum</b>	<b>vodotok</b>	<b>geološka podlaga</b>	<b>nadm. v.</b>
1	26.05.01	Mala Pišnica, spodnji tek	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	900 m
2	26.05.01	Mala Pišnica, srednji tek	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	1.100 m
3	26.05.01	Mala Pišnica, zgornji tek	apnenci in dolomiti	1.250 m
4	29.05.01	Tržiška Bistrica, zgornji tek	apnenci in dolomiti	850 m
5	29.05.01	Dovžanova soteska	apnenci in dolomiti	650 m
6	04.05.01	Kokra, zgornji tek	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	800 m
7	14.09.01	Meža, zgornji tek	globočnine, metamorfne kamnine	900 m
8	04.05.01	Meža, Koprivna	globočnine, metamorfne kamnine	750 m
<b>EHO 2 – alpsko ekohidrografsko območje Jadranskega morja</b>				
<b>alpski (visokogorski in gorski) kras</b>				
<b>zap št</b>	<b>datum</b>	<b>vodotok</b>	<b>geološka podlaga</b>	<b>nadm. v.</b>
1	24.08.01	Soča, izvir	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	900 m
2	24.08.01	Soča, zgornja Trenta	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	750 m
3	24.08.01	Mlinarica	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	1000 m
4	24.08.01	Krajcarica	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	800 m
5	24.08.01	Limarica	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	800 m
6	24.08.01	Soča, spodnja Trenta	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	650 m
7	24.08.01	Soča, Mala Korita	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	600 m
8	24.08.01	Vrsnik, Kašča	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	550 m
9	24.08.01	Soča, Velika korita	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	450 m
10	24.08.01	Lepenjica, Žvan	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	500 m
11	24.08.01	Koritnica, Log	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	600 m
12	24.08.01	Soča, Čezsoča	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	350 m
13	24.08.01	Soča, Log čezsoški	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	350 m
<b>dinarsko alpski kras</b>				
14	24.08.01	Soča, Srpenica	apnenec, dolomiti, lapor, mlade naplavine	350 m
15	24.08.01	Soča, Trnovo	apnenec, dolomiti, lapor, mlade naplavine	300 m
16	24.08.01	Soča, Kamno	apnenec, dolomiti, lapor, mlade naplavine	200 m
17	24.08.01	Soča, Volarje	apnenec, dolomiti, lapor, mlade naplavine	200 m
<b>EHO 3 – kraško ekohidrografsko območje Jadranskega morja</b>				
<b>dinarski (visoki) in dinarsko alpski kras</b>				
<b>zap št</b>	<b>datum</b>	<b>vodotok</b>	<b>geološka podlaga</b>	<b>nadm. v.</b>
1	24.08.01	Soča, spodnji tek	apnenec, lapor, fliš, mlade naplavine	različne
2	25.08.01	Idrijca	apnenci in dolomiti	različne
3	25.08.01	Cerkniščica, Želin	apnenci in dolomiti	250 m
4	25.08.01	Hotenja	apnenci in dolomiti	različne
5	25.08.01	Trebuščica, Sova	apnenci in dolomiti	250 m
6	25.08.01	Trebuščica, Sova	apnenci in dolomiti	250 m
7	25.08.01	Trebuščica, Mehna dolina	apnenci in dolomiti	350 m
8	25.08.01	Bača	apnenci in dolomiti	različne
<b>EHO 4 – kraško ekohidrografsko območje donavskega porečja</b>				
<b>dinarski (nizki primorski in notranjski) kras</b>				
<b>zap št</b>	<b>datum</b>	<b>vodotok</b>	<b>geološka podlaga</b>	<b>nadm. v.</b>
1	13.08.01	Planinsko polje	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	450 m
2	13.08.01	Unica, Laze	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	450 m
3	13.08.01	Stržen, Gorica	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	550 m
4	13.08.01	Obrh, Osredek	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	550 m

se nadaljuje

Preglednica 23, nadaljevanje

zap št	datum	vodotok	geološka podlaga	nadm. v.
5	13.08.01	Mali Obrh	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	600 m
6	13.08.01	Veliki Obrh	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	600 m
7	13.08.01	Nanoščica	lapor, glina, peščenjak, mlade naplavine	550 m
8	13.08.01	Pivka, Zalog	apnenci, mlade naplavine	530 m
<b>dinarski (visoki) kras</b>				
9	13.08.01	Čabranka	apnenci in dolomiti	300 m
10	13.08.01	Kolpa, Osilnica	apnenci in dolomiti	300 m
11	13.08.01	Kolpa, Osilnica	apnenci in dolomiti	300 m
12	13.08.01	Kolpa, Osilnica	apnenci in dolomiti	300 m
<b>EHO 5 – prialpsko ekohidrografsko območje</b>				
<b>dinarsko alpski kras</b>				
zap št	datum	vodotok	geološka podlaga	nadm. v.
1	29.05.01	Peračica, Brezje	skrilavci in peščenjaki	450 m
2	29.05.01	Peračica, Noše	skrilavci in peščenjaki	450 m
3	14.09.01	Lučnica, Grobelnik	apnenci in dolomiti	600 m
4	14.09.01	Lučka Bela, Podpečnik	apnenci in dolomiti	600 m
5	14.09.01	Lučka Bela, Podpečnik	apnenci in dolomiti	600 m
6	14.09.01	Lučka Bela, Podpečnik	apnenci in dolomiti	600 m
7	14.09.01	Dreta, Gornji grad	apnenci in dolomiti	450 m
8	29.10.01	Savinja, Celje	skrilavci, apnenci, dolomiti, mlade naplavine	250 m
9	29.10.01	Savinja, Laško	skrilavci, apnenci, dolomiti, mlade naplavine	200 m
10	29.10.01	Savinja, Rimske Toplice	skrilavci, apnenci, dolomiti, mlade naplavine	250 m
11	13.06.01	Rečica	skrilavci, apnenci, dolomiti	različne
12	13.06.01	Lahomnica	skrilavci, apnenci, dolomiti	različne
13	03.07.01	Gračnica	skrilavci, apnenci, dolomiti	različne
14	12.09.01	Drava, zgornji tek	mlade naplavine	različne
15	12.09.01	Drava, Kozjak	mlade naplavine	350 m
16	12.09.01	Radeljski potok, Kozjak	metamorfne kamnine	500 m
17	13.09.01	Plavžnica, Sv. Primož	metamorfne kamnine, globočnine	600 m
18	13.09.01	Radoljna, Bezjak	globočnine	900 m
19	13.09.01	Radoljna, Bezjak	globočnine	900 m
20	13.09.01	Radoljna, Bezjak	globočnine	900 m
21	13.09.01	Oplotnica, Jurgovo	globočnine	1.100 m
22	13.09.01	Oplotnica, Jurgovo	globočnine	1.100 m
23	13.09.01	Črne mlake, Pesek	globočnine	1.200 m
24	13.09.01	Piklerica	metamorfne kamnine	različne
25	13.09.01	Majland, Šumikov vrh	metamorfne kamnine	900 m
<b>EHO 6 – ravninsko in gričevnato ekohidrografsko območje</b>				
zap št	datum	vodotok	geološka podlaga	nadm. v.
1	03.08.01	Mura	mlade naplavine	različne
2	03.08.01	Mura, Podgorje	mlade naplavine	250 m
3	03.08.01	Mura, Radenci	mlade naplavine	200 m
4	03.08.01	Mura, Veržej	mlade naplavine	200 m
5	03.08.01	Mura, Bistrica	mlade naplavine	150 m
6	03.08.01	Mura, Petišovci	mlade naplavine	150 m
7	03.08.01	Ledava	skrilavci in peščenjaki, mlade naplavine	različne
8	03.08.01	Kobila	skrilavci in peščenjaki, mlade naplavine	različne
9	03.08.01	Gorički potoki	skrilavci in peščenjaki	različne

se nadaljuje

Preglednica 23, nadaljevanje

<b>EHO 7 – primorsko ekohidrografska območje</b>				
<b>zap št</b>	<b>datum</b>	<b>vodotok</b>	<b>geološka podlaga</b>	<b>nadm. v.</b>
1	24.08.01	Nadiža	fliš, mlade naplavine	različne
2	24.08.01	Nadiža, Breginj	fliš, mlade naplavine	300 m
3	24.08.01	Nadiža, Robič	fliš, mlade naplavine	300 m
4	24.08.01	Vipava	fliš, mlade naplavine	različne
5	24.08.01	Vipava, Renče	fliš, mlade naplavine	50 m
6	24.08.01	Branica, Mesarji	apnenci in dolomiti, mlade naplavine	100 m
7	24.08.01	Raša, Mahnič	apnenci in dolomiti	250 m
8	05.06.01	Reka, zgornji tek	fliš, mlade naplavine	različne
9	05.06.01	Reka, srednji tek	fliš, mlade naplavine	različne
10	05.06.01	Reka, spodnji tek	fliš	različne
11	05.06.01	Reka, Osterija	fliš	550 m
12	05.06.01	Reka, Škoflje	fliš	350 m
13	11.07.01	Reka (test 5)	fliš, mlade naplavine	različne
14	16.07.01	Dragonja, zgornji tek	fliš	različne
15	16.07.01	Dragonja, srednji tek	fliš, mlade naplavine	različne
16	16.07.01	Dragonja, spodnji tek	fliš, mlade naplavine	različne
17	16.07.01	Dragonja, Laborska dolina	fliš	100 m
18	16.07.01	Dragonja, Boršt	fliš	150 m
19	05.11.01	Dragonja (test 5)	fliš, mlade naplavine	različne

Vir: GZS, 1990

Raziskave površja, površinskega pokrova, talnih tipov, biotske raznovrstnosti in krajinskih tipov na območju Slovenije ter pripadajoče regionalizacije površja Slovenije (Gams, 1986; Marinček, 1987; Stritar, 1990; Mršič, 1997; Marušič et al., 1998), nenazadnje pa tudi regionalizacija slovenske hidrografske mreže (Brilly et al., 2001), prikazujejo veliko pestrost pojavnih oblik in tipov raziskovanih kakovosti okolja. Čeprav ciljna terenska raziskava hidromorfološke strukture vodotokov v Sloveniji še ni bila izdelana, smo lahko na podlagi dognanj navedenih raziskav sklepali tudi o pestri hidromorfološki strukturi in heterogeni hidromorfološki podobi slovenskih vodotokov.

Na osnovi primerjalnih terenskih raziskav slovenskih vodotokov v ekohidrografskih območjih smo ugotovili razlike hidromorfološkega stanja vodotokov predvsem z ozirom na povprečne padce struge ter geološko podlago, po kateri tečejo. Prav tako smo ugotovili razlike med hidromorfološkimi podobami vodotokov po posameznih ekohidrografskih območjih.

Najizrazitejšo členitev toka reke na zgornji, srednji in spodnji tek smo lahko ugotovili pri vodotokih alpskega hidrografskega območja donavskega porečja (zahodni del), alpskega hidrografskega območja Jadranskega morja, kraškega ekohidrografskega območja Jadranskega morja, prialpskega ekohidrografskega območja in primorskega ekohidrografskega območja. Vodotoki omenjenih ekohidrografskih območij imajo povprečne padce struge večjih redov velikosti. Tečejo v mladih naplavinah apnenca in dolomita (alpski del) oziroma v flišu (primorski del) ter ponekod v metamorfni kamninah ali globočinah (Kozjak, Pohorje). Krajine vodotokov v omenjenih ekohidrografskih območjih so geomorfološko intenzivno členjene in razgibane. Hidromorfološko stanje se zvezno razvija od zgornjega do spodnjega teka vodotoka in je lahko izsledljivo v okolju. Rečni koridorji vsebujejo številne hidromorfološke kategorije.

Vodotoki kraškega ekohidrografskega območja donavskega porečja ter ravninskega in gričevnatega ekohidrografskega območja tečejo v geomorfološko manj členjenih in manj razgibanih krajinah z majhnimi povprečnimi padci strug. Geološka podlaga so apnenci in dolomiti (Notranjska, Kočevska) ter mlade naplavine skrilavcev in peščenjakov (Prekmurje). S terenskimi raziskavami kraških in ravninskih

vodotokov nismo ugotovili tako izrazite delitve na zgornji, srednji in spodnji tek, kakor na vodotokih ostalih ekohidrografskih območjih. Hidromorfološko stanje kraških vodotokov od zgornjega do spodnjega teka vodotoka ni vedno zvezno. Prekinja jih za kraško površje značilno ponikanje vode in je zato težje izsledljivo. Vodotoki ravninskega in gričevnatega ekohidrografskega območja tečejo pretežno v ravni krajini, so sicer hidromorfološko bogati in originalni, a zaradi manj izrazite delitve na zgornji, srednji in spodnji tek ne razvijajo tako pestrih hidromorfoloških podob kakor vodotoki prej ostalih ekohidrografskih območjih.

Na izbiro reke Dragonje kot študijskega rečnega vodotoka oziroma koridorja so vplivali številni dejavniki: dostopnost in dosegljivosti arhivskih virov in podatkov za območje obdelave, izražena delitev teka reke na zgornji, spodnji in srednji tek, širok razpon stopnje ohranjenosti vodotoka in rečnega koridorja, od nespremenjenega do popolnoma spremenjenega vodotoka ali antropogenega kanala, ter za slovensko kulturno krajino značilne oblike rabe tal in proces zaraščanja zemljišč. Reka Dragonja je kot študijski primer zanimiva tudi zaradi enotne geološke podlage vzdolž teka reke (fliš). Ta predstavlja prednost pri obdelavi podatkov hidromorfoloških spremenljivk in večjo primerljivost le teh v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke. Prav tako so na odločitev vplivale številne raziskave in dejavnosti, posledično pa količina razpoložljivih podatkov, ki jih je izvedla ali jih izvaja Katedra za splošno hidrotehniko Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani v povodju reke Dragonje.

Glede na sorodnost geološke podlage in površinskega pokrova (Mršič, 1997), razgibanosti reliefa, razpon stopnje ohranjenosti vodotoka in rečnega koridorja (VGI, 1994, 2002) in podobnost rabe tal vzdolž koridorja, smo kot drugi testni rečni koridor za testiranje tujih metod izbrali reko Reko.

### 3.1.2. Testiranje nekaterih tujih metod na reki Dragonji in reki Reki

Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, predstavljene v poglavju 2.5., smo za potrebe izbora testne metode raziskave aplicirali na petih testnih odsekih na reki Dragonji in petih testnih odsekih na reki Reki (priloga 1 na priloženi zgoščenki). Lokacije testnih odsekov smo določili glede na tek vodotoka (zgornji, srednji, spodnji tek), ter glede na količino antropogenih posegov v rečni koridor po podatkih študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002). Koordinate centroidov testnih odsekov so predstavljene v preglednici 24. Dolžina testnih odsekov je bila vsakokrat 500 m.

Preglednica 24: Koordinate centroidov testnih odsekov na reki Dragonji in reki Reki

lokacija	koordinate centroidov
<b>reka Dragonja</b>	
Rebarce pod Trsekom (D1)	5 037 600 / 5 409 250
Laborska dolina (D2)	5 036 900 / 5 403 100
Mlini / Vrbovje (D3)	5 035 000 / 5 395 500
Mlini / Rovedo – Fondovo (D4)	5 036 000 / 5 393 750
Soline (D5)	5 036 500 / 5 391 750
<b>reka Reka</b>	
Osterija (R1)	5 039 250 / 5 451 500
Ilirska Bistrica / Lesonit (R2)	5 047 600 / 5 440 100
Prem (R3)	5 052 100 / 5 436 300
Cerkvenikov mlin (R4)	5 056 900 / 5 427 400
Vremsko polje / Loka (R5)	5 056 500 / 5 424 750

V preglednici 25 je prikazana primerjava rezultatov po izbranih metodah za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev z rezultati študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002).



Preglednica 25: Primerjava rezultatov testiranih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev na testnih odsekih na reki Dragonji in reki Reki z rezultati študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu\*

reka Dragonja					
	VGI*	RCE (Petersen, 1992)	SVAP (Newton et al., 1998)	RHS (Raven et al., 1998)	GSGB (Zumbroich et al., 1999)
	razred**	ocena / razred	ocena / razred	ocena / razred	ocena / razred
D1	2 od 7	360 / 1 od 5	9,3 / 1 od 4	0 / 1 od 6	1,7 / 1 od 7
D2	2 od 7	350 / 1 od 5	9,3 / 1 od 4	17 / 4 od 6	1,8 / 2 od 7
D3	3 od 7	179 / 3 od 5	6,5 / 3 od 4	48 / 6 od 6	3,9 / 4 od 7
D4	5 od 7	63 / 5 od 5	3,9 / 4 od 4	60 / 6 od 6	5,4 / 6 od 7
D5	5 od 7	95 / 4 od 5	2,7 / 4 od 4	81 / 6 od 6	6,7 / 7 od 7
reka Reka					
	VGI*	RCE (Petersen, 1992)	SVAP (Newton et al., 1998)	RHS (Raven et al., 1998)	GSGB (Zumbroich et al., 1999)
	razred**	ocena / razred	ocena / razred	ocena / razred	ocena / razred
R1	2 od 7	346 / 1 od 5	9,3 / 1 od 4	0 / 1 od 6	1,2 / 1 od 7
R2	4 od 7	149 / 4 od 5	3,5 / 4 od 4	79 / 6 od 6	5,5 / 6 od 7
R3	3 od 7	196 / 3 od 5	5,4 / 4 od 4	7 / 3 od 6	4,1 / 4 od 7
R4	2 od 7	235 / 2 od 5	6,4 / 3 od 4	18 / 4 od 6	3,0 / 3 od 7
R5	2 od 7	240 / 2 od 5	6,8 / 3 od 4	12 / 4 od 6	3,1 / 3 od 7

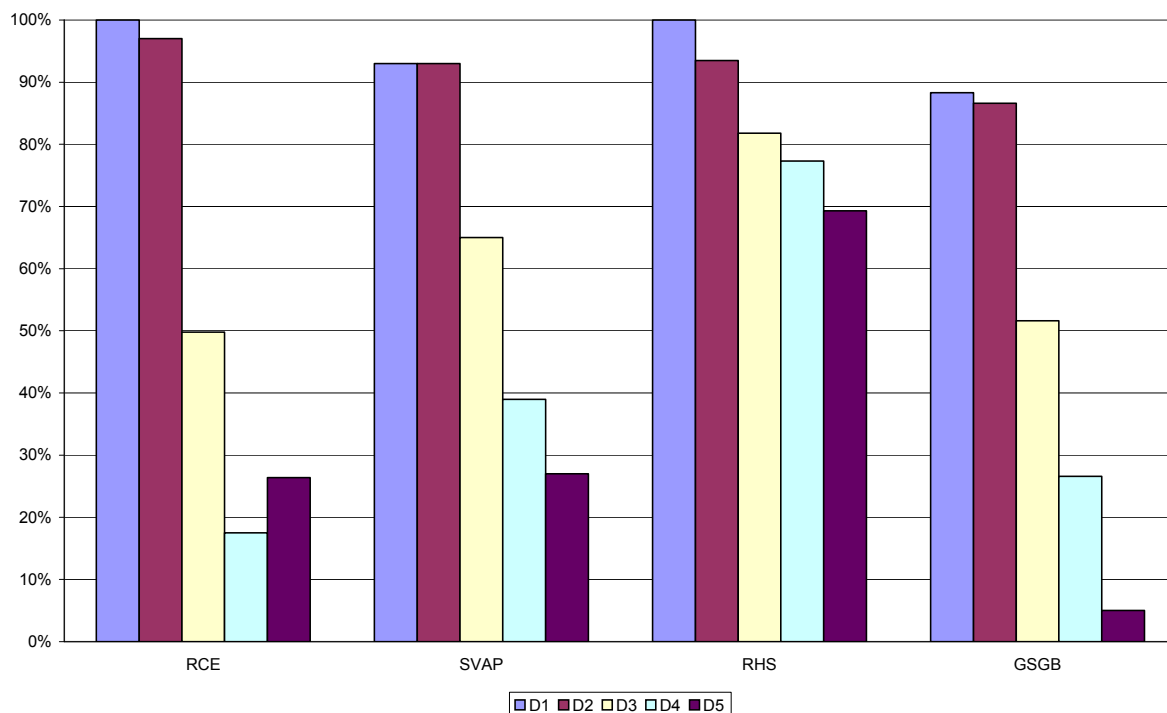
\* VGI, 1994, 2002

\*\* študija podaja hidromorfološko kakovostno lestvico štirih razredov in treh medrazredov; za potrebe primerjave s testiranimi metodami smo lestvico v preglednici preuredili v sedem kakovostnih razredov

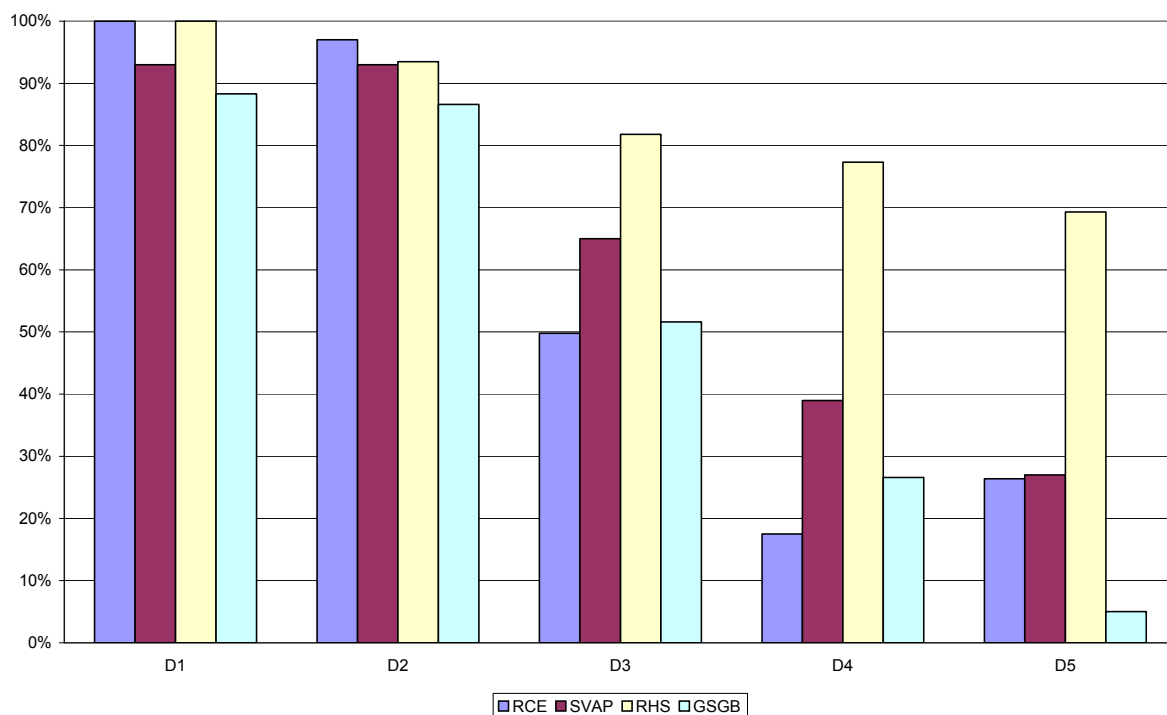
Grafa 6 in 8 prikazujeta ocene hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev po posameznih testiranih metodah na hidromorfološko različno ohranjenih naravnih in antropogenih testnih odsekih od D1 do D5 na reki Dragonji in od R1 do R5 na reki Reki. Ocene so podane v odstotkih maksimalnega možnega števila točk po posamezni metodi. Grafa 7 in 9 prikazujeta rezultate ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev na izbranih testnih odsekih na reki Dragonji in reki Reki po izbranih metodah. Ocene so podane v odstotkih maksimalnega števila točk za posamezno uporabljeno metodo. Ker postopek za razvrstitev odsekov vodotokov v kakovostne razrede po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994; 2002) ne uporablja točkovanja, rezultati le-te na grafih niso prikazani.

Rezultati ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev reke Dragonje in reke Reke kažejo določeno stopnjo podobnosti med švedsko metodo RCE, ameriško metodo SVAP in nemško metodo GSGB. Razmerja deležev maksimalnega števila točk, ki jih omenjene tri metode pripisujejo različno ohranjenim izbranim testnim odsekom na reki Dragonji (graf 6) in reki Reki (graf 8), ustrezajo terenski ekspertni presoji razlik ohranjenosti testnih odsekov na obeh rekah. Izmed navedenih metod pa je sicer edini dosedanji strokovni presoji (VGI, 1994; 2002) najpodobnejšo določitev hidromorfoloških kakovostnih razredov določila metoda GSGB. Večja odstopanja od ocen omenjenih metod opazimo pri rezultatih angleške metode RHS, predvsem na manj ohranjenih odsekih reke Dragonje (graf 7) in reke Reke (graf 9). Razlike v omenjeni metodi nastajajo zaradi zelo majhnih razponov hidromorfoloških ocen petih od skupno šestih kakovostnih razredov, ter zelo velikega razpona hidromorfološke ocene šestega kakovostnega razreda. Razponi hidromorfoloških ocen uporabljenih metod so predstavljeni v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.

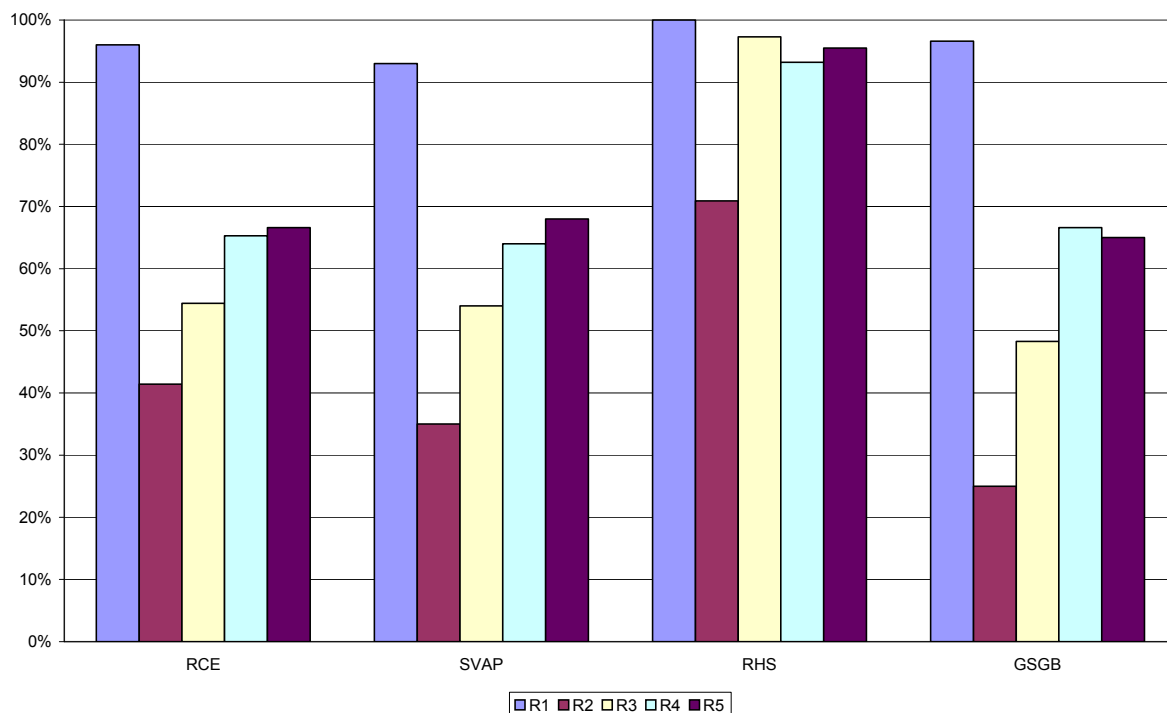
Na podlagi ekspertne analize rezultatov, primerjave kakovostnih razredov po izbranih metodah s preurejenimi kakovostnimi razredi po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2001) ter prednosti in pomanjkljivosti izbranih metod (Bizjak in Mikoš, 2001a), je bila za podrobnejše testiranje na celotnem teku reke Dragonje izbrana nemška metoda GSGB.



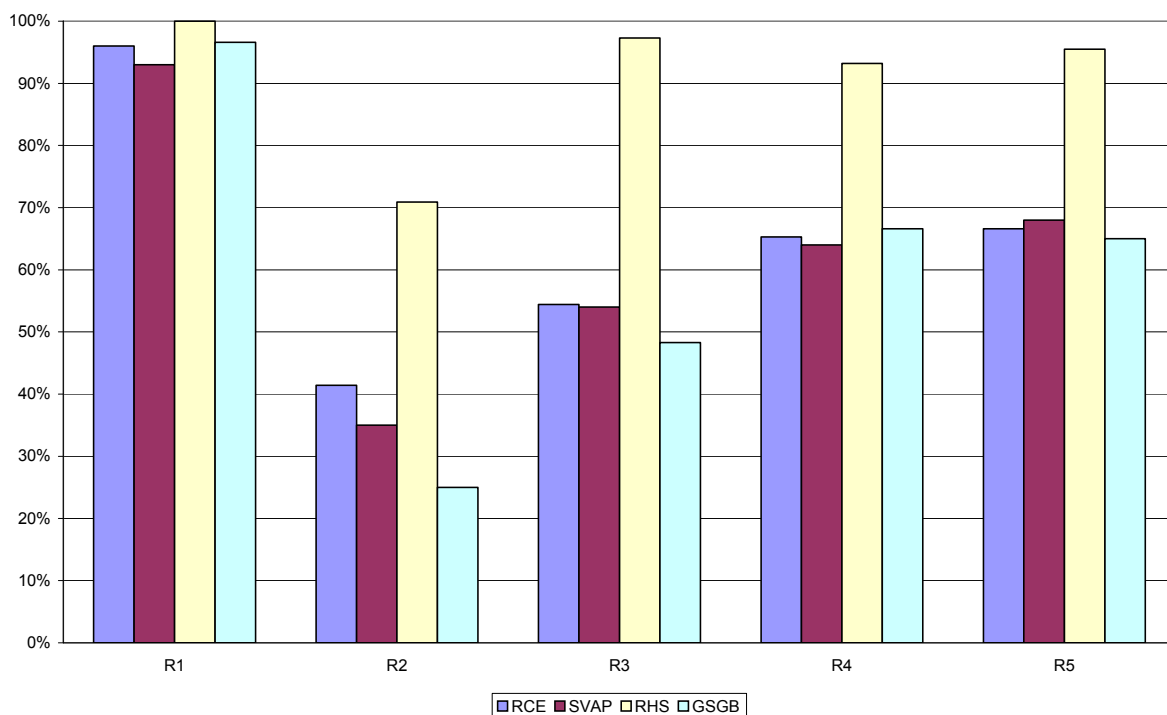
Graf 6: Rezultati ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja na testnih odsekih D1, D2, D3, D4 in D5 na reki Dragonji po uporabljenih metodah v odstotkih maksimalnega števila točk za posamezno uporabljeno metodo



Graf 7: Primerjava rezultatov ocenjevanja po izbranih metodah za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja v odstotkih maksimalnega števila točk na testnih odsekih D1, D2, D3, D4 in D5 na reki Dragonji



Graf 8: Rezultati ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja na testnih odsekih R1, R2, R3, R4 in R5 na reki Reki po uporabljenih metodah v odstotkih maksimalnega števila točk za posamezno uporabljeno metodo



Graf 9: Primerjava rezultatov ocenjevanja po izbranih metodah za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja v odstotkih maksimalnega števila točk na testnih odsekih R1, R2, R3, R4 in R5 na reki Reki

## 3.2. ANALIZA KORIDORJA REKE DRAGONJE

### 3.2.1. Hidrološke lastnosti porečja reke Dragonje

Območje študije je glavni tok reke Dragonje brez pritokov od izvira pri Poletičih do izliva antropogenega odvodnega kanala Sv. Odorika na Solinah v Jadransko morje. Dragonja je koritasto zarezana v zaledje Koprskega flišnega gričevja. Hidrografska mreža je značilno oblikovana v jarke, grape in koritaste doline brez večjih vodnih pretokov. V porečju Dragonje je 279 km erozijskih jarkov in grap, preko 10 m globokih erozijskih oblik brez akumuliranega materiala (Natek, 1990). Ob intenzivnejših padavinah in nevihtah neprepustni fliš na strmih pobočjih zadrži malo vode. Reka s pritoki ima veliko erozivno zmogljivost. Slika 20 prikazuje povodje reke Dragonje, slika 21 pa območja poplavin in površinski pokrov v koridorju reke Dragonje.



Slika 20: Povodje reke Dragonje (Šraj, 2003)



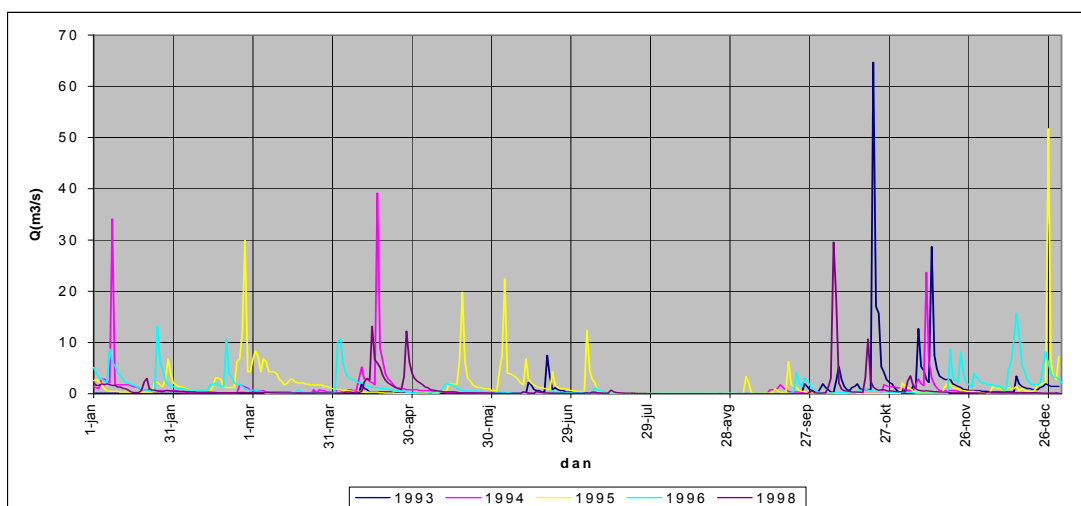
Slika 21: Koridor reke Dragonje (Orožen Adamič, 1980)

Glavni tok reke Dragonje izvira pod vasjo Poletiči in se po 29 km toka na Solinah pri Sečovljah izlije kot odvodni kanal Sv. Odorika v Jadransko morje. Struga stare Dragonje, ki je tekla severneje po solinah, je suha in zaraščena. Površina vodozbirnega območja je 95,6 km<sup>2</sup>, reka pa ima zaradi vrezanosti spodnjega dela doline na meji med flišnimi in apniškimi skladi Bujskega večinoma oziroma bistvene desne pritoke (21 desnih in 17 levih pritokov). Gostota rečne mreže je 1,81 km / km<sup>2</sup> (Orožen Adamič, 1980). Fotografije koridorja reke Dragonje so v prilogi 7 na priloženi zgoščenci.

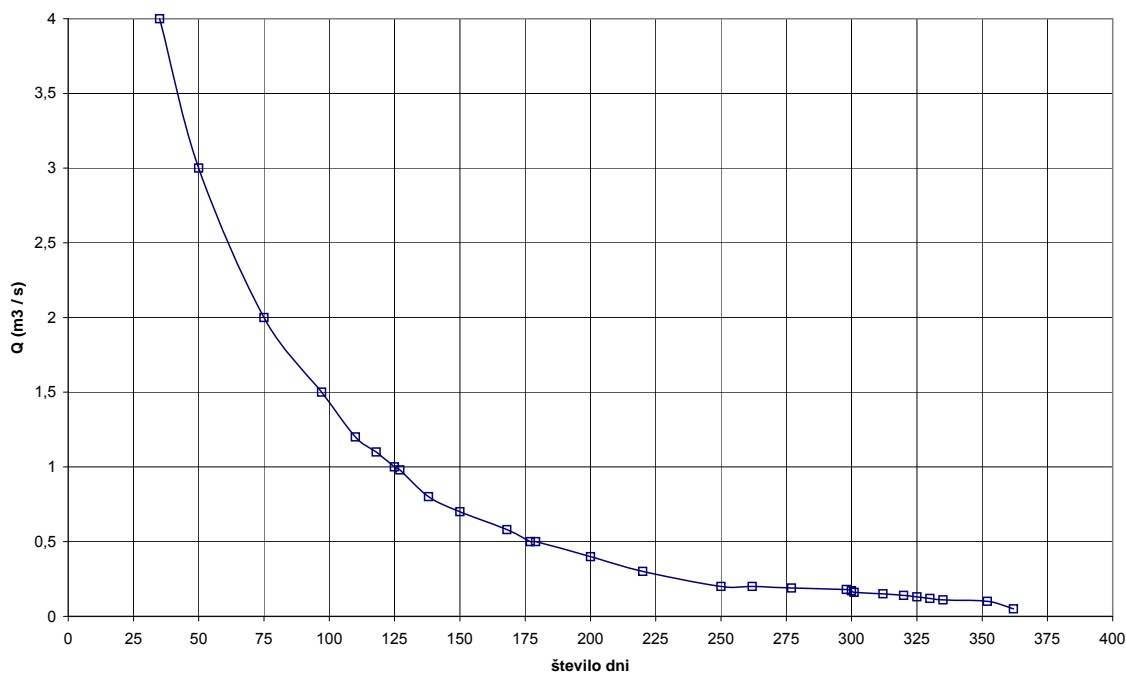
V zgornjem teku reka teče s povprečnim padcem 2,5 % (Orožen Adamič, 1980; HMZ RS, 1998) po V dolini, ki se občasno razvije v kadunjasto rečno dolino. V srednjem teku reke znaša povprečni padec 0,7 % (Orožen Adamič, 1980; HMZ RS, 1998), reka pa teče po kadunjasti dolini, ki se v spodnjem delu srednjega teka razširi in razvije v rečno ravnico. V spodnjem teku ima reka povprečni padec 0,2 % (Orožen Adamič, 1980; HMZ RS, 1998) in teče po široki rečni ravnici, ki se izteka v morje. Povprečne vrednosti padcev po tekih reke po naših meritvah so 1,45 %, 0,58 % in 0,15 %.

Tok reke v zgornjem teku malo vijuga ( $S = 1,116$ ), saj je omejen s sorazmerno ozko rečno dolino. Vijugavost se najbolj razvije v srednjem teku ( $S = 1,255$ ), ko reka teče po poplavni ravnici, v spodnjem teku pa vijugavost zaradi regulacij in antropogenega odvodnega kanala Sv. Odorika ni več izrazita ( $S = 1,104$ ). Celotni tok reke malo vijuga, vijugavost po naših meritvah znaša 1,162.

Glede na mediteransko hudourniški dežni režim ima Dragonja najmanj vode v poletnih mesecih (julij), največ vode pa v jesenskih mesecih (september, oktober, november) (HMZ RS, 1998). Podobno kažejo podatki za pretok vode za leta 1993, 1994, 1995, 1996 in 1998, prikazani v grafu 10. Poleti reka niha in se ob kratkotrajnih nalivih napolni z vodo, ki hitro odteče. Ker je v tem obdobju temperatura višja, izhlapevanje pa povečano, je struga mnogokrat suha (Rejec, 1987). Graf 11 prikazuje krivuljo trajanja pretokov voda reke Dragonje za obdobje 1961 – 1995, iz katerega lahko med drugim vidimo, da je pretok vode v Dragonji več kakor polovico leta manjši kot 0,5 m / s<sup>3</sup>.

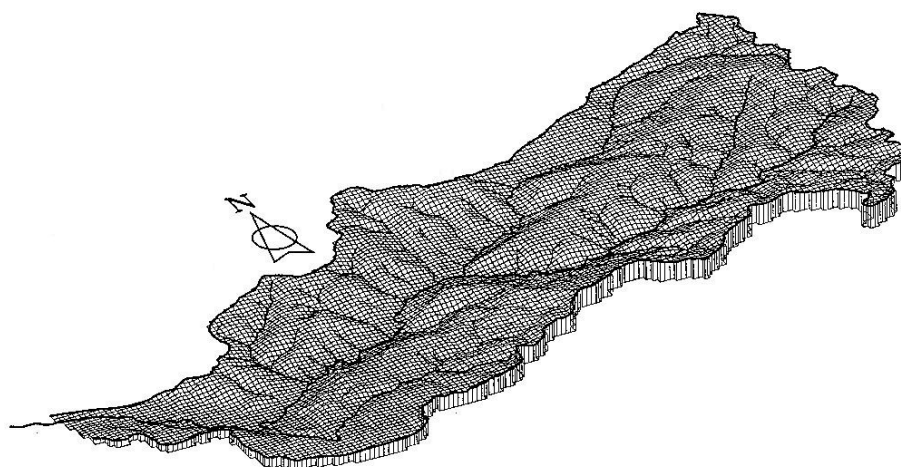


Graf 10: Hidrogram reke Dragonje za leta 1993, 1994, 1995, 1996 in 1998 (Petkovšek, 2002)

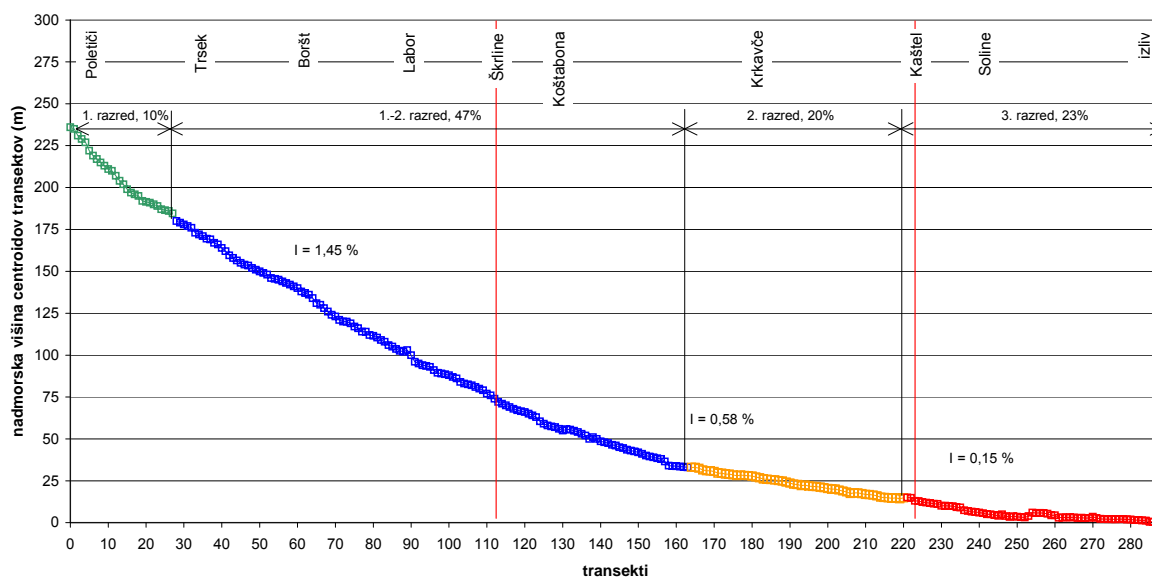


Graf 11: Krivulja trajanja pretokov voda reke Dragonje za obdobje 1961–1995 (Globevnik, 2001)

Toke reke Dragonje smo za potrebe inventarizacije in analize hidromorfoloških lastnosti razdelili na zgornji tek (od Poletičev do sotočja z Rokavo pri Škrinah), srednji tek (od Škrin do Mlinov pod Kaštelom) in spodnji tek (od Mlinov pod Kaštelom do izliva kanala Sv. Odorika na Solinah v Jadransko morje). Delitev smo izdelali glede na spremembe padca struge, geomorfološke spremembe, hidromorfološke spremembe in antropogene posege v strugo. Graf 12 prikazuje vzdolžni profil centroidov transektov reke Dragonje, kakovostne razrede po ekomorfološki kategorizaciji s pripadajočimi deleži toka reke ter padce reke v zgornjem, srednjem in spodnjem teku, slika 22 pa relief in hidrografska mrežo porečja Dragonje.



Slika 22: Relief in hidrografska mreža porečja Dragonje (Globevnik, 2001)

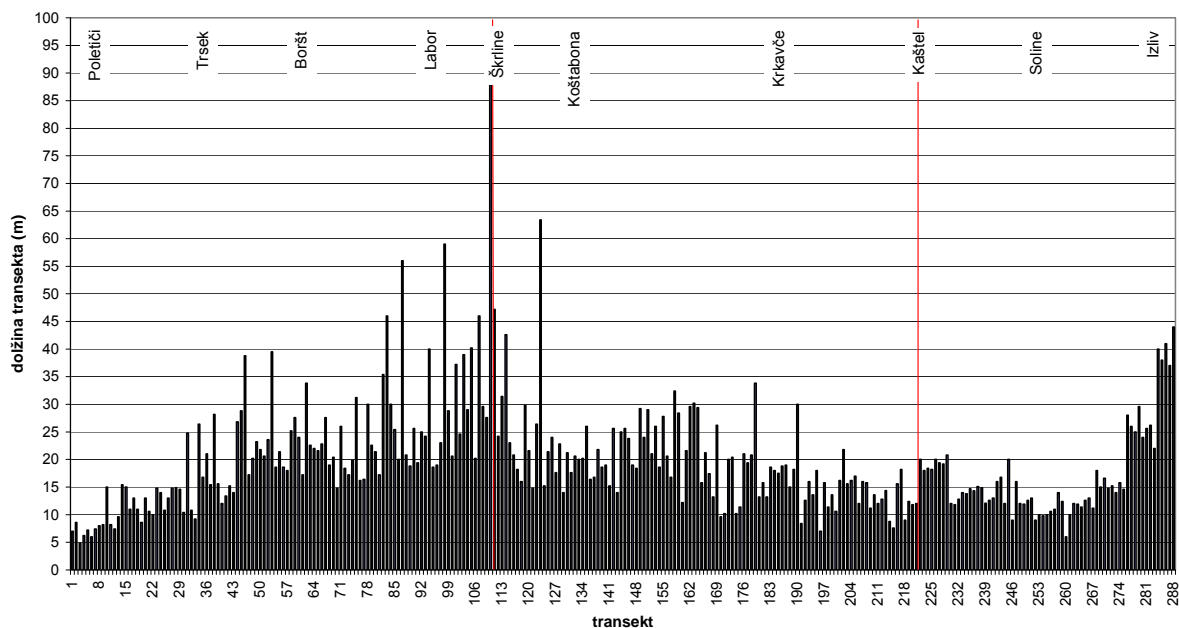


Graf 12: Vzdolžni profil centroidov transektov reke Dragonje, kakovostni razredi ekomorfološke kategorizacije in povprečni padci struge v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke

Geološka podlaga povodja je neprepustni fliš kot eocenska usedlina – menjajoče se plasti mehkega, neodpornega laporja in tršega peščenjaka nad apnencem na numulitni breči. Značilne so zložene flišne plasti (višina 10 – 20 m), ki tvorijo pragasto slapje na mestih, kjer apnenec izdaja (npr. Fermov mlin, Škrline). Območje je izpostavljeno zunanjim vplivom, predvsem eroziji, ki je posledica endogenih (erodibilna flišnata kamninska podlaga), eksogenih (po neprepustni flišnati geološki podlagi površinsko odtekajoča voda, geomorfološke in vegetacijske značilnosti pobočij, količina in intenzivnost padavin) in antropogenih dejavnikov (propadanje značilne terasne kulturne krajine). Vidne so geomorfološke terase v različnih nadmorskih višinah, nastale zaradi nihanja Jadranskega morja. Erozijska je intenzivna tudi v sedanosti, saj je fliš za mehansko preperevanje neodporna kamnina. Hidromorfološki procesi so predvsem v zgornjem teku Dragonje izoblikovali številne in izjemno pestre hidromorfološke oblike, prodišča, slapišča, stopnje, kaskade, brzice, tolmune, plitvine, vodne brazde (Puc, 1987; Natek, 1990; HMZ RS, 1998). Na pobočjih nad dnem doline, ki so bila nekoč gola, danes pa se intenzivno zaraščajo, uspevajo združbe črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*), malega jesena (*Fraxinus ornus*), puhastega hrasta (*Quercus pubescens*), na košeninah vzdolž koridorja reke pa predvsem brin (*Juniperus communis*).

### 3.2.2. Določitev transektov in transektni zajem podatkov v koridorju reke Dragonje

Transekte koridorja reke Dragonje smo predhodno kartografsko določili na temeljnih topografskih načrtih M 1 : 5.000 po metodi transektov, predstavljeni v poglavju 2.6.2. Metoda transektov. Os transekta 0 smo glede na območje raziskave določili na izlivu reke skozi kanal Sv. Odorika na Sečoveljskih solinah v Jadransko morje. Do povirnih tokov reke Dragonje pod vasjo Poletiči smo tako na medsebojni medosni razdalji 100 m nanizali 288 transektov. Dolžine transektov smo določali na terenu, glede na aktivno širino struge v osi transekta. Graf 13 prikazuje dolžine transektov v koridorju reke Dragonje, določene po metodi transektov. Skupna dolžina transektov je 5.677 m ali 19,71 % dolžine območja obdelave (28.800 m), najdaljši transekt meri 94,00 m, najkrajši 4,80, povprečna dolžina transektov pa je 19,71 m.



Graf 13: Dolžine transektov v koridorju reke Dragonje po metodi transektov

Terenski zajem podatkov smo izvajali z ekipo dveh popisovalcev (doktorand in študent programa Vodarstvo in komunalno inženirstvo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani) 4., 5., 6., 11., 12., 18., 19., 20., 25. in 26. aprila ter 22., 25., 30. in 31. maja 2002, skupno torej 14 dni oziroma 280 delovnih ur. Zaradi organizacijskih razlogov smo ga izvajali v obratni smeri, od povirja proti izlivu, čemur smo prilagodili oštevilčenje transektov v podatkovni bazi. V 288 transektih koridorja reke Dragonje smo tako na osnovi hidromorfološkega inventarizacijskega lista izvedli terenski in kabinetni zajem razširjenega nabora 148 podatkov. Postopek terenskega dela zajema podatkov je predstavljen v poglavju 2.6.4. Terenski zajem podatkov po metodi transektov, prikazan pa na fotografiji 63. Iz razširjenega nabora podatkov smo kot osnovo raziskave izdelali hidromorfološki podatkovni bazi diskretnih in realnih vrednosti spremenljivk (priloga 3 na priloženi zgoščenki).



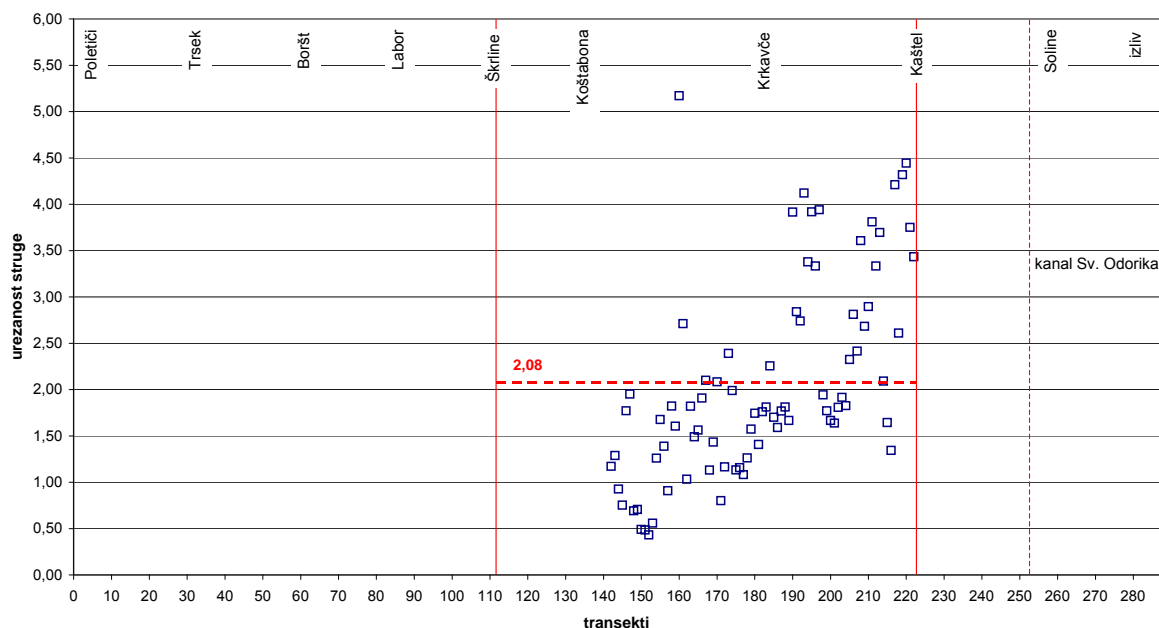
Fotografija 63: Transektni zajem podatkov v koridorju reke Dragonje



### 3.2.3. Hidromorfološka klasifikacija reke Dragonje po Rosgenu

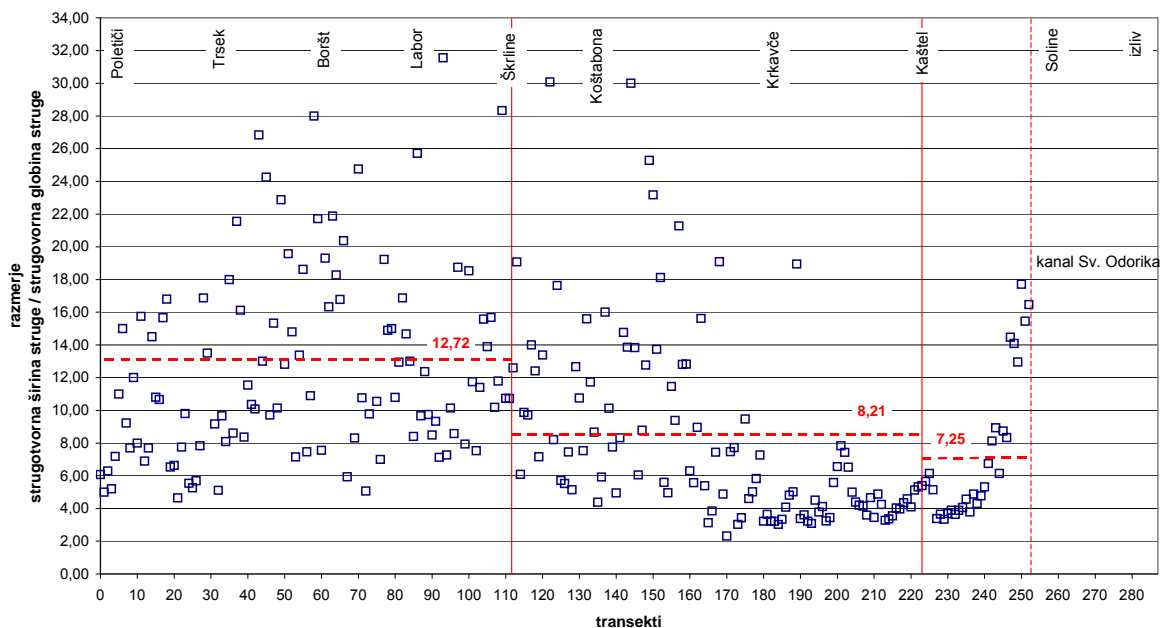
Hidromorfološka klasifikacija slovenske hidrografske mreže, ki bi podajala opise potencialnih naravnih stanj posameznih tipov vodotokov, še ni izdelana. Zato smo analizo potencialnega naravnega stanja koridorja reke Dragonje poskusno izvedli z ameriško hidromorfološko klasifikacijo rečnih tipov (Rosgen, 1996), ki smo jo izbrali kot največkrat citirano in testno izvajano tudi izven Združenih držav Amerike (Scherle, 1999). Hidromorfološko klasifikacijo smo izvedli na osnovi hidromorfoloških karakterističnih števil, ki so navedena v poglavju 2.2.3. Hidromorfološka karakteristična števila. Podatke smo zajeli s terenskim transektnim zajemom, deloma pa s kartografskim zajemom. Pri klasifikaciji smo prav tako upoštevali izsledke analize lastnosti hidromorfoloških spremenljivk koridorja reke Dragonje (priloga 3 na priloženi zgoščenki). Teoretično ozadje ameriške klasifikacije je podrobneje predstavljeno v poglavju 2.4.2. Referenčno hidromorfološko stanje rečnega koridorja.

Glede na teoretična ozadja ameriške klasifikacije smo za potrebe določitve hidromorfoloških tipov reke Dragonje upoštevali relevantne hidromorfološke spremenljivke (Rosgen, 1996): oblika ali tip doline, urezanost struge, razmerje strugotvorne širine struge in strugotvorne globine struge, vijugavost vodotoka in padec struge. Podatke smo analizirali za zgornji, srednji in spodnji tek reke Dragonje, ter predhodno izmerjenim transektno zajetim hidromorfološkim spremenljivkam določili povprečne vrednosti. Hidromorfološke tipe po ameriški klasifikaciji smo tako določili ločeno za zgornji, srednji in spodnji tek reke.

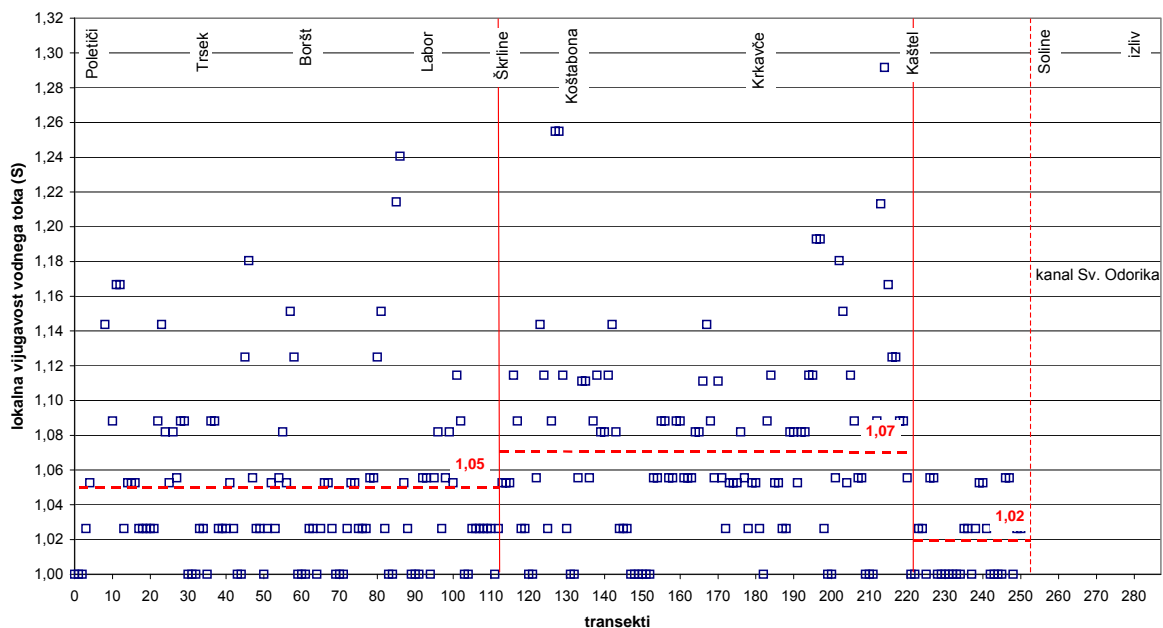


Graf 14: Urezanost struge (E) reke Dragonje v srednjem teku

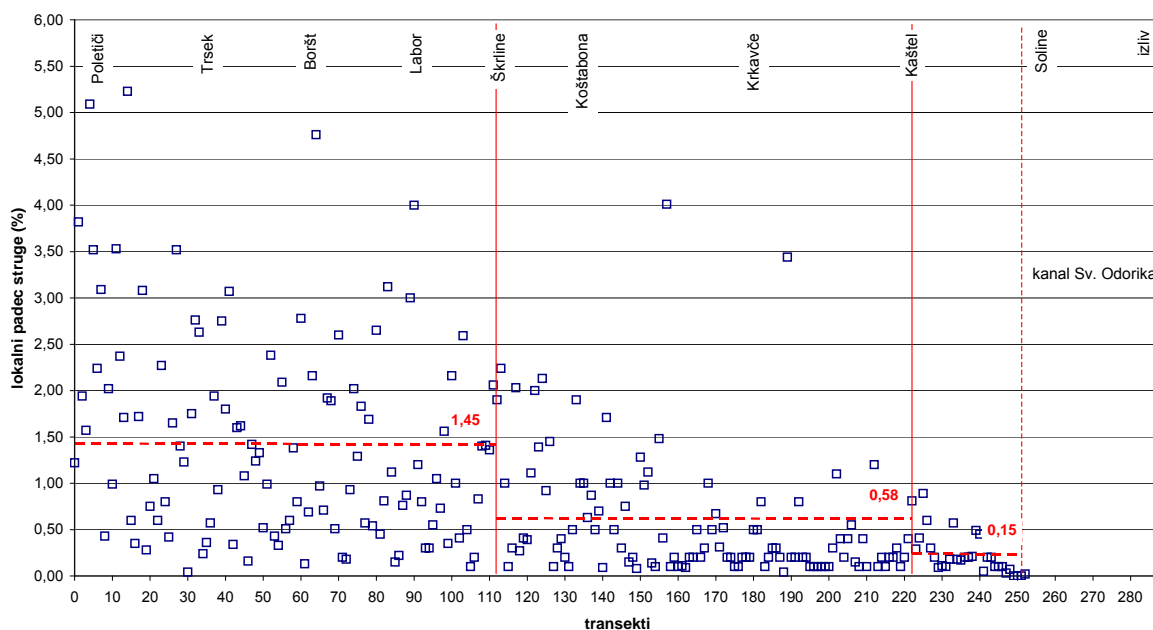
Urezanost struge reke Dragonje, ki je prikazana na grafu 14, smo analizirali glede na kartografijo poplavnih območij ob Dragonji in Dnici (Orožen Adamič in Lovrenčak, 1979). Ker viri v zgornjem in zgornjem srednjem teku reke Dragonje poplav ne omenjajo, urezanosti struge tod ni moč izračunati. Glede na regulacije v spodnjem teku oziroma deformiranost naravnih hidromorfoloških spremenljivk (strugotvorna širina struge, strugotvorna globina struge) ter neznan obseg prvinskih poplav reke Dragonje pred regulacijami, pa kljub dosegljivosti podatkov izračun urezanosti struge za potrebe analize potencialnega naravnega stanja spodnjega teka reke Dragonje ni smiseln.



Graf 15: Razmerja strugotvorne širine struge in strugotvorne globine struge ( $B/H$ ) in povprečne vrednosti razmerja v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika



Graf 16: Vrednosti lokalnih vijugavosti ( $S$ ) in povprečne vrednosti lokalnih vijugavosti v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika



Graf 17: Vrednosti lokalnih padcev (*I*) in povprečne vrednosti lokalnih padcev v zgornjem, srednjem in spodnjem teku reke Dragonje do kanala Sv. Odorika

Vrednosti razmerij strugotvorne širine struge in strugotvorne globine struge, prikazane na grafu 15, vijugavosti vodotoka, prikazane na grafu 16 in padcev struge, prikazane na grafu 17, smo računali kot povprečne lokalne vrednosti merjene v transektih. Lokalno vijugavost struge smo računali kot povprečno vrednost vijugavosti toka odseka reke od transeкта do predhodnega transeкта gorvodno in odseka reke od transeкта do naslednjega transeкта dolvodno. Zaradi regulacij prvinske struge in spremenjenosti prvinskih hidromorfoloških spremenljivk zgornjega dela spodnjega teka reke Dragonje od mejnega prehoda Mlini pri Dragonji pod Kaštelom do mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah, so dobljene vrednosti za potrebe klasifikacije le pogojno informativne. Za antropogeni odvodni kanal Sv. Odorika od mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah do izliva v Jadransko morje vrednosti nismo računali.

Preglednica 26: Razvrstitev koridorja reke Dragonje v tipe po ameriški klasifikaciji vodotokov glede na kartografsko in transektno zajete in izmerjene vrednosti dejavnikov klasifikacije

tek reke	tip doline	E	B / H	S	I	tip**	korekcija
zgornji	V dolina kadunjasta dolina	-	12,72	1,12 (1,05)*	1,45 %	A2a+	B1, B2
srednji	kadunjasta dolina rečna ravnica	2,08	8,21	1,26 (1,07)*	0,58 %	A2	B5
spodnji***	rečna ravnica	-	7,25	1,10 (1,02)*	0,15 %	E6	-

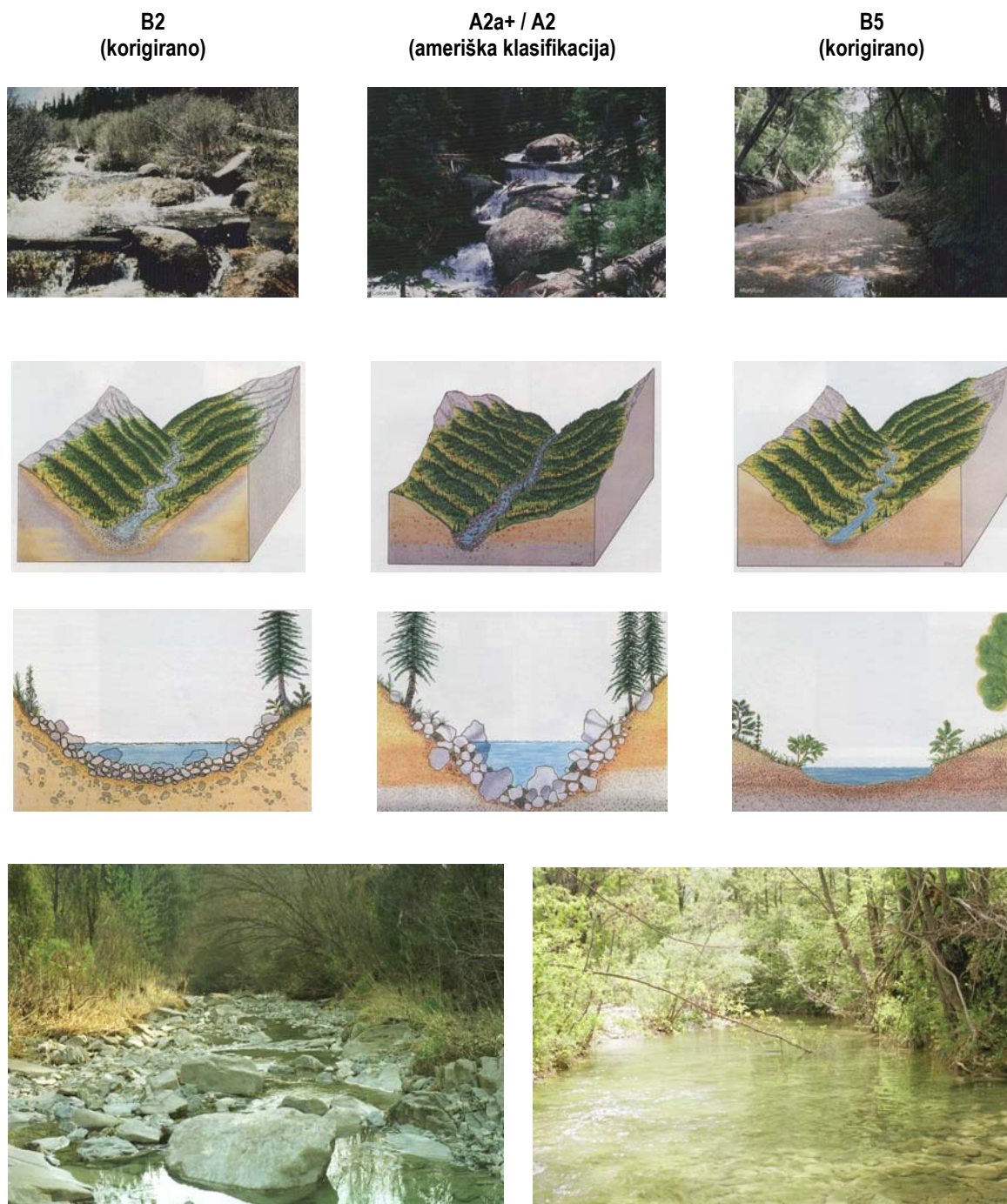
\*povprečje vrednosti lokalne vijugavosti, merjene v transektih

\*\*skupini tipov Aa+ in A se razlikujeta samo po padcu struge ( $I_{Aa+} > I_A$ )

\*\*\*odsek od mejnega prehoda Mlini pri Dragonji pod Kaštelom do mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah, pogojno informativne vrednosti

Teke Dragonje smo razvrstili po izračunanih vrednostih relevantnih hidromorfoloških spremenljivk v tipe po ameriški hidromorfološki klasifikaciji, kakor je prikazano v preglednici 26. Podobno kot so ob poizkusih aplikacije ameriške hidromorfološke klasifikacije v nemško hidrogrfsko mrežo ugotovili nemški raziskovalci (Scherle, 1999), smo ugotovili tako tolerančna kot problematična odstopanja tipov med izmerjenimi vrednostmi relevantnih hidromorfoloških spremenljivk na reki Dragonji in tipom ameriške hidromorfološke klasifikacije pripadajočih značilnih profilov ter odsekov (Rosgen, 1996).

Klasifikacijo tekov reke Dragonje po izmerjenih oziroma izračunanih relevantnih hidromorfoloških spremenljivkah smo zato poizkusno korigirali z značilnimi profili (slike 23 do 30) in fotografijami (fotografije 64 do 70) odsekov vodotokov, kot jih predlaga ameriška klasifikacija. V nadaljevanju določeni hidromorfološki tipi reke Dragonje so zato lahko opora raziskavi le v omejenem obsegu.



Fotografije 64, 65 in 66, 1. vrsta: Primeri tipov vodotokov B2, A2a+ in B5 v Združenih državah Amerike (Rosgen, 1996)

Slike 23, 24 in 25, 2. vrsta: Rečne doline tipov vodotokov B2, A2a+ in B5 (Rosgen, 1996)

Slike 26, 27 in 28, 3. vrsta: Značilni prečni profili tipov vodotokov B2, A2a+ in B5 (Rosgen, 1996)

Fotografiji 67 in 68, 4. vrsta: Reka Dragonja, tip B2, korigirano (zgornji tek) in tip B5, korigirano (srednji tek) po ameriški hidromorfološki klasifikaciji (Rosgen, 1996)



Fotografija 69: Primer tipa vodotoka E6 v Združenih državah Amerike (Rosgen, 1996)

Sliki 29 in 30: Rečna ravnica in značilni prečni profil tipa E6 (Rosgen, 1996)



Fotografija 70: Reka Dragonja, zgornji del spodnjega teka – tip vodotoka E6 (hipotetično po ameriški hidromorfološki klasifikaciji (Rosgen, 1996)

Vodotoki tipa A se nahajajo v strmih rečnih dolinah in imajo veliko transportno zmogljivost, v strugi pa majhno kapaciteto akumuliranja plavljenega materiala. So dobro urezani, imajo nizke vrednosti razmerja širina / globina. Značilne hidromorfološke kategorije struge so sekvence stopnja – tolmun in plavni les. Običajno se pojavljajo v zgornjih tekih in redih vodotokov po Strahlerju od 1 do 5. Plavljenje velikih kosov plavnega lesa pripomore k značilni stabilnosti vodotokov tipa A. Vodotoki tipa Aa so razen značilnega večjega padca podobni vodotokom tipa A (Rosgen, 1996).

Vodotoki tipa B so značilni za območja z zmernim ali majhnim padcem terena. So zmerno urezani, ter z vrednostmi razmerja širina / globina večjimi od 12, zmerno vijugajo. Glavne hidromorfološke kategorije struge so brzice in izdolbljeni tolmeni, v strugi pa pogosto najdemo tudi plavni les. Za vodotoke tipa B je značilna šibka erozija brežin. Razdalje med tolmeni so običajno od 4 do 5 strugotvornih širin struge (Rosgen, 1996).

Vodotoki tipa E se običajno pojavljajo v širokih naplavnih dolinah ali rečnih ravninah z majhnimi padci v travniških območjih visokih nadmorskih višin do obmorskih oziroma obalnih ravnin. Mnogokrat se razvijejo iz širokih, urezanih in meandrirajočih strug vodotokov tipa F. So zmerno urezani, značilne so zelo nizke vrednosti razmerij širina / globina in visoke vrednosti koeficienta vijugavosti. Zanje so značilni odseki s sekvencami hidromorfoloških oblik strug vodne brazde – tolmeni. Za vodotoke tipa E v naravnem ali malo spremenjenem stanju so značilni persistentni, zelo stabilni hidromorfološki procesi. V primeru naravnih ali antropogenih motenj se vodotoki tipa E zelo hitro prilagodijo novim razmeram in se modificirajo v oblike drugih tipov (Rosgen, 1996).

### 3.2.4. Historična analiza koridorja reke Dragonje

Historično analizo teka reke Dragonje smo izvedli s pregledom razpoložljivega arhivskega kartografskega materiala območja obdelave, ki jih hranita Kartografski oddelek Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani in Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Geodetska uprava Republike Slovenije – Območna geodetska uprava Koper (priloga 9 na priloženi zgoščenki). Analizirali smo vse tam dosegljive kartografske karte, na katerih je upodobljena reka Dragonja. Na slikah 31 do 42 podajamo kronološko urejen slikovni pregled izbranih arhivskih kartografskih virov, ki so bili zajeti v raziskavo.



Slika 31 in 32: L'Istria (Coppo, 1525) in izrez karte



Sliki 33 in 34: Goritiae, Karstii, Chaczeoale, Carniolae, Histriae et Windorum Marchae Descrip(tio) (Lazius in Ortelius, 1561) in izrez karte



Sliki 35 in 36: Illyricum (Sambucus, 1572) in izrez karte



Sliki 37 in 38: Deželopisna karta Vojvodine Kranjske (Florijančič, 1744) in izrez karte



Sliki 39 in 40: Hertzogthümer Steyer, Kärnten, Krain & c. – Duches de Stirie, Carinthie, Carniole (Sanson d'Abbeville, 1657) in izrez karte

Najstarejši dosegljiv in za potrebe analize hidromorfologije vodotoka in rečnega koridorja uporaben arhivski kartografski vir območja obdelave raziskave je Jožefinski kataster iz obdobja 1763–1787, prikazan na slikah 41 in 42. Kataster je izdelan v merilu 1 : 28.800 z natančno barvno in simbolno interpretacijo površinskega pokrova, rabe tal, rabe vodne sile in tlorisnega poteka vodotoka. Natančnost izrisa katastra omogoča geografski pregled poteka vodotoka po dolini in izračun vijugavosti vodnega toka, velikostni razred merila katastra pa ne omogoča opredelitev oblike struge vodotoka v preteklosti (npr. enojna struga, večdelna struga), saj je struga vodotoka izrisana z enojno črto. Kartografski material merila večjih redov velikosti iz obdobja Jožefinskega katastra ne obstaja.



Slika 41: Jožefinski kataster, spodnji tek reke Dragonje na Solinah, izliv v morje, 1763–1787 (Rajšp et al., 1997)



Slika 42: Jožefinski kataster, zgornji tek reke Dragonje in sotočje z Rokavo, 1763–1787 (Rajšp et al., 1997)

S pomočjo kart Jožefinskega katastra smo po enačbi 4 izračunali vijugavost struge Dragonje v obdobju 1763–1787 od povirnega dela pod Poletiči do mejnega prehoda Sečovlje oziroma do začetka kanala Sv. Odorika. Kartografsko skupno dolžino doline in kartografsko dolžino struge smo s koeficienti kartografskih meril preračunali v razdalje v naravi. Rezultat smo primerjali z enakim izračunom vijugavosti Dragonje leta 1995 glede na državne topografske karte Sečovlje 192 (GURS, 1995), Dragonja 193 (GURS, 1995) in Pomjan 194 (GURS, 1995) v merilu 1 : 25.000. Vrednosti vijugavosti za obdobji 1763–1787 in 1995 sta:



$$S_{(1763-1787)} = c_{I(1763-1787)} / v_{I(1763-1787)} = 1,045,$$

$$S_{(1995)} = c_{I(1995)} / v_{I(1995)} = 1,162.$$

Dolžino struge ( $c_I$ ) smo na obeh kartah določili s pomočjo tehnike korakov ( $d_{koraka} = 3$  mm) s šestilom po strugi vodotoka. 3 milimetrski korak na karti Jožefinskega katastra znaša v naravi 86,4 m, na kartah GURS 1 : 25.000 pa 75 m. Kartografsko skupno dolžino doline ( $v_I$ ) smo določili kot vsoto najdaljših ravnih dolinskih linij, preračunano v razdaljo v naravi. Po analizi kartografskih virov smo ugotovili, da je bila vijugavost  $S$  reke Dragonje v obdobju 1763–1787 nekoliko manjša kot danes, oziroma da je tok reke Dragonje nekoč manj vijugal. Povečanje vijugavosti je bilo ugotovljeno tudi pri primerjavi vijugavosti štirih testnih odsekov na odseku Argila – Pinjevec za leti 1892 in 1971 (Globevnik, 2001).

Ugotovitev historične analize hidromorfologije struge in koridorja reke Dragonje je, da se reka v zgornjem in srednjem teku, prav tako pa v spodnjem, od najstarejšega kartografsko dokumentiranega obdobja, iz katerega je hidromorfologija struge še razvidna, do danes ni bistveno spremenila. Natančni kartografski viri starejših datumov, iz obdobja pred izgradnjo mlinov in mlinskih kanalov vzdolž zgornjega in srednjega teka reke in kultiviranja zemljišč v srednjem teku reke in kanala Sv. Odorika na solinah, ki bi lahko podrobneje osvetlili razvoj rečne hidromorfologije reke Dragonje od prvotnejših oblik dalje, niso dosegljivi.

### 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje

Gručaste slemenske vasi Poletiči, Popetre, Trebeše, Trsek, Topolovec, Boršt, Labor, Koštabona, Puče, Krkavče, Sv. Peter, Kaštel, Dragonja so se razvile na pomolih visoko nad reko, saj zaradi pogostih poplav zlasti v srednjem in spodnjem teku zemljišča v poplavni ravnici niso bila privlačna za poselitev. Tako reka Dragonja ne teče skozi noben zaselek, z izjemo nekaj manjših skupin hiš ob nekdanjih mlinih. V zgornjem in srednjem teku reke človek zato ni imel potrebe po regulacijah toka ali drugih bistvenejših posegih v strugo vodotoka, razen regulacije struge od Mlinov pri Dragonji pod Kaštelom do izliva v morje leta 1946 (Orožen Adamič, 1980; Geister, 1986).

V zgornjem teku reke sta ozka rečna dolina in ustrezen padec omogočala predvsem izkoriščanje vodne sile z mlino, manj je bilo pridelovalnih območij. Ta so se poleg mlinske rabe razvila v srednjem in spodnjem teku reke, od Škrln dolvodno, kjer se dolina razširi v poplavno ravnico in je svet primeren za kmetijsko rabo tal, predvsem njivske površine, pašniki, sadovnjaki, vinogradi, oljčni gaji, ki se dvigajo tudi višje k zaselkom na pobočjih okoliškega gričevja. Edini človekov neposreden vpliv v strugo vodotoka v preteklosti so bili mlino, ki jih je bilo na celotnem toku Dragonje dvajset, od katerih jih je osemnajst imelo mlinščice (Titl, 1988). V preglednici 27 so predstavljeni nekateri podatki o mlinih na Dragonji, v preglednici 28 so podane dolžine osemnajstih mlinščic, kolikor jih je bilo na reki Dragonji izdelanih, na sliki 43 pa so prikazane lokacije mlinov.

Preglednica 27: Mlini in mlinščice na reki Dragonji

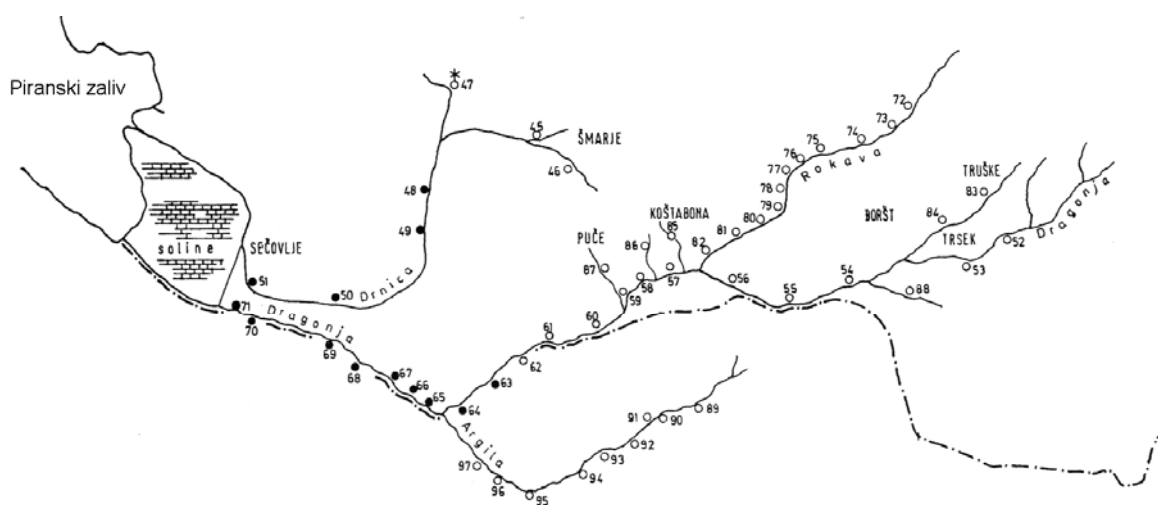
ime mlina	k.o.	breg	tek reke	prenehal delovati
Mazurin (52)	Trsek	L	zgornji	1960
Žankoliči (53)	Trsek	D	zgornji	1960
Žbrinčev mlin (54)	Boršt	L	zgornji	1956
Prleža (55)	Labor	L	zgornji	1948
pri Fermu (56)	Labor	D	zgornji	1948
Ratikljan (57)	Koštabona	D	srednji	1954
Košolana (58)	Koštabona	D	srednji	1945

se nadaljuje

Preglednica 27, nadaljevanje

ime mlina	k.o.	breg	tek reke	prenehal delovati
Nemčev mlin (59)	Koštabona	D	srednji	1948
Blažev mlin (60)	Krkavče	D	srednji	1968
pri Tometiču (61)	Krkavče	D	srednji	1940
Dopijev mlin (62)	Merišče	L	srednji	1955
Fabijev mlin (63)	Merišče	L	srednji	1948
pod Dramcem (64)	Merišče	L	srednji	1948
Mučev mlin (65)	Dragonja	D	srednji	1945
Vidanišev mlin (66)	Dragonja	D	srednji	1943
Makinja (67)	Dragonja	D	srednji	1945
Škodelin (68)	Mlini	L	spodnji	1938
Bužin (69)	Mlini	L	spodnji	1919
Veliki mlin (70)	Mlini	L	spodnji	1935
pri Klimiču (71)	Mlini	D	spodnji	1943

Vir: Titl, 1988



Slika 43: Mlini na reki Dragonji (Titl, 1988)

Preglednica 28: Dolžinski razredi in število mlinščic na reki Dragonji

dolžinski razred (m)	število mlinščic
0 – 100	1
101 – 150	1
201 – 300	7
301 – 500	5
501 – 750	3
> 2000	1

Vir: Titl, 1988

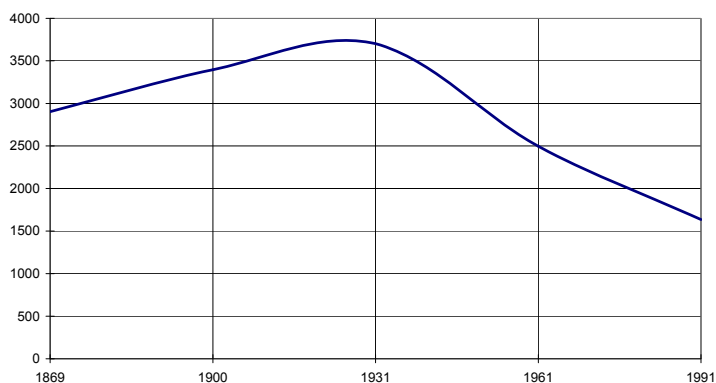
Danes so antropogenih posegi v strugo in koridor reke Dragonje od izvira do zaselka Mlini pod Kaštelom zgolj lokalni: betonska pregrada in ostanki stebrov mostu v gornjem teku, betoniran prehod pri Škrlinah, pregazi in utrjeni prehodi dolvodno od Škrlin, obrežni zid na mlinu pod Škrlinami, lokalne protipoplavne ureditve in še nekateri posegi manjših redov velikosti. Tudi po rezultatih študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002) je Dragonja do zaselka Mlini pod Kaštelom razvrščena v zgornje kakovostne razrede, 1., 1.–2. in 2. razred, le v spodnjem, reguliranem delu struge oziroma antropogenem kanalu Sv. Odorika, je kakovost slabša. Deleži razredov ekomorfološke kakovosti so prikazani v preglednici 29.

Preglednica 29: Deleži razredov ekomorfološke kakovosti reke Dragonje

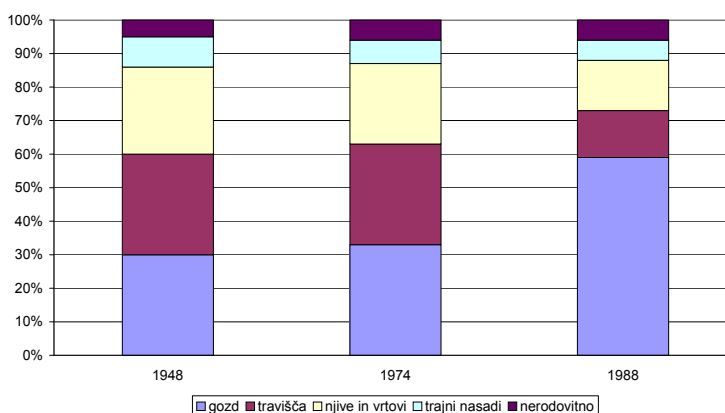
odsek reke	tek reke	EMK razred	dolžina odseka [m]	dolžinski delež [%]
Poletiči – Trsek	zgornji	1.	2.600	9,0
Trsek – Krkavče	zgornji / srednji	1.–2.	13.900	48,0
Krkavče – Dragonja	srednji	2.	5.600	19,5
Dragonja – Soline*	spodnji	3.	6.600	23,5
<b>dolžina skupaj</b>			<b>28.700</b>	<b>100,0</b>

Vir: VGI, 1994, 2002

\* regulirana struga, delno antropogena (kanal Sv. Odorika)



Graf 18: Gibanje števila prebivalcev v vaseh nad dolino Dragonje v obdobju 1869–1991



Graf 19: Deleži kategorij površinskega pokrova za povodje Dragonje za leta 1948, 1974 in 1988 (Orožen Adamič, 1980; Globevnik, 2001)

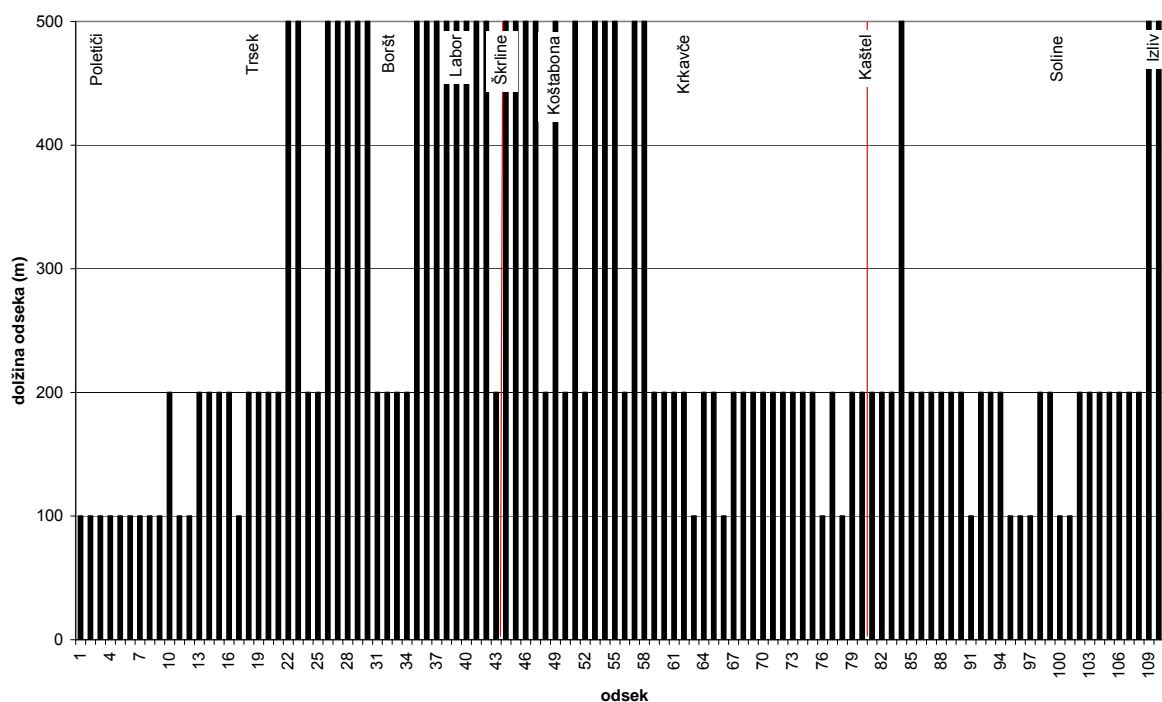
Gospodarski in socialni razvoj družbe v drugi polovici 20. stoletja je povzročil najprej poklicno preobrazbo kmečkega življa iz zaselkov v dolini Dragonje in širše v zaledju obalne regije, nato pa še postopno izseljevanje prebivalstva iz zaselkov (Orožen Adamič et al., 1995). Posledica socialne prestrukturiranosti in izseljevanja je intenziven proces zaraščanja nekdanj obdelovanih pobočij in teras nad dolino Dragonje, prav tako pa pašnikov in pridelovalnih površin vzdolž koridorja, kar je posebno izrazito v gornjem teku reke (Orožen Adamič, 1980; Globevnik, 2001). V grafu 18 je prikazano gibanje števila prebivalcev v vaseh nad dolino Dragonje, Boršt, Dragonja, Koštabona, Krkavče, Labor, Poletiči, Popetre, Puče, Sv. Peter, Topolovec, Trebeše in Trsek, v obdobju 1869–1991, deleži kategorij površinskega pokrova za povodje Dragonje za leta 1948, 1974 in 1988 pa so prikazani v grafu 19.

### 3.3. APLIKACIJA METODE GSGB

Za oceno hidromorfološkega stanja koridorja reke Dragonje po metodi GSGB smo metodo aplicirali po originalnem postopku na rečnih odsekih vzdolž celotnega teka reke Dragonje, ter z modificiranim postopkom z uporabo podatkov transektnega terenskega zajema hidromorfoloških spremenljivk, predstavljenim v poglavju 2.6.4. Terenski zajem podatkov po metodi transektov.

#### 3.3.1. Aplikacija metode GSGB z odsečnim zajemom podatkov

Metodo GSGB smo z odsečnim zajemom podatkov aplicirali na predhodno kartografsko določenih ocenjevalnih odsekih vzdolž celotnega teka reke v mesecu maju 2003 z enočlansko ekipo (doktorand). Kot začetno točko odseka 1 smo izbrali os transekt 0 in nato nizali odseke do izliva reke Dragonje skozi kanal Sv. Odorika na sečoveljskih solinah v Jadransko morje. Dolžine ocenjevalnih odsekov, prikazane na grafu 20, smo po pravilih metode določili glede na širino aktivne struge. Odseki so se stikali, zajem podatkov je tako obsegal celotno dolžino območja obdelave, to je koridorja glavnega toka reke Dragonje, ki po naših meritvah znaša 28.800 m.



Graf 20: Dolžine ocenjevalnih odsekov reke Dragonje po metodi GSGB

Na vsakem izmed 111 ocenjevalnih odsekov smo izpolnili prevedeni originalni ocenjevalni list metode GSGB (priloga 2 na priloženi zgoščenki). Nato smo kabinetno izračunali delne hidromorfološke ocene za tlorsni potek vodotoka, vzdolžni profil, prečni profil, rečno dno, obrežje ter pribrežno zemljišče. Skupno hidromorfološko oceno smo izračunali kot povprečje delnih hidromorfoloških ocen ter določili njej pripadajoče hidromorfološke kakovostne razrede za 111 ocenjevalnih odsekov. Hidromorfološke spremenljivke, ki jih metoda GSGB upošteva pri izdelavi delnih hidromorfoloških ocen ter način izračuna

delnih in nato skupne ocene je predstavljen v poglavju 2.5.4. Metoda Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB).

Graf 21 prikazuje hidromorfološke ocene stanja tlorisnega poteka odsekov reke Dragonje. Nekateri odseki v sicer antropogeno manj spremenjenih zgornjem in srednjem teku reke so po metodi GSGB slabše ocenjeni. Izstopajo predvsem odseki v povirnem delu, pod vasjo Poletiči (4,25) in na delu od vasi Krkavče dolvodno do mednarodnega mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah (5,00). Razlogi za slabše hidromorfološke ocene tlorisnega poteka reke na omenjenih odsekih so raven potek struge vodotoka, šibka bočna erozija v zavojih, redka vzdolžna prodišča in redke posebne strukture tlorisnega poteka (plavni les, zapadlo drevje, otoki, širitve toka, zožitve toka, cepitve toka, kaskade). Opozoriti torej velja, da metoda GSGB predvideva slabo oceno za raven odsek vodotoka, tudi če je le-ta v naravnem stanju, kot kaže primer ocene za povirni odsek reke Dragonje pod vasjo Poletiči. Njaslabšo možno hidromorfološko oceno (7,00) tlorisnega poteka ima reka v celotnem spodnjem teku, od mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah dolvodno do izteka reke v Jadransko morje na Sečovljskih solinah. Ocena odsekov spodnjega teka po metodi GSGB je v splošnem skladna s stanjem vodotoka, saj je tek izravnani oziroma prem, bočne erozije v zavojih, vzdolžnih prodišč in posebnih struktur teka pa ni opaziti.

Na grafu 22 so prikazane delne hidromorfološke ocene ohranjenosti vzdolžnega profila odsekov reke Dragonje. Velja opozoriti, da nekatere izmed spremenljivk (prečni objekti, zaježitve in zacevljenost), ki jih metoda GSGB uporablja za izdelavo omenjene delne hidromorfološke ocene, k oceni na primeru reke Dragonje prispevajo zanemarljivo malo ali nič. Prečni objekti so namreč na reki Dragonji prisotni le v treh primerih, med tem ko zaježitve in zacevljenosti struge sploh niso bile evidentirane. Tako oceno stanja vzdolžnega profila krojijo predvsem hidromorfološke spremenljivke prečna prodišča, raznovrstnost toka in spreminjanje globine. Tako je vprašljiva slaba ocena odsekov v povirnem delu, pod vasjo Poletiči. Reka tu teče v začetnem, še nerazvitem hidromorfološkem stadiju brez prodišč, z zmernima raznovrstnostjo toka in spreminjanjem globine. Kljub naravnemu stanju vodotoka in okolja po metodi GSGB dobi nezavidljivo slabo oceno (4,25). Z razvojem teka dolvodno slaba ocena počasi izzveni v boljšo. Hkrati bi lahko po rezultatih dosedanjih raziskav v svetu sklepali, da so za hidromorfološki stadij vodotokov v srednjem teku značilna nekoliko redkejša prečna prodišča, glede na manjši padec in morfološko razgibanost struge pa tudi manjša raznovrstnost toka in spreminjanje globine vode. Glede na ugotovljeno lahko sklepamo, da je ocena po metodi GSGB vsaj na primerih odsekov v naravnem povirnem delu in pretežno naravnem spodnjem delu srednjega teka reke Dragonje (5,67), nekoliko stroga.

Delne hidromorfološke ocene prečnega profila reke Dragonje so prikazane na grafu 23. Izmed spremenljivk, ki jih za izdelavo omenjene ocene predvideva metoda GSGB, ima na primeru Dragonje spremenljivka prepustnost malenksoten vpliv, saj je uporabna le v dveh primerih. Razlog za odstopanje delne hidromorfološke ocene prečnega profila v povirnih odsekih reke Dragonje pod vasjo Poletiči (2,50) je v zgozlj zmernem spreminjanju širine profila. Ta se intenzivira v dolvodnih odsekih, ustrezno temu pa se izboljšajo tudi delne hidromorfološke ocene odsekov (2,00). V srednjem teku se spreminjanje širine profila ponovno umiri (2,50), v spodnjem teku pa v trapeznem ali dvojnem trapeznem profilu izzveni (5,25 do 6,00). Delna hidromorfološka ocena prečnega profila po metodi GSGB je na primeru reke Dragonje sicer sorazmerno konsistentna s stanjem koridorja reke.

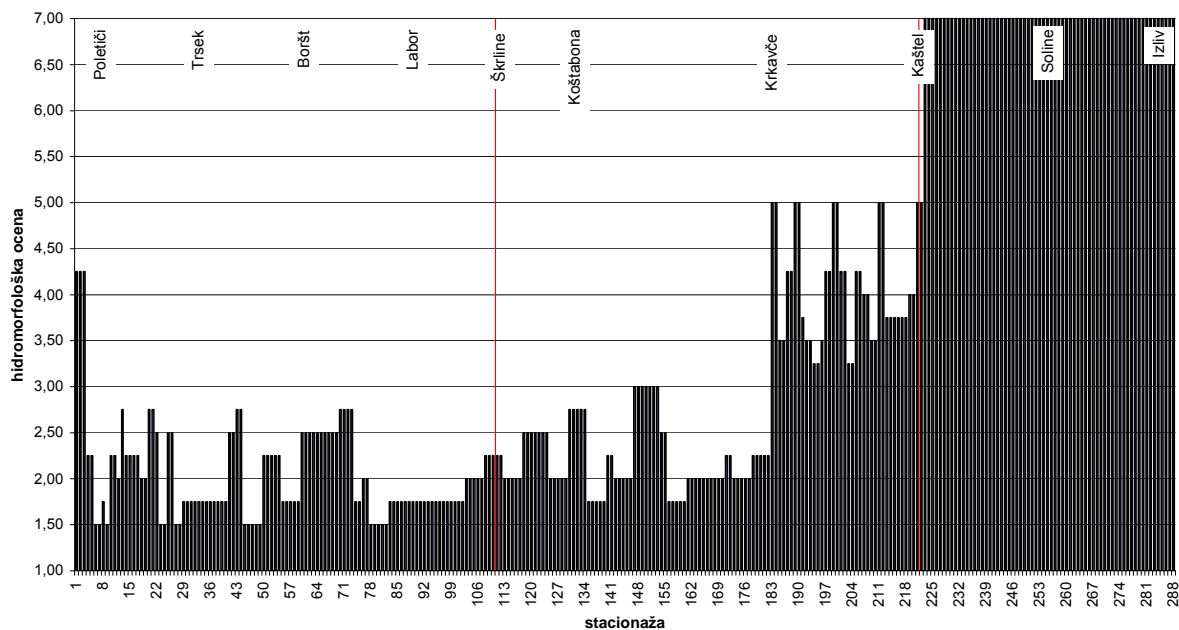
Glede na stanje reke Dragonje v zgornjem teku lahko za izdelavo ocene ohranjenosti strukture rečnega dna po metodi GSGB izmed predvidenih hidromorfoloških spremenljivk upoštevamo le raznovrstnost substrata in posebne strukture tal (tolmune, brzice, vodne brazde, kaskade), ne pa tudi nenaravno opcijo za substrat rečnega dna in talne ureditve. Ocena strukture rečnega dna za zgornji tek reke je tako najvišja možna (1,00). V srednjem teku (2,00), predvsem pa v spodnjem delu srednjega teka (4,00) se

ocena poslabša z zmanjšanjem raznovrstnosti dna in števila posebnih struktur tal. V spodnjem teku reke Dragonje, od mednarodnega mejnega prehoda Mlini pri Sečovljah do izteka kanala Sv. Odorika v Jadransko morje je ocena strukture rečnega dna po metodi GSGB še nekoliko slabša (5,50), predvsem zaradi vedno redkejših posebnih struktur tal. Lokalno jo dodatno poslabšajo še talne ureditve premostitve pri mednarodnem mejnem prehodu Mlini pri Sečovljah (5,67). Delne hidromorfološke ocene stanja dna vodotoka na odsekih reke Dragonje po metodi GSGB so prikazane na grafu 24.

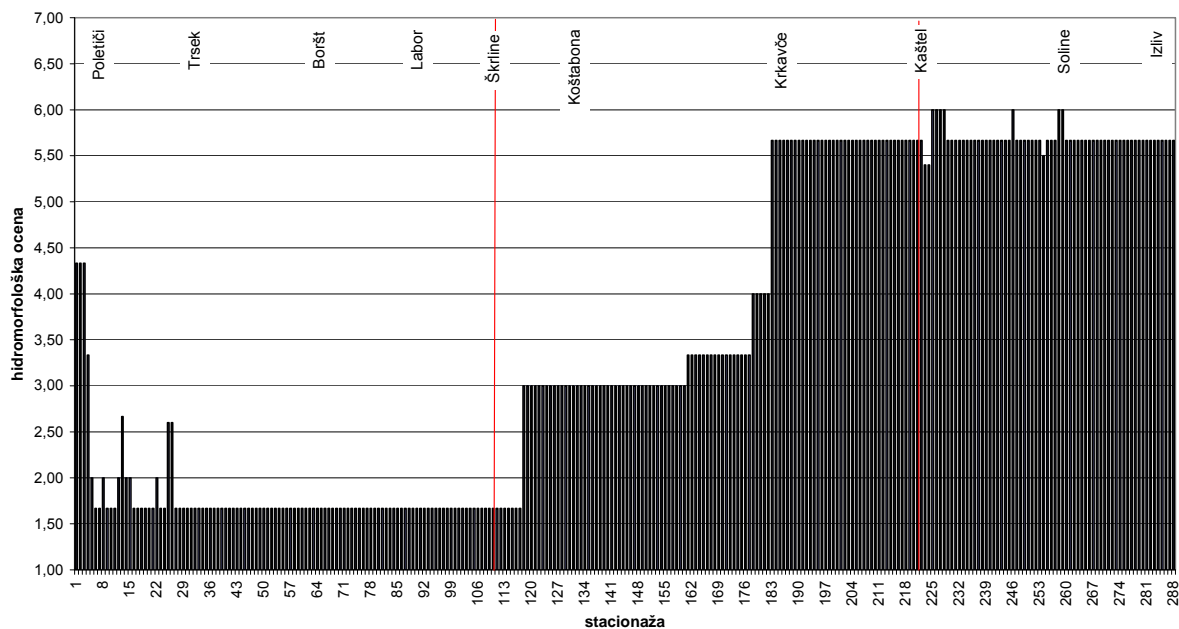
Metoda GSGB podaja hidromorfološko oceno stanja obrežja vodotoka na osnovi analize stanja spremenljivk obrežna zarast (upošteva višjo in nižjo obrežno vegetacijo), antropogene ureditve obrežij in posebne strukture obrežij (korenski prepleti, obrežno drevje, zapadlo drevje, plavni les). Graf 25 prikazuje hidromorfološko oceno stanja brežin za odseke reke Dragonje po omenjeni metodi. Metoda GSGB pri oceni stanja obrežja vodotoka pozitivno ocenjuje zgolj avtohtono zarast obrežja. V primeru, da je vzdolž vodotoka obrežna vegetacija slabo razvita ali je sploh ni (npr. zaradi hudourniške narave vodotoka), ne glede na siceršnje naravno stanje vodotoka, podeli omenjena metoda slabo oceno za stanje obrežja. Tako je kljub zelo ohranjenemu zgornjem teku reke Dragonje, ki poteka po nanaseljenem delu območja obdelave, hidromorfološka ocena dokaj slaba (2,00). V srednjem teku se hidromorfološka ocena stanja obrežja mestoma še poslabša, predvsem zaradi redkejših posebnih struktur obrežja (2,00 do 3,33). Nadaljne slabšanje omenjene ocene (5,20 do 6,40) opazimo v spodnjem teku reke, predvsem zaradi antropogenih ureditev obrežij, odstranitve obrežne vegetacije ob regulacijskih delih ter vse redkejših posebnih struktur. Tu je hidromorfološka ocena obrežja vodotoka za odseke reke Dragonje po metodi GSGB najbolj konsistentna s stanjem vodotoka.

Graf 26 prikazuje hidromorfološko oceno stanja pribrežnih zemljišč v odsekih reke Dragonje po metodi GSGB. Delna ocena je sestavljena iz ocen stanja rabe tal, obrežnega pasu in antropogenih struktur pribrežnih zemljišč. Kljub sicer dokaj enakomerno ohranjenemu zgornjemu teku reke Dragonje imajo ocene pribrežnih zemljišč odsekov tu zaradi travniške oziroma ledinske rabe tal (območje obdelave se sicer zarašča), ponekod skromnih širin obrežnih pasov in pojava sicer zaraščajočih se kolovozov, dokaj velik razpon (1,00 do 3,67). Omenjeno je značilnost predsem povirnih odsekov pod vasjo Poletiči ter odsekov pred Škrlinami. Ocena stanja pribrežnih zemljišč se zaradi vse intenzivnejše kmetijske rabe pribrežnih zemljišč, ožjih obrežnih pasov in pojavov antropogenih struktur pribrežnih zemljišč (utrjene prometne površine, deponija, lokalne protipoplavne ureditve) z dokaj velikim razponom slabša v srednjem teku (2,20 do 5,40). Omenjena ocena prav tako pada v območju brez obrežne vegetacije (ostale rabe) ter intenzivne kmetijske pridelave v antropogeno najbolj spremenjenem spodnjem teku reke Dragonje (4,20 do 6,67). V delu spodnjega teka reke vzdolž solin se ocena pribrežnih zemljišč nekoliko izboljša (4,60), a v splošnem ostaja dokaj slaba zaradi antropogeno spremenjenega obrežnega pasu in protipoplavnih ureditev kanala Sv. Odorika in je soliden odraz stanja vodotoka.

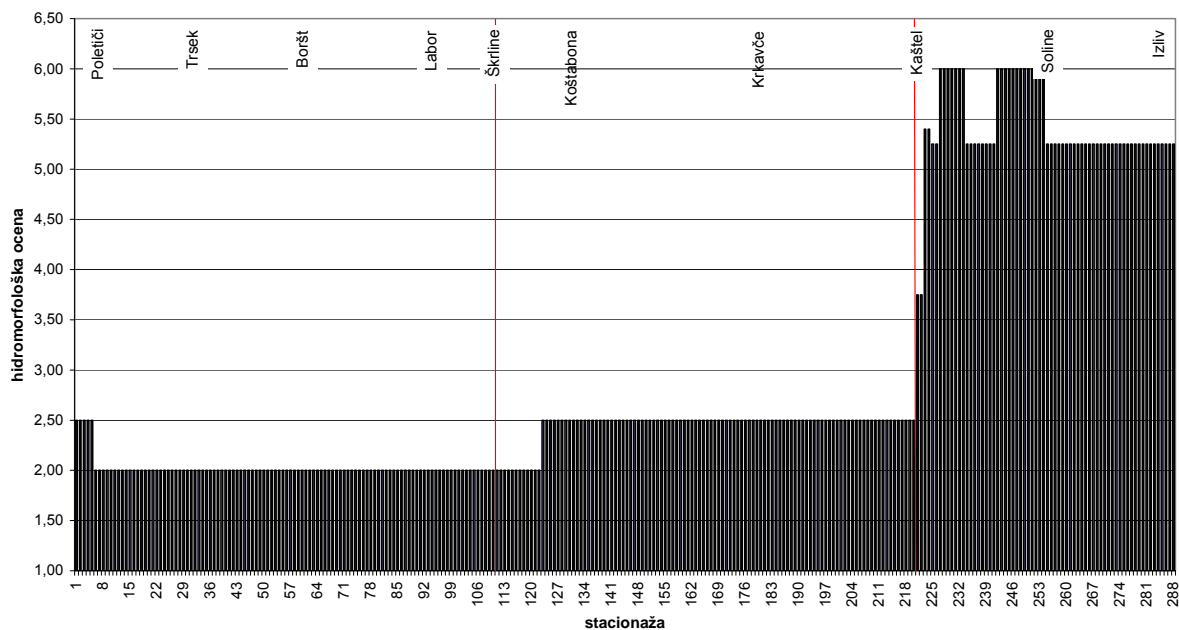
Skupne hidromorfološke ocene odsekov reke Dragonje ter pripadajoče hidromorfološke kakovostne razrede odsekov reke Dragonje prikazujeta grafa 27 in grafa 28. Slabše skupne hidromorfološke ocene prvih treh povirnih odsekov (2,26 do 2,76) in posledično slabši hidromorfološki kakovostni razredi odsekov (3) v primerjavi z ostalimi sicer podobnimi odseki (1 in 2) zgornjega teka reke Dragonje so rezultat pri komentarjih delnih ocen omenjene nekonsistentnosti metode pri ocenjevanju tlorisnega poteka, vzdolžnega profila ter delno prečnega profila vodotoka. V splošnem pa omenjene skupne hidromorfološke ocene opisujejo siceršnjemu stanju vodotoka podobno stanje predvsem v zgornjem in deloma v srednjem teku vodotoka, manj uspešno (prestrogo) pa metoda prikazuje stanje v spodnjem teku vodotoka. Tako lahko privzamemo metodo GSGB, rezultate skupnih hidromorfoloških ocen odsekov ter pripadajoče določitve hidromorfoloških kakovostnih razredov odsekov reke Dragonje kot solidno osnovo za nadaljnje delo in raziskave na področju izdelave sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.



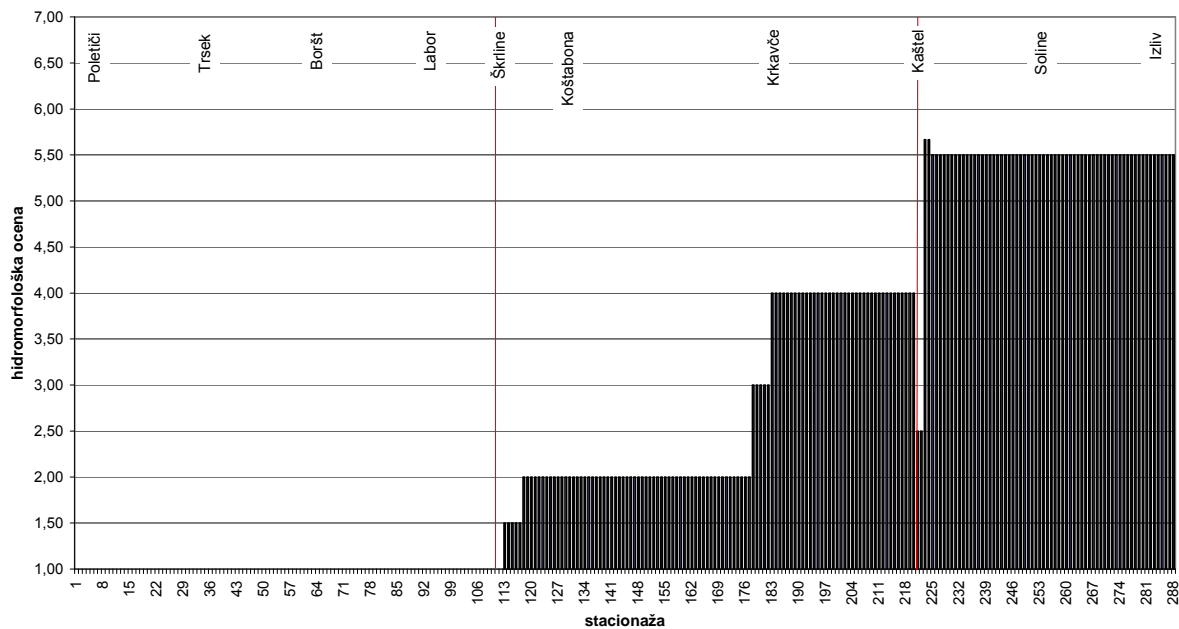
Graf 21: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 22: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB

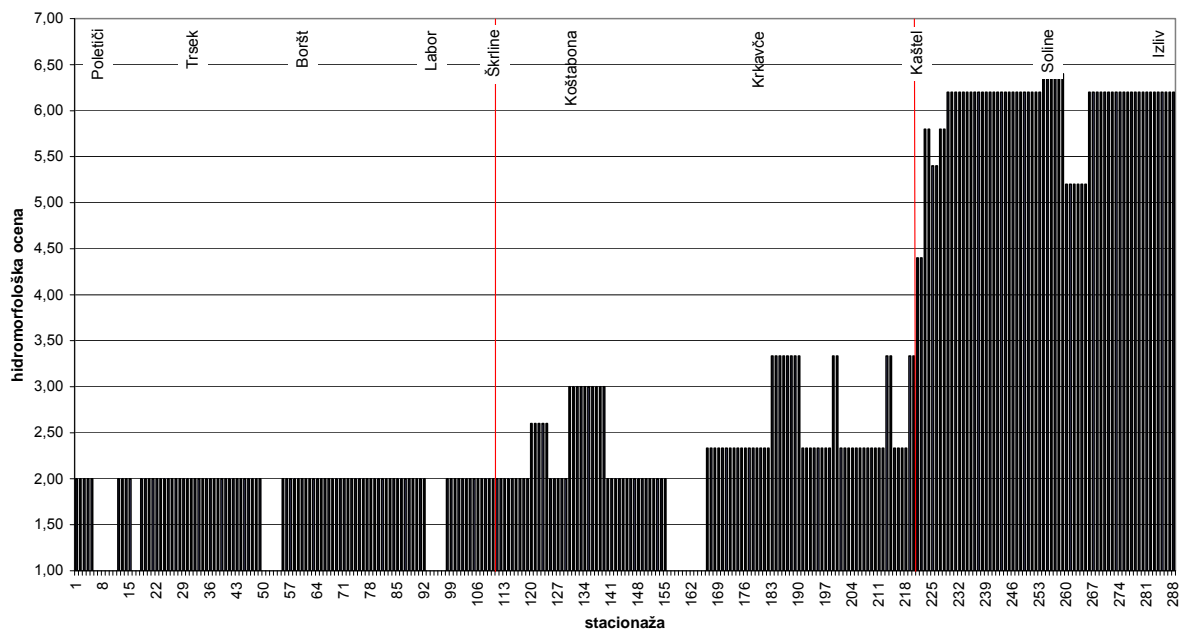


Graf 23: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB

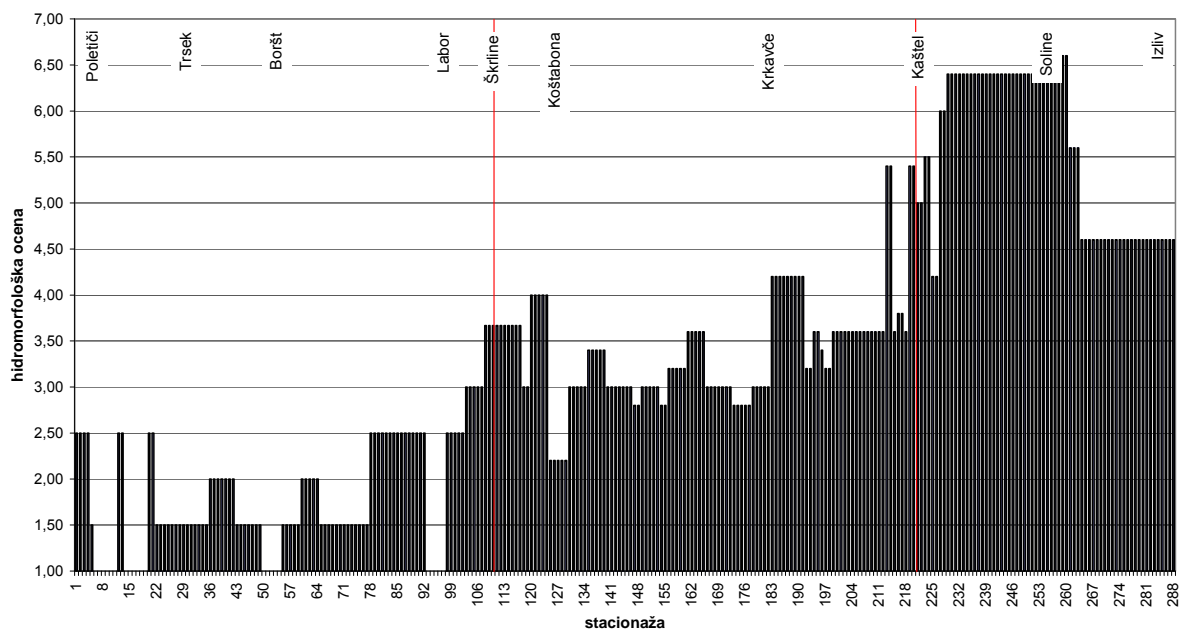


Graf 24: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB

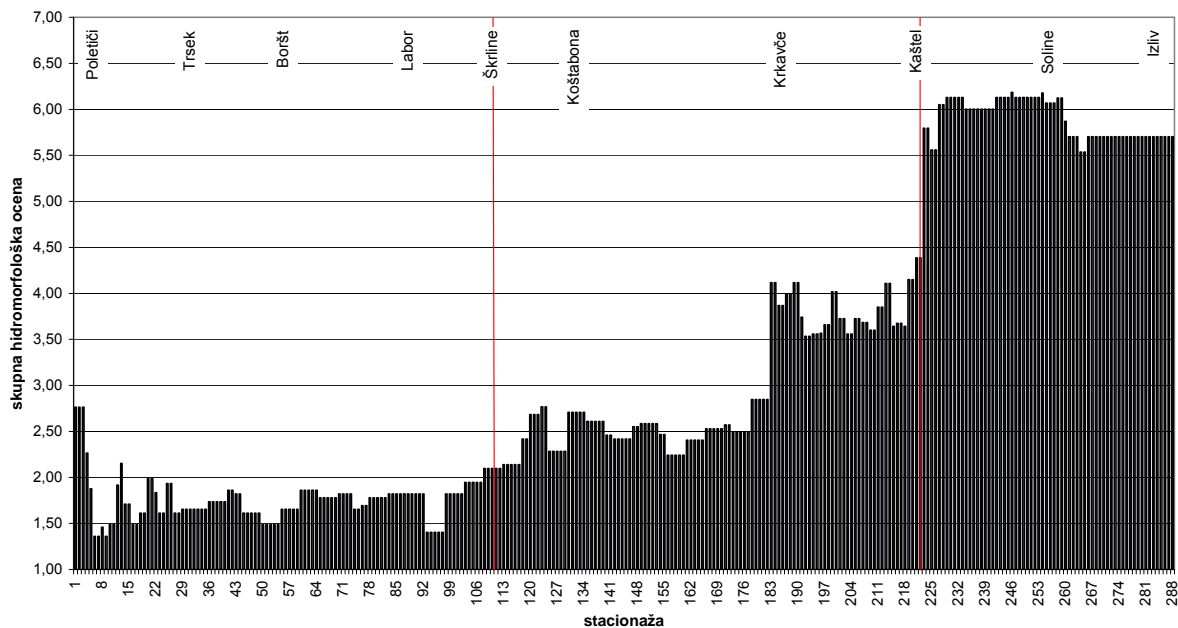




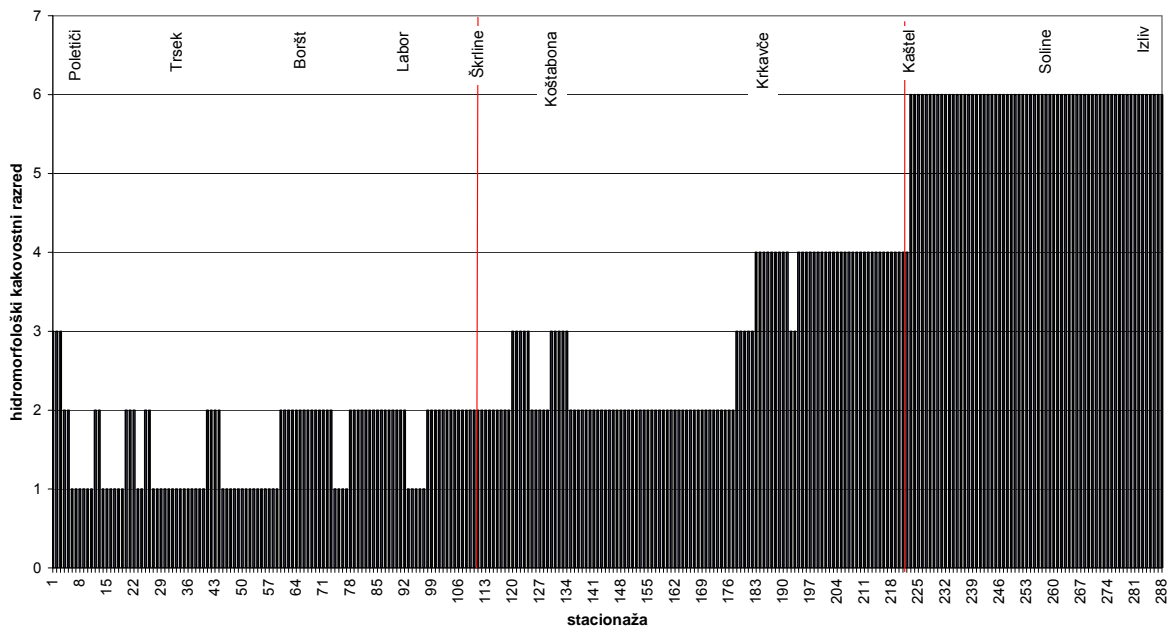
Graf 25: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 26: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 27: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 28: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v ocenjevalnih odsekih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB

### 3.3.2. Aplikacija metode GSGB s transeknim zajemom podatkov

Metodo GSGB smo transektno kabinetno aplicirali na osnovi 32 podatkov, ki ustrezajo metodi GSGB za odsečni zajem. Podatke smo izbrali iz transektno zajete podatkovne baze razširjenega nabora 148 hidromorfoloških spremenljivk. Predpisani podatki, uporabljeni za transektno aplikacijo metode, so predstavljeni v preglednici 30. Dolžine transektov, dolžina najdaljšega transekta, dolžina najkrajšega transekta ter povprečna dolžina transektov so navedene v poglavju 3.2.2. Določitev transektov in transektni zajem podatkov v koridorju reke Dragonje. Skupna dolžina transektov znaša 5.677 m ali 19,71 % od 28.800 m skupne dolžine vodotoka oziroma območja obdelave. Delne hidromorfološke ocene, skupno hidromorfološko oceno in hidromorfološke kakovostne razrede za 288 transektov smo izračunali kabinetno po metodi GSGB.

Preglednica 30: Izbor 32 podatkov za transektno aplikacijo metode GSGB

funkcionalna enota	oznaka iz podatkovne baze	spremenljivka
tek vodotoka	18	oblika struge
	33	prevladujoč tip doline
	38 R	lokalna vijugavost toka v transektu
	48	pestrost vodnega toka
vzdolžni profil	68	število otokov
	78	število prodišč
	83	število tolmunov
	91	število vodnih brazd
	96	število brzic
	101	število stopenj
	115	število plitvin
prečni profil	49	tip profila
	50	širina aktivne struge
	52	spremenljivost širine vodnega toka
	55	spremenljivost globine vodnega toka
	57	ureditve prečnega profila
	58	prepusti
	60	urezanost profila
rečno dno	62	prevladujoč substrat in utrditve dna
	63	raznovrstnost dna
obrežje	121 max	gradivo antropogenih brežin
	123 max	intenzivnost erozijskih procesov
	129 min	obrežna vegetacija
	130 min	prostorska distribucija obrežne vegetacije
	134	preraščenost struge
	135	zaraščenost struge
	136	zapadlo drevje
	137	plavni les
	138 min	obrežni hidromorfološki niz
	139 max	raba pribrežnih zemljišč
140 min	širina rečnega koridorja	
146 min	širina zaledne vegetacije	

Transektne hidromorfološke delne ocene tlorisnega poteka, prikazane na grafu 29, v primerjavi z odsečnimi delnimi ocenami le-tega, prikazanimi na grafu 21, prikazujejo slabše stanje tlorisnega poteka v zgornjem in srednjem teku (sicer bolj ohranjeni deli rečnega koridorja), ter boljše v spodnjem teku reke Dragonje (sicer manj ohranjeni oziroma antropogeni deli rečnega koridorja). Hidromorfološke spremenljivke tlorisnega poteka vodotoka po metodi GSGB zavrtost rečnega toka, bočna erozija v zavojih, vzdolžna prodišča in posebne strukture poteka vodotoka so značilno longitudinalne. Zato jih lažje objektivno ocenimo v odsekih, kakor v kratkih transektih rečnega toka.

Transektne hidromorfološke delne ocene vzdolžnega profila, prikazane na grafu 30, v primerjavi z delnimi odsečnimi ocenami, prikazanimi na grafu 22, prikazujejo slabše stanje vzdolžnega profila vodotoka v zgornjem in srednjem teku, hkrati pa podobno, a nekoliko manj homogeno stanje v spodnjem teku reke Dragonje. Hidromorfološke spremenljivke prečni objekti, zaježitve in zacevjenost so na primeru reke Dragonje sicer redke ali pa jih sploh ni. Kljub temu lahko ugotovimo, da so hidromorfološke spremenljivke vzdolžnega profila metode GSGB prečna prodišča, raznovrstnost toka in spreminjanje globine objektivneje ocenjene v kontekstu rečnih odsekov ali celo tekov, ne pa transektov.

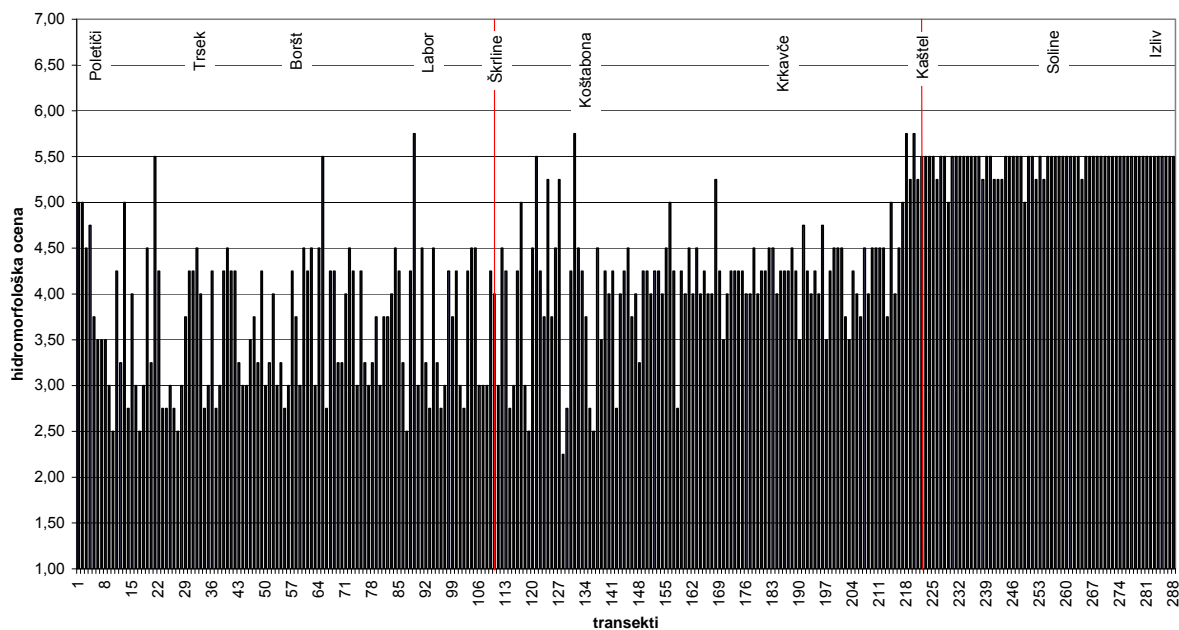
Podobna ugotovitev velja za razlike med transektnimi in odsečnimi delnimi hidromorfološki ocenami prečnega profila reke Dragonje, ki jih prikazujeta graf 31 in graf 23. Hidromorfološke spremenljivke, ki jih predvideva metoda GSGB za izdelavo ocene prečnega profila vodotoka, predvsem bočna erozija ter spreminjanje širine profila, so objektivni dejavnik kakovostne ocene v daljših odsekih vodotoka, manj pa v transektih.

Transektne hidromorfološke delne ocene rečnega dna reke Dragonje, prikazane na grafu 32, kažejo na slabše stanje rečnega dna vzdolž celotnega teka reke, predvsem na sicer najbolj ohranjenem zgornjem teku reke, kakor ga prikazujejo odsečne delne ocene stanja rečnega dna reke, prikazane na grafu 24. Hidromorfološke spremenljivke substrat rečnega dna, talne ureditve, raznovrstnost substrata ter posebne strukture tal, ki jih za izdelavo ocene stanja rečnega dna predvideva metoda GSGB, v zgolj kratkih transektih brez gorvodnega in dolvodnega konteksta manj objektivno ocenijo stanje vodotoka, kakor v daljših odsekih.

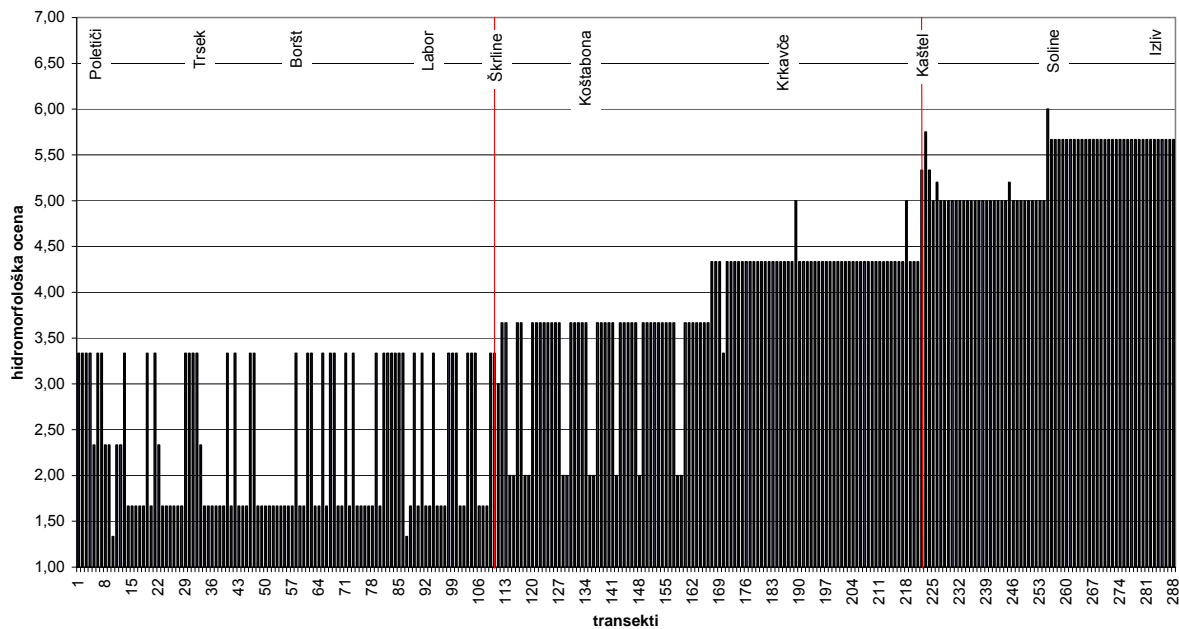
Podobno velja za transektne hidromorfološke delne ocene obrežja vodotoka, prikazane na grafu 33, napram odsečnim hidromorfološkim delnim ocenam obrežja vodotoka, ki so prikazane na grafu 25. Spremenljivka delne hidromorfološke ocene obrežja vodotoka po metodi GSGB posebne ureditve obrežij je v rečnem koridorju vzdolžno orientirana hidromorfološka kakovost in kot taka objektivnejša za oceno odsekov in ne transektov.

Hidromorfološke delne ocene pribrežnih zemljišč v transektih reke Dragonje, prikazane na grafu 34, v primerjavi z delnimi ocenami le-teh v odsekih reke Dragonje, prikazanimi na grafu 26, kažejo splošno slabše stanje pribrežnih zemljišč. Ugotovitev velja predvsem za stanje pribrežnih zemljišč v zgornjem in srednjem teku reke, deloma pa tudi v spodnjem delu spodnjega teka reke. Spremenljivke delne hidromorfološke ocene pribrežnih zemljišč vodotoka po metodi GSGB, predvsem raba tal in obrežni pas je za objektivno delno oceno potrebno opazovati v kontekstu odseka ali celo teka vodotoka, ne pa zgolj v transektu.

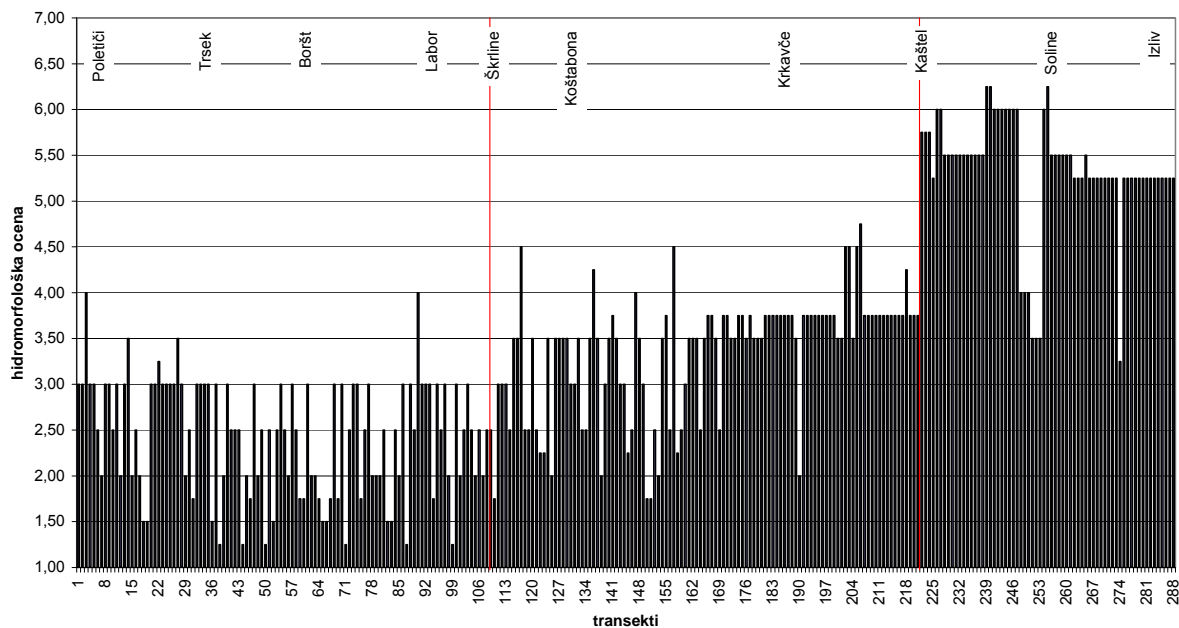
Kot posledica zgornjih ugotovitev so skupne hidromorfološke ocene transektov in hidromorfološki kakovostni razredi reke Dragonje po metodi GSGB, prikazani na grafih 35 in 36, v primerjavi z odsečnimi hidromorfološki ocenami in hidromorfološki kakovostnimi razredi reke Dragonje po metodi GSGB, prikazanimi na grafih 27 in 28, slabši v zgornjem teku reke, nekoliko slabši v srednjem teku reke in podobni v spodnjem teku reke, na splošno pa manj objektivni. S primerjavo odsečnih in transektnih delnih hidromorfoloških ocen lahko ugotovimo, da slednje na primeru reke Dragonje v splošnem prikazujejo nekoliko slabše stanje ohranjenosti hidromorfoloških funkcionalnih enot rečnega koridorja. Šibka točka transektne aplikacije metode GSGB torej je, da zaradi hitrosti metode (zajem zgolj v transektih in ne v odsekih vzdolž celotnega teka reke) popisovalec ne inventarizira vseh hidromorfoloških spremenljivk, predvidenih z omenjeno metodo in prilagojenih na odsečni zajem podatkov. Ugotovitev je pomembna za usmeritve pri izboru transektnemu zajemu podatkov prilagojenih hidromorfoloških spremenljivk in izdelavi sistema ocenjevanja sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.



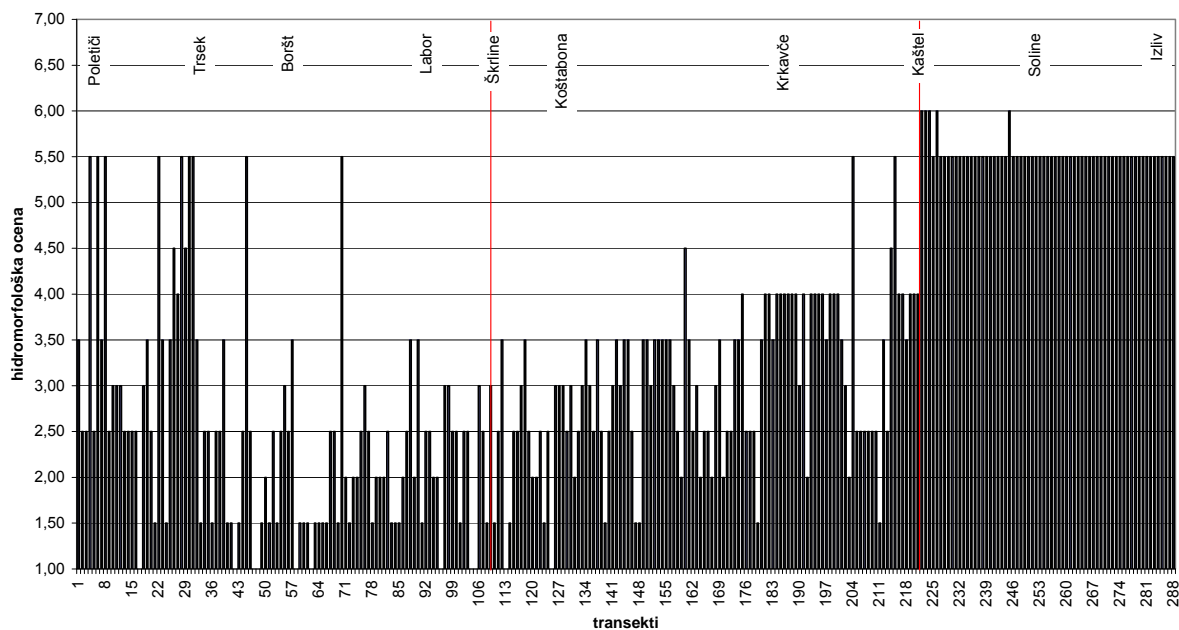
Graf 29: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



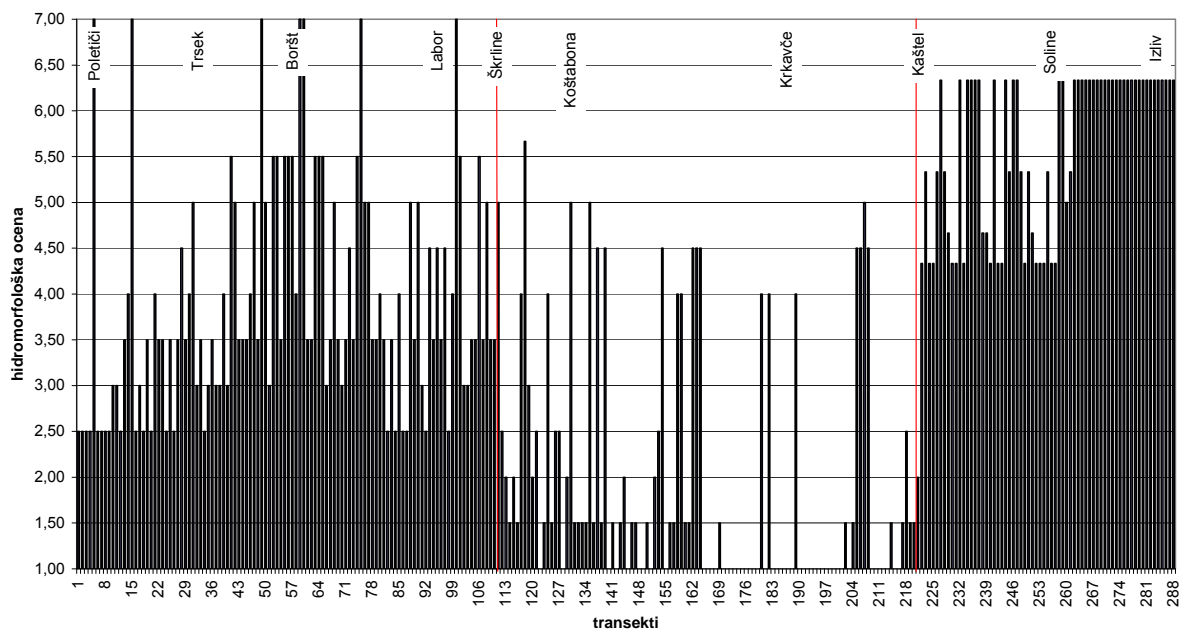
Graf 30: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



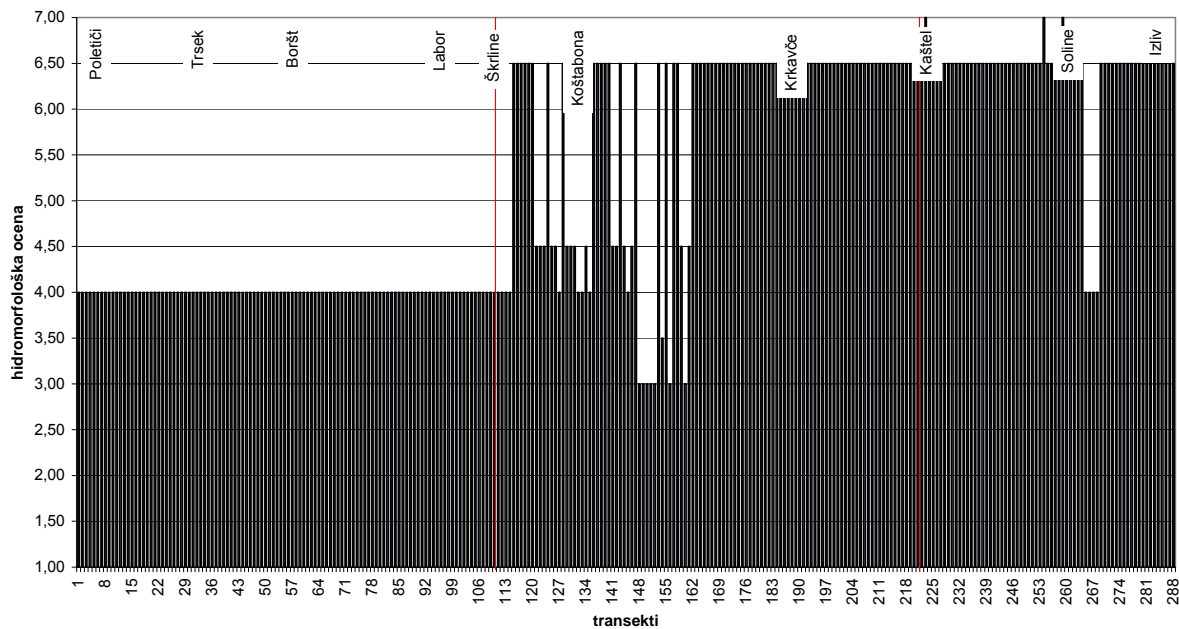
Graf 31: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



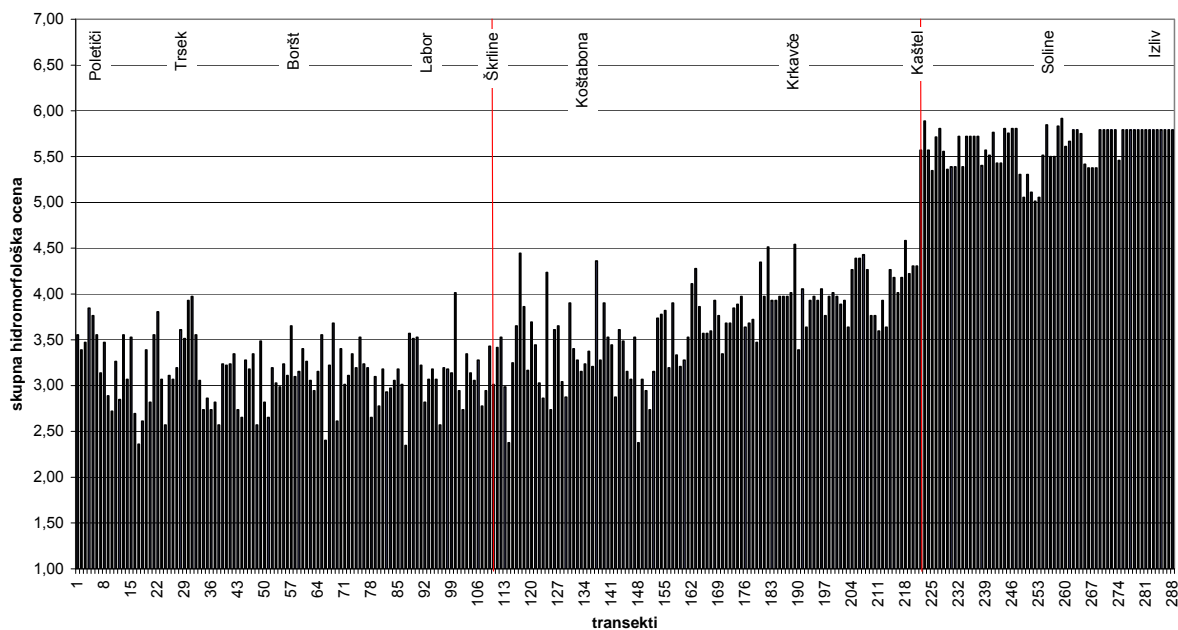
Graf 32: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



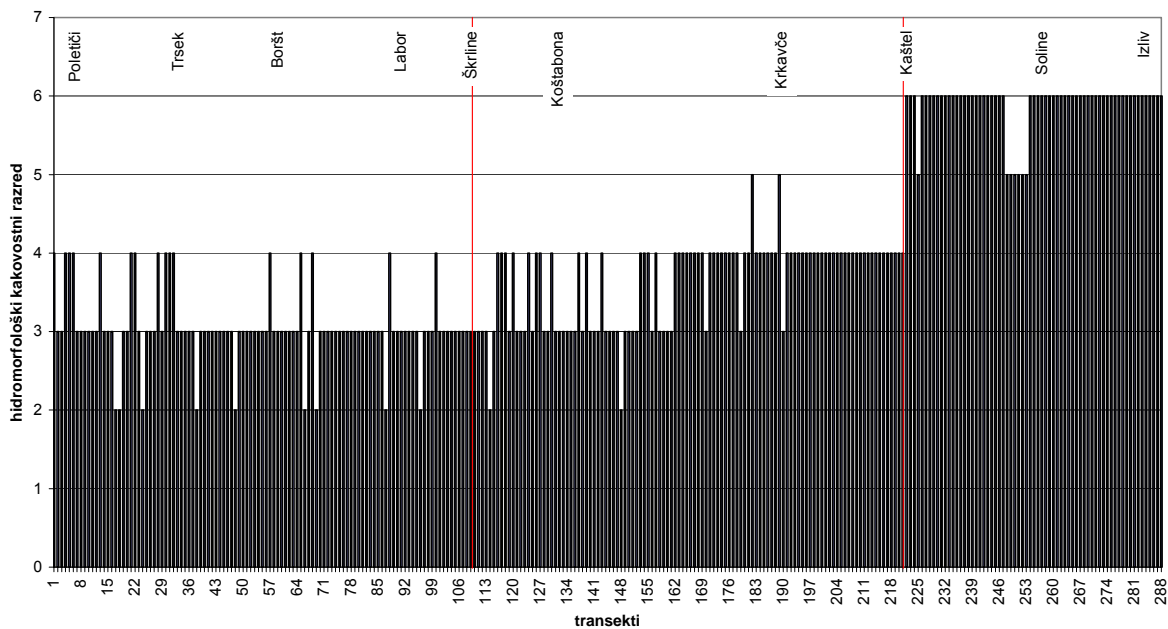
Graf 33: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 34: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 35: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



Graf 36: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po metodi GSGB



## **3.4. ANALIZA HIDROMORFOLOŠKIH SPREMENLJIVK**

### **3.4.1. Zasnova analize in priprave nabora podatkov**

Analizo podatkov za izdelavo sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju in spremljajoče analize smo zasnovali na podatkovnih bazah, ki smo jih izdelali s terenskim in kabinetnim delom. Zasnova analize podatkov je predstavljena na shemi 23.

Osnovo za analizo hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju in izdelavo sintezne metode tvori na osnovi inventarizacijskega lista (priloga 3 na priloženi zgoščenki) zajeta podatkovna baza 148 hidromorfoloških spremenljivk. Obseg podatkovne baze smo z redukcijo dvojnih spremenljivk (spremenljivk, ki v transektu zasedajo dve vrednosti, npr. za levi in desni breg reke) v maksimalne ali minimalne vrednosti zmanjšali in ločeno uredili podatkovni bazi diskretnih in realnih vrednosti spremenljivk. Za izdelavo sintezne metode smo uporabili bazo diskretnih hidromorfoloških spremenljivk velikosti 99 zapisov v 288 transektih (priloga 3 na priloženi zgoščenki). V podatkovni bazi smo merjene spremenljivke zapisali tudi v obliki normaliziranih vrednosti.

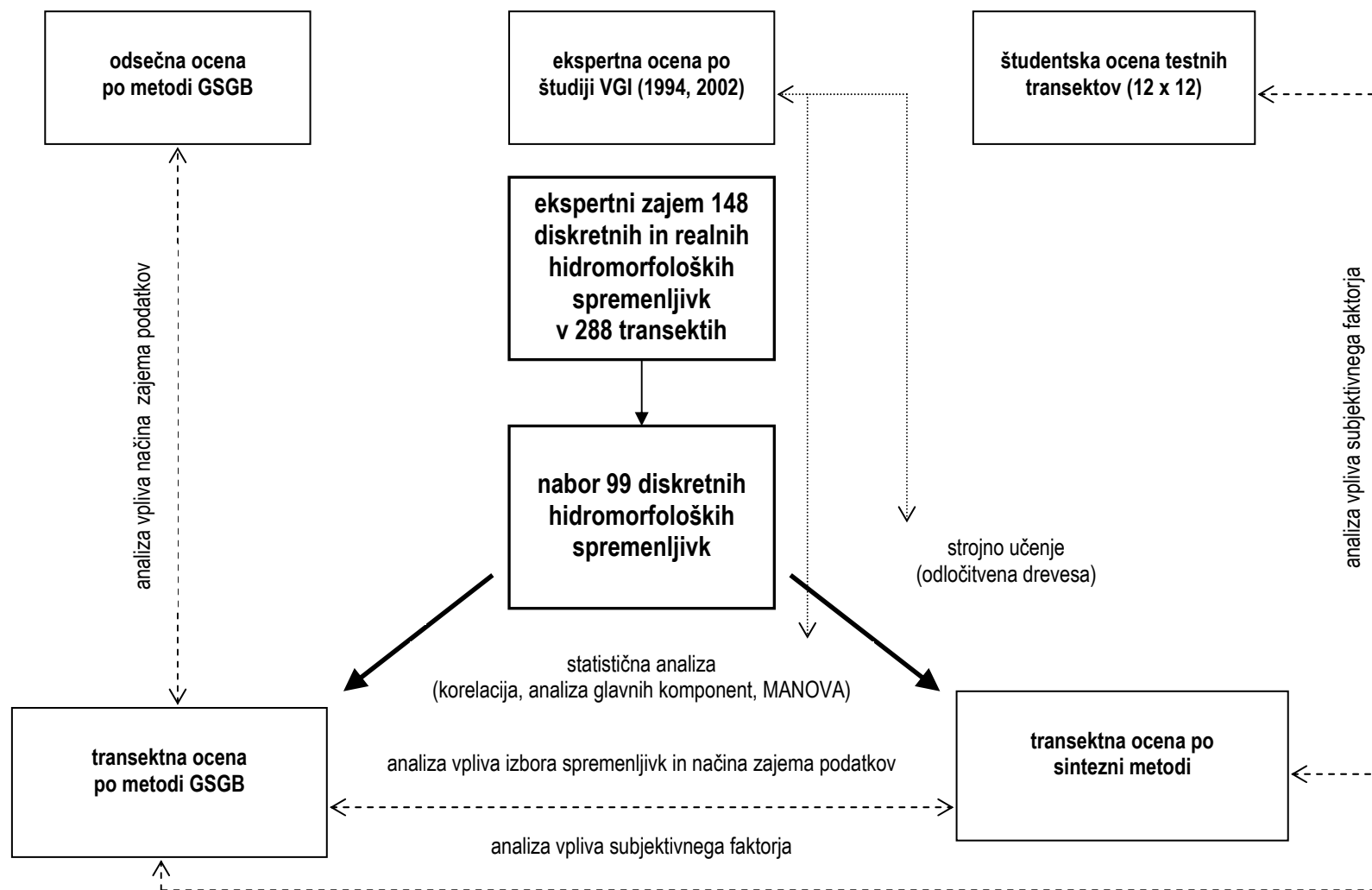
Za potrebe redukcije 99 terensko transektno zajetih diskretnih hidromorfoloških spremenljivk s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja v nabor spremenljivk sintezne metode, smo kot ekspertno oceno uporabili podatke o ekomorfološkem stanju reke Dragonje iz študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002). Pri tem je seveda potrebno povdariti, da v nadaljevanju navedeni rezultati redukcije transektno zajetih diskretnih hidromorfoloških spremenljivk z obema vrstama orodij veljajo le za primer koridorja reke Dragonje.

Za analizo vpliva subjektivnega faktorja smo uporabili primerjalno podatkovno bazo, ki jo je v 12 testnih transektih na osnovi študentskega inventarizacijskega lista (priloga 4 na priloženi zgoščenki) terensko zajelo 12 predhodno šolanih študentov. Podatkovna baza vsebuje 64 terensko zajetih hidromorfoloških spremenljivk ter 32 naknadno kabinetno izvedenih hidromorfoloških spremenljivk.

Analizo vpliva zajema podatkov smo zasnovali s primerjavo hidromorfoloških kakovostnih ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov transektne in odsečne aplikacije metode GSGB, predstavljenih v poglavju 3.3. Aplikacija metode GSGB.

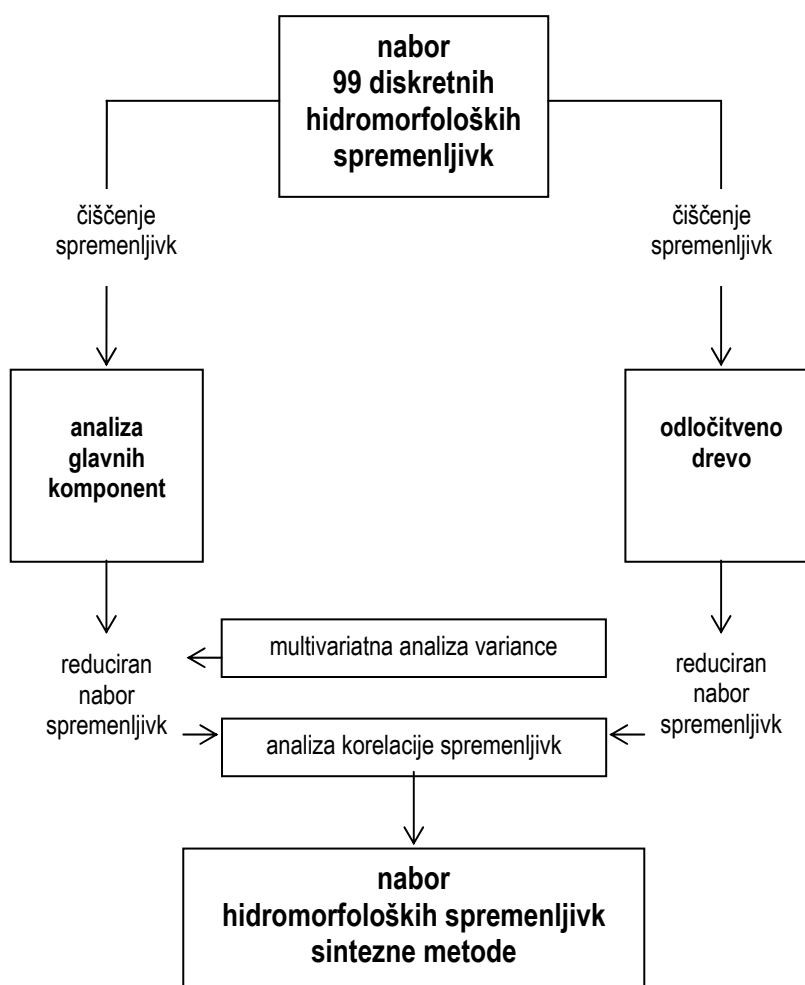
Analizo vpliva izbora reduciranega števila hidromorfoloških spremenljivk smo zasnovali s primerjavo hidromorfoloških kakovostnih ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov transektne aplikacije metode GSGB in sintezne metode.

Predhodno pripravo nabora hidromorfoloških spremenljivk za obdelavo z izbranimi orodji, prikazano na shemi 24, smo izdelali s čiščenjem podatkov odvečnih ali motečih podatkov v podatkovni bazi. Rezultati redukcije, korelacije in multivariatne analize variance hidromorfoloških spremenljivk so predstavljeni v naslednjih poglavjih.



*t* – statistika, interval zaupanja, neparametrski test Kruskal - Wallis

Shema 23: Zasnova analize podatkov



Shema 24: Priprava nabora in analiza spremenljivk za izdelavo sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev

### 3.4.2. Priprava nabora hidromorfoloških spremenljivk za obdelavo

#### 3.4.2.1. Priprava nabora hidromorfoloških spremenljivk za obdelavo s statističnimi orodji (čiščenje)

Iz podatkovne baze 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk smo pred uporabo statističnih orodij za analizo hidromorfološkega stanja rečnega koridorja izločili tiste hidromorfološke spremenljivke, ki so v primeru raziskave reke Dragonje brez informacijske vrednosti. Izločenih 15 hidromorfoloških spremenljivk imajo značilno enake vrednosti (npr. vse 0 ali 1 ali 2 ali 3 itd.) v vseh 288 transektih ali vsaj 280 enakih izmed 288 vrednosti. Za statistično obdelavo smo tako pripravili podatkovno bazo 84 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk. Izločene spremenljivke so prikazane v preglednici 31.

Območje obdelave zajema glavno strugo reke Dragonje od Poletičev do iztoka v Jadransko morje, brez pritokov. Spremenljivka "red vodotoka" (19) je v primeru raziskave reke Dragonje tako enaka v vseh 288 transektih, njen pomen naraste z raziskavami omrežij rečnih koridorjev glavnega toka vodotoka in pritokov. Podatek ni uporaben za statistično raziskavo.

"Površina prispevnega območja" (23 R), "podnebje" (27) in "hidrološki režim vodotoka" (28) so spremenljivke, ki so predvidene za primerjalne analize hidromorfoloških stanj rečnih koridorjev med

različnimi vodotoki istega ali različnih ekohidrografskih območij. V primeru raziskave reke Dragonje imajo našteje spremenljivke le kataložni pomen in niso uporabne za statistično raziskavo.

Preglednica 31: Iz statistične analize predhodno izločene hidromorfološke spremenljivke brez informacijske vrednosti

oznaka spremenljivke	spremenljivka
19	red vodotoka
23 R	površina prispevnega območja
27	podnebje
28	hidrološki režim vodotoka
57	ureditve prečnega profila
72	peščine
73	število peščin
74 R	razmerje število peščin / m <sup>1</sup> transekta
75 R	povprečna razdalja med peščinami
76 R	razmerje povprečna razdalja med peščinami / širina strugotvorne struge
98 R	povprečna razdalja med brzicami
99 R	razmerje povprečna razdalja med brzicami / širina strugotvorne struge
138 min	obrežni hidromorfološki niz
143 min	prostorska distribucija zaledne vegetacije
148 min	zaledni hidromorfološki niz

“Ureditve prečnega profila” (57) so v primeru reke Dragonje značilne predvsem za spodnji tek reke, a smo jih inventarizirali le v dveh transektih. Zato z vidika statistične analize spremenljivka ni uporabna. Prav tako smo s terenskim zajemom podatkov ugotovili, da so v koridorju reke Dragonje peščine (72) redki pojav, zabeležen le v dveh transektih. Tako tudi spremenljivke, ki beležijo prisotnost, stanje in razmerja peščin (73, 74 R, 75 R, 76 R) za statistično raziskavo niso uporabne.

Več kot ena brzica (98 R, 99 R) v transektu, med katerimi bi sicer lahko merili razdalje in računali razmerja, je bila v koridorju reke Dragonje inventarizirana le v enem transektu. Prav tako se v koridorju reke Dragonje redko pojavljata spremenljivki “obrežni hidromorfološki niz” (138 min) in “zaledna vegetacija” (143 min), le v treh oziroma osmih transektih. “Zaledni hidromorfološki niz” (148 min) ni bil inventariziran v nobenem izmed transektov vzdolž koridorja reke Dragonje. Naštete spremenljivke tako niso uporabne za statistično raziskavo.

#### 3.4.2.2. Priprava nabora hidromorfoloških spremenljivk za obdelavo z orodji strojnega učenja (čiščenje)

Med uporabo odločitvenih dreves kot orodij strojnega učenja za analizo podatkovnih baz, smo iz podatkovne baze 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk postopoma izločili tiste, ki so z ekspertnega vidika tvorile manj smiselna ali manj uporabna odločitvena drevesa ali pa v rezultate uvodnih analiz vnašale šum. Za obdelavo z odločitvenimi drevesi smo tako pripravili podatkovno bazo 95 hidromorfoloških spremenljivk. Izločene spremenljivke so prikazane v preglednici 32.

Preglednica 32: Iz strojnega učenja predhodno izločene hidromorfološke spremenljivke brez informacijske vrednosti

oznaka spremenljivke	spremenljivka
20	tek vodotoka
21	ekomorfološki razred vodotoka
31	geološka podlaga v transektu
48	pestrrost vodnega toka

Spremenljivka “tek vodotoka” (20) je zaradi naravnih danosti povodja v primeru reke Dragonje močno korelirana s spremenljivkama “tip profila” (49) in “ekomorfološki razred vodotoka” (21). V oceni hidromorfološkega stanja ima tako z ekspertnega vidika manjšo informacijsko vrednost. Prav tako ima

manjšo informacijsko vrednost z ekspertnega vidika v primeru reke Dragonje tudi spremenljivka "geološka podlaga" (31), saj zaseda samo dve možni vrednosti. Spremenljivko "ekomorfološki razred vodotoka" (21) smo kot generalizirano ekspertno oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju uporabili kot odvisno spremenljivko za določanje razredov primerov in je torej nismo mogli uporabiti kot neodvisni atribut primerov.

### 3.4.3. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk z analizo glavnih komponent

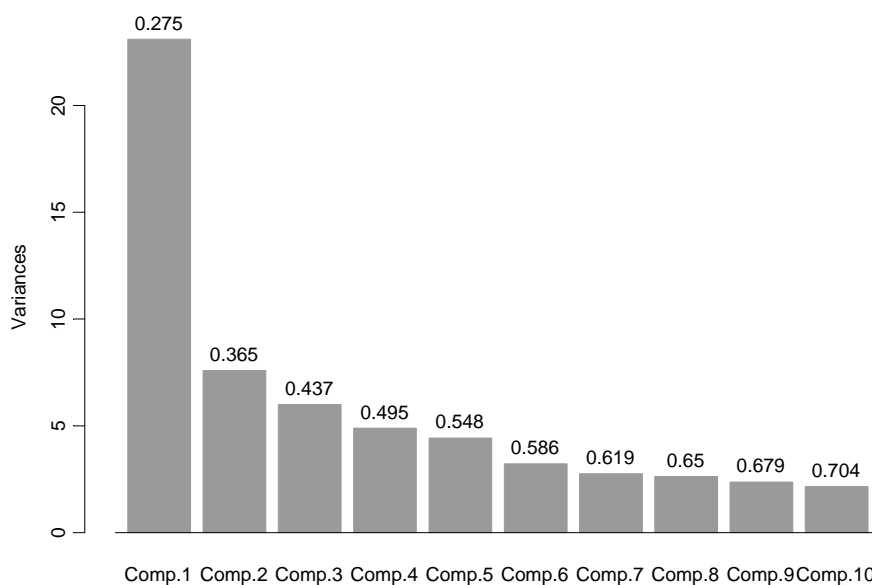
Redukcijo števila predhodno pripravljene podatkovne baze 84 hidromorfoloških spremenljivk smo izdelali z analizo glavnih komponent, predstavljeno v poglavju 2.7. Orodja za analizo hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, s pomočjo programskih paketov S-Plus in Matlab. Graf 37 prikazuje kumulativno varianco prvih desetih komponent, s katerimi v našem primeru zajamemo 70,4 % variance med vzorci. Graf kaže, da je s prvo komponento zajete že 27,5 % variance 84 hidromorfoloških spremenljivk, skupaj z drugo pa 36,5 %.

Graf 38 prikazuje razporeditev vzorcev 288 transektov glede na pripadajoče preklasificirane hidromorfološke kakovostne razrede (1., 2., 3. in 5.) (VGI, 1994, 2002) po prvih dveh glavnih komponentah. Skupini 1. in 2. hidromorfološkega kakovostnega razreda sta slabše ločljivi, skupini 3. in predvsem 5. hidromorfološkega kakovostnega razreda pa sta jasno ločeni. Ugotovitev se ujema s stanjem reke Dragonje, saj so odseki reke v 1. in 2. hidromorfološkem kakovostnem razredu medsebojno težje ločljivi kakor odseki 3., predvsem pa 5. hidromorfološkega kakovostnega razreda v spodnjem teku reke.

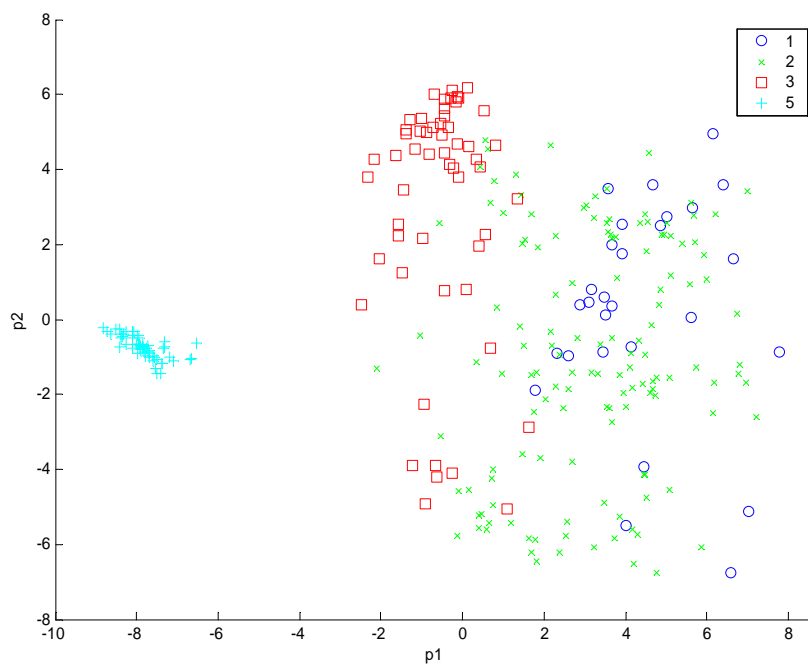
Graf 39 prikazuje prvi dve komponenti C 1 in C 2 kot absciso in ordinato novega koordinatnega sistema in preostalih 82 komponent, izrisanih kot iz koordinatnega izhodišča izhajajoče ortogonalne prostorske osi C 3 do C 288. Na grafu lahko prav tako vidimo zaporedne številke transektov od 1 do 288, ki enako kot graf 38 tvorijo manj izraženi skupini 1. in 2. hidromorfološkega kakovostnega razreda in bolj izraženi skupini 3. in 5. hidromorfološkega kakovostnega razreda.

S pomočjo analize glavnih komponent smo se za uspešno razvrščanje transektov v hidromorfološke kakovostne razrede namenili izbrati 32 hidromorfoloških spremenljivk, kolikor jih za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja potrebuje referenčna raziskovalna metoda GSGB, a seveda ne istih. Spremenljivke originalnega prostora smo izbrali po dveh postopkih. S prvim postopkom smo v podatkovni bazi pri lastnih vektorjih z najmanjšimi lastnimi vrednostmi izločili spremenljivke, ki imajo največjo absolutno vrednost. Postopek smo ponavljali, dokler nismo določili zelenih 32 spremenljivk. Z drugim postopkom smo 32 najpomembnejših spremenljivk določili glede na razvrstitev absolutnih vrednosti vseh 84 uteži prve glavne komponente od največje proti najmanjši. Pregled izbranih spremenljivk po obeh postopkih analize glavnih komponent podajamo v poglavju 3.4.6. Pregled z orodji določenih pomembnejših hidromorfoloških spremenljivk. Podrobnejši rezultati redukcije števila hidromorfoloških spremenljivk z analizo glavnih komponent so v prilogi 10 na priloženi zgoščenki.

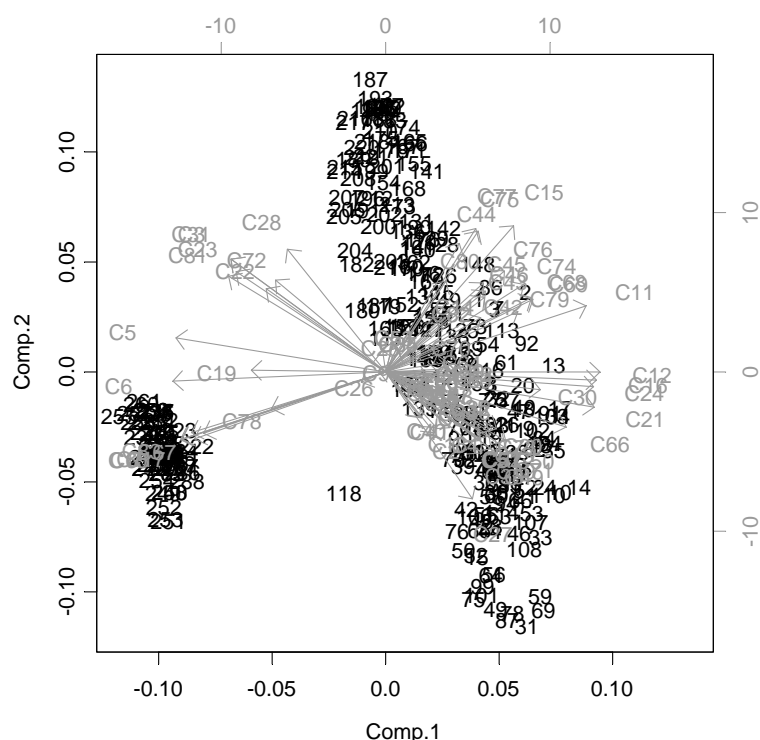
### Relative Importance of Principal Components



Graf 37: Kumulativna varianca prvih desetih glavnih komponent



Graf 38: Razporeditev vzorcev 288 transektov glede na hidromorfološke kakovostne razrede po prvih dveh glavnih komponentah



Graf 39: Razporeditev vzorcev 288 transektov glede na hidromorfološke kakovostne razrede po prvih dveh glavnih komponentah C 1 in C 2 (črna barva) in smeri preostalih 82 glavnih komponent C 3 do C 288 (siva barva)

Preglednica 33: Primerjalni pregled pomena z analizo glavnih komponent po dveh postopkih izbora določenih hidromorfoloških spremenljivk, padajoč pomen od prve proti zadnji vrstici preglednice

analiza glavnih komponent 1		analiza glavnih komponent 2	
oznaka	spremenljivka	oznaka	spremenljivka
17	tip vodotoka	141 max	hidrotehnične ureditve priobrnih zemljišč
18	oblika struge	52	spremenljivost širine vodnega toka
29	pritoki do transektu gorvodno	139 max	raba priobrnih zemljišč
30	antropogeni vodni tokovi	20	tek vodotoka
34 R	lokalni padec struge v transektu	123 max	intenzivnost erozijskih procesov
38R	lokalna vijugavost vodnega toka v transektu	51 R	širina strugotvorne struge
39	vijugavost vodnega toka v teku vodotoka	22	starost regulacije
51 R	širina strugotvorne struge	88 R	povprečna razdalja med tolmuni
56	prehodi struge	55	spremenljivost globine vodnega toka
58	prepusti	32	prevladujoč relief območja
59 R	razmerje širina / globina strugotvorne struge	97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transektu
62	materiali in utrditve rečnega dna	17	tip vodotoka
70 R	dolžina krajše osi otoka	140 max	širina rečnega koridorja vodotoka
79 R	razmerje število prodišč / m <sup>1</sup> transektu	125 R	povprečni naklon brežin v transektu
81 R	razmerje povprečna razdalja med prodišči / širina strugotvorne struge	146 min	širina zaledne vegetacije
89 R	razmerje povprečna razdalja med tolmuni / širina strugotvorne struge	21	ekomorfološki razred
92 R	razmerje število vodnih brazd / m <sup>1</sup> transektu	135	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo
93 R	povprečna razdalja med vodnimi brazdami	132 min	ocenjena starost višje obrežne vegetacije

se nadaljuje

Preglednica 33, nadaljevanje

94 R	razmerje povprečna razdalja med vodnimi brazdami / širina strugotvorne struge	129 min	obrežna vegetacija
97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transekta	50 R	širina aktivne struge
101	število stopenj	29	pritoki do transekta gorvodno
103 R	povprečna razdalja med stopnjami	105 R	povprečna višina stopenj
105 R	povprečna višina stopenj	63	raznovrstnost dna
115	število plitvin	58	prepusti
117 R	povprečna širina plitvin	120 max	tvorivo naravnih brežin
123 max	intenzivnost erozijskih procesov	85 R	povprečna globina tolmunov
125 R	povprečni naklon brežin v transektu	101	število stopenj
128 R	razmerje povprečna višina brežin v transektu / globina strugotvorne struge	122 max	erozijski procesi
135	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo	103 R	povprečna razdalja med stopnjami
137	plavni les	104 R	razmerje povprečna razdalja med stopnjami / širina strugotvorne struge
140 max	širina rečnega koridorja vodotoka	59 R	razmerje širina / globina strugotvorne struge
146 max	širina zaledne vegetacije	54 R	globina strugotvorne vode

Hidromorfološke spremenljivke, ki smo jih s pomočjo analize glavnih komponent določili kot pomembne za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju, lahko razvrstimo v dve skupini. V prvi skupini so tiste izmed pomembnih hidromorfoloških spremenljivk, ki opisujejo hidromorfološko stanje rečnega koridorja z okoljskega vidika, v drugi skupini pa tiste, ki ga opisujejo z vidika antropogenega posega v rečni koridor. Nekatere izmed pomembnih hidromorfoloških spremenljivk, ki opisujejo hidromorfološko stanje z okoljskega vidika, sta določila oba postopka analize glavnih komponent. Vidik sopojavljanja predstavljamo v poglavju 3.4.6. Pregled z orodji določenih pomembnejših hidromorfoloških spremenljivk.

Z vidika ocene ohranjenosti hidromorfološkega stanja so v tujih metodah, predstavljenih v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, izmed v preglednici 33 navedenih hidromorfoloških spremenljivk pogostokrat uporabljane ali pa imajo poudarjen pomen njihove izpeljanke: »tip vodotoka« (17), »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), »razmerje število prodišč / m<sup>1</sup> transekta« (79 R), »razmerje povprečna razdalja med tolmoni / širina strugotvorne struge« (89 R), »razmerje število vodnih brazd / m<sup>1</sup> transekta« (92 R), »razmerje število brzic / m<sup>1</sup> transekta« (97 R), »intenzivnost erozijskih procesov« (123 max), »zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo« (135), »plavni les« (137), »širina rečnega koridorja vodotoka« (140 max), »širina zaledne vegetacije« (146 max), »spremenljivost širine vodnega toka« (52), »tek vodotoka« (20), »spremenljivost globine vodnega toka« (55), »prevladujoč relief območja« (32), »zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo« (135), »obrežna vegetacija« (129 min), »širina aktivne struge« (50 R) in »raznovrstnost dna« (63).

Z vidika antropogenega posega v rečni koridor je za oceno ohranjenosti hidromorfološkega stanja smiselna večina tovrstnih hidromorfoloških spremenljivk, določenih z analizo glavnih komponent. Te so: »antropogeni vodni tokovi« (30), »prehodi struge« (56), »prepusti« (58), »materiali in utrditve rečnega dna« (62), »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141 max) in »raba pribrežnih zemljišč« (139 max). Glede na značilnosti regulacijskih del na reki Dragonji (v istem obdobju reguliran spodnji tek reke) je hidromorfološka spremenljivka »starost regulacije« (22) manj informativna.



#### 3.4.4. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk s pomočjo odločitvenih dreves

Za analizo pomena hidromorfoloških spremenljivk z odločitvenimi drevesi smo uporabili predhodno očiščeno in ustrezno obdelano podatkovno bazo 95 diskretnih spremenljivk. Analizo odločitvenih dreves smo izvedli s programskim paketom WEKA (Witten, I. in Frank, E., 2000).

Kot odvisno spremenljivko analize oziroma kot razrede primerov smo uporabili podatke o ekomorfološkem stanju reke Dragonje iz študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002). Omeniti velja, da se v našem primeru količine razredov primerov enakih vrednosti oziroma enakih hidromorfoloških kakovostnih razredov razlikujejo (različno dolgi odseki reke Dragonje so različno ohranjeni), kar je vplivalo na uspešnost učenja. Za izdelavo odločitvenega drevesa smo izmed algoritmov, ki jih ponuja programski paket WEKA, uporabili algoritem J 48. Za preveritev rezultatov učenja smo podatkovno bazo razdelili na desetine, od tega smo eno desetino privzeli kot testno množico, preostalih devet desetih podatkov pa kot učno množico (10-fold cross validation). Učenje in testiranje smo ponovili 10-krat, kar je predvideno že z algoritmom J 48.

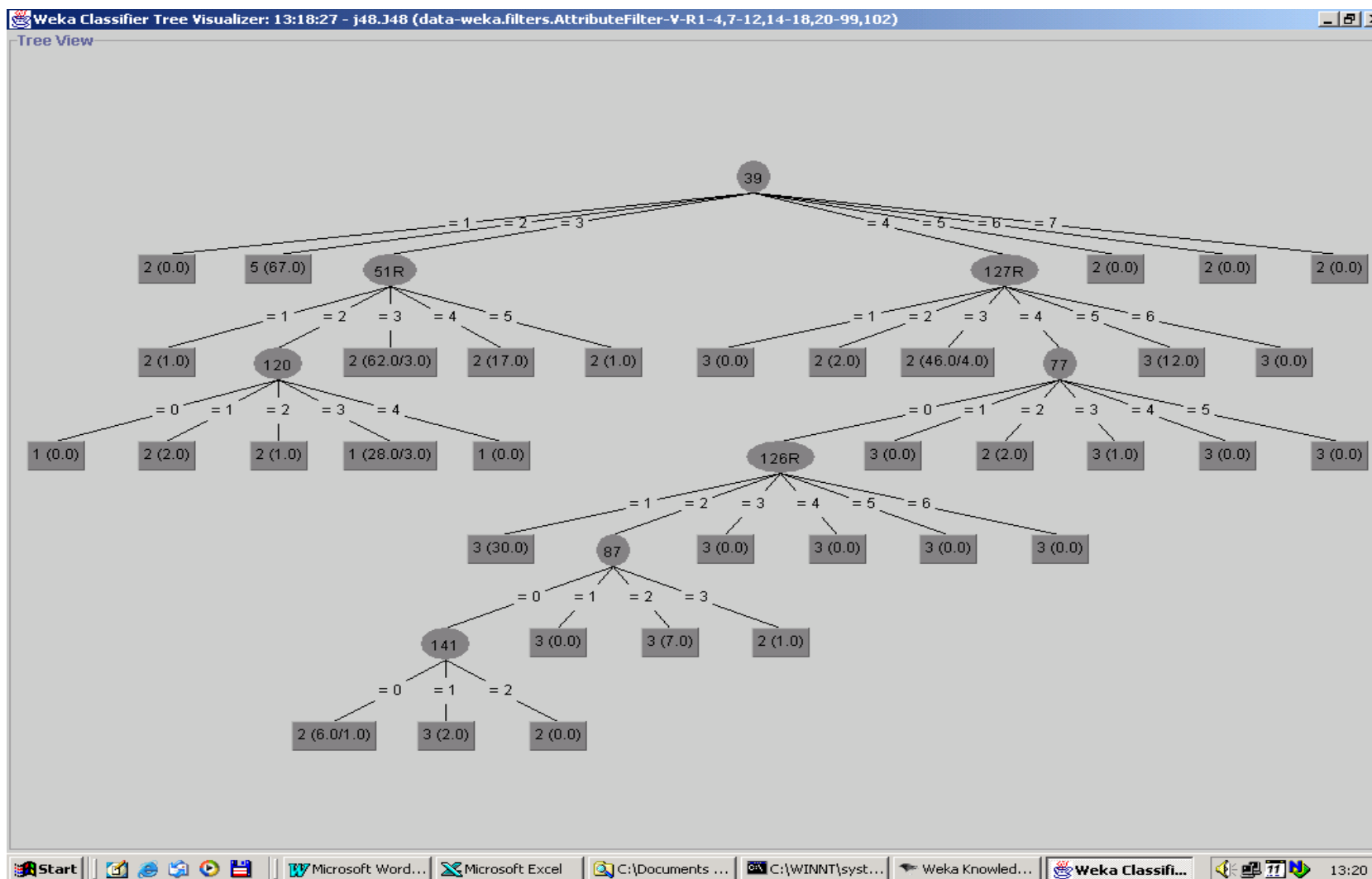
Programski paket WEKA v našem primeru s skoraj 89 % natančnostjo razvrsti transekte raziskovanega primera glede na njihove attribute v iste razrede primerov, kakor smo jih razvrstili v pripravi podatkovne baze, pri tem pa iz obsežne baze 95 hidromorfoloških spremenljivk uporabi samo 8 pomembnih, ki jih razvrsti v vozlišča drevesa. Rezultat analize hidromorfoloških spremenljivk v primeru reke Dragonje je tako odločitveno drevo z 8 vozlišči in 33 listi, prikazano na sliki 44. Poimenski pregled po pomenu izbranih osmih pomembnih hidromorfoloških spremenljivk je podan v preglednici 34.

Višina vozlišča, ki ga v odločitvenem drevesu zaseda hidromorfološka spremenljivka, je odvisna od njenega pomena (najvišje vozlišče zaseda najpomembnejša hidromorfološka spremenljivka). V listih odločitvenega drevesa pa so navedeni razredi primerov, v naši raziskavi je to ekspertna ocena hidromorfološke ohranjenosti transektov. Razredu primera je pripisano skupno število primerov razreda, ki je prispelo v list ter število napačno klasificiranih primerov razredov.

V rezultatih analize reke Dragonje tvori vrhnje vozlišče hidromorfološka spremenljivka »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39). Ta lahko zaseda pet vrednosti: 1, 2, 3, 4 in 5 in se razveji v dve vozlišči in tri liste. V primeru vrednosti 2 odločitveno drevo razvrsti v peti hidromorfološki kakovostni razred 67 primerov, od katerih so vsi razvrščeni pravilno. V primeru vrednosti 3 tvori novo vozlišče s hidromorfološko spremenljivko »širina strugotvorne struge« (51 R), ki se glede na možne vrednosti 1, 2, 3, 4 in 5 razveji dalje v novo vozlišče »tvorivo naravnih brežin« (120) in 4 liste. V primeru vrednosti 4 tvori novo vozlišče s hidromorfološko spremenljivko povprečna »višina brežin v transektu« (127 R). Ta se glede na možne vrednosti 1, 2, 3, 4, 5 in 6 razveji v novo vozlišče »prodišča« (77) in pet listov itd.

V primeru, da nekaterih vrednosti hidromorfološka spremenljivka ne zaseda, jih odločitveno drevo razvrsti v naključni razred primera (npr. za vrednosti 1 in 5 hidromorfološke spremenljivke »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39) odločitveno drevo vodi v lista s primerom razreda 2, v katerega pa ni bil razvrščen noben primer). V nadaljevanju predstavljamo rezultate odločitvenega drevesa za primer reke Dragonje, podrobnejši rezultati redukcije števila hidromorfoloških spremenljivk z odločitvenim drevesom pa so v prilogi 11 na priloženi zgoščenci.

Transekti na izravnanih ali reguliranih delih vodotoka s količnikom vijugavosti  $S$  od 1,01 do 1,10 (67 transektov) so razvrščeni v 5. kakovostni razred. Odločitveno drevo tako razvrsti vse transekte spodnjega teka reke Dragonje, za katerega je omenjen velikostni razred količnika vijugavosti značilen, zgolj z uporabo hidromorfološke spremenljivke »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39).



Slika 44: Odločitveno drevo, izdelano iz podatkovne baze 95 diskretnih spremenljivk in ekspertne določitve hidromorfološkega kakovostnega razreda v 288 transektih

Preglednica 34: Pregled pomena z odločitvenim drevesom določenih hidromorfoloških spremenljivk, padajoč pomen od prve proti zadnji vrstici preglednice

odločitveno drevo	
oznaka spremenljivke	spremenljivka
39	vijugavost vodnega toka v teku vodotoka
51 R	širina strugotvorne struge
127 R	povprečna višina brežin v transektu
120	tvorivo naravnih brežin
77	prodišča
126 R	razmerje povprečni naklon brežin v transektu / globina strugotvorne struge
87	delež osvetljenega dna tolmunov
141	hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč

Transekti na zmerno vijugajočih delih vodotoka s količnikom vijugavosti  $S$  od 1,11 do 1,20 s širinami strugotvorne struge velikostnih redov 5 m ali manj (1 transekt), 10,1 do 20,0 m (62 transektov), 20,1 do 50,0 m (17 transektov) in več kot 50 m (1 transekt) so razvrščeni v 2. kakovostni razred. Transekti na enakih delih reke, a s širinami strugotvorne struge velikostnega reda 5,1 do 10,0 m ter z naravnimi zemeljskimi (1 transekt) ali skalnatimi (2 transekta) brežinami, so razvrščeni v 2. hidromorfološki kakovostni razred, v primeru kombinacije zemeljskih in skalnatih brežin pa v 1. hidromorfološki kakovostni razred (28 transektov). Odločitveno drevo tako razvrsti vse transekte zgornjega teka reke Dragonje, za katerega je omenjen velikostni razred količnika vijugavosti značilen, v hidromorfološke kakovostne razrede glede na širino strugotvorne struge in tvorivo naravnih brežin z uporabo hidromorfoloških spremenljivk »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), »širina strugotvorne struge« (51 R) in »tvorivo naravnih brežin« (120).

Transekti na vijugajočih delih vodotoka s količnikom vijugavosti  $S$  od 1,21 do 1,30 ter z višino brežin velikostnega reda od 0,51 do 1,00 m (2 transekta) oziroma od 1,01 do 2,00 m (46 transektov), so razvrščeni v 2. hidromorfološki kakovostni razred, z višino brežin velikostnega reda od 4,01 do 8,00 m (12 transektov) pa v 3. hidromorfološki kakovostni razred. Transekti na istih delih vodotoka, a z višinami brežin velikostnega reda 2,01 do 4,00 m ter vzdolžnimi prodišči (2 transekta), so razvrščeni v 2. hidromorfološki kakovostni razred, s prodišči v zavoju (1 transekt) pa v 3. kakovostni razred. Transekti na istih delih vodotoka z enako visokimi brežinami in brez prodišč, a z majhnim razmerjem povprečni naklon brežin / globina strugotvorne struge (30 transektov), so razvrščeni v 3. kakovostni razred, z nekoliko večjim razmerjem pa glede na 50–75 % osvetljenost dna (7 transektov) v 3. hidromorfološki kakovostni razred oziroma glede na 75–100 % osvetljenost dna (1 transekt) v 2. hidromorfološki kakovostni razred. Transekti brez osvetljenega dna in brez hidrotehničnih ureditev pribrežnih zemljišč (6 transektov) so razvrščeni v 2. hidromorfološki kakovostni razred, transekti z visokovodnimi nasipi na pribrežnih zemljiščih (2 transekta) pa v 3. hidromorfološki kakovostni razred. Odločitveno drevo tako razvrsti večino transektov srednjega teka reke Dragonje, za katerega je omenjen velikostni razred količnika vijugavosti značilen, v hidromorfološke kakovostne razrede glede na višino brežin v transektu (oziroma urezanost struge), glede na prisotnost prodišč, glede na razmerje povprečni naklon brežin v transektu / globina strugotvorne struge, glede na delež osvetljenega dna tolmunov (oziroma prisotnost tolmunov in preraščenost struge z obrežno terestrično vegetacijo ali zaraščenost struge z obrežno akvatično vegetacijo) ter glede na prisotnost hidrotehničnih ureditev pribrežnih zemljišč. Pri tem uporabi hidromorfološke spremenljivke »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), »povprečna višina brežin v transektu« (127 R), »prodišča« (77) in »razmerje povprečni naklon brežin v transektu / globina strugotvorne struge« (126 R). S spremenljivkama »delež osvetljenega dna tolmunov« (87) in »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141) odločitveno drevo klasificira še preostanek transektov srednjega teka reke Dragonje.

V primeru reke Dragonje odločitveno drevo izdela izredno ozek izbor hidromorfoloških spremenljivk, potrebnih za razvrstitev transektov v kakovostne razrede. Na vrhnje vozlišče odločitvenega drevesa določi hidromorfološko spremenljivko »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39). Hidromorfološka spremenljivka »širina strugotvorne struge« (51 R) je zanimiva tudi kot izpeljanka spremenljivke »širina aktivne struge« (50). Hidromorfološko spremenljivko »povprečna višina brežin v transektu« (127 R) lahko v določeni meri interpretiramo kot urezanost profila transekta oziroma spremenljivko »urezanost profila« (60). Vijugavost vodotoka, širina strugotvorne ali aktivne struge in višina brežin so spremenljivke rečnega koridorja, ki jih regulacijska dela na vodotoku neposredno prizadanejo. Glede na regulacije reke Dragonje v spodnjem teku so zato vse tri izbrane spremenljivke, »vijugavost vodnega toka« (39), »širina strugotvorne struge« (51 R) in »povprečna višina brežin v transektu« (127 R), ki hkrati klasificirajo kar 208 ali 72 % transektov, zelo smiselna in v nadaljnjem delu uporabna izbira.

V primeru zgornjega teka reke Dragonje odločitveno drevo za klasifikacijo transektov razen hidromorfoloških spremenljivk »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39) in »širina strugotvorne struge« (51 R) uporabi tudi spremenljivko »tvorivo naravnih brežin« (120), ki pa je glede na splošno ohranjenost okolja zgornjega teka manj informativna.

V analizi srednjega teka reke Dragonje nam odločitveno drevo sicer največ pove o stanju vodotoka oziroma poleg »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39) in »povprečna višina brežin v transektu« (127 R) uporabi nekatere informativne in deloma večplastne spremenljivke. Hidromorfološko spremenljivko »prodišča« (77) lahko načeloma povežemo z ostalimi hidromorfološkimi kategorijami (tolmuni, vodne brazde, brzice, stopnje, plitvine) in interpretiramo kot pestrost struktur rečnega dna. Hidromorfološko spremenljivko »delež osvetljenega dna tolmunov« (87) lahko delno interpretiramo tudi kot prisotnost tolmunov v transektu oziroma spremenljivko »število tolmunov« (83), prav tako pa kot preraščenost in zaraščenost struge z obrežno vegetacijo v transektu oziroma kot spremenljivki »preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo« (134) in »zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo« (135). Vendar nas tudi tu zanima stanje obrežja in pribrežnih zemljišč vodotoka kot sestavnega dela rečnega koridorja. Izmed osmih z odločitvenim drevesom izbranih spremenljivk je samo ena, ki opisuje količino antropogenega posega v rečni koridor, to je »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141). Zaradi zgoraj že omenjenih obsežnih regulacijskih del v spodnjem teku reke Dragonje je omenjena hidromorfološka spremenljivka med pomembnejšimi tovrstnimi. Hidromorfološka spremenljivka »razmerje povprečni naklon brežin v transektu / globina strugotvorne struge« (126 R) je manj informativna.

Kot kaže primer spodnjega, izrazito antropogeno spremenjenega teka reke Dragonje, odločitveno drevo razvrsti transekt v hidromorfološki kakovostni razred zgolj na osnovi hidromorfološke spremenljivke »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39). Glede na stanje reke Dragonje pa lahko ugotovimo, da bi pri obnovi spodnjega teka reke Dragonje poleg sanacije vijugavosti pozornost morali usmeriti tudi na sanacijo dna vodotoka, predvsem pa obrežja in pribrežnih zemljišč vodotoka, na kar pa nas odločitveno drevo ne opozori.

Glede na zgornje ugotovitve in zasnovo sintezne metode (delitev na hidromorfološke funkcionalne in hidromorfološke strukturne enote) ter glede na njen namen (s pomočjo delnih hidromorfoloških ocen oziroma hidromorfoloških uteži strukturnih enot opozoriti na probleme hidromorfološkega stanja oziroma usmerjati ukrepe za obnovo rečnega koridorja) je kljub smiselnosti ter deloma tudi večplastni informativnosti izbora 8 hidromorfoloških spremenljivk le-tega treba upoštevati v kombinaciji z ostalimi z obema postopkoma analize glavnih komponent izbranimi hidromorfološkimi spremenljivkami. Omeniti velja tudi, da se hidromorfološke uteži v kombinacijah nekaterih spremenljivk določajo glede na tek vodotoka, vijugavost vodotoka ali širino aktivne struge v transektu.

### 3.4.5. Analiza korelacije hidromorfoloških spremenljivk

Množico z analizo glavnih komponent in odločitvenim drevesom izbranih pomembnih diskretnih hidromorfoloških spremenljivk smo analizirali še z vidika korelacije na osnovi kriterija  $r \geq 0,8$ . Tako smo izločili tiste iz parov močno koreliranih diskretnih hidromorfoloških spremenljivk, ki so za nadaljne delo in potrebe sintezne metode manj informativne ali pa niso normalizirane. Analizo korelacije hidromorfoloških spremenljivk smo izvedli s programskim paketom S-Plus. Pomembnejše rezultate analize korelacije izbranih hidromorfoloških spremenljivk prikazuje preglednica 35, podrobnejši rezultati pa so zbrani v prilogi 10 na priloženi zgoščenki.

Preglednica 35: Močno korelirane pomembne spremenljivke ( $r \geq 0,8$ ) statističnega izbora in izbora strojnega učenja

močno korelirane spremenljivke	korelacijski koeficient $r$	nadaljna uporaba
85 R / povprečna globina tolmunov in 87 / delež osvetljenega dna tolmunov	0,87	85 R / povprečna globina tolmunov
88 R / povprečna razdalja med tolmini in 89 R / razmerje povprečna razdalja med tolmini / širina strugotvorne struge	0,96	89 R / razmerje povprečna razdalja med tolmini / širina strugotvorne struge
93 R / povprečna razdalja med vodnimi brazdami in 94 R / razmerje povprečna razdalja med vodnimi brazdami / širina strugotvorne struge	0,94	94 R / razmerje povprečna razdalja med vodnimi brazdami / širina strugotvorne struge
122 max / erozijski procesi in 123 max / intenzivnost erozijskih procesov	0,85	123 max / intenzivnost erozijskih procesov

### 3.4.6. Pregled z orodji določenih pomembnejših hidromorfoloških spremenljivk

Izbor hidromorfoloških spremenljivk za izdelavo sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju smo izdelali s tremi postopki. Z analizo glavnih komponent smo pomembne hidromorfološke spremenljivke določili po dveh postopkih, opisanih v poglavju 3.4.3. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk z analizo glavnih komponent. Z vsakim izmed omenjenih dveh postopkov smo določili 32 hidromorfoloških spremenljivk. V tretjem postopku, opisanem v poglavju 3.4.4. Redukcija števila hidromorfoloških spremenljivk s pomočjo odločitvenih dreves, pa smo s pomočjo odločitvenega drevesa izbrali 8 najpomembnejših hidromorfoloških spremenljivk. V omenjenih poglavjih so podani tudi komentarji izborov. S tremi postopki smo torej določili 72 hidromorfoloških spremenljivk. Z analizo korelacije, predstavljeno v poglavju 3.4.5. Analiza korelacije hidromorfoloških spremenljivk, smo iz 72 izločili 4 hidromorfološke spremenljivke in dobili izbor 68 hidromorfoloških spremenljivk. Izbor 68 hidromorfoloških spremenljivk, izbranih s tremi postopki in prečiščen z analizo korelacije, predstavljamo v preglednici 36. Seznam je urejen po funkcionalnih enotah inventarizacijskega lista (tek vodotoka, vzdolžni profil, prečni profil, rečno dno, obrežje in pribrežno zemljišče).

Pregled s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja ter analizo korelacije določenih hidromorfoloških spremenljivk je izhodišče za izdelavo predlagane sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja v rečnem koridorju, hkrati pa podpora nadaljnjemu ekspertnemu izboru hidromorfoloških spremenljivk, ki ga predstavljamo v poglavju 3.5.2. Funkcionalne in strukturne enote ter hidromorfološke spremenljivke sintezne metode. Ugotovimo lahko, da so funkcionalne enote (tek vodotoka, vzdolžni profil, prečni profil,

rečno dno, obrežje in pribrežno zemljišče) glede na število spremenljivk v inventarizacijskem listu sorazmerno enakovredno zastopane s številom z omenjenimi metodami izbranih hidromorfoloških spremenljivk.

Hkrati preglednica 36 (siva polja) kaže, da se nekatere izmed 68 hidromorfoloških spremenljivk pojavljajo v izborih dveh (14 spremenljivk) ali vseh treh (1 spremenljivka) postopkov. V dveh seznamih zasledimo hidromorfološke spremenljivke: »tip vodotoka« (17), »pritoki do transeka gorvodno« (29), »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), »prepusti« (58), »razmerje globina / širina strugotvorne struge« (59 R), »razmerje število brzic / m<sup>1</sup> transeka« (97 R), »število stopenj« (101), »povprečna razdalja med stopnjami« (103 R), »intenzivnost erozijskih procesov« (123 max), »povprečni naklon brežin v transektu« (125 R), »zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo« (135), »širina rečnega koridorja« (140 min), »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141 max) in »širina zaledne vegetacije« (146 min).

V vseh treh seznamih zasledimo spremenljivko »širina strugotvorne struge« (51 R). V procesu izdelave sintezne metode je naštetim hidromorfološkim spremenljivkam, ki so našete v dveh ali vseh treh izborih, potrebno posvetiti posebno pozornost. Z upoštevanjem sopojavljanja 14 hidromorfoloških spremenljivk v dveh izborih in 1 v vseh treh izborih, šteje končni izbor z obema vrstama orodij določenih najpomembnejših hidromorfoloških spremenljivk za izdelavo sintezne metode torej 52 različnih hidromorfoloških spremenljivk. Izmed teh jih 16 uporablja tudi metoda GSGB, ki jo v naši raziskavi uporabljamo kot referenčno metodo za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Te pomenijo 31 % končnega nabora hidromorfoloških spremenljivk naše raziskave in 50 % nabora hidromorfoloških spremenljivk metode GSGB, predstavljenega v preglednici 30.

S podrobnejšim pregledom sinteznega izbora 52 hidromorfoloških spremenljivk, predstavljenim v preglednici 36 (bela polja), lahko ugotovimo, da kljub ekološko in hidromorfološko sorazmerno pestremu razponu spremenljivk v izboru manjkajo nekatere, ki se dopolnjujejo z izbranimi ali pa tvorijo osnovo za ocenjevanje hidromorfoloških strukturnih in funkcionalnih enot. Izmed 16 spremenljivk referenčne metode GSGB, ki jih ni v sinteznem izboru, a glede na dosedanja dognanja opisujejo hidromorfološko izjemno pomembne pojme in pojave, velja opozoriti predvsem na naslednje: »prevladujoč tip doline« (33), »tip profila« (49), »širina aktivne struge« (50), »ureditve prečnega profila« (57), »prostorska distribucija obrežne vegetacije« (130 min), »preraščenost struge« (134), »zapadlo drevje« (136) in »plavni les« (137).

Prav tako je v seznamu 52 le 6 hidromorfoloških spremenljivk, ki neposredno merijo količino antropogene spremembe hidromorfoloških kakovosti. Te so: »ekomorfološki razred« (21), »starost regulacije« (22), »antropogeni vodni tokovi« (30), »prehodi struge« (56), »prepusti« (58) in »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141). Z vidika antropogenih sprememb v sinteznem izboru tako pogrešamo predvsem hidromorfološke spremenljivke spremenjenosti funkcionalnih enot vzdolžnega profila, prečnega profila in obrežja, ki niso zanemarljivega pomena za izdelavo konsistentne ocene hidromorfološkega stanja rečnega koridorja.

Preglednica 36: Pregled 68 s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja ter analizo korelacije določenih hidromorfoloških spremenljivk po funkcionalnih enotah inventarizacijskega lista\*

funkcionalna enota	analiza glavnih komponent 1		analiza glavnih komponent 2		odločitveno drevo	
	spremenljivka		spremenljivka		spremenljivka	
tek vodotoka	17	tip vodotoka	20	tek vodotoka	39	vijugavost vodnega toka v teku vodotoka
	18	oblika struge	22	starost regulacije		
	29	pritoki do transeкта gorvodno	32	prevladujoč relief območja		
	30	antropogeni vodni tokovi	17	tip vodotoka		
	34 R	lokalni padec struge v transektu	21	ekomorfološki razred		
	38 R	lokalna vijugavost vodnega toka v transektu	29	pritoki do transeкта gorvodno		
	39	vijugavost vodnega toka v teku vodotoka				
vzdolžni profil	70 R	dolžina krajše osi otoka	97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transeкта	77	prodišča
	79 R	razmerje število prodišč / m <sup>1</sup> transeкта	105 R	povprečna višina stopenj		
	81 R	razmerje povprečna razdalja med prodišči / širina strugotvorne struge	85 R	povprečna globina tolmunov		
	89 R	razmerje povprečna razdalja med tolmoni / širina strugotvorne struge	101	število stopenj		
	92 R	razmerje število vodnih brazd / m <sup>1</sup> transeкта	103 R	povprečna razdalja med stopnjami		
	94 R	razmerje povprečna razdalja med vodnimi brazdami / širina strugotvorne struge	104 R	razmerje povprečna razdalja med stopnjami / širina strugotvorne struge		
	97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transeкта				
	101	število stopenj				
	103 R	povprečna razdalja med stopnjami				
	105 R	povprečna višina stopenj				
	115	število plitvin				
	117 R	povprečna širina plitvin				
prečni profil	51 R	širina strugotvorne struge	52	spremenljivost širine vodnega toka	51 R	širina strugotvorne struge
	56	prehodi struge	51 R	širina strugotvorne struge		
	58	prepusti	55	spremenljivost globine vodnega toka		
	59 R	razmerje širina / globina strugotvorne struge	50 R	širina aktivne struge		
			58	prepusti		
			59 R	razmerje širina / globina strugotvorne struge		
rečno dno	62	materiali in utrditve rečnega dna	63	raznovrstnost dna		

se nadaljuje

Preglednica 36, nadaljevanje

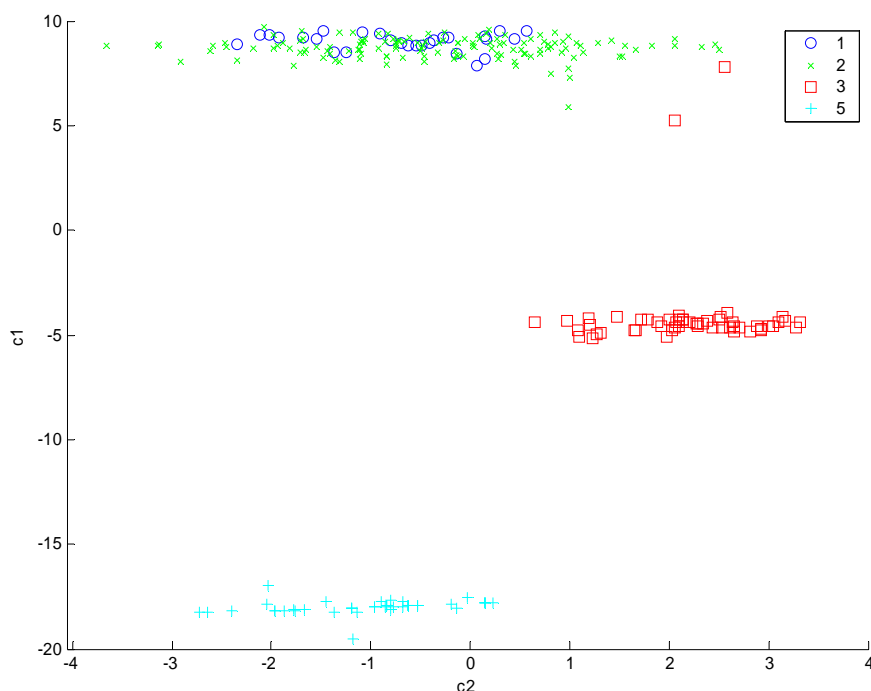
funkcionalna enota	analiza glavnih komponent 1		analiza glavnih komponent 2		odločitveno drevo	
	spremenljivka		spremenljivka		spremenljivka	
obrežje	123 max	intenzivnost erozijskih procesov	123 max	intenzivnost erozijskih procesov	127 R	povprečna višina brežin v transektu
	125 R	povprečni naklon brežin v transektu	125 R	povprečni naklon brežin v transektu	120	tvorivo naravnih brežin
	128 R	razmerje povprečna višina brežin v transektu / globina strugotvorne struge	135	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo	126 R	razmerje povprečni naklon brežin v transektu / globina strugotvorne struge
	135	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo	132 min	ocenjena starost višje obrežne vegetacije		
	137	plavni les	129 min	obrežna vegetacija		
			120 max	tvorivo naravnih brežin		
pribrežno zemljišče	140 min	širina rečnega koridorja	141 max	hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč	141 max	hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč
	146 min	širina zaledne vegetacije	139 max	raba pribrežnih zemljišč		
			140 min	širina rečnega koridorja		
			146 min	širina zaledne vegetacije		

\* s sivinami so označene iste hidromorfološke spremenljivke v dveh (svetlo sivo) ali vseh treh izborih (temno sivo)



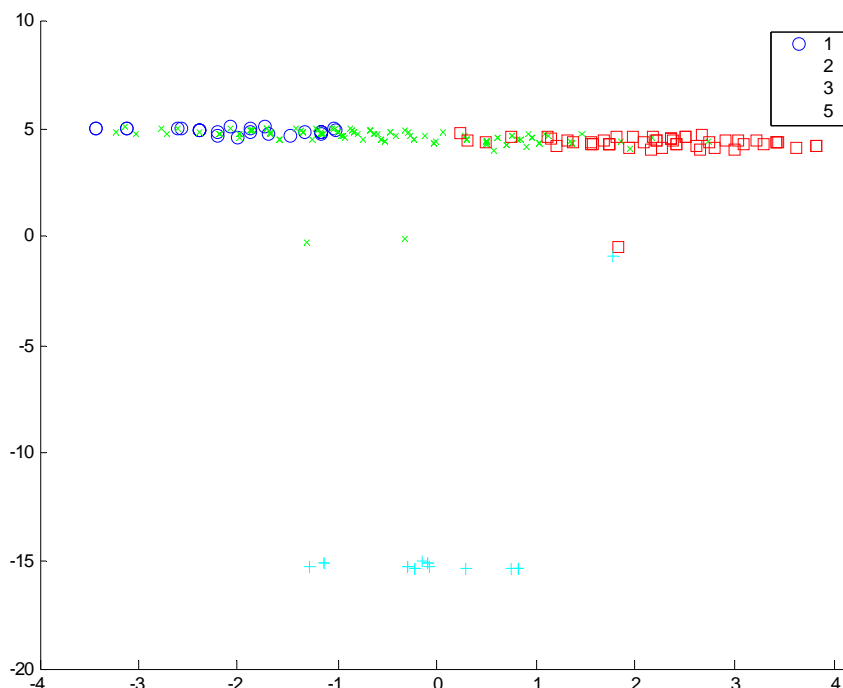
### 3.4.7. Zanesljivost določanja hidromorfoloških kakovostnih razredov

Zanesljivost določanja hidromorfoloških kakovostnih razredov s hidromorfološkiimi spremenljivkami, določenimi z metodo glavnih komponent in odločitvenimi drevesi, smo preverili z multivariatno analizo variance (MANOVA), predstavljene v poglavju 2.7. Orodja za analizo hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, izvedli pa s programskim paketom Matlab. Kot primerjalno odvisno spremenljivko analize smo uporabili podatke o ekomorfološkem stanju reke Dragonje iz študije Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu (VGI, 1994, 2002). Graf 40 prikazuje razsevno sliko hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), ki smo jih določili z izborom 32 hidromorfoloških spremenljivk, izbranih po prvem postopku selekcije v analizi glavnih komponent. Graf 41 pa prikazuje razsevno sliko hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), ki smo jih določili z izborom 32 hidromorfoloških spremenljivk, izbranih po drugem postopku selekcije v analizi glavnih komponent.



Graf 40: Razsevni graf kanoničnih spremenljivk C1 in C2 hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), določenih na osnovi 32 hidromorfoloških spremenljivk, prvi postopek izbora

Roja tretjega in petega hidromorfološkega kakovostnega razreda sta jasno ločena. Roja prvega in drugega hidromorfološkega kakovostnega razreda sta sicer delno prekrita, a središči rojev ne sovpadata. Rezultat analize kaže na vrednost P blizu 0, torej  $P < 0,05$ . To pomeni, da lahko z 32 spremenljivkami, izbranimi s prvim postopkom izbora, jasno ločimo hidromorfološke kakovostne razrede v transektih.



Graf 41: Razsewni graf kanoničnih spremenljivk C1 in C2 hidromorfoloških kakovostnih razredov (1., 2., 3. in 5. v 288 transektih), določenih na osnovi 32 hidromorfoloških spremenljivk, drugi postopek izbora

Roji vseh štirih hidromorfoloških kakovostnih razredov so zelo jasno ločeni. Rezultat analize kaže na vrednost  $P$  blizu 0, torej  $P < 0,05$ . To pomeni, da lahko tudi z 32 spremenljivkami, izbranimi z drugim postopkom izbora, jasno ločimo hidromorfološke kakovostne razrede v transektih. Podrobnejši rezultati analize zanesljivosti določanja hidromorfoloških kakovostnih razredov so v prilogi 10 na priloženi zgoščenki.

## 3.5. SINTEZNA METODA ZA OCENO HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA REČNIH KORIDORJEV

### 3.5.1. Izhodišča za izdelavo sintezne metode

Vsebinsko izhodišče za izdelavo predloga sintezne metode je naravna ohranjenost vodotoka ali naravno dinamično hidromorfološko stanje rečnega koridorja. V splošnem so za naravno ohranjenost vodotoka značilni: raznovrstnost oblik struge, spreminjajoč se padeč in globina struge, spreminjajoč se prečni profil in naklon brežin, pestrost vodnega toka in spremenljivost vodne dinamike, spreminjanje svetlobnih razmer v rečnem koridorju in na dnu struge, avtohtona zvezna obrežna in zaledna vegetacija, zaledne vode, loke in močvirja, naravna poplavna in zadrževalna območja itd. (Bizjak, 1995).

Izvedbena izhodišča za izdelavo novega sistema ocenjevanja pa smo določili glede na ugotovljene prednosti metod za oceno hidromorfološkega stanja v rečnih koridorjih, ki smo jih testirali na reki Dragonji in reki Reki (Bizjak in Mikoš, 2001 a) ter glede na priporočila tujih avtorjev (Fleischhacker et al., 2002). Izhodišča so relevantnost hidromorfoloških spremenljivk za izdelavo ocene hidromorfološkega stanja ter enostavnost, sistematičnost, razumljivost, ponovljivost, časovna nepotrpnost in neobčutljivost

metode na vpliv subjektivnega faktorja. Pri izdelavi metode smo izbor hidromorfoloških spremenljivk sintezne metode ter velikost hidromorfoloških uteži skušali prilagoditi transektnemu konceptu metode. Hkrati smo v izboru skušali pozornost posvetiti predvsem tistim hidromorfološkim spremenljivkam, katerih vrednosti določamo z merjenji ali štetji, manj pa tistim, katerih vrednosti določamo na osnovi subjektivnih predstav.

### **3.5.2. Funkcionalne in strukturne enote ter hidromorfološke spremenljivke sintezne metode**

Pri zasnovi sintezne metode smo upoštevali izkušnje izdelovalcev nekaterih tujih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Zaradi sistematičnosti, natančnosti dela in preglednosti metode smo po vzoru metode GSGB ocenjevalni sistem razčlenili na področja ali hidromorfološke funkcionalne enote rečnega koridorja, hidromorfološke strukturne enote rečnega koridorja in hidromorfološke spremenljivke rečnega koridorja. Členitev je prikazana v preglednici 37.

#### *3.5.2.1. Funkcionalne enote rečnega koridorja*

Pri opredelitvi funkcionalnih enot smo upoštevali krajinskoekološko strukturo rečnega koridorja in jo z vidika ocenjevanja hidromorfološkega stanja razdelili na manjše in razumljivejše sestavne dele. V predlogu sintezne metode smo tako deloma po zgledu metode GSGB določili 6 funkcionalnih enot rečnega koridorja: »tek vodotoka«, »vzdolžni profil«, »prečni profil«, »rečno dno«, »obrežje« in »pribrežna zemljišča«. V sistemu ocenjevanja so funkcionalne enote pomembne kot nosilke delnih hidromorfoloških ocen, iz katerih izračunamo skupno hidromorfološko oceno in iz nje izhajajoč hidromorfološki kakovostni razred. Način izračuna delnih hidromorfoloških ocen in skupne hidromorfološke ocene je pojasnjen v nadaljevanju besedila.

#### *3.5.2.2. Strukturne enote rečnega koridorja*

Krajinskoekološko opredeljene funkcionalne enote so členjene v strukturne enote rečnega koridorja. Vsako strukturno enoto tvori samostojna hidromorfološka spremenljivka ali kombinacija hidromorfoloških spremenljivk. Strukturne enote lahko opredeljujejo hidromorfološko stanje funkcionalnih enot rečnega koridorja (npr. »prodišča v transektu«) ali pa količino antropogene spremenjenosti funkcionalnih enot rečnega koridorja (npr. »prečni objekti v transektu«).

Pri določitvi strukturnih enot smo izhajali iz izbora predhodno analitično določenih 52 pomembnih hidromorfoloških spremenljivk, predstavljenega v preglednici 36, hkrati pa smo se delno zgledovali tudi po strukturnih enotah tujih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja, predstavljenih v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Skupno smo za potrebe sintezne metode določili 24 strukturnih enot, od tega 15 za področje hidromorfologije in 9 za področje antropogene spremenjenosti. Prav tako 15 smo jih določili kot kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk in 9 kot področje samostojnih hidromorfoloških spremenljivk. Z vidika določitve nekaterih pomembnih strukturnih enot (npr. »poglobljanje profila v transektu«, »tip profila v transektu«, »prečni objekti v transektu«, »gradivo antropogenih brežin«) ali pa z vidika kombinacije hidromorfoloških spremenljivk v strukturni enoti (npr. »posebne strukture teka v transektu«, »spreminjanje globine vode v transektu«, »obrežna vegetacija«, »preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo« in »posebne strukture obrežja«) smo ugotovili primankljaje analitičnega izbora 52 pomembnih hidromorfoloških spremenljivk.

V sistemu ocenjevanja so strukturne enote pomembne kot nosilke hidromorfoloških uteži, iz katerih izračunamo delno hidromorfološko oceno za pripadajočo funkcionalno enoto. Način določanja hidromorfoloških uteži je pojasnjen v nadaljevanju besedila.

### 3.5.2.3. Hidromorfološke spremenljivke sintezne metode

Hidromorfološke spremenljivke sintezne metode za izdelavo delnih ocen stanja funkcionalnih enot rečnega koridorja in skupne hidromorfološke ocene transeкта smo izbrali iz izbora 52 najpomembnejših spremenljivk, predstavljenih v poglavju 3.4. Analiza hidromorfoloških spremenljivk. Pri izboru spremenljivk smo upoštevali ugotovitve iz analitične primerjave odsečne in transektne aplikacije metode GSGB, predstavljene v poglavju 3.3. Aplikacija metode GSGB.

Iz izbora 52 hidromorfoloških spremenljivk smo za izdelavo sintezne metode tako izbrali 25 hidromorfoloških spremenljivk oziroma 48 % izbora z obema vrstama orodij določenih hidromorfoloških spremenljivk. Med 25 za izdelavo sintezne metode izbranimi jih je 10 od skupno 14, ki se pojavljajo v izborih dveh postopkov določitve v preglednici 36 in jim je zato potrebno posvetiti več pozornosti. To so: »tip vodotoka« (17), »pritoki do transeкта gorvodno« (29), »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), »prepusti« (58), »razmerje globina / širina strugotvorne struge« (59 R), »razmerje število brzic / m<sup>1</sup> transeкта« (97 R), »število stopenj« (101), »povprečna razdalja med stopnjami« (103 R), »intenzivnost erozijskih procesov« (123), »povprečni naklon brežin v transektu« (125 R), »zaraščenost struge z riparijsko vegetacijo« (135), »širina rečnega koridorja« (140), »hidrotehnične ureditve« (141) in »širina zaledne vegetacije« (146). Edino hidromorfološko spremenljivko, ki se v preglednici 36 pojavi v izborih vseh treh postopkov določitve, »širina strugotvorne struge« (51 R), smo zaradi hitrejšega in lažjega terenskega zajema v sintezni metodi aplicirali kot spremenljivko »širina aktivne struge« (50 R).

Zaradi zgoraj omenjenega primankljaja ustreznih hidromorfoloških spremenljivk za določitev konsistentnih hidromorfoloških strukturnih enot, smo iz preostale množice skupnega nabora 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk za izdelavo sintezne metode izbrali deset dodatnih hidromorfoloških spremenljivk. To so: »zapadlo drevje« (136), »razmerje število tolmunov / m<sup>1</sup> transeкта« (84 R), »urezanost profila« (60), »biološka obrast substrata« (64), »tip profila« (49), »ureditve prečnega profila« (57), »gradivo antropogenih brežin« (121 max), »prostorska distribucija obrežne vegetacije« (130 min), »preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo« (134) in »obrežni hidromorfološki nizi« (138 min). Spremenljivke smo izbrali glede na pomen, ki jim ga pripisujejo tuji avtorji v že uporabljenih metodah za oceno hidromorfološkega stanja, predstavljenih v poglavju 2.5. Metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, prav tako pa nekateri vidnejši avtorji s področja hidromorfologije rečnih koridorjev (Kern, 1994; Niehoff, 1996; Knighton, 1998; Scherle, 1999; Braioni et al., 2001).

Skupno smo za potrebe izdelave sintezne metode izbrali 35 hidromorfoloških spremenljivk, od tega jih 26 podpira določitev strukturnih enot za določitev hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (npr. »širina rečnega koridorja«), 9 pa določitev strukturnih enot za antropogeno spremenjenost funkcionalnih enot (npr. »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč«). Izmed 35 hidromorfoloških spremenljivk jih je 34 terensko zajetih v transektih, 1, to je »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39), pa je izključno kabinetno kartografsko analizirana, saj je ne moremo določiti zgolj v območju transeкта. Hidromorfološki spremenljivki »antropogeni vodni tokovi« (30) in »tek vodotoka« (20) sicer lahko določimo zgolj s terenskim zajemom, a je za zaneslivejšo določitev priporočljiva še kabinetna kartografska analiza.

Preglednica 37: Hidromorfološke funkcionalne in strukturne enote rečnega koridorja v sintezni metodi ter izbrane hidromorfološke spremenljivke

<b>funkcionalna enota</b>	<b>strukturne enote</b>	<b>oznaka</b>	<b>hidromorfološka spremenljivka</b>
tek vodotoka	vijugavost vodnega toka v transektu	20 39	tek vodotoka vijugavost vodnega toka v teku vodotoka
	erozija brežin v transektu	38 R 123 max	lokalna vijugavost vodnega toka v transektu intenzivnost erozijskih procesov
	posebne strukture teka v transektu	50 R	širina aktivne struge
		70 R	dolžina krajše osi otoka
		136 137	zapadlo drevje plavni les
antropogeni vodni tokovi v transektu	30	antropogeni vodni tokovi	
vzdolžni profil	prodišča v transektu	50 R	širina aktivne struge v transektu
		79 R	razmerje število prodišč / m <sup>1</sup> transeкта
	spreminjanje globine vode v transektu	20	tek vodotoka
		84 R	razmerje število tolmunov / m <sup>1</sup> transeкта
	raznovrstnost vodnega toka v transektu	50 R	širina aktivne struge
		79 R	razmerje število prodišč / m <sup>1</sup> transeкта
		85 R	povprečna globina tolmunov
92 R		razmerje število vodnih brazd / m <sup>1</sup> transeкта	
97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transeкта		
101	število stopenj		
115	število plitvin		
poglabljanje profila v transektu	60	urezanost profila	
	64	biološka obrast substrata	
prečni profil	tip profila v transektu	49	tip profila
	prečni objekti v transektu	57	ureditve prečnega profila
	prehodi struge v transektu	56	prehodi struge
	prepusti v transektu	58	prepusti

se nadaljuje

Preglednica 37, nadaljevanje

<b>funkcionalna enota</b>	<b>strukturne enote</b>	<b>oznaka</b>	<b>hidromorfološka spremenljivka</b>
rečno dno	ohranjenost rečnega dna v transektu	62	materiali in utrditve rečnega dna
	raznovrstnost zemljinkega rečnega dna v transektu	20	tek vodotoka
		63	raznovrstnost zemljinkega rečnega dna
	posebne strukture rečnega dna v transektu	17	tip vodotoka
		79 R	razmerje število prodišč / m <sup>1</sup> transeкта
		85 R	povprečna globina tolmunov
		92 R	razmerje število vodnih brazd / m <sup>1</sup> transeкта
		97 R	razmerje število brzic / m <sup>1</sup> transeкта
101	število stopenj		
115	število plitvin		
obrežje	gradivo antropogenih brežin v transektu	121 max	gradivo antropogenih brežin
	obrežna vegetacija v transektu	129 min	obrežna vegetacija
		130 min	prostorska distribucija obrežne vegetacije
	preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v transektu	20	tek vodotoka
	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v transektu	134	preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo
		20	tek vodotoka
	posebne strukture obrežja v transektu	135	zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo
50 R		širina aktivne struge v transektu	
pribrežna zemljišča	širina rečnega koridorja v transektu	136	zapadlo drevje
		137	plavni les
	138 min	obrežni hidromorfološki nizi	
	širina rečnega koridorja v transektu	20	tek vodotoka
140 min		širina rečnega koridorja	
širina zaledne vegetacije v transektu	20	tek vodotoka	
	146 min	širina zaledne vegetacije	
raba pribrežnih zemljišč v transektu	139 max	raba pribrežnih zemljišč	
hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč v transektu	141 max	hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč	

Sintezna metoda predvideva racionalizacijo postopka z uporabo nekaterih izmed izbranih hidromorfoloških spremenljivk v različnih strukturnih enotah (npr. nekatere hidromorfološke spremenljivke strukturne enote »raznovrstnost toka v transektu« in strukturne enote »posebne strukture rečnega dna«), saj lahko z različnimi kombinacijami istih hidromorfoloških spremenljivk opišemo stanja različnih strukturnih enot. Ob tem je treba poudariti, da se večkrat uporabljene hidromorfološke spremenljivke v posameznih strukturnih enotah ne pojavljajo kot samostojne in ne večkrat v isti kombinaciji.

### 3.5.3. Sistem ocenjevanja in razponi hidromorfoloških kakovostnih ocen sintezne metode

V postopku ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnega koridorja nas zanima stanje hidromorfoloških kakovosti rečnega koridorja oziroma količina antropogenega posega v rečnem koridorju po posameznih funkcionalnih enotah rečnega koridorja, predstavljenih v preglednici 37. Namen metode je izdelati skupno hidromorfološko kakovostno oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja v transektu, ter določiti hidromorfološki kakovostni razred transekta.

Skupno hidromorfološko kakovostno oceno transekta po sintezni metodi izračunamo kot povprečje vrednosti delnih hidromorfoloških kakovostnih ocen funkcionalnih enot rečnega koridorja v transektu (teka vodotoka, vzdolžnega profila, prečnega profila, rečnega dna, obrežja in pribrežnih zemljišč), kakor določa enačba 22. Delne hidromorfološke ocene funkcionalnih enot rečnega koridorja pa izračunamo kot povprečne vrednosti uteži z raponom, prikazano v enačbi 23:

$$shmot = \frac{\sum_1^N dhmot}{N} \quad (22) \quad \text{in}$$

$$dhmot = \frac{\sum_1^n hmus}{n} \quad (23),$$

kjer je:

- shmot – skupna hidromorfološka ocena transekta;
- dhmot – delna hidromorfološka ocena transekta;
- N – število delnih hidromorfoloških ocen = število hidromorfoloških funkcionalnih enot;
- hmus – hidromorfološka utež spremenljivke;
- n – število hidromorfoloških uteži v strukturni enoti.

Vrednosti hidromorfoloških uteži z razponom od 1 do 7 pripisujemo hidromorfološkim spremenljivkam ali kombinacijam hidromorfoloških spremenljivk v strukturnih enotah rečnega koridorja glede na stanje hidromorfoloških kakovosti rečnega koridorja oziroma količina antropogenega posega. Manjša kot je utež (najmanj 1) hidromorfološke spremenljivke, boljše je stanje hidromorfoloških kakovosti ali manjša je količina antropogenega posega v rečni koridor, ki ju hidromorfološka spremenljivka opisuje. In obratno, večja kot je utež (največ 7), slabše je stanje hidromorfoloških kakovosti ali večja je količina antropogenega posega v rečni koridor, ki ju hidromorfološka spremenljivka opisuje.

Pri določanju uteži sintezne metode smo uporabili dosedanja dognanja, objavljena v znanstveni literaturi s področja raziskave, izkušnje tujih metod za oceno hidromorfološkega stanja, izkušnje iz terenskega dela na reki Dragonji, ter izsledke hidromorfološke analize rečnega koridorja Dragonje, ki so v prilogi 6

na priloženi zgoščenki. Pri določanju hidromorfoloških uteži smo prav tako upoštevali ugotovitve iz analitične primerjave odsečne in transektne aplikacije metode GSGB, predstavljene v poglavju 3.3. Aplikacija metode GSGB, ter jih prilagajali transektnemu konceptu dela, ki ga uvaja sintezna metoda.

Hidromorfološki kakovostni razred transekta določimo glede na skupno hidromorfološko kakovostno oceno transekta in razpon hidromorfoloških kakovostnih ocen. Pri razponih hidromorfoloških kakovostnih ocen in pripadajočih kakovostnih razredov sintezne metode smo se zgledovali po metodi GSGB. Obdržali smo sedemstopenjsko lestvico kakovostnih razredov z enotno porazdeljenimi razponi hidromorfoloških kakovostnih razredov, kakor prikazuje preglednica 38.

Preglednica 38: Razponi ocen za kakovostne razrede ohranjenosti vodotoka po sintezni metodi

hidromorfološka kakovostna ocena	hidromorfološki kakovostni razred
1,0 - 1,7	1 / naraven vodotok
1,8 - 2,6	2 / malo spremenjen vodotok
2,7 - 3,5	3 / zmerno spremenjen vodotok
3,6 - 4,4	4 / spremenjen vodotok
4,5 - 5,3	5 / občutno spremenjen vodotok
5,4 - 6,2	6 / močno spremenjen vodotok
6,3 - 7,0	7 / zelo močno spremenjen vodotok

Nekatere hidromorfološke spremenljivke zasedajo dve vrednosti, za levi in desni breg vodotoka. V kolikor taka hidromorfološka spremenljivka določa naravno hidromorfološko stanje (npr. »obrežni hidromorfološki nizi« (138 min)), velja manjša od obeh vrednosti. V kolikor pa taka hidromorfološka spremenljivka določa količino antropogene spremembe (npr. »hidrotehnične ureditve« (141 max)), velja večja od obeh vrednosti. Pravilo je določeno glede na organizacijo hidromorfološkega inventarizacijskega lista. Med izbranimi hidromorfološkimi spremenljivkami je v naštetem izjema le »intenzivnost erozijskih procesov« (123 max), pri kateri upoštevamo vsoto vrednosti spremenljivke za oba bregova. V primeru kombinacije hidromorfoloških spremenljivk (npr. v strukturnih enotah »posebne strukture teka v transektu« ali »raznovrstnost vodnega toka v transektu«) upoštevamo utež, ki pripada številu naštetih hidromorfoloških spremenljivk, ki se pojavljajo v transektu.

### 3.5.4. Zasnova sintezne metode

#### 3.5.4.1. Tek vodotoka

Preglednica 39: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za vijugavost vodnega toka v transektu

VIJUGAVOST VODNEGA TOKA V TRANSEKTU			
vijugavost vodnega toka v teku vodotoka (39)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
1,00	7	7	7
1,01 - 1,10	3	5	7
1,11 - 1,20	1	2	3
> 1,20	1	1	1

Strukturno enoto »vijugavost vodnega toka v transektu« (preglednica 39) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka«. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali popolnoma izravnani vodotok ( $S = 1,00$ ). Vijugavost vodnega toka je izhodiščna hidromorfološka spremenljivka in eden glavnih indikatorjev količine antropogenih posegov v rečni koridor. Sicer pričakujemo, da vodotoki v naravnem stanju najmanj vijugajo v zgornjem teku in najbolj v spodnjem teku. Utež pada z naraščanjem vijugavosti v odvisnosti od teka vodotoka.



Preglednica 40: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za erozijo brežin v transektu

<b>EROZIJA BREŽIN V TRANSEKTU</b>					
<b>intenzivnost erozijskih procesov (%) (123 max)</b>	<b>lokalna vijugavost toka v transektu (38R)</b>				
	1,00	1,01 - 1,10	1,11 - 1,20	1,21 - 1,30	> 1,30
pojava ni	7	7	7	1	1
< 25 %	5	5	5	1	1
25 - 50 %	4	4	4	1	1
50 - 75 %	3	3	3	2	2
> 75 %	2	2	2	2	2

Strukturno enoto »erozija brežin v transektu« (preglednica 40) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »lokalna vijugavost toka v transektu« in »intenzivnost erozijskih procesov«, pri kateri upoštevamo vsoto vrednosti spremenljivke za oba bregova vodotoka. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali odsotnost erozijskih procesov v bolj ravnih strugah, značilnih za gornji tek vodotoka. Utež pada z večanjem deleža erodiranih brežin v transektu. Obratno, a manj izrazito velja za dele struge, ki bolj vijuga in so značilni za srednji in spodnji tek vodotoka. Erozija brežin je eden bistvenih procesov rečne hidromorfologije, ki ima hkrati ekološko in hidromorfološko funkcijo. Večja je intenzivnost erozije brežin, več habitatnih niš je omogočenih v brežini vodotoka in manj intenzivna je potencialna erozija dna vodotoka.

Preglednica 41: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture teka vodotoka v transektu

<b>POSEBNE STRUKTURE TEKA VODOTOKA V TRANSEKTU</b>					
<b>otoki (70R) zapadlo drevje (136) plavni les (137)</b>	<b>širina aktivne struge v transektu (50R)</b>				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	7	7	7	7	7
1	1	1	3	4	5
2	1	1	1	2	3
3	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »posebne strukture teka vodotoka v transektu« (preglednica 41) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »širina aktivne struge v transektu« in vsoto v transektu prisotnih hidromorfoloških spremenljivk »otoki«, »zapadlo drevje« in »plavni les«. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali odsotnost naštetih hidromorfoloških spremenljivk v transektu. Utež pada z večanjem števila naštetih hidromorfoloških spremenljivk v odvisnosti od širine aktivne struge v transektu. Več kot je posebnih struktur teka v transektu, večja je ekološka pestrost habitata. Širša kot je aktivna struga, več naštetih hidromorfoloških spremenljivk pričakujemo v transektu in obratno.

Preglednica 42: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za antropogene vodne tokove v transektu

<b>ANTROPOGENI VODNI TOKOVI V TRANSEKTU</b>	
<b>antropogeni vodni tokovi v transektu (30)</b>	
pojava ni	1
mlinščice	3
namakalni sistemi	7

Strukturno enoto »antropogeni vodni tokovi v transektu« (preglednica 42) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »antropogeni vodni tokovi v transektu«. Antropogeni vodni tokovi, kot so mlinščice, namakalni sistemi in odvodni kanali, v rečnem koridorju spreminjajo omrežje naravnih vodnih tokov in vodni režim rečnega koridorja. Utež podelimo glede na intenzivnost rabe vode oziroma delovanja sistemov.

### 3.5.4.2. Vzdolžni profil

Preglednica 43: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prodišča v transektu

PRODIŠČA V TRANSEKTU					
število prodišč / m <sup>1</sup> transeкта (79R)	širina aktivne struge v transektu (50R)				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0,00	3	4	5	6	7
< 0,05	1	2	3	4	5
0,05 - 0,10	1	1	1	2	2
> 0,10	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »prodišča v transektu« (preglednica 43) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »širina aktivne struge v transektu« in »število prodišč / m<sup>1</sup> transeкта«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost ali redkost prodišč v transektu. Utež pada z večanjem števila naštetih prodišč v odvisnosti od širine aktivne struge v transektu. Prodišča so ena osnovnih formacij hidromorfološkega procesa v rečnem koridorju in hkrati nosilci biološke pestrosti rečnih koridorjev. Širša kot je aktivna struga, več prodišč pričakujemo v transektu in obratno.

Preglednica 44: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za spreminjanje globine vode v transektu

SPREMINJANJE GLOBINE VODE V TRANSEKTU			
število tolmunov / m <sup>1</sup> transeкта (84 R)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
0,00	7	7	7
< 0,05	3	2	1
0,05 - 0,10	2	1	1
> 0,10	1	1	1

Strukturno enoto »spreminjanje globine vode« (preglednica 44) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »število tolmunov / m<sup>1</sup> transeкта«. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali odsotnost tolmunov. Utež pada z naraščanjem števila tolmunov na enoto dolžine transeкта v odvisnosti od teka vodotoka. Večje kot je razmerje spremenljivke, bolj se v transektu spreminja globina vode. Največ tolmunov na enoto dolžine transeкта pričakujemo v zgornjem teku vodotoka, manj v srednjem teku in najmanj v spodnjem teku.

Preglednica 45: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost vodnega toka v transektu

RAZNOVRSTNOST VODNEGA TOKA V TRANSEKTU					
prodišča (79R) tolmuni (85R) vodne brazde (92R) brzice (97R) stopnje (101) plitvine (115)	širina aktivne struge v transektu (50R)				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5
3	1	1	2	3	4
4	1	1	1	2	3
5	1	1	1	1	2
6	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »raznovrstnost vodnega toka v transektu« (preglednica 45) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »širina aktivne struge v transektu« in vsoto v transektu prisotnih hidromorfoloških spremenljivk »prodišča«, »tolmuni«, »vodne brazde«, »brzice«, »stopnje« in »plitvine«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost ali redkost naštetih hidromorfoloških spremenljivk. Utež pada z večanjem števila naštetih hidromorfoloških spremenljivk v odvisnosti od širine aktivne struge v transektu. Več kot je naštetih hidromorfoloških spremenljivk v transektu, večja je raznovrstnost vodnega toka oziroma vodnega okolja. Širša kot je aktivna struga, več naštetih hidromorfoloških spremenljivk pričakujemo v transektu in obratno.

Preglednica 46: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za poglobljanje profila v transektu

POGLABLJANJE PROFILA V TRANSEKTU					
biološka obrast substrata (64)	urezanost profila (60)				
	zelo plitev ( $bc_w / bc_d > 20$ )	plitev ( $15 < bc_w / bc_d < 20$ )	zmerno globok ( $10 < bc_w / bc_d < 15$ )	globok ( $5 < bc_w / bc_d < 10$ )	zelo globok ( $bc_w / bc_d < 5$ )
pojava ni	1	2	3	5	7
pojav je	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »poglobljanje profila v transektu« (preglednica 46) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »urezanost profila« in »biološka obrast substrata«. Biološka obrast substrata je prisotna na tistih delih vodotoka, kjer njen nastanek omogoča skromno premeščanje plavin. Utež narašča z urezanostjo profila vodotoka v transektu. Bolj kot je profil urezan, manj zaželen je proces poglobljanja struge in bolj je zaželeno hidromorfološko ravnotežje vodotoka.

### 3.5.4.3. Prečni profil

Preglednica 47: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za tip profila v transektu

TIP PROFILA V TRANSEKTU	
tip profila v transektu (49)	
naravni profil	1
erozijski plitev	3
erozijski globok	5
trapezni profil	6
trapezni dvojni profil	7
V profil	6
pravokotni profil	7

Strukturno enoto »tip profila v transektu« (preglednica 47) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »tip profila v transektu«. Transektu z naravnim profilom podelimo utež 1. Utež narašča glede na motnjo v povezanosti vodnih tokov struge vodotoka z obrežjem in pribrežnimi zemljišči. Bolj kot je profil zaprt, manj povezanosti vodnih tokov omogoča in bolj izolira vodni tok od pribrežnih zemljišč. Največjo utež podelimo trapeznemu dvojnemu profilu in običajno betonskemu pravokotnemu profilu.

Preglednica 48: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prečne objekte v transektu

PREČNI OBJEKTI V TRANSEKTU	
ureditve prečnega profila (57)	
pojava ni	1
jezbrica ali talni prag	2
stopnja (prelivni objekt) z ribjo stezo ali hrapava drča	4
stopnja (prelivni objekt) brez ribje steze ali gladka drča	5
kamnita ali betonska jezovna zgradba z ribjo stezo	6
kamnita ali betonska jezovna zgradba brez ribje steze	7

Strukturno enoto »prečni objekti v transektu« (preglednica 48) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »ureditve prečnega profila«. Prečnemu profilu brez ureditev podelimo utež 1. Utež v transektih s prečnimi ureditvami narašča glede na višino ureditve oziroma stopnjo prekinitev vzdolžnega poteka rečnega koridorja. Višji kot je objekt v prečnem profilu, bolj prekinja vzdolžno povezanost rečnega koridorja. Največjo utež podelimo kamniti ali betonski jezovni zgradbi brez ribje steze.

Preglednica 49: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prehode struge v transektu

<b>PREHODI STRUGE V TRANSEKTU</b>	
<b>prehodi struge (56)</b>	
pojava ni	1
brv	2
most	3
pregaz	4
prehod	7

Strukturno enoto »prehodi struge v transektu« (preglednica 49) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »prehodi struge«. Transektu brez ureditev podelimo utež 1. Utež narašča glede na motnjo, ki jo povzroči oblika prehoda struge v ekološki zveznosti rečnega koridorja. Bolj kot je premostitveni objekt konstrukcijsko povezan s prečnim profilom ali dnom struge, bolj moti vodne in snovne tokove v strugi vodotoka. Največjo utež podelimo prehodu oziroma delu struge z dvignjenim betoniranim dnom, ki je ob nizkih pretokih lahko nad gladino vode.

Preglednica 50: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prepuste v transektu

<b>PREPUSTI V TRANSEKTU</b>	
<b>prepusti (58)</b>	
pojava ni	1
prepusti z brežinami, s sedimentom	3
prepusti z brežinami, brez sedimenta	5
prepusti brez brežin, s sedimentom	6
prepusti brez brežin, brez sedimenta	7

Strukturno enoto »prepusti v transektu« (preglednica 50) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »prepusti«. Prečnemu profilu brez premostitev oziroma brez mostnih odprtih ali cevni prepustov podelimo utež 1. Utež v transektih s premostitvami narašča glede na izvedbo mostne odprtine ali cevne prepusta. Bolj kot konstrukcije preustov spreminjajo prečni profil in dno vodotoka, bolj slabšajo vzdolžno povetanost rečnega koridorja. Največjo utež podelimo prepustu, ki prekine zveznost brežin, v dnu struge pa ni opaziti sedimenta.

#### 3.5.4.4. Rečno dno

Preglednica 51: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za ohranjenost rečnega dna v transektu

<b>OHRANJENOST REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>	
<b>materiali in utrditve rečnega dna (62)</b>	
naravno rečno dno	1
kamnomet ali skalomet v suho	3
kamnomet ali skalomet v mokro	4
betonske plošče v suho	6
betonske plošče v mokro	7

Strukturno enoto »ohranjenost rečnega dna v transektu« (preglednica 51) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »materiali in utrditve rečnega dna«. Transektu z naravnim rečnim dnom podelimo utež 1. Utež v transektih z antropogenim dnom narašča glede na material izvedbe in stopnjo

prekinitve vodnih in snovnih tokov med strugo vodotoka in podtaljem. Manj naraven kot je material in bolj kot so stiki gradbenih elementov zapolnjeni oziroma slabša kot je povezanost vodnih in snovnih tokov med strugo vodotoka in podtaljem, večjo utež podelimo rečnemu dnu.

Preglednica 52: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost zemljiškega dna v transektu

<b>RAZNOVRSTNOST ZEMLJINSKEGA REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>			
<b>raznovrstnost rečnega dna (63)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
majhna (1 zrnavostni razred)	7	5	3
zmerna (2 zrnavostna razreda)	5	3	2
velika (3 zrnavostni razredi)	3	1	1
zelo velika (4 zrnavostni razredi)	1	1	1

Strukturno enoto »raznovrstnost zemljiškega rečnega dna v transektu« (preglednica 52) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »raznovrstnost rečnega dna«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali prisotnost zgolj enega zrnavostnega razreda (glina, melj, pesek, prod, grušč, groblja). Zaradi procesa dolvodne drobnitve zrn večje število zrnavostnih razredov pričakujemo v spodnjemu teku. Utež torej pada z večanjem števila zrnavostnih razredov v odvisnosti od teka vodotoka.

Preglednica 53: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture rečnega dna v transektu

<b>POSEBNE STRUKTURE REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>					
<b>prodišča (79R) tolmuni (85R) vodne brazde (92R) brzice (97R) stopnje (101) plitvine (115)</b>	<b>tip vodotoka (17)</b>				
	gorski	predgorski	meandrirani	kraški	ravninski
0	7	7	7	7	7
1	6	5	4	3	3
2	4	3	3	2	2
3	2	2	2	1	1
> 4	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »posebne strukture rečnega dna v transektu« (preglednica 53) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tip vodotoka«, »prodišča«, »tolmuni«, »vodne brazde«, »brzice«, »stopnje« in »plitvine«. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali odsotnost naštetih hidromorfoloških spremenljivk. Največjo pestrost strukture rečnega dna pričakujemo v gorskih in predgorskih vodotokih in nekaj manjšo v meandriranih vodotokih. Utež pada z večanjem števila naštetih hidromorfoloških spremenljivk glede na tip vodotoka.

### 3.5.4.5. Obrežje

Preglednica 54: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za gradivo antropogenih brežin v transektu

<b>GRADIVO ANTROPOGENIH BREŽIN V TRANSEKTU</b>	
<b>gradivo antropogenih brežin (121 max)</b>	
naravne brežine	1
zemljina	2
les	3
kamnomet ali skalomet v suho	4
kamnomet ali skalomet v mokro	5
betonske plošče v suho	6
betonske plošče v mokro	7

Strukturno enoto »gradivo antropogenih brežin v transektu« (preglednica 54) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »gradivo antropogenih brežin«, pri kateri upoštevamo večjo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Transektu z naravnimi brežinami podelimo utež 1. Utež v transektih z antropogenimi brežinami narašča glede na material izvedbe in stopnjo prekinitve vodnih in snovnih tokov med strugo vodotoka, brežino in pribrežnimi zemljišči. Manj naraven kot je material in bolj kot so stiki gradbenih elementov zapolnjeni, slabša je povezanost vodnih in snovnih tokov med strugo vodotoka, obrežjem in pribrežnimi zemljišči. Največjo utež podelimo transektu z brežinami, izvedenimi z betonskimi ploščami v mokro.

Preglednica 55: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za obrežno vegetacijo v transektu

<b>OBREŽNA VEGETACIJA V TRANSEKTU</b>			
<b>prostorska razporeditev obrežne vegetacije (130 min)</b>	<b>obrežna vegetacija (129)</b>		
	naravna	antropogena	galerija
pojava ni		7	
členjena	2	3	4
sklenjena	1	2	3

Strukturno enoto »obrežna vegetacija v transektu« (preglednica 55) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »obrežna vegetacija« in »prostorska razporeditev obrežne vegetacije«, pri kateri upoštevamo manjšo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Pri določanju velikosti uteži smo kot najslabšo možnost upoštevali odsotnost obrežne vegetacije. Sklenjena naravna in avtohtona obrežna vegetacija je eden bistvenih sestavnih delov ekološke strukture rečnih koridorjev. Bolj kot je fragmentirana in manj kot je naravna, slabše deluje v ekološki strukturi in procesih. Utež pada z naraščanjem zveznosti obrežne vegetacije v odvisnosti od njene naravnosti.

Preglednica 56: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v transektu

<b>PRERAŠČENOST STRUGE S TERESTRIČNO OBREŽNO VEGETACIJO V TRANSEKTU</b>			
<b>preraščenost struge (134)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 25 %	2	3	5
25 - 50 %	1	2	3
50 - 75 %	1	1	2
> 75 %	1	1	1

Strukturno enoto »preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v transektu« (preglednica 56) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »preraščenost struge«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost preraščenosti struge s terestrično obrežno vegetacijo. Preraščenost struge je pomemben ekološki dejavnik z vidika senčenja vodnega habitata. Večje površinske deleže preraščenosti struge pričakujemo v srednjem in predvsem spodnjem teku vodotoka, kjer se vodni tok umiri in na stabilnejših zemljinah omogoča zarast višje obrežne vegetacije večjih redov starostnih razredov. Utež pada z večanjem deleža preraščenosti struge v odvisnosti od teka vodotoka.

Preglednica 57: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v transektu

<b>ZARAŠČENOST STRUGE Z AKVATIČNO OBREŽNO VEGETACIJO V TRANSEKTU</b>			
<b>zaraščenost struge (135)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 25 %	2	3	5
25 - 50 %	1	2	3
50 - 75 %	1	1	2
> 75 %	1	1	1

Strukturno enoto »zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v transektu« (preglednica 57) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »zaraščenost struge«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost zaraščenosti struge s terestrično obrežno vegetacijo v zgornjem, srednjem in spodnjem teku vodotoka. Zaraščenost struge je pomemben ekološki dejavnik z vidika senčenja vodnega habitata. Večje površinske deleže zaraščenosti struge pričakujemo v srednjem in predvsem spodnjem teku vodotoka, kjer se vodni tok umiri in v delih struge omogoča razrast akvatične vegetacije. Utež pada z večanjem deleža zaraščenosti struge v odvisnosti od teka vodotoka.

Preglednica 58: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture obrežja v transektu

<b>POSEBNE STRUKTURE OBREŽJA V TRANSEKTU</b>					
<b>zapadlo drevje (136) plavni les (137) obrežni hidromorfološki nizi (138 min)</b>	<b>širina aktivne struge v transektu (50R)</b>				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5
2	1	1	2	2	3
> 3	1	1	1	1	1

Strukturno enoto »posebne strukture obrežja v transektu« (preglednica 58) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »širina aktivne struge v transektu« in vsoto v transektu prisotnih hidromorfoloških spremenljivk »zapadlo drevje«, »plavni les« in »obrežni hidromorfološki nizi«. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost ali redkost naštetih hidromorfoloških spremenljivk. Utež pada z večanjem števila naštetih hidromorfoloških spremenljivk v odvisnosti od širine aktivne struge v transektu. Več kot je naštetih hidromorfoloških spremenljivk prisotnih v transektu, bolj je členjena hidromorfološka struktura in večja je ekološka pestrost obrežja vodotoka. Širša kot je aktivna struga, več naštetih hidromorfoloških spremenljivk pričakujemo v transektu in obratno.

#### 3.5.4.6. Pribrežno zemljišče

Preglednica 59: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino rečnega koridorja v transektu

<b>ŠIRINA REČNEGA KORIDORJA V TRANSEKTU</b>			
<b>širina rečnega koridorja (140 min)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
0,5	2	3	5
1	1	2	3
2	1	1	2
> 3	1	1	1

Strukturno enoto »širina rečnega koridorja v transektu« (preglednica 59) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »širina rečnega koridorja« merjeno v širinah aktivne struge, pri čemer upoštevamo manjšo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost geomorfološko in hidromorfološko določenega vplivnega območja vodotoka, v katerem se prepletajo ekološke strukture poplavne ravnice, obrežne vegetacije, zaledne vegetacije, zalednih hidromorfoloških nizov in drugih za rečne koridorje značilnih kakovosti. Širši kot je rečni koridor, bolj lahko opravlja ekološke funkcije in več ima vodotok možnosti za vzpostavitev hidromorfološkega naravnega ravnovesnega stanja. Rečne koridorje širin večjih redov pričakujemo v srednjem in predvsem spodnjem teku vodotoka. Utež pada z večanjem širine rečnega koridorja v odvisnosti od teka vodotoka.

Preglednica 60: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino zaledne vegetacije v transektu

<b>ŠIRINA ZALEDNE VEGETACIJE V TRANSEKTU</b>			
<b>širina zaledne vegetacije (146 min)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 10 m	1	3	5
=< 25 m	1	1	3
> 25 m	1	1	1

Strukturno enoto »širina zaledne vegetacije« (preglednica 60) ocenimo s kombinacijo hidromorfoloških spremenljivk »tek vodotoka« in »širina zaledne vegetacije« pri čemer upoštevamo manjšo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Pri določanju velikosti uteži smo kot slabo upoštevali odsotnost zaledne vegetacije. V ekološki strukturi je zaledna vegetacija nadaljevanje obrežne zarasti vzdolž vodotoka. Širša kot je, bolj lahko opravlja ekološko zaščitno funkcijo vzdolž vodotoka. Zaledno vegetacijo širin večjih redov pričakujemo v srednjem in predvsem v spodnjem teku vodotoka, kjer je poplavna ravnica običajno dobro razvita in omogoča razvoj drevesnih združb. Utež pada z večanjem širine rečnega koridorja v odvisnosti od teka vodotoka.

Preglednica 61: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za rabo pribrežnih zemljišč v transektu

<b>RABA PRIBREŽNIH ZEMLJIŠČ V TRANSEKTU</b>	
<b>raba pribrežnih zemljišč (139 max)</b>	
avtohton gozd, zrel sukcesivni stadij	1
zemljišče v zaraščanju, mlad sukcesivni stadij	2
alohton gozd	3
travnik ali ledina	4
pridelovalne površine	5
grajene površine	7

Strukturno enoto »raba pribrežnih zemljišč v transektu« (preglednica 61) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »raba pribrežnih zemljišč« pri kateri upoštevamo večjo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Transektu s pribrežnimi zemljišči, zaraščeni s gozdom v zrelem sukcesivnem stadiju, podelimo utež 1. Utež narašča glede na mladost stadija in alohtonost vegetacije, glede na intenzivnost rabe in glede na začepljenost tal. Bolj kot je površinski pokrov oddaljen od razvite avtohtone gozdne združbe in bolj intenzivna kot je antropogena raba tal, slabše je stanje pribrežnih zemljišč. Največjo utež podelimo transektu z grajenimi pribrežnimi zemljišči.

Preglednica 62: Uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč v transektu

<b>HIDROTEHNIČNE UREDITVE PRIBREŽNIH ZEMLJIŠČ V TRANSEKTU</b>	
<b>hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč (141 max)</b>	
pojava ni	1
visokovodni nasip	6
visokovodni zid	7



Strukturno enoto »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (preglednica 62) ocenimo s samostojno hidromorfološko spremenljivko »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« pri kateri upoštevamo večjo izmed vrednosti, ki jih zaseda za levi in desni breg. Utež podelimo glede na morfološke značilnosti hidrotehničnih ureditev. Bolj kot hidrotehnična ureditev ločuje vodotok in pribrežna zemljišča ter manj kot ima obrežna ali zaledna vegetacija možnosti za razvoj, slabše je stanje pribrežnih zemljišč.

### 3.5.5. Primer izdelave skupne hidromorfološke ocene transeкта

V poglavju prikazujemo izdelavo skupne hidromorfološke ocene v transektu 162. Transekt smo izbrali izmed 176 transektov srednjega in spodnjega teka reke Dragonje (od 112. do 287. transeкта), kjer je že prisoten vpliv človekovih dejavnosti, z metodo slučajnih števk (Košmelj, 2001). Izbrane uteži so v strukturnih enotah, predstavljenih v preglednicah 63 do 86, označene s sivino in natisnjene krepko. Na koncu vsake hidromorfološke funkcionalne enote prikazujemo izračun delne hidromorfološke ocene sintezne metode po enačbi 23, na koncu poglavja pa še izračun skupne hidromorfološke kakovostne ocene sintezne metode po enačbi 22 ter pripadajoči hidromorfološki kakovostni razred za transekt 162.

#### Tek vodotoka

Preglednica 63: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za vijugavost vodnega toka v izbranem transektu 162

VIJUGAVOST VODNEGA TOKA V TRANSEKTU			
vijugavost vodnega toka v teku vodotoka (39)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
1,00	7	7	7
1,01 - 1,10	3	5	7
1,11 - 1,20	1	2	3
> 1,20	1	<b>1</b>	1

Preglednica 64: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za erozijo brežin v izbranem transektu 162

EROZIJA BREŽIN V TRANSEKTU					
intenzivnost erozijskih procesov (%) (123 max)	lokalna vijugavost toka v transektu (38R)				
	1,00	1,01 - 1,10	1,11 - 1,20	1,21 - 1,30	> 1,30
pojava ni	7	7	7	1	1
< 25 %	5	5	5	1	1
25 - 50 %	4	4	4	1	1
50 - 75 %	3	3	3	<b>2</b>	2
> 75 %	2	2	2	2	2

Preglednica 65: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture teka vodotoka v izbranem transektu 162

POSEBNE STRUKTURE TEKA VODOTOKA V TRANSEKTU					
otoki (70R) zapadlo drevje (136) plavni les (137)	širina aktivne struge v transektu (50R)				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	7	7	7	7	7
1	1	1	3	<b>4</b>	5
2	1	1	1	2	3
3	1	1	1	1	1

Preglednica 66: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za antropogene vodne tokove v izbranem transektu 162

<b>ANTROPOGENI VODNI TOKOVI V TRANSEKTU</b>	
<b>antropogeni vodni tokovi v transektu (30)</b>	
pojava ni	<b>1</b>
mlinščice	3
namakalni sistemi	7

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za tek vodotoka v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_1 = \frac{\sum_1^n hmus_{tv}}{n} = \frac{(1+2+4+1)}{4} = 2,00$$

### Vzdolžni profil

Preglednica 67: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prodišča v izbranem transektu 162

<b>PRODIŠČA V TRANSEKTU</b>					
<b>število prodišč / m<sup>1</sup> transeka (79R)</b>	<b>širina aktivne struge v transektu (50R)</b>				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0,00	3	4	5	<b>6</b>	7
< 0,05	1	2	3	4	5
0,05 - 0,10	1	1	1	2	2
> 0,10	1	1	1	1	1

Preglednica 68: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za spreminjanje globine vode v izbranem transektu 162

<b>SPREMINJANJE GLOBINE VODE V TRANSEKTU</b>			
<b>število tolmunov / m<sup>1</sup> transeka (84 R)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
0,00	7	<b>7</b>	7
< 0,05	3	2	1
0,05 - 0,10	2	1	1
> 0,10	1	1	1

Preglednica 69: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost vodnega toka v izbranem transektu 162

RAZNOVRSTNOST VODNEGA TOKA V TRANSEKTU					
prodišča (79R) tolmuni (85R) vodne brazde (92R) brzice (97R) stopnje (101) plitvine (115)	širina aktivne struge v transektu (50R)				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5
3	1	1	2	3	4
4	1	1	1	2	3
5	1	1	1	1	2
6	1	1	1	1	1

Preglednica 70: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za poglobljanje profila v izbranem transektu 162

POGLABLJANJE PROFILA V TRANSEKTU					
biološka obrast substrata (64)	urezanost profila (60)				
	zelo plitev (bc <sub>w</sub> / bc <sub>d</sub> > 20)	plitev (15 < bc <sub>w</sub> / bc <sub>d</sub> < 20)	zmerno globok (10 < bc <sub>w</sub> / bc <sub>d</sub> < 15)	globok (5 < bc <sub>w</sub> / bc <sub>d</sub> < 10)	zelo globok (bc <sub>w</sub> / bc <sub>d</sub> < 5)
pojava ni	1	2	3	5	7
pojav je	1	1	1	1	1

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za vzdolžni profil v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_2 = \frac{\sum_1^n hmus_{vp}}{n} = \frac{(6 + 7 + 4 + 1)}{4} = 4,50$$

### Prečni profil

Preglednica 71: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za tip profila v izbranem transektu 162

TIP PROFILA V TRANSEKTU	
tip profila v transektu (49)	
naravni profil	1
erozijski plitev	3
erozijski globok	5
trapezni profil	6
trapezni dvojni profil	7
V profil	6
pravokotni profil	7

Preglednica 72: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prečne objekte v izbranem transektu 162

<b>PREČNI OBJEKTI V TRANSEKTU</b>	
<b>ureditve prečnega profila (57)</b>	
pojava ni	<b>1</b>
jezbica ali talni prag	2
stopnja (prelivni objekt) z ribjo stezo ali hrapava drča	4
stopnja (prelivni objekt) brez ribje steze ali gladka drča	5
kamnita ali betonska jezovna zgradba z ribjo stezo	6
kamnita ali betonska jezovna zgradba brez ribje steze	7

Preglednica 73: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prehode struge v izbranem transektu 162

<b>PREHODI STRUGE V TRANSEKTU</b>	
<b>prehodi struge (56)</b>	
pojava ni	1
brv	2
most	3
pregaz	<b>4</b>
prehod	7

Preglednica 74: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za prepuste v izbranem transektu 162

<b>PREPUSTI V TRANSEKTU</b>	
<b>prepusti (58)</b>	
pojava ni	<b>1</b>
prepusti z brežinami, s sedimentom	3
prepusti z brežinami, brez sedimenta	5
prepusti brez brežin, s sedimentom	6
prepusti brez brežin, brez sedimenta	7

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za prečni profil v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_3 = \frac{\sum_1^n hmus_{pp}}{n} = \frac{(1+1+4+1)}{4} = 1,75$$

### Rečno dno

Preglednica 75: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za ohranjenost rečnega dna v izbranem transektu 162

<b>OHRANJENOST REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>	
<b>materiali in utrditve rečnega dna (62)</b>	
naravno rečno dno	<b>1</b>
kamnomet ali skalomet v suho	3
kamnomet ali skalomet v mokro	4
betonske plošče v suho	6
betonske plošče v mokro	7

Preglednica 76: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za raznovrstnost zemljinskega dna v izbranem transektu 162

<b>RAZNOVRSTNOST ZEMLJINSKEGA REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>			
<b>raznovrstnost rečnega dna (63)</b>	<b>tek vodotoka (20)</b>		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
majhna (1 zrnavostni razred)	7	5	3
zmerna (2 zrnavostna razreda)	5	<b>3</b>	2
velika (3 zrnavostni razredi)	3	1	1
zelo velika (4 zrnavostni razredi)	1	1	1

Preglednica 77: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture rečnega dna v izbranem transektu 162

<b>POSEBNE STRUKTURE REČNEGA DNA V TRANSEKTU</b>					
<b>prodišča (79R) tolmuni (85R) vodne brazde (92R) brzice (97R) stopnje (101) plitvine (115)</b>	<b>tip vodotoka (17)</b>				
	gorski	predgorski	meandrirani	kraški	ravninski
0	7	7	7	7	7
1	6	5	4	3	3
2	4	3	3	2	<b>2</b>
3	2	2	2	1	1
> 4	1	1	1	1	1

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za rečno dno v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_4 = \frac{\sum_1^n hmus_{rd}}{n} = \frac{(1+3+2)}{3} = 2,00$$

### Obrežje

Preglednica 78: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za gradivo antropogenih brežin v izbranem transektu 162

<b>GRADIVO ANTROPOGENIH BREŽIN V TRANSEKTU</b>	
<b>gradivo antropogenih brežin (121 max)</b>	
naravne brežine	<b>1</b>
zemljina	2
les	3
kamnomet ali skalomet v suho	4
kamnomet ali skalomet v mokro	5
betonske plošče v suho	6
betonske plošče v mokro	7

Preglednica 79: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162

OBREŽNA VEGETACIJA V TRANSEKTU			
prostorska razporeditev obrežne vegetacije (130 min)	obrežna vegetacija (129)		
	naravna	antropogena	galerija
pojava ni	7		
členjena	2	3	4
sklenjena	1	2	3

Preglednica 80: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za preraščenost struge s terestrično obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162

PRERAŠČENOST STRUGE S TERESTRIČNO OBREŽNO VEGETACIJO V TRANSEKTU			
preraščenost struge (134)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 25 %	2	3	5
25 - 50 %	1	2	3
50 - 75 %	1	1	2
> 75 %	1	1	1

Preglednica 81: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za zaraščenost struge z akvatično obrežno vegetacijo v izbranem transektu 162

ZARAŠČENOST STRUGE Z AKVATIČNO OBREŽNO VEGETACIJO V TRANSEKTU			
zaraščenost struge (135)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 25 %	2	3	5
25 - 50 %	1	2	3
50 - 75 %	1	1	2
> 75 %	1	1	1

Preglednica 82: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za posebne strukture obrežja v izbranem transektu 162

POSEBNE STRUKTURE OBREŽJA V TRANSEKTU					
zapadlo drevje (136) plavni les (137) obrežni hidromorfološki nizi (138 min)	širina aktivne struge v transektu (50R)				
	<=1,0 m	1,1 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	> 20,0 m
0	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5
2	1	1	2	2	3
> 3	1	1	1	1	1

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za obrežje v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_5 = \frac{\sum_1^n hmus_o}{n} = \frac{(1+7+2+5+1)}{5} = 3,20$$

### Pribrežno zemljišče

Preglednica 83: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino rečnega koridorja v izbranem transektu 162

<b>ŠIRINA REČNEGA KORIDORJA V TRANSEKTU</b>			
širina rečnega koridorja (140 min)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
0,5	2	3	5
1	1	2	3
2	1	1	2
> 3	1	1	1

Preglednica 84: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za širino zaledne vegetacije v izbranem transektu 162

<b>ŠIRINA ZALEDNE VEGETACIJE V TRANSEKTU</b>			
širina zaledne vegetacije (146 min)	tek vodotoka (20)		
	zgornji tek	srednji tek	spodnji tek
pojava ni	3	5	7
< 10 m	1	3	5
=< 25 m	1	1	3
> 25 m	1	1	1

Preglednica 85: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za rabo pribrežnih zemljišč v izbranem transektu 162

<b>RABA PRIBREŽNIH ZEMLJIŠČ V TRANSEKTU</b>	
raba pribrežnih zemljišč (139 max)	
avtohton gozd, zrel sukcesivni stadij	1
zemljišče v zaraščanju, mlad sukcesivni stadij	2
alohton gozd	3
travnik ali ledina	4
pridelovalne površine	5
grajene površine	7

Preglednica 86: Primer določitve uteži ocenjevalnega sistema sintezne metode za hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč v izbranem transektu 162

<b>HIDROTEHNIČNE UREDITVE PRIBREŽNIH ZEMLJIŠČ V TRANSEKTU</b>	
hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč (141 max)	
pojava ni	1
visokovodni nasip	6
visokovodni zid	7

Delna hidromorfološka ocena sintezne metode za pribrežno zemljišče v transektu 162, izračunana po enačbi 23, je:

$$dhmot_6 = \frac{\sum_1^n hmus_{pz}}{n} = \frac{(5+5+5+1)}{4} = 4,00$$

Skupna hidromorfološka ocena sintezne metode v transektu 162, izračunana po enačbi 22, je:

$$shmot = \frac{\sum_1^N dhmot}{N} = \frac{\sum_1^6 dhmot}{6} = \frac{(2,00 + 4,50 + 1,75 + 2,00 + 3,20 + 4,00)}{6} = 2,91$$

Glede na razpon hidromorfoloških ocen sintezne metode spada transekt 162 torej v 3. hidromorfološki kakovostni razred.

### 3.5.6. Aplikacija sintezne metode

Sintezno metodo smo kabinetno aplicirali na osnovi podatkov, zajetih v predhodno kartografsko določenih transektih na enak način, kakor metodo GSGB s transektnim zajemom podatkov, predstavljenim v poglavju 3.3. Aplikacija metode GSGB s transektnim zajemom podatkov.

Transektne delne hidromorfološke ocene tlorisnega poteka vodotoka po sintezni metodi, prikazane na grafu 42, v primerjavi z ocenami po metodi GSGB, ki so prikazane na grafu 29, zgornji in srednji tek napram spodnjemu teku reke Dragonje prikazujejo kot bolj ohranjena z vidika tlorisnega poteka vodotoka. Zgornji in srednji tek reke Dragonje sta objektivno bolj ohranjena kakor regulirani spodnji tek. Kljub uporabi podobnih hidromorfoloških spremenljivk za oceno tlorisnega poteka vodotoka v obeh omenjenih metodah, vendar s prilagoditvijo hidromorfoloških uteži in velikostnih razredov merjenih hidromorfoloških spremenljivk v sintezni metodi, dobimo s slednjo primernejše ocene glede na dejansko stanje reke Dragonje.

Transektne delne hidromorfološke ocene vzdolžnega profila vodotoka po sintezni metodi, prikazane na grafu 43, v primerjavi z ocenami po metodi GSGB, ki so prikazane na grafu 30, prikazujejo manj homogeno in nekoliko slabše stanje vzdolžnega profila reke Dragonje v zgornjem in srednjem teku, med tem ko stanje vzdolžnega profila v spodnjem teku prikažejo kot nekoliko boljše. Za oceno vzdolžnega profila metodi le delno uporabita podobne hidromorfološke spremenljivke, a z drugačnimi utežmi in velikostnimi razredi hidromorfoloških spremenljivk. Glede na intenzivno nihanje delnih hidromorfoloških ocen vzdolžnega profila lahko ugotovimo, da je sintezna metoda v primerjavi z metodo GSGB občutljivejša na kakovostne spremembe v transektu. Glede na hidromorfološko stanje vzdolžnega profila, kot ga prikazujejo ocene sintezne metode, pa lahko ugotovimo, da je slednja podobno kakor metoda GSGB občutljiva na dejstvo, da v sorazmerno kratkih transektnih območjih zajemov podatkov ne vidimo vseh hidromorfoloških kakovosti, ki bi jih verjetno opazili v odsečnem zajemu.

Sintezna transektna metoda v primerjavi z metodo GSGB za izdelavo delne hidromorfološke ocene prečnega profila uporabi predvsem hidromorfološke spremenljivke, ki opisujejo stopnjo ali količino antropogenega posega v prečni profil vodotoka. Glede na stanje koridorja reke Dragonje lahko ugotovimo, da je sintezna metoda pri izdelavi delnih hidromorfoloških ocen prečnega profila, prikazanih na grafu 44, objektivnejša kakor metoda GSGB, katere ocene prikazujemo na grafu 31. Ugotovitev velja predvsem za zgornji in srednji tek Dragonje, deloma pa tudi za spodnji tek reke. Hkrati lahko ugotovimo, da je sintezna metoda tudi pri izdelavi delne hidromorfološke ocene prečnega profila občutljiva na dejstvo, da v sorazmerno kratkih transektnih območjih zajemov podatkov ne vidimo vseh hidromorfoloških kakovosti, ki bi jih verjetno opazili v odsečnem zajemu.

Kljub podobnim hidromorfološkim spremenljivkam, ki jih uporabljata primerjani metodi za izdelavo delne hidromorfološke ocene dna vodotoka, sintezna transektna metoda izdelava stanju rečnega koridorja in



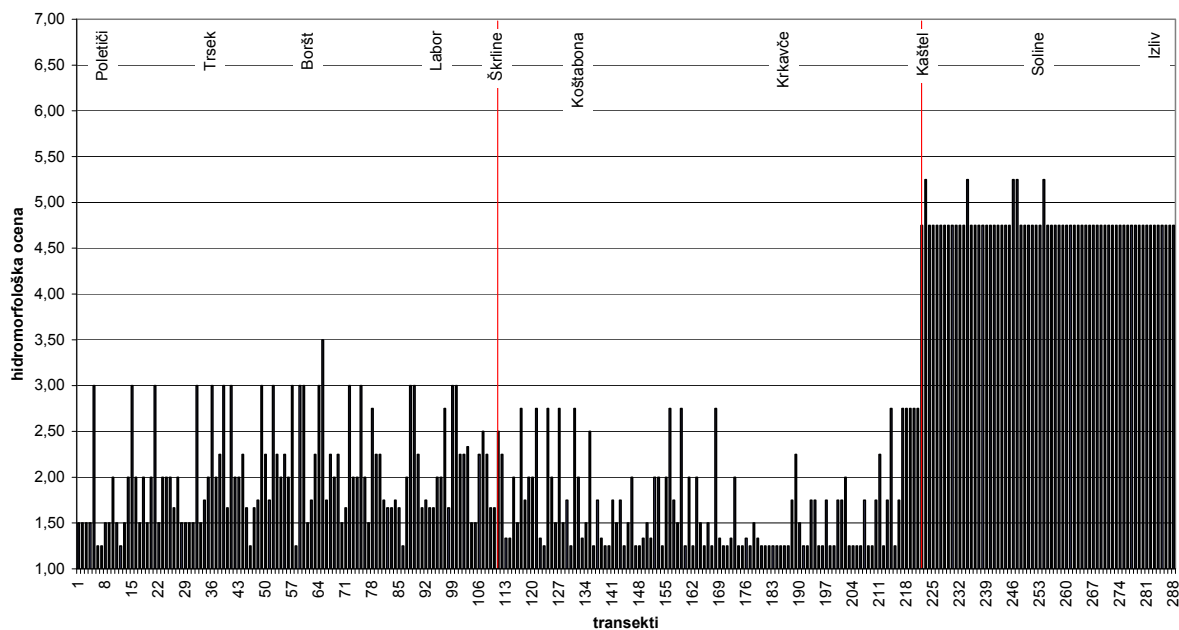
rečnega dna reke Dragonje bistveno primernejše ocene. Razlog je v primernejših hidromorfoloških utežeh sintezne metode, njihovi velikosti in odvisnosti od teka oziroma tipa vodotoka, ne pa od oblike doline, kakor predvideva metoda GSGB. Ugotovitev velja za zgornji, srednji in spodnji tek. Delne hidromorfološke ocene dna vodotoka po sintezni transektni metodi prikazujemo na grafu 45, po metodi GSGB s transektnim zajemom podatkov pa na grafu 32.

Podobno zgornjemu lahko ugotovimo tudi za delno hidromorfološko oceno obrežja, le da v le-tej primerjani metodi ne uporabljata toliko sorodnih hidromorfoloških spremenljivk. Sintezna transektna metoda izdelava stanju rečnega koridorja oziroma obrežij reke Dragonje bistveno primernejše ocene. Razlog je v izboru primernejših hidromorfoloških spremenljivk in uteži sintezne metode, njihovi velikosti in odvisnosti od teka oziroma tipa vodotoka. Ugotovitev velja za celoten tek reke, predvsem pa za srednji tek. Delne hidromorfološke ocene obrežja vodotoka po sintezni transektni metodi prikazujemo na grafu 46, po metodi GSGB s transektnim zajemom podatkov pa na grafu 33.

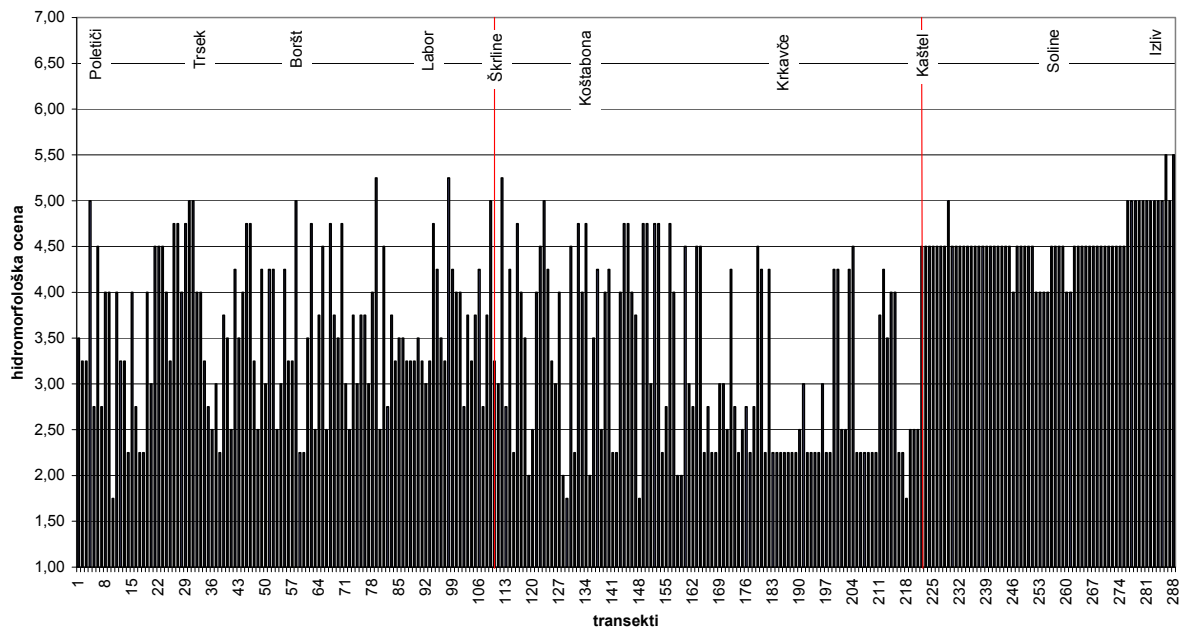
Glede na stanje koridorja reke Dragonje v zgornjem, srednjem in spodnjem teku sintezna transektna metoda izdelava primernejše ocene stanja priobalnih zemljišč v primerjavi z metodo GSGB, čeprav metodi za izdelavo omenjene ocene delno uporabljata podobne hidromorfološke spremenljivke. Delne hidromorfološke ocene priobalnih zemljišč po sintezni transektni metodi prikazujemo na grafu 47, po metodi GSGB s transektnim zajemom podatkov pa na grafu 34. Glede na izrazitejšo nihanje hidromorfoloških ocen priobalnih zemljišč vzdolž teka je sintezna metoda primerno občutljivejša na pojave hidromorfoloških kakovosti, ki jih lahko zasledimo vzdolž teka vodotoka. Hkrati glede na splošno ohranjenost okolja oziroma količino antropogenih sprememb priobalnih zemljišč sintezna metoda v primerjavi z metodo GSGB objektivneje ocenjuje stanje priobalnih zemljišč. Tudi tu je razlog za naštetu v izboru primernejših hidromorfoloških spremenljivk in uteži sintezne metode, njihovi velikosti in odvisnosti od teka oziroma tipa vodotoka.

Gledano vzdolž celotnega teka reke Dragonje, skupne hidromorfološke ocene in hidromorfološki kakovostni razredi reke Dragonje, določeni po sintezni transektni metodi, predstavljeni na grafu 48 in grafu 49, v primerjavi z omenjenimi ocenami in razredi po metodi GSGB, ki so prikazane na grafu 35 in grafu 36, prikazujejo boljše stanje rečnega koridorja. Metoda GSGB s hidromorfološki ocenami sicer nekoliko jasneje ločuje stopnjo ohranjenosti zgornjega in srednjega teka, a v splošnem vzdolž celotnega teka reke razvršča transekte rečnega koridorja Dragonje v stanju nesorazmerno slabe kakovostne razrede.

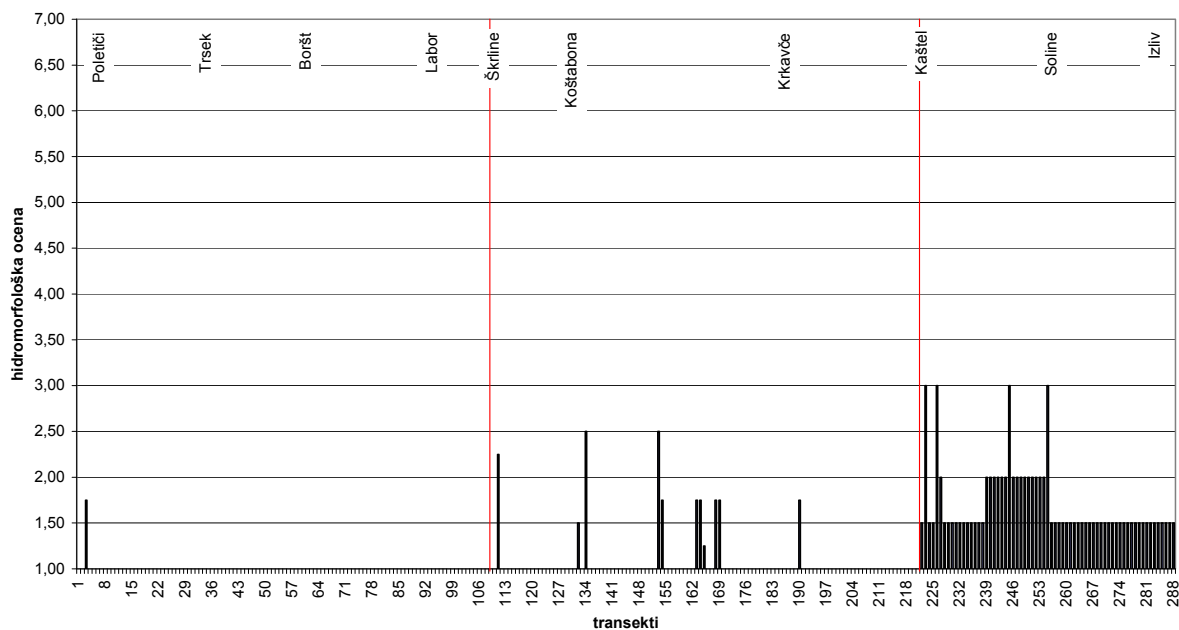
S primerjavo transektnih delnih in skupnih hidromorfoloških ocen po sintezni transektni metodi in metodi GSGB lahko ugotovimo, da prva metoda na primeru reke Dragonje v splošnem boljše prikazuje stanje ohranjenosti hidromorfoloških funkcionalnih enot rečnega koridorja. Opozoriti velja, da imata metodi podobno zasnovi (funkcionalne enote, strukturne enote, hidromorfološke uteži, delne hidromorfološke ocene, skupna hidromorfološka ocena) in uporabljata približno 60 % podobnih hidromorfoloških spremenljivk. Zaključimo lahko, da je bila v sintezni metodi izvedena prilagoditev hidromorfoloških uteži in razredov izbranih hidromorfoloških spremenljivk transektnemu zajemu podatkov uspešna.



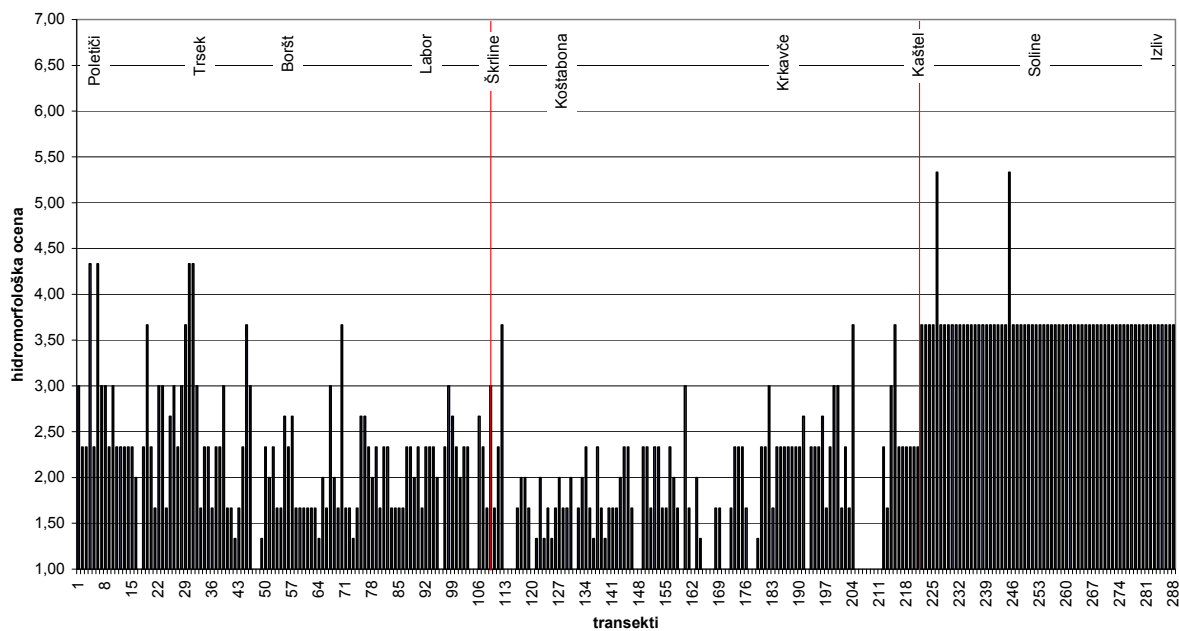
Graf 42: Hidromorfološka ocena tlorisnega poteka vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



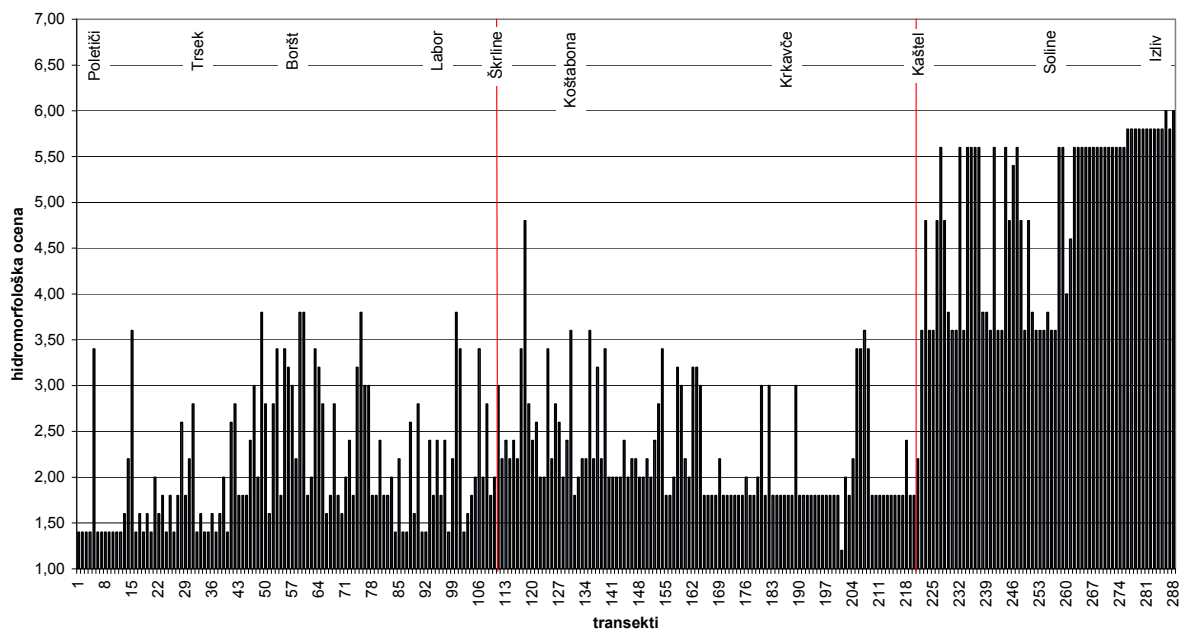
Graf 43: Hidromorfološka ocena vzdolžnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



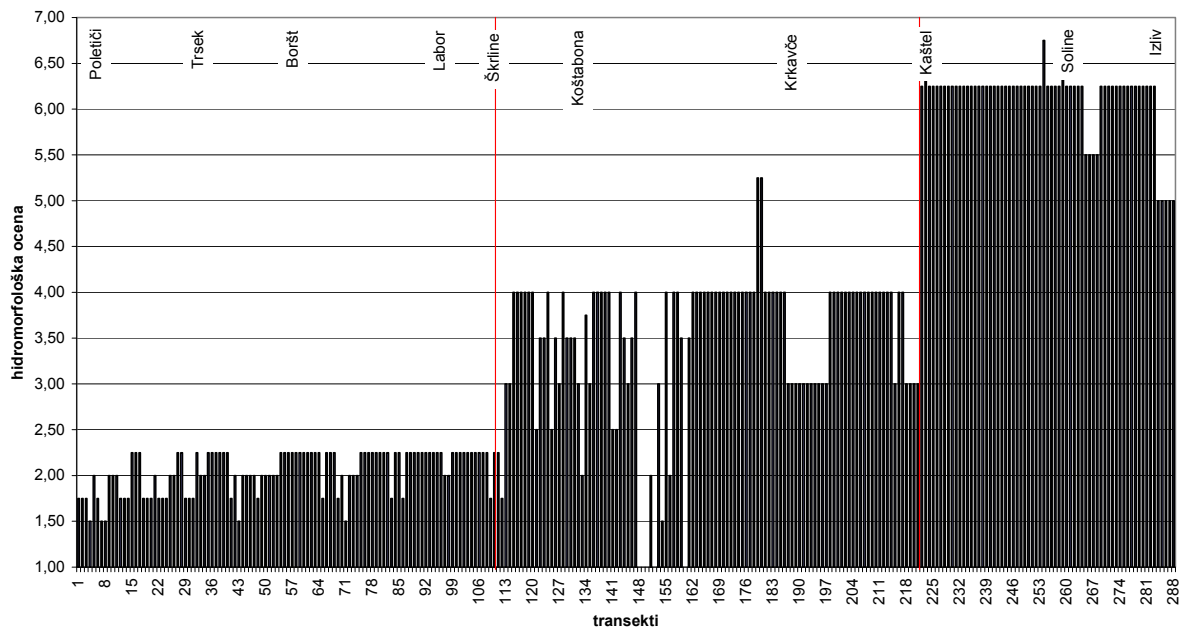
Graf 44: Hidromorfološka ocena prečnega profila vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



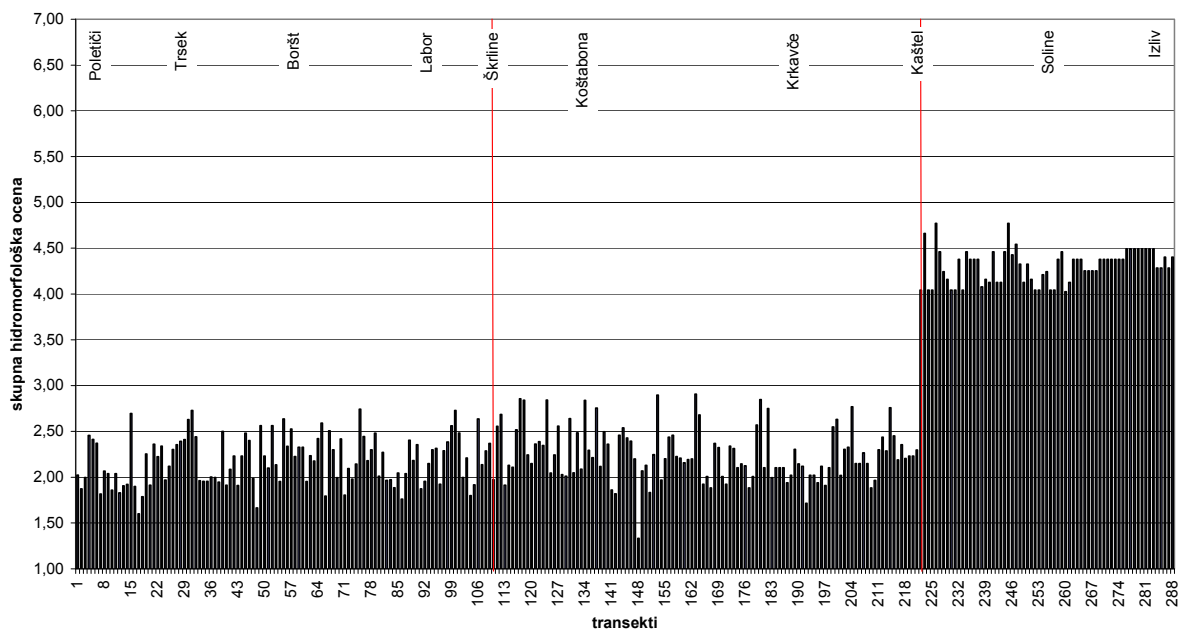
Graf 45: Hidromorfološka ocena dna vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



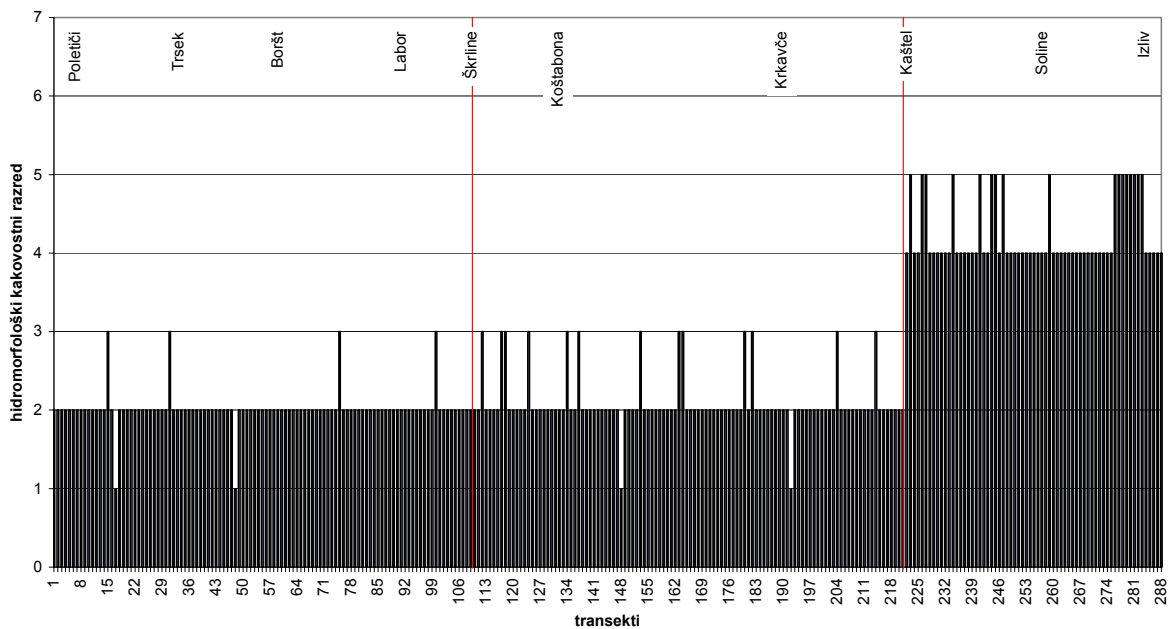
Graf 46: Hidromorfološka ocena obrežja vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



Graf 47: Hidromorfološka ocena pribrežnih zemljišč vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi



Graf 48: Skupna hidromorfološka ocena vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi

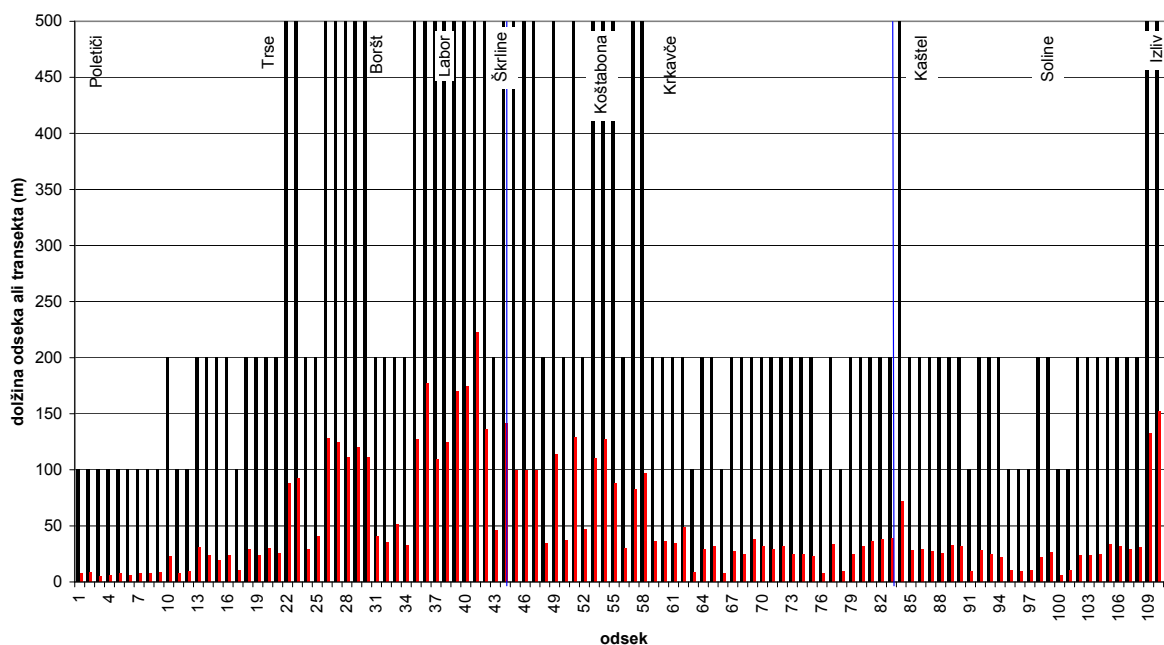


Graf 49: Hidromorfološki kakovostni razredi vodotoka v transektih koridorja reke Dragonje po sintezni metodi

### 3.6. ANALIZA VPLIVA NAČINA ZAJEMA PODATKOV IN IZBORA SPREMENLJIVK

Kot pripravo na izdelavo sintezne transektne metode, ki smo jo predstavili v poglavju 3.5. Sinteza metoda za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, smo na reki Dragonji aplicirali metodo GSGB z odsečnim in transektnim konceptom zajema podatkov, kar smo predstavili v poglavju 3.3. Aplikacija metode GSGB. Ker smo koncept sintezne metode zasnovali na transektnem zajemu podatkov, smo analizirali vpliv ocenjevalnega sistema metode GSGB, prilagojenega odsečnemu konceptu zajema podatkov, na vrednosti hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov, dobljenih s transektnim konceptom zajema podatkov po isti metodi. Zanimala nas je možnost uporabe sistema ocenjevanja sintezne metode kot univerzalnega za ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnega koridorja tako v transektih kakor v odsekih, prav tako pa sprejemljivost nadomestitve odsekov s transekti kot osnovnih enot zajema podatkov za potrebe ocenjevanja hidromorfološkega stanja vodotokov.

V analizi smo pozornost posvetili primerljivosti vrednosti hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov 111 odsekov in povprečnih vrednosti hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov izmed 288 transektov v območjih odsekov. Dolžina odseka je po določilih metode GSGB 100 m, 200 m ali 500 m v odvisnosti od širine struge vodotoka. Sinteza metoda določa medsebojno razdaljo osi transektov 100 m, širino transekta pa kot dvakratno aktivno širino struge v osi transekta. 288 transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov smo glede na dolžine odsekov v območju transektov združevali v povprečne transektne ocene, izračunane po metodi GSGB. Iz 111 odsečnih in 288 transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov smo izdelali 111 primerljivih parov transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov.



Graf 50: Dolžine odsekov (črna barva) in pripadajoče vsote dolžin transektov (rdeča barva)

S 111 odseki smo obsegli celoten tek reke Dragonje od povirja pod vasjo Poletiči do izliva kanala Sv. Odorika v Jadransko morje v skupni dolžini 28.800 m. Skupna dolžina 288 transektov, nanizanih na isti dolžini teka reke, pa znaša 5.677 m ali 19,71 % dolžinskega deleža, kar prikazuje graf 50. Razmerje med količino informacij, primerjanih v parih odsečnih in povprečnih transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov, je torej 100 : 20.

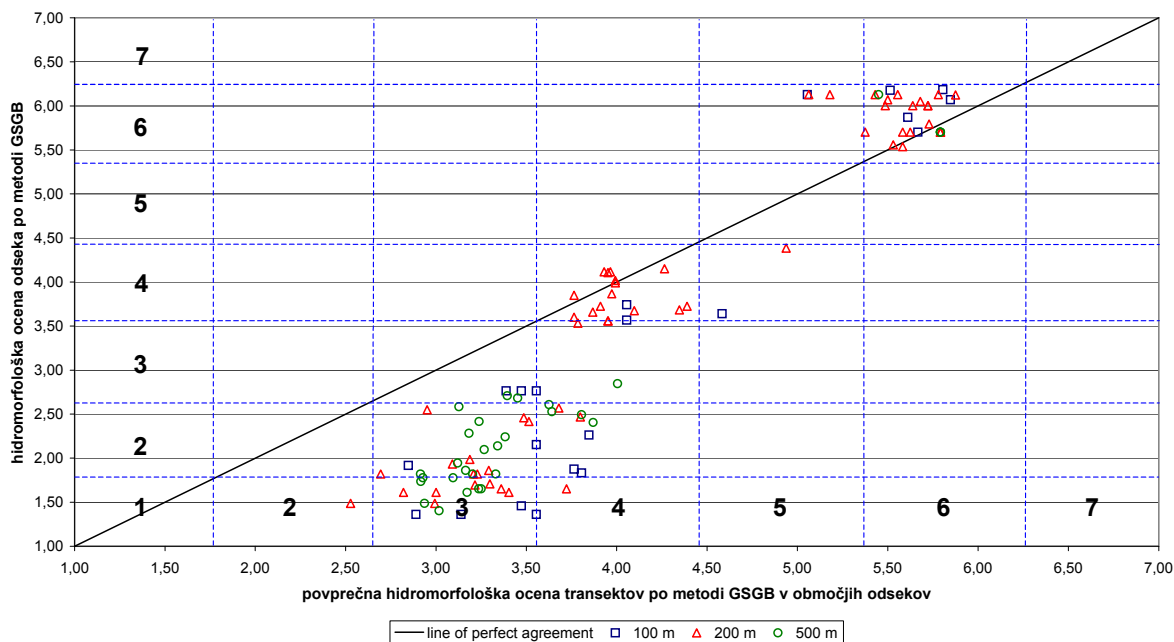
Metoda GSGB, uporabljena v analizi, je zasnovana na odsečnem zajemu podatkov. Zato v parih transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov primerjamo transektne vrednosti z odsečnimi in ne obratno. V skladu s tem je potrebno ugotoviti, da je aplikacija metode GSGB z odsečnim zajemom podatkov na reki Dragonji, ki smo jo predstavili v poglavju 3.3.1. Aplikacija metode GSGB z odsečnim zajemom podatkov, dosegla zelo dobre rezultate v zgornjem in zgornjem delu srednjega teka reke, ki sta v splošnem med ohranjenejšimi. Slabše rezultate je aplikacija omenjene metode dosegla v spodnjem teku, kjer je glede na dejansko stanje vodotoka določila preslabo skupno hidromorfološko oceno in kakovostni razred.

### **3.6.1. Primerjava hidromorfoloških parov odsečnega in transektnega zajema po metodi GSGB**

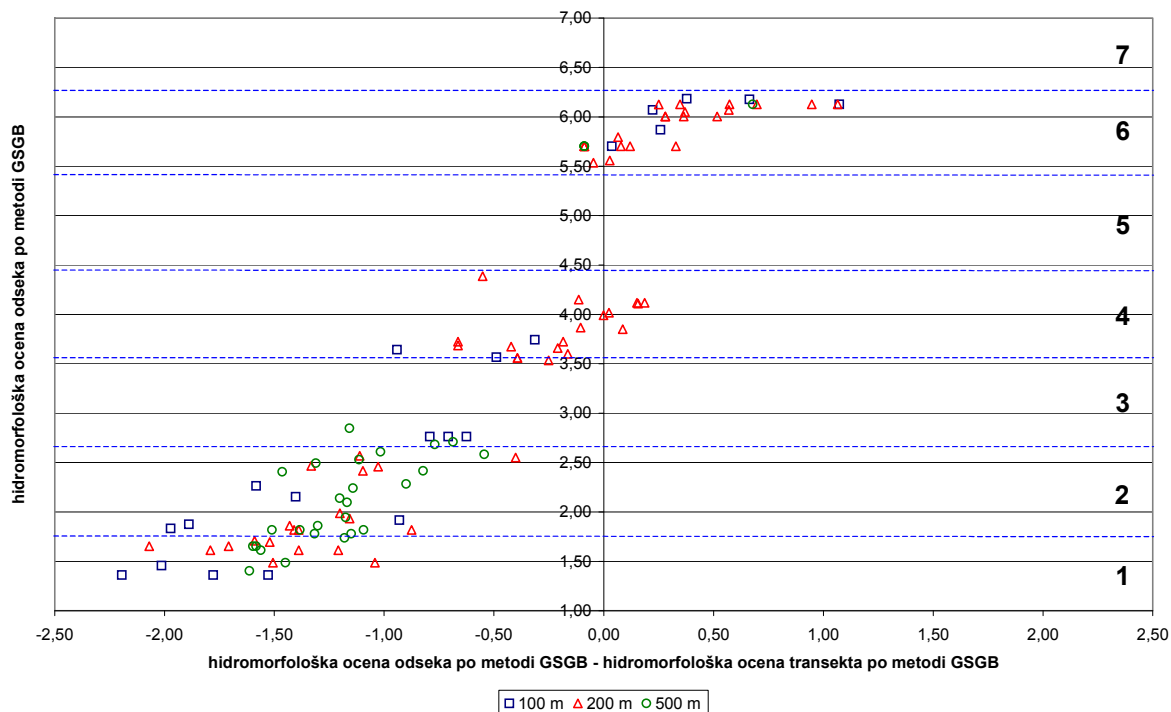
Analiza primerjave parov odsečnih in transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov po metodi GSGB je prikazana na grafih 51 in 52. Ugotovimo lahko, da so po omenjeni metodi sicer bolj ohranjeni odseki reke Dragonje v transektni aplikaciji iste metode ocenjeni slabše, torej kot manj ohranjeni. Razlike hidromorfoloških ocen v parih, dobljenih z odsečnim oziroma transektnim zajemom podatkov, so največje v 1. in 2. kakovostnem razredu. Razlog za slabšo oceno v transektih bolj ohranjenih delov reke je v odsečnem zajemu podatkov prilagojenemu izboru hidromorfoloških spremenljivk, velikostnih razredov spremenljivk in uteži spremenljivk v metodi GSGB pri 20 % deležu informacije.

Hkrati ugotovimo večjo primerljivost parov odsečnih in transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov po omenjeni metodi v slabše ohranjenih odsekih vodotokov, na primeru reke Dragonje predvsem v 4. in 6. kakovostnem razredu. Ker so slabše ohranjeni deli vodotokov osiromašeni hidromorfoloških struktur in splošne ekološke pestrosti, je hidromorfološka inventarizacija tako odsekov kakor transektov takih delov vodotokov enostavnejša. Zato kljub le 20 % deležu informacije v transektih v primerjavi z odseki in kljub uporabi identičnega ocenjevalnega sistema v manj ohranjenih delih vodotoka povzroča manj odstopanj.

Glede na začetku poglavja navedene ugotovitve o aplikaciji metode GSGB lahko torej povzamemo, da transektna aplikacija omenjene metode kot slabše oceni vrednosti hidromorfoloških parov v delih vodotoka, ki ga sicer odsečna aplikacija oceni stanju primerno (ohranjenejši deli reke Dragonje). Po drugi strani pa se transektna aplikacija ujema z odsečno v delih vodotoka, ki ga sicer le-ta oceni slabšega, kot je stanje (spodnji tek reke Dragonje).



Graf 51: Primerjava hidromorfoloških ocen po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke in povprečnih hidromorfoloških ocen po isti metodi v pripadajočih transektih

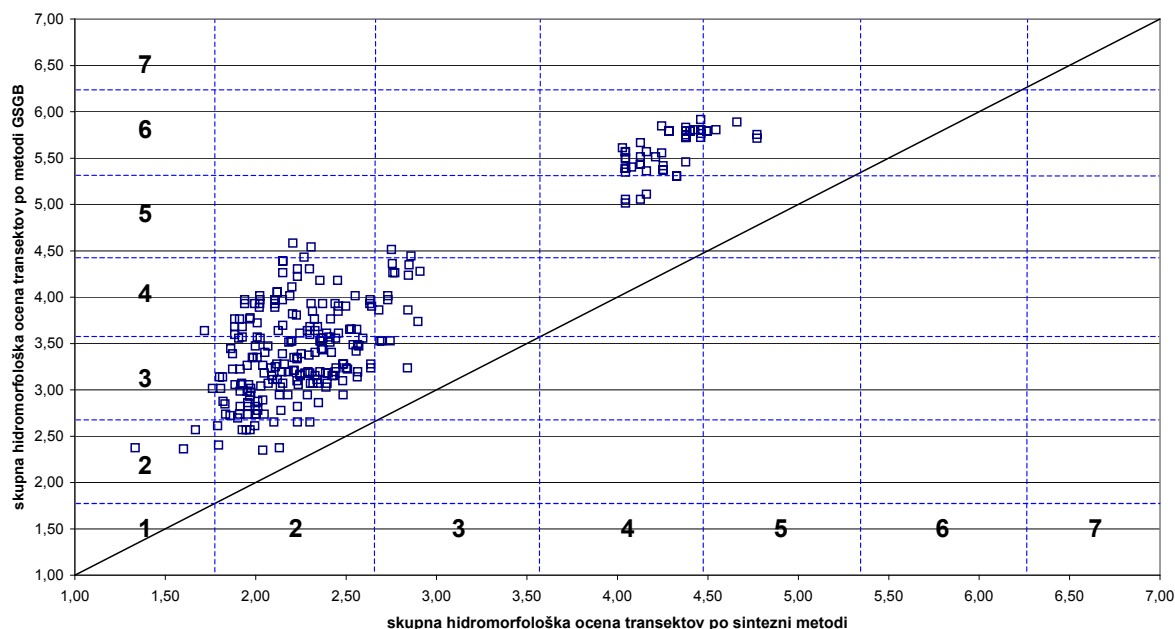


Graf 52: Odsečna hidromorfološka ocena v odvisnosti od razlike med odsečno in transektno hidromorfološko oceno po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke



### 3.6.2. Analiza vpliva izbora spremenljivk

Z rezultati analize primerjave parov odsečnih in transektnih hidromorfoloških ocen in kakovostnih razredov po metodi GSGB smo dobili oporo za umerjanje s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja izbranih hidromorfoloških spremenljivk sintezne metode. Pri izdelavi ocenjevalnega sistema, predstavljenega v poglavju 3.5.3. Sistem ocenjevanja in razponi hidromorfoloških kakovostnih ocen sintezne metode, smo tako posvetili pozornost transektnemu zajemu ustreznim kombinacijam hidromorfoloških spremenljivk oziroma hidromorfološkim strukturnim enotam. Prav tako smo posvetili pozornost velikostim hidromorfoloških uteži in velikostnim razredom hidromorfoloških spremenljivk, ter jih skušali prilagoditi transektnemu zajemu podatkov. Zgoraj predstavljeno slabšo primerljivost hidromorfoloških parov v odsekih in transektih bolj ohranjenih delov reke po metodi GSGB. Graf 53 prikazuje analizo vpliva izbora spremenljivk po sintezni metodi in metodi GSGB. Ugotovimo lahko, da smo z umerjanjem sintezne metode na primeru reke Dragonje izdelali nekoliko milejši sistem ocenjevanja za vse hidromorfološke kakovostne razrede.



Graf 53: Analiza vpliva izbora spremenljivk po sintezni metodi in metodi GSGB

### 3.6.3. Primerjava hidromorfoloških parov odsečnega zajema po metodi GSGB in transektnega zajema po sintezni metodi

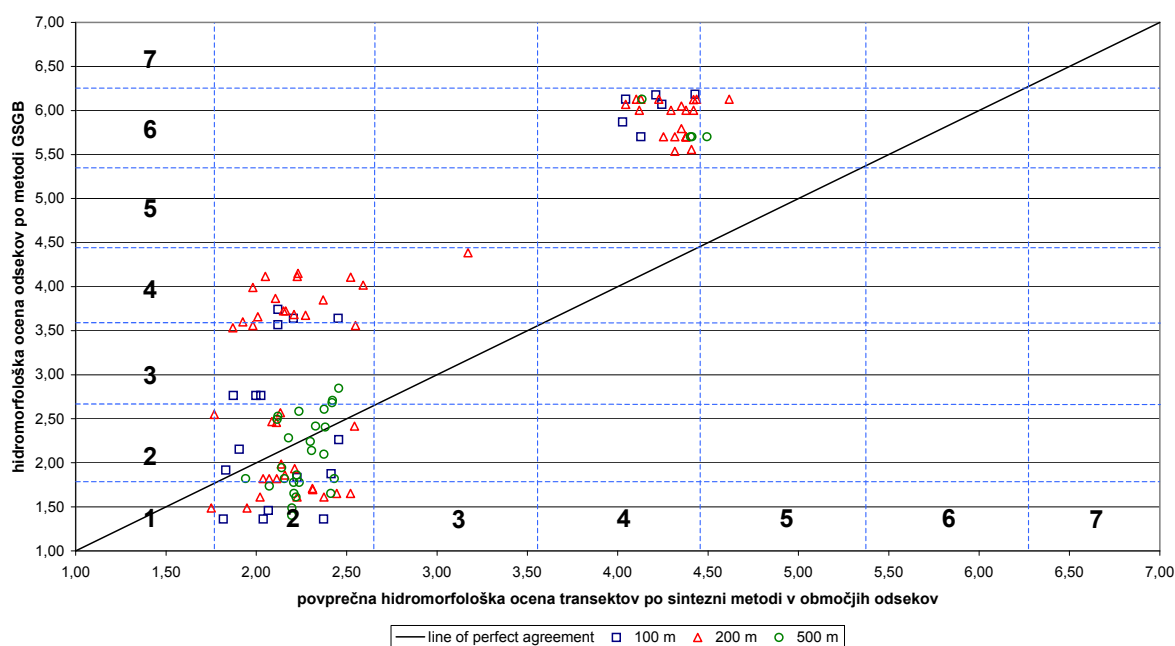
S primerjalno analizo odsečnih hidromorfoloških parov po metodi GSGB in transektnih hidromorfoloških parov po sintezni metodi, lahko ugotovimo, da sintezna transektna metoda glede na odsečno metodo GSGB določa podobne vrednosti hidromorfoloških parov predvsem v bolj ohranjenih odsekih reke Dragonje. Razlog za bolj primerljive ocene hidromorfoloških parov v transektih po sintezni metodi z odseki po metodi GSGB, kakor smo jo v predhodni primerjavi ugotovili za metodo GSGB, je v umerjanju kombinacij hidromorfoloških strukturnih enot, uteži in velikostnih razredov spremenljivk sintezne metode na transektni zajem podatkov kljub le 20 % deležu informacije. Analiza je prikazana na grafih 54 in 55.

Obratno lahko ugotovimo za primerljivost transektnih hidromorfoloških parov po sintezni metodi z odsečnimi hidromorfološkimi pari po metodi GSGB v slabše ohranjenih odsekih reke Dragonje, predvsem v 4. in 6. kakovostnem razredu, kjer so razlike hidromorfoloških ocen v parih, dobljenih z odsečnim oziroma transektnim zajemom podatkov, največje.

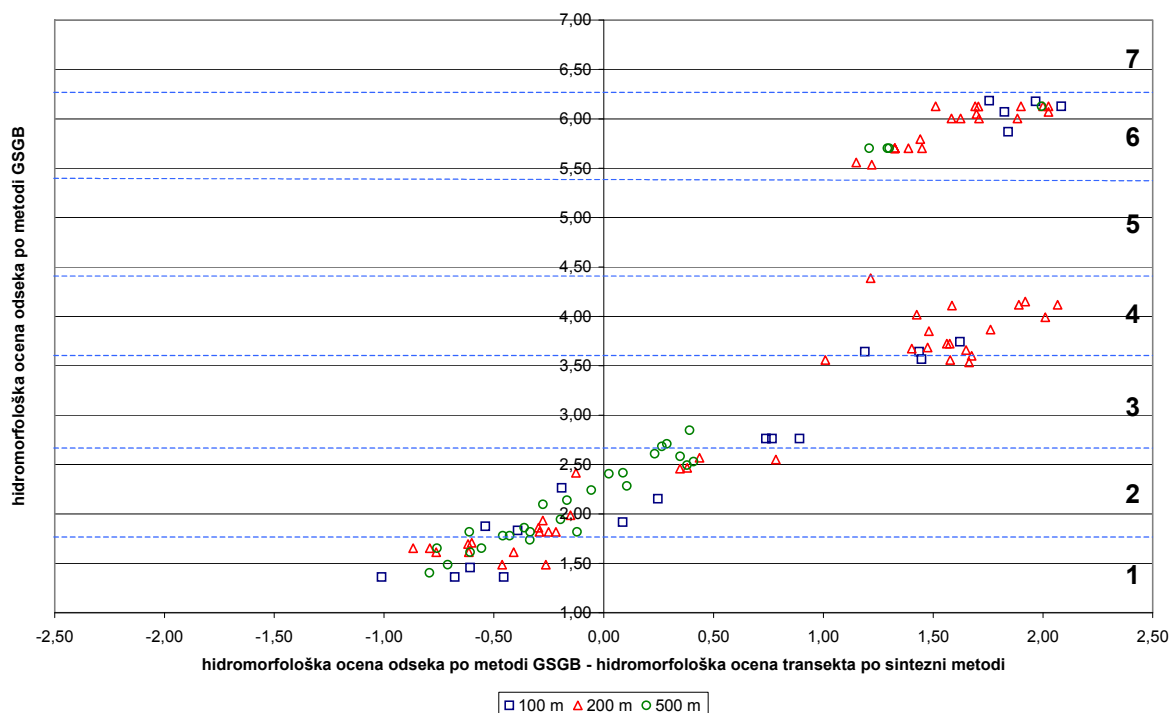
Glede na že navedene ugotovitve o uspešnosti aplikacije metode GSGB na reki Dragonji lahko torej povzamemo, da transektna aplikacija sintezne metode določi vrednosti hidromorfoloških parov sorodno odsečni aplikaciji metode GSGB ravno v tistih delih reke Dragonje, kjer se je slednja izkazala za uspešno (ohranjeni deli reke Dragonje).

Glede na odstopanje vrednosti hidromorfoloških parov transektne aplikacije sintezne metode v primerjavi z odsečno aplikacijo metode GSGB v bolj spremenjenih delih reke, a se je v teh slednja izkazala za prestrogo, pa lahko ugotovimo, da so v primeru reke Dragonje omenjena odstopanja celo zaželeno.

Analiza primerljivosti vrednosti hidromorfoloških parov odsečnega zajema po metodi GSGB in transektnega zajema po sintezni metodi je pokazala, da lahko na primeru reke Dragonje za izdelavo ocene hidromorfološkega stanja rečnega koridorja uporabimo transektni zajem podatkov namesto odsečnega. Hkrati smo ugotovili, da lahko transektno sintezno metodo uspešno apliciramo tudi v daljših odsekih reke Dragonje.



Graf 54: Primerjava hidromorfoloških ocen po metodi GSGB za 100-, 200- in 500-metrške odseke in povprečnih hidromorfoloških ocen po sintezni metodi v pripadajočih transektih



Graf 55: Odsečna hidromorfološka ocena v odvisnosti od razlike med odsečno hidromorfološko oceno po metodi GSGB in transektno hidromorfološko oceno po sintezni metodi za 100-, 200- in 500-metrške odseke

### 3.7. ANALIZA VPLIVA SUBJEKTIVNEGA FAKTORJA

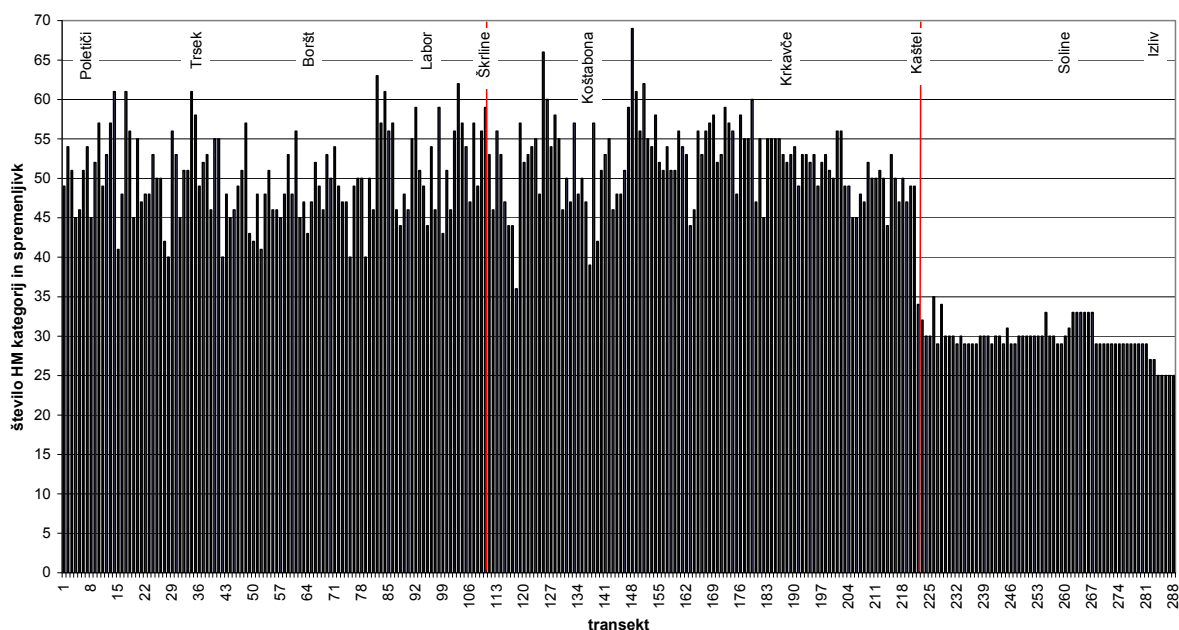
#### 3.7.1. Uvajanje popisovalcev

Za analizo vpliva subjektivnega faktorja smo iz populacije absolventov univerzitetnih študijev Vodarstvo in komunalno inženirstvo ter Gradbeništvo – smer hidrotehnika na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani izbrali dvanajst absolventov. Pred terenskim delom smo jih kabinetno poučili o namenu in načinu dela, jim predstavili vsebino hidromorfološkega popisnega lista za delo študentov (priloga 4 na priloženi zgoščenci), hidromorfološke kategorije in hidromorfološke spremenljivke. Predstavili smo jim načine evidentiranja hidromorfoloških kategorij, predstavili instrumente za meritve in jih s pomočjo shem terenskih meritev hidromorfoloških spremenljivk (priloga 5 na priloženi zgoščenci) in praktičnega dela v okolici zgradbe šole naučili tehnike merjenja hidromorfoloških spremenljivk na terenu. Uvajanje je obsegalo 3 učne ure. Med zajemom podatkov na terenu morebitna napačna evidentiranja in merjenja hidromorfoloških kategorij in spremenljivk popisovalcev nismo korigirali ali jim kakorkoli drugače pomagali.

### 3.7.2. Izbor testnih transektov

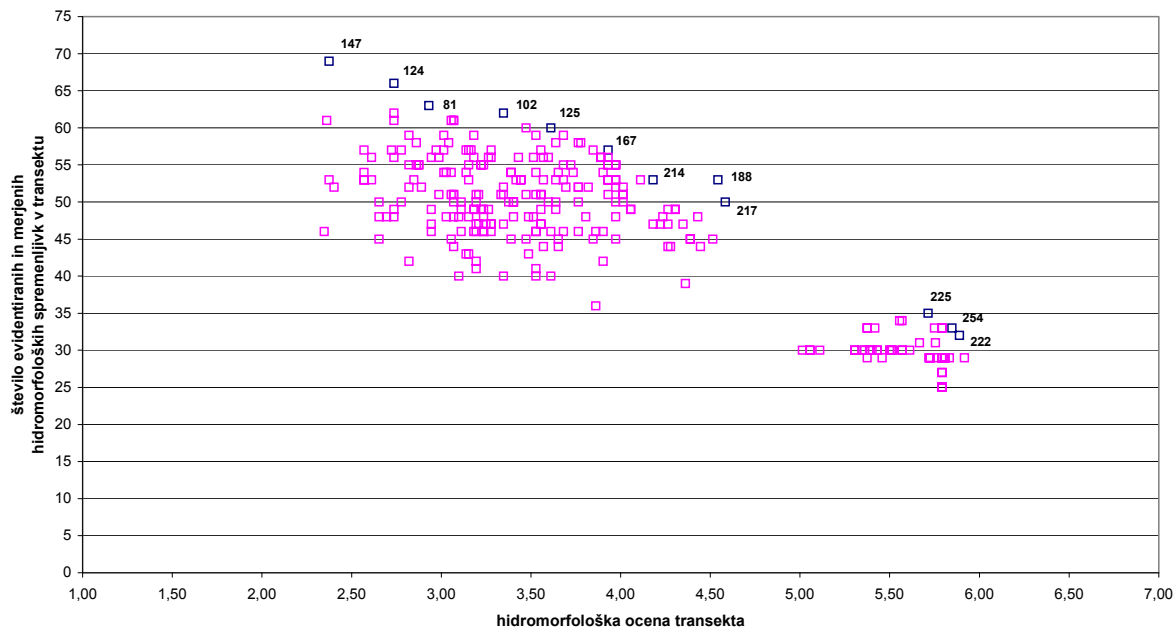
Za potrebe analize vpliva subjektivnega faktorja smo na osnovi predhodno zajetih terenskih podatkov kabinetno izmed vseh 288 transektov izbrali dvanajst testnih transektov. Testne transekte za analizo robustnosti metode smo izbrali glede na skupno hidromorfološko oceno transekta po metodi GSGB in glede na število hidromorfoloških kategorij, ki smo jih v transektu evidentirali ali izmerili.

Graf 35 v poglavju 3.3.2. Aplikacija metode GSGB s transektnim zajemom podatkov prikazuje hidromorfološko oceno po transektih za celoten tok reke Dragonje, dobljen z izvedbo transektne metode GSGB za oceno ohranjenosti hidromorfološkega stanja rečnega koridorja. Na grafu 56 pa je prikazano število hidromorfoloških kategorij in spremenljivk v posameznem transektu za celoten tok reke Dragonje.

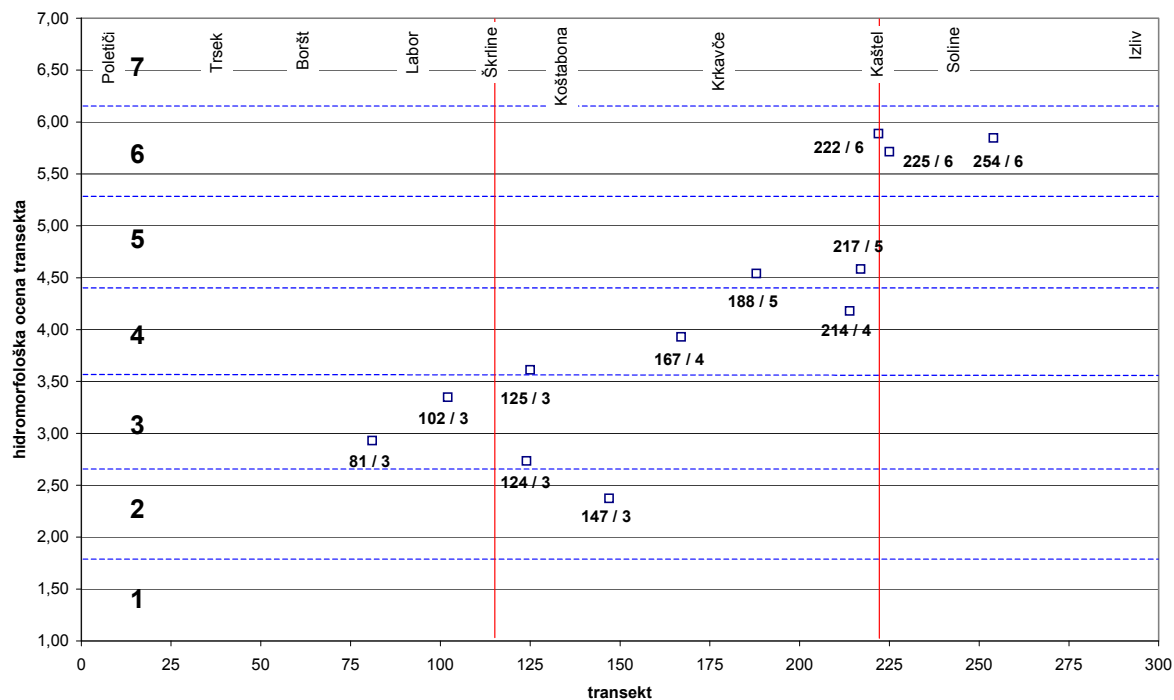


Graf 56: Evidentirane in merjene hidromorfološke kategorije in spremenljivke v transektih vzdolž toka reke Dragonje

Izbor dvanajstih transektov smo izvedli kot ovojnico razsevnega grafa števila evidentiranih in merjenih hidromorfoloških spremenljivk v transektu v odvisnosti od hidromorfološke ocene transektov, kot prikazuje graf 57. Tako smo izbrali tistih dvanajst transektov, v katerih smo evidentirali oziroma izmerili največje število hidromorfoloških kategorij in spremenljivk, hkrati pa zagotovili najširši možen razpon hidromorfološke ocene. Izbrani transekti so v grafu 58 prikazani s pripadajočimi hidromorfološki kakovostnimi razredi z ozirom na zgornji, srednji ali spodnji tek reke Dragonje, v preglednici 87 pa so predstavljene nekatere značilnosti izbranih transektov.



Graf 57: Določitev transektov za analizo vpliva subjektivnega faktorja



Graf 58: Stacionaža, hidromorfološka kakovostna ocena in hidromorfološki kakovostni razred transektov po metodi GSGB

Preglednica 87: Nekateri značilnosti izbranih testnih transektov

testni transekt		število hm kategorij	hm ocena*	hm razred*
1	81	63	2,93	3
2	102	62	3,35	3
3	124	66	2,74	3
4	125	60	3,61	4
5	147	69	2,38	2
6	167	57	3,93	4
7	188	53	4,54	5
8	214	53	4,18	4
9	217	50	4,58	5
10	222	32	5,89	6
11	225	35	5,71	6
12	254	33	5,85	6

\* po metodi GSGB

### 3.7.3. Delo na terenu

Zajem podatkov na terenu smo izvedli 11., 12., 20., 21., 25. in 26. marca 2003 s tremi štiri-članskimi vodenimi skupinami predhodno šolanih absolventov. Istočasno je na terenu delovala samo ena skupina. Vsak član skupine je popisoval in meril hidromorfološke kategorije in spremenljivke samostojno, brez sodelovanja z ostalimi člani ekipe. Vsaka izmed treh ekip s po štirimi člani in vodjo ekipe je za popis dvanajstih testnih transektov potrebovala dva terenska dneva. Postave ekip se zaradi objektivnosti raziskave med delom niso spreminjale. Vsak član vsake ekipe je popisal vsakega izmed testnih transektov. Delo ene ekipe je torej obsegalo 48 popisov. Skupno je dvanajst članov treh ekip izdelalo 144 popisov oziroma 12 individualnih ponovitev popisov dvanajstih testnih transektov.

### 3.7.4. Pregled testnih transektov

#### 3.7.4.1. Testni transekt 81

Testni transekt 81 (fotografija 71) se nahaja v zgornjem teku reke Dragonje, v območju Marancina pod Martinjim čelom med Jurinčiči in Laborjem. Struga in obrežje reke sta v naravnem stanju. Pribrežna zemljišča so v zaraščanju oziroma jih zasedajo starejša ledinska zemljišča. Do leta 1948 je na levem bregu reke v bližini testnega transeкта deloval Prležev mlin, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Zgradba mlina in mlinščica v testnem transektu nista vidni. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transeкта 81 razvrščena v 1. - 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 81 evidentirali in izmerili 63 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 2,93) v območju testnega transeкта 81 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (3) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 71: Testni transekt 81

#### 3.7.4.2. Testni transekt 102

Testni transekt 102 (fotografija 72) se nahaja v zgornjem teku reke Dragonje, v območju Fermovega mlina pod Pleševico pri Laborju. Struga, obrežje reke in pribrežna zemljišča so v naravnem stanju. Pribrežna zemljišča so v zaraščanju. Do leta 1948 je na desnem bregu reke v bližini testnega transekt deloval mlin pri Fermu, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988), katerega ruševine so še vidne. Mlinščica, ki se intenzivno zarašča, se v reko Dragonjo izteka v območju testnega transekt. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 102 razvrščena v 1. - 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 102 evidentirali in izmerili 62 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 3,35) v območju testnega transekt 102 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (3) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 72: Testni transekt 102

#### 3.7.4.3. Testni transekt 124

Testni transekt 124 (fotografija 73) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje, v območju pod Koštabono. Struga, obrežje reke in pribrežna zemljišča so v naravnem stanju. Pribrežna zemljišča so v zaraščanju, desni breg reke zasedajo starejša ledinska zemljišča. Do leta 1954 oziroma 1945 sta na desnem bregu reke v bližini testnega transekt delovala Ratikljanov in Košolanin mlin, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlina in mlinščici v območju testnega transekt nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po

naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 124 razvrščena v 1. - 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 124 evidentirali in izmerili 66 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 2,74) v območju testnega transekt 124 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (3) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 73: Testni transekt 124

#### 3.7.4.4. Testni transekt 125

Testni transekt 125 (fotografija 74) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje, v območju pod Koštabono. Struga, obrežje reke in pribrežna zemljišča so v naravnem stanju. Pribrežna zemljišča so v zaraščanju. Do leta 1954 oziroma 1945 sta na desnem bregu reke v bližini testnega transekt delovala Ratikljanov in Košolanin mlin, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlina in mlinščici v območju testnega transekt nista vidna. Mlin in mlinščica v območju testnega transekt nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 125 razvrščena v 1. - 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 125 evidentirali in izmerili 60 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 3,61) v območju testnega transekt 125 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (4) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 74: Testni transekt 125



#### 3.7.4.5. Testni transekt 147

Testni transekt 147 (fotografija 75) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje, v območju Petrinjevice. Struga, obrežje reke in pribrežna zemljišča so v naravnem stanju. Pribrežna zemljišča so v zaraščanju. Do leta 1968 je na desnem bregu reke v bližini testnega transekt deloval Blažev mlin, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transekt nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 147 razvrščena v 1. - 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 147 evidentirali in izmerili 69 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 2,38) v območju testnega transekt 147 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (2) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 75: Testni transekt 147

#### 3.7.4.6. Testni transekt 167

Testni transekt 167 (fotografija 76) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje, pri Senjaku pod Krkavčami. V testnem transektu so struga reke (pregaz), obrežje (kolovoz, odstranjena obrežna vegetacija) in pribrežna zemljišča (pridelovalne površine na desnem bregu) delno oziroma v celoti antropogeno spremenjena. Do leta 1940 je na desnem bregu reke v bližini testnega transekt deloval mlin pri Tometiču, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transekt nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 167 razvrščena v 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 167 evidentirali in izmerili 57 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 3,93) v območju testnega transekt 167 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (4) smo izvedli po transektni metodi GSGB.

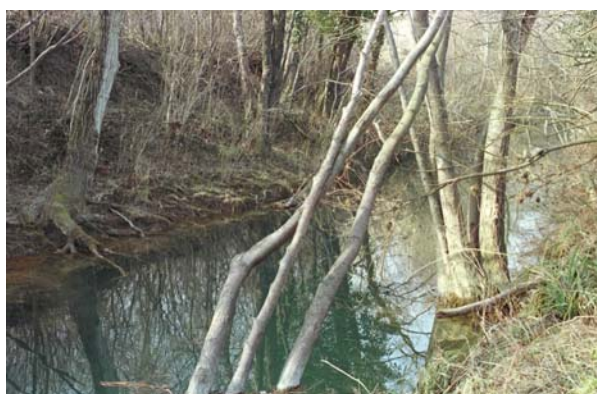


Fotografija 76: Testni transekt 167

#### 3.7.4.7. Testni transekt 188

Testni transekt 188 (fotografija 77) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje na Stari vali nasproti Sv. Štefana. V testnem transektu je struga reke v naravnem stanju, obrežje (odstranjena obrežna vegetacija) in pribrežna zemljišča (pridelovalne površine na desnem bregu) pa so delno oziroma v celoti antropogeno spremenjeni. Do leta 1948 je na levem bregu reke v bližini testnega transeкта deloval mlin pod Dramcem, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transeкта nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transeкта 188 razvrščena v 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 188 evidentirali in izmerili 53 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 4,54) v območju testnega transeкта 188 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (5) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 77: Testni transekt 188

#### 3.7.4.8. Testni transekt 214

Testni transekt 214 (fotografija 78) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje v Vrbovju nasproti vasi Dragonja. V testnem transektu je struga reke v naravnem stanju, obrežje (odstranjena obrežna vegetacija) in pribrežna zemljišča (pridelovalne površine na desnem bregu) pa so delno oziroma v celoti antropogeno spremenjeni. Do leta 1945 je na desnem bregu reke v bližini testnega transeкта deloval mlin Makinja, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin

in mlinščica v območju testnega transekta nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 214 razvrščena v 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 214 evidentirali in izmerili 53 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 4,18) v območju testnega transekt 214 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (4) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 78: Testni transekt 214

#### 3.7.4.9. Testni transekt 217

Testni transekt 217 (fotografija 79) se nahaja v srednjem teku reke Dragonje v Vrbovju nasproti vasi Dragonja. V testnem transektu je struga reke in obrežje v naravnem stanju, pribrežna zemljišča (pridelovalne površine na levem bregu, zaraščanje na desnem bregu) pa so delno oziroma v celoti antropogeno spremenjena. Do leta 1945 je na desnem bregu reke v bližini testnega transekt deloval mlin Makinja, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transekt nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekt 217 razvrščena v 2. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 217 evidentirali in izmerili 50 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 4,58) v območju testnega transekt 217 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (5) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 79: Testni transekt 217

#### 3.7.4.10. Testni transekt 222

Testni transekt 222 (fotografija 80) se nahaja v spodnjem teku reke Dragonje v območju cestnega mostu mednarodnega mejnega prehoda Dragonja pod Kaštelom. V testnem transektu je reka Dragonja regulirana v klasičen trapezni profil. Struga reke, obrežje in pribrežna zemljišča so v celoti antropogeno spremenjeni. V območju testnega transekta prevladujejo utrjene oziroma asfaltirane prometne površine in stanovanjski objekti. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekta 222 razvrščena v 3. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 222 evidentirali in izmerili 32 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 5,89) v območju testnega transekta 222 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (6) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 80: Testni transekt 222

#### 3.7.4.11. Testni transekt 225

Testni transekt 225 (fotografija 81) se nahaja v spodnjem teku reke Dragonje v območju dolvodno od mednarodnega mejnega prehoda Dragonja. V testnem transektu je reka Dragonja regulirana v klasičen trapezni profil, v strugo je umeščen prelivni objekt brez ribje steze. Struga reke, obrežje in pribrežna zemljišča so v celoti antropogeno spremenjeni. V območju testnega transekta na levem in desnem bregu reke prevladujejo intenzivne pridelovalne površine. Do leta 1938 je na levem bregu reke v bližini testnega transekta deloval mlin Škodelin, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transekta nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja v območju testnega transekta 225 razvrščena v 3. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 225 evidentirali in izmerili 35 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 5,71) v območju testnega transekta 225 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (6) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 81: Testni transekt 225

#### 3.7.4.12. Testni transekt 254

Testni transekt 254 (fotografija 82) se nahaja v spodnjem teku reke Dragonje oziroma v kanalu Sv. Odorika v območju mostu mednarodnega mejnega prehoda Sečovlje. V testnem transektu je reka Dragonja regulirana v klasičen trapezni profil, ki dolvodno postopoma prehaja v dvojni trapezni profil z galerijo. Struga reke, obrežje in pribrežna zemljišča so v celoti antropogeno spremenjeni. V območju testnega transeкта na levem in desnem bregu reke prevladujejo intenzivne pridelovalne površine in grajeni objekti. Do leta 1943 je na desnem bregu reke v bližini testnega transeкта deloval mlin pri Klimiču, naveden v poglavju 3.2.5. Poselitev, raba tal in vodne sile reke Dragonje (Titl, 1988). Mlin in mlinščica v območju testnega transeкта nista vidna. Po študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu je reka Dragonja oziroma kanal Sv. Odorika v območju testnega transeкта 254 razvrščena v 3. ekomorfološki kakovostni razred (VGI, 1994, 2002).

Med ekspertnim terenskim zajemom podatkov smo v testnem transektu 254 evidentirali in izmerili 33 hidromorfoloških kategorij in spremenljivk. Oceno hidromorfološkega stanja rečnega koridorja (hidromorfološka ocena 5,85) v območju testnega transeкта 254 in razvrstitev v hidromorfološki kakovostni razred (6) smo izvedli po transektni metodi GSGB.



Fotografija 82: Testni transekt 254

### 3.7.5. Analiza vpliva subjektivnega faktorja z intervalom zaupanja

V analizi vpliva subjektivnega faktorja smo preverili, kako podobno ali kako različno referenčnemu ekspertnemu popisu 12 za analizo izbranih testnih transektov je 12 študentov pri predpostavki njihovega neodvisnega in samostojnega dela popisovalo hidromorfološke spremenljivke v istih transektih. Raziskali torej smo, koliko so vrednosti hidromorfoloških ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov v 12 testnih transektih, ki smo jih izračunali s pomočjo meritev 12 študentov, podobne vrednostim, ki smo jih za iste transekte izračunali s pomočjo ekspertnih meritev.

Pri stopnji značilnosti 0,05 smo z izračunom testne  $t$ -statistike po enačbi 9 iz poglavja 2.7.1.1. Interval zaupanja za vsak testni transekt preverili domnevo, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu enaka ekspertni hidromorfološki oceni. Za vsak testni transekt  $tt$  torej veljata ničelna in alternativna domneva:

$$H_0: \mu_{tt(12\text{študentov})} = \mu_{tt(\text{ekspert})} \quad \text{oziorama} \quad H_1: \mu_{tt(12\text{študentov})} \neq \mu_{tt(\text{ekspert})}; \quad (tt = 1, 2, 3 \dots 12).$$

Analizo hidromorfoloških ocen transektov smo izvedli z izračunom intervalov zaupanja za male vzorce, predstavljenim v poglavju 2.7.1.1. Interval zaupanja. Izračun intervalov zaupanja in odklone zaupanja smo izdelali za hidromorfološke ocene transektov, ki smo jih izračunali po metodi GSGB in po sintezni metodi za oceno hidromorfološkega stanja z optimiziranim številom uporabljenih hidromorfoloških spremenljivk na podlagi hidromorfološke inventarizacije dvanajstih študentov.

Analizo vpliva subjektivnega faktorja z intervalom zaupanja smo izvedli s programskima paketoma Excel in S - Plus. Za preveritev domnev z izračunom testne statistike ter za izračun intervalov zaupanja za hidromorfološke ocene dvanajstih testnih transektov po metodi GSGB in po sintezni metodi za oceno stanja smo izbrali oziroma določili vrednosti:

- 95 % zaupanje  $\alpha$  ( $\alpha = 0,05$ );
- velikost vzorca  $n$  ( $n = 12$ );
- 11 stopenj prostosti  $SP$  ( $SP = n - 1$ );
- kritično vrednost  $t_{0,025}$  za  $\alpha/2$  ( $\pm t_{0,025}(11) = \pm 2,201$ ).

#### 3.7.5.1. Analiza vpliva za metodo GSGB

(1) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 1 (81):  $t_1 = \frac{\bar{X}_1 - \mu_1}{s_1 / \sqrt{n}} = 2,052$

Sklep 1:  $H_0$  obdržimo; podatki iz našega vzorca ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 1 (81) enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(2) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 2 (102):  $t_2 = \frac{\bar{X}_2 - \mu_2}{s_2 / \sqrt{n}} = -7,215$

Sklep 2:  $H_0$  zavrnilo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 2 (102) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(3) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 3 (124):  $t_3 = \frac{\bar{x}_3 - \mu_3}{s_3 / \sqrt{n}} = 6,439$

Sklep 3:  $H_0$  zavrnamo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 3 (124) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(4) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 4 (125):  $t_4 = \frac{\bar{x}_4 - \mu_4}{s_4 / \sqrt{n}} = -8,191$

Sklep 4:  $H_0$  zavrnamo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 4 (125) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(5) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 5 (147):  $t_5 = \frac{\bar{x}_5 - \mu_5}{s_5 / \sqrt{n}} = 6,925$

Sklep 5:  $H_0$  zavrnamo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 5 (147) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(6) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 6 (167):  $t_6 = \frac{\bar{x}_6 - \mu_6}{s_6 / \sqrt{n}} = -6,924$

Sklep 6:  $H_0$  zavrnamo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 6 (167) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(7) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 7 (188):  $t_7 = \frac{\bar{x}_7 - \mu_7}{s_7 / \sqrt{n}} = 1,185$

Sklep 7:  $H_0$  obdržimo; podatki iz našega vzorca ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 7 (188) enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(8) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 8 (214):  $t_8 = \frac{\bar{x}_8 - \mu_8}{s_8 / \sqrt{n}} = 1,814$

Sklep 8:  $H_0$  obdržimo; podatki iz našega vzorca ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 8 (214) enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(9) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 9 (217):  $t_9 = \frac{\bar{x}_9 - \mu_9}{s_9 / \sqrt{n}} = -2,454$

Sklep 9:  $H_0$  zavrnamo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 9 (217) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(10) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 10 (222):  $t_{10} = \frac{\bar{x}_{10} - \mu_{10}}{s_{10}/\sqrt{n}} = -6,111$

Sklep 10:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 10 (222) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(11) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 11 (225):  $t_{11} = \frac{\bar{x}_{11} - \mu_{11}}{s_{11}/\sqrt{n}} = -3,647$

Sklep 11:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 11 (225) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(12) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 12 (254):  $t_{12} = \frac{\bar{x}_{12} - \mu_{12}}{s_{12}/\sqrt{n}} = -6,519$

Sklep 12:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 12 (254) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

Analiza podobnosti ekspertnega zajema podatkov in zajema podatkov 12 študentov v 12 testnih transektih kaže, da podatki iz vzorca povprečnih hidromorfoloških ocen študentskih meritev po metodi GSGB le v 3 (testni transekti 81, 188 in 214) izmed 12 testnih transektov ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev enaka ekspertni hidromorfološki oceni. V ostalih 9 testnih transektih ugotovitev pri stopnji značilnosti 0,05 ne velja. Ugotovljeno je vidno tudi iz grafa 60. Povprečne vrednosti študentskih skupnih hidromorfoloških ocen so najbližje ekspertnim v testnih transektih delno 4., 5. in 6. hidromorfološkega kakovostnega razreda (testni transekti 214, 188, 217, 225, 222 in 254) z izjemo testnega transeкта 81 iz 3. hidromorfološkega kakovostnega razreda. Večja odstopanja povprečne vrednosti študentskih skupnih hidromorfoloških ocen od ekspertne lahko opazimo v hidromorfološko bolj ohranjenih transektih 2., 3. in deloma 4. razreda (testni transekti 147, 124, 102, 125, 167). Ugotovitev lahko povežemo z dejstvom, da je okolje antropogeno spremenjenega vodotoka (npr. geometrijski prečni profil, travnate brežine, odstotnost obrežne vegetacije, monokulturna raba tal itd.) osiromašeno številnih ekoloških mikrostruktur in drugih dejavnikov pestrosti okolja, in ga je zato lažje popolneje hidromorfološko inventarizirati in pravilneje izmeriti.

V preglednici 88 prikazujemo statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po metodi GSGB ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja za študentski zajem podatkov. Kot primer navajamo izračun spodnje ( $L_1$ ) in zgornje meje ( $L_2$ ) intervala zaupanja za vrednosti meritev v testnem transektu 81: spodnjo mejo ( $L_1 = 2,90$ ) intervala zaupanja izračunamo kot razliko med povprečno hidromorfološko oceno transeкта (3,28) in odklonom intervala zaupanja v transektu (0,38), zgornjo mejo ( $L_2 = 3,65$ ) intervala zaupanja pa kot vsoto povprečne hidromorfološke ocene transeкта (3,28) in odklona intervala zaupanja v transektu (0,38). Tako izračunani interval zaupanja ( $L_1 = 2,90$ ;  $L_2 = 3,65$ ) je z verjetnostjo 0,95 eden tistih, ki vsebujejo vrednost povprečne hidromorfološke ocene testnega transeкта 81 (3,28). Kvartile hidromorfoloških ocen in intervale zaupanja za vrednosti meritev v dvanajstih testnih transektih po metodi GSGB prikazujemo na grafu 59.

Analiza kaže, da z mejami intervalov zaupanja statistično določene možne vrednosti hidromorfoloških ocen samo v enem (testni transekt 167) izmed dvanajstih testnih transektov zasedajo vrednosti znotraj razponov hidromorfoloških ocen, ki po metodi GSGB določajo hidromorfološki kakovostni razred. V vseh ostalih testnih transektih spodnje ( $L_1$ ) ali zgornje ( $L_2$ ) meje intervalov zaupanja zasedajo vrednosti, ki



pripadajo sosednjim slabšim oziroma boljšim hidromorfološkim kakovostnim razredom po metodi GSGB. V primeru vrednosti hidromorfoloških ocen transektov blizu zgornjih ali spodnjih mej razpona leti ne bi bili razvrščeni v isti hidromorfološki kakovostni razred. Ugotovljeno prikazuje tudi graf 61. Ta kaže, da osrednji del razpona v transektu določenih 12 hidromorfoloških ocen kakovostnega razreda zaseda zgolj povprečna vrednost skupne hidromorfološke ocene testnega transeкта 6 (167), povprečne vrednosti hidromorfoloških ocen v vseh ostalih testnih transektih pa so bližje mejnim vrednostim hidromorfoloških ocen kakovostnih razredov. Podrobnejši rezultati analize vpliva subjektivnega faktorja z intervalom zaupanja so v prilogi 12 na priloženi zgoščenci.

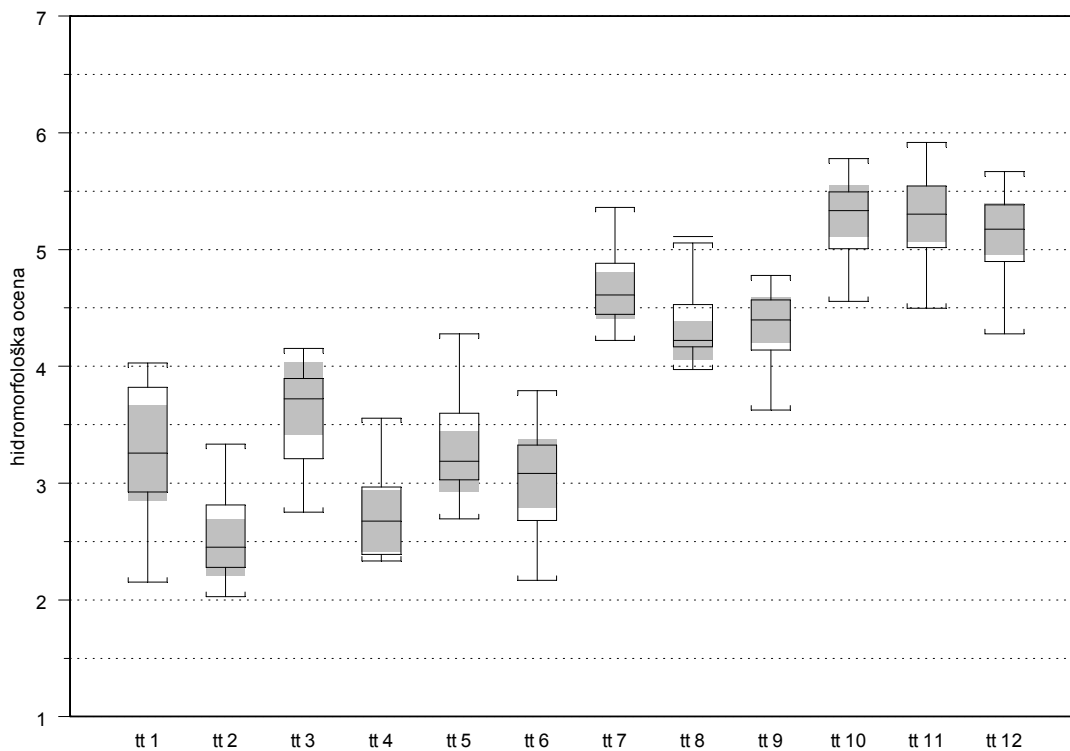
Glede na rezultate analize *t*-statistike ter intervalov zaupanja smo izvedli analizo razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev v posameznih testnih transektih za 32 hidromorfoloških spremenljivk metode GSGB, predstavljenih v preglednici 89. Podrobnejši rezultati analize razlikovanj vrednosti meritev za metodo GSGB so v prilogi 12 na priloženi zgoščenci.

S pregledom rezultatov v preglednici 90 lahko ugotovimo, da so študentje v primeru reke Dragonje izmed spremenljivk metode GSGB v največ transektih pravilno določili vrednosti naslednjih hidromorfoloških spremenljivk: »oblika struge« (18), »število otokov« (68), »število prodišč« (78), »število brzic« (96), »število stopenj« (101), »tip profila« (49), »ureditve prečnega profila« (57), »prepusti« (58) in »obrežni hidromorfološki niz« (138 min). Ker so študentje meritve izvajali samo na terenu, je spremenljivko »lokalna vijugavost vodnega toka v transektu« (38 R) kabinetno določil ekspert in v tej analizi ni pomembna.

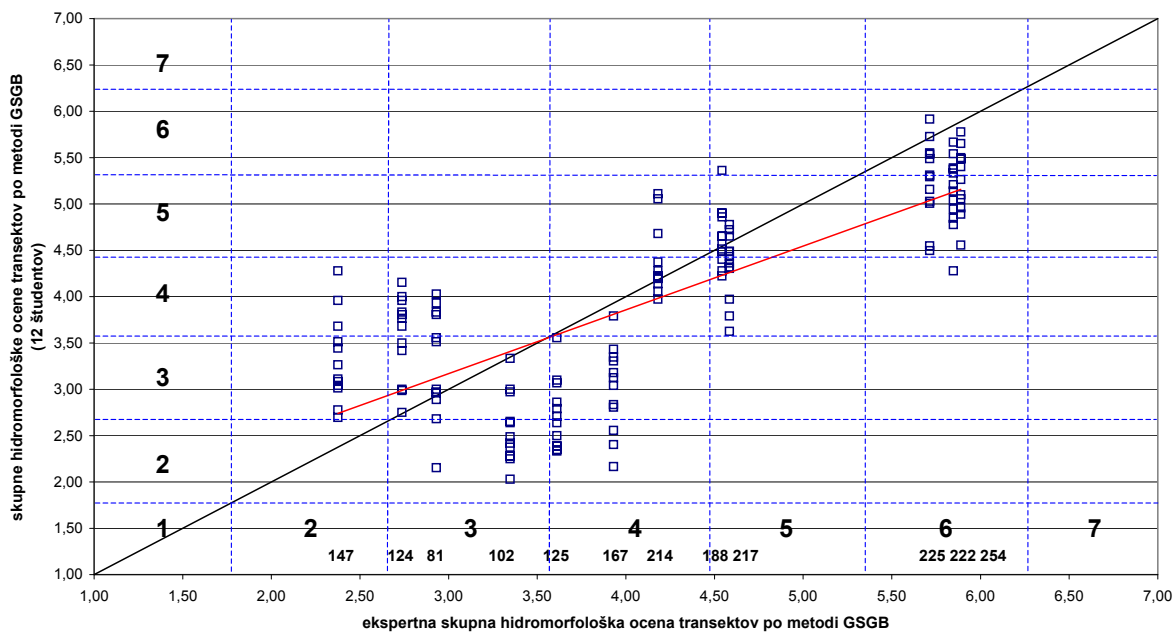
Hkrati pa lahko s pregledom rezultatov v preglednici 91 ugotovimo, da so študentje zelo slabo določevali vrednosti nekaterim izmed zgoraj naštetih spremenljivk, »število otokov« (68), »število prodišč« (78), »število brzic« (96) in »število stopenj« (101), v zgornjem in deloma srednjem teku reke Dragonje, torej ravno v tistih delih vodotoka, kjer jih je največ. Razen naštetih so se kot problematične izkazale tudi spremenljivke: »pestrrost vodnega toka« (48), »širina aktivne struge« (50 R), »spremenljivost globine vodnega toka« (55), »urezanost profila« (60), »intenzivnost erozijskih procesov« (123 max) in »širina rečnega koridorja« (140 min).

Preglednica 88: Statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po metodi GSGB ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja – študentski zajem podatkov

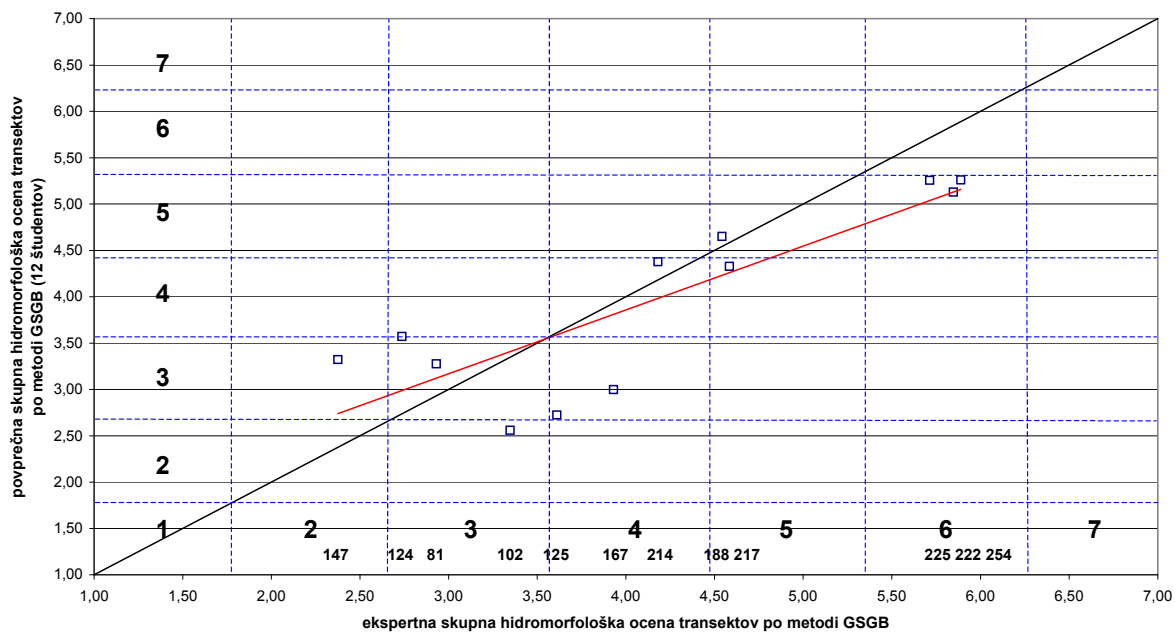
testni transekt		ekspertna hidromorfološka ocena transeкта	povprečna hidromorfološka ocena transeкта (12 študentov)	hidromorfološki kakovostni razred za povprečno hidromorfološko oceno transeкта	standardna deviacija	vrednost t-statistike	odklon intervala zaupanja	razpon hidromorfološke ocene	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja	spodnja meja izven razpona hidromorfološke ocene	meje v razponu hidromorfološke ocene	zgornja meja izven razpona hidromorfološke ocene
			$(\bar{x})$		$(s)$	$(t)$	$(\Delta)$		$(L_1)$	$(L_2)$			
1	81	2,93	3,28	3	0,5842	2,052	0,38	2,65 - 3,55	2,90	3,65		L1	L2
2	102	3,35	2,56	2	0,3784	-7,215	0,25	1,75 - 2,65	2,31	2,80		L1	L2
3	124	2,74	3,57	4	0,4489	6,439	0,29	3,55 - 4,45	3,28	3,86	L1	L2	
4	125	3,61	2,72	3	0,3754	-8,191	0,24	2,65 - 3,55	2,48	2,97	L1	L2	
5	147	2,38	3,32	3	0,4736	6,925	0,30	2,65 - 3,55	3,02	3,63		L1	L2
6	167	3,93	3,00	3	0,4661	-6,924	0,30	2,65 - 3,55	2,70	3,30		L1L2	
7	188	4,54	4,65	5	0,3180	1,185	0,21	4,45 - 5,35	4,44	4,86	L1	L2	
8	214	4,18	4,38	4	0,3735	1,814	0,25	3,55 - 4,45	4,13	4,62		L1	L2
9	217	4,58	4,33	4	0,3610	-2,454	0,24	3,55 - 4,45	4,09	4,56		L1	L2
10	222	5,89	5,26	5	0,3562	-6,111	0,23	4,45 - 5,35	5,03	5,49		L1	L2
11	225	5,71	5,26	5	0,4356	-3,647	0,29	4,45 - 5,35	4,97	5,54		L1	L2
12	254	5,85	5,13	5	0,3819	-6,519	0,25	4,45 - 5,35	4,88	5,38		L1	L2



Graf 59: Grafični prikaz kvartilov za hidromorfološke ocene in pripadajoči intervali zaupanja (siva barva) dvanajstih testnih transektov (tt) po metodi GSGB – študentski zajem podatkov



Graf 60: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po metodi GSGB: ekspertna ocena in ocena dvanajstih študentov



Graf 61: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po metodi GSGB: ekspertna ocena in povprečje ocen dvanajstih študentov

Preglednica 89: Pregled razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev hidromorfoloških spremenljivk v testnih transektih po metodi GSGB\*

	transekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
		18	33	38 R	48	68	78	83	91	96	101	115	49	50 R	52	55	57	58	60	62	63	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	146 min
1	81	4	4	0	2	4	1	4	4	2	4	1	1	0	4	4	0	0	4	3	4	0	4	0	2	3	1	3	4	4	2	3	4
2	102	0	4	0	3	3	4	4	3	3	4	1	0	2	3	4	0	0	4	1	3	1	4	1	3	2	2	2	3	1	1	2	4
3	124	1	1	0	4	4	1	3	3	4	1	1	0	3	3	4	0	0	4	3	4	1	3	1	4	3	1	0	1	1	2	4	2
4	125	3	1	0	3	3	1	3	4	4	2	2	0	3	3	2	0	0	4	4	3	1	4	0	2	3	2	4	4	2	3	3	4
5	147	0	2	0	4	0	2	3	3	2	1	4	0	4	3	4	0	0	0	2	3	1	4	0	2	3	2	2	3	1	4	4	3
6	167	0	1	0	3	0	1	1	3	2	0	2	0	4	2	3	0	0	4	4	2	1	4	1	3	4	3	3	3	1	3	2	4
7	188	0	2	0	4	0	0	4	1	0	0	0	0	3	4	3	0	0	4	3	0	1	4	4	4	2	3	3	2	0	0	4	0
8	214	0	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	4	0	0	0	3	4	0	3	1	4	4	2	4	1	0	1	4	2
9	217	0	3	0	4	0	0	4	0	0	0	4	0	4	1	3	0	0	0	2	1	0	3	0	3	3	3	4	4	0	4	4	2
10	222	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	4	2	2	3	3	3	4	2	3	3	2	2	1	4	1	1	0	1	2	1
11	225	0	2	0	2	0	1	3	1	0	4	1	3	4	1	3	2	0	0	4	1	4	2	1	2	0	4	0	1	0	3	2	3
12	254	0	2	0	1	0	0	3	2	0	0	1	3	4	3	3	0	4	0	3	1	0	4	1	2	2	3	0	1	0	2	2	1

0: vrednosti vseh 12 študentskih meritev v testnem transektu so enake vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

1: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 1 do 3 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

2: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 4 do 6 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

3: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 7 do 9 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

4: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 10 do 12 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

Preglednica 90: Pregled testnih transektov, v katerih so vrednosti vseh 12 študentskih meritev enake vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po metodi GSGB

transekt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
		18	33	38 R	48	68	78	83	91	96	101	115	49	50 R	52	55	57	58	60	62	63	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	146 min	
1	81			■									■				■	■				■												
2	102	■		■													■	■																
3	124			■													■	■											■					
4	125			■													■	■																
5	147	■		■		■											■	■	■															
6	167	■		■		■					■						■	■																
7	188	■		■		■	■			■	■	■	■				■	■			■									■		■		■
8	214	■		■		■	■		■	■	■	■	■				■	■	■			■								■		■		■
9	217	■		■		■	■		■	■	■	■	■				■	■	■			■								■		■		■
10	222	■		■		■	■	■		■	■	■	■																		■		■	
11	225	■		■		■				■								■	■								■			■		■		■
12	254	■		■		■	■			■	■	■	■				■		■			■								■		■		■

Preglednica 91: Pregled testnih transektov, v katerih se vrednosti 12 študentskih meritev najbolj razlikujejo od vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po metodi GSGB

transekt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
		18	33	38 R	48	68	78	83	91	96	101	115	49	50 R	52	55	57	58	60	62	63	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	146 min		
1	81	■	■			■		■	■		■				■	■			■		■		■						■				■		
2	102		■				■	■			■								■				■											■	
3	124				■	■				■									■			■			■								■		
4	125								■	■									■		■		■					■	■					■	
5	147				■							■		■									■									■	■		
6	167													■					■				■											■	
7	188				■			■							■				■				■		■									■	
8	214				■									■		■									■	■			■					■	
9	217				■			■				■		■												■			■	■			■	■	
10	222													■																					
11	225										■			■							■							■							
12	254													■			■						■												

### 3.7.5.2. Analiza vpliva za sintezno metodo

(1) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 1 (81):  $t_1 = \frac{\bar{x}_1 - \mu_1}{s_1 / \sqrt{n}} = 4,402$

Sklep 1:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 1 (81) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(2) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 2 (102):  $t_2 = \frac{\bar{x}_2 - \mu_2}{s_2 / \sqrt{n}} = -0,222$

Sklep 2:  $H_0$  obdržimo; podatki iz našega vzorca ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 2 (102) enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(3) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 3 (124):  $t_3 = \frac{\bar{x}_3 - \mu_3}{s_3 / \sqrt{n}} = 3,875$

Sklep 3:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 3 (124) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(4) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 4 (125):  $t_4 = \frac{\bar{x}_4 - \mu_4}{s_4 / \sqrt{n}} = -5,518$

Sklep 4:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 4 (125) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(5) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 5 (147):  $t_5 = \frac{\bar{x}_5 - \mu_5}{s_5 / \sqrt{n}} = 7,296$

Sklep 5:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 5 (147) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(6) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 6 (167):  $t_6 = \frac{\bar{x}_6 - \mu_6}{s_6 / \sqrt{n}} = -4,063$

Sklep 6:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 6 (167) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(7) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 7 (188):  $t_7 = \frac{\bar{x}_7 - \mu_7}{s_7 / \sqrt{n}} = 8,420$

Sklep 7:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 7 (188) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.



(8) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 8 (214):  $t_8 = \frac{\bar{x}_8 - \mu_8}{s_8 / \sqrt{n}} = 4,137$

Sklep 8:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 8 (214) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(9) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 9 (217):  $t_9 = \frac{\bar{x}_9 - \mu_9}{s_9 / \sqrt{n}} = 9,710$

Sklep 9:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 9 (217) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(10) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 10 (222):  $t_{10} = \frac{\bar{x}_{10} - \mu_{10}}{s_{10} / \sqrt{n}} = -2,660$

Sklep 10:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 10 (222) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(11) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 11 (225):  $t_{11} = \frac{\bar{x}_{11} - \mu_{11}}{s_{11} / \sqrt{n}} = -2,340$

Sklep 11:  $H_0$  zavrnemo v korist  $H_1$ ; pri stopnji značilnosti 0,05 trdimo, da povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 11 (225) ni enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

(12) Vrednost  $t$ -statistike za testni transekt 12 (254):  $t_{12} = \frac{\bar{x}_{12} - \mu_{12}}{s_{12} / \sqrt{n}} = -1,573$

Sklep 12:  $H_0$  obdržimo; podatki iz našega vzorca ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev v testnem transektu 12 (254) enaka ekspertni hidromorfološki oceni.

Analiza podobnosti ekspertnega zajema podatkov in zajema podatkov 12 študentov v 12 testnih transektih kaže, da podatki iz vzorca povprečnih hidromorfoloških ocen študentskih meritev po sintezni metodi le v 2 (testna transekt 102 in 254) izmed 12 testnih transektov ne nasprotujejo domnevi, da je povprečna hidromorfološka ocena študentskih meritev enaka ekspertni hidromorfološki oceni. V ostalih 10 testnih transektih ugotovitev pri stopnji značilnosti 0,05 ne velja. S pregledom grafa 63 lahko opazimo, da so povprečne vrednosti študentskih skupnih hidromorfoloških ocen najbližje ekspertnim v testnih transektih 2. hidromorfološkega kakovostnega razreda (v katerega je razvrščenih 6 od 12 testnih transektov), 4. in 5. hidromorfološkega kakovostnega razreda (testni transekti 254, 222 in 225). Večja odstopanja povprečne vrednosti študentskih skupnih hidromorfoloških ocen od ekspertne lahko opazimo v hidromorfološko bolj ohranjenih transektih deloma 2. in 3. razreda (testni transekti 147, 188, 214, 217). Navedeno potrjuje zgoraj že ugotovljeno, da je okolje antropogeno spremenjenega vodotoka osiromašeno ekološke pestrosti in ga je zato lažje popolneje hidromorfološko inventarizirati in pravilneje izmeriti.

V preglednici 92 prikazujemo statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po sintezni metodi ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja za študentski zajem podatkov. Kot

primer navajamo izračun spodnje ( $L_1$ ) in zgornje meje ( $L_2$ ) intervala zaupanja za vrednosti meritev v testnem transektu 81: spodnjo mejo ( $L_1 = 2,12$ ) intervala zaupanja izračunamo kot razliko med povprečno hidromorfološko oceno transeкта (2,35) in odklonom intervala zaupanja v transektu (0,22), zgornjo mejo ( $L_2 = 2,57$ ) intervala zaupanja pa kot vsoto povprečne hidromorfološke ocene transeкта (2,35) in odklona intervala zaupanja v transektu (0,22). Tako izračunani interval zaupanja ( $L_1 = 2,12$ ;  $L_2 = 2,57$ ) je z verjetnostjo 0,95 eden tistih, ki vsebujejo vrednost povprečne hidromorfološke ocene testnega transeкта 81 (2,35). Kvartile hidromorfoloških ocen in intervale zaupanja za vrednosti meritev v dvanajstih testnih transektih po sintezni metodi prikazujemo na grafu 62.

Analiza kaže, da z mejami intervalov zaupanja statistično določene možne vrednosti hidromorfoloških ocen kar v devetih (testni transekti 81, 102, 125, 147, 167, 188, 214, 217 in 254) izmed dvanajstih testnih transektov zasedajo vrednosti znotraj razponov hidromorfoloških ocen, ki po sintezni metodi določajo hidromorfološki kakovostni razred. V treh preostalih testnih transektih spodnje ( $L_1$ ) ali zgornje ( $L_2$ ) meje intervalov zaupanja zasedajo vrednosti, ki pripadajo sosednjim slabšim oziroma boljšim hidromorfološkim kakovostnim razredom po sintezni metodi. V primeru vrednosti hidromorfoloških ocen transektov blizu zgornjih ali spodnjih mej razpona le-ti ne bi bili razvrščeni v isti hidromorfološki kakovostni razred. Ugotovljeno je vidno tudi iz grafa 64. Ta kaže, da osrednji del razpona v transektu določenih 12 hidromorfoloških ocen kakovostnega razreda zasedajo povprečne vrednosti skupnih hidromorfoloških ocen zgoraj naštetih 9 testnih transektov. Povprečne vrednosti hidromorfoloških ocen v ostalih 3 testnih transektih (testni transekti 124, 222 in 225) pa so bližje mejnim vrednostim hidromorfoloških ocen kakovostnih razredov. Podrobnejši rezultati analize vpliva subjektivnega faktorja z intervalom zaupanja so v prilogi 12 na priloženi zgoščenki.

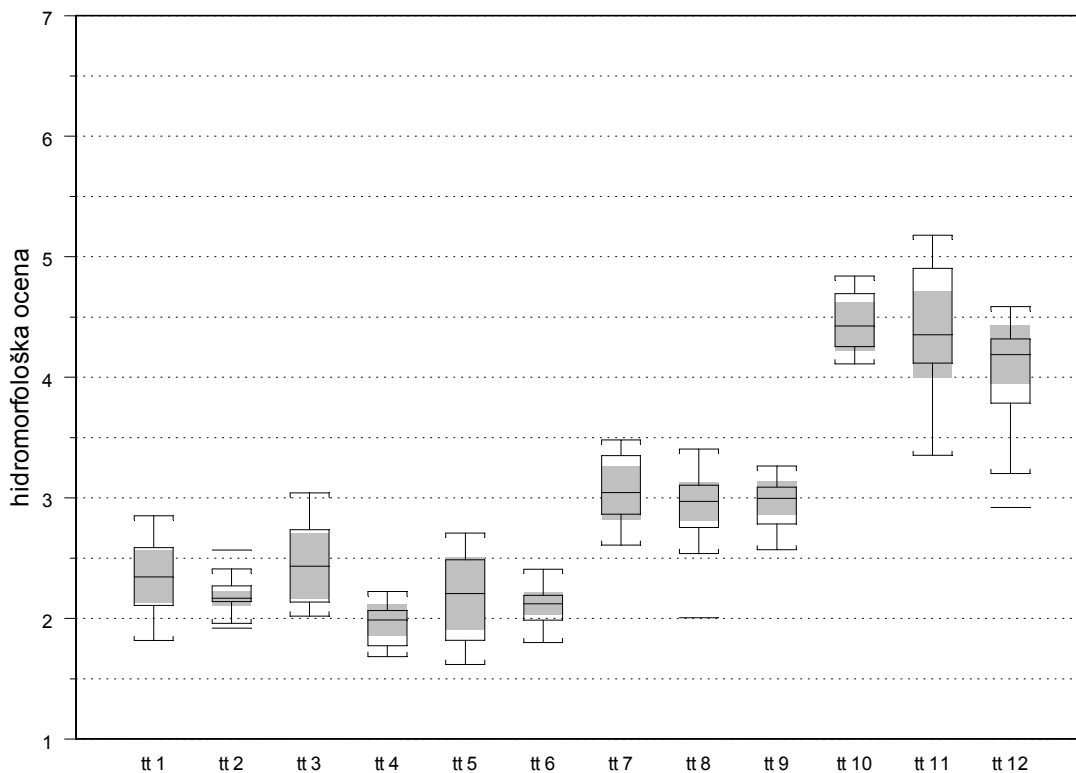
Glede na rezultate analize  $t$ -statistike ter intervalov zaupanja smo izvedli analizo razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev v posameznih testnih transektih za 35 hidromorfoloških spremenljivk sintezne metode, predstavljenih v preglednici 93. Podrobnejši rezultati analize razlikovanj vrednosti meritev za sintezno metodo so v prilogi 12 na priloženi zgoščenki.

S pregledom rezultatov v preglednici 94 lahko ugotovimo, da so študentje v primeru reke Dragonje izmed spremenljivk sintezne metode v največ transektih pravilno določili vrednosti naslednjih hidromorfoloških spremenljivk: »tek vodotoka« (20), »antropogeni vodni tokovi« (30), »dolžina krajše osi otoka« (70 R), »število brzic / m<sup>1</sup> transeкта« (97 R), »število stopenj« (49), »tip profila« (49), »ureditve prečnega profila« (57), »prepusti« (58), »obrežni hidromorfološki seti« (138 max) in »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141 max). Ker so študentje meritve izvajali samo na terenu, je spremenljivki »lokalna vijugavost vodnega toka v transektu« (38 R) in »vijugavost vodnega toka v teku vodotoka« (39) kabinetno določil ekspert in v tej analizi nista pomembni.

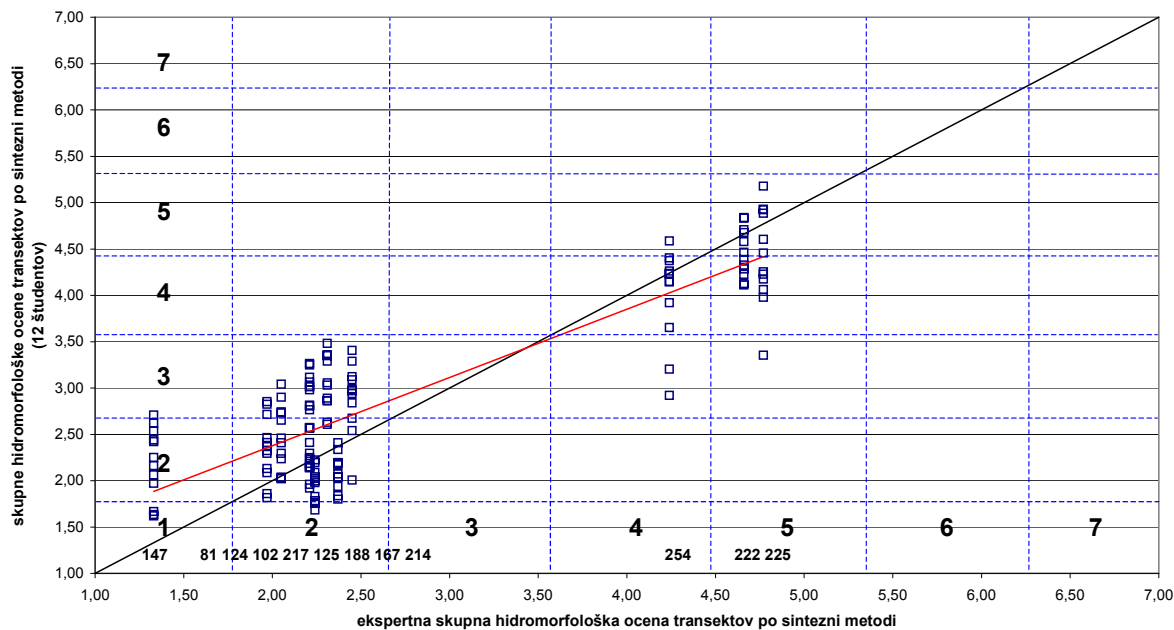
Hkrati pa lahko s pregledom rezultatov v preglednici 95 ugotovimo, da so študentje zelo slabo določevali vrednosti nekaterim izmed zgoraj naštetih spremenljivk, »dolžina krajše osi otoka« (70 R), »število prodišč / m<sup>1</sup> transeкта« (79 R), »število brzic / m<sup>1</sup> transeкта« (97 R) in »število stopenj« (49), v zgornjem in deloma srednjem teku reke Dragonje, torej ravno v tistih delih vodotoka, kjer jih je največ. Podobno velja tudi za spremenljivki »povprečna globina tolmunov« (85 R) in »intenzivnost erozijskih procesov« (123 max), obratno pa za »hidrotehnične ureditve pribrežnih zemljišč« (141 max). Odstopanja so prisotna tudi pri spremenljivkah »širina aktivne struge v transektu« (50 R) in »urezanost profila« (60).

Preglednica 92: Statistične vrednosti hidromorfoloških ocen v testnih transektih po sintezni metodi ter pregled spodnjih in zgornjih mej intervalov zaupanja – študentski zajem podatkov

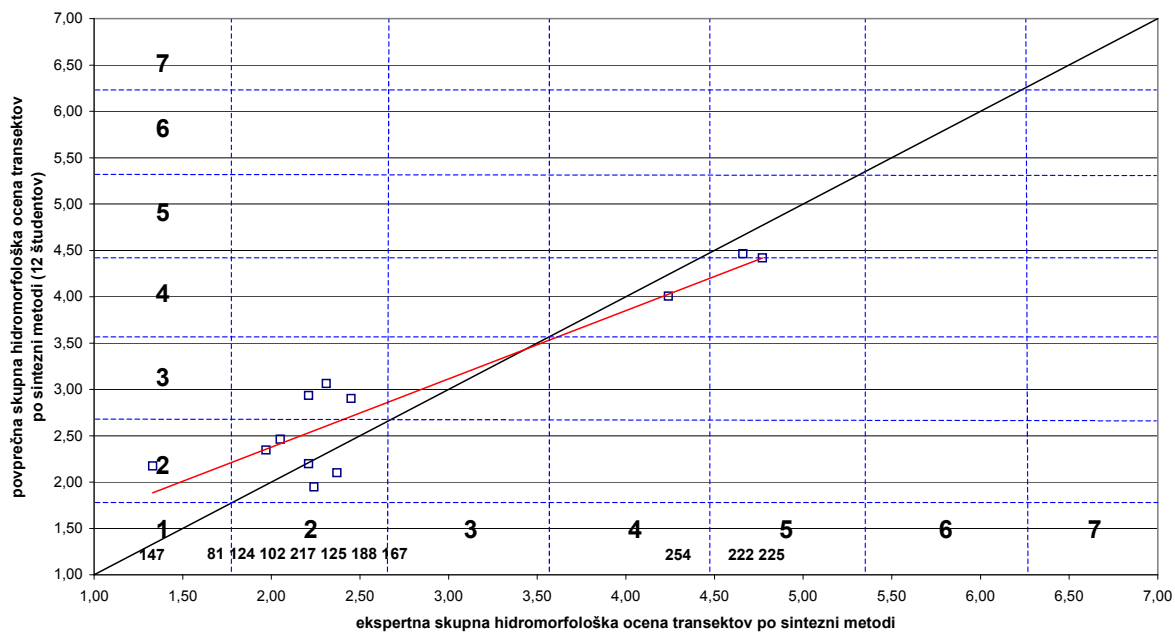
testni transekt		ekspertna hidromorfološka ocena transeкта	povprečna hidromorfološka ocena transeкта (12 študentov)	hidromorfološki kakovostni razred za povprečno hidromorfološko oceno transeкта	standardna deviacija	vrednost t-statistike	odklon intervala zaupanja	razpon hidromorfološke ocene	spodnja meja intervala zaupanja	zgornja meja intervala zaupanja	spodnja meja izven razpona hidromorfološke ocene	meje v razponu hidromorfološke ocene	zgornja meja izven razpona hidromorfološke ocene
			$(\bar{x})$		$(s)$	$(t)$	$(\Delta)$		$(L_1)$	$(L_2)$			
1	81	1,97	2,35	2	0,3405	4,402	0,22	1,75-2,65	2,12	2,57		L1L2	
2	102	2,21	2,20	2	0,1762	-0,222	0,11	1,75-2,65	2,08	2,31		L1L2	
3	124	2,05	2,46	2	0,3519	3,875	0,23	1,75-2,65	2,23	2,69		L1	L2
4	125	2,24	1,95	2	0,1799	-5,518	0,12	1,75-2,65	1,83	2,06		L1L2	
5	147	1,33	2,17	2	0,3886	7,296	0,25	1,75-2,65	1,92	2,43		L1L2	
6	167	2,37	2,10	2	0,1846	-4,063	0,12	1,75-2,65	1,98	2,22		L1L2	
7	188	2,31	3,06	3	0,2987	8,420	0,19	2,65-3,55	2,87	3,26		L1L2	
8	214	2,45	2,90	3	0,3690	4,137	0,24	2,65-3,55	2,66	3,14		L1L2	
9	217	2,21	2,94	3	0,2325	9,710	0,15	2,65-3,55	2,78	3,09		L1L2	
10	222	4,66	4,46	5	0,2608	-2,660	0,17	3,55-4,45	4,29	4,63		L1	L2
11	225	4,77	4,42	4	0,5156	-2,340	0,33	4,45-5,35	4,08	4,75	L1	L2	
12	254	4,24	4,01	4	0,5041	-1,573	0,33	3,55-4,45	3,68	4,33		L1L2	



Graf 62: Grafični prikaz kvartilov za hidromorfološke ocene in pripadajoči intervali zaupanja (siva barva) dvanajstih testnih transektov (tt) po sintezni metodi – študentski zajem podatkov



Graf 63: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po sintezni metodi za oceno stanja: ekspertna ocena in ocena dvanajstih študentov



Graf 64: Primerjava skupne hidromorfološke ocene po sintezni metodi za oceno stanja: ekspertna ocena in povprečje ocen dvanajstih študentov

Preglednica 93: Pregled razlikovanj vrednosti študentskih meritev od vrednosti ekspertnih meritev hidromorfoloških spremenljivk v testnih transektih po sintezni metodi\*

	transekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
		17	20	30	38 R	39	70 R	79 R	84 R	85 R	92 R	97 R	101	115	49	50 R	56	57	58	60	62	63	64	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	141 max	146 min
1	81	3	0	0	0	0	4	1	4	4	2	2	4	1	1	0	2	0	0	4	3	4	4	0	4	0	2	3	1	3	4	4	2	3	0	4
2	102	3	0	0	0	0	4	4	4	4	3	3	4	1	0	2	1	0	0	4	1	3	3	1	4	1	3	2	2	2	3	1	1	2	0	4
3	124	1	0	0	0	0	4	1	3	2	1	3	1	1	0	3	4	0	0	4	3	4	0	1	3	1	4	3	1	0	1	1	2	4	0	2
4	125	1	0	0	0	0	3	1	2	4	4	1	2	2	0	3	1	0	0	4	4	3	0	1	4	0	2	3	2	4	4	2	3	3	0	4
5	147	1	0	0	0	0	0	2	3	4	1	2	1	4	0	4	0	0	0	0	2	3	1	1	4	0	2	3	2	2	3	1	4	4	0	3
6	167	1	0	0	0	0	0	1	0	4	0	2	0	2	0	4	1	0	0	4	4	2	1	1	4	1	3	4	3	3	3	1	3	2	0	4
7	188	1	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0	4	3	0	2	1	4	4	4	2	3	3	2	0	0	4	0	0
8	214	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	3	4	2	0	3	1	4	4	2	4	1	0	1	4	0	2
9	217	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	2	1	3	0	3	0	3	3	3	4	4	0	4	4	0	2
10	222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	4	0	3	3	3	4	2	1	3	3	2	2	1	4	1	1	0	1	2	4	1
11	225	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	4	1	3	4	0	2	0	0	4	1	1	4	2	1	2	0	4	0	1	0	3	2	4	3
12	254	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	3	4	1	0	4	0	3	1	2	0	4	1	2	2	3	0	1	0	2	2	4	1

0: vrednosti vseh 12 študentskih meritev v testnem transektu so enake vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

1: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 1 do 3 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

2: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 4 do 6 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

3: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 7 do 9 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

4: od 12 vrednosti študentskih meritev v testnem transektu se 10 do 12 vrednosti razlikuje od vrednosti ekspertne meritve v testnem transektu

Preglednica 94: Pregled testnih transektov, v katerih so vrednosti vseh 12 študentskih meritev enake vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po sintezni metodi

transekt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
		17	20	30	38 R	39	70 R	79 R	84 R	85 R	92 R	97 R	101	115	49	50 R	56	57	58	60	62	63	64	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	141 max	146 min			
1	81		■	■	■	■									■			■	■					■		■									■				
2	102		■	■	■	■								■				■	■																	■			
3	124		■	■	■	■								■				■	■				■						■							■			
4	125		■	■	■	■								■				■	■				■			■										■			
5	147		■	■	■	■	■							■			■	■	■	■						■										■			
6	167		■	■	■	■	■		■		■		■	■				■	■	■																■		■	
7	188		■	■	■	■	■	■				■	■	■	■			■	■	■		■												■	■		■	■	
8	214	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■		■	■	■	■				■										■	■		■		
9	217	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■		■	■	■	■				■		■										■	■		
10	222	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■		■	■	■	■															■	■			
11	225	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■		■	■	■	■								■		■				■	■		■		
12	254		■	■	■	■	■	■				■	■	■	■			■	■	■				■				■		■				■	■		■		

Preglednica 95: Pregled testnih transektov, v katerih se vrednosti 12 študentskih meritev najbolj razlikujejo od vrednosti ekspertne meritve hidromorfološke spremenljivke po sintezni metodi

transekt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
		17	20	30	38 R	39	70 R	79 R	84 R	85 R	92 R	97 R	101	115	49	50 R	56	57	58	60	62	63	64	121 max	123 max	129 min	130 min	134	135	136	137	138 min	139 max	140 min	141 max	146 min			
1	81						■		■	■			■									■	■		■													■	
2	102						■	■	■	■			■							■					■														■
3	124						■										■					■					■												■
4	125									■	■									■					■						■								■
5	147													■		■									■											■			■
6	167																			■					■														■
7	188								■	■										■					■		■												■
8	214															■					■						■		■										■
9	217								■	■																					■		■						■
10	222															■															■								■
11	225												■																		■								■
12	254															■			■						■														■



Primerjava odstopanj vrednosti študentskih meritev od ekspertnih po metodi GSGB, predstavljenih v preglednicah 89, 90 in 91, ter odstopanj po sintezni metodi, predstavljenih v preglednicah 93, 94 in 95 kaže, da so odstopanja v obeh metodah podobna. Izmed slabo določevanih spremenljivk metode GSGB sta samo dve z izrazito subjektivnimi parametri, »pestrrost vodnega toka« (48) in »širina aktivne struge« (50 R), ostale pa so merjene ali štete in torej lažje in bolj objektivno določljive. Vse izmed slabo določevanih spremenljivk sintezne metode so merjene ali štete.

Sklepamo lahko, da je razlog za odstopanja študentskih meritev od ekspertnih v primeru metode GSGB in sintezne metode časovno omejeno kabinetno uvajanje študentov, ne pa subjektivnost parametrov hidromorfoloških spremenljivk metod. Med uvajanjem študentje niso imeli na voljo posebnih učnih pripomočkov (npr. priročniki, video filmi itd.), predvsem pa niso bili deležni vodenega uvajalnega terenskega dela, ki jih predvidevajo tovrstna šolanja v tujini, predvsem v Veliki Britaniji in Nemčiji. Slednje bi bilo glede na predhodne izkušnje študentov s terenskim delom v rečnih koridorjih, predvsem pa glede na specifiko in zahtevnost tovrstnih terenskih dejavnosti nujno potrebno. Razloge za odstopanja bi lahko iskali tudi v različnih izobrazbah eksperta (krajinski arhitekt) in skupine študentov (absolventi študija vodarstva in komunalnega inženirstva ter hidrotehnike), saj izobrazba lahko vpliva na percepcijo okolja in razumevanje procesov v okolju. Skupina študentov je bila sicer z vidika izobrazbe homogena.

### 3.7.6. Analiza vpliva subjektivnega faktorja z neparametrskim testom

V analizi vpliva subjektivnega faktorja smo preverili tudi, kako medsebojno podobno ali kako medsebojno različno je 12 študentov pri predpostavki njihovega neodvisnega in samostojnega dela popisovalo hidromorfološke spremenljivke v 12 testnih transektih. Raziskali torej smo, koliko so si med seboj podobne ali različne vrednosti hidromorfoloških ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov, ki smo jih izračunali s pomočjo meritev 12 študentov v 12 testnih transektih.

Z neparametrskim testom Kruskal - Wallis smo z izračunom testne  $H$ -statistike raziskali veljavnost domneve, da imajo hidromorfološke ocene oziroma hidromorfološki kakovostni razredi, izračunani na osnovi študentskega zajema podatkov v 12 testnih transektih, isto mediano. Ničelna domneva  $H_0$  in alternativna domneva  $H_1$  za Kruskal - Wallisov test torej sta:

$H_0$ : populacije imajo isto mediano, oziroma  $H_1$ : populacije nimajo iste mediane.

Izračun testne  $H$ -statistike smo izdelali za vrednosti hidromorfoloških ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov transektov, izračunanih po metodi GSGB ter po sintezni metodi za oceno hidromorfološkega stanja. Neparametrski test Kruskal - Wallis smo izvedli s programskim paketom S - Plus. Podrobnejši rezultati neparametrskega testa Kruskal - Wallis za metodo GSGB in sintezno metodo so v prilogi 12 na priloženi zgoščenci.

#### 3.7.6.1. Neparametrška analiza za metodo GSGB

(1) Vrednost  $H$ -statistike za hidromorfološke ocene

$$H_{\text{hmocena}} = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left( \frac{R^2}{n} \right) - 3(N+1) = 3,375$$

S pomočjo računalnika določimo natančno vrednost  $p = 0,985$  za 11 stopenj prostosti (SP = 12 - 1), kar pomeni, da je 98,5 % vrednosti večjih od vrednosti  $H$ -statistike (3,375).

Sklep 1:  $H_0$  obdržimo; majhna vrednost testne  $H$ -statistike za hidromorfološke ocene ne nasprotuje domnevi, da imajo populacije isto mediano; študentje so podobno ocenjevali testne transekte.

(2) Vrednost  $H$ -statistike za hidromorfološke kakovostne razrede

$$H_{hmrazred} = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left( \frac{R^2}{n} \right) - 3(N+1) = 3,783$$

S pomočjo računalnika določimo natančno vrednost  $p = 0,976$  za 11 stopenj prostosti (SP = 12 - 1), kar pomeni, da je 97,6 % vrednosti večjih od vrednosti  $H$ -statistike (3,783).

Sklep 2:  $H_0$  obdržimo; majhna vrednost testne  $H$ -statistike za vrednosti hidromorfoloških kakovostnih razredov ne nasprotuje domnevi, da imajo populacije isto mediano; študentje so podobno razvrščali testne transekte v hidromorfološke kakovostne razrede.

Z neparametrskim testom Kruskal - Wallis za vrednosti hidromorfoloških ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov, izračunanih z metodo GSGB na osnovi študentskega zajema podatkov, smo ugotovili, da so študentje določevali podobne hidromorfološke ocene testnim transektom in jih tudi podobno razvrščali v hidromorfološke kakovostne razrede.

### 3.7.6.2. Neparametrška analiza za sintezno metodo

(1) Vrednost  $H$ -statistike za hidromorfološke ocene

$$H_{hmocena} = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left( \frac{R^2}{n} \right) - 3(N+1) = 4,409$$

S pomočjo računalnika določimo natančno vrednost  $p = 0,956$  za 11 stopenj prostosti (SP = 12 - 1), kar pomeni, da je 95,6 % vrednosti večjih od vrednosti  $H$ -statistike (4,409).

Sklep 1:  $H_0$  obdržimo; majhna vrednost testne  $H$ -statistike za hidromorfološke ocene ne nasprotuje domnevi, da imajo populacije isto mediano; študentje so podobno ocenjevali testne transekte.

(2) Vrednost  $H$ -statistike za hidromorfološke kakovostne razrede

$$H_{hmrazred} = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left( \frac{R^2}{n} \right) - 3(N+1) = 3,200$$

S pomočjo računalnika določimo natančno vrednost  $p = 0,988$  za 11 stopenj prostosti (SP = 12 - 1), kar pomeni, da je 98,8 % vrednosti večjih od vrednosti  $H$ -statistike (3,200).

Sklep 2:  $H_0$  obdržimo; majhna vrednost testne  $H$ -statistike za vrednosti hidromorfoloških kakovostnih razredov potrjuje domnevo, da imajo populacije isto mediano; študentje so podobno razvrščali testne transekte v hidromorfološke kakovostne razrede.

Z neparametrskim testom Kruskal - Wallis za vrednosti hidromorfoloških ocen in hidromorfoloških kakovostnih razredov, izračunanih s sintezno metodo na osnovi študentskega zajema podatkov, smo ugotovili, da so študentje določevali podobne hidromorfološke ocene testnim transektom in jih tudi podobno razvrščali v hidromorfološke kakovostne razrede.

Analizo vpliva subjektivnega faktorja smo izdelali za vrednosti rezultatov transektnega zajema podatkov po metodi GSGB in za vrednosti rezultatov transektnega zajema podatkov po sintezni metodi. Glede na rezultate testne  $t$ -statistike smo ugotovili, da se vrednosti rezultatov študentskih meritev v obeh metodah v večini transektov razlikujejo od vrednosti rezultatov ekspertnih meritev v istih transektih. Rezultati analize intervalov zaupanja za povprečne vrednosti študentskih meritev v testnih transektih so bistveno ugodnejši za sintezno transektno metodo. S to metodo so v primerjavi z metodo GSGB študentje z manj raztrosa in zanesljiveje določali hidromorfološke kakovostne razrede. Z neparametrsko analizo testne  $H$ -statistike pa smo ugotovili, da so študentje med seboj v posameznih testnih transektih določevali podobne hidromorfološke ocene in jih tudi podobno razvrščali v hidromorfološke kakovostne razrede tako po metodi GSGB, kakor po sintezni transektni metodi.

## 4. SKLEP

### 4.1. KANDIDATOV ORIGINALNI PRISPEVEK

Kandidat je v raziskavi »Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, razvit z analizo stanja na reki Dragonji«, uvedel analitične postopke in uporabil orodja, ki v dosedanjem raziskovalnem delu na področju ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev še niso bila predstavljena ali uporabljena. Raziskovalno delo kandidata temelji na inovativnem konceptu pri obdelavi, redukciji in selekciji obsežnega nabora hidromorfoloških spremenljivk. Te so tvorile osnovo za izgradnjo nove, sintezne metode za ocenjevanje hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev z zajemom podatkov v transektih vzdolž rečnega koridorja. Transektni zajem podatkov je inovativen način terenskega dela, ki ga v literaturi s področja raziskave do sedaj nismo zasledili. Ob tem je potrebno opozoriti tudi na nekatere druge kandidatove prispevke, ki so omenjeno omogočili ali nadgradili v novo kakovost raziskovalnega dela.

V začetku raziskave je kandidat razvil koncept metode transektov. Ta predvideva zajem in obdelavo podatkov le v kratkih transektih in ne v zveznih odsekih vzdolž celotnega teka vodotoka, kakor je običajno v vseh tujih, največkrat uporabljenih metodah. Z uvedbo transektov je torej reduciral območje terenskega zajema podatkov, prav tako pa porabo časa, potrebnega za omenjeno opravilo.

V nadaljevanju je na podlagi temeljite analize tujih metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev izdelal hidromorfološki inventarizacijski list s 169 rubrikami. Na osnovi hidromorfološkega inventarizacijskega lista je s še enim članom ekipe v 288 transektih na celotnem teku reke Dragonje, od povirja pod vasjo Poletiči do iztoka reke po kanalu Sv. Odorika v Jadransko morje, izvedel inovativni terenski transektni zajem podatkov in zgradil obsežno podatkovno bazo 148 diskretnih in realnih hidromorfoloških spremenljivk sinteznega nabora.

Kot oporo analitičnemu delu raziskave je z zajetimi podatki izvedel hidromorfološko klasifikacijo reke Dragonje po ameriškem klasifikacijskem sistemu in tako poskusno ocenil potencialno naravno stanje reke Dragonje z razvrstitvijo v tipe. V nadaljevanju uvodnih analitičnih raziskav je izvedel pregled vseh dostopnih arhivskih kartografskih virov območja obdelave s ciljem pridobiti najstarejši možen in za hidromorfološko analizo dovolj natančen kartografski material območja obdelave. Glede na arhivske in sodobne kartografske vire je analiziral spremembe vijugavosti reke Dragonje med obdobjem od 1763 do 1787 in letom 1995, raba tal in prostorski razvoj rečnega koridorja ter tako argumentiral pojem ohranjenosti vodotoka z vidika historične hidromorfološke analize.

Za potrebe izdelave sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev je iz obsežne podatkovne baze 148 transektno terensko zajetih hidromorfoloških spremenljivk izdelal nabor 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk. Izhodiščni nabor 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk je reduciral s statističnimi orodji in orodji strojnega učenja. Z dvema postopkoma analize glavnih komponent je tako iz nabora 99 diskretnih hidromorfoloških spremenljivk izdelal dva izbora po 32 hidromorfoloških spremenljivk, z odločitvenim drevesom pa je iz istega nabora določil 8 hidromorfoloških spremenljivk. Skupno je torej iz nabora 99 diskretnih spremenljivk z obema orodjema določil 72 hidromorfoloških spremenljivk, ki jih je z analizo korelacije reduciral na 68 najpomembnejših. Z nadaljnjo redukcijo sopojavljanja istih spremenljivk v izborih dveh metod (14 hidromorfoloških spremenljivk) ali vseh treh metod (1 hidromorfološka spremenljivka) je določil končni seznam 52, za oceno hidromorfološkega stanja vodotoka najpomembnejših spremenljivk. Sicer zelo ozek izbor le 8

pomembnih hidromorfoloških spremenljivk, ki ga je kandidat izdelal z odločitvenim drevesom, je glede na cilj raziskave izdelati sintezno metodo za oceno stanja poljubnega vodotoka ponudil presplošno in premalo natančno oceno hidromorfološkega stanja, veljavno le na reki Dragonji. Hkrati pa je odločitveno drevo kandidatu podalo temelje miselnega vzorca za izgradnjo sintezne transektne metode za hitro oceno hidromorfološkega stanja poljubnega vodotoka. Kandidat je tako uvedel novost pri obdelavi hidromorfoloških podatkovnih baz za potrebe izdelave ocene hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev.

V nadaljnjem delu je inovativno zasnoval in izdelal sintezno transektno metodo za hitro oceno hidromorfološkega stanja poljubnega vodotoka. Metodo je z ustrezno kombinacijo hidromorfoloških strukturnih enot, s selektivno izbiro 52 za oceno hidromorfološkega stanja vodotoka najpomembnejših hidromorfoloških spremenljivk in primernih hidromorfoloških uteži prilagodil zakonitostim transektnega zajema podatkov. Z analizo rezultatov odsečne in transektne aplikacije referenčne raziskovalne metode GSGB in transektne aplikacije nove sintezne metode na reki Dragonji je z vidika vpliva načina zajema podatkov in izbora spremenljivk ugotovil, da lahko klasični odsečni koncept zajema in analize podatkov zanesljivo nadomestimo s hitrejšim transektnim konceptom. Nova sintezna metoda je na primeru reke Dragonje s samo 20 % deležem informacije, potrebne za izvedbo odsečne metode GSGB, v splošnem podala objektivnejše rezultate kakor slednja. Analiza rezultatov na reki Dragonji je opozorila tudi na možnost uporabe ocenjevalnega sistema sintezne transektne metode tako v transektih kakor v odsekih. V analizi subjektivnega faktorja je kandidat med drugim z izračunom intervalov zaupanja za obe metodi dokazal, da je 12 študentov, ki jih je kandidat predhodno študijsko pripravil na zajem podatkov v transektu, v 12 testnih transektih z manjšim raztrosom in zanesljiveje določalo hidromorfološke kakovostne razrede po novi sintezni metodi. Glede na rezultate aplikacije nove sintezne metode za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev na reki Dragonji lahko ugotovimo, da je kandidat izdelal solidno osnovo za zapolnitev vrzeli med obstoječimi metodami za oceno biološkega in kemijskega stanja vodotokov, ki jih v Sloveniji že uspešno izvajamo. Hkrati je potrebno opozoriti tudi na pravna določila slovenskega Zakona o vodah (ZV – 1) (Ur. l. RS, 2002) in Direktive o skupni politiki na vodah (The European Parliament and the Council, 2000), ki obravnavajo tudi hidromorfološko stanje vodotokov in predvidevajo raziskave hidromorfoloških referenčnih mest in varovanje hidromorfoloških kakovosti.

## **4.2. PREDLOGI ZA IZBOLJŠAVO IN OPTIMIZACIJO POSTOPKA**

Iz izkušenj terenskega zajema podatkov v transektih in odsekih na reki Dragonji navajamo nekaj predlogov, ki lahko pripomorejo k uspešnejšemu raziskovalnemu delu v rečnih koridorjih in optimizaciji postopka ocenjevanja hidromorfološkega stanja. Med izvedbo raziskave nismo imeli večjih problemov, zaradi katerih bi jo bili prisiljeni preusmeriti ali celo spremeniti njeno zasnovo.

Sintezna transektna metoda predvideva kabinetno pripravo terenskega dela. Pri tem je potrebno opozoriti, da boljša kot je kabinetna priprava, hitrejši in natančnejši bo terenski zajem podatkov, predsem pa nam bo povzročal manj problemov. Dobrodošla je temeljita predanaliza vodotoka (npr. vijugavosti, zgodovinske vijugavosti, delitve vodotoka na zgornji, srednji in spodnji tek, določitev poplavnih območij, poteka rečnega koridorja, ocene širine struge vodotoka in rečnega koridorja, raba tal, raba vode itd.), ki jo izvedemo s kartnim in foto materialom ter z arhivskimi viri podatkov. Če ugotovimo, da nekateri izmed podatkov o raziskovanem vodotoku (npr. poplavna območja) v pisnih virih niso zabeleženi, jim je med terenskim zajemom podatkov potrebno posvetiti večjo pozornost in tako skušati zapolniti podatkovno vrzel.

Pri kartografskem določanju osi transektov velja poudariti natančnost. Kartografsko osi sicer venomer določamo v smeri od iztoka reke gorvodno, medtem ko vrstni red transektov pri terenskem zajemu podatkov ali smer zajemanja podatkov ni pomembna in objektivno ne vpliva na kakovost zajema. Opozoriti pa velja, da zaradi subjektivnega faktorja in spoznavanja značilnosti raziskovanega rečnega koridorja sistematično zaporedje tudi pri zajemu podatkov v transektih ni odveč.

Najprimernejše obdobje za terenski zajem podatkov v rečnem koridorju so obdobja, ko ima raziskovani vodotok nizek vodostaj. Pri izbiri obdobja se moramo torej ravnati po rečnem režimu raziskovanega vodotoka, hkrati pa ga izvajati zunaj vegetacijskega obdobja. V primeru večdnevnega deževja, ki bi vplivalo na dvig vodostaja vodotoka, je potrebno terenski zajem podatkov začasno prekiniti. Visoka voda lahko vpliva na vidnost hidromorfoloških kakovosti, ki jih inventariziramo, hkrati pa je tudi zaželeno, da se terenski zajem podatkov v vseh transektih izvede ob približno enakih vrednostih vodostaja. Delo nadaljujemo, ko se vrednosti vodostaja normalizirajo.

Zaradi zagotavljanja enakomerne kakovosti terenskega zajema podatkov v transektih je glede na fizično in percepcijsko zahtevno raziskovanje hidromorfologije rečnih koridorjev potrebno dnevno količino dela ustrezno načrtovati. Prav tako je dobrodošlo večdnevno zaporedno terensko delo na vnaprej določenih posameznih delih vodotoka (npr. zgornji, spodnji, srednji tek itd.). Tuji avtorji opozarjajo tudi na negativen vpliv slabega vremena na kakovost hidromorfoloških inventarizacij. Vse omenjeno je potrebno upoštevati zaradi zmanjševanja že omenjenega vpliva subjektivnega faktorja, ki se v tovrstnem delu pojavlja in smo ga statistično dokazali tudi v naši raziskavi.

Dobre prakse tujih metod zelo poudarjajo pomen varnosti pri raziskovanju rečnih koridorjev. Raziskovalne ekipe naj bi šteje vsaj dva člana, tehnična in osebna oprema članov, vključno z opremo prve pomoči pa naj bi bila primerna pri delu v naravi in predvsem pri stiku z vodo, mnogokrat daleč od naseljenih območij. Opozorilo je, glede na zelo razgibano površje Slovenije s številnimi globoko v doline, grape in globeli urezanimi vodotoki, toliko tehtnejše.

### **4.3. NADALJNJE DELO IN RAZISKAVE NA PODROČJU HIDROMORFOLOŠKEGA STANJA REČNIH KORIDORJEV**

Področje raziskovanja stanja rečnih koridorjev je interdisciplinarna raziskovalna dejavnost, katere kakovost je odvisna od mnogih vhodnih podatkov, prav tako pa od vzporednih in podpornih raziskav. Glede na izkušnje iz naše raziskave na reki Dragonji, prav tako pa glede na izkušnje iz predhodnih terenskih raziskav vodotokov v slovenskih ekohidrogrfskih območjih, naštevamo nekatere možne smeri nadaljnega raziskovalnega dela na področju ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev. Te bi lahko ustrezno nadgradile začeto raziskovalno delo na področju ocenjevanja hidromorfološkega stanja vodotokov v Sloveniji. Pripomogle bi k poglobljenemu spoznavanju naravnih hidromorfoloških značilnosti slovenskih vodotokov, z vidika obnove vodotokov pa predvsem k analizi problematike antropogenih sprememb rečnih koridorjev slovenske hidrogrfske mreže. Nadaljnje raziskovalno delo naj bo podprto tako s statističnimi orodji kot z orodji strojnega učenja, uporabljenimi v naši raziskavi.

V raziskavi izdelano sintezno transektno metodo, preverjeno na primeru reke Dragonje, bi lahko testno aplicirali vsaj na dveh izmed reki Dragonji po geološki sestavi tal podobnih vodotokov (Peračica, Vipava, Rižana, Reka). Čeprav je zaželeno, obdelava celotnih tekov vodotokov v tem primeru ne bi bila nujna. Raziskava bi se tako lahko omejila zgolj na posamezne dele vodotokov, vendar z ustrezno kombinacijo

ohranjenih in antropogeno spremenjenih delov. Na osnovi primerjalne analize rezultatov bi lahko obstoječo sintezno metodo po potrebi izboljšali ali poenostavili.

V naši raziskavi smo kot referenčno tujo metodo uporabili metodo GSGB ter zaradi potreb statističnih primerjav ohranili tako 7-razredno hidromorfološko kakovostno lestvico, kot sedmiški sistem hidromorfoloških uteži. Glede na sedaj že razvito sintezno metodo pa bi v raziskavi lahko preverili tudi možnost modifikacije 7-razredne hidromorfološke kakovostne lestvice v 5-razredno in tako obliko le-te približali obstoječim evropskim kakovostnim lestvicam na področju zaščite voda. Možna je tudi modifikacija sedmiškega sistema v uporabniku bolj predstavljen desetiški sistem hidromorfoloških uteži. Prav tako je možna modifikacija sintezne metode oziroma razvoj metod za oceno hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev po različnih tipih antropogenih posegov pa tudi metod za oceno merjenja uspešnosti obnove vodotokov.

Potencialna raziskovalna smer je tudi preveritev sintezne transektne metode na naključno izbranem vodotoku iz poljubnega, a drugega ekohidrografskega območja v Sloveniji. V tem primeru bi torej metodo aplicirali na vodotoku z drugačno hidromorfološko strukturo (npr. na gorskem ali ravninskem tipu vodotoka) in tako preverili robustnost metode z vidika uspešnosti delovanja tudi v vodnih okoljih z drugačnimi okoljskimi robnimi pogoji. Po potrebi bi obstoječo metodo umerili in razvili varianto metode za delo v raziskovanem ekohidrografskem območju ali pa obstoječo metodo posplošili za potrebe v vseh slovenskih ekohidrografskih območjih.

Nadaljnja poglobljena raziskava vpliva subjektivnega faktorja bi lahko potekala v smeri ekspertnega in ne študentskega testnega zajema podatkov, s katerim bi skušali oceniti stanje hidromorfološkega procesa v rečnem koridorju. Iz raztrosa ocen strokovnjakov s prakso v strokovnem in raziskovalnem delu na področju urejanja in nege vodotokov bi lahko natančneje sklepali o vplivu subjektivnega faktorja na uspešnost sintezne metode. Z vidika povečanja kapacitet za hidromorfološko inventarizacijo rečnih koridorjev bi bilo v raziskavo vsekakor smiselno vključiti tudi rečne nadzornike. Glede na zahtevnost hidromorfoloških inventarizacij bi bilo potrebno člane ekspertne testne skupine pred terenskim zajemom podatkov poglobljeno uvajati v delo v rečnih koridorjih. Pri tem bi lahko z ustrezno nadgradnjo, predvsem v smeri vodenega terenskega uvajanja uporabili koncept šolanja, predstavljen v naši raziskavi. Razumljivo seveda je, da je zaželeno čim številnejša testna skupina, prav tako pa testiranje na čim več transektih in tudi na čim več vodotokih, po možnosti istega ali podobnega tipa.

Kot tematsko obsežnejšo in dalj trajajočo raziskavo bi bilo z vidika nege vodotokov v geološko in geomorfološko pestrem slovenskem okolju potrebno s poprej določenimi in razvitimi hidromorfološki klasifikacijskimi ključi izdelati hidromorfološki klasifikacijski sistem vodotokov. Na podlagi klasifikacijskih ključev bi lahko sklepali o lastnostih posameznih vodotokov, hkrati pa bi s klasifikacijo tudi zmanjšali varianco primerjanih vodotokov in povečali določljivost statističnih obdelav hidromorfoloških značilnosti slovenske hidrografske mreže. V začetnih fazah raziskave bi se lahko omejili na sicer temeljite analize enega vodotoka v posameznem ekohidrografskem območju, ki pa bi jih kasneje postopoma širili. Raziskava bi pripomogla k določanju potencialnih hidromorfoloških referenčnih stanj rečnih koridorjev, ki v sodobnem znanstvenem in strokovnem delu postajajo nepogrešljiva osnova za kakovostno delo pri načrtovanju nege in rabe vodotokov.

Na koncu je potrebno opozoriti tudi na sociološko komponento urejanja in obnove rečnih koridorjev, predvsem na izjemen pomen sodelovanja javnosti. Temu bo v prihodnje potrebno posvetiti bistveno več pozornosti in znanja. In nenazadnje je za vse v poglavju naštetu izjemnega pomena nadaljnji razvoj interdisciplinarno usklajene slovenske hidromorfološke terminologije.

## 5. VIRI IN LITERATURA

- Allaby, M. (1994). *Concise Dictionary of Ecology*, Oxford University Press, Oxford, New York, 415 str.
- Amoros, C., Gilbert, J., Greenwood, M. T. (1996). »Interactions between units of the fluvial hydrosystem« v Petts, G. E., Amoros, C., *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, str. 184 – 210
- Angold, P. G., Gurnell, A. M., Edwards, P. J. (1995). Information from River – Corridor Surveys, *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 1995, 9, October, str. 489 – 498
- Atanasova, N., Kompare, B. (2002). Uporaba odločitvenih dreves pri modeliranju čistilne naprave za odpadno vodo. *Acta hydrotechnica* 20 / 33 (2002), str. 351 – 370
- Bell, S. (1999). *Landscape. Pattern, Perception and Process*, E & FN Spon, London, 344 str.
- Bizjak, A. (1995). *Gospodarjenje v vplivnih območjih vodotokov*, diplomsko delo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 32 prilog, tabele.
- Bizjak, A. (1997). *A Conservation Approach to River Corridor Management – the Bača River Case Study*, magistrsko delo, Department of Environmental Sciences and Policy of the Central European University, 2 zvezka, 103 str. in 17 prilog, grafi, tabele.
- Bizjak, A. (1998). Vidiki urejanja in vrednotenja vodotokov in rečnih koridorjev, V: Prem, M. (ur.), Bizjak, A. (ur.), Simoneti, M. (ur.), Kučan, A. (ur.), Doležal, M. (ur.), Vatovec, M. (ur.): *Voda – raba, varovanje, oblikovanje: Zbornik 5. letnega strokovnega srečanja Društva krajinskih arhitektov Slovenije, Terme Čatež*, str. 98 – 102
- Bizjak, A., Mikoš, M. (2001 a). *Vrednotenje ekomorfološke kakovosti vodotokov na primeru reke Dragonje in reke Reke*. 12. Mišičev vodarski dan, Maribor, Zbornik referatov, str. 7 – 14
- Bizjak, A., Mikoš, M. (2001 b). Obnova ali rehabilitacija koridorjev mestnih vodotokov, *Urbani izziv*, let. 12, št. 2, str. 51 – 57
- Bizjak, A., Mikoš, M. (2003). Slovenska in evropska pravna določila varstva in obnove rečnih koridorjev, *Urbani izziv*, let. 14, št. 1, str. 41 – 50
- Blank, M., von Keitz, S., Niehoff, N. (1999). Gewässerstrukturgüte – Management – Herausforderung für die Wasserwirtschaft im 21. Jahrhundert? *Wasser & Boden* 51 / 4 (1999), str. 7 – 13
- Bohinec, V. (1969). *Slovenske dežele na zemljevidih od 16. do 18. stoletja*, Cankarjeva založba – Trubarjev antikvariat, 14 str., 25 prilog
- Bostelmann, R., Braukmann, U., Briem, E., Fleischacker, T., Humborg, G., Nadolny, I., Scheurlen, K., Weibel, U. (1998). »An Approach to Classification of Natural Streams and Floodplains in South – west Germany« v de Waal, L. C., Large, A. R. G., Wade, P. M., *Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, str. 31 – 55
- Braioni, M. G., De Franceschi, P., Braioni, A., Campeol, G., Caloi, S., Grandis, N., Pontiroli, A., Ravanello, P. (2001). New environmental indices for assessing bank quality in the restoration and the sustainable management of a river: The method. *Ecology & Hydrobiology* 1 / 1 – 2 (2001), str. 133 – 154
- Bratina Jurkovič, N. (1999). *Vrednotenje krajinskih značilnosti vodotokov v Sloveniji*, magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, 140 str.
- Bratko, I., Džeroski, S., Kompare, B. (2003 a). *Analysis of Environmental Data With Machine Learning Methods I*, Handouts, International Seminar, Jožef Stefan Institute, Center for Knowledge Transfer in Information Technologies, Ljubljana, 26 – 29 May 2003
- Bratko, I., Džeroski, S., Kompare, B. (2003 b). *Analysis of Environmental Data With Machine Learning Methods II*, Handouts, International Seminar, Jožef Stefan Institute, Center for Knowledge Transfer in Information Technologies, Ljubljana, 26 – 29 May 2003
- Bravard, J. P., Gilvear, D., (1996). »Hydrological and geomorphological structure of hydrosystems«, v Petts, G. E., Amoros, C., *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, str. 98 – 116
- Bravard, J. P., Petts, G. E. (1996). »Human impacts on fluvial hydrosystems«, v Petts, G. E., Amoros, C., *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, str. 242 – 262
- Brilly, M., Šraj, M. (2000 a). Osnove hidrologije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Ljubljana, 234 str.
- Brilly, M., Šraj, M. (2000 b). Šifrant hidrografskih območij R Slovenije, *Zbornik referatov, 11. Mišičev vodarski dan 2000, Maribor*, str. 93 – 100
- Brilly, M., Urbanc Berčič, O., Brancelj, A., Tome, D., Vidmar, A., Globevnik, L., Šraj, M. (2001). *Določitev ekoregij v Sloveniji kot podlaga za gospodarjenje z vodami, Preliminarno poročilo*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Nacionalni inštitut za biologijo, Vodnogospodarski inštitut družba za gospodarjenje z vodami, Ljubljana, 33 str., 11 pril.
- Brilly, M., Vidmar, A., Šraj, M. (2003). *Tipologija površinskih vodnih teles*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Ljubljana, 30 str.



- Brookes, A., Douglas Shields, F. Jr. (1996). *River Channel Restoration, Guiding Principles for Sustainable Projects*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 433 str.
- Brookes, A., Sear, D. A. (1996). »Geomorphological Principles for Restoring Channels«, v Brookes, A., Douglas Shields, F. Jr., *River Channel Restoration, Guiding Principles for Sustainable Projects*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, str. 75 – 101
- Bürogemeinschaft für Landschaftsplanung und ökologische Lösungen (1995). *Untersuchung der Grenzlinie in Hinblick auf potentielle Eingriffe*, Bürogemeinschaft für Landschaftsplanung und ökologische Lösungen, Leoben, 133 str.
- CEN (2002). *A Guidance Standard for Assessing the Hydromorphological Features of Rivers*, European Committee for Standardization, CEN TC 230 / WG 2 / TG 5: N 32, 21 str.
- Church, M. (1996). »Channel Morphology and Typology«, v Petts, G. in Calow, P., *River Flows and Channel Forms*, Blackwell Science, Oxford, str. 185 – 202
- Currie, S. P. (1999). *Braids and Meanders, Riffles and Pools*, Science Lives, <http://www.geocities.com/sciencelives/braid.html>, 12. 07. 2002
- Čebulj, J., Pichler, D., Prancič, A. (1994). *Zakon o varstvu okolja s komentarjem*, Gospodarski vestnik, Ljubljana, 305 str.
- Čirić, M. (1989). *Pedologija*, Svjetlost, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo, 312 str.
- de Waal, L. C., Large, A. R. G., Wade, P. M. (1998). *Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 331 str.
- Downs, P. W., Colin, R. T. (1996). *A geomorphological justification of river channel reconnaissance surveys*, Royal Geographical Society, str. 455 – 468
- Downs, P. W., Skinner, K. S., Brookes, A. (1997). *Developing geomorphic post project appraisals for environmentally – aligned river channel management*, ASCE IAMR San Francisco, 7 str.
- DVWK (1997). *DVWK Materialien 3 / 1997*, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V., 356 str.
- Džeroski, S., Grbović, J., Walley, W. J., Kompore, B. (1997). Using machine learning techniques in the construction of models. II. Data analysis with rule induction, *Ecological Modelling* **95**, 1997, str. 95 - 111
- Eberstaller, J., Haidvogel, G., Hanten, P., Jungwirth, M., Küblbäck G., Zottl, H. (2000). Gewässerbetreuungskonzept Traisen Modernes Planungsinstrument für eine integrale Gewässerentwicklung. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* **52 / 7 – 8 (2000)**, str. 163 – 180
- EPA ORD (2001). *River Corridor and Wetland Restoration*, United States Environmental Protection Agency, U. S. Office of Research and Development, <http://www.epagov/owow/wetlands/restore/defs.html>, 19. 09. 2001, 24. 09. 2001.
- Everitt, B. S. (2002). *A handbook of Statistical Analyses using S - Plus*, Second Edition, Chapman & Hall / CRC, Boca Raton, 240 str.
- Faber, F. T. (1989). *Die Luftbilddauswertung, eine Methode zur ökologischen Analyse von Strukturveränderung bei Fließgewässern, Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Heft 31, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn – Bad Godesberg, 119 str.
- Fazarinc, R. (2000). *Osebná komunikacija*, Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana.
- Fazarinc, R. (2001). *Osebná komunikacija*, Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana.
- Fleischhacker, T., Kern, K., Sommer, M. (2002 a). *Ecomorphological Survey of Large Rivers*. Manual. German Federal Institute of Hydrology, Koblenz, 41 str., 4 priloge
- Fleischhacker, T., Kern, K., Sommer, M. (2002 b). *Struktur Güte – Kartierverfahren für Wasserstraßen*. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 44 str., 4 priloge
- Fogg, J., Wells, G. (1998). *Stream Corridor Restoration, Principles, Processes, and Practices*, U.S. Department of Agriculture, U.S. Environmental Protection Agency, Tennessee Valley Authority, Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Commerce, U.S. Department of Housing and Urban Development, U. S. Department on the Interior, 536 str.
- Forman, R.T.T., Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*, Cambridge University Press
- Gams, I. (1986). *Osnove pokrajinske ekologije*, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana, 175 str.
- Geister, I. (1987). Dragonja in njena poganstva, *Proteus* **49 (1986 – 1987)**, str. 211 – 214
- Gerken, B., Lohr, M., Schumacher, E. (2000). *Renaturierung von Bächen, Flüssen und Strömen*, Tagungsband zur gleichnamigen internationalen Fachtagung vom 24. – 26. November 1999 in Neuhaus im Solling, Angewandte Landschaftsökologie, Heft 37, Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg, 340 str.
- Gilpin, A. (1996). *Dictionary of Environment and Sustainable Development*, John Wiley & Sons, Chichester, 247 str.
- Gilvear, D., Bravard, J. P. (1996). »Geomorphology of temperate rivers«, v Petts, G. E., Amoros, C., *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, str. 68 – 97
- Globevnik, L. (2001). *Celosten pristop k urejanju voda v povodjih*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 167 str.
- Goudie, A., Atkinson, B. W., Gregory, K. J., Simmons, I. G., Stoddart, D. R., Sugden, D. (1994). *The Encyclopedic Dictionary of Physical Geography*, Blackwell Reference, Cambridge, 611 str.
- Greenwood, M. T., Richardot-Coulet, M. (1996). »Aquatic invertebrates« v Petts, G. E., Amoros, C., *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, str. 137 – 166

- Habersack, H. M., Koch, M., Nachtnebel, H. P. (2000). Flussaufweitungen in Österreich – Entwicklung, Stand und Ausblick. *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft* **52** / 7 – 8 (2000), str. 143 – 153
- Hanson, M. D. (1997). Riparian Forest Revegetation for Water Quality Improvement, *Restoration and Reclamation Review, Restoration Techniques*, **2** / 1997, University of Minnesota, <http://www.hort.agri.umn.edu>
- Harrell, F., O'Connell, M., Pikounis, W., Pinheiro, J., Ripley, B., Slack, J., Therneau, T., Venables, W. (2001 a). *S - Plus 6 for Windows, Guide to Statistics*, Volume 1, Insightful Corporation, Seattle, Washington, 712 str.
- Harrell, F., O'Connell, M., Pikounis, W., Pinheiro, J., Ripley, B., Slack, J., Therneau, T., Venables, W. (2001 b). *S - Plus 6 for Windows, Guide to Statistics*, Volume 2, Insightful Corporation, Seattle, Washington, 622 str.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2002). *Gewässerstrukturgüte - homepage des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forster, Posterausstellung*, <http://www.mulf.hessen.de/umwelt/wasser/>, 22. 11. 2002
- Hey, R. D. (1996) »Environmentally Sensitive River Engineering«, v Petts, G., Calow, P., *River Restoration*, Blackwell Science, Oxford, str. 80 – 105
- HMZ RS (1998). *Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije*, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana, 98 str.
- Howe, K. (1997). Construction of Artificial Riffles and Pools for Freshwater Habitat Restoration, *Restoration and Reclamation Review, Restoration Techniques*, **2** / 1997, University of Minnesota, <http://www.hort.agri.umn.edu>
- Hütte, M. (2000). *Ökologie und Wasserbau, Ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung*, Parey Buchverlag Berlin, 280 str.
- Ilešič, S. (1972). Slovenske pokrajine (Geografska regionalizacija Slovenije), *Geografski vestnik XLIV (1972)*, str. 9 – 31
- IB KOPER (1995). *Strokovne podlage krajinske zasnove doline Dragonje za območje organizacijske naloge v okviru sprememb in dopolnitev planskih aktov občine Koper*, Investbiro Koper, 121 str.
- Kern, K. (1994). *Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung, Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern*, Springer, Berlin, 256 str.
- Kladnik, D. (2001). *Geografija, tematski leksikon*, Učila International, založba, d.o.o., Tržič, 684 str.
- Knighton, D. (1998). *Fluvial forms and processes, A new perspective*, Arnold, London, 383 str.
- Koller-Kreimel, V., Jäger, P. (2001). Guter Zustand und gutes ökologisches Potenzial – neue Schutz – und Sanierungsziele in der europäischen Wasserpolitik. *Österreichische Wasser-und Abfallwirtschaft* **53** / 5 – 6 (2001), str. 117 – 123
- Kompare, B. (1995). *The Use of Artificial Intelligence in Ecological Modelling*, Ph. D. Thesis, Royal Danish School of Pharmacy, Copenhagen, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, 48 str.
- Kondolf, G. M. (2001). Planning approaches to mitigate adverse human impacts on land / water ecotones. *Ecohydrology & Hydrobiology* **1** / 1 – 2 (2001), str. 111 - 116
- Kondolf, G. M., Downs, P. W. (1996). »Catchment Approach to Planning Channel Restoration« v A. Brookes in F. Douglas Shields jr., *River Channel Restoration, Guiding Principles for Sustainable Projects*, John Willey and Sons, str. 129 – 148
- Košmelj, K. (2001). *Uporabna statistika*, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 249 str.
- Krušnik, C., Tavzes, B. (2001). Prevod metode River Habitat Survey, Univerza v Ljubljani, Biološko središče, Ljubljana, 4 listi
- Kunaver, J. (1990). Splošni geomorfološki termini. Osnutek geomorfološkega terminološkega slovarja, 73 str.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1999). *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer – Empfehlung*, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 172 str.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2001). *Guide to the implementation of the EC Water Framework Directive*, Compendium, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 71 str.
- LIMNOS d.o.o. (2002). *Dragonja – ekoremediacijska pot, Poskusni projekt sonaravnega upravljanja z vodami na primeru celovite zaščite Dragonje*, publikacija, LIMNOS, podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o., 12. str.
- Lin, Y. – P., Teng, T. – P., Chang, T. – K. (2002). Multivariate analysis of soil heavy metal pollution and landscape pattern in Changhua county in Taiwan. *Landscape and Urban Planning* **62** (2002), str. 19 – 35
- Lipar, P., Klinc, T. (1987). Za bolj sonaravno kmetijstvo v dolini Dragonje, *Proteus* **49** (1986 – 1987), str. 231 – 232
- Malanson, G. P. (1993). *Riparian Landscapes*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, 296 str.
- Marinček, L. (1987). *Bukovi gozdovi na Slovenskem*, Delavska enotnost, Ljubljana, 153 str.
- Marušič, I. (1991). Oblike vrednotenja v krajinskem načrtovanju, *Urbani izziv* **18** (1991), str. 37 - 45
- Marušič, I., Jančič, M., Bartol, B., Prem, M. (1998). *Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji, Metodološke osnove*, MOP URSP, Ljubljana, 120 str.
- Marušič, I., Ogrin, D., Drašler, A., Kavčič, I. (1999). *Priročnik za urejanje prostora pri vodnogospodarskih posegih*, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Univerza v Ljubljani, 59 str.
- Mehl, D., Thiele, V. (1998). *Fließgewässer und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes*, Parey Buchverlag Berlin, 261 str.
- Melchior, M. (1997). Rivers and Streams, *Restoration and Reclamation Review, Restoration Techniques*, **2** / 1997, University of Minnesota, <http://www.hort.agri.umn.edu>
- Mikoš, M. (1994). *Vodni prostor v luči novega zakona o vodah*. 5. Mišičev vodarski dan, Maribor, Zbornik referatov, str. 46 – 55.

- Mikoš, M. (1995 a). Položaj vodnega dobra v zemljiškem katastru, *Geodetski vestnik*, **let. 39, št. 2**, str. 109 – 113.
- Mikoš, M. (1995 b). Kras in novi zakon o vodah, *Kras*, **št. 10**, str. 6 – 9.
- Mikoš, M., Kavčič, I. (1998 a). Majhni vodotoki v mestnem okolju – njihov pomen, *Gradbeni vestnik*, **let. 47., št. 5 – 6 – 7**, str. 159 – 169.
- Mikoš, M., Kavčič, I. (1998 b). Majhni vodotoki v mestnem okolju – njihova revitalizacija, *Gradbeni vestnik*, **let. 47., št. 8 – 9 – 10**, str. 186 – 195.
- Mikoš, M. (2000). *Urejanje vodotokov*, skripta, FGG, Univerza v Ljubljani, 182 str.
- Mikoš, M., Kavčič, I. (2000). Vodotoki kot del naravne krajine v urbanem prostoru. V: *Simoneti, M. (ur.), Marinček, D. (ur.), Matjašec, D. (ur.) Narava v mestu: med načrtovanim in spontanim: Zbornik 7. redne strokovne konference Društva krajinskih arhitektov Slovenije, Ljubljana*, str. 72 – 78.
- Mikoš, M., Urbanič, G. (2002). Vrednotenje kakovostnega stanja vodotokov – 2. Razmere v Sloveniji, *Gradbeni vestnik*, **51 / 2002**, str. 274 – 278
- Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. (2002). Hidrološko izrazje. *Acta hydrotechnica* **20 / 32 (2002)**, str. 3 – 324
- Mikoš, M. (2002). *Voda potrebuje bistveno več prostora, recimo toliko, kot ga je imela v srednjem veku*, intervju, *Časopis Delo*, Sobotna priloga, 24. avgusta 2002, str. 4 – 6
- Milavec, B. (1977). *Raziskava odvisnosti morfoloških parametrov pomembnejših vodotokov Slovenije od geoloških, hidroloških in hidravličnih razmer*, magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, FAGG, Ljubljana, 196 str.
- Milner, A. M. (1996). »System Recovery«, v Petts, G., Calow, P., *River Restoration*, Blackwell Science, Oxford, str. 205 – 226
- Millard, S. P., Neerchal, N. K. (2001). *Environmental Statistics with S - Plus*, CRC Press, Boca Raton, 830 str.
- Moog, O., Nesemann, H., Ofenböck, T. (2001). Österreichs Anteil an den europäischen aquatischen Ökoregionen – eine »a priori« Gliederung auf Basis landschaftsprägender Milieufaktoren. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* **53 / 7 – 8 (2001)**, str. 204 – 209
- Mosley, P. M. (1987). »The Classification and Characterization of Rivers« v Richards, K., *River Channels, Environment and Process*, The Institute of British Geographers, Basil Blackwell, Oxford, New York, str. 295 – 320
- Mršič, N. (1997). *Biotska raznovrstnost v Sloveniji, Slovenija – »vroča točka« Evrope*, Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave, Ljubljana, 129 str.
- Muhar, S., Schmutz, S., Jungwirth, M. (1995). River restoration concepts – goals and perspectives, *Hydrobiologia* **303 (1995)**, str. 183 – 194
- Muhar, S. (1996). Habitat improvement of Austrian rivers with regard to different scales, *Regulated Rivers: Research & Management* **Vol. 12 (1996)**, str. 471 – 482
- Muhar, S., Schwarz, M., Schmutz, S., Jungwirth, M. (2000). Identification of rivers with high and good habitat quality: methodological approach and applications in Austria, *Hydrobiologia* **422 / 423 (2000)**, str. 343 – 358
- MZVNKD Piran (1996). *Strokovne podlage za varstvo naravne in kulturne dediščine za območje organizacijske naloge Dolina Dragonje – 1. faza*, Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Piran, 58 str.
- MZVNKD Piran (1998). *Razvojne usmeritve dejavnosti za območje organizacijske naloge Dolina Dragonje z vidika varstva naravne in kulturne dediščine*, Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Piran, 27 str.
- MZVNKD Piran (2001 a). *Naravovarstvene smernice za območje predvidenega parka Dragonja*, Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Piran, 18 str.
- MZVNKD Piran (2001 b). *Park Dragonja – območja in objekti kulturne dediščine, konservatorski elaborat*, Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Piran, 34 str.
- Nachtnebel, H. P., Habersack, H., Hengl, M., Poppe, M., Schneider, J. (1999). *Rečna morfologija, Delovni paket 1.4., Preliminarno poročilo*, Stalna slovensko – avstrijska komisija za Muro, Dunaj, 79 str.
- Natek, K. (1990). Erozija v Porečju Dragonje, *Primorje, Zbornik 15. zborovanja slovenskih geografov, Portorož 1990*, str. 61 – 66
- National Rivers Authority (1992). *River Corridor Surveys, Conservation Technical Handbook No. 1*, National Rivers Authority, Bristol, 34 str.
- Newton, B., Pringle, C., Bjorkland, R. (1998). *Stream Visual Assessment Protocol*, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Water and Climate Center Technical Note 99 –1, 36 str.
- Niehoff, N. (1996). *Ökologische Bewertung von Fließgewässerlandschaften, Grundlage für Renaturierung und Sanierung*, Springer, Berlin, 300 str.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*, W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574 str.
- Official Journal of the European Communities (2000). *Directive 2000 / 60 / EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*, Official Journal of the European Communities, Brussels, 72. str., 11 dodatkov
- Ogrin, D. (1979). *Valorizacija vodnih obrežij in krajinsko - ekološki vidiki urejanja vodotokov*, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Univerza v Ljubljani
- Ogrin, D. (1995). *Okoljevarstveni in razvojni vidiki urejanja prostora ob reki Muri*, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Univerza v Ljubljani in Zavod za ekonomiko in urbanizem Muska Sobota

- Ogrin, D. (1997). *Slovenske krajine*, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 304 str.
- Orožen Adamič, M. (1980). Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dragonji in Drnici, *Geografski zbornik Acta Geographica* **XIX 1979**, str.155 – 214
- Orožen Adamič, M., Perko, D., Kladnik, D. (1995). *Krajevni leksikon Slovenije*, Državna založba Slovenije, Ljubljana
- Ortolano, L. (1997). *Environmental Regulation and Impact Assessment*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 604 str.
- Österreichische Normung Institut (1995). *Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern*, ÖNORM M 6232, Österreichische Normung Institut, Wien, 84 str.
- Petersen, R. C. (1992). The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape, *Freshwater Biology* **27 / 2 (1992)**, str. 295 – 306.
- Petkovšek, G. (2002). *Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 205 str.
- Petts, G. E., Amoros, C. (1996). *Fluvial Hydrosystems*, Chapman & Hall, London, 322 str.
- Petts, G., Calow, P. (1996 a). *River Flows and Channel Forms*, Blackwell Science, Oxford, 262 str.
- Petts, G., Calow, P. (1996 b). *River Restoration*, Blackwell Science, Oxford, 231 str.
- Puc, M. (1987). Dragonja, zanemarjena lepotica, *Proteus* **49 (1986 – 1987)**, str. 219 – 223
- Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Opisi, 3. zvezek
- Raven, P. J., Holmes, N. T. H., Dawson, F. H., Fox, P. J. A., Everard, M., Fozzard, I. R., Rouen, K. J. (1998). *River Habitat Quality, the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man*, River Habitat Survey Report No. 2, Environment Agency, Alconbury Environmental Consultants, NERC Institute of Freshwater Ecology, The Natural Step, Scottish Environment Protection Agency, 84 str.
- Reisp, B. (1995). *Florijančičev veliki zemljevid kranjske iz leta 1744*
- Rejec, I. (1987). Mlinarstvo ob Dragonji, *Proteus* **49 (1986 – 1987)**, str. 227 – 230
- Rejic, M., Smolej, I. (1988). *Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda*, *Gozdna hidrologija*, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 225 str.
- Richards, K. (1987). *River Channels, Environment and Process*, The Institute of British Geographers, Basil Blackwell, Oxford, New York, 391 str.
- Rosgen, D. (1996). *Applied River Morphology*, Wildland Hydrology, Colorado, 8-43 str.
- RS MOP URSVN (1994). *Strategija varstva narave v Sloveniji, interni dokument*, Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave, Ljubljana, 27 str.
- RS MOP URSVN (1998). *Nacionalni program varstva okolja*, Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave, Ljubljana, 104 str.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. (1991). *The Role of Corridors*, Surrey Beatty & Sons Pty Limited, Australia, 427 str.
- Scherle, J. (1999). *Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen – Grundlagen, Leitbilder, Planung*, Mitteilungen des Institutes für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, Heft 199, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 6 - 17 str., priloge
- Schneider Sliwa, R. Scaub, D., Gerold, G. (1999). *Angewandte Landschaftsökologie, Grundlagen und Methoden*, Springer, Berlin, 560 str.
- Simons, J., Boeters, R. (1998). »A Systematic Approach to Ecologically Sound River Bank Management« v de Waal, L. C., et al., *Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, str. 57 - 85
- Statistični urad Republike Slovenije (2000). *Statistični letopis 2000*, Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana, 687 str.
- Stefanović, V. (1986). *Fitocenologija*, Svjetlost, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo, 269 str.
- Steinman, F. (1994). *Hidrotehnika*, skripta, 1. del, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hidrotehnična smer, Ljubljana, 128 str.
- Stritar, A. (1990). *Krajina, krajinski sistemi, Raba in varstvo tal v Sloveniji*, Partizanska knjiga Ljubljana, 173 str.
- Šraj, M. (2003). *Modeliranje in merjenje prestreženih padavin*, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 235 str.
- The European Parliament and the Council (2000). *Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy*, Bruselj, 18. julij 2000, 62 str., 11 dodatkov
- Thomas, D. S. G., Goudie, A. (2000). *The Dictionary of Physical Geography*, Blackwell Publishers, Oxford, Massachusetts, 610 str.
- Titl, J. (1988). *Vodni mlini in mlinarstvo v slovenski Istri*, Založba Lipa Koper, 166 str.
- Townend, J. (2002). *Practical Statistics for Environmental and Biological Scientists*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 276 str.
- Topole, M. (1998). *Mirnska dolina*, Založba ZRC, Ljubljana, 175 str.
- Uradni list SRS (1981). *Zakon o vodah*, Uradni list SRS 38 / 81, str. 2308 – 2320, Ljubljana
- Uradni list RS (1999). *Zakon o ohranjanju narave (ZON)*, Uradni list RS 56 / 99, str. 7146 – 7175, Ljubljana
- Uradni list RS (2002 a). *Zakon o vodah (ZV – 1)*, Uradni list RS 67 / 02, str. 7648 – 7680, Ljubljana
- Uradni list RS (2002 b). *Zakon o urejanju prostora (ZUreP – 1)*, Uradni list RS 110 / 02, 13057 – 13083, Ljubljana
- Uradni list RS (2002 c). *Zakon o graditvi objektov (ZGO – 1)*, Uradni list RS 110 / 02, str. 13084 – 13132, Ljubljana

- Urbanič, G. (2000). Vrednotenje stanja vodotokov s poudarkom na ekomorfološkem vrednotenju, seminarska naloga, FGG, Univerza v Ljubljani, 29 str.
- Urbanič, G., Mikoš, M. (2002). Vrednotenje kakovostnega stanja vodotokov – 1. Pregled nekaterih metod vrednotenja, *Gradbeni vestnik, letnik 51*, str. 262 - 269
- VGI p.o. (1994). *Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu*, Poročilo Vodnogospodarskega inštituta, C-274, Ljubljana.
- VGI d.o.o. (2002). *Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu*, Poročilo Vodnogospodarskega inštituta, C-274, Ljubljana.
- von Keitz, S. (1999). Die Einführung »stark veränderter Gewässer« in die EU-Wasserrahmenrichtlinie und ihre Auswirkungen auf den Gewässerschutz der BRD. *Wasser & Boden 51 / 5 (1999)*, str. 14 – 17
- Ward, A. D., Elliot, W. J. (1995). *Environmental Hydrology*, Lewis Publishers, New York, 462 str.
- Ward, J. V., Stanford, J. A. (1995) Ecological Connectivity in Alluvial River Ecosystems and its Disruption by Flow Regulation, *Regulated Rivers: Research & Management Vol. 11*, str. 105 – 119
- Ward, J. V., Wiens, J. A. (2001). Ecotones in riverine ecosystems : Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrology & Hydrobiology 1 / 1 – 2 (2001)*, str. 25 - 36
- Weber, N. B. (1971). *Fluid Mechanics for Civil Engineers*, Chapman & Hall, London, Beccles and Colchester, 340 str.
- Witten, I., Frank, E. (2000). »Nuts and bolts: Machine learning algoritms in Java«, v Witten, I., Frank. E., *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*, Morgan Kaufmann Publishers, str. 265 – 320
- Wraber, T. (1987). Botanični utrinki iz doline Dragonje, *Proteus 49 (1986 – 1987)*, str. 215 – 218
- Zapzalka, T. (1997). Restoring Large Woody Debris to Streams, *Restoration and Reclamation Review, Restoration Techniques, 2 / 1997*, University of Minnesota, <http://www.hort.agri.umn.edu>
- Zumbroich, T., Müller, A., Friedrich, G. (1999). *Strukturgröße von Fließgewässern, Grundlagen und Kartierung*, Springer, Berlin, 283 str.
- Žugaj, R. (2000). *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 407 str.

## 6. KARTOGRAFSKI VIRI

- Bohinec, V. (1969). *Slovenske dežele na zemljevidih od 16. do 18. stoletja*, Cankarjeva založba – Trubarjev antikvariat, 14 str., 8 kartografskih prilog
- Brez avtorja (1997). »Karte von Istrien 1797«, toponomija sekcije, kolona 1, sekcija 1, M 1 : 57.600, v Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Karte, 3. zvezek, 43 kartografskih prilog
- Brez avtorja (1997). »Sekcija XVIII 15«, M 1 : 28.800, v Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Karte, 3. zvezek, 43 kartografskih prilog
- Brez avtorja (1997). »Sekcija XIX 15«, M 1 : 28.800, v Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Karte, 3. zvezek, 43 kartografskih prilog
- Brez avtorja (1997). »Sekcija XIX 16«, M 1 : 28.800, v Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Karte, 3. zvezek, 43 kartografskih prilog
- Coppo, P. (1525). »L'Istria«, v Lago, L., Rossit, C., *Pietro Coppo, Le »Tabulae« (1524 – 1526), Una preziosa raccolta cartografica custodita a Pirano*, Edizioni Lint, Trieste, 2. zvezek, 76 str., 15 kartografskih prilog
- Florijančič, J. D. G. (1744). »Deželopisna karta Vojvodine Kranjske«, M 1 : 100.000, v Reisp, B., *Florijančičev veliki zemljevid Kranjske iz leta 1744*, Slovenska knjiga, Ljubljana, 12 kartografskih prilog
- GIJNA (1958). *Rovinj*, 1 : 50.000, reambulirano 1930, Geografski inštitut Jugoslovenske narodne armije, Beograd
- GIJNA (1954). *Corte d'Isola*, 1 : 25.000, italijanska izdaja 1937, Geografski inštitut Jugoslovenske narodne armije, Beograd
- GIJNA (1954). *Momiano*, 1 : 25.000, italijanska izdaja 1937, Geografski inštitut Jugoslovenske narodne armije, Beograd
- GIJNA (1954). *Valmorasa*, 1 : 25.000, italijanska izdaja 1937, Geografski inštitut Jugoslovenske narodne armije, Beograd
- GURS (2002). Francescejski kataster K.O. Boršt, 1877, M 1 : 2.880, Območna geodetska uprava Koper, Izpostava Koper, 19 kartografskih prikazov
- GURS (2002). *Buje – 1, Osnovna državna karta M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 2, Temeljni topografski načrt SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana, 1982
- GURS (2002). *Buje – 6, Osnovna državna karta M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1972
- GURS (2002). *Buje – 7, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1976
- GURS (2002). *Buje – 8, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1976
- GURS (2002). *Buje – 9, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1976
- GURS (2002). *Buje – 10, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1976
- GURS (2002). *Buje – 12, Osnovna državna karta, M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 13, Osnovna državna karta, M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 14, Osnovna državna karta, M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 15, Osnovna državna karta, M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 16, Osnovna državna karta, M 1 : 5.000*, Republička geodetska uprava SRH, Geodetski zavod Osijek, Zagreb 1977
- GURS (2002). *Buje – 17, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1977
- GURS (2002). *Buje – 18, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1977
- GURS (2002). *Buje – 19, Osnovna državna karta SR Slovenija, M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1977

- GURS (2002). *Buzet – 1, Osnovna državna karta M 1 : 5.000*, Geodetska uprava SRS, Geodetski zavod SRS, Ljubljana 1973
- GURS (1995). *Dragonja / Dragogna, 193, 046-1-2, Državna topografska karta 1 : 25.000*, prva izdaja, Geodetska uprava Republike Slovenije, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Ljubljana
- GURS (1995). *Pomjan, 194, 046-2-1, Državna topografska karta 1 : 25.000*, prva izdaja, Geodetska uprava Republike Slovenije, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Ljubljana
- GURS (1995). *Sečovlje / Sicciole, 192, 046-1-1, Državna topografska karta 1 : 25.000*, prva izdaja, Geodetska uprava Republike Slovenije, Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Ljubljana
- GZS (2000). *Primorje in Kras, Izletniška karta M 1 : 50.000*, dopolnjena in popravljena izdaja 2000, Geodetski zavod Slovenije, Kartografski oddelek, Ljubljana
- GZS (1990). *Geološka karta M 1 : 500.000*, Geodetski zavod Slovenije, Kartografski oddelek, Ljubljana
- Hirsvogel, A., Ortelius, A. (1570). »Schlavoroniae, Croatiae, Carniae, Iстриae, Bosniae, Finitimarumque Regionum Nova Descriptio«, v Bohinec, V., *Slovenske dežele na zemljevidih od 16. do 18. stoletja*, Cankarjeva založba – Trubarjev antikvariat, 14 str., 8 kartografskih prilog
- Lago, L., Rossit, C. (1984). *Pietro Coppo, Le »Tabulae« (1524 – 1526), Una preziosa raccolta cartografica custodita a Pirano*, Edizioni Lint, Trieste, 1. zvezek, 445 str.
- Lago, L., Rossit, C. (1984). *Pietro Coppo, Le »Tabulae« (1524 – 1526), Una preziosa raccolta cartografica custodita a Pirano*, Edizioni Lint, Trieste, 2. zvezek, 76 str., 15 kartografskih prilog
- Lazius, W., Ortelius, A. (1561). »Goritia, Karstii, Chaczeoale, Carniolae, Histriae et Windorum Marchae Descrip(tio)«, v Bohinec, V., *Slovenske dežele na zemljevidih od 16. do 18. stoletja*, Cankarjeva založba – Trubarjev antikvariat, 14 str., 8 kartografskih prilog
- Militärgeographisches Institut (1916). *Cittanova und Montona, M 1 : 75.000*, Militärgeographisches Institut, Wien
- Orožen Adamič, M., Lovrenčak, F. (1979). *Poplavna področja ob Dragonji in Dmici*, Geografski zbornik, Acta Geographica, XIX, 1997 (1980), Priloge - Annexes
- Ortelius, A. (1998). *Theatrum Orbis Terrarum*, Monumenta Slovenica VIII, Slovenska knjiga, Ljubljana, 8 str., 9 kartografskih prilog
- Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Opisi, 3. zvezek, 436 str.
- Rajšp, V., Ficko, M., Grabnar, M., Kološa, V., Serše, A., Trpin, D., Bister, F. J., Hillbrand, E., Jordan, P. (1997). *Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763 – 1787 (1804)*, Karte, 3. zvezek, 43 kartografskih prilog
- Reisp, B. (1995). *Florijančičev veliki zemljevid Kranjske iz leta 1744*, Slovenska knjiga, Ljubljana, 36 str.
- Reisp, B. (1995). *Florijančičev veliki zemljevid Kranjske iz leta 1744*, Slovenska knjiga, Ljubljana, 12 kartografskih prilog
- Sambucus, I. (1572) »Illyricum«, v Ortelius, A., *Theatrum Orbis Terrarum*, Monumenta Slovenica VIII, Slovenska knjiga, Ljubljana, 8 str., 9 kartografskih prilog
- Sanson d'Abbeville, N. (1657). »Hertzogthumber Steyer, Kärnten, Krain & c. – Duches de Stirie, Carinthie, Carniole«, v Bohinec, V., *Slovenske dežele na zemljevidih od 16. do 18. stoletja*, Cankarjeva založba – Trubarjev antikvariat, 14 str., 8 kartografskih prilog

## 7. FOTO VIRI

- GZS d.d. (2002). *Območje Kaštel – Laborska dolina. Serija zračnih posnetkov. M 1 : 5.000. Leto 1953.* Geodetski zavod d.d., Ljubljana
- GZS d.d. (2002). *Območje Kaštel – Laborska dolina. Serija zračnih posnetkov. M 1 : 5.000. Leto 1975.* Geodetski zavod d.d., Ljubljana
- GZS d.d. (2002). *Območje Kaštel – Laborska dolina. Serija zračnih posnetkov. M 1 : 5.000. Leto 1994.* Geodetski zavod d.d., Ljubljana
- GZS d.d. (2002). *Območje Kaštel – Koštabona. Serija posnetkov. M 1 : 10.000. Leto 1985.* Geodetski zavod d.d., Ljubljana
- GZS d.d. (2002). *Območje Jamnjek – Laborska dolina. Serija posnetkov. M 1 : 10.000. Leto 1994.* Geodetski zavod d.d., Ljubljana



## **8. SEZNAM PRILOG NA PRILOŽENI ZGOŠČENKI**

- Priloga 1: Aplikacije metod morfološkega vrednotenja vodotokov na reki Dragonji in reki Reki; predštudija (2001)
- Priloga 2: Metode morfološkega vrednotenja; prevodi nekaterih tujih metod za oceno hidromorfološkega stanja (2001)
- Priloga 3: Hidromorfološki inventarizacijski list in pripadajoča hidromorfološka podatkovna baza
- Priloga 4: Hidromorfološki inventarizacijski list za delo študentov in pripadajoča hidromorfološka podatkovna baza
- Priloga 5: Sheme in seznam shem za izvedbo terenskih meritev hidromorfoloških spremenljivk
- Priloga 6: Analiza hidromorfoloških spremenljivk rečnega koridorja Dragonje
- Priloga 7: Fotografije in seznam fotografij rečnega koridorja Dragonje (2001, 2002, 2003)
- Priloga 8: Fotografije in seznam fotografij nekaterih terensko raziskanih vodotokov slovenskih ekohidrogrfskih območij (2001)
- Priloga 9: Skenogrami in seznam skenogramov arhivske kartografije območja raziskave
- Priloga 10: Podrobnejši rezultati statistične analize hidromorfoloških spremenljivk
- Priloga 11: Podrobnejši rezultati strojnega učenja
- Priloga 12: Podrobnejši rezultati analize vpliva subjektivnega faktorja