

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
VODARSTVA IN  
KOMUNALNEGA  
INŽENIRSTVA

Kandidatka:

**PETRA REPNIK**

**PRISPEVEK K HIDROMORFOLOŠKI TIPIZACIJI  
SLOVENSКИH VODOTOKOV**

Diplomska naloga št.: 73/VKI

**A CONTRIBUTION TO HYDROMORPHOLOGICAL  
TYPIFICATION OF**

Graduation thesis No.: 73/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Matjaž Mikoš

**Predsednik komisije:**

prof. dr. Franc Steinman

**Somentor:**

asist. dr. Aleš Bizjak

Ljubljana, 21. 12. 2006

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Petra REPNIK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:  
» **Prispevek k hidromorfološki tipizaciji slovenskih vodotokov** ».

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,  
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 21. december 2006

---

## STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

| Stran z napako | Vrstica z napako | Namesto | Naj bo |
|----------------|------------------|---------|--------|
|                |                  |         |        |

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

|                         |                                                                                                                             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UDK:</b>             | <b>556.53(043.2)</b>                                                                                                        |
| <b>Avtor:</b>           | <b>Petra Repnik</b>                                                                                                         |
| <b>Mentor:</b>          | <b>prof. dr. Matjaž Mikoš</b>                                                                                               |
| <b>Somentor:</b>        | <b>asist. dr. Aleš Bizjak</b>                                                                                               |
| <b>Naslov:</b>          | <b>Prispevek k hidromorfološki tipizaciji slovenskih vodotokov</b>                                                          |
| <b>Obseg in oprema:</b> | <b>107 str., 13 pregl., 2 graf., 32 slik, 6 shem, 49 foto.</b>                                                              |
| <b>Ključne besede:</b>  | <b>Vodna direktiva, hidromorfološke referenčne razmere, transektni zajem podatkov, hidromorfološka tipizacija vodotokov</b> |

### **Izvleček**

V diplomski nalogi je predstavljena raziskava hidromorfoloških (HM) referenčnih razmer in nadaljnja HM tipizacija, ki je bila izvedena na izbranih hidromorfoloških referenčnih odsekih slovenskih vodotokov. Na podlagi poznavanja v svetu že proučevanih HM referenčnih razmer in HM tipizacij ter upoštevanja smernic, ki jih navaja Vodna direktiva, je bil kot pristop za raziskavo izbran prostorski pristop z vzorčenjem na terenu. V raziskavo je bilo zajetih 92 HM referenčnih odsekov različnih vodotokov, ki so bili izbrani v skladu s kriteriji za določitev referenčnih mest. Zajem HM spremenljivk je zahteval izdelavo HM referenčnega popisnega lista, ki vključuje tako spremenljivke pridobljene s kabinetnim kot terenskim delom. Za popis je bil uporabljen transektni zajem podatkov (Bizjak, 2003), ki na vsakem izbranem HM referenčnem odseku zahteva popis 6 transektov. V nadaljevanju so bile iz transektnih vrednosti pridobljene povprečne odsečne vrednosti, ki so vhodni podatek za izdelavo HM tipizacije izbranih HM referenčnih odsekov. Kot izhodišče tipizacije sta privzeta prva dva nivoja Rosgenove tipizacije vodotokov (Rosgen, 1996). Z analizo sopojavljanja in uporabo geografskega informacijskega sistema (programski paket ArcGIS 9) je bilo prepoznanih 9 hidromorfoloških tipov vodotokov. Raziskava je pokazala, da so HM tipi, ki so prepoznani na osnovi razlik med ključnimi geomorfološkimi in morfološkimi spremenljivkami, značilno različni tudi na nivoju podrobnejših HM spremenljivk.



## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDK:** 556.53(043.2)  
**Author:** Petra Repnik  
**Supervisor:** prof. dr. Matjaž Mikoš  
**Co-supervisor:** asist. dr. Aleš Bizjak  
**Title:** A Contribution To Hydromorphological Typification of Slovene Watercourses  
**Notes:** 107 p., 13 tab., 2 graphs, 32 fig., 6 schemes, 49 photo.  
**Key words:** Water Frame Directive, hydromorphological reference conditions, transect data gathering, hydromorphological typification of watercourses

### **Abstract**

In the following thesis the research of the hydromorphological (HM) reference conditions and the subsequent HM typification is presented. The research was carried out on the selected hydromorphological reference sections of the Slovene watercourses. Taking into account the HM reference conditions and HM typifications already done across the world and following the guidelines of the Water Frame Directive, the selected approach for the research was the spatial strategy with field sampling. The research included 92 HM reference sections of different watercourses, chosen according to the criteria for selecting such reference sites. The HM variables gathering demanded the making of the HM reference record sheet that includes both the variables acquired on the basis of the on and off site work. For making the inventory we used the transect data gathering (Bizjak, 2003) that demands a list of 6 transects for every HM reference site. The average section values that are the input data for the making of the HM typification of the selected HM reference sites were then acquired from the transect values. The first two levels of the Rosgen typification of watercourses (Rosgen, 1996) are taken as the starting point for typification. With the co-appearance analysis and the use of the geographic information system (software package *ArcGIS* v. 9) 9 hydromorphological types of watercourses were identified. The research has shown that the HM types, identified on the basis of the differences between the key geomorphic and morphological variables, typically differ also on the level of more specific HM variables.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu za vse smernice, ki mi jih je podajal tekom izdelave naloge. Posebna zahvala somentorju asist. dr. Alešu Bizjaku, ki me v svetu hidromorfologije spremlja in usmerja vse od samega začetka.

Da sem lahko spoznala slikovitost slovenskih vodotokov, se zahvaljujem Inštitutu za vode Republike Slovenije, ki je to raziskavo omogočil. Hvala tudi vsem kolegom – Iztoku, Gregorju, Janku, Katji in Lili, ki so sodelovali pri zajemu podatkov.

Nenazadnje hvala vsem mojim – Martinu in družini, ki so nepogrešljiv del mojega vsakdana.

## KAZALO VSEBINE

|              |                                                                                                           |           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>UVOD</b>                                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b>   | <b>Potek raziskave hidromorfoloških referenčnih razmer in hidromorfoloških tipov vodotokov</b>            | <b>3</b>  |
| <b>2</b>     | <b>METODE IN MATERIAL</b>                                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>2.1</b>   | <b>Dobro stanje površinskih voda</b>                                                                      | <b>5</b>  |
| <b>2.2</b>   | <b>Obnovitveni in omilitveni ukrepi kot sredstvo za doseganje dobrega ekološkega stanja in potenciala</b> | <b>10</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>Referenčne razmere</b>                                                                                 | <b>13</b> |
| <b>2.3.1</b> | <b>Pristopi in kriteriji za opredelitev referenčnih razmer</b>                                            | <b>13</b> |
| <b>2.3.2</b> | <b>Hidromorfološki referenčni odseki</b>                                                                  | <b>14</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Popis hidromorfoloških referenčnih razmer</b>                                                          | <b>18</b> |
| <b>2.4.1</b> | <b>Popis hidromorfoloških referenčnih razmer z metodo transektov</b>                                      | <b>20</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Hidromorfološki popisni list</b>                                                                       | <b>21</b> |
| <b>2.5.1</b> | <b>Splošni podatki o hidromorfološkem referenčnem odseku</b>                                              | <b>23</b> |
| <b>2.5.2</b> | <b>Podatki o količini in dinamiki vodnega toka</b>                                                        | <b>23</b> |
| <b>2.5.3</b> | <b>Podatki o morfoloških razmerah</b>                                                                     | <b>25</b> |
| <b>2.6</b>   | <b>Tipizacije vodotokov</b>                                                                               | <b>50</b> |
| <b>2.6.1</b> | <b>Tipizacije vodotokov v svetu</b>                                                                       | <b>50</b> |
| <b>2.6.2</b> | <b>Tipizacije vodotokov v Sloveniji</b>                                                                   | <b>54</b> |
| <b>3</b>     | <b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b>                                                                              | <b>60</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Izbor hidromorfoloških referenčnih odsekov</b>                                                         | <b>60</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Hidromorfološka tipizacija izbranih hidromorfoloških referenčnih odsekov</b>                           | <b>61</b> |
| <b>3.2.1</b> | <b>Zasnova hidromorfološke tipizacije</b>                                                                 | <b>62</b> |
| <b>3.2.2</b> | <b>Analiza sopojavljanja in prepoznavanje hidromorfoloških tipov</b>                                      | <b>64</b> |
| <b>3.2.3</b> | <b>Podrobnejši opisi prepoznanih hidromorfoloških tipov</b>                                               | <b>80</b> |
| <b>4</b>     | <b>SKLEP</b>                                                                                              | <b>95</b> |
|              | <b>VIRI</b>                                                                                               |           |

## KAZALO PREGLEDNIC

|                 |                                                                                               |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1:  | Elementi kakovosti                                                                            | 7  |
| Preglednica 2:  | Razredi morfološke ohranjenosti vodotokov po Kategorizaciji<br>po ekomorfološkem pomenu (EMK) | 15 |
| Preglednica 3:  | Značilnosti vodotokov 1. razreda po EMK                                                       | 17 |
| Preglednica 4:  | Hidromorfološki kakovostni elementi                                                           | 18 |
| Preglednica 5:  | Velikostni razred vodotoka glede na širino                                                    | 23 |
| Preglednica 6:  | Zrnavostni razredi v uporabi v hidrotehnični in hudourniški<br>praksi                         | 34 |
| Preglednica 7:  | Hidromorfološke oblike dna                                                                    | 37 |
| Preglednica 8:  | Značilnosti posameznih odsekov in zaporedij oblik dna                                         | 43 |
| Preglednica 9:  | Značilnosti vodotokov v posameznih slovenskih regijah                                         | 55 |
| Preglednica 10: | Abiotski dejavniki upoštevani v »sistemu A«                                                   | 58 |
| Preglednica 11: | HM spremenljivke tipov GH1, GH2, GH3                                                          | 75 |
| Preglednica 12: | HM spremenljivke tipov HG1, HG2, GR1                                                          | 76 |
| Preglednica 13: | HM spremenljivke vodotokov GR2, GR3, GR4                                                      | 77 |

## KAZALO GRAFIKONOV

|             |                                                                                |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafikon 1: | Zastopanost substrata v prepoznanih hidromorfoloških tipih                     | 78 |
| Grafikon 2: | Zastopanost hidromorfoloških oblik dna v prepoznanih<br>hidromorfoloških tipih | 79 |

## KAZALO SLIK

|           |                                                                                                                |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1:  | Bioregije Slovenije                                                                                            | 6  |
| Slika 2:  | Prikaz morfološke ohranjenosti vodotokov po Kategorizaciji po ekomorfološkem pomenu (EMK)                      | 16 |
| Slika 3:  | Prikaz transeka                                                                                                | 20 |
| Slika 4:  | Prikaz referenčnega odseka s transekti                                                                         | 21 |
| Slika 5:  | Prikaz meritve strugotvorne širine                                                                             | 26 |
| Slika 6:  | Širina urezane struge in strugotvorna širina vodotoka                                                          | 27 |
| Slika 7:  | Meritev širine urezane struge                                                                                  | 27 |
| Slika 8:  | Meritev globine v času popisa                                                                                  | 28 |
| Slika 9:  | Meritev globine urezane struge                                                                                 | 28 |
| Slika 10: | Meritev višine in naklona brežine                                                                              | 29 |
| Slika 11: | Tipi dolin                                                                                                     | 32 |
| Slika 12: | Oblika struge                                                                                                  | 33 |
| Slika 13: | Oblika profila                                                                                                 | 34 |
| Slika 14: | Kaskada                                                                                                        | 39 |
| Slika 15: | Stopnja-tolmun                                                                                                 | 39 |
| Slika 16: | Ravno dno                                                                                                      | 40 |
| Slika 17: | Tolmun-brzica (tolmun-brazda)                                                                                  | 41 |
| Slika 18: | Dina-rebro                                                                                                     | 41 |
| Slika 19: | Strahler-jeva tipizacija vodotokov                                                                             | 51 |
| Slika 20: | Prikaz izbranih HM referenčnih odsekov                                                                         | 60 |
| Slika 21: | Podatkovni zemljevid prekrit izbranih HM referenčnih odsekov prekrit z odseki v gorskem ali hribovitem reliefu | 65 |
| Slika 22: | Zgornji podatkovni zemljevid prekrit z odseki, ki imajo padec večji ali enak 4 %                               | 65 |
| Slika 23: | Predhodni podatkovni zemljevid prekrit z odseki, ki so zaznamovani z V-obliko doline (tip GH1)                 | 66 |
| Slika 24: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GH2                                                                   | 67 |
| Slika 25: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GH3                                                                   | 67 |

|           |                                              |    |
|-----------|----------------------------------------------|----|
| Slika 26: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa HG1 | 69 |
| Slika 27: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa HG2 | 70 |
| Slika 28: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR1 | 71 |
| Slika 29: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR2 | 71 |
| Slika 30: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR3 | 72 |
| Slika 31: | Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR4 | 73 |
| Slika 32: | Prepoznani hidromorfološki tipi              | 94 |

## KAZALO SHEM

|          |                                                                                            |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Shema 1: | Potek raziskave HM referenčnih razmer in HM tipov vodotokov                                | 3  |
| Shema 2: | Elementi kakovosti za opredelitev ekološkega stanja                                        | 8  |
| Shema 3: | Razredi ekološkega stanja in vključevanje elementov kakovosti                              | 9  |
| Shema 4: | Potek Rosgenove klasifikacije vodotokov                                                    | 62 |
| Shema 5: | Prikaz odločitvenega drevesa za gorski ali hriboviti relief                                | 68 |
| Shema 6: | Prikaz spremenljivk upoštevanih pri prepoznavanju HM tipov<br>izbranih referenčnih odsekov | 74 |



## KAZALO FOTOGRAFIJ

|                 |                                                      |    |
|-----------------|------------------------------------------------------|----|
| Fotografija 1:  | Peščina (Tunjščica)                                  | 35 |
| Fotografija 2:  | Prodišče (Pišnica)                                   | 35 |
| Fotografija 3:  | Prodišče (Mrzlek)                                    | 35 |
| Fotografija 4:  | Koluvialna struga (Beli potok)                       | 42 |
| Fotografija 5:  | Matična kamnina (Suha)                               | 42 |
| Fotografija 6:  | Kaskada (Kamniška Bistrica)                          | 42 |
| Fotografija 7:  | Stopnja-tolmun (Martuljek)                           | 42 |
| Fotografija 8:  | Ravno dno (Padež)                                    | 42 |
| Fotografija 9:  | Tolmun-brzica (Kostanjeviški p.)                     | 42 |
| Fotografija 10: | Velika pestrost gladine vodnega toka (Bistrica)      | 44 |
| Fotografija 11: | Neopazna pestrost gladine vodnega toka (Veliki Obrh) | 44 |
| Fotografija 12: | Skalnata brežina (Radoljna)                          | 45 |
| Fotografija 13: | Zemljinska brežina (Lokavec)                         | 45 |
| Fotografija 14: | Koreninski prepleti (Lokavec)                        | 46 |
| Fotografija 15: | Vodni odbijač (Mali Obrh)                            | 46 |
| Fotografija 16: | Obrežna vegetacija (Mali Obrh)                       | 47 |
| Fotografija 17: | Vodna vegetacija (Mali Obrh)                         | 47 |
| Fotografija 18: | Zapadlo drevje (Rak)                                 | 48 |
| Fotografija 19: | Plavni les (Bela)                                    | 48 |
| Fotografija 20: | Pribrežje – travnik (Mali Obrh)                      | 49 |
| Fotografija 21: | Pribrežje – avtohton gozd (Reka)                     | 49 |
| Fotografija 22: | GH1 – Jesenica                                       | 81 |
| Fotografija 23: | GH1 - Radoljna                                       | 81 |
| Fotografija 24: | GH2 - Suha                                           | 82 |
| Fotografija 25: | GH2 – Potočnikov potok                               | 82 |
| Fotografija 26: | GH3 – Iška                                           | 84 |
| Fotografija 27: | GH3 – Kamniška Bistrica                              | 84 |
| Fotografija 28: | HG1 – Bistrica                                       | 85 |
| Fotografija 29: | HG1 - Blanščica                                      | 85 |

|                 |                       |    |
|-----------------|-----------------------|----|
| Fotografija 30: | HG2 – Klivnik         | 86 |
| Fotografija 31: | HG2 – Osapska reka    | 86 |
| Fotografija 32: | HG2 – Želimeljščica   | 86 |
| Fotografija 33: | HG2 - Bistrica        | 86 |
| Fotografija 34: | GR1 – Lipsenjščica    | 88 |
| Fotografija 35: | GR1 – Lipsenjščica    | 88 |
| Fotografija 36: | GR1 – Temenica        | 88 |
| Fotografija 37: | GR1 - Dobličica       | 88 |
| Fotografija 38: | GR2 – Lipnica         | 90 |
| Fotografija 39: | GR2 – Lipnica         | 90 |
| Fotografija 40: | GR2 – Brezovski potok | 90 |
| Fotografija 41: | GR2 - Libanja         | 90 |
| Fotografija 42: | GR3 – Drežnica        | 91 |
| Fotografija 43: | GR3 – Tunjščica       | 91 |
| Fotografija 44: | GR3 – Suha            | 91 |
| Fotografija 45: | GR3 - Ložnica         | 91 |
| Fotografija 46: | GR4 – Račna           | 93 |
| Fotografija 47: | GR4 – Lokavec         | 93 |
| Fotografija 48: | GR4 – Senuša          | 93 |
| Fotografija 49: | GR4 - Senuša          | 93 |

## 1 UVOD

Vodotoki so ena izmed najpomembnejših struktur zemeljskega površja, saj so rezultat kompleksnih procesov in vplivajo tako na izoblikovanje krajine kot nenazadnje tudi na človeka, ki v krajini biva. So strukture v katerih se prepletata prvinskost narave in aktivnost človeka, ki je prvinskost tekom časa želela uokviriti in ji zarisati meje.

Vodotoki so človeku zanimivi že več kot 6000 let, saj so bili vedno kazalniki blaginje, razvoja in gospodarskega napredka. Nadzorovanje rečnih procesov in izkoriščanje vodne energije je zahtevalo izgradnjo številnih protipoplavnih nasipov, jezov, zadrževalnikov vode in hidroelektrarn. Struge so bile pogosto regulirane, poglobljene z namenom izboljšanja plovnosti oziroma vzpostavitve prometnih koridorjev, kanalizirane ali celo zacevljene. S prednostnim upoštevanjem gospodarskega napredka pa se je izgubljala prvinskost v smislu ekološke vrednosti oziroma ekološkega pomena vodotokov. Tako so rezultat antropogene preoblikovanosti številni ohromljeni ekosistemi, ki jih želi sodobno načrtovanje z vodotoki izboljšati, obnoviti oziroma v največji meri omiliti negativne posledice preteklih posegov.

Sodobno načrtovanje voda je krmiljeno s številnimi direktivami, katerih glavni cilj je vzpostavitev sinergije med naravnimi procesi in antropogenimi vplivi. Izboljšanje stanja voda je podrobneje obravnavano v okviru Vodne direktive, ki je krovni dokument na področju skupne evropske vodne politike in varstva voda. Za potrebe doseganja okoljskih ciljev, tj. doseganje vsaj dobrega stanja vodnih teles, je potrebno izdelati številne strokovne podlage, ki bodo temelj nadaljnjega upravljanja z vodami.

Za določitev okoljskega standarda, dobro ekološko stanje, je osrednjega pomena poznavanje t.i. referenčnih oziroma antropogeno čimmanj spremenjenih razmer, na podlagi katerih se lahko opredelijo odstopanja posameznih kakovostnih razredov ekološkega stanja od vzorčne (referenčne) podobe. Opredelitev vključuje vse elemente kakovosti, tako biološke, fizikalno-kemijske kot hidromorfološke. Slednji dve skupini sta v okviru Vodne direktive interpretirani kot podporni skupini biološkim elementom, ki so osrednji kazalniki kakovosti oziroma stanja voda.

Številni ukrepi za izboljševanje fizikalno-kemijskih lastnosti so že poznani in v veliki meri tudi aplicirani (zmanjševanje oziroma prekinitev izpustov v vodotoke, izgradnja čistilnih naprav za čiščenje komunalnih in industrijskih odpadnih voda, zmanjševanje toplotnega onesnaženja itd.). Ukrepi za izboljševanje hidromorfološkega stanja vodotokov pa so v praksi še nestandardizirani in zahtevajo izdelavo številnih presoj izboljšav v smislu dejanskega ekološkega izboljšanja stanja.

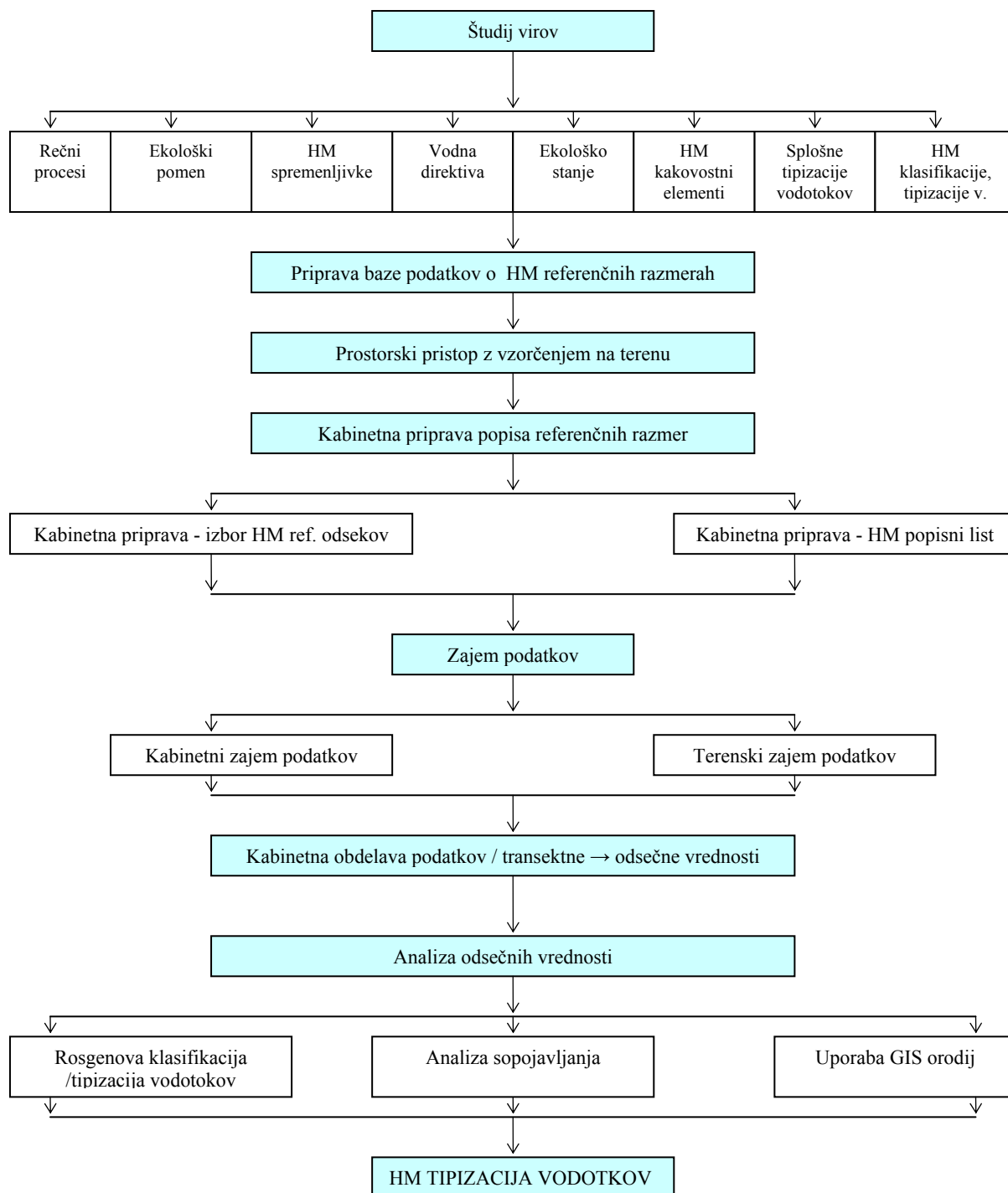
V prihodnje bo potrebno za vsak poseg izdelati študijo vpliva na vodotok. Zato je potrebno vzpostaviti obsežno bazo podatkov o vplivih posameznega posega. Na podlagi poznavanja odzivnosti se bodo v prihodnje lahko izvajali le posegi, ki bodo dejansko ekonomsko upravičeni in bodo hkrati zahtevali čimmanjše ekološko razvrednotenje.

Za poznavanje odzivnosti na posege je ključnega pomena poznavanje referenčnega oziroma z antropogenimi posegi nespremenjenega stanja vodotokov. Kombinacija referenčnih bioloških, fizikalno-kemijskih in hidromorfoloških elementov bo primerjalna vrednost za vse kombinacije, ki bodo odražale odstopanje od referenčnega stanja in hkrati nedoseganje vsaj dobrega ekološkega stanja.

Hidromorfološka (fizična) struktura vodotoka je eden ključnih pokazateljev značilne biološke združbe v vodotoku in se v odvisnosti od številnih dejavnikov spreminja. Rezultat so različni hidromorfološki tipi vodotokov za katere so značilni različni procesi in nenazadnje tudi habitati. Tako je poznavanje hidromorfoloških tipov in hidromorfoloških referenčnih razmer ključnega pomena za relevantno presojo referenčnega ekološkega stanja. Poleg poznavanja hidromorfoloških referenčnih razmer se prepozna tudi vzorčna podoba vodotoka h kateri bodo morali težiti vsi obnovitveni oziroma omilitveni ukrepi, ki bodo zahtevani v primeru, da se bo tekoma analize ugotovilo, da so krivci za nedoseganje dobrega ekološkega stanja hidromorfološki kakovostni elementi.

Z namenom poznavanja hidromorfoloških (HM) referenčnih razmer in prepoznavanja značilnih hidromorfoloških tipov, ki v slovenskem prostoru še niso prepoznani, je nastala tudi pričujoča diplomska naloga.

## 1.1 Potek raziskave hidromorfoloških referenčnih razmer in hidromorfoloških tipov vodotokov



Shema 1: Potek raziskave HM referenčnih razmer in HM tipov vodotokov

Na podlagi študija virov in tehtnih presoj se je izkazalo, da je najprimernejši pristop za prepoznavanje HM referenčnih razmer prostorski pristop z vzorčenjem na terenu. Sledila je kabinetna priprava obstoječe baze podatkov o HM referenčnih razmerah in priprava nove baze preko katere se bodo HM referenčne razmere lahko opredmetile. S predhodnim izborom HM referenčnih odsekov in pripravo referenčnega HM popisnega lista je bil na odsekih 92 slovenskih vodotokov izveden terenski zajem podatkov, in sicer v obsegu 45 dni. S tem so bili pridobljeni številni podatki za nadaljnjo analizo HM referenčnih razmer oziroma za analizo prepoznavanja HM tipov vodotokov, ki so predstavljeni v nadaljevanju.

## **2 METODE IN MATERIAL**

### **2.1 Dobro stanje površinskih voda**

Stanje površinske vode je stanje, ki ga določa ali ekološko ali kemijsko stanje vode, in sicer tisto, ki je opredeljeno slabše. Površinska voda dosega dobro stanje takrat, ko sta tako ekološko kot kemijsko stanje vsaj dobra.

Kemijsko stanje površinske vode je za posamezno vodno telo doseženo ali pa ni doseženo in ni nadaljnje opredeljeno s posameznimi kakovostnimi razredi. Velja, da je kemijsko stanje doseženo, kadar koncentracije onesnaževal ne presegajo jasno podanih okoljskih standardov kakovosti, ki so navedeni v Vodni direktivi. Ti standardi so enotno določeni za vse države članice.

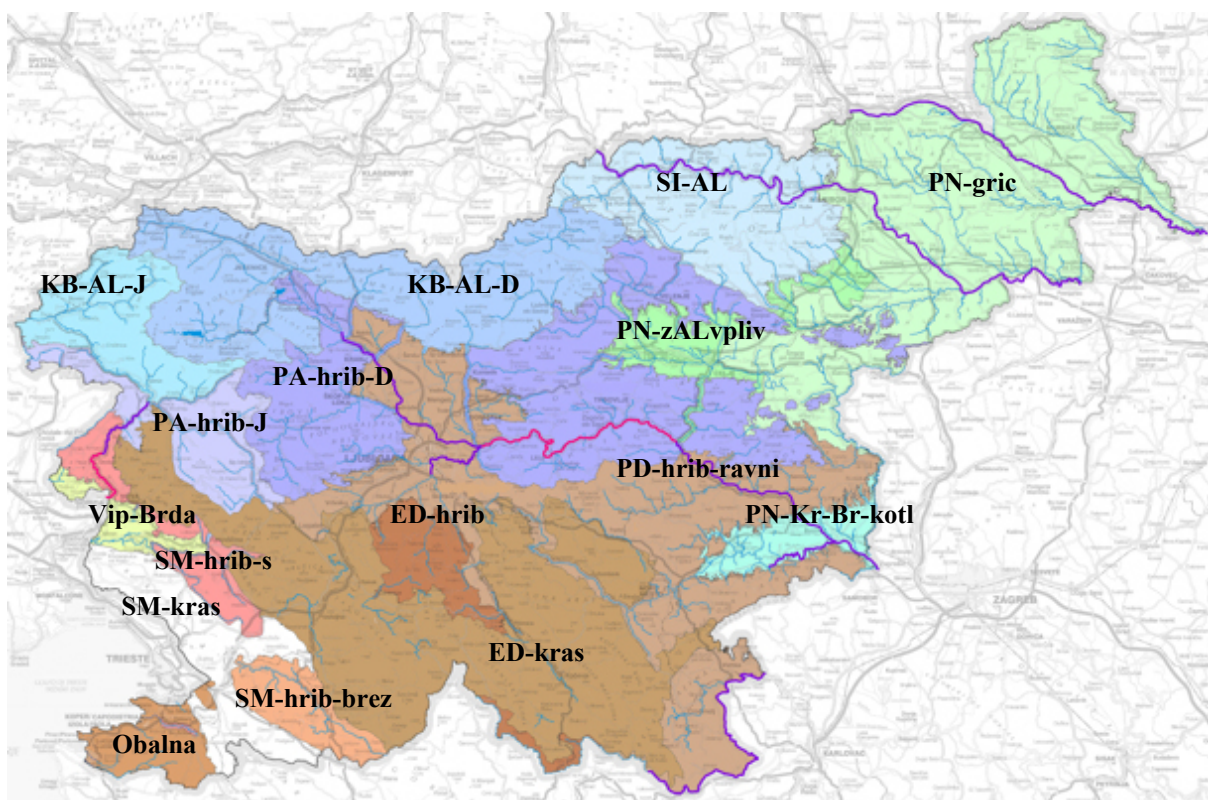
V nasprotju z nazornimi zahtevami določitve dobrega kemijskega stanja nastopa bistveno bolj kompleksna in zahtevna opredelitev dobrega ekološkega stanja. Slednje je opredeljeno na podlagi poznavanja t.i. referenčnih razmer, ki jih za posamezen tip vodnega telesa površinske vode, določi vsaka država članica posamezno.

Tipi vodnih teles površinske vode se po Vodni direktivi opredelijo ali po »Sistemu A« ali »Sistemu B«. Sistem A temelji na fiksni tipologiji kot jo določa Vodna direktiva in zahteva razvrstitev vodnih teles po ustreznih ekoregijah, skladno z zemljepisnimi območji, ki jih je predlagal Illies (Illies, 1978). Slednji je na podlagi vodnih organizmov Evropo razdelil na 25 ekoregij, izmed katerih dve prekrivata slovenski prostor (ekoregija »Alpe« in ekoregija »Dinarski zahodni Balkan«). Poleg ekoregij je pri določevanju tipov potrebno upoštevati tudi nadmorsko višino, velikost prispevne površine in geološko podlago posameznega vodnega telesa.

Enaka stopnja razločevanja kot je zahtevana v sistemu A je zahtevana tudi v Sistemu B, le da slednji temelji na alternativni opredelitvi, ki zaobjema tako obvezne kot izbirne deskriptorje oziroma kombinacijo deskriptorjev. Medtem ko je potrebno v Sistemu A slediti že določenim

ekoregijam, se v Sistemu B uporablja alternativna opredelitev, ki temelji na fizičnih, fizikalnih in kemijskih dejavnikih, ki določajo značilnosti vodotoka ali dela vodotoka ter s tem strukturo in sestavo biološke populacije (WFD, 2000).

V Sloveniji je bila tipologija vodnih teles površinskih voda izdelana po Sistemu B, saj se je Sistem A izkazal kot neprimeren oziroma preveč tog. Obvezni deskriptorji (nadmorska višina, zemljepisna širina in dolžina, geološka podlaga in velikost prispevne površine) so bili nadgrajeni z obsežno zoografsko analizo mladoletnic oz. bentoških nevretenčarjev. V okviru izbirnih abiotičnih dejavnikov so bili dodatno obravnavani tudi kraški izviri, limnokreni izviri, iztoki iz jezera, presihanje, periodično poplavljanje, meandriranje, višinski razred nad 700 m, občasni kraški izviri ter kombinacije naštetih dejavnikov. S prekrivanjem posameznih vhodnih podatkov in iskanjem ustreznih kombinacij je bilo določenih 82 biotskih tipov in 16 bioregij (Slika 1), ki so osnova za nadaljnjo metodologijo določanja dobrega ekološkega stanja (Urbanič, 2006).



Slika 1: Bioregije Slovenije (Urbanič, Sluga 2006);



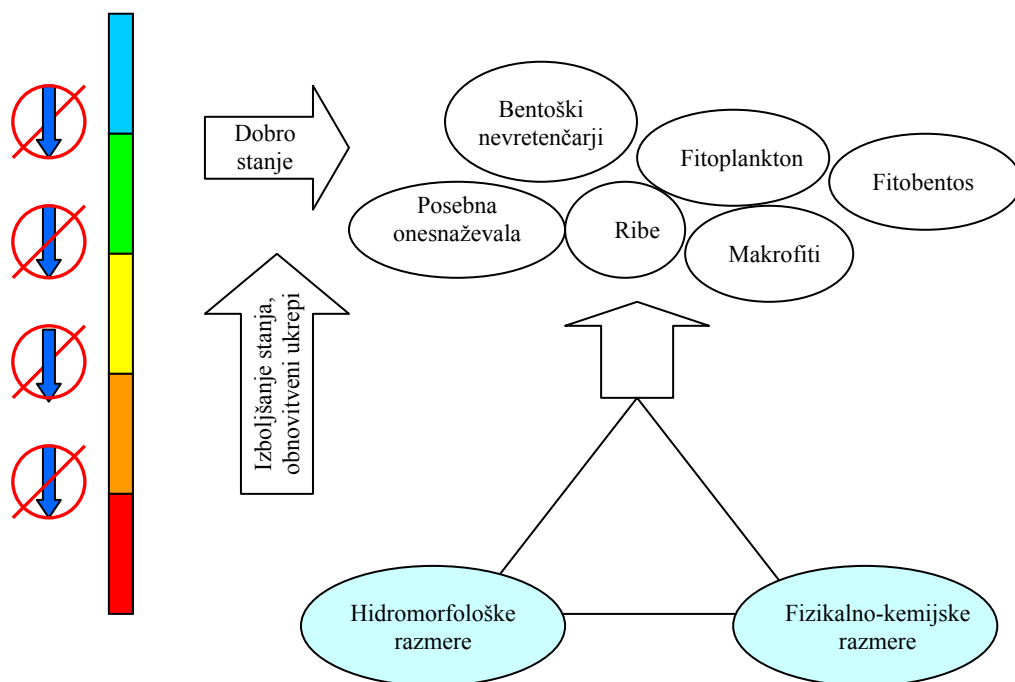
Za določitev dobrega ekološkega stanja je v nadaljevanju potrebna opredelitev referenčnih razmer za posamezne tipe vodnih teles površinskih voda. V opredelitev referenčnih razmer so zajete vse tri skupine elementov kakovosti, ki jih navaja Vodna direktiva; to so biološki, fizikalno-kemijski in hidromorfološki elementi kakovosti (Preglednica 1).

Preglednica 1: Elementi kakovosti (WFD, 2000)

| BIOLOŠKI ELEMENTI                                                                                                                                                                                                    | HIDROMORFOLOŠKI ELEMENTI                                                                                                                                                                                                                                                                                 | KEMIJSKI IN FIZIKALNO - KEMIJSKI ELEMENTI                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sestava in številčnost vodnega rastlinstva</li> <li>- Sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev</li> <li>- Sestava, številčnost in starostna struktura rib</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidrološki režim (količina in dinamika vodnega toka, povezava s telesi podzemne vode)</li> <li>- Kontinuiteta toka</li> <li>- Morfološke razmere (spreminjanje globine in širine reke, struktura in substrat rečne struge, struktura obrežnega pasu)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Toplotne razmere</li> <li>- Kisikove razmere</li> <li>- Slanost</li> <li>- Zakisanost</li> <li>- Stanje hranil</li> <li>- Posebna onesnaževala</li> </ul> |

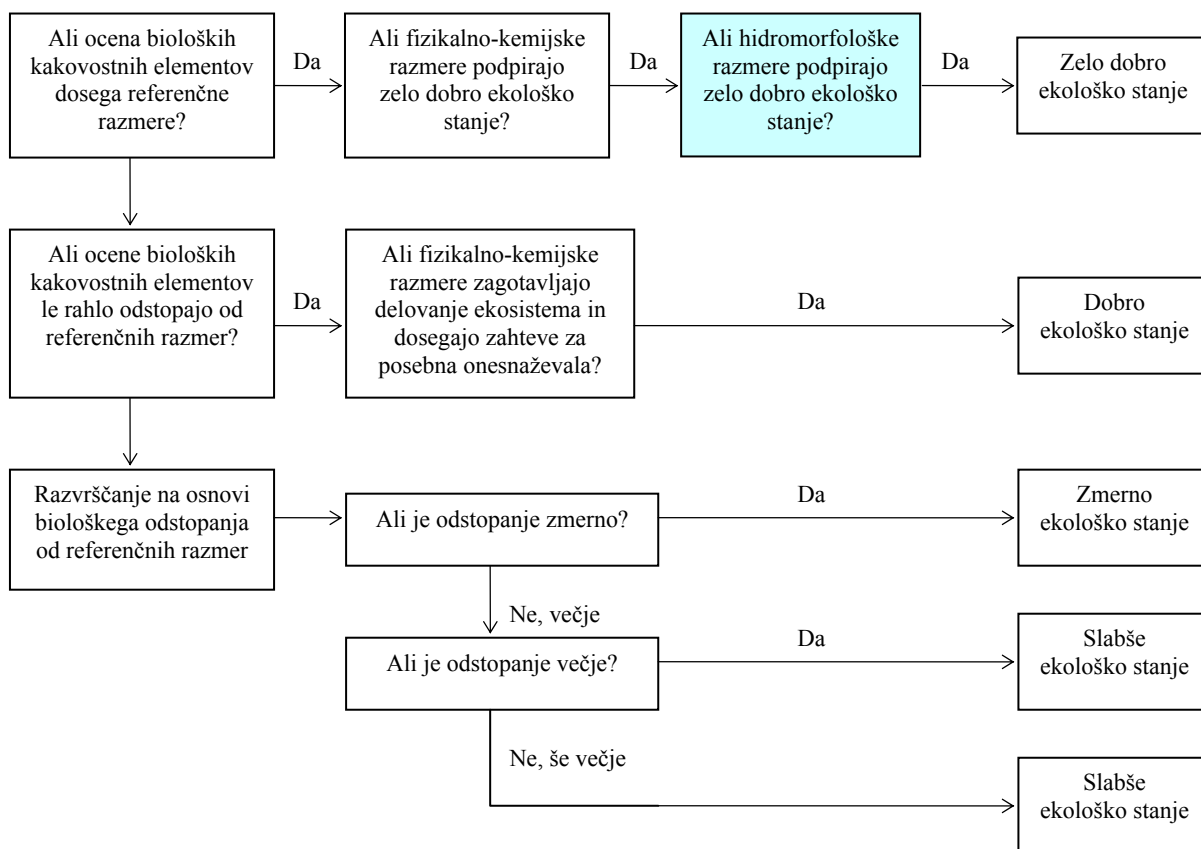
Vsi elementi kakovosti morajo v referenčnem stanju sovpadati z referenčnimi razmerami, ki se odražajo v antropogeno nespremenjenih vodnih telesih ali pa vodnih telesih z zelo majhnimi antropogenimi spremembami. Tako referenčne razmere niso a priori vezane na povsem ohranjena vodna telesa, temveč so znotraj vseh treh skupin dovoljena rahla odstopanja od vzorčne podobe in sicer vse dokler je vpliv spremenjenosti na ekološko stanje vodnega telesa majhen. V splošnem velja, da so referenčne razmere brez vidnih posledic industrializacije, urbanizacije in intenzivnega kmetijstva (CIS, 2003).

Po določitvi referenčnih razmer se opredeli pet razredov ekološke kakovosti in sicer od zelo dobrega do slabega. Zelo dobro ekološko stanje je odraz referenčnih razmer, ki zahtevajo obravnavo vseh treh skupin elementov kakovosti, pri čemer je potrebno upoštevati, da so glavni elementi biološki, fizikalno-kemijski in hidromorfološki pa nastopajo kot podporni elementi (Shema 2).



Shema 2: Elementi kakovosti za opredelitev ekološkega stanja (Owen, 2006)

Določevanje meje med zelo dobrim in dobrim ekološkim stanjem sloni predvsem na dobrem poznavanju razmer z zelo majhnim antropogenim vplivom, medtem ko določevanje meje med dobrim in zmernim stanjem sloni na poznavanju razmer v katerih vlada zmeren antropogen vpliv. Pri opredelitvi dobrega ekološkega stanja, ki pravzaprav ne odstopa bistveno od zelo dobrega ekološkega stanja, se upoštevajo le biološki in fizikalno-kemijski elementi. Za opredelitev vseh ostalih razredov (zmerno, slabše in slabo) pa so pomembni le biološki elementi kakovosti (Shema 3).



Shema 3: Razredi ekološkega stanja in vključevanje elementov kakovosti (CIS, 2003)

Ekološko stanje vodnih teles površinskih voda se nato izrazi z razmerjem ekološke kakovosti, ki predstavlja odnos med vrednostmi bioloških parametrov, ki so opaženi v določenem telesu površinske vode, in vrednostmi teh parametrov v (za to telo) referenčnih razmerah. Razmerje ekološke kakovosti se opredeli kot številčna vrednost med nič in ena, pri čemer zelo dobro ekološko stanje predstavljajo vrednosti blizu ena, slabo ekološko stanje pa vrednosti blizu nič (WFD, 2000).

$$\text{Razmerje ekološke kakovosti} = \frac{\text{opazovani biološki elementi}}{\text{referenčni biološki elementi}}$$

Z določitvijo posameznih razredov kakovosti in številčno opredelitvijo le teh bo omogočena tudi nadaljnja ocena ekološkega stanja posameznih vodnih teles površinskih voda. Za vsa

vodna telesa, ki ne bodo dosegala dobrega ekološkega stanja, bo potrebno opredeliti ukrepe za zagotovitev tega cilja do leta 2015.

Izjeme za doseganje dobrega ekološkega stanja so vodna telesa površinskih voda, ki so znatno spremenjena zaradi fizičnih sprememb, ki jih je povzročilo človekovo delovanje (močno preoblikovana vodna telesa) in vodna telesa, ki jih je ustvaril človek (umetna vodna telesa). Slednja morajo do leta 2015 doseči manj strog okoljski cilj, tj. dober ekološki potencial.

V Sloveniji je že bila izvedena prva določitev vodnih teles površinskih voda (UL RS, 2006). Kot vodno telo površinske vode se pojmuje ločen in pomemben sestavni del površinske vode, kot na primer jezero, vodni zbiralnik, potok, reka ali kanal, del potoka, reke ali kanala, somornica ali del obalnega morja (WFD, 2000). Skupno je bilo določenih 155 vodnih teles, od teh so 3 jezera, 4 morska vodna telesa, 122 vodnih teles na vodotokih, 22 močno preoblikovanih vodnih teles in 4 umetna vodna telesa.

V splošnem velja, da bo potrebno za 129 vodnih teles površinskih voda do leta 2015 doseči vsaj dobro ekološko stanje (DES)(v kolikor ta cilj ni dosežen), za 26 vodnih teles pa vsaj dober ekološki potencial (DEP). Doseganje dobrega ekološkega stanja se bo izvajalo na podlagi obnovitvenih ukrepov, dobrega ekološkega potenciala pa na podlagi omilitvenih ukrepov.

## **2.2 Obnovitveni in omilitveni ukrepi kot sredstvo za doseganje dobrega ekološkega stanja in potenciala**

Kljub temu, da ekološki standardi še niso določeni in merila dobre obnove vodotoka še niso postavljena, so mnoge obnove vodotokov že v teku. Pojem dobra obnova vodotoka je interpretiran zelo različno in močno zaznamovan s subjektivno presojo. Dobra obnova je lahko tista, ki je ekonomsko upravičena, zadovolji potrebe deležnikov, poda estetsko podobo krajine, s posebnimi ureditvami dobro ščiti vso obrežno infrastrukturo, pripomore k boljšemu poznavanju vodotoka preko rekreacijskih in učnih poti, odraža napredek znanosti o obnovah

vodotokov ipd. Pri vseh teh kriterijih manjka temeljni kriterij o ekološko ustrezni obnovi. Ključnega pomena je, da obnova pripomore k dejanskemu ekološkemu izboljšanju.

Predvsem v ZDA so obnove vodotokov doživele pravi razcvet, ki pa je prinesel tudi prve ostre kritike. Številni projekti so povsem nestrokovno podkovani in nimajo izdelanega jasnega koncepta ekološkega izboljšanja vodotokov. Razmak med znanstvenim pristopom obnove vodotoka in praktičnim pristopom je vedno večji, za kar je postavitve okoljskih standardov v prihodnje nujna (Palmer et al., 2005).

Sodobno obnovo vodotoka je potrebno dojemati kot izjemno obsežen proces, v katerega je potrebno vključiti številne dejavnike fizičnega okolja ter upoštevati interakcije med njimi. V proces obnove je potrebno zajeti geologijo, hidrologijo, geomorfologijo, ekologijo in nenazadnje inženirske ukrepe. Izhodišče dobre obnove vodotoka je upoštevanje celovitosti procesa in vključevanje različnih pristopov – od historyčnih analiz do uporabe fizikalno-procesnih matematičnih modelov (Montgomery, 2006).

Obnova vodotokov mora upoštevati pet osnovnih načel (Palmer et al., 2005):

- obnova mora težiti k izoblikovanju dinamičnega in ekološko ustreznega vodotoka, ki je značilen za obravnavani prostor,
- proces obnove vodotoka naj kaže postopno izboljševanje stanja,
- rezultat obnove naj bo samovzdržen vodotok, prožen na zunanje motnje (vplive),
- novonastala škoda zaradi del obnove naj bo čim manjša,
- jasno je potrebno prikazati ekološko stanje vodotoka pred in po obnovi vodotoka.

Osnova za izdelavo obnove vodotoka je poznavanje njegove vzorčne podobe in specifičnih lokalnih značilnosti (Montgomery, 2006). Slednje se pridobijo na podlagi historyčne analize, analize referenčnih mest, empiričnih modelov in klasifikacijskih shem (Palmer et al., 2005).

Historyčne analize je potrebno dojemati predvsem kot vir za opazovanje odzivov vodotoka na motnje, ki so bile ali so prisotne v porečju, in ne kot podobo vodotoka, ki jo mora doseči obnova. Kjer historyčne analize niso na voljo (pa tudi sicer), je pomembno pridobivanje podatkov s popisom čim manj motenih odsekov vodotokov – referenčnih mest (Rheinhardt et al., 1999). Glede na to, da se večina referenčnih odsekov nahaja v zgornjih tekih vodotokov,

je pomembna pravilna interpretacija teh podatkov in uporaba le na sorodnih odsekih. Ti podatki imajo omejeno uporabno vrednost, saj je večina degradiranih vodotokov v spodnjih (nižinskih) tekih.

Kot osnova številnim obnovam vodotokov so tudi klasifikacije vodotokov, ki so večinoma vezane le na specifične karakteristike, na podlagi katerih se presoja, kakšni so odzivi vodotoka na določene motnje. Glede uporabnosti takšnih klasifikacij so mnenja močno deljena (Malakoff, 2004). Klasifikacijske sheme so zelo nazorne, nezahtevne, razumljive širši javnosti in enostavne za uporabo. Prav zato jih lahko aplicirajo številne okoljske agencije, ki pogosto proces obnove osnujejo preveč inspirativno in premalo strokovno. Klasifikacijske sheme same zaobjamejo premajhno razumevanje geomorfologije, hidravlike in hidrologije. Sheme so v splošnem osnovane brez vključitve hidravličnih modelov ali modelov premeščanja plavin, ki pa so osnova dobrega inženirskega ukrepa (Doyle, Miller, Harbor, 1999). Zato je potrebno klasifikacijske sheme razumeti kot pristop z omejeno uporabnostjo. So bistvenega pomena za začetno poznavanje problematike, vendar pri konkretnih obnovah nujno potrebujejo nadgradnjo z empiričnimi ali pa matematičnimi fizikalno-procesnimi modeli.

Kombinacija zgoraj navedenih pristopov je osnova dobre obnove, ki je že sicer omejena s številnimi zunanjimi dejavniki kot so raba tal v porečju, stopnja obremenitve, obstoječa infrastruktura, zahteve in potrebe deležnikov in nenazadnje sam strošek obnove. Pri tem je potrebno upoštevati, da obnova ni trenutni ukrep, temveč proces, ki mora postopno kazati ekološko izboljšanje. Cilj obnove je samovzdržen vodotok v katerem je zagotovljeno dinamično ravnoesje, torej ravnoesje med dotokom plavin, premerom zrna, padcem dna struge ter pretokom, ki ga je podal Lane (Fogg, Wells, 1998).

Glede na to, da so v proces obnove zajeti tudi grobi inženirski ukrepi je potrebno upoštevati prvo načelo obnove vodotokov – izogibati se dodatnim obremenitvam in škodi (Leopold, 1948) ter v vodotoku pustiti kvečjemu kratkotrajne sledi obnove. V nadaljevanju je potrebno izdelati primerjavo stanja pred in po obnovi ter jasno prikazati pozitivne in negativne rezultate, ki morajo biti dosegljivi tako na regionalnem, državnem kot meddržavnem nivoju (Nienhuis, Gulati, 2002). Le s takšnim pristopom in strogo presojo rezultatov oziroma

ekološkega izboljšanja se lahko zagotavljajo ekološko vedno bolj uspešne obnove vodotokov (Palmer et al., 2005).

## **2.3 Referenčne razmere**

### **2.3.1 Pristopi in kriteriji za opredelitev referenčnih razmer**

Izhodišče za vse nadaljnje morebitne obnovitvene (omilitvene) ukrepe je poznavanje referenčnega stanja oziroma vzorčne podobe vodotoka. Referenčne razmere se po Vodni direktivi lahko določijo na podlagi prostorskega pristopa (vzorčenje na terenu), modeliranja, zgodovinskih podatkov, paleolimnoloških podatkov, strokovnega mnenja ali pa na podlagi kombinacije pristopov. Vrsta pristopa je odvisna od količine in kakovosti že obstoječih podatkov ter uporabnosti posameznih pristopov.

Določanje referenčnih razmer na podlagi zgodovinskih in paleolimnoloških podatkov je uporabno predvsem na območjih, kjer so antropogeni posegi močno spremenili prvotno stanje in so referenčne razmere nerazpoznavne. Povsem drugačen je pristop z modeliranjem referenčnega stanja, ki pa se pogosto izkaže kot težko izvedljiv, saj so vhodni podatki lahko pomanjkljivi in/ali težko dostopni in/ali nekvalitetni. Tudi pristop na podlagi strokovnega mnenja je vprašljiv, saj je vanj vpleten subjektiven faktor, ki pogosto ne zajame zadovoljive dinamičnosti, naravne spremenljivosti in pestrosti naravnih ekosistemov. Strokovno mnenje je smiselno uporabiti predvsem v kombinaciji z drugimi navedenimi pristopi.

V primeru, da obstoječih podatkov ni na voljo, razpolagamo pa z ohranjenimi oziroma nespremenjenimi (referenčnimi) odseki vodotokov, se kot najprimernejši izkaže prostorski pristop z vzorčenjem na terenu. Slednji omogoča prepoznavanje naravne raznolikosti oziroma pestrosti, ki je prostorsko (lokalno) značilna. Kot slabost tega pristopa je izdelava zelo obsežne baze podatkov, ki je osnova dobremu poznavanju naravne raznolikosti (CIS, 2003).

V slovenskem prostoru bodo referenčne razmere določene s prostorskim pristopom oziroma vzorčenjem na terenu. Pri tem je bilo sprva potrebno določiti kriterije za opredelitev pojma

referenčni odsek. Tako je odsek vodotoka lahko definiran kot referenčni odsek samo v primeru izpolnjevanja sledečih kriterijev (Urbanič, Smolar-Žvanut, 2005):

- referenčni odsek mora imeti zadostno dolžino (slednja je določena na podlagi velikosti prispevne površine),
- hidromorfološko stanje referenčnega odseka mora po Kategorizaciji vodotokov po ekomorfološkem pomenu (VGI, 2002) dosegati 1. ali 1.-2. razred,
- odvzem vode, gorvodno od referenčnega mesta, mora biti manjši od 10% naravnega pretoka,
- ohranjena mora biti naravna obrežna vegetacija, ki ustreza tipu in geografski legi vodotoka,
- poplavne ravnice referenčnih odsekov ne smejo biti spremenjene zaradi človekove dejavnosti, temveč izražajo tako prečno kot vertikalno povezanost s strugo vodotoka,
- delež naravnih površin zaledja referenčnega odseka mora biti večji od 70% ali pa večji od 50%, če v območju 50 m od robov struge ali dvojne širine struge ni kmetijskih in urbanih površin,
- na referenčnem odseku ni nobenega točkovnega vira onesnaženja in ni znanih virov onesnaženja ali obremenitev s posebnimi sintetičnimi in nesintetičnimi onesnaževali,
- glede na pripadnost referenčnega odseka hidroekorgiji ne smejo biti presežene določene vrednosti saprobnega indeksa,
- ni vpliva tujerodnih vrst vodnih organizmov in ni vpliva ribištva (ali pa je ta zelo majhen),
- ni množične rekreacije.

### **2.3.2 Hidromorfološki referenčni odseki**

Za opredelitev hidromorfoloških referenčnih odsekov mora biti izpolnjen kriterij uvrstitve odseka v 1. ali 1.-2. razred po Kategorizaciji vodotokov po ekomorfološkem pomenu (VGI, 2002). V omenjeni kategorizaciji so vodotoki opredeljeni glede na morfološko ohranjenost in razvrščeni v štiri osnovne in tri vmesne »kakovostne« razrede (Preglednica 2, Slika 2). Izhodišče kategorizacije je stopnja preoblikovanosti struge, pri čemer se upoštevajo tako neposredni kot posredni vplivi.



V kategorizacijo so bili vključeni vodotoki, ki okvirno ustrezajo enemu izmed naslednjih osnovnih meril:

- dolžina vodotoka je v splošnem večja od 5 km,
- vodotok ima v splošnem stalen pretok in  $Q_{100}$  večji od  $50 \text{ m}^3$ ,
- vodotok je zaznamovan z naravno dediščino,
- na/ob vodotoku je izkazan interes rabe ali so predvideni različni posegi, ki vplivajo na ohranjenost oziroma morfološko stanje,
- izjeme.

Preglednica 2: Razredi morfološke ohranjenosti vodotokov po Kategorizaciji vodotokov po ekomorfološkem pomenu (EMK)

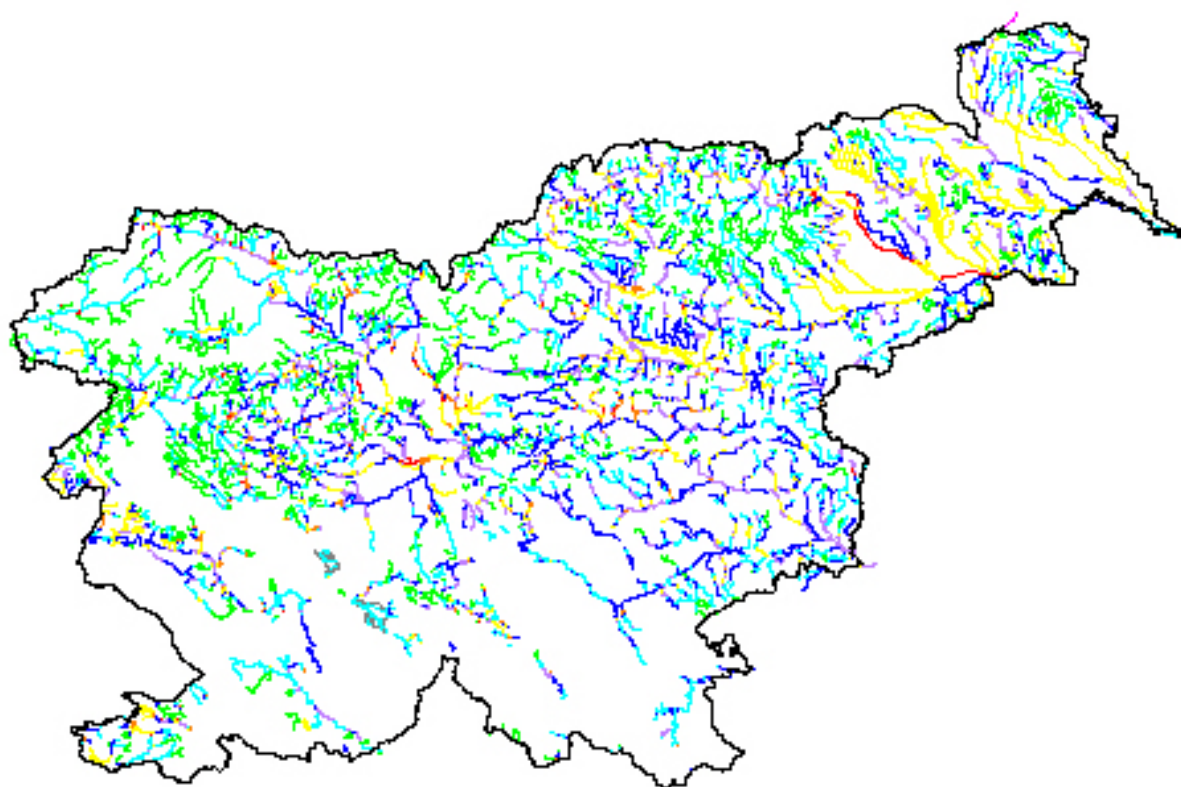
| Razred | Opisno ime                    | Primernost razreda                               |
|--------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1.     | Naraven vodotok               | Odseki primerni za oceno HM referenčnih razmer   |
| 1.-2.  | Zelo malo spremenjen vodotok  |                                                  |
| 2.     | Malo spremenjen vodotok       | Odseki neprimerni za oceno HM referenčnih razmer |
| 2.-3.  | Zmerno spremenjen vodotok     |                                                  |
| 3.     | Občutno spremenjen vodotok    |                                                  |
| 3.-4.  | Močno spremenjen vodotok      |                                                  |
| 4.     | Zelo močno spremenjen vodotok |                                                  |

Vodotok oziroma odsek vodotoka dosega prvi razred, če je popolnoma naraven in sta tako izgled kot delovanje nemotena. To pomeni, da ni prisotnih človekovih neposrednih fizičnih posegov in ni posrednih vplivov poseganja, ki bi vplivali na morfološke spremembe.

Vodotoki oziroma odseki, ki niso bistveno moteni, so pa zaznamovani s posegi v prostoru, dosegajo vmesni prvi do drugi razred. Posegi so manjši (npr. prepusti pod potmi ali gozdnimi cestami) in nimajo neposrednega vpliva na delovanje vodotoka oziroma je poseg izrazito lokalnega pomena. Ta razred dosegajo tudi vodotoki, pri katerih se posredni vplivi odražajo v neznatnih vidnih krajinskih motnjah (npr. kadar cesta poteka vzporedno z vodotokom, vendar nanj vpliva le na krajših-nekaj metrov dolgih odsekih, ko se cesta približa vodotoku in je

zaradi tega odstranjeno le kakšno drevo ali posut gruč s ceste), se opazijo vplivi povirja ali gorvodnih odsekov (odvzem vode oziroma druge spremembe odtočnega režima, zadrževanje plavin, regulacije), ki le malo spremenijo naravno rečno dinamiko, so zaznamovani z razredčeno obrežno vegetacijo oziroma so obdani z ozkim pasom obrežne vegetacije, medtem ko zaledje zaznamujejo ekstenzivne travniške in njivske površine.

V ta vmesni razred sodijo tudi vodotoki v območjih derivacije, ki so morfološko povsem naravno ohranjeni in izgubo vode zelo hitro nadoknadijo s pritoki na obravnavanem odseku.



Slika 2: Prikaz morfološke ohranjenosti vodotokov po EMK (VGI, 2002)

Podrobnejši opis 1. razreda (ki vključuje tudi vmesni 1.-2. razred) je podan v nadaljevanju preglednici (Preglednica 3).

Preglednica 3: Značilnosti vodotokov 1. razreda po EMK (Bratina Jurkovič, 1999)

| Kategorija                                                                                              | Opis 1. razreda                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Morfologija struge</b>                                                                               | Naraven potek, opazni meandri                                                                              |
| <b>Dno</b>                                                                                              | Razgibano                                                                                                  |
| <b>Struga</b>                                                                                           | Zelo strukturirana                                                                                         |
| <b>Brežina</b>                                                                                          | Stabilna                                                                                                   |
| <b>Globina vode</b>                                                                                     | Spreminjajoča; struga je členjena po vsej dolžini; menjavanje tolmunov in prodišč                          |
| <b>Hitrost vode</b>                                                                                     | Spreminjajoča                                                                                              |
| <b>Pregrade</b>                                                                                         | Horizontalno in vertikalno členjene (do 50 cm); naravni materiali                                          |
| <b>Vodni pojavi</b> (skale, kamni, pesek, prodišča, tolmini, brzice, soteske ipd.)                      | Številni                                                                                                   |
| <b>Ekosistemi</b>                                                                                       | Primarni, neokrnjeni habitati                                                                              |
| <b>Živalstvo v vodi in ob njej</b>                                                                      | Primarni, neokrnjeni habitati                                                                              |
| <b>Rastlinstvo v vodi</b>                                                                               | Velika pestrost                                                                                            |
| <b>Rastlinstvo ob vodi</b>                                                                              | Zastopane značilne avtohtone vrste, vsi razvojni stadiji, pestra zastopanost vrst; gosta, sklenjena zarast |
| <b>Rastlinstvo-širši prostor</b>                                                                        | Prisotnost avtohtonih vrst, sklenjenost, razvit gozdni rob                                                 |
| <b>Grmovna zarast</b>                                                                                   | Avtohtone vrste, sklenjena zarast, več drevesnih in grmovnih vrst, na obrobju travne in zeliščne vrste     |
| <b>Obvodno rastlinstvo-kontaktna cona, razčlenjenost</b>                                                | Širok vegetacijski pas ob vodotoku, pestra vrstna sestava, nelinearne oblike                               |
| <b>Vidne likovne vrednosti (strukturna členjenost); notranja členjenost vodotoka</b>                    | Številni geomorfološki pojavi, pestra zgradba                                                              |
| <b>Krajinske sestavine kot oblike (ploskovne, prostorninske, linijske)</b>                              | Številne in pestre                                                                                         |
| <b>Tonska vrednost</b>                                                                                  | Čista, jasna barva                                                                                         |
| <b>Tekstura</b>                                                                                         | Več različnih tekstur                                                                                      |
| <b>Ritem v krajinski strukturi</b>                                                                      | Harmoničen                                                                                                 |
| <b>Vidni prostorski red, kontrasti</b>                                                                  | Organski red, številni kontrasti                                                                           |
| <b>Krajinski vzorec</b>                                                                                 | Značilen vodni krajinski vzorec                                                                            |
| <b>Prisotnost posegov v obvodnem prostoru</b> (poti, ceste, infrastruktura, urbana področja, kamnolomi) | Ni posegov v prostor                                                                                       |
| <b>Prisotnost intenzivnega kmetijstva</b>                                                               | Ni v bližini                                                                                               |
| <b>Prisotnost intenzivnih dejavnosti</b> (rekreacija, turizem, ribištvo)                                | Ni v bližini                                                                                               |

## 2.4 Popis hidromorfoloških referenčnih razmer

Celostno podobo vodotoka in njegovega stanja poleg bioloških in fizikalno-kemijskih podajajo tudi hidromorfološki kakovostni elementi. Znotraj slednjih se odraža predvsem fizična struktura vodotoka, ki se spreminja v odvisnosti od številnih dejavnikov. Prevladujoči so (Church, 1992):

- lastnost podlage in geološke lastnosti obrežnega dela,
- količinska in časovna razporeditev pretokov,
- značilnosti plavin ter njihova količinska in časovna razporeditev,
- klimatske značilnosti (še posebej obdobja zelo nizkih temperatur in suš),
- značilnosti obrežne vegetacije,
- raba zemljišč in antropogeni posegi v povodju.

Kot rezultat naštetih dejavnikov se izoblikujejo HM raznoliki vodotoki, ki so glede na glavne značilnosti oziroma podobnosti združeni v HM tipe. Poznavanje slednjih je ključnega pomena za upravljanje z vodotoki, saj se različni tipi na obremenitve odražajo povsem različno.

HM kakovostni elementi, navedeni v Vodni direktivi (Preglednica 4), so elementi, ki se navezujejo na ekološko stanje vodotoka in so podporni elementi biološkim elementom kakovosti. V splošnem velja, da je v vodotoku z dobrimi oziroma ohranjenimi HM kakovostnimi elementi, pričakovati tudi dobro ekološko stanje.

Preglednica 4: HM kakovostni elementi (WFD, 2000)

| HM kakovostni elementi          |                    |                                |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| HIDROLOŠKI REŽIM                | KONTINUITETA TOKA  | MORFOLOŠKE RAZMERE             |
| Dinamika vodnega toka           | Premeščanje plavin | Spreminjanje globine in širine |
| Količina vodnega toka           | Selitev organizmov | Struktura in substrat struge   |
| Povezava s telesi podzemne vode |                    | Struktura obrežnega pasu       |

Vsi HM kakovostni elementi imajo ekološki pomen in soustvarjajo ekološko podobo vodotoka. Znotraj hidrološkega režima se količina in dinamika vodnega toka ter povezava s telesi podzemne vode odražajo predvsem kot pomembni dejavniki za življenje različnih

združb in potek procesov v vodotoku. Hidrološki režim se tesno navezuje tudi na preostala dva HM kakovostna elementa, saj vpliva tako na biotske kot abiotske procese.

Osrednji HM kakovostni element je kontinuiteta toka, ki se predstavlja predvsem nemoteno premeščanje plavin in selitev organizmov. Zagotovljena kontinuiteta toka je prvi pogoj za ohranjanje ali ponovno vzpostavitev naravnih procesov v vodotoku. Vodotoki, za katere je značilna motena oziroma prekinjena kontinuiteta, v splošnem kažejo ekološko ohromljenost ter vidno spremenjenost naravnega hidrološkega režima in morfoloških razmer. Z motnjo kontinuitete so najpogostejše povezani problemi porušitve dinamičnega ravnovesja struge, ki se kažejo kot poglobljanje ali zaprojanje vodotoka. Opazne so tudi spremembe v bioloških procesih, ki pogosto zahtevajo prekinitev samočistilne sposobnosti vodotoka ter zmanjšanje biodiverzitete vodne in obvodne flore in favne.

Tretji HM kakovostni element, morfološke razmere, obravnava predvsem habitatno pestrost struge in obrežja. V odvisnosti od habitata se v strugi in njeni neposredni bližini pojavljajo specifične rastlinske in živalske združbe, ki so povezane s številnimi ekološkimi procesi v vodotoku.

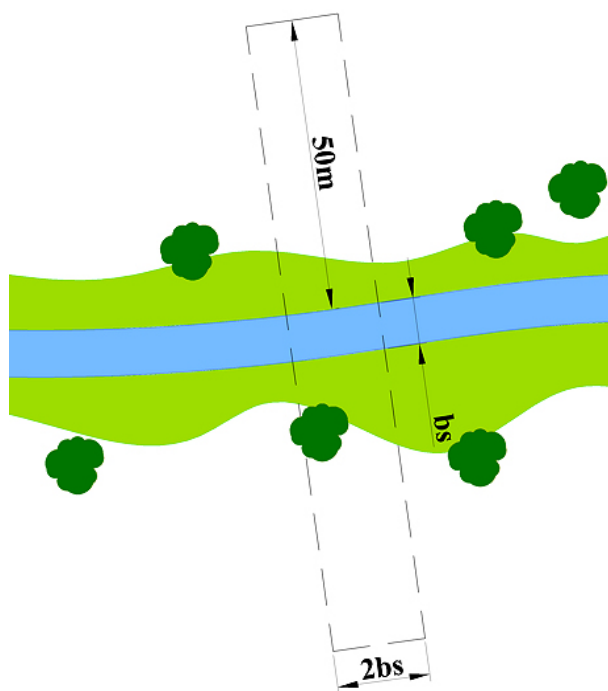
Vsi HM kakovostni elementi so medsebojno močno prepleteni. Interakcije med slednjimi se odražajo v splošni kakovosti vodotoka. Kjer so te interakcije naravne, je za vodotok značilno dinamično ravnovesje struge in naravna biološka pestrost. Takšni vodotoki so pravi ekološki rečni koridorji, ki zagotavljajo visoko kakovost prostora in nenazadnje našega bivalnega okolja.

Glede na to, da je cilj Vodne direktive ohranjati takšne vodotoke oziroma vodotokom, ki ne dosegajo vsaj dobrega ekološkega stanja le tega izboljšati, je poznavanje nespremenjenih HM kakovostnih elementov oziroma HM referenčnega stanja ključno.

HM referenčni odseki imajo ohranjen hidrološki režim in nemoteno kontinuiteto toka, kar se kaže v referenčnih morfoloških razmerah. Značilnosti slednjih se na referenčnih odsekih zajamejo s pomočjo HM popisnega lista, ki zajema vse tri »HM podelemente« morfoloških razmer.

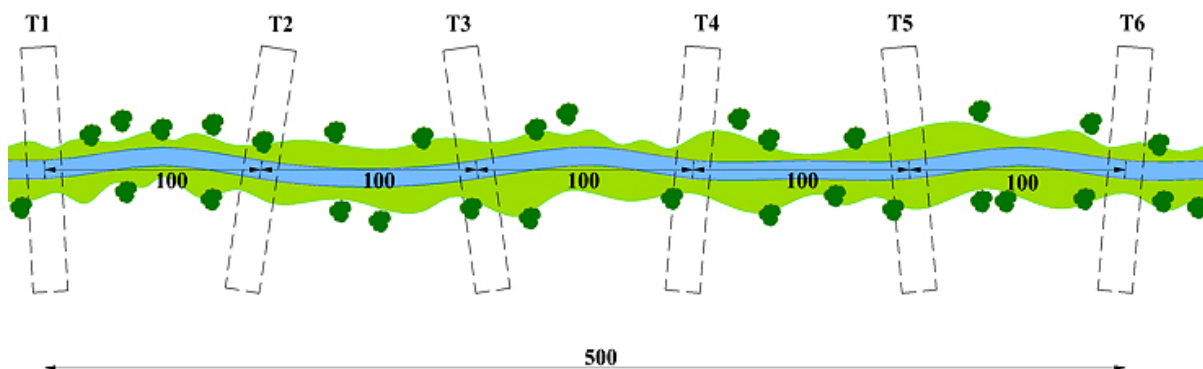
#### 2.4.1 Popis hidromorfoloških referenčnih razmer z metodo transektov

Popis HM referenčnih razmer se na odsekih izvede po metodi transektov, s katero sta obseg in časovna zahtevnost terenskega zajema podatkov ustrezno zmanjšana in optimizirana (Bizjak, 2003). Transekti so opredeljeni kot pravokotni in kartografsko predhodno določeni prečni odseki rečnega koridorja (Slika 3).



Slika 3: Prikaz transeкта

Njihova dolžina je enaka dvakratni širini struge ( $2b_s$ ), širina transeкта pa je določena kot vsota širine struge in obrežnega (pobrežnega) pasu, ki se na vsaki strani razprostira v območju 50 m. Razdalja med posameznimi transekti oziroma njihovimi osmi je konstantna in znaša 100 m. Znotraj HM referenčnega odseka (ki je bil kot proučevana enota privzet v raziskavi) je popisanih 6 transektov, prvi in zadnji transekt predstavljata začetek in konec odseka (Slika 4).



Slika 4: Prikaz referenčnega odseka s transekti

## 2.5 Hidromorfološki popisni list

HM popisni list je v splošnem del vsake metode s katero se lahko opiše oziroma oceni HM stanje vodotokov. Metode (in s tem popisni listi) se med seboj razlikujejo predvsem po vrsti HM dejavnikov, ki jih zajemajo, po načinu in natančnosti popisa, po dolžini popisnih odsekov in v nadaljevanju tudi po sistemih ocenjevanja, HM ocenah in razponih med HM kakovostnimi razredi (Bizjak, 2003).

Z namenom, da se poiščejo ključne HM spremenljivke, ki opredeljujejo stanje vodotoka, je bil tekom izdelave slovenske Sinteze metode za oceno HM stanja (Bizjak, 2003) izdelan HM popisni list z zelo širokim naborom HM spremenljivk. Slednje so bile privzete iz metod, ki so v svetu dobro poznane in uporabljene:

- švedska The Riparian, Channel and Environmental Inventory (RCE) (Petresen, 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).

Popisni list izdelan znotraj Sinteze metode je bil osnova za izdelavo referenčnim odsekom prirejenega popisnega lista. V slednjem so bile izločene vse spremenljivke, ki imajo

antropogen značaj, dodane pa spremenljivke, ki zagotavljajo boljšo prepoznavnost posameznih HM tipov referenčnih odsekov. Nove spremenljivke so bile ali povzete po drugih tujih metodah za ocenjevanje HM stanja ali pa so bile dodatno vključene na podlagi izkušenj s terena.

HM popisni list (Priloga 1) je prirejen popisu HM referenčnega stanja na vodotokih, katerih velikost prispevne površine se giblje med 10 in 100 km<sup>2</sup>. Za slednje je po kriterijih za izbor referenčnih odsekov določena dolžina odseka, ki znaša 500 m. V primeru večje prispevne površine bi bilo potrebno v skladu s kriteriji določiti daljše referenčne odseke (Urbanič, Smolar-Žvanut, 2005), s tem pa tudi število transektov in njihovo medosno razdaljo.

Glede na to, da so v nalogi obravnavani referenčni odseki dolžine 500 m, je HM popisni list prirejen popisu šestih transektov znotraj odseka. Podatki o odseku in spremenljivke znotraj transeкта so v popisnem listu razdeljeni v več vsebinskih sklopov:

- splošni podatki o referenčnem odseku,
- podatki o količini in dinamiki vodnega toka,
- podatki o morfoloških razmerah (merljive in opisne HM spremenljivke),
- skice in posebnosti posameznih transektov.

V prvem sklopu se opredelijo povsem splošni podatki, ki so skupni vsem transektom. Znotraj teh se določi lokacija odseka, pripadnost bioregiji in krajinski enoti, značilnosti pogojene z geografsko lego odseka, velikostni razred odseka ter čas popisa. Nekoliko bolj splošen je tudi zadnji sklop, ki obsega le skico transeкта in označbo morebitnih posebnosti transektov. Ostali sklopi so prirejeni popisu HM kakovostnih elementov, ki jih navaja Vodna direktiva. V drugem sklopu je tako deloma obravnavan prvi HM kakovostni element – količina in dinamika vodnega toka, v tretjem sklopu pa so členjene HM spremenljivke v okviru tretjega HM kakovostnega elementa – morfoloških razmer. V popisnem listu ni podrobneje zajet element kontinuiteta toka, saj je privzeto, da kontinuiteta toka v referenčnih odsekih ni motena, kar se kaže v referenčnih morfoloških razmerah.



### 2.5.1 Splošni podatki o hidromorfološkem referenčnem odseku

Vsak referenčni odsek je zaznamovan z imenom, šifro, bioregijo (Urbanič, 2006) in krajinsko enoto (Marušič, 1998 a, b, c, d, e) ter podrobneje opisan z začetno koordinato in nadmorsko višino. Določijo se tudi geološka podlaga, višinski pas in količina padavin, ki je značilna za obravnavano območje. Glede na strugotvorno širino ( $b_s$ ) se opredeli velikostni razred referenčnega odseka (Preglednica 5), na podlagi šifranta padavinskih območij Republike Slovenije (Šraj, 2001) pa velikost prispevne površine.

Preglednica 5: Velikostni razred vodotoka glede na širino

| $b_s$ (m) | Razred |
|-----------|--------|
| 1-5       | 1      |
| 5-10      | 2      |
| 10-15     | 3      |
| > 15      | 4      |

Pri popisu je v sklopu splošnih podatkov izjemno pomembno navesti tudi datum popisa in ime popisovalca, saj je le na takšen način popis stanja tudi časovno opredeljen.

### 2.5.2 Podatki o količini in dinamiki vodnega toka

S podatki o količini in dinamiki vodnega toka v splošnem upravlja Agencija Republike Slovenije za okolje. Opazovalne in avtomatske opazovalne postaje, ki spremljajo dnevni potek pretokov, so locirane le na večjih slovenskih vodotokih. Dnevno so dosegljivi podatki o pretokih, višini vode, temperaturi in decilu pretoka za 26 opazovalnih in 28 avtomatskih opazovalnih postaj ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si)). Bistveno večja mreža (preko 150 vodomernih postaj) je mreža vodomernih postaj preko katerih se pridobivajo le mesečne in letne vrednosti pretokov. Na slednjih so merjeni minimalni mesečni ter letni povprečni in konični pretoki, srednji mesečni in letni pretoki ter maksimalni mesečni ter letni povprečni in konični pretoki. Obdobje vzorčenja je za vodomerne postaje zelo različno, na nekaterih se stanje spremlja vse od leta 1928 dalje (Soča / Log Čezsoški).

Delež vodomernih postaj, ki so locirane na referenčnih odsekih vodotokov s prispevno površino med 10 in 100 km<sup>2</sup> je majhen, zato pogosto količina in dinamika vodnega tokata ne moreta biti sočasno določeni. Prav tako je otežena opredelitev dinamike vodnega toka na podlagi poznanega pretočnega režima.

V Sloveniji je bilo določenih 8 pretočnih režimov, ki so poimenovani glede na pokrajinsko enoto za katero so značilni, in vodni vir, s katerim se vodotoki napajajo. Ti so (Hrvatin, 1998):

- sredozemski dežni,
- dinarski dežno-snežni,
- dinarsko-alpski dežno-snežni,
- panonski dežno-snežni,
- alpski dežno-snežni,
- alpski sredogorski snežno-dežni,
- alpski visokogorski snežno-dežni,
- alpski snežni.

Pretočni režimi so bili določeni za 57 slovenskih vodotokov, pri čemer je potrebno upoštevati, da imajo nekateri slovenski vodotoki (Sava, Savinja, Soča in Ljubljana) več kot en pretočni režim. Pretočni režimi, ki niso neposredno določeni za vodotoke s HM referenčnimi razmerami, se določijo na podlagi pokrajinske opredelitve (alpska, panonska, dinarska, sredozemska regija) in bližine oziroma podobnosti vodotoku z že določenim pretočnim režimom.

Med podatke o količini in dinamiki vodnega toka je vključen tudi podatek o minimalnih letnih specifičnih pretokih z 20-letno povratno dobo, ki je določen za celotno Slovenijo (Brilly et al., 2001).

### **2.5.3 Podatki o morfoloških razmerah**

V tem sklopu HM popisnega lista so podatki deljeni na merljive in opisne HM spremenljivke in so v sosledju, ki ga navaja Vodna direktiva: spreminjanje širine in globine vodotoka, struktura struge in substrata, struktura obrežnega pasu. Podatki so določeni za vsak posamezni transekt.

#### **2.5.3.1 Merljive HM spremenljivke morfoloških razmer**

Merljive HM spremenljivke se izmerijo s pomočjo osnovnega HM pribora: GPS navigacije, geodetske late, elektronskega razdaljemera, merilnega traku in padomera.

##### **2.5.3.1.1 Spreminjanje širine in globine vodotoka**

V transektu se s pomočjo geodetske late in elektronskega razdaljemera določijo strugotvorna širina, širina urezane struge, globina vode v času popisa in globina urezane struge. Nadaljnja opredelitev spreminjanja strugotvorne širine in globine vodotoka se določi z izračunom absolutnih mer variabilnosti (variacijski razmik in standardni odklon) ter se opredeli v enega izmed petih stopenjskih razredov (zelo veliko, veliko, zmerno, majhno in zelo majhno oziroma neopazno).

##### **a) Strugotvorna širina vodotoka in njeno spreminjanje**

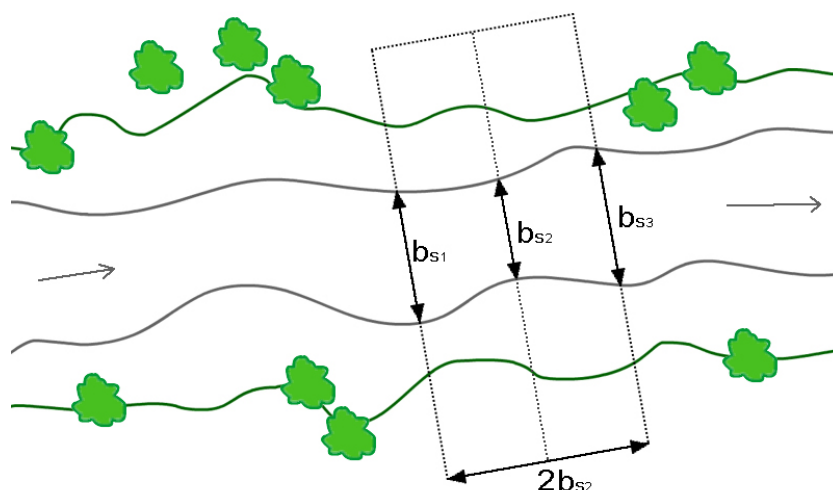
Strugotvorna širina vodotoka je širina vodotoka v času strugotvornega pretoka. Strugotvorni pretok je pretok pri katerem ni prelivanja čez brežine (Mikoš et al., 2002) in se pojavlja s povratno dobo 1,5 – 2,5 let (Church, 1992). Pri tem pretoku je tudi vzdrževanje ravnovesja struge najbolj učinkovito. Strugotvorna širina je širina vodotoka znotraj katere se v splošnem premeščajo plavine, ustvarjajo ali pomikajo prodišča, izoblikujejo ali preoblikujejo rečni zavoji in meandri.

Kot indikatorji za določanje strugotvorne širine se pojavljajo (Rosgen, 1994):

- prisotnost poplavne ravnice,

- HM oblike, ki so rezultat odlaganja sedimenta (prodišča v zavoju, sredinska prodišča ipd.)
- sprememba naklona brežine in/ali sprememba v porazdelitvi sedimenta,
- sprememba barve sedimenta,
- koreninski prepleti, ki kažejo izpostavljenost eroziji,
- lišaji in druge značilne vrste obrežne vegetacije.

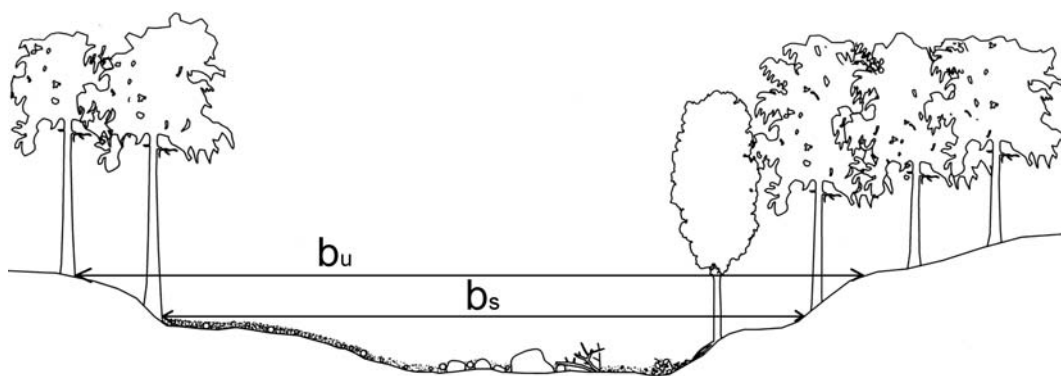
Strugotvorna širina se znotraj transeкта izmeri trikrat (Slika 5), in sicer na vsaki tretjini transeкта ( $b_{s1}$ ,  $b_{s2}$  in  $b_{s3}$ ), v dolvodni smeri. Na podlagi 18 meritev strugotvorne širine (3 meritve v vsakem izmed šestih transektov) se za vsak odsek opredeli spreminjanje strugotvorne širine.



Slika 5: Prikaz meritve strugotvorne širine

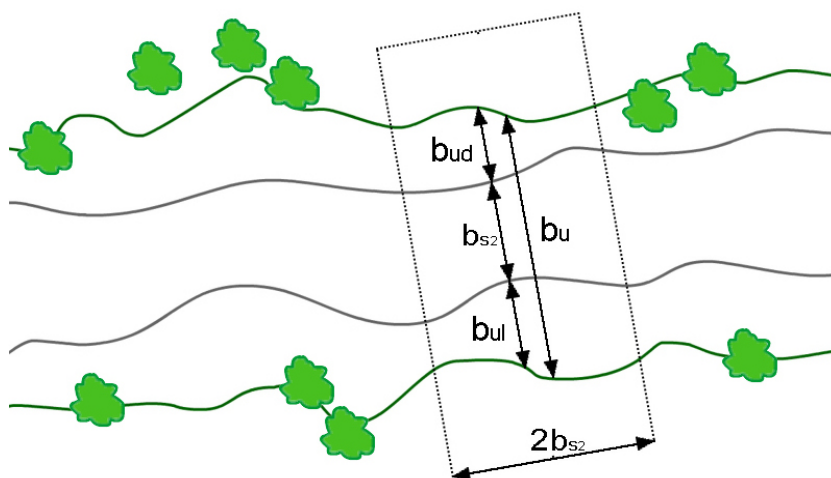
#### b) Širina urezane struge

Širina urezane struge ( $b_u$ ) je širina vidno urezanega poplavnega profila. Indikatorji za določitev te širine so predvsem značilne vrste obrežne vegetacije, HM obrežni nizi (zastala voda, obtok, mrtvica ipd.) in vrh brežine (Slika 6).



Slika 6: Širina urezane struge in strugotvorna širina vodotoka

Širina urezane struge se znotraj transekta izmeri na obeh straneh strugotvorne struge (Slika 7). Celotna širina je tako vsota širine levega ( $b_{ul}$ ) in desnega ( $b_{ud}$ ) območja urezane struge ter širine strugotvorne struge ( $b_s$ ).

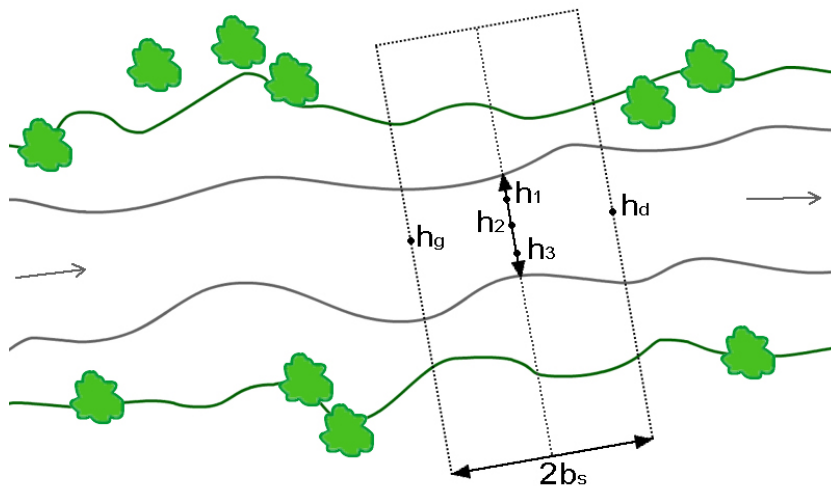


Slika 7: Meritev širine urezane struge

#### c) Globina vode v času popisa

Globina vode se izmeri v točkah prečne četrtinske ( $h_1, h_2, h_3$ ) in vzdolžne tretjinske ( $h_g, h_d$ ) razdelitve vodnega ogledala v transektu (Slika 8). Na podlagi globine v točkah prečne razdelitve se izračuna povprečna globina vode, vse meritve (5 meritev globin/transekt

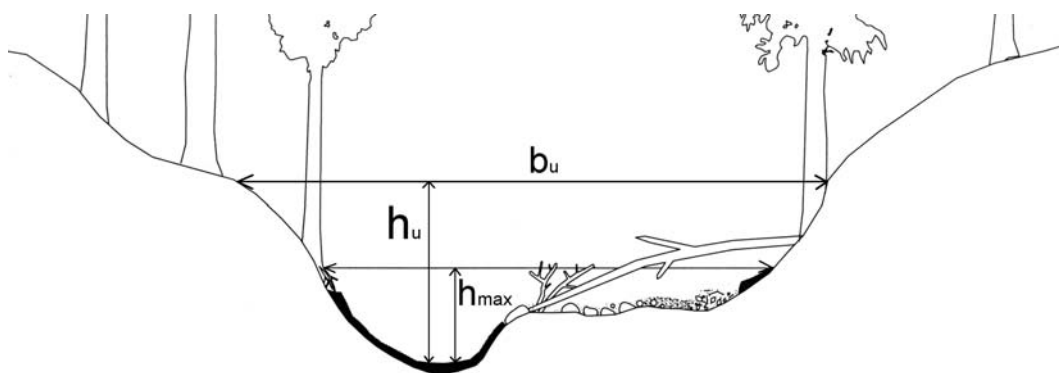
oziroma 30 meritev/odsek) pa so vključene v opredelitev spreminjanja globine v celotnem odseku.



Slika 8: Meritev globine v času popisa

d) Globina urezane struge

Globina urezane struge ( $h_u$ ) je vsota največje izmerjene globine v transektu ( $h_{max}$ ) in višine brežine ( $h_b$ ), ki je opredeljena s širino urezane struge (Slika 9).



Slika 9: Meritev globine urezane struge

### 2.5.3.1.2 Struktura struge in substrata

#### a) Količnik širine in globine struge

Količnik ( $b_u/h_u$ ) je pokazatelj oblike prečnega prereza, saj velik količnik kaže na izjemno širok in plitev profil, majhen količnik pa na ozek in globok profil. Izračunan je kot širina urezane struge ( $b_u$ ) deljena s pripadajočo globino ( $h_u$ ) (Slika 9).

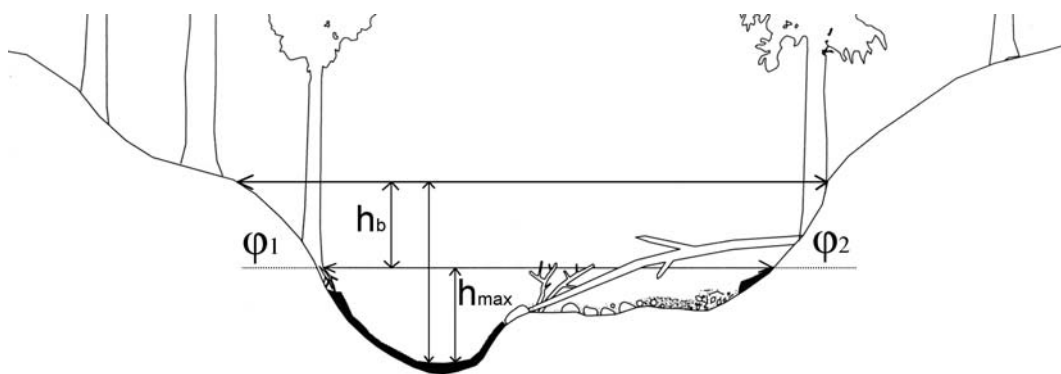
#### b) Količnik urezanosti struge

Urezanost ( $b_u/b_s$ ) pokaže v kakšnem razmerju sta vodotok in oblika doline (oziroma pokrajine). Kvantitativno je opredeljena kot vertikalna omejenost oziroma stopnja urezanosti vodotoka v dno doline (Kellerhalls, Neill, Bray, 1972). Izračuna se kot razmerje med širino urezane struge in širino strugotvorne struge (Slika 6).

#### c) Višina in naklon brežin

Višina brežine je ločno merjena za levi ( $h_{bl}$ ) in desni ( $h_{bd}$ ) breg struge in sicer od robu strugotvorne širine do vrha vidno urezanega profila. Višina brežine je nato opredeljena kot povprečna vrednost izmerjenih višin ( $h_b$ ).

Naklon brežine se izmeri s pomočjo geodetske late in padomera, prav tako ločeno za obe brežini ( $\varphi_l$ ,  $\varphi_d$ ) (Slika 10).



Slika 10: Meritev višine in naklona brežine

d) Padec dna vodotoka

Padec dna vodotoka (I) je opredeljen kot razmerje med višinsko razliko skrajno gorvodne in dolvodne točke transektu. Merjen je s pomočjo geodetske late in padomera na terenu ter s pomočjo temeljnih topografskih načrtov v kabinetu.

### **2.5.3.2 Opisne HM spremenljivke morfoloških razmer**

Opisne HM spremenljivke se popisujejo na podlagi vizualne ocene stanja v transektu.

#### **2.5.3.2.1 Splošna (reliefna) opredelitev vodotoka**

Opredele se prevladujoč tip reliefa, prevladujoč tip doline in tip vodotoka.

a) Prevladujoč relief

Relief opredeljuje izoblikovanost površja. Zaznamuje ga lahko ravnina, gričevje, hribovje ali gorovje. Kot ravnina se pojmuje večje območje na površju zemlje, za katerega so značilne skromne višinske razlike. Ravnina manjših dimenzij je ravnica. Ravnina je lahko tudi nagnjena in se lahko razprostira na poljubni nadmorski višini. Glede na to se razlikujejo nižavja (uravnan svet do nekako 200 m nadmorske višine) in planote (na višjih nadmorskih višinah). Nekoliko bolj razgiban svet z višinskimi razlikami do okoli 200 m in krajino na nadmorski višini okoli 500 m je gričevnat svet. Krajina z vzpetinami višjimi od 500 m in praviloma nižjimi od 1500 m je hribovita, nad 1500 m pa gorska oziroma visokogorska (Leksikon Geografija, 2001).

Prevladujoč tip reliefa se oceni tako za levi kot desni breg vodotoka, pri čemer se opazuje neposredna reliefna oblika.



## b) Biotski tip vodotoka

V sklopu določitve bioregij je bilo določenih tudi 82 biotskih tipov vodotokov, med njimi tudi 12 posebnih tipov, in sicer (Urbanič, 2006):

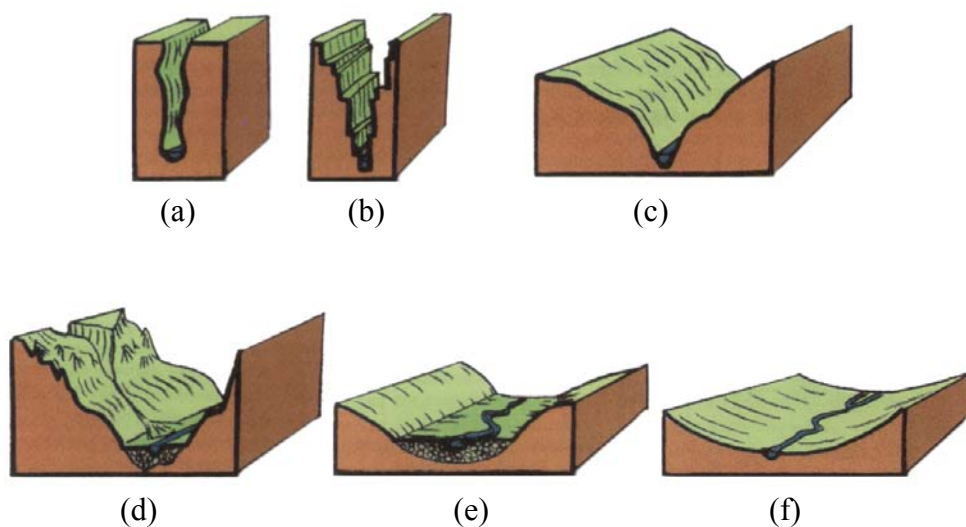
- vodotoki s kraškim izvirom,
- vodotoki z občasnim kraškim izvirom,
- vodotoki z občasnim kraškim izvirom, ki presihajo,
- periodično poplavljeni vodotoki, ki presihajo,
- periodično poplavljeni vodotoki,
- meandrirajoči vodotoki,
- meandrirajoči vodotoki pod kraškim izvirom,
- meandrirajoči vodotoki pod kraškim izvirom, ki presihajo,
- limnokreni izvir,
- somornica,
- iztok iz jezera,
- vodotoki nad 700m.

## b) Tip doline

Tip doline se lahko opredeli glede na prevladujoč proces, prečni prerez, tloris, vzdolžni profil in glede na povezavo med dolinskim tokom in geološko-tektonsko zgradbo okolice. Za opredelitev tipa doline vodotoka je najprimernejša delitev glede na prečni prerez. Slednja v zaporedju zmanjševanja globinske erozije in naraščanja denudacije pobočij doline prepozna sledeče doline (Leksikon Geografija, 2001) (Slika 11):

- vintgar (navpične, deloma celo previsne dolinske stene, brez suhega dolinskega dna),
- soteska (stene so zelo strme do navpične) (a),
- kanjon (soteska z menjavanjem strmih skal in položnih akumulacijskih odsekov) (b),
- V-dolina (prečni prerez v obliki črke V, enakomerno strma do izbočena pobočja, ozko dolinsko dno) (c),
- koritasta ali U-dolina (ledeniško preoblikovana, podobna podanji dolini) (d),
- podanja dolina (zelo široko dolinsko dno in oster pregib na vznožju dolinskih pobočij) (e),

- ploska dolina (izrazito široka, nejasna meja med položnimi in skoraj ravnim dolinskim dnom) (f).



Slika 11: Tipi dolin (Leksikon Geografija, 2001)

#### 2.5.3.2.2 Spreminjanje širine in globine struge

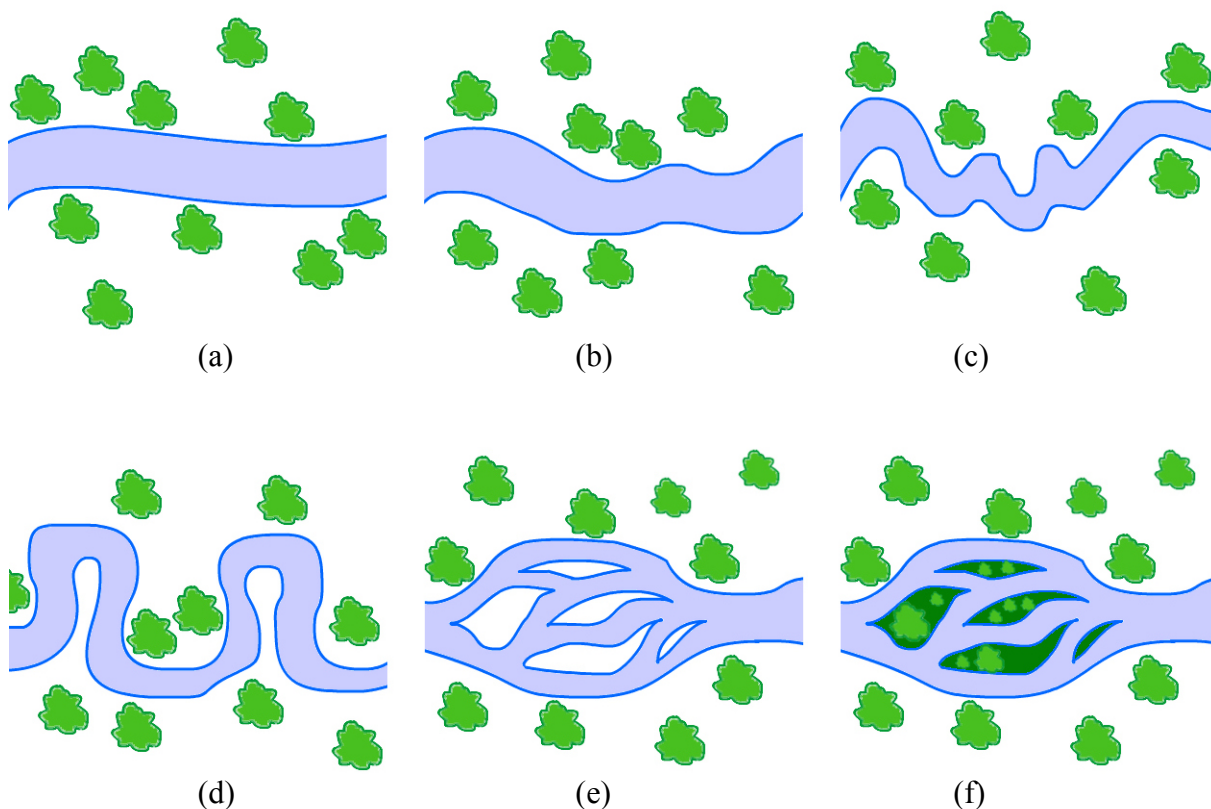
Ne glede na to, da je spreminjanje širine in globine zajeto že v merljivih HM spremenljivkah, se v sklopu opisnih spremenljivk spreminjanje določi še vizualno. Opredeljeno je v enega izmed petih stopenjskih razredov (zelo veliko, veliko, zmerno, majhno in zelo majhno oziroma neopazno).

#### 2.5.3.2.3 Struktura struge in substrata

##### a) Oblika struge

Struga je lahko enojna, razvejana ali razcepljena (Slika 12). Enojne struge se podrobneje delijo glede na vijugavost in sicer na: ravne ali rahlo vijugaste, neizrazito vijugaste, izrazito vijugaste in meandrirajoče struge. Povsem drugačne od enojne struge so razvejane in razcepljene struge. Razvejana struga se mestoma deli in nato ponovno združi. Posamezne struge so medsebojno ločene z nestabilnimi (mobilnimi) prodišči in otoki. Substrat je v

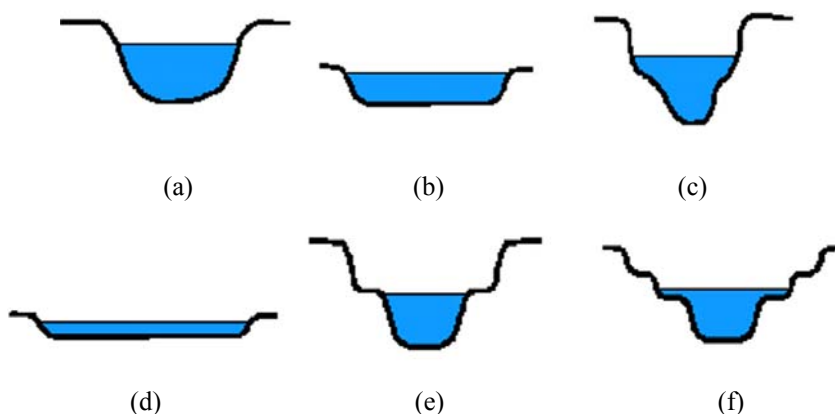
splošnem grob (prod in pesek), strugotvorna višina pa težko določljiva. Razcepljene struge se od razvejanih ločijo predvsem po stabilnih otokih, ki so relativno široki v primerjavi s širino struge vodotoka. Običajno so ti otoki poraščeni. Tudi substrat je bolj fin (pesek, melj in glina), strugotvorni nivo pa lepo razviden (Parsons, Thoms, Norris, 2001).



Slika 12: Oblika struge; enojna ravna ali rahlo vijugajoča (a), neizrazito vijugajoča (b), izrazito vijugajoča (c), meandrirajoča (d), razvejana (e) in razcepljena (f)

#### b) Oblika profila

Oblika profila (Slika 13) je pokazatelj procesov, ki so značilni za odsek vodotoka, saj se v njej odražajo tako pretočne značilnosti, značilnosti premeščanja plavin kot specifične HM oblike. Oblika profila se za posamezen transekt določi na podlagi spodaj predstavljenih oblik.



Slika 13: Oblika profila; U-oblika (a), plitva U-oblika (b), poglobljena U-oblika (c) široka, zaprojena oblika (d), dvojna trapezna oblika (e), stopničasta V oblika (f) (Parsons, Thoms, Norris, 2001)

#### c) Substrat struge

V strugi vodotoka oziroma transektu se popišejo vsi prisotni zrnastostni razredi (Preglednica 6). Zrnastostna razreda, ki se pojavljata prevladujoče, se dodatno označita. Ločeno se zaznamuje tudi močna zastopanost z matično kamnino in samicami.

Preglednica 6: Zrnastostni razredi v uporabi v hidrotehnični in hudourniški praksi v Sloveniji (Mikoš, 2000)

| Zrnastostni razred | Premjer zrn (mm) |
|--------------------|------------------|
| Glina              | < 0,002          |
| Melj               | 0,002 – 0,06     |
| Pesek              | 0,06 – 2         |
| Prod               | 2 - 60           |
| Grušč              | 60 -120          |
| Groblja            | > 120            |

#### d) Otoki

Otoki so majhne, ploščate strukture, na obeh straneh obdane z vodo. Jasno so razvidni v času srednjih voda. Lahko so tudi poraščeni z vegetacijo (Zumbroich, Müller, 1999).

Pri popisu se opredeli sukcesivni stadij zaraščenosti (neporaščen, poraščen-mlad in poraščen-zrel sukcesivni stadij) in število otokov opaženih v transektu.

#### e) Rečne naplavine

Rečne naplavine (Fotografija 1, 2, 3) so preplavljene ali nepreplavljene izbokline oziroma akumulacije grušča, proda, peska ali drugega naplavljenega materiala značilnega za strugo. Rečne naplavine nastanejo v območjih zmanjšane hitrosti, ki pogojujejo odlaganje plavin in so pokazatelj procesov, ki se odvijajo v strugi (Armantrout, 1998).

V popisu se zabeleži tudi prodišče, ki ima premer zrna v velikosti grušča (cobble bar), in ni podrobneje členjeno kot so prodišča in peščine. Slednja se ločijo na stranska-izmenjujoča, vzdolžna, v zavoju, sredinska in na sotočju (Bizjak, 2003). Za vsak transekt se določi tudi število posameznih oblik.



Fotografija 1: Peščina (Tunjščica)



Fotografija 2: Prodišče (Pišnica)



Fotografija 3: Prodišče ( $d > 60\text{mm}$ ) (Mrzlek)

#### f) Tolmuni in plitvine

Tolmuni so delne kotanje ali večje poglobitve dna. Globina vode je enaka vsaj dva do trikratni povprečni globini vode. Tolmuni so lahko stalno ali pa občasno pretočni. V prvih je vodni tok vedno prisoten in ima v primerjavi s preostalim delom struge znatno manjšo hitrost. Občasno pretočni pa se pojavljajo le kot stranske lokalne poglobitve in so v času srednjih voda nepretočni. Vodna gladina je v prevladujočem delu (ali pa celotnem) povsem negibna. Pogosto so v strugah opazni tolmini v zavoju, ki so v splošnem zelo globoki (več kot trikratna povprečna globina) pretočni in zaznamovani z vrtinčastim tokom (Zumbroich, Müller, 1999).

V strugi se pojavljajo tudi plitvine. Lahko so kratke ali pa tudi zelo dolge strukture, ki se izoblikujejo v območju zelo široke in ravne struge. Pri majhnih vodotokih se plitvina upošteva, kadar je njena širina dvakratna, pri večjih pa poldruga povprečna širina struge vodotoka. V povsem plitvem območju je vodni tok zelo počasen, substrat pa so drobna zrna – prevladujoče pesek, melj ali mivka. Ne povsem značilne plitvine so lahko opazne tudi v gorskih in hribovitih strugah, kjer se za večjimi zagatami samic ustvarijo predeli s povsem plitvim in počasnim vodnim tokom.

Pri popisu se v posameznem transektu popišejo vse plitvine in tolmini. Pri slednjih se oceni tudi delež osvetljenosti gladine tolmana.

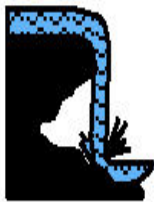
#### g) Kaskade, stopnje, brzice in brazde

Kaskade, stopnje, brzice in brazde so HM oblike dna, ki se pojavljajo v strugah z večjim padcem dna (Preglednica 7). V takšnih strugah se energija vodnega toka ne odraža v spremenjenem prečnem profilu oziroma razširjeni strugi in povečani vijugavosti, temveč se vzdolžno troši preko stopenj, kaskad, brzic, brazd, tolmunov in številnih drugih zagat (na primer plavnega lesa).

Največji naklon dna vodotoka je na območju slapov. Slapovi so opredeljeni kot stopnje z višino preko enega metra. Tako slapovi kot stopnje so v strugi značilno razpoznavni, saj se

vodni tok preko njih preliva oziroma stopniči. Kadar se slapovi ali stopnje pojavljajo v zaporedju, se izoblikujejo kaskade ali stopničasti tok.

Preglednica 7: HM oblike dna (Parsons, Thoms, Norris, 2001)

|                                                                                   |                                                          |                                                                                    |                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|  | Slap (waterfall)<br>višina: > 1m                         |  | Kaskada (cascade)<br>višina stopenj: < 1m<br>močan tok, velika hitrost |
|  | Brzica (rapid)<br>močan tok, močno<br>vzvalovana gladina |  | Brazda (riffle)<br>spremenljiv tok, rahlo<br>vzvalovana gladina        |

Na območjih manjšega padca se prav tako prečno na strugo preko večjih skal ali pa kamnitih blokov oblikujejo brzice. Tok preko teh je močan, hiter in turbulenten. V splošnem so brzice nekoliko krajše strukture z večjim vzdolžnim padcem in večjo hrapavostjo. Če je njihova dolžina v primerjavi s širino struge večja, padec vodotoka pa majhen se te strukture opredelijo kot ploske kaskade.

Bistveno bolj miren in počasen tok teče preko brazd, ki v splošnem nastopajo na prevojih struge in so zgrajene iz drobnejšega materiala (prod in pesek). Pri popisu se v transektu popišejo vse naštetе HM oblike, zastopanost se zabeleži tudi številčno.

#### h) Posebne oblike in zaporedja oblik dna vodotoka

Zgoraj naštetе HM oblike v strugah pogosto nastopajo v kombinacijah ali zaporedjih in s tem zaznamujejo vodotok. Za strugo oziroma transekt je tako značilna ena izmed sledečih zaporedij oblik dna ali pa povsem specifična oblika dna (Preglednica 8) (Montgomery in Buffington, 1997):

- koluvij (colluvial),
- matična kamnina (bedrock),

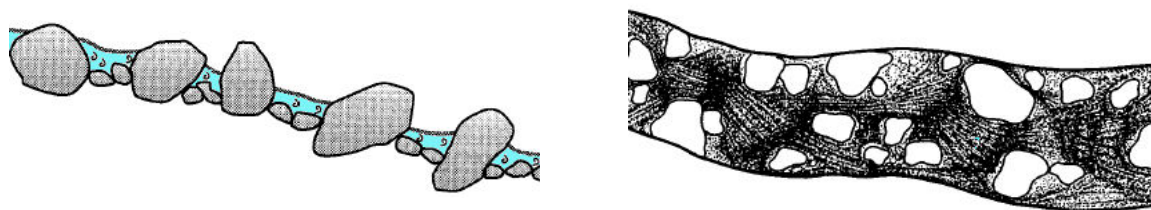
- kaskada (cascade),
- zaporedje stopnja-tolmun (step pool),
- ravno dno (plane bed),
- zaporedje tolmun-brzica (brazda) (pool rapid, pool riffle),
- zaporedje dina-rebro (dune ripple).

Koluvialne struge so značilne za povirne dele vodotokov. V teh povsem začetnih delih hidrografske mreže so pretoki majhni, pogosto so vodotoki celo prekinjeni. Struge so zaznamovane z velikim dotokom naplavin z obdajajočih pobočij (Fotografija 4). Glede na to, da se že tako majhna energija vodnega toka troši preko številnih stopenj in zagat plavnega lesa, imajo vodotoki zelo majhno premestitveno zmogljivost, kar se kaže v izoblikovanju obsežnih akumulacij sedimenta, ki se dolvodno premeščajo predvsem v obliki drobirskih tokov.

Velik padec struge vodotoka, odsotnost naplavin in velika omejenost vodotoka z dolinskimi pobočji so v splošnem povezani z vodotoki na matični kamnini (Fotografija 5). Majhne količine sedimenta so lahko prisotne v manjših poglobitvah ali pa za ovirami v strugi vodotoka kot so zagate plavnega lesa. Sicer je premestitvena zmogljivost neprimerno večja od dejanskega dotoka plavin. Po Gilbert-ovi hipotezi (1914) velja, da ta tip vodotoka nima naplavinskega dna prav zaradi velike premestitvene zmogljivosti, velikega padca in / ali globokega vodnega toka.

V ozkih dolinah z velikim padcem so pogosto prisotne kaskade (Slika 14, Fotografija 6), ki so razpoznavne predvsem po kaotičnem toku in nepravilni prečni in vzdolžni razporeditvi posameznih skal in samic. Med slednjimi se izoblikujejo številni manjši tolmini, katerih medsebojni razmik je manjši od širine struge. Prisotnost velikih samic in skal tvori tudi stabilno strugo, ki se morfološko spreminja le v času ekstremnih poplavnih dogodkov (povratna doba od 50 do 100 let). Sicer se vrši predvsem premeščanje finejših delcev, ki se odlagajo na vodnemu toku manj izpostavljenih mestih – predvsem na dolvodni strani ovir (na primer samic in zagat plavnega lesa). V splošnem velja, da je vodotok omejen z dotokom plavin in ima veliko premestitveno zmogljivost, kar se kaže v takojšnjem transportu razpoložljivih plavin v dolvodne odseke.





Slika 14: Kaskada (Montgomery in Buffington, 1997)

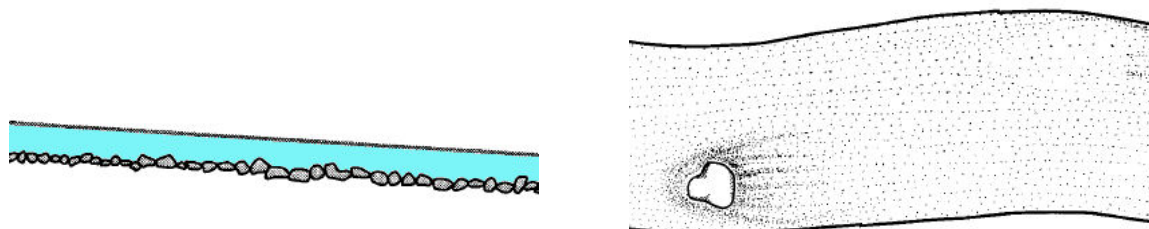
Za vodotoke z zaporedjem stopnja – tolmun sta še vedno značilna velik padec dna struge in velik vpliv dolinskih pobočij (Slika 15, Fotografija 7). Zaznamuje jih tudi majhno razmerje med širino in globino vodnega toka. Glede na vodotok s kaskadami je največja razlika predvsem v bolj enakomerni razporeditvi velikih skal in samic, preko katerih se prevladujoče troši velika energija vodnega toka. Tok preko stopenj je kritičen ali deroč, za tolmane pa je značilen miren tok. V tolmunih je prisoten bistveno finejši substrat, ki se premešča v času nizkih pretokov. V času večjih pretokov se premešča predvsem prod, za preoblikovanje zaporedja stopnja – tolmun pa so potrebni ekstremni dogodki zaznamovani s kritičnim tokom. V strugi se lahko izoblikuje tudi tlakovano dno, ki omogoča velik pretok, hkrati pa majhno količino razpoložljivih plavin. Utrditev dna in stabilizacija struge zagotavljata tudi ustrezen razmak med stopnjami. Tolmuni, ki jim sledijo, so v splošnem medsebojno razmaknjeni za eno do štiri širine struge.



Slika 15: Stopnja-tolmun (Montgomery in Buffington, 1997)

V strugah s srednjim do velikim padcem dna in prevladujočim substratom kot so prod, manjše skale in samice se pogosto izoblikuje ravno dno, ki pa se sicer lahko pojavi tudi v strugah s peščenim substratom. Vpliv doline na vodotok je lahko bolj ali manj izrazit. Ta oblika je razpoznavna predvsem po dolgih, monotonih odsekih brez periodičnih izrazitih oblik dna (Slika 16, Fotografija 8). Slednje je lahko tlakovano, kar kaže na premestitveno zmogljivost

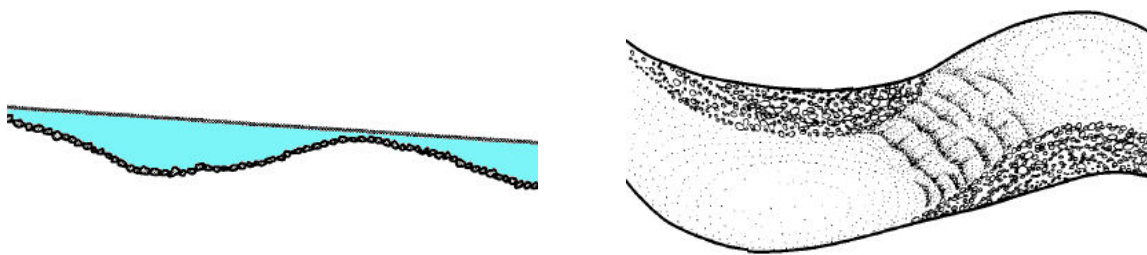
večjo od dotoka plavin ali pa ni tlakovano, kar je pokazatelj uravnoteženosti med premestitveno zmogljivostjo in dotokom. Premeščanje plavin v splošnem nastopi že ob strugotvornem pretoku.



Slika 16: Ravno dno (Montgomery in Buffington, 1997)

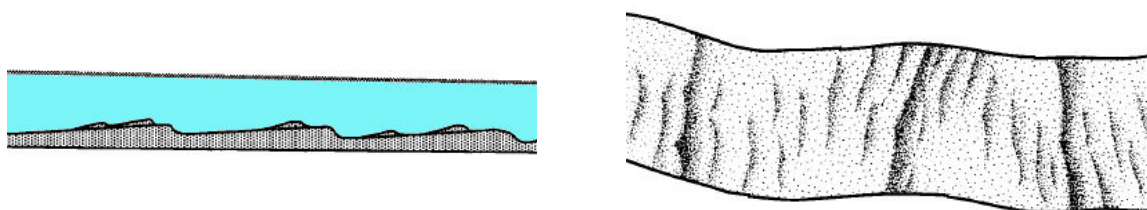
Zaporedje tolmun – brzica (Slika 17, Fotografija 9) je povezano predvsem s srednjim do majhnim padcem dna struge in z dobro razvito poplavno ravnico, ki se lahko izoblikuje predvsem zaradi bistveno manjšega vpliva doline na samo morfologijo vodotoka. Substrat je zelo raznolik – od peska, pa vse do manjših skal, prevladujoče se pojavlja prod. Raznolik substrat ustvarja valovito dno, za katerega so značilna prodišča, tolmini in brzice. Tolmini so opredeljeni kot topografske depresije in se v strugi pojavljajo na razmakih petih do sedmih širin struge vodotoka. Kadar so prisotne številne zagate plavnega lesa, so ti razmaki spremenjeni, običajno manjši. Za tolmine je značilen bolj fin substrat, ki pa v splošnem v preostalem delu struge ustvarja spodnji sloj dna struge. Prekrivajo ga bolj groba zrna, ki v primerih premajhnega dotoka plavin izoblikujejo tlakovano dno. Ravnovesje med premestitveno zmogljivostjo in dotokom plavin je razvidno iz netlakovanega dna. Struktura celotnega dna je zelo redko povsem spremenjena. Običajno se erodiran material ustavi na prvi dolvodni brzici ali prodišču. Prodišča se tvorijo predvsem kadar je sestava substrata zelo raznolika in je prisoten velik delež drobnega substrata, ki se lažje premešča. Nastanek prodišč je povezan tudi z velikim razmerjem med širino in globino struge ter s padcem manjšim ali enakim 0,02.

Z manjšim padcem in prevladujočim prodnatim in peščenim substratom je povezano tudi izoblikovanje zaporedja tolmun-vodna brazda. V prevoju struge se ob zmanjšani hitrosti odlaga material, ki ustvari vodno brazdo. V zavojih so prisotni tolmini z drobnim pogosto tudi glinenim substratom.



Slika 17: Tolmun-brzica (tolmun-brazda) (Montgomery in Buffington, 1997)

Vodotoki z manjšim padcem dna in peščenim substratom ob ustreznem pretočnem režimu izoblikujejo zaporedje dina – rebro (Slika 18). Nastanek je pomembno povezan z globino vodnega toka, hitrostjo, velikostjo zrna substrata in premestitveno zmogljivostjo. Vodotoki z manjšo globino in hitrostjo izoblikujejo številne oblike dna kot so rebra, peščeni valovi in dine, vodotoki z večjimi globinami in hitrostmi pa predvsem antidine. Pogosto so opazni tudi obsežnejši nanosi rinjenih plavin. Zaporedje dina – rebro se od zaporedja tolmun – brzica razlikuje predvsem po večji spremenljivosti oblike struge in drugačnih oblikah dna.



Slika 18: Dina-rebro (Montgomery in Buffington, 1997)





Fotografija 4: Koluvialna struga (Beli potok)



Fotografija 5: Matična kamnina (Suha)



Fotografija 6: Kaskada (Kamniška Bistrica)



Fotografija 7: Stopnja-tolmun (Martuljek)



Fotografija 8: Ravno dno (Padež)



Fotografija 9: Tolmun-brzica (Kostanjeviški p.)

Preglednica 8: Značilnosti posameznih odsekov in zaporedij oblik dna (Montgomery in Buffington, 1997)

| <b>Značilnost</b>                                           | <b>Dina - rebro</b>                                               | <b>Tolmun - brzica</b>                                        | <b>Ravno dno</b>       | <b>Stopnja - tolmun</b>                          | <b>Kaskada</b>         | <b>Matična kamnina</b>         | <b>Koluvij</b>         |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>Substrat</b>                                             | Pesek                                                             | Prod, gramoz                                                  | Prod, gramoz, prodniki | Prodniki, samice                                 | Samice                 | Skala                          | Spremenljivo           |
| <b>Vzorec oblik dna</b>                                     | Večplasten                                                        | Prečen                                                        | Ni pojava              | Vertikalen                                       | Naključen              | Nepravilen                     | Spremenljiv            |
| <b>Prevladujoči elementi, ki povzročajo hrapavost</b>       | Vijugavost, oblike dna (dine, rebra, prodišča), substrat, brežina | Oblike dna (prodišča, tolmini), substrat, vijugavost, brežine | Substrat, brežine      | Oblike dna (stopnje, tolmini), substrat, brežine | Substrat, brežine      | Struga (dno in brežine)        | Substrat               |
| <b>Prevladujoč izvor substrata</b>                          | Brežine                                                           | Brežine                                                       | Brežine, drobirski tok | Pobočje, drobirski tok                           | Pobočje, drobirski tok | Pobočje, drobirski tok         | Pobočje, drobirski tok |
| <b>Naplavine</b>                                            | Poplavna ravnica, oblike dna                                      | Poplavna ravnica, oblike dna                                  | Poplavna ravnica       | Oblike dna                                       | Tvorbe za ovirami      | Naplavine v kotanjah, votlinah | Dno                    |
| <b>Prečni prerez</b>                                        | Neomejen                                                          | Neomejen                                                      | Spremenljiv            | Omejen                                           | Omejen                 | Omejen                         | Omejen                 |
| <b>Značilen razmak med tolmini (glede na širino struge)</b> | 5 - 7                                                             | 5 - 7                                                         | Ni pojava              | 1 - 4                                            | < 1                    | Spremenljiv                    | Ni pojava              |

i) Razgibanost dna in pestrost gladine vodnega toka

Razgibanost dna in pestrost gladine vodnega toka sta med seboj močno povezani HM spremenljivki, saj je pestrost gladine vodnega toka odsev razgibanosti dna struge. Obe spremenljivki se ocenita vizualno in uvrstita v enega izmed petih stopenjskih razredov.

Razgibanost dna je velika (ali zelo velika), kadar je v strugi opazen raznolik substrat in velika spremenljivost globin (Fotografija 10). Ti dve spremenljivki sta pogosto povezani tudi z izoblikovanimi zaporednimi oblikami dna vodotoka. Razgibanost dna je majhna ali neopazna v ravninskih odsekih, kjer je majhna raznolikost substrata, majhna spremenljivost globine, zaporedja oblik dna pa so odstopna (Fotografija 11).



Fotografija 10: Velika pestrost gladine vodnega toka (Bistrica)



Fotografija 11: Neopazna pestrost gladine vodnega toka (Veliki Obrh)

V pestrosti gladine se odraža učinkovito pretvarjanje energije vodnega toka (predvsem v času visokih voda) oziroma blaženje in upočasnjevanje visokovodnih valov. Gladina vodnega toka je lahko povsem gladka, rebrasta, valovita, glavničasta ali pa razburkana (Zumbroich, Müller, 1999).

Gladka gladina vodnega toka je značilna za povsem miren in komaj opazen tok. Preko manjših ovir v strugi (na primer plavnega lesa, vodne zarasti ipd.) se tvorijo majhni, s tokom potujoči valovi, ki se medsebojno prepletajo in tako oblikujejo rebrasto gladino. Valovita gladina je zaznamovana z jasno razpoznavnimi stoječimi ali potujočimi valovi, ki se ob ovirah

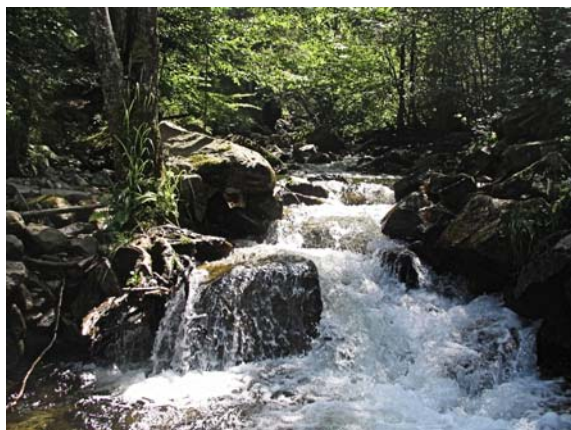


v strugi močno preoblikujejo. Kadar so valovi glavničasti in koničasti ter se razvidno prevračajo preko ovir, se gladina vodnega toka opredeli kot glavničasta, povsem razpenjeni valovi ter velik in bobneč tok pa odražajo razburkano gladino vodnega toka.

Pestrost gladine vodnega toka je opredeljena na podlagi zastopanosti posameznih zgoraj opisanih oblik. Pestrost je zelo velika, kadar se pojavlja več oblik gladine (vsaj tri) in majhna, kadar je prisotna le ena izmed teh.

#### j) Tvorivo brežine

V transektu se določi tvorivo brežine, in sicer ločeno za levo in desno brežino. Kot tvorivo se lahko pojavlja matična kamnina, skala (Fotografija 12), zemljina (Fotografija 13) ali kombinacija naštetih tvoriv.



Fotografija 12: Skalnata brežina (Radoljna)



Fotografija 13: Zemljinska brežina (Lokavec)

#### k) Erozijske brežine

Erozijske brežine so lahko vzdolžne ali pa se pojavljajo v ožinah in zavojih. Obe pomembno vplivata na oblikovanje struge oziroma na vzpostavitev naravnega dinamičnega ravnovesja struge ter na izoblikovanje značilnega prečnega profila in strukturnih razmerij znotraj struge. Proces erozijske brežine je konstruktiven in izravnalen proces, ki zavira razvoj globinske erozije.

Erozija v zavojih je v strugi prisotna na zunanji brežini. Slednja se od notranje razlikuje po večjem naklonu, labilnosti in odsotnosti vegetacije. Intenzivnost bočnega erodiranja je odvisna predvsem od težnje po bolj zavitem toku. Ko vodotok doseže zavitost, ki podpira dinamično ravnovesje, se težnja po erodiranju zmanjša.

Vzdolžna erozija je razvidna vzdolž ene ali pa obeh brežin. Preko vzdolžne erozije se uravnava razmerje med širino in globino struge, prav tako pa se ustvarjajo nove hidromorfološke strukture oziroma se obnavljajo pretekle (Zumbroich, Müller, 1999).

Pri določanju erodiranosti brežin se upošteva tako pogostost kot intenziteta erozije v transektu. Erodiranost se glede na razsežnost opredeli z enim od petih stopenjskih razredov.

#### 1) Koreninski prepleti in vodni odbijači (Prallbaum) na brežini

Koreninske preplete najpogosteje tvorita jelša in vrba, ki sta sicer indikatorja začetnega sukcesijskega stadija obrežne zarasti (Fotografija 14). Koreninski prepleti so zaznamovani, kadar zavzamejo površino  $1 \text{ m}^2$  v majhnih oziroma  $2 \text{ m}^2$  v večjih vodotokih (Zumbroich, Müller, 1999). V transektu se popišejo tudi vodni odbijači, ki so razvidni na erodirani brežini (Fotografija 15). Vodni odbijači so drevesa, običajno v zrelem sukcesijskem stadiju, ki so izpostavljena vodnemu toku. Pogosto se pod njimi izoblikujejo globoki tolmuni.



Fotografija 14: Koreninski prepleti (Lokavec)



Fotografija 15: Vodni odbijač (Mali Obrh)



#### m) Preraščenost z obrežno in zaraščenost z vodno vegetacijo

Obrežna vegetacija obroblja strugo vodotoka in jo prerašča (Fotografija 16). Delež preraščenosti se opredeli z enim od petih stopenjskih razredov. Prav tako se opredeli vodna vegetacija, ki zarašča strugo vodotoka (Fotografija 17). Vodna vegetacija je podrobneje členjena v bioloških kakovostnih elementih.



Fotografija 16: Obrežna vegetacija (Mali Obrh)



Fotografija 17: Vodna vegetacija (Mali Obrh)

#### n) Zapadlo drevje in plavni les

Kot zapadlo drevje se pojmujejo drevesa nagnjena nad vodotok oziroma nagnjena v strugo vodotoka, ki zmanjšujejo velikost prečnega prereza in s tem povzročajo poglobljanje struge ter zadrževanje visokih voda (Fotografija 18). Plavni les pa je odmrlo drevje (posamezni deli), ki se zagozdi in tako povzroči nadaljnje nabiranje plavnega lesa, ki v vodotoku tvori stabilne in obsežne zamašitve (Fotografija 19). Tako zapadlo drevje kot plavni les se v transektu opredelita tudi količinsko (z enim izmed štirih stopenjskih razredov).



Fotografija 18: Zapadlo drevje (Rak)



Fotografija 19: Plavni les (Bela)

#### 2.5.3.2.4 Struktura obrežnega pasu

V strukturo obrežnega pasu so zajeta tako obrežna kot pribrežna zemljišča. Obrežje v splošnem zajame pas širine 10 m na obeh straneh struge, pribrežje pa največ do 100 m. V popis so vključene predvsem značilnosti obrežne in pribrežne zarasti, pojavnost obrežnih in pribrežnih HM nizov ter morebitna raba.

##### a) Vrsta, distribucija in starost obrežne vegetacije

Pri obrežni vegetaciji se razlikujejo drevesna (obrežni gozd) in talna zarast. Najboljše razmere so, kadar je obrežna zarast razgibana in medsebojno dovolj razmaknjena oziroma so brežine gosteje in redkeje poraščene. Avtohtona zarast je lahko avtohton gozd v kombinaciji z avtohtonim grmičevjem, trsjem, zelišči in steblikami. Pri distribuciji se razlikuje ali je zarast sklenjena, členjena, raztresena ali pa razredčena. Za prisotno zarast se opredeli tudi njena starost in sicer glede na sukcesijski stadij (mlad, vmesni ali zrel). V primeru, da zarast ni avtohtona, se opredeli kot alohtona.

##### b) Obrežne HM oblike

V predelih, kjer je značilna velika prečna povezanost struge in obrežja, so v obrežnem pasu razpoznavne številne HM oblike, kot so: mokrišča, obtoki, zastala voda, mrtvice ali pa kombinacije naštetih oblik.

V času visokih voda oziroma močnega vodnega toka se na brežini ohranijo posamezna drevesa ali pa niz dreves, medtem ko je preostala brežina erodirana. S tem se struga razširi, za drevesi pa se izoblikuje obtok, ki se z vodo napolni ob visokih vodah. V izoblikovanih nižjih predelih obrežja se ustvarijo kotanje z zastalo vodo, ki je posledica preplavljanja obrežja. Predvsem za plitve struge so značilna tudi mokrišča, za katera je značilno, da so biotopi na prehodu med vodnimi in kopenskimi ekosistemi.

c) Raba pribrežja, pribrežna vegetacija in pribrežne HM oblike

Obrežju sledi pribrežje, ki je pogosto že zaznamovano z rabo. Pribrežna zemljišča so lahko travniki ali ledine (Fotografija 20), zemljišča v zaraščanju, avtohtona vegetacija (Fotografija 21) ali pa morebitna druga raba. V primeru da je tudi na pribrežju prisotna avtohtona zarast (gozd) se opredeli njena vrsta, distribucija, starost in širina pasu. V popis so vključene tudi pribrežne HM oblike, ki so podobne obrežnim, le da so bolj oddaljene od struge vodotoka.



Fotografija 20: Pribrežje-travnik (Mali Obrh)



Fotografija 21: Pribrežje-avtohton gozd (Reka)

Vse navedene HM spremenljivke popisnega lista so pokazatelji prisotnosti posameznih procesov v vodotoku. Z izpolnjevanem popisnega lista se izoblikujejo kombinacije posameznih HM spremenljivk, ki kažejo na določen HM tip vodotoka.

## **2.6 Tipizacije vodotokov**

Fizična oziroma HM podoba vodotoka je rezultat številnih dejavnikov, ki vplivajo na prisotnost HM procesov in s tem na raznolikost HM spremenljivk. Slednje nastopajo predvsem v odvisnosti od količine padavin, topografskih značilnosti, geološke podlage, zemljine, vegetacije in rabe tal v povodju. Z nadaljnjim (podrobnejšim) členjenjem dejavnikov se prepoznavajo specifične značilnosti posameznega vodotoka oziroma odseka, izgublja pa se celostni pregled nad vodotoki in nad v njih prevladujočimi procesi. Prav z namenom ohranjanja celostnega pregleda in obvladovanja kompleksnosti procesov so nastale (in še nastajajo) številne tipizacije (klasifikacije) vodotokov.

Tipizacija je razvrščanje posameznih značilnosti v tipe in sicer na osnovi podobnosti in njihove medsebojne povezanosti (Platts, 1980). Tipizacija je osnovana na podlagi opazovanja izbranih značilnosti (na primer geomorfoloških, bioloških, geoloških ali povsem estetskih). Preko tipizacij se lahko pridobijo podatki o fizičnem izgledu vodotoka, o prevladujočih procesih v njem, o značilnih združbah, razmerjih med strugo in geološko podlago ipd.

Prav zaradi opredeljevanja vodotokov glede na izbrane značilnosti (dejavnike) pa ima vsaka tipizacija že vnaprej določeno omejeno uporabno vrednost oziroma šibkost. Glede na to, da tipizacija, ki bi zajela prav vse dejavnike, ne obstaja, so za vsako tipizacijo značilne tako prednosti kot slabosti. Prav zato je pomembno, da se za izbrane namene uporablja tista tipizacija, ki podaja najvišjo uporabno vrednost. V splošnem velja, da so najboljše tipizacije tiste, ki temeljijo na objektivnih, merljivih kriterijih in omogočajo enostavno uporabo.

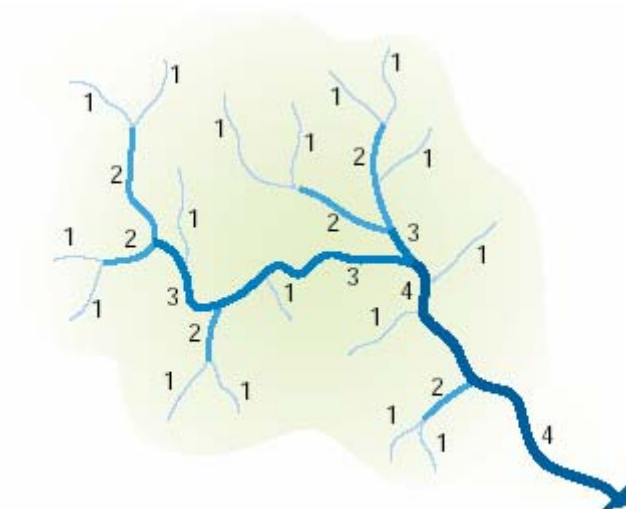
### **2.6.1 Tipizacije vodotokov v svetu**

Prve tipizacije vodotokov so bile osnovane na zelo splošnih geomorfoloških kriterijih (Powell 1875, Gilbert, 1877), kasnejše tipizacije pa od splošnih preidejo k bolj podrobnim. Slednje vključujejo kriterije kot so oblika struge, prevladujoč substrat, premeščanje plavin, oddaljenost od izvira ter številne kriterije v povezavi s padcem dna in obliko doline.



Ena izmed prvih tipizacij vodotokov je bila Davis-ova (1988), ki je vodotoke razdelila glede na sukcesijski stadij, in sicer mlad (nezrel), zrel in star. Tipizaciji, ki prav tako temeljita le na kvalitativnih in opisnih kriterijih sta razvila tudi Melton (1936) in Matthes (1965). Lane (1957) je razvil tipizacijo na osnovi poznavanja kvantitativnega razmerja med padcem in pretokom za večdelne, prehodne in meandrirajoče vodotoke.

Tipizacija, ki je grobi okvir vseh preostalih tipizacij, je Schumm-ova tipizacija (1977), ki vodotoke v splošnem razdeli na tri funkcionalne cone – cono erozije, premeščanja in akumuliranja oziroma odlaganja. Najpogosteje uporabljena je Horton-ova (1945) oziroma Strahler-jeva (1957) tipizacija, ki vodotoke razvršča glede na njihov red. Vodotoki od izvira do prvega sotočja sodijo v prvi red, drugi red so vodotoki, ki so dolvodno od sotočja dveh vodotokov prvega reda itd. (Slika 19).



Slika 19: Strahler-jeva tipizacija vodotokov (Fogg, Wells, 1998)

Red vodotoka odraža dolžino vodotoka in velikost prispevne površine, s tem pa tudi relativno širino struge in položaj znotraj porečja. Pomanjkljivost te tipizacije je v raznolikosti posameznih redov vodotokov med porečji, saj je bistvenega pomena, na kakšnem reliefu se nahaja prvi red vodotoka in z njim vsi nadaljnji dolvodni redi.

Osnovna geomorfoloških tipizacij je poznavanje strukture dna vodotoka. Gilbert (1914) je ugotovil, da je za vodotoke na matični kamnini značilna večja premestitvena zmogljivost kot je dotok plavin, za aluvialne vodotoke pa premestitvena zmogljivost manjša ali enaka dotoku plavin. Aluvialne vodotoke je na osnovi velikosti premera zrna in značilnosti premeščanja plavin nato nadaljnje členil Henderson (1963), ki loči aluvialne vodotoke, ki premeščajo plavine konstantno in vodotoke, v katerih se premeščanje vrši le ob ekstremnih dogodkih.

Številne tipizacije so bile izdelane na podlagi poznavanja oblike struge in prevladujočih procesov v njej. Leopold in Wolman (1957) sta vodotoke v odvisnosti od padca in pretoka razdelila glede na obliko struge, in sicer na ravno, meandrirajočo ali razcepljeno. Brice in Blodgett (1978) sta podrobneje opisala štiri tipe strug – deljene struge, struge s prodišči v zavoj, struge s širokimi zavoji in prodišči in struge z enakomernimi zavoji in prodišči. Aluvialne vodotoke sta podrobneje proučevala tudi Church in Rood (1983), Schumm (1977) pa je le te razdelil glede na vrsto plavin, ki se premeščajo dolvodno. Pri tem je razlikoval vodotoke, ki premeščajo ali lebdeče ali rinjene ali pa lebdeče in rinjene plavine. S to razvrstitvijo je vodotoke razvrstil tudi v tri geomorfološke cone. Prva, zgornja cona je vir sedimenta, ki se dolvodno premešča preko stabilne oziroma ravnovesne druge cone in odlaga v tretji coni, ki je zaznamovana z obsežnimi poplavnimi ravnici ali deltami.

Glede na strukture, ki nastajajo z odlaganjem plavin, obliko struge, vijugavost, obliko poplavne ravnice, višino brežin in izoblikovanje nasipov je tipizacijo izdelal Culbertson s sodelavci (1967). Kvantitativno tipizacijo za vodotoke s peščenim dnem je ob upoštevanju vijugavosti, padca in oblike struge izdelal Khan (1971).

Mollard (1973) in kasneje Church (1992) sta vodotoke s poplavnimi ravnici razvrstila v številne tipe glede na pretok, padec, razpoložljivost plavin in stabilnost struge. Aluvialne vodotoke je proučeval in na podlagi oblike struge, pogostosti otokov, vrste prodišč in prečne migracije členil tudi Kellerhals s sodelavci (1976). Ugotovili so, da se oblika struge in prevladujoč proces pojavljajo v odvisnosti od geologije, količinske in časovne razporeditve pretoka vode in plavin, prečne povezanosti s poplavno ravnico ali dolino, preteklih geoloških in klimatskih razmer in nenazadnje tudi od antropogenih motenj v porečju. Church in Jones (1982) sta kasneje predstavila tipizacijo vodotokov glede na tipe prodišč in obliko struge.

Značilna morfologija je odsev padca dna in količine razpoložljivih plavin. Povezave med obliko struge, padcem ter vrsto, razpoložljivostjo in prevladujočim substratom je poiskal Selby (1985).

Bolj podrobno tipizacijo je na nivoju odseka vodotoka razvil Rosgen (1994). Prepoznal je 7 glavnih tipov in 42 podtipov vodotokov, ki jih je pridobil na podlagi upoštevanja oblike struge, urezanosti, razmerja med širino in globino struge, vijugavosti, padca in vrste substrata. Na procesih osnovano tipizacijo vodotokov sta izdelala Whiting in Bradley (1993). Morfologijo zgornjega teka vodotoka sta opredelila na podlagi pojavnosti drobirskih tokov, vrste substrata in premeščanja plavin. Tudi Paustrian s sodelavci (1992) je podal procesno osnovano tipizacijo, ki prepozna morfologijo na nivoju regije. Tipizacijo vodotokov na osnovi procesov, padca in oblik dna sta izdelala tudi Montgomery in Buffington (1997). Njena tipizacija je izdelana izključno za vodotoke, ki izvirajo v gorskih ali hribovitih predelih.

Z razvojem številnih metod za ocenjevanje HM stanja vodotokov, so se pojavile tudi nove, nekoliko bolj splošne tipizacije vodotokov, ki prisotnost posameznih HM spremenljivk ocenjujejo (vrednotijo) prav v njihovi odvisnosti. Kot primer je nemška metoda Gewässerstrukturgütebewertung (GSGB), ki razlikuje vodotoke v soteskah ali V-dolinah, vodotoke v širokih poplavnih U-dolinah, vodotoke v meandrirajočih dolinah, vodotoke v poplavnih kadunjastih dolinah, vodotoke v prodnatih dolinah in ravninske vodotoke (ki so nadaljnje podrobneje členjeni glede na substrat). Zanimiva je tudi tipizacija vodotokov po britanski metodi River Habitat Survey, ki prepozna studence, vodotoke s peščenim dnem, vodotoke s šotastim dnem, vodotoke s stopnjami, vodotoke na planotah, obalne vodotoke, vodotoke v gorskih dolinah, nižinske vodotoke s prevladujočimi brazdami, vodotoke z glinenim dnem, itd.

Nekatere metode za ocenjevanje HM stanja nimajo posebej opredeljenih tipov vodotokov (na primer ameriška Stream Visual Assessment Protocol in italijanska Indice di Funzionalità Fluviale) ali pa je uporabljeno zelo splošno razlikovanje tipov (na primer vodotoki z velikim ali majhnim padcem).

### 2.6.2 Tipizacije vodotokov v Sloveniji

V slovenskem prostoru podrobnejše geomorfološke, morfološke oziroma hidromorfološke tipizacije, kot so predstavljene v predhodnem poglavju, še niso izdelane (Bizjak, 2006; Natek, 2006). V izdelavi je hidrogeomorfološka (geografska) tipizacija (Natek et al.), ki bo zagotovo podala pomemben vpogled v naravo slovenskih vodotokov, ki je do sedaj le površinsko vključena v druge tipizacije.

Prva obsežnejša tipizacija slovenskih vodotokov je biotska tipizacija vodotokov (Urbanič, 2006), ki znotraj posameznih bioregij prepoznava različne biotske tipe, ki so bili določeni tudi na podlagi nekaterih abiotskih dejavnikov. Biotska tipizacija je podrobneje predstavljena v poglavju 2.1 Dobro stanje površinskih voda.

Povsem splošne (abiotske) značilnost vodotokov, ki so ključnega pomena za širše dojemanje hidromorfoloških procesov in tipov, je možno razbrati tudi iz Pokrajinsko-ekološke regionalizacije (Gams, 1986; Natek, 1996), Krajinske regionalizacije (Marušič, 1998), Tipologije površinskih vodnih teles (Brilly et al., 2003), Kategorizacije vodotokov po ekomorfološkem pomenu (VGI, 2002) ali drugih prispevkov, ki obravnavajo naravo slovenskih vodotokov.

#### a) Krajinske in ekomorfološke tipizacije

V slovenskem prostoru je bila izdelana Tipologija krajin in opredeljevanje krajin posebnih vrednosti, ki vodne ali vodnate krajine razdeli v tri osnovne tipe (Hudoklin, 1994):

- naravni vodotoki z obrežno vegetacijo,
- regulirani vodotoki,
- poplavne ravnice.

V okviru proučevanja HM referenčnih odsekov so zanimivi predvsem naravni vodotoki in poplavne ravnice. Naravni vodotoki so vodotoki, ki izražajo visoko stopnjo ohranjenosti. Na ravninskih predelih so obrobjeni z obrežno vegetacijo in zaznamovani s počasnim tokom in meandri. Prisotne obvodne krajine so ekološko in prostorsko pestre in so pomemben



prostorski element, ki je vizualno prisoten v krajini. Visoko stopnjo ohranjenosti izražajo tudi poplavne ravnice – običajno so to obsežne travniške površine z značilno hidrofilno vegetacijo ob večjih ali manjših vodotokih na ravnini.

Tipi vodnih in obvodnih krajin so podrobneje obravnavani tudi znotraj Krajinske regionalizacije, ki v Sloveniji prepozna pet osnovnih regij (Marušič, 1998):

- krajine alpske regije,
- krajine predalpske regije,
- krajine subpanonske regije,
- kraške krajine notranje Slovenije,
- krajine primorske regije.

V vsaki regiji se značilnosti vodotokov zrcalijo preko raznolikega reliefa, geološke zgradbe tal, rabe tal oziroma površinskega pokrova in podnebja (Preglednica 9).

Preglednica 9: Značilnosti vodotokov v posameznih slovenskih regijah (Marušič, 1998 a,b,c,d,e)

| Krajinska opredelitev     | Značilnosti vodotokov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alpska regija</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hudourniške struge z nanosi grušča;</li> <li>- kanjonske, vintgarske struge, korita;</li> <li>- suhi potoki;</li> <li>- vegetacijski pas, ki se redči z nadmorsko višino;</li> </ul>                                                                                                                                                  |
| <b>Predalpska regija</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Višje ležeče grape in soteske imajo hudourniški značaj;</li> <li>- razširjene doline in ravnice, dolinski in ravninski vodotoki;</li> </ul>                                                                                                                                                                                           |
| <b>Subpanonska regija</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Široki, počasi tekoči vodotoki;</li> <li>- geološka podlaga ravnin so usedline vodotokov in glinene usedline manjših vodotokov, medtem ko gričevje sestoji iz silikatnih terciarnih jezerskih in morskih usedlin peska, gline, ilovice, laporja;</li> <li>- poplavni logi;</li> <li>- meandrirajoč tok in vlažno travinje;</li> </ul> |
| <b>Notranja Slovenija</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ponikalnice, poplavna območja, gozdnatost;</li> <li>- nestalnost kraških voda;</li> <li>- visoka vegetacija ob potokih;</li> <li>- zamočvirjenost;</li> <li>- hidrološka pestrost;</li> <li>- ponikajoče kraške reke, občasne poplave;</li> </ul>                                                                                     |
| <b>Primorska regija</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Naplavne ravnice v dolinah so pogosto zamočvirjene (v območju flišnih kamenin);</li> <li>- presušene struge;</li> <li>- vpliv morja.</li> </ul>                                                                                                                                                                                        |

Obsežna kategorizacija vodotokov je tudi Kategorizacija po ekomorfološkem pomenu (VGI, 2002), ki je podala predvsem oceno morfološke ohranjenosti vodotokov. Predstavljena je že v poglavju 2.3.2 Hidromorfološki referenčni odseki.

Slovenski vodotoki so bili v okviru Vrednotenja krajinskih značilnosti vodotokov v Sloveniji (Bratina Jurkovič, 1999) deljeni v štiri osnovne tipe, in sicer:

- gorski vodotoki,
- hudourniški vodotoki,
- ravninski vodotoki,
- ponikalnice.

Glede na ohranjenost vodotokov oziroma morfološko stanje so navedeni vodotoki podrobneje deljeni na naravne vodotoke, zaznamovane s številnimi pestrimi oblikami, in regulirane vodotoke, ki jih zaznamujejo geometrijski vzorci.

#### b) Prispevki k tipizacijam

V okviru klasifikacij poplav v Sloveniji (Gams, 1973) so bili vodotoki obravnavani glede na značaj poplavnega območja, ki je v največji meri odvisen od rečnega transporta oziroma premeščanja plavin. Slednji je indikator splošnih fizično geografskih razmer v nekem porečju in istočasno najboljši pokazatelj značilnosti poplavnega območja. Vodotoki so deljeni glede na prodonosnost in sicer na prodonosne in neproduosne.

Za prodonosne vodotoke je značilna razmeroma plitva in široka struga, z velikim padcem, ki se vidi zlasti ob nizki vodi, ko površina plitve vode odraža neizravnano dno plitve struge. Prodonosni vodotoki so zaznamovani tako s procesi erozije kot akumulacije. Zaradi plitve struge in običajnega hudourniškega režima ter intenzivnih procesov akumulacije in erozije, se voda ob porastu gladine razliva po aluvialni ravnici, spreminja strugo in se cepi v rokave. Za poplave prodonosnih vodotokov je značilno, da je poplavna voda močno kalna ter da se premeščani prod, pesek in suspendirane plavine hitro obnavljajo. Te poplave so kratkotrajne, saj je talna vlaga v peščenih in prodnatih tleh majhna in prsti niso zamočvirjene. Talna voda se po deževju prelija v strugo, ob suši pa reka izgublja vodo v prod. Takšna poplavna

območja so primerna predvsem za rast vrbe, jelše in topola. Prodonosni vodotoki so v splošnem obdani z ožjim poplavnim pasom, ki se v kotlinah pogosto močno razširi. Prodonosni so predvsem gorski vodotoki, razen v primeru, da prevladuje kraška hidrografija. V visokogorskem svetu so prodonosni tudi številni vodotoki s kraškimi izviri.

Poplavna območja so značilna tudi za ravno dno subpanonskih in submediteranskih gor. Značilni so vršaji stranskih pritokov, ki naplavlajo prod in pesek. Transportni material je zaradi raznolike petrografske podlage različen, prevladuje pa suspendiran material. V strugi ali na poplavnem območju se nahaja prod, nad njim pa meter ali več debela naplavljen ilovnata ali peščena zemlja. Takšna sestava je posledica načina prenašanja in odlaganja rečnega transporta. Prod se premešča le po dnu struge, kjer je velika hitrost vodnega toka, na poplavnem območju pa se odlagajo le finejši delci. Zaradi neznatnega strmca ravnice so poplave dolgotrajnejše. Na ilovicah in glinah so zemljišča pogosto mokrotna, z visoko talno vodo.

Drugačne so značilnosti poplavnih območij neproduosnih vodotokov. Poplavna voda prevladujoče prenaša suspendirano gradivo, to je glino, melj in pesek pa tudi organske snovi. V tem primeru so struge večinoma ozke, imajo strme brežine ter majhen padec struge in hkrati tudi celotnega poplavnega območja, po katerem vodotok meandrira. Pretočna hitrost ob dvigu vodne gladine mnogo manj poraste kot pri produosnih vodotokih. Izven struge, v kateri voda izpodjeda bregove, erozija bistveno zaostaja za akumulacijo.

Posebne so značilnosti neproduosnih rek na krasu. Poplavna območja so ob vodnih tokovih, ki imajo kraške izvire in ponore. Poplave so pravo nasprotje poplav alpskih produosnih rek in so mnogo pogostejše. Pri gorskih, nekraških rekah so usodne poplave ob lokalno omejenih katastrofalnih nalivih, ki se pojavljajo enkrat na več sto let. V nekaterih kraških kotanjah pa se med izviri in ponori pojavljajo poplave dokaj redno vsako leto.

Razlike med produosnimi in neproduosnimi vodotoki so tudi v hitrosti procesov. V fazi odlaganja (akumulacije) produosni vodotoki hitreje dvigajo svojo ravnino kot jo lahko zvišuje neproduosna (kraška) reka. V fazi erozije pa kraške (neproduosne) reke ne morejo slediti poglobljanju produosnih (alpskih) rek (Gams, 1973).

### c) Tipologija površinskih vodnih teles

Slovenski vodotoki so bili podrobneje analizirani v Tipologiji površinskih vodnih teles (Brilly et al., 2003), ki sloni na upoštevanju dejavnikov, ki jih navaja Vodna direktiva. Prepoznani so bili tipi vodotokov tako po sistemu A kot sistemu B. V sistemu A so upoštevani pripadnost ekoregiji, velikost prispevne površine, nadmorska višina in geološka podlaga (Preglednica 10).

Preglednica 10: Abiotski dejavniki upoštevani v »sistemu A«

| Ekoregija                  | Velikost prispevne površine (km <sup>2</sup> ) | Višinski pasovi (n.m.v.) | Geološka podlaga |
|----------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Italija, Korzika, Malta    | > 10 000                                       | < 200                    | karbonati        |
| Alpe                       | 1 000 – 10 000                                 | 200 – 800                | organsko         |
| Dinaridi zahodnega Balkana | 100 – 1 000                                    | > 800                    | silikati         |
| Madžarsko nižavje          | 10 - 100                                       |                          |                  |
|                            | < 10                                           |                          |                  |

Brez upoštevanja ekoregij so kombinacije preostalih dejavnikov (velikost prispevne površine, višinski pas in geološka podlaga) podale 25 tipov vodotokov. Ob dodatnem upoštevanju vseh štirih ekoregij se izkaže 54 tipov, ob upoštevanju le dveh ekoregij (Alpe in Dinaridi zahodnega Balkana) pa 35 tipov.

Pri določevanju tipov po sistemu B so bila privzeta že predhodno določena ekohidrografska območja (Brilly et al., 2001), saj so v sistem B vključeni obvezni dejavniki (nadmorska višina, zemljepisna širina in dolžina, geologija in velikost), ki so bili že upoštevani v določevanju ekohidrografskih območij. Prepoznana ekohidrografska območja so:

- alpsko ekohidrografsko območje Jadranskega morja,
- alpsko ekohidrografsko območje donavskega porečja,
- kraško ekohidrografsko območje Jadranskega morja,
- kraško ekohidrografsko območje donavskega porečja,
- prialpsko ekohidrografsko območje,
- ravninsko in gričevnato ekohidrografsko območje,
- primorsko ekohidrografsko območje.

V okviru izbirnih dejavnikov so bili upoštevani še sestava dna struge (matična kamnina, gramoz, pesek in mulj), premeščanje plavin in (ali) stalna zarast zakoreninjenih rastlin. Po sistemu B je bilo tako prepoznanih 33 tipov vodotokov.

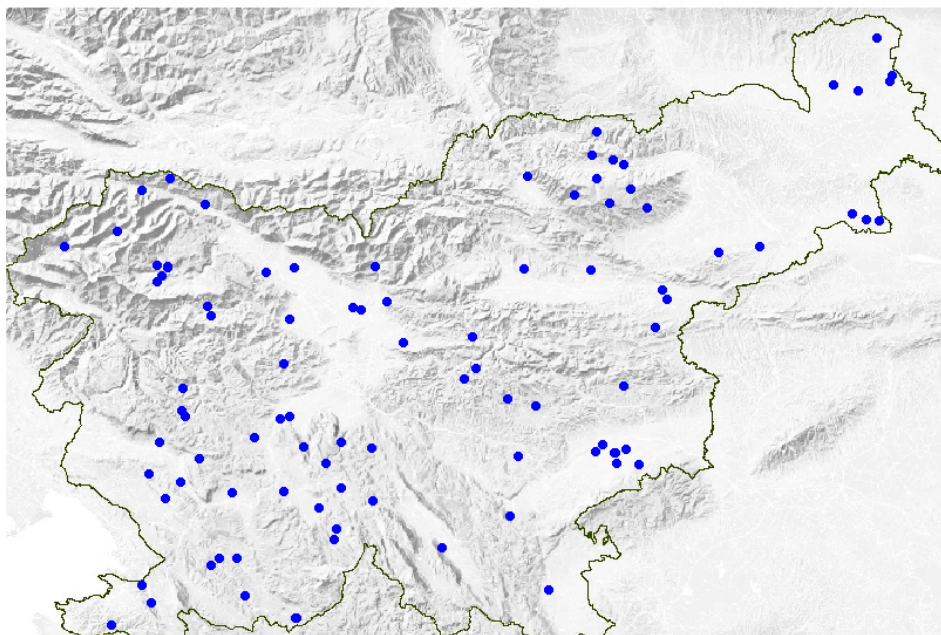
Preko že izvedenih tipizacij in kategorizacij je možno pridobiti številne podatke, ki so pomembni za izdelavo novih, tematsko ožjih, tipizacij. Glede na to, da je hidromorfologija izjemno širok pojem, v katerem se prepletajo številni dejavniki, je poznavanje prostora in njegovih ključnih značilnosti toliko bolj pomembno. Povsem nov pristop iskanja tipov vodotokov narekuje Vodna direktiva, ki zahteva tudi razlikovanje vodotokov z različnimi hidromorfološkimi kakovostnimi elementi. Ti do sedaj še niso bili podrobneje proučevani, zato je HM tipizacija tako zahteva kot nov izziv v poznavanju narave vodotokov.

### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

#### 3.1 Izbor hidromorfoloških referenčnih odsekov

Popis HM referenčnih odsekov je bil s pomočjo že predstavljenega popisnega lista (poglavje 2.5 HM popisni list in Priloga 1) v letošnjem letu izveden na 92 slovenskih vodotokih (Slika 20). HM referenčni odseki so bili izbrani na podlagi sledečih postavk:

- HM referenčni odseki naj bodo razpršeni po celotni Sloveniji z namenom, da bi bila v raziskavo zajeta čim večja hidromorfološka pestrost,
- izbranih naj bo vsaj pet HM referenčnih odsekov znotraj posamezne bioregije (z namenom prepoznavanja HM podobnosti znotraj bioregije),
- HM referenčni odseki naj bodo izbrani na vodotokih, ki imajo prispevno površino večjo od 10 km<sup>2</sup>,
- HM referenčni odseki naj bodo izbrani tako, da odražajo splošno lokalno (krajinsko) HM podobo vodotokov,
- HM referenčni odseki naj bodo dostopni oziroma primerni za varen hidromorfološki popis.



Slika 20: Prikaz izbranih HM referenčnih odsekov

### **3.2 Hidromorfološka tipizacija izbranih referenčnih odsekov**

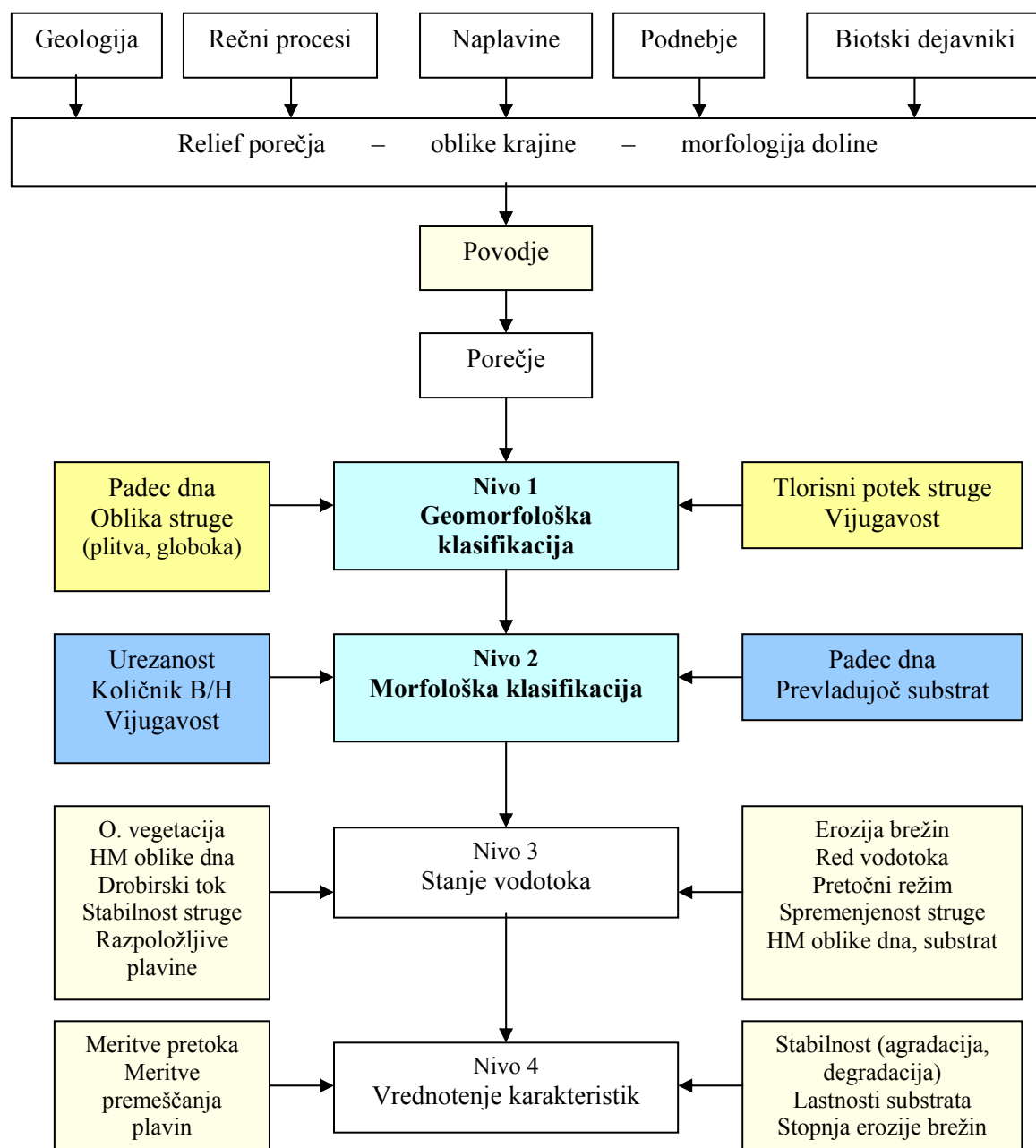
Podatki zbrani v HM popisu izbranih HM referenčnih odsekov slovenskih vodotokov odražajo veliko prepletenost posameznih HM spremenljivk. Slednje je z namenom prepoznavanja značilnih tipov vodotokov potrebno postopno klasificirati – od najbolj grobih geomorfoloških spremenljivk do vse bolj podrobni morfoloških spremenljivk.

Pri klasificiranju in prepoznavanju tipov je uporabljena Rosgenova klasifikacija vodotokov (Shema 4), ki na prvem nivoju vodotoke deli glede na geomorfološke spremenljivke, na drugem nivoju pa glede na morfološke spremenljivke. Nadaljnja analiza tipov vodotokov (nivo 3 in 4) vključuje tudi opazovanje stanja vodotoka (stabilnost, odzivnost in delovanje vodotoka) in meritve ključnih spremenljivk, ki rečne procese podrobneje opišejo in podajo empirične povezave, značilne za določen tip vodotoka.

Prepletenost raznolike geološke podlage, rečnih procesov, naplavljanja ter številnih biotskih dejavnikov se odraža v reliefu, oblikah krajine in tipu doline. Osnovno klasificiranje vodotokov glede na relief, obliko krajine in tip doline pa je tudi osnova za nadaljnje podrobnejše geomorfološko in morfološko klasificiranje vodotokov.

Poznavanje najbolj splošnih značilnosti vodotokov (relief, oblika doline) dokaj natančno opredeli značaj vodotoka, saj se prav v njihovi odvisnosti izoblikujejo osrednje geomorfološke značilnosti, ki so zajete v nivo geomorfološke klasifikacije. V slednjo so zajete oblika struge in njen tlorsni potek, vijugavost vodotoka ter padec dna vodotoka.

Geomorfološka klasifikacija je nadgrajena s podrobnejšo delitvijo vodotokov glede na morfološke značilnosti, ki so zajete v morfološki klasifikaciji. Ta zajema predvsem podatke o urezanosti struge (oblika profila), razmerju med širino in globino struge ter o prevladujočem substratu. Rezultat upoštevanja splošnih značilnosti vodotoka (relief, oblika doline) in teh dveh klasifikacij so različni osnovni tipi vodotokov.



Shema 4: Potek Rosgenove klasifikacije vodotokov (Rosgen, 1996)

### 3.2.1 Zasnova hidromorfološke tipizacije

Izbrani HM referenčni odseki so bili sprva razvrščeni glede na relief. Pri tem je bila kot osnova upoštevana delitev, ki je predstavljena v poglavju »Prevladujoč relief«. Glede na to,



da se izbrani odseki pogosto nahajajo na prehodih posameznih tipov reliefov, so bile izbrane tri splošne skupine reliefa, in sicer:

- gorski in hribovit relief,
- hribovit in gričevnati relief,
- gričevnati in ravninski relief.

Znotraj gorskega in hribovitega reliefa se nahajajo odseki vodotokov, ki so vezani ali neposredno na gorski relief ali pa na prehodni (iz gorskega) hribovit relief. V skupini hribovit in gričevnati relief se nahajajo vodotoki, ki so zaznamovani ali s hribovitim ali gričevnatim reliefom oziroma z reliefom, ki iz hribovitega prehaja v gričevnatega. Podobno so odseki uvrščeni v tretjo skupino. V slednji so odseki vodotokov, ki imajo prehoden značaj iz gričevnatega v ravninski relief, in odseki, ki so zaznamovani z ravninskim reliefom.

V nadaljnjem razvrščanju se je izkazalo, da imajo vodotoki v gorskem in hribovitem reliefu padce večje ali enake 4 %, vodotoki na ravninskem reliefu pa prevladujoče padce manjše od 1 %. Tako je bil padec dna vodotoka ( $I$ ) razvrščen v tri skupine, in sicer:

- $I \geq 4 \%$ ,
- $1 \% \leq I < 4 \%$ ,
- $I < 1 \%$ .

Kombinacije reliefa in padca so bile nato členjene glede na tip doline, obliko struge, stopnjo vijugavosti in obliko profila (kot je podano v predhodnih poglavjih). Z vključevanjem in členitvijo vseh navedenih spremenljivk nastane obsežno odločitveno drevo. Nekatere veje drevesa so povsem nelogične (npr. gričevnati in ravninski relief v kombinaciji s padcem dna vodotoka večjim ali enakim 4 %) in zato izločene še pred nadaljnjo analizo. Prisotnost posameznih »logičnih« kombinacij je bila v nadaljevanju proučevana z analizo sopojavljanja, ki je bila izvedena s pomočjo programskega paketa ArcGIS 9.0, ArcMap.

Analiza kombinacij na podlagi upoštevanja geomorfoloških spremenljivk je bila nato nadgrajena z upoštevanjem morfoloških spremenljivk. Ključnega pomena je predvsem razvrščanje na podlagi substrata in prisotnosti HM oblik dna.

### **3.2.2 Analiza sopojavljanja in prepoznavanje hidromorfoloških tipov**

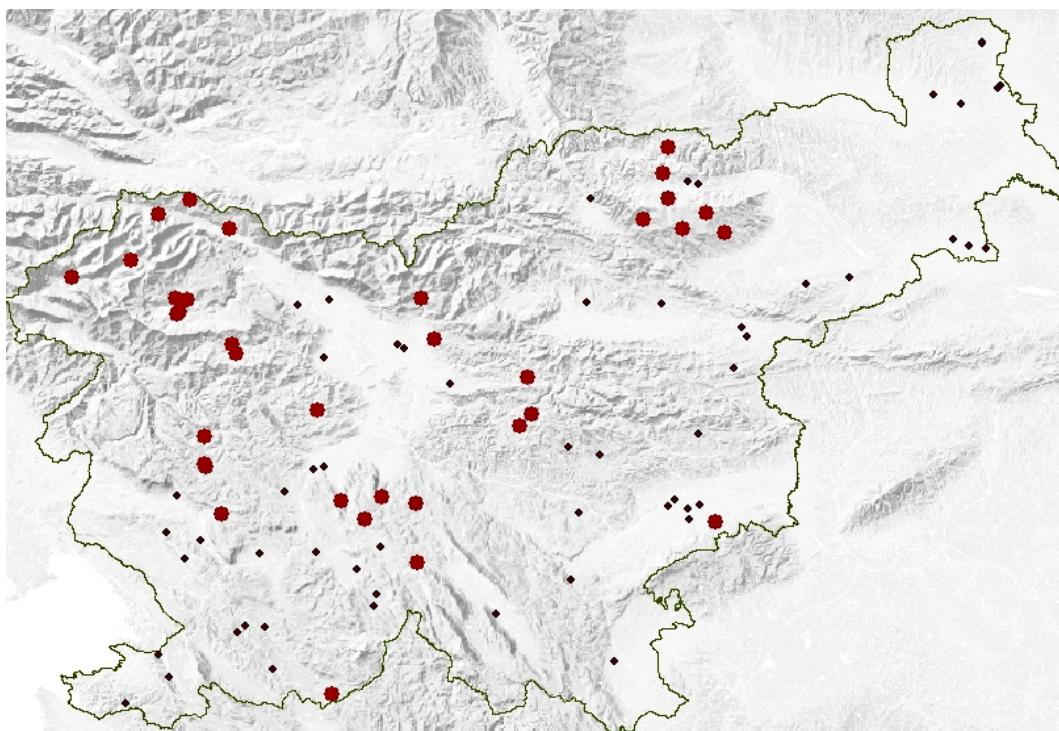
Analiza sopojavljanja je postopek, s katerim se ugotavljajo povezave med različnimi prostorskimi podatki na istem območju. Osnova analize je tehnika prekrivanja podatkovnih zemljevidov, njen osnovni namen pa je proučevanje sovpadanja posameznih prostorskih značilnosti (Bratina Jurkovič, 1999).

Kot vhodni podatkovni zemljevid je bila izbrana mreža (izbranih) HM referenčnih odsekov. Slednja je bila nato prekrita s posameznimi podatkovnimi zemljevidi, ki so nastajali tekom popisa HM referenčnih odsekov. Pri iskanju značilnih tipov vodotokov je bila v prvem koraku izpeljana poizvedba po (izbranem) reliefu. Kot primer je v nadaljevanju prikazan potek določitve tipa v gorskem in hribovitem reliefu.

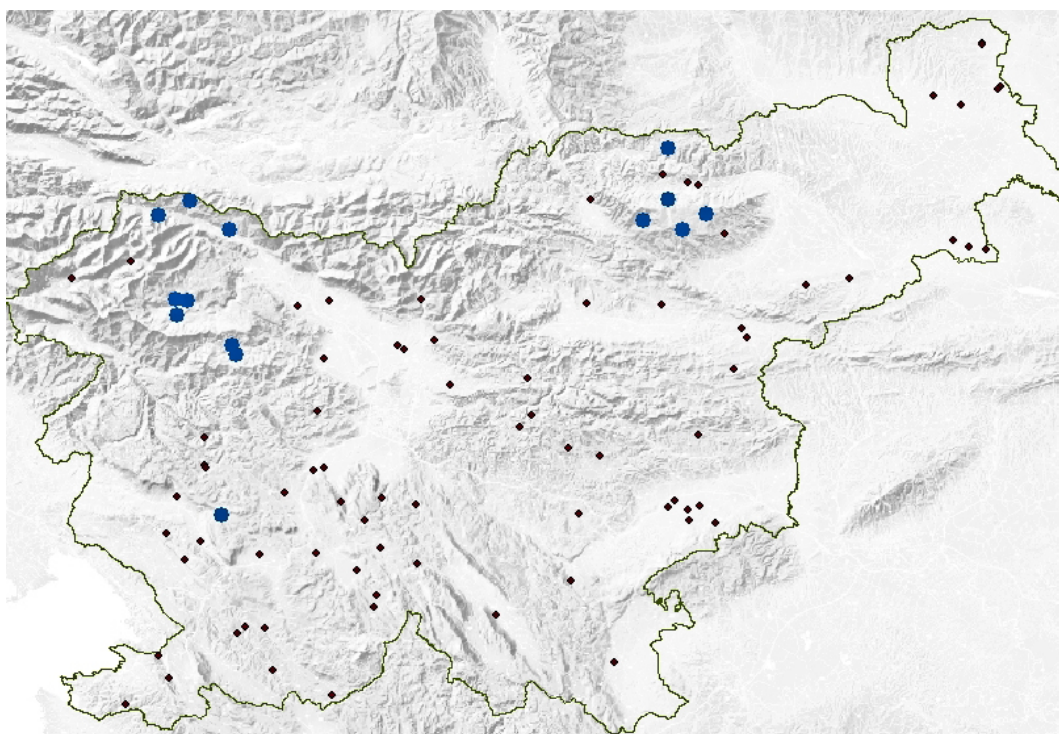
Najprej je izbran podatkovni zemljevid, ki obsega HM odseke vodotokov zaznamovane z gorskim ali hribovitim reliefom (Slika 21). Glede na ugotovljene padce vodotokov je kot naslednji podatkovni zemljevid izbran zemljevid, ki obsega vse HM odseke vodotokov, ki imajo padec večji ali enak 4 % (Slika 22). V sklopu podatkovnih zemljevidov o obliki doline je bil izbran tisti, ki obsega odseke zaznamovane z V-obliko doline (Slika 23).

Rezultat prekrivanja zemljevidov je bil nadaljnje analiziran glede na vijugavosti in obliko profila, pri čemer pa se je izkazalo, da izbor ostaja enak, saj so vsi odseki zaznamovani z nično ali pa le rahlo vijugavostjo in stopničastim V-profilom.

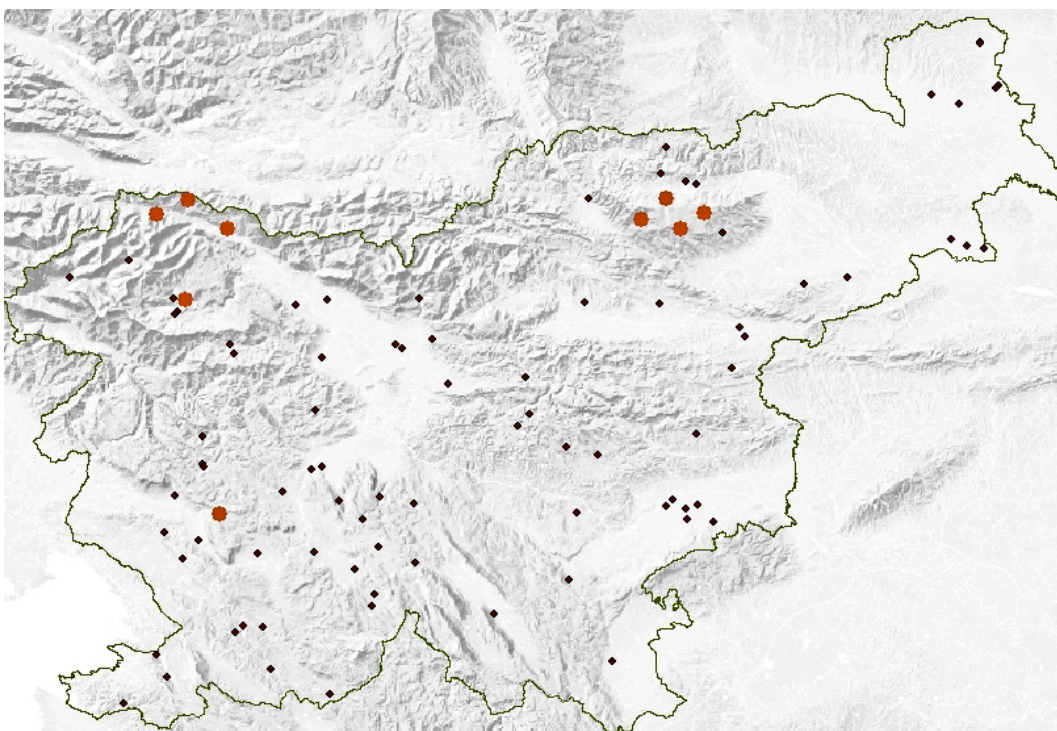
Nadaljnja morfološka analiza je pokazala, da je za s prekrivanjem pridobljene odseke značilna tudi podobna struktura substrata in podobna zastopanost HM oblik dna. V strugi se prevladujoče pojavljata groblja in grušč. Značilne so samice, pa tudi drobnejše frakcije kot so prod, pesek, mestoma tudi mivka. Vse navedene značilnosti so zajete v tip GH1 (gorski in hribovit relief).



Slika 21: Podatkovni zemljevid izbranih HM referenčnih odsekov prekrit z odseki v gorskem ali hribovitem reliefu



Slika 22: Zgornji podatkovni zemljevid prekrit z odseki, ki imajo padec večji ali enak 4 %

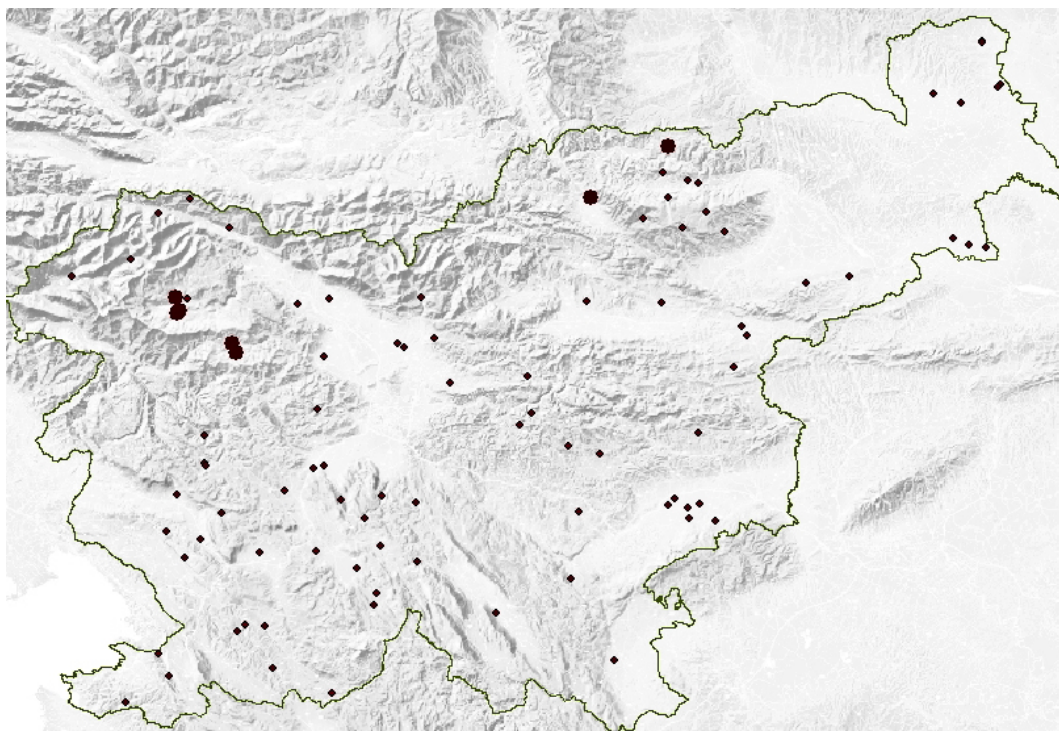


Slika 23: Predhodni podatkovni zemljevid prekrit z odseki, ki so zaznamovani z V-obliko doline (tip GH1)

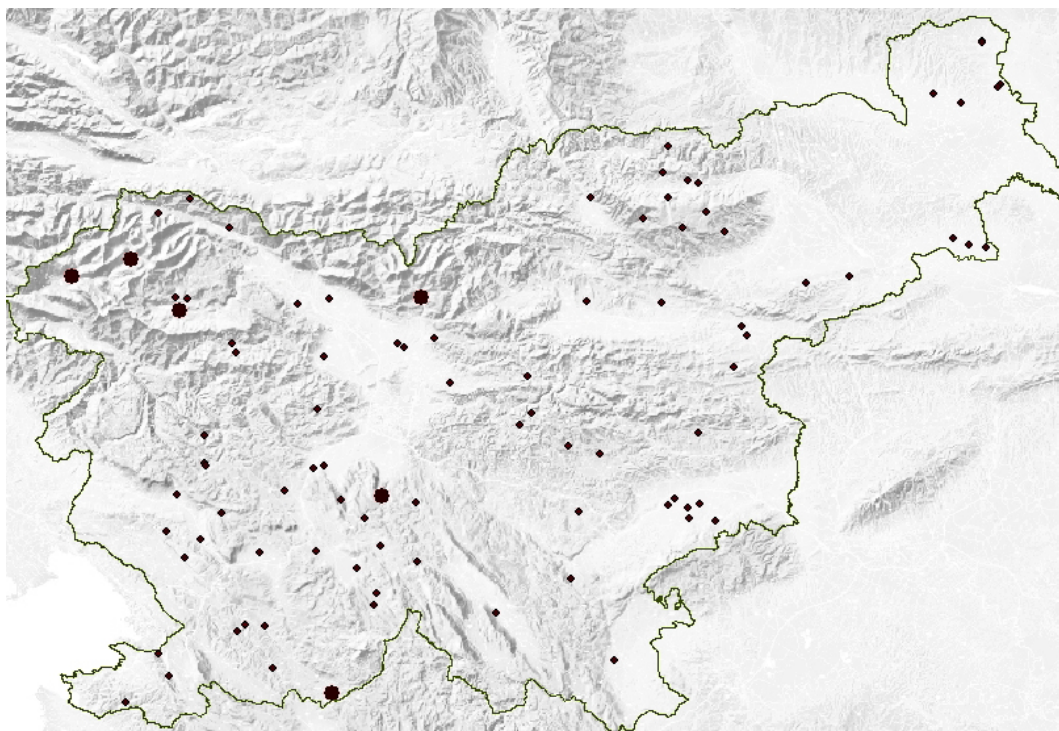
V gorskem in hribovitem reliefu je bil prepoznan tudi tip vodotoka s padcem večjim ali enakim 4 %, ki ga zaznamuje enojna struga z nično ali rahlo vijugavostjo in potekom po koritasti ali U dolini. V primerjavi s tipom GH1 imajo ti odseki nekoliko manjše padce in plitvo U-obliko profila. Struga je še vedno prevladujoče zaznamovana z grobljo (samicami) in gruščem ter številnimi HM oblikami dna. Podrobnejše razlike so predstavljene v poglavju 3.2.3 Podrobnejši opisi prepoznanih HM tipov. Tip nosi oznako GH2 (Slika 24).

Poleg prepoznanih dveh tipov se v gorskem in hribovitem reliefu pojavlja tudi tip, ki ima padec vodotoka med 1 in 4 %, leži v V-obliki doline, ima enojno strugo z nično ali rahlo vijugavostjo in plitvo U-obliko profila. Tip je prepoznan kot tretji tip - GH3 (Slika 25, Shema 5).

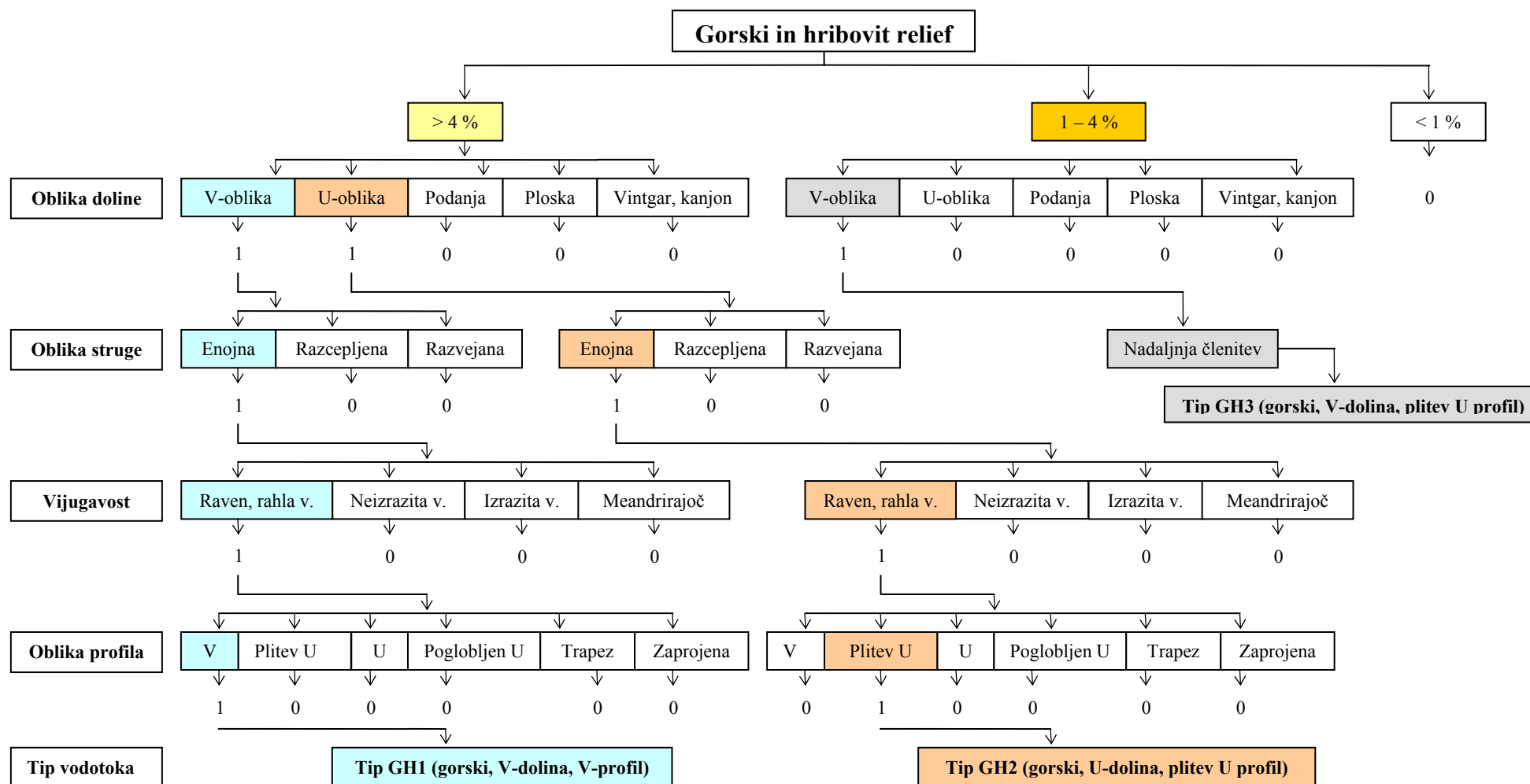




Slika 24: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GH2

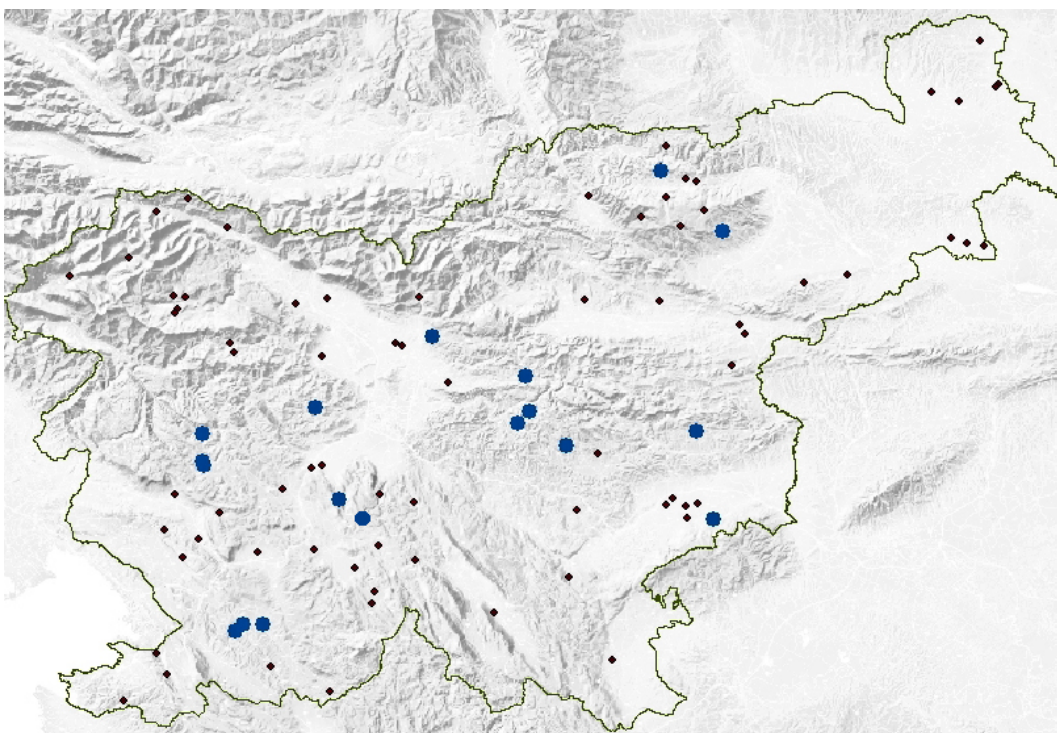


Slika 25: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GH3



Shema 5: Prikaz odločitvenega drevesa za gorski ali hribovit relief

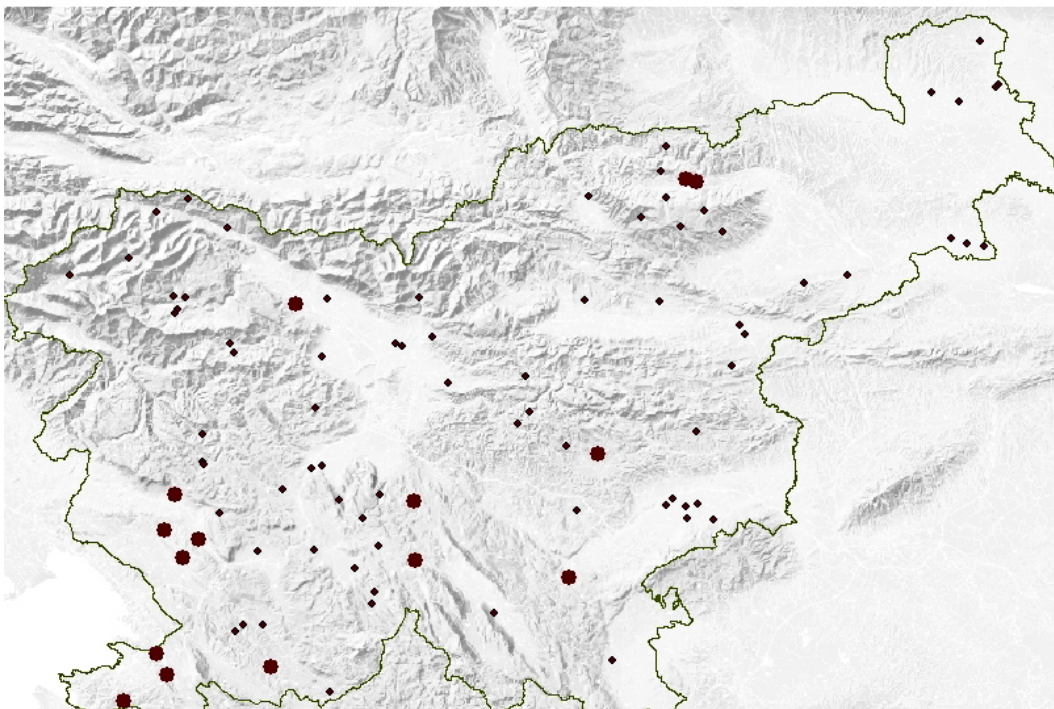
Prepoznavanje tipov vodotokov v hribovitem in gričevnatem reliefu je prav tako sledilo že predstavljeni shemi. Delitev je na prvem nivoju razlikovala odseke vodotokov, za katere je značilna V ali U-oblika doline in odseke zaznamovane s podanjo (izjemoma tudi plosko) dolino. Za vse je značilna enojna oblika struge. Razlika nastopi pri stopnji vijugavosti. Odseki v V- ali U-dolini imajo nično ali le rahlo vijugavost, medtem ko odseki v podanjih dolinah izkazujejo rahlo oziroma neizrazito vijugavost. Odseki imajo prevladujoče plitvo U obliko profila. Prvi odseki so združeni v tip HG1 (Slika 26), drugi pa v HG2 (Slika 27).



Slika 26: Prikaz izbranih HM referenčnih odsekov tipa HG1

Odseki v V- in U-oblikah dolin imajo v povprečju tudi nekoliko večje padce dna v primerjavi z odseki v podanji dolini. Na nivoju podrobnejše morfološke klasifikacije se je izkazalo, da je za prve značilen substrat z večjim premerom zrna. Prevladujoče se pojavljata groblja in grušč (vmesno tudi drobnejše frakcije), medtem ko so v drugih (podanja dolina) prisotni tudi prod, pesek in glina. Opazna razlika nastopi pri primerjavi pogostosti HM oblik dna. Slednja je večja v odsekih V in U-doline, kjer so prevladujoče zastopane brzice, pojavljajo pa se tudi položne kaskade in tolmini.





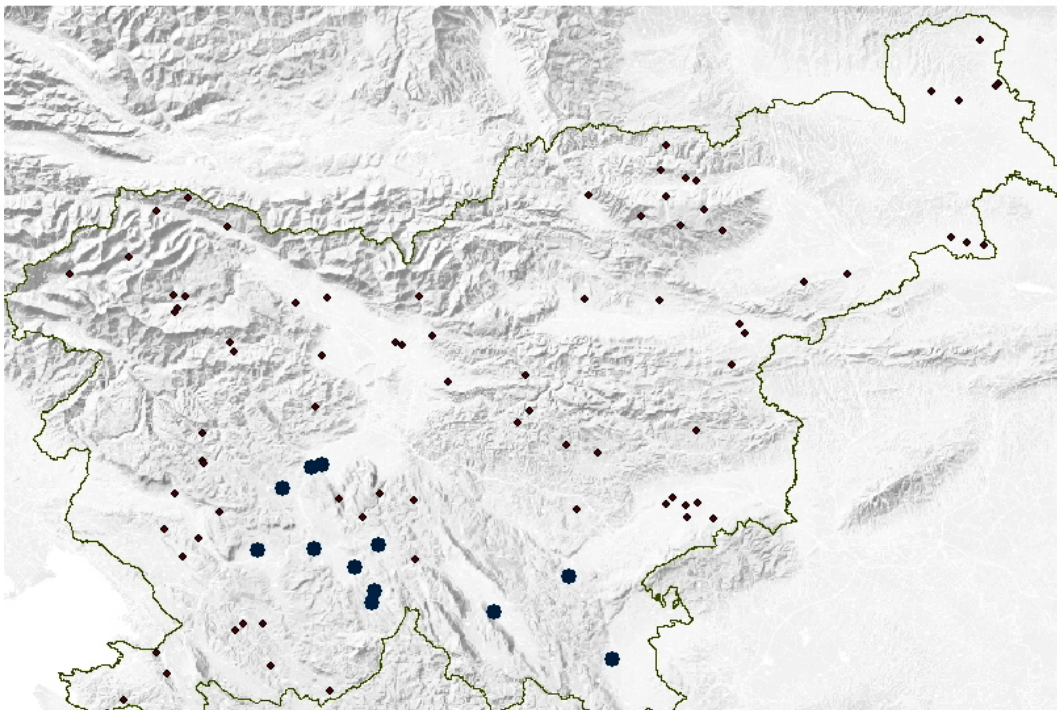
Slika 27: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa HG2

Tretja skupina odsekov vodotokov se nahaja na ravninskem reliefu oziroma na prehodu iz gričevnatega v ravninski relief. Skoraj v vseh odsekih se pojavlja ploska oblika doline, le izjemoma je prisotna podanjska dolina. Členitev na podlagi oblike doline tako ni mogoča, prav tako ne na podlagi oblike struge, ki je v vseh primerih enojna. Razlike med posameznimi odseki se kažejo predvsem v stopnji vijugavosti in obliki profila.

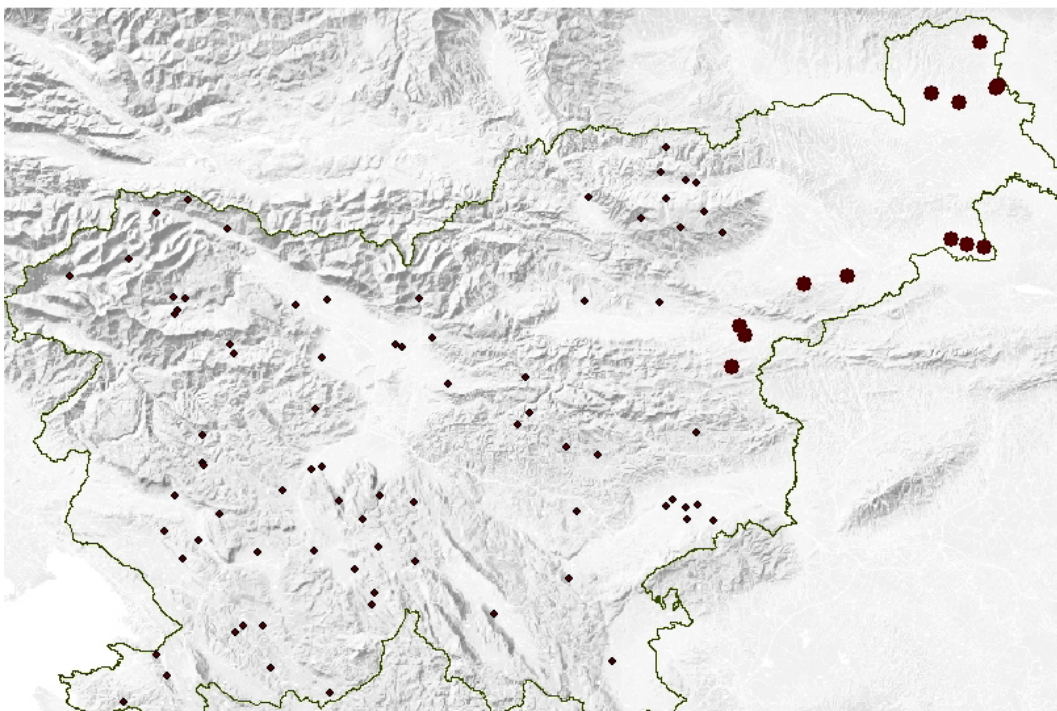
Glede na stopnjo vijugavosti izstopajo kraški vodotoki, ki so prevladujoče meandrirajoči ali pa izrazito vijugajoči, medtem ko se v ostalih odsekih pojavlja neizrazita, mestoma tudi izrazita vijugavost. Oblika profila je U-oblika, v ostalih odsekih pa se poleg U-oblike pojavljata tudi plitva in poglobljena U-oblika. Izrazita poglobljena U-oblika profila je bila prepoznana predvsem v območju subpanonske Slovenije, v odsekih, ki iz gričevnatega prehajajo v ravninski relief. V prepoznavanje tipov vodotokov je bila v nadaljevanju vključena tudi morfološka klasifikacija, pri kateri so bile upoštevane HM oblike dna in značilnosti substrata. V tej analizi so ponovno izstopali ravninski-kraški vodotoki, za katere se je izkazalo zelo majhno (skoraj nično) število HM oblik dna. Prav tako se od ostalih



obravnanih odsekov razlikujejo po substratu, saj se poleg gline in peska mestoma pojavlja tudi grušč. Vse te značilnosti so povezane v tip vodotoka z oznako GR1 (Slika 28).



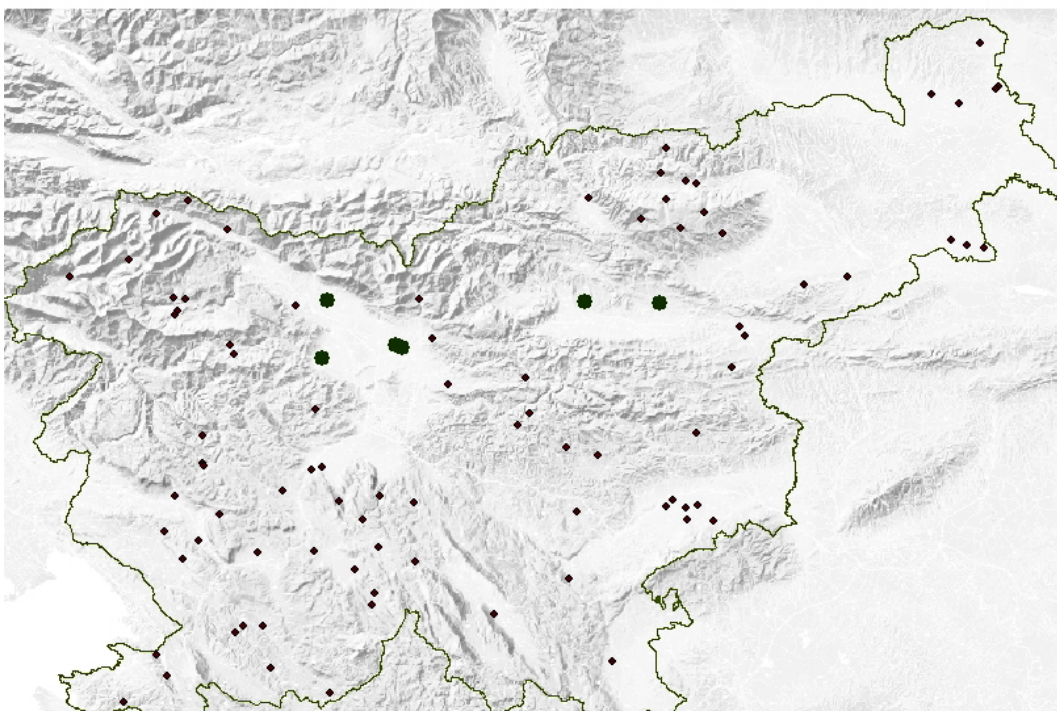
Slika 28: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR1



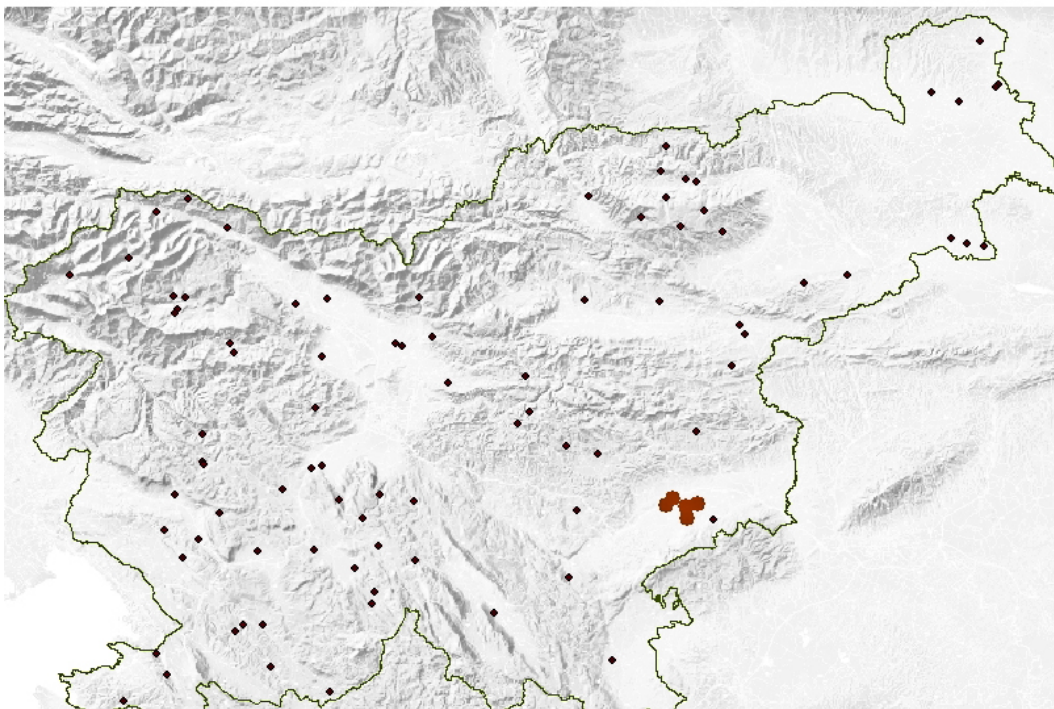
Slika 29: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR2

Neizrazito ali izrazito vijugavost kažejo odseki vodotokov v subpanonskem in predalpskem delu Slovenije, medtem ko po neizraziti vijugavosti izstopajo odseki v Krško-Brežiški kotlini. Pri primerjavi oblike profila izstopajo subpanonski vodotoki, ki imajo prevladujoče poglobljeno U-obliko in so prepoznani kot tip z oznako GR2 (Slika 29).

Pri razlikovanju preostalih tipov vodotokov (ki se sicer razlikujejo glede stopnje vijugavosti in oblike profila) je bila uporabljena tudi primerjava glede na prevladujoč substrat. Izkazalo se je, da imajo odseki vodotokov v Krško-Brežiški kotlini prevladujoče glinen substrat. Pesek in prod se pojavljata poredko, medtem ko sta v predalpskih ravninskih odsekih vodotokov glavna predstavnika. Tako sta prepoznana predalpski ravninski tip z oznako GR3 (Slika 30) in ravninski tip v Krško-Brežiški kotlini z oznako GR4 (Slika 31).



Slika 30: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR3

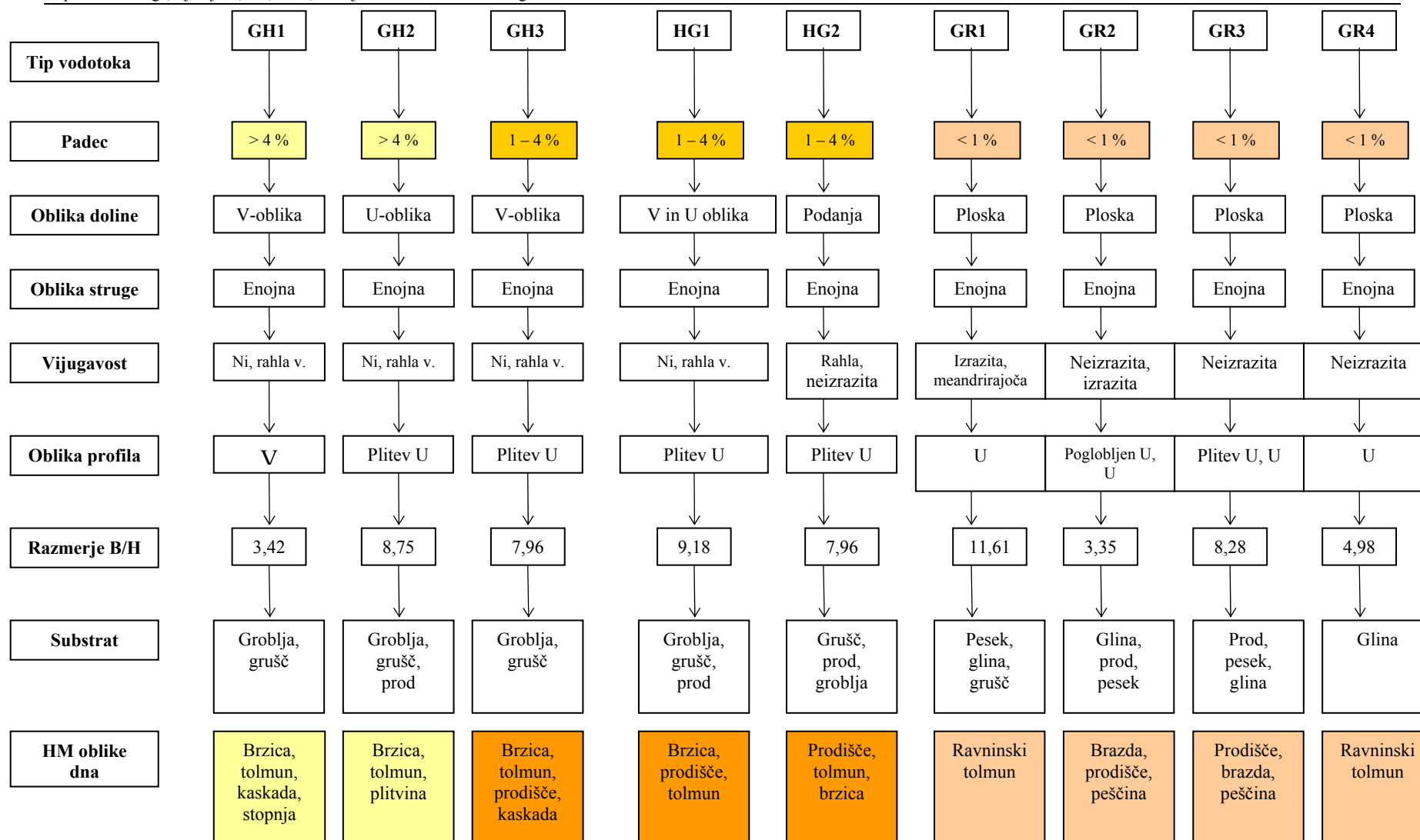


Slika 31: Prikaz izbranih referenčnih odsekov tipa GR4

Skupno je bilo iz analize izbranih hidromorfoloških odsekov prepoznanih 9 HM tipov vodotokov (Shema 6, Preglednica 11, 12, 13):

- gorski in hribovit relief - GH1,
- gorski in hribovit relief – GH2,
- gorski in hribovit relief – GH3,
- hribovit in gričevnat relief – HG1,
- hribovit in gričevnat relief – HG2,
- gričevnat in ravninski relief – GR1,
- gričevnat in ravninski relief – GR2,
- gričevnat in ravninski relief – GR3,
- gričevnat in ravninski relief – GR4.





Shema 6: Prikaz spremenljivk upoštevanih pri prepoznavanju HM tipov izbranih referenčnih odsekov

Preglednica 11: HM spremenljivke tipov GH1, GH2 in GH3

| Tip vodotoka             | GH1            | GH2                  | GH3              |
|--------------------------|----------------|----------------------|------------------|
| Relief                   | Gorski         | Gorski, hribovit     | Gorski, hribovit |
| Oblika doline            | V-oblika       | U-oblika             | V-oblika         |
| Padec dna (%)            | > 4            | > 4                  | 1 – 4            |
| Povprečni padec (%)      | 6,6            | 5,31                 | 2,14             |
| Oblika struge            | Enojna         | Enojna               | Enojna           |
| Vijugavost               | Nična, rahla   | Nična, rahla         | Nična, rahla     |
| Oblika profila           | V-oblika       | Plitev U             | Plitev U         |
| Količnik urezanosti      | 2,03           | 2,47                 | 2,00             |
| Količnik B/H             | 3,42           | 8,75                 | 7,96             |
| Tvorivo brežine          | Skala          | Skala, zemljina      | Skala, zemljina  |
| Višina brežin (m)        | 3,26           | 2,16                 | 2,13             |
| Substrat                 | Groblja, grušč | Groblja, grušč, prod | Groblja, grušč   |
| Matična kamnina          | Izrazita       | Neizrazita           | Neizrazita       |
| Samica                   | Izrazita       | Neizrazita           | Izrazita         |
| Razgibanost dna          | Zelo velika    | Velika               | Velika           |
| Pestrost gladine         | Velika         | Velika               | Velika           |
| Št. otokov               | 0              | 0                    | 2                |
| Št. peščin               | 0              | 0                    | 0                |
| Št. prodišč              | 1              | 3                    | 8                |
| Št. tolmunov             | 11             | 9                    | 9                |
| Št. brazd                | 0              | 0                    | 0                |
| Št. brzic                | 13             | 15                   | 12               |
| Št. stopenj              | 3              | 1                    | 2                |
| Št. kaskad               | 5              | 2                    | 4                |
| Št. plitvin              | 1              | 3                    | 2                |
| Zap.stopnja-tolmun       | Izrazito       | Neizrazito           | Ni pojava        |
| Zap.tolmun-brzica        | Izrazito       | Izrazito             | Izrazito         |
| Zap.tolmun-brazda        | Ni pojava      | Ni pojava            | Ni pojava        |
| Prodišče (d>60mm)        | Neizrazito     | Izrazito             | Izrazito         |
| Prerast z obrežno v.     | 50 – 100 %     | 75 – 100 %           | 50 – 100 %       |
| Vodna vegetacija         | Ni pojava      | Ni pojava            | Ni pojava        |
| Zapadlo drevje           | Malo-zmerno    | Malo-zmerno          | Malo-zmerno      |
| Plavni les               | Zmerno-veliko  | Zmerno-veliko        | Zmerno-veliko    |
| V.odbijač, koreninski p. | Ni pojava      | Ni pojava            | Ni pojava        |
| Obrežna vegetacija       | A. gozd        | A. gozd              | A. gozd          |
| Št. obrežnih nizov       | 2              | 1                    | 2                |
| Raba pribrežja           | A. gozd        | A. gozd, travnik     | A. gozd          |

Preglednica 12: HM spremenljivke tipov HG1, HG2 in GR1

| Tip vodotoka                    | HG1                  | HG2                        | GR1                      |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Relief</b>                   | Hribovit, gričevnat  | Hribovit, gričevnat, ravn. | Ravninski                |
| <b>Oblika doline</b>            | V in U-oblika        | Podanja dolina             | Ploska                   |
| <b>Padec dna (%)</b>            | 1 – 4                | 1 – 4                      | < 1                      |
| <b>Povprečni padec (%)</b>      | 1,87                 | 1,00                       | 0,2                      |
| <b>Oblika struge</b>            | Enojna               | Enojna                     | Enojna                   |
| <b>Vijugavost</b>               | Nična, rahla         | Rahla, neizrazita          | Izrazita, meandrirajoča  |
| <b>Oblika profila</b>           | Plitev U             | Plitev U                   | U                        |
| <b>Količnik urezanosti</b>      | 2,00                 | 1,85                       | 2,07                     |
| <b>Količnik B/H</b>             | 9,18                 | 7,96                       | 11,61                    |
| <b>Tvorivo brežine</b>          | Zemljina, skala      | Zemljina, skala            | Zemljina                 |
| <b>Višina brežin (m)</b>        | 1,62                 | 1,47                       | 1,35                     |
| <b>Substrat</b>                 | Grušč, groblja, prod | Grušč, prod, groblja       | Pesek, glina, gruč, prod |
| <b>Matična kamnina</b>          | Neizrazita           | Neizrazita                 | Ni pojava                |
| <b>Samica</b>                   | Ni pojava            | Ni pojava                  | Ni pojava                |
| <b>Razgibanost dna</b>          | Velika               | Zmerna                     | Majhna                   |
| <b>Pestrost gladine</b>         | Zmerna               | Zmerna                     | Neopazna                 |
| <b>Št. otokov</b>               | 0                    | 0                          | 1                        |
| <b>Št. peščin</b>               | 1                    | 0                          | 0                        |
| <b>Št. prodišč</b>              | 5                    | 6                          | 0                        |
| <b>Št. tolmunov</b>             | 3                    | 2                          | 4 (ravninski)            |
| <b>Št. brazd</b>                | 2                    | 4                          | 0                        |
| <b>Št. brzic</b>                | 7                    | 2                          | 0                        |
| <b>Št. stopenj</b>              | 0                    | 0                          | 0                        |
| <b>Št. kaskad</b>               | 1                    | 0                          | 0                        |
| <b>Št. plitvin</b>              | 0                    | 0                          | 1                        |
| <b>Zap.stopnja-tolmun</b>       | Ni pojava            | Ni pojava                  | Ni pojava                |
| <b>Zap.tolmun-brzica</b>        | Izrazito             | Neizrazito                 | Ni pojava                |
| <b>Zap.tolmun-brazda</b>        | Ni pojava            | Ni pojava                  | Ni pojava                |
| <b>Prodišče (d&gt;60mm)</b>     | Neizrazito           | Izrazito                   | Ni pojava                |
| <b>Prerast z obrežno v.</b>     | 75 – 100 %           | 75 – 100 %                 | 50 – 100 %               |
| <b>Zarast z vodno v.</b>        | Ni pojava            | Ni pojava                  | Izrazita                 |
| <b>Zapadlo drevje</b>           | Zmerno-veliko        | Zmerno                     | Zmerno                   |
| <b>Plavni les</b>               | Zmerno-veliko        | Zmerno                     | Malo                     |
| <b>V.odbijač, koreninski p.</b> | Neizrazito           | Neizrazito                 | Izrazito                 |
| <b>Obrežna vegetacija</b>       | A. gozd              | A. gozd                    | A. gozd, grmičevje       |
| <b>Št. obrežnih nizov</b>       | 1                    | 1                          | 2                        |
| <b>Raba pribrežja</b>           | A. gozd, travnik     | A. gozd, travnik           | Travnik, ledina          |

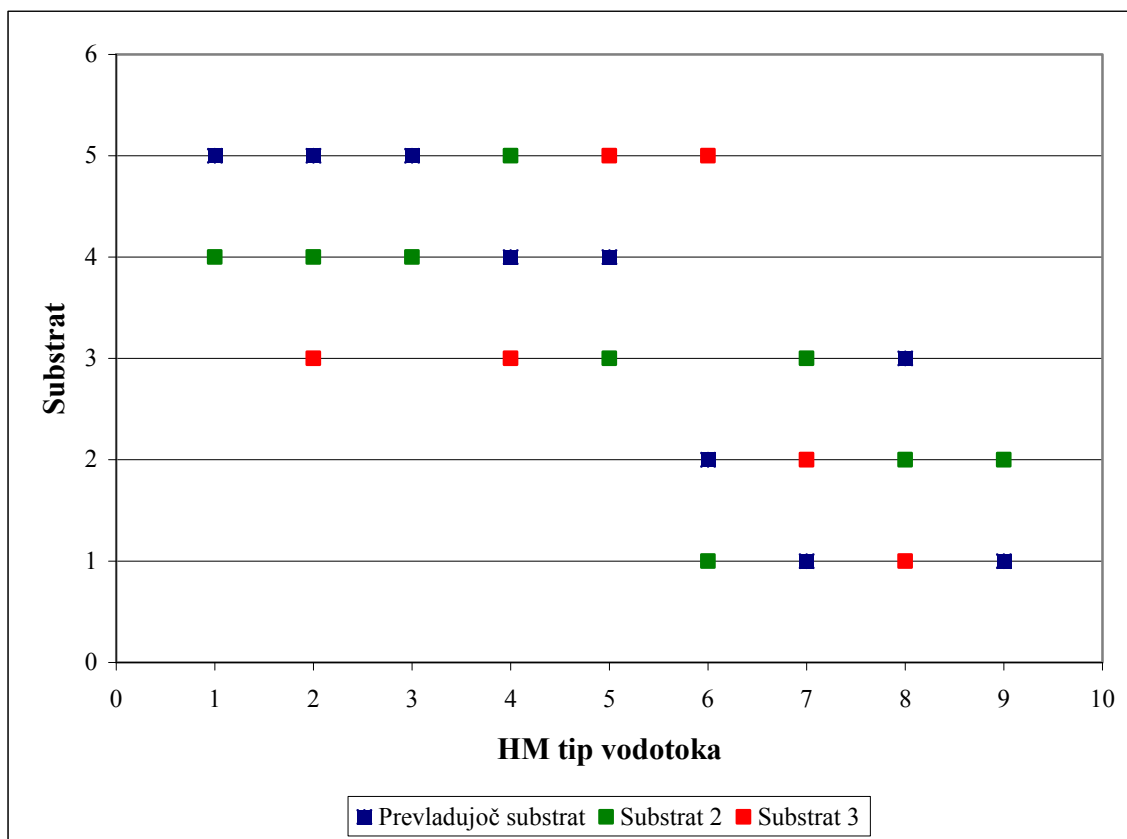
Preglednica 13: HM spremenljivke tipov GR2, GR3 in GR4

| Tip vodotoka                    | GR2                  | GR3                  | GR4                |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| <b>Relief</b>                   | Gričevnat, ravninski | Ravninski, gričevnat | Ravninski          |
| <b>Oblika doline</b>            | Ploska               | Ploska               | Ploska             |
| <b>Padec dna (%)</b>            | < 1                  | < 1                  | < 1                |
| <b>Povprečni padec (%)</b>      | 0,50                 | 0,40                 | 0,29               |
| <b>Oblika struge</b>            | Enojna               | Enojna               | Enojna             |
| <b>Vijugavost</b>               | Neizrazita, izrazita | Neizrazita           | Neizrazita         |
| <b>Oblika profila</b>           | Poglobljena U, U     | Plitev U, U          | U                  |
| <b>Količnik urezanosti</b>      | 2,22                 | 1,88                 | 1,66               |
| <b>Količnik B/H</b>             | 3,35                 | 8,28                 | 4,98               |
| <b>Tvorivo brežine</b>          | Zemljina             | Zemljina             | Zemljina           |
| <b>Višina brežin (m)</b>        | 2,69                 | 1,45                 | 1,38               |
| <b>Substrat</b>                 | Glina, prod, pesek   | Prod, pesek, glina   | Glina, pesek       |
| <b>Matična kamnina</b>          | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Samica</b>                   | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Razgibanost dna</b>          | Majhna-zmerna        | Zmerna               | Majhna             |
| <b>Pestrost gladine</b>         | Majhna               | Majhna               | Neopazna           |
| <b>Št. otokov</b>               | 0                    | 0                    | 0                  |
| <b>Št. peščin</b>               | 2                    | 3                    | 0                  |
| <b>Št. prodišč</b>              | 5                    | 12                   | 0                  |
| <b>Št. tolmunov</b>             | 1                    | 2                    | 1 (ravninski)      |
| <b>Št. brazd</b>                | 6                    | 9                    | 1                  |
| <b>Št. brzic</b>                | 0                    | 0                    | 0                  |
| <b>Št. stopenj</b>              | 0                    | 0                    | 0                  |
| <b>Št. kaskad</b>               | 0                    | 0                    | 0                  |
| <b>Št. plitvin</b>              | 0                    | 0                    | 1                  |
| <b>Zap.stopnja-tolmun</b>       | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Zap.tolmun-brzica</b>        | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Zap.tolmun-brazda</b>        | Neizrazita           | Izrazito             | Ni pojava          |
| <b>Prodišče (d&gt;60mm)</b>     | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Prerast z obrežno v.</b>     | 75 – 100 %           | 75 – 100 %           | 50 – 100 %         |
| <b>Zarast z vodno v.</b>        | Ni pojava            | Ni pojava            | Ni pojava          |
| <b>Zapadlo drevje</b>           | Veliko               | Zmerno               | Veliko             |
| <b>Plavni les</b>               | Veliko               | Veliko               | Zmerno             |
| <b>V.odbijač, koreninski p.</b> | Neizrazito-izrazito  | Izrazito             | Izrazito           |
| <b>Obrežna vegetacija</b>       | A. gozd, grmičevje   | A. gozd              | A. gozd, grmičevje |
| <b>Št. obrežnih nizov</b>       | 0                    | 0                    | 0                  |
| <b>Raba pribrežja</b>           | Travnik, ledina      | A. gozd, travnik     | A. gozd, travnik   |

### 3.2.2.1 Primerjava substrata in zastopanosti HM oblik dna v prepoznanih HM tipih

HM tipi določeni na podlagi ključnih geomorfoloških in morfoloških spremenljivk so medsebojno značilno različni tudi na nivoju podrobnejših (popisanih) HM spremenljivk. V spodnjem grafikonu so na abscisni osi nanizani HM tipi, ki iz goratega prehajajo v ravninski relief. Razvidno je, da se s spreminjanjem reliefa in zmanjševanjem padca spreminja tudi struktura substrata (Grafikon 1). Sprva se prevladujoče pojavlja groblja, ki se ji pridružuje grušč. Nato vodilno vlogo prevzame grušč, ki nastopa v kombinaciji s prodom in grobljo. V ravninskih predelih pa se prevladujoče pojavljajo ali prod ali pesek ali glina, ki pa nastopajo v kombinaciji s preostalimi frakcijami.

Grafikon 1: Zastopanost substrata v prepoznanih HM tipih (1-glina, 2-pesek, 3-prod, 4-grušč, 5-groblja)

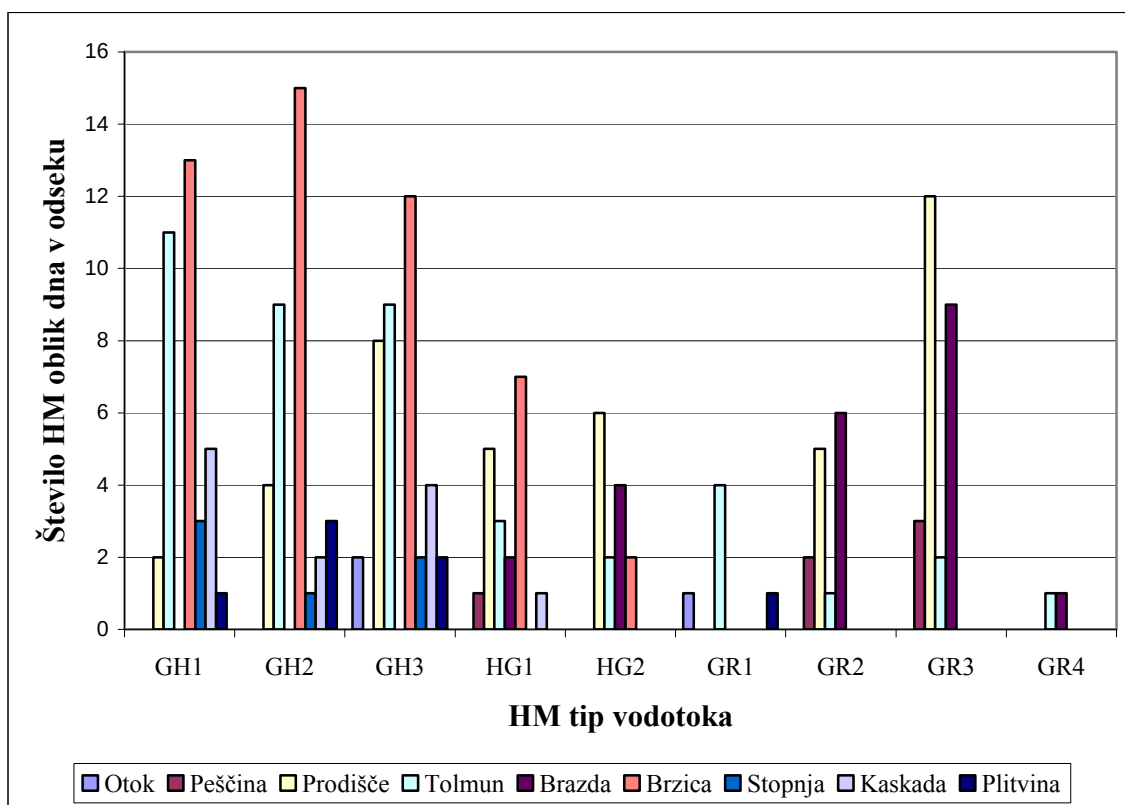


Kot rezultat ključnih geomorfoloških in morfoloških dejavnikov se odraža tudi zastopanost posameznih HM oblik dna. Z reliefom, padcem in substratom se vidno spreminjajo



kombinacije HM oblik dna. Prehod iz goratega v ravninski relief je zaznamovan z zmanjševanjem števila kaskad, stopenj, brzic in tolmunov in naraščanjem števila brazd, prodišč in peščin (Grafikon 2).

Grafikon 2: Zastopanost posameznih HM oblik dna v prepoznanih HM tipih



Prepoznani tipi se izkažejo kot značilno različni tudi pri proučevanju količine zapadlega drevja in plavnega lesa ter strukturi obrežja in pribrežja. S preходом iz goratega v ravninski relief se vse pogosteje na pribrežju vodotokov namesto avtohtonega gozda razprostirajo travniki in ledina. V ravninskih odsekih so vodotoki obdani s širokim pasom avtohtone vegetacije prava izjema. Tudi struktura obrežne vegetacije se spreminja, saj avtohton gozd goratega reliefa v ravninskem reliefu preide v kombinacijo avtohtonega gozda in grmičevja. Tudi vrstna sestava obrežne vegetacije se spreminja. Podrobnejše podobnosti in razlike med tipi vodotokov so podane v naslednjem poglavju.

### **3.2.3 Podrobnejši opisi prepoznanih hidromorfoloških tipov**

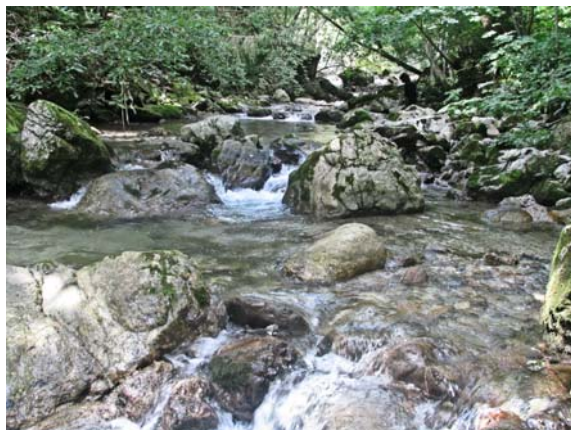
#### **3.2.3.1 Hidromorfološki tip GH1**

HM referenčni odseki gorskega in prehodnega (iz gorskega) hribovitega reliefa, ki nosijo oznako GH1 so bili prepoznani v bioregijah Karbonatne Alpe (KB-AL) in Silikatne Alpe (SI-AL). Kot posebni biotski tip vodotoka se prevladujoče pojavlja tip »nad 700 m«.

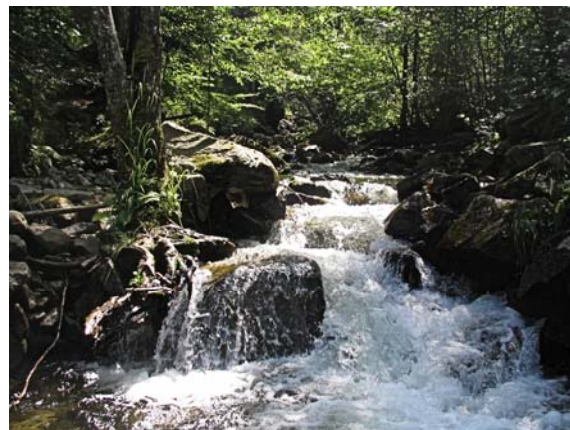
Referenčni odseki so zaznamovani z letno količino padavin preko 1500 mm, karbonatno (Julijske in Kamniško-Savinjske Alpe) in silikatno (Pohorje, Kozjak) geološko podlago in višinskim pasom nad 800 m. Obravnavani odseki so glede na širino struge uvrščeni v 2. velikostni razred. Minimalni letni specifični pretoki (z 20-letno povratno dobo) presegajo 4 l/s/km<sup>2</sup>, prevladujoč pretočni režim pa je alpski snežno-dežni. Za odseke je značilna velika omejenost z dolino, ki je V-oblike. Spreminjanje širine struge je majhno, večje je spreminjanje globine. Omejenost struge je razpoznavna tudi iz majhnega razmerja med strugotvorno širino in globino struge. Struga ima velik padec in enojno obliko ter nično ali le rahlo vijugavost. Substrat je groblja in grušč (Fotografija 22, 23), vmesno se pojavljata tudi prod in pesek. Značilne so številne samice, ki v kombinaciji s skalami ali matično kamnino tvorijo brežino. Struga ima stopničasto V-obliko profila. Razgibanost dna je prav zaradi raznolikega substrata zelo velika, posledično pa je velika tudi pestrost gladine vodnega toka.

V strugi se značilno pojavljajo zaporedja stopenj in tolmunov ter tolmunov in brzic. Pogosto so opazne tudi kaskade. Zaradi prevelikega padca dna je prisotnost prodišč nična oziroma komaj opazna. Kot prepoznavne HM oblike se pojavljajo brzice, stopnje, kaskade in tolmini, medtem ko so peščine in brazde povsem odsotne ali pa se pojavljajo le izjemoma. Številne stopnje se izoblikujejo tudi preko matične kamnine.

Prečna povezanost z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči ni izrazita, tako da so obrežni in pribrežni HM nizi zelo redko opazni. Zastala voda in obtoki so prisotni le za večjimi skupinami samic in zagatami plavnega lesa. Tako obrežna kot pribrežna zemljišča so poraščena z avtohtonim gozdom. Obrežna vegetacija je sklenjena in obroblja strugo vodotoka.



Fotografija 22: GH1 - Jesenica



Fotografija 23: GH1 - Radoljna

Koreninski prepleti in vodni odbijači niso opazni, prav tako ni značilne zaraščenosti z vodno zarastjo. Vidni se le mahovi. Glede na to, da je obrežna vegetacija izpostavljena močnemu vodnemu toku in da je tvorivo brežine prevladujoče skalnato, je tik ob strugi vegetacija pogosto odsotna, kar se kaže tudi v nekoliko manjši preraščenosti vodotoka z obrežno vegetacijo. Tudi zapadlega drevja je malo. Bistveno večje so količine plavnega lesa. V gorskih vodotokih kot plavni les nastopajo debela drevesa oziroma izravana drevesa.

V splošnem se tip GH1 pojavlja v povirnih delih vodotokov, kjer je prevladujoč proces erozija in dolvodno premeščanje plavin.

### 3.2.3.2 Hidromorfološki tip GH2

HM tip z oznako GH2 se pojavlja na prehodu iz gorskega v hribovit relief in je bil prepoznan v bioregijah Karbonatne Alpe (KB-AL), Silikatne Alpe (SI-AL) in Predalpska hribovja (PA-hrib). Od HM tipa GH1 se razlikuje predvsem po hribovitem reliefu, nekoliko manjšem padcu in U-obliki doline. Padavine na obravnavanih odsekih v povprečju presegajo 1500 mm, specifični minimalni pretoki (z 20-letno povratno dobo) pa 4 l/s/km<sup>2</sup>. Geološka podlaga je tako karbonatna kot silikatna. Odseki se nahajajo v višinskem pasu 200-800 m oziroma v pasu nad 800 m.

Za odseke je značilna U-oblika doline, enojna struga in nična oziroma le rahla vijugavost. Vodotok je manj omejen z dolino, kar se kaže tudi preko večjega razmerja med strugotvorno širino in globino struge ter preko oblike profila, ki je plitev U-profil. V strugi kot substrat prevladuje groblja, ki pa nastopa v kombinaciji z gruščem in prodom. Mestoma je izrazit tudi pesek. Samice se v primerjavi s tipom GH1 pojavljajo redkeje, tudi tvorivo brežine ni več skala in matična kamnina, temveč preide v skalo in zemljino. Razgibanost dna je velika. Ta lastnost se odraža tudi v veliki pestrosti gladine vodnega toka.

Za ta HM tip so značilne številne HM oblike dna. Najpogosteje se pojavljajo tolmun in brzice. V primerjavi s HM tipom GH1 je prisotno manjše število stopenj in kaskad, pogosteje pa so opazna prodišča, ki sestojijo iz grušča (cobble bar). Izrazito je zaporedje tolmun-brzica, neizrazito pa zaporedje stopnja-tolmun (Fotografija 24, 25).



Fotografija 24: GH2 - Suha



Fotografija 25: GH2 - Potočnikov potok

Prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči je vzpostavljena, kar se kaže tudi preko prisotnosti obrežnih nizov. Mestoma so opazni obtoki in zastala voda. Obrežna vegetacija je avtohton gozd, ki se razprostira tudi na pribrežju. Koreninski prepleti in vodni odbijači niso značilni. V strugi so opazne zmerne količine plavnega lesa in malo zapadlega drevja.

### 3.2.3.3 Hidromorfološki tip GH3

HM referenčni odseki tipa GH3 so bili prepoznani v bioregijah Karbonatne Aple (KB-AL), Silikatne Alpe (SI-AL) in Dinarska hribovja (ED-hrib). Odseki so zaznamovani tudi s posebnimi biotskimi tipi, saj se pojavljajo tipi kot so kraški izvir, presihajoč vodotok, iztok iz jezera in vodotok nad 700 m. Zaznamovani so z izrazitim hribovitim reliefom, povprečna nadmorska višina odsekov znaša 540 m in se uvrščajo v višinski pas 200 – 800 m. V obravnavanih predelih je geološka podlaga spreminjajoča – prehaja iz silikatov v karbonate in obratno. Vodotoki prejemajo različno količino padavin, prav tako jih zaznamuje različen specifični minimalni letni pretok. Prevladujoče se pojavlja alpski snežno-dežni pretočni režim.

Obravnavani odseki sodijo v 3. velikostni razred glede na širino struge in imajo značilno plitvo U-obliko profila. Struga je enojna z nično ali pa le rahlo vijugavostjo. Obdana je s hribovji, ki tvorijo V-obliko doline. Spreminjanje globine in širine struge je veliko, značilna je velika razgibanost dna vodotoka. V strugi so opazne številne HM oblike dna, v največji meri se pojavljajo brzice, prodišča in tolmini. Izrazito je zaporedje tolmun-brzica, medtem ko se zaporedje stopnja-tolmun pojavlja le izjemoma. Za široke struge so značilni tudi otoki, ki so poraščeni z vegetacijo v vmesnem sukcesijskem stadiju. Prav tako so v strugi razpoznavne kaskade (ki so položnejše od kaskad v tipu GH1), plitvine in peščine. Prodišča v hribovitih vodotokih so povsem drugačna od prodišč v ravninskih, saj sestojijo iz bistveno večjih zrn ( $d > 60$  mm). Prevladujoč substrat je groblja. Vmesno se v veliki meri pojavlja tudi grušč ter številne drobnejše frakcije – prod, pesek, melj in mivka. V hribovitih strugah so opazne tudi samice in mestoma izgoni matične kamnine. Raznovrstnost substrata je zelo velika, prav tako pestrost gladine vodnega toka (Fotografija 26, 27).

Brežine so skalnate v kombinaciji z zemljino in ne kažejo erozije. Glede na to, da ima struga plitev profil, so na obrežju lepo vidne tudi sledi poplavnih voda. Obrežje je pogosto zaznamovano z obrežnim HM nizom, ki je ali obtok ali zastala voda. Obtoki se izoblikujejo predvsem za zagatami samic ali plavnega lesa.



Brežine so porasle z obrežno vegetacijo, ki je avtohton gozd. Struga je le zmerno preraščena, saj je širina struge velika. Zapadlega drevja je malo, večje so količine plavnega lesa. Plavni les v hribovitih vodotokih so debele veje dreves, debla dreves ali pa izravana drevesa, medtem ko je plavni les v ravninskih vodotokih prevladujoče drobno vejevje. Na brežinah ni razpoznavnih vodnih odbijačev in koreninskih prepletov.



Fotografija 26: GH3 - Iška



Fotografija 27: GH3 - Kamniška Bistrica

Odseki se nahajajo v za kmetijstvo ali druge rabe neprimernih predelih, zato so zaznamovani s širokim vegetacijskim pasom, ki porašča tako obrežna kot pribrežna zemljišča.

#### 3.2.3.4 Hidromorfološki tip HG1

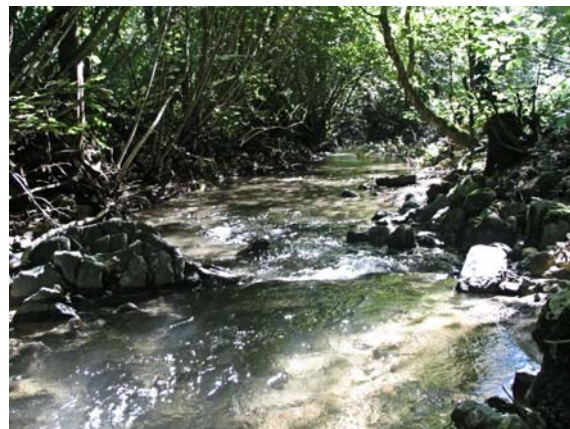
HM odseki z oznako HG1 so prepoznani v številnih bioregijah (PA-hrib, SI-AL, ED-hrib, PD-hrib-ravni, SM-hrib-brez) in niso nadaljnje zaznamovani s posebnim biotskim tipom. Nahajajo se v območju hribovitega reliefa in gričevnatega reliefa, znotraj višinskega pasu od 200-800 m. Geološka podlaga je za posamezne tipe vodotoka raznolika (karbonati, silikati), prav tako je značilen različen pretočni režim.

Odseki se prevladujoče nahajajo v V-dolinah in koritastih U-dolinah ter imajo enojno strugo z nično ali le rahlo vijugavostjo. Oblika profila je značilna plitva U-oblika. Dno vodotoka sestavljajo predvsem grušč, prod in groblja, ki ustvarjajo veliko razgibanost dna vodotoka. Pogosto je opaziti tudi obsežne izgone matične kamnine.

Pestrost gladine vodnega toka je zmerna do velika. V strugi so opazne oblike dna, ki pa niso tako izrazite kot v gorskih in prehodno gorskih (hribovitih) vodotokih oziroma je njihova številčnost manjša. Pojavljajo se predvsem prodišča, brzice, tolmini in brazde. Precej bolj redko je opaziti stopnje in položne kaskade. Na dnu struge se izoblikujejo predvsem zaporedja tolmun-brzica (Fotografija 28, 29).



Fotografija 28: HG 1 - Bistrica



Fotografija 29: HG1 - Blanščica

Brežine so zemljinske, zmerno erodirane in nizke. Porasle so z avtohtono obrežno vegetacijo, ki je prevladujoče avtohton gozd ter zaznamovane s koreninskimi prepleti. Struga je močno preraščena z obrežno vegetacijo, medtem ko zaraščenosti z vodno vegetacijo ni opaziti. Zapadlo drevje in plavni les se pojavljata v zmernih količinah.

Prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči ni izrazita je pa opazna, saj se na obrežju pojavljajo HM obrežni nizi – predvsem obtoki in mokrišča. Širina vegetacijskega pasu je velika - tudi pribrežna zemljišča so pogosto poraščena z avtohtonim gozdom, mestoma pa so prisotni travniki oziroma ledina.

Odseki tipa HG1 se od tipov GH poleg glavnih geomorfoloških in morfoloških dejavnikov (oblika struge, vijugavost, oblika profila itd.) najbolj opazno razlikujejo glede številčnosti HM oblik dna. Z zmanjševanjem padca se zmanjšuje tudi število kaskad, stopenj in brzic, povečuje pa število prodišč, kar kaže na zmanjšano aktivnost erodiranja in povečano naplavljanje oziroma odlaganje rečnih plavin.



### 3.2.3.5 Hidromorfološki tip HG2

Tudi odseki z oznako HG2 so bili prepoznani v številnih bioregijah (PD-hrib-ravni, SM-hrib-brez, SM-hrib-s, SI-AL, ED-hrib, PA-hrib, Obalna) in so le redko označeni s posebnim biotskim tipom. Vodotoki oziroma obravnavani odseki so zaznamovani s hribovitim ali pa gričevnatim reliefom oziroma z reliefom, ki postopoma prehaja v ravninskega in se nahajajo v višinskem pasu 200 – 800 m. Geološka podlaga je silikatna in karbonatna, padavine, pretočni režim in specifični minimalni pretoki pa se močno spreminjajo, zato za odseke ni možno podati relevantnih srednjih vrednosti (Fotografija 30, 31, 32, 33).



Fotografija 30: HG2 - Klivnik



Fotografija 31: HG2 - Osapska reka



Fotografija 32: HG2 - Želimeljščica



Fotografija 33: HG2 - Bistrica

Odseki so zaznamovani s padci manjšimi od 2 % in imajo enojno strugo, ki je ravna ali pa le rahlo oziroma neizrazito vijugajoča. Prevladujoč tip doline je podanja oblika doline, prevladujoča oblika profila pa je plitva U-oblika. V strugi je značilno prisoten grušč z



vmesnim prodom in grobljo. Pogosto so opazni tudi izgoni matične kamnine. Dno je le zmerno razgibano, oblike dna se pojavljajo redkeje kot v tipu HG1. Vidna se prodišča, tolmini, brazde in brzice. Zaporedja oblik dna niso značilna.

Brežina je zemljinska v kombinaciji s skalnato, nizka in zmerno erodirana. Porasla je z obrežno vegetacijo, ki je avtohton gozd. Slednja v veliki meri tudi prerašča strugo, ki pa ni zaraščena z vodno vegetacijo. Na brežini so razpoznavni tudi vodni odbijači in koreninski prepleti. Struga je zaznamovana z zmernimi količinami zapadlega drevja in plavnega lesa.

Prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči, ki so deloma gozd, deloma travnik, ni izrazita. Tudi HM nizi na teh predelih so zelo redki oziroma komaj da opazni.

### **3.2.3.6 Hidromorfološki tip GR1**

HM referenčni odseki ravninskih (kraških vodotokov) so bili prepoznani v bioregijah Dinarski kras (ED-kras) in Predalpska hribovja in ravnine (PD-hrib-ravni). Prevladujoče jih zaznamuje biotski tip vodotoka, ki je meandrirajoč s kraškim izvirom. Odseki se nahajajo na razsežnih ravninah, z nadmorsko višino okoli 500 m in se tako gibljejo v višinskem pasu od 200 – 800 m (Fotografija 34, 35, 36, 37). Geološka podlaga je značilno karbonatna. Letna količina padavin se giblje okoli 1500 mm, specifični minimalni pretoki z 20-letno povratno dobo pa merijo 1,5 l/s/km<sup>2</sup>. Za vodotoke je značilen dinarski dežno-snežni ali dinarsko-alpski dežno-snežni pretočni režim.

Odseke zaznamuje izjemno majhen padec dna struge in skoraj negiben vodni tok. Struga je enojna in meandrirajoča, lahko tudi bolj ali manj izrazito vijugajoča. Značilen profil ima U-obliko, pogosto so opazne konkavne brežine. V strugi se pojavljata pesek in glina, pogosto tudi grušč in prod. Vidni so izgoni matične kamnine (skalna rebra). Dno struge je slabo do zmerno razgibano, spremenljivost globine pa je predvsem zaradi prisotnosti ravninskih tolmunov velika. Ravninski tolmini se pogosto izoblikujejo pod značilnimi vodnimi odbijači. Tudi spremenljivost širine je velika.

V strugi poleg ravninskih tolmunov ni opaznih značilnih HM oblik. V posameznih odsekih se pojavljajo le otoki, ki so poraščeni z vegetacijo v mladem ali zrelem sukcesivnem stadiju. Vodna gladina je povsem gladka, mestoma vzvalovi le ob nanosih plavnega lesa ali ob zapadlem drevju. Za strugo je značilna vodna zarast – pojavljajo se tako potopljene, emergentne kot ukoreninjene rastline s plavajočimi listi.

Brežine so izključno zemljinske in sklenjeno poraščene z avtohtono vegetacijo. Vegetacija je kombinacija avtohtonega grmičevja in gozda in se izrazito nagiba nad gladino vodnega toka. Je izjemno gosta in težko prehodna, na njej so lepo razvidne sledi poplavne vode. Pogosto so drevesa v zrelem sukcesijskem stadiju (na primer hrast) ob vodotoku značilni vodni odbijači. Na brežinah so razpoznavni tudi številni koreninski prepleti. Erozijske brežine izpirajo zemlino med koreninami in tako mestoma oblikujejo prave koreninske brežine.



Fotografija 34: GR1 - Lipsenjščica



Fotografija 35: GR1 - Lipsenjščica



Fotografija 36: GR1 - Temenica



Fotografija 37: GR1 - Dobličica

Za ravninske, kraške vodotoke je značilna izrazita prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči, ki so pogosto preplavljena. Izmed HM obrežnih nizov se najpogosteje pojavljajo mokrišča, vidni pa so tudi obtoki in zastala voda. Na obrežnih delih je ponekod razpoznaven celo pretekli potek struge. Drugačna sestava obrežnega travniškega rastlinja, riše sledi preteklih meandrov. Pribrežna zemljišča so prevladujoče travniki ali ledina, mestoma se pojavlja tudi avtohton gozd.

### **3.2.3.7 Hidromorfološki tip GR2**

HM referenčni odseki z oznako GR2 so opaženi v bioregiji Panonska gričevja in ravnine (PN-grič) in niso nadaljnje deljeni glede na poseben biotski tip. Zaznamovani so predvsem z ravninskim in prehodnim gričevnato-ravninskim reliefom, majhno nadmorsko višino (okoli 200 m) in majhno količino padavin (okoli 900 mm). Tudi specifični minimalni pretoki s povratno dobo 20 let so majhni. Vodotoke zaznamuje silikatna geološka podlaga in majhen padec dna struge (Fotografija 38, 39, 40, 41).

Oblika struge je enojna, potek je neizrazito do izrazito vijugajoč. Struga je močno vrezana v podlago in ima značilen poglobljen U-profil. Urezanost se odraža preko majhnega razmerja med širino in globino struge. Visoke brežine so zemljinske in so mestoma zmerno do močno erodirane. Prevladujoč substrat je kombinacija prod, peska in gline. V strugi so izoblikovana številna prodišča, vidne so tudi peščine. Preko nanosov prod in peska (v prevojih) se izoblikujejo brazde. Tolmuni niso značilni, prav tako niso značilna zaporedja HM oblik. Majhen padec in neizrazite oblike so razlog za majhno razgibanost dna in s tem tudi majhno pestrost gladine vodnega toka. Gladina vzvalovi le v območju brazd.

Brežine so strme in poraščene z obrežno vegetacijo, ki je prevladujoče avtohton gozd z grmičevjem. Vegetacija je gosta, težko prehodna in izrazito prerašča strugo. V strugi so opazne tudi velike količine zapadlega drevja in plavnega lesa. Plavni les so predvsem veje dreves in grmovja. Za odseke ni značilna izrazita prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči, kar se kaže tudi v zelo redki prisotnosti HM obrežnih nizov. Vodotoki so v krajini razpoznavni po dokaj ozkem pasu vegetacije, ki obrobja strugo. Pribrežna zemljišča so travniki in ledina.





Fotografija 38: GR2 - Lipnica



Fotografija 39: GR2 - Lipnica



Fotografija 40: GR2 - Brezovski potok



Fotografija 41: GR2 - Libanja

### 3.2.3.8 Hidromorfološki tip GR3

HM odseki z oznako GR3 nahajajo v bioregijah Predinarska hribovja in ravni (PD-hrib-ravni) in Ravni z alpskim vplivnim območjem (PN-zALvpliv) in niso nadaljnje členjeni glede na poseben biotski tip. Vodotoki se nahajajo na značilnem prehodu iz hribovitega oziroma gričevnatega v ravninski relief (Fotografija 42, 43, 44, 45). Razgibano dolinsko dno je deloma silikatno deloma karbonatno. Nadmorska višina izbranih referenčnih odsekov se giblje okoli 300 m, tako da vodotoki sodijo v višinski pas 200 – 800 m. Letna količina padavin znaša 1200 mm, minimalni letni specifični pretoki (z 20-letno povratno dobo) pa v območju vodotokov bioregije PD-hrib-ravni dosegajo 4, v bioregiji PN-zALvpliv pa 11/s/km<sup>2</sup>. Pretočni režim je prevladujoče dinarsko-alpski dežno-snežni.





Fotografija 42: GH3 - Drežnica



Fotografija 43: GH3 - Tunjščica



Fotografija 44: GH3 - Suha



Fotografija 45: GH3 - Ložnica

Struga vodotoka je enojna, neizrazito vijugajoča in ima majhen padec dna. Globina se spreminja zmerno, širina pa malo. Struga ima značilno plitvo U-obliko in veliko razmerje med strugotvorno širino in globino. Prevladujoč substrat je prod v kombinaciji s peskom in glino. Predvsem na prevojih struge se izoblikujejo številne brazde, katerim sledijo prodišča ali peščine ter tolmini. Zaporedja brazd in tolmunov so za ta tip značilna. Drugih HM oblik dna ni opaznih. Dno je sicer slabo razgibano, posledično je majhna tudi pestrost gladine vodnega toka.

Brežine so zemljinske in so mestoma vidno erodirane. Porasle so z avtohtono obrežno vegetacijo, ki je prevladujoče avtohton gozd. Širina vegetacijskega pasu (na vsaki strani struge) znaša preko 10 m. Pribrežna zemljišča so ali travniki ali avtohtoni gozd.

V strugi vodotoka je opazna zmerna količina zapadlega drevja in veliko plavnega lesa. Struga je preraščena z obrežno vegetacijo, prisotnost vodne zarasti ni značilna. Prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči je majhna, kar je razpoznavno tudi iz odstotnosti HM obrežnih in pribrežnih nizov.

### **3.2.3.9 Hidromorfološki tip GR4**

HM referenčni odseki z oznako GR4 so značilni za bioregijo Krško-Brežiška kotlina (PN-Kr-Br-kotl) in niso nadaljnje členjeni glede na poseben biotski tip. Zaznamuje jih ravninski relief in majhen padec dna struge. Obravnavani odseki se od tipov GR1 in GR2 razlikujejo predvsem po sestavi substrata. V primerjavi z GR1 imajo tudi vidno manjšo prečno povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči, glede GR2 pa drugačno obliko profila.

V Krško-Brežiški kotlini se nadmorska višina giblje okoli 150 m, tako da vodotoki sodijo v višinski pas »pod 200 m«. Geološka podlaga je tako karbonatna kot silikatna. Za celotno območje je značilna količina padavin od 1000 do 1200 mm, specifični minimalni pretoki s povratno dobo 20-let pa znašajo 0,8 l/s/km<sup>2</sup>. Vodotoki imajo dinarsko-alpski dežno-snežni pretočni režim.

Struga je enojna, zmerno urezana in neizrazito vijugajoča. Značilen profil ima U-obliko, ter zmerno spreminjanje globine in širine. Substrat struge je prevladujoče glina, zelo majhen je delež peska in prod. Razgibanost dna je zelo majhna (celo neopazna), kar se kaže tudi v zelo majhni oziroma neopazni pestrosti gladine vodnega toka. Oblike dna niso značilne, mestoma se oblikujejo le neizrazite brazde. V nekaterih referenčnih odsekih so opazni tudi ravninski tolmoni, ki pogosto nastopajo v kombinaciji z vodnimi odbijači (Fotografija 46, 47, 48, 49).

Brežine so nizke, mestoma erodirane in izključno zemljinske. Kljub majhni višini ni razpoznavna izrazita prečna povezanost struge z obrežnimi in pribrežnimi zemljišči, saj obrežni in pribrežni HM nizi niso značilni.





Fotografija 46: GR4 - Račna



Fotografija 47: GR4 - Lokavec



Fotografija 48: GR4 - Senuša

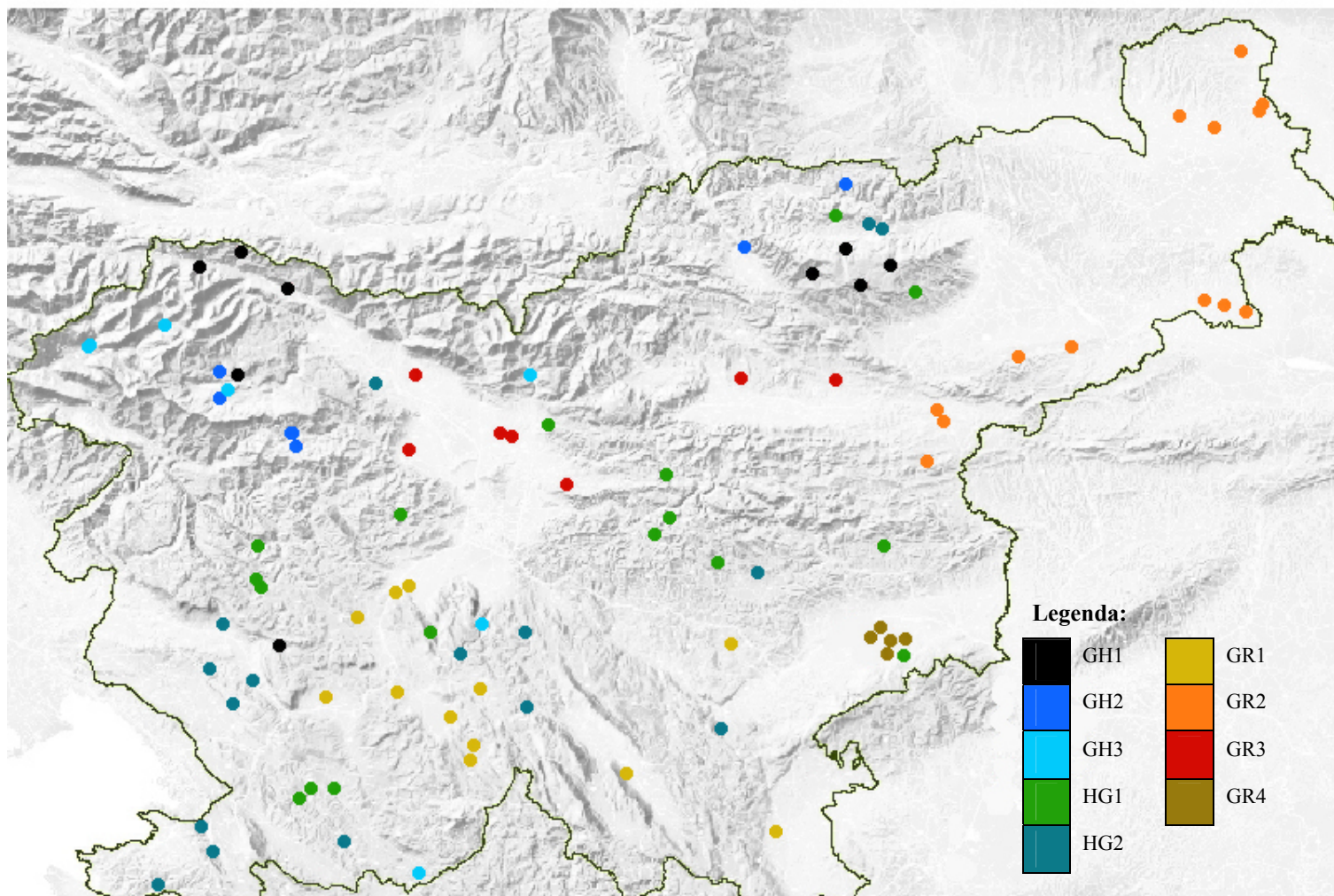


Fotografija 49: GR4 - Senuša

Brežine so poraščene s sklenjeno obrežno vegetacijo, ki je ali avtohton gozd ali pa avtohton gozd v kombinaciji z avtohtonim grmičevjem. Preraščenost struge z obrežno vegetacijo je značilna predvsem za odseke obraščene z avtohtonim gozdom in grmičevjem.

V strugi so opazne velike količine zapadlega drevja in plavnega lesa. Plavni les mestoma ustvarja prave zagate pod katerimi teče počasen vodni tok. Na brežinah so lepo razvidni vodni odbijači in koreninski prepleti. Obrežna vegetacija prehaja ali v travnike in ledine ali pa v avtohton pribrežen gozd.





Slika 32: Prepoznani HM tipi

## 4 SKLEP

V nalogi je v prvem delu predstavljen nadgrajen pristop za kabinetni in terenski zajem HM podatkov (nadgradnja pristopa razvitega v Sintezni metodi; Bizjak, 2003). Podan je referenčni HM popisni list ter podrobnejši opis in potek zajema vseh HM spremenljivk, ki so bile popisane na izbranih HM referenčnih odsekih vodotokov. V nadaljevanju so pridobljeni podatki vključeni v analizo prepoznavanja značilnih HM tipov.

Glede na to, da v Sloveniji HM tipizacija še ni bila izdelana in da bo slednja v prihodnje zahtevala podrobnejše študije posameznih HM procesov in spremenljivk, je v prispevku namen podati izhodiščen pregled nad HM tipi, prepoznanimi tekom popisa in analize referenčnih odsekov, in tako prispevati k lažji nadaljnji usmeritvi HM tipizacije. Iz razloga, da pri prepoznavanju ni bilo možno izhajati iz že znanstveno potrjenih hidromorfoloških raziskav slovenskih vodotokov, je bila pri prepoznavanju tipov uporabljena kar se da splošna tehnika razvrščanja glede na ključne geomorfološke in morfološke značilnosti vodotokov oziroma njihovih odsekov. Pri tem se je izkazalo, da je uporaba Rosgenove klasifikacije vodotokov smiselna, saj na prvih dveh nivojih zajema tiste HM spremenljivke, ki jih je bilo moč vključiti v časovno in tehnično pogojeno raziskavo. Preko analize sopojavljanja HM spremenljivk in uporabe geografskega informacijskega sistema je bilo v okviru obravnavanih HM referenčnih odsekov prepoznanih 9 HM tipov vodotokov, ki so bili določeni tudi na podlagi podrobnejših HM spremenljivk (vrsta substrata in značilne HM oblike dna).

V raziskavi se je izkazalo, da uporabljena nivoja Rosgenove klasifikacije (Rosgen, 1994), ki sta podala osnovne tipe, dobro odražata tudi značilnosti tipov, ki sta jih predstavila Montgomery in Buffington (Montgomery in Buffington, 1997). V njuni analizi osrednjo vlogo predstavljajo HM oblike dna v odvisnosti od padca dna vodotoka. Pri prepoznanih tipih se znotraj posameznih odražajo značilne HM oblike dna oziroma njihova zaporedja. Glede na to, da se klasifikacija vodotokov po Montgomery-ju in Buffington-u nanaša na vodotoke z gorskim povirjem, so sovpadanja tipov značilna predvsem za odseke vodotokov v gorskem in hribovitem reliefu.

Na izbranih HM referenčnih odsekih prepoznani HM tipi v nadaljevanju potrebujejo nadgradnjo s podrobnejšimi hidrološkimi, geomorfološkimi in geološkimi analizami. Znotraj hidroloških analiz je potrebno vključiti predvsem količino in dinamiko vodnega toka, v okviru geomorfoloških analiz pa je ključnega pomena podrobnejša analiza rečnih dolin in vijugavosti.

Prepoznani HM tipi kažejo pestrost slovenske hidrografske mreže, ki je odraz raznolikega reliefa in geološke sestave. To raznolikost bo v nadaljevanju raziskav potrebno podrobneje opredeliti oziroma s pomočjo statističnih analiz ovrednotiti ter tako podati okvirne vrednosti, ki bodo odraz kompleksnih procesov, s tem pa tudi izhodišče nadaljnjega upravljanja z vodami.

Tekom študije tuje literature se je pokazala tudi zahteva po osvežitvi starih in uvedbi novih HM izrazov, ki bi podrobneje označevali posamezne HM spremenljivke in s tem pripomogli k lažji interpretaciji in nenazadnje tudi razumevanju hidromorfologije.

## **VIRI**

### **Uporabljeni viri**

Armantrout, N.B. 1998. Glossary of Aquatic Habitat Inventory Terminology. Maryland, American Fisheries Society.

Bizjak, A. 2003. Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, razvit z analizo stanja na reki Dragonji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 212 str.

Bizjak, A. Hidromorfološki elementi kakovosti. Januar 2006 a. Osebna komunikacija.

Brilly, M., Vidmar, A., Šraj, M. 2003. Tipologija površinskih vodnih teles – prostorska baza tipov vodotokov in jezer, sistem A in sistem B. Poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 30 f.

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. Poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 62 f.

Bostelmann, R., Braukmann, U., Breim, E. »et al.«. 1998. An Approach to Classification of Natural Streams and Floodplains in South-west Germany. V: de Wall, L.C., Large, A.R.G., Wade, P.M. Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation. Chicester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons: 31-55.

Bratina Jurkovič, N. 1999. Vrednotenje krajinskih značilnosti vodotokov v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 140 f.

Church, M. 1992. Channel Morphology and Typology. V: Calow, P., Petts, G.E. The Rivers Handbook, Hydrological and Ecological Principles. London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Paris, Berlin, Vienna, Blackwell Scientific Publications, Volume 1: 126-143.

CIS. 2003. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Guidance document n.º 10. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC): 87 str.

[http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework\\_directive/guidance\\_documents/gds10srefcondspolicyssum/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/gds10srefcondspolicyssum/_EN_1.0_&a=d) (14.06.2006)

Directive 2000/60/EC of The European Parliament and of The Council establishing a framework for Community action in the field of water policy: 94 str.

Doyle, M. W., Miller, D. E., Harbor, J.M. 1999. Should River Restoration Be Based on Classification Schemes or Process Models? Insights from the History of Geomorphology. ASCE International Conference on Water Resources Engineering, Seattle, Washington.

[http://www.blwi.com/DoyleMD\\_StreamRestoration\\_Historical\\_1999aa.pdf](http://www.blwi.com/DoyleMD_StreamRestoration_Historical_1999aa.pdf) (23.10.2006)

Fogg, J., Wells, G. 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. U.S. Department of Agriculture, U.S. Department of Commerce, U.S. Department of Housing and Urban Development, U.S. Department on the Interior: 1-87.

Gams, I. 1973. Prispevek h klasifikaciji poplav v Sloveniji. Geografski obzornik, 1/2: 8-12.

Geomorphological Research Group. 2006. Fluvial Geomorphology, Channel Classification. Washington, University of Washington, Quaternary Research Center & Department of Earth and Space Sciences.

[http://duff.geology.washington.edu/grg/courses05\\_06/ess426/](http://duff.geology.washington.edu/grg/courses05_06/ess426/) (23.10.2006)

Hrvatín, M. 1998. Pretočni režimi v Sloveniji. Geografski zbornik, XXXVIII:81-87.

Hudoklin, J. 1994. Tipologija krajin in opredeljevanje krajin posebnih vrednosti v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 127 f.

Illies, J. (ur.) 1978. Limnofauna Europaea. 2. Auflage. Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag: 532. str.

Kellerhals, R., Neill, C.R., Bray, D.I. 1972. Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta. Research Council of Alberta, River Engineering and Surface Hydrology Report, 72, 52 str.

Leksikon, Geografija. 2001. Ljubljana, Učila: 682 str.

Leopold, A. 1948. Send County Almanac. New York, Oxford University Press.

Malakoff, D. The River Doctor.

[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org) (27.04.2006)

Marušič, J. 1998a. Krajine alpske regije, Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za okolje in prostor, 91 str.

Marušič, J. 1998b. Krajine predalpske regije, Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za okolje in prostor, 136 str.

Marušič, J. 1998c. Krajine subpanonske regije, Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za okolje in prostor, 96 str.

Marušič, J. 1998d. Kraške krajine notranje Slovenije, Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za okolje in prostor, 136 str.

Marušič, J. 1998e. Krajine primorske regije, Regionalna razdelitev krajinskih tipov v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za okolje in prostor, 100 str.

Mehl, D., Thiele, V. 1998. Fließgewässer und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes. Berlin, Parey Buchverlag Berlin, 261 str.

Mikoš, M. 2000 . Urejanje vodotokov in povirij. Skripta. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 182 str.

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. Acta hydrotehnica 20, 32: 323 str.

Montgomery, D.R., Buffington, J.M. 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. GSA Bulletin, 5: 596-611.

Montgomery, D.R. 2006. Geomorphology and Restoration Ecology. Journal of Contemporary Water Research & Education, University of Washington, 134: 16-19 str.

[http://duff.geology.washington.edu/grg/publications/pdfs/Montgomery\\_Jrnl\\_Contp\\_Wtr\\_Res\\_Ed\\_2006.pdf](http://duff.geology.washington.edu/grg/publications/pdfs/Montgomery_Jrnl_Contp_Wtr_Res_Ed_2006.pdf) (23.06.2006)

Natek, K. Geografska tipizacija vodotokov. Sporočilo za: Repnik, P. 09. november 2006. Osebna komunikacija.

Nienhuis, P.H., Gulati, R.D. 2002. The state of the art of aquatic and semi-aquatic ecological retoration projects in the Netherlands. Hydrobiologia, 478: 219-233.

Owen, R. 2006. Ecological Assessment of Rivers and the Water Framework Directive. SEPA, Scottish Environment Protection Agency.

[www.sepa.org.uk](http://www.sepa.org.uk) (13.06.2006)

Palmer, M.A., Bernhardt, E.S., Allan, J.D., Lake, P.S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C.N., Follstad Shah, J., Galat, D.L., Loss, S.G., Goodwin, P., Hart, D.D., Hassett, B., Jenkinskon, R., Kondolf, G.M., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T.K., Pagano, L., Sudduth, E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. Journal of Applied Ecology, 42: 208-217.



Parsons, M., Thoms, M., Norris, R. 2001. Australian River Assessment System: AusRivAS Physical Assessment Protocol, Monitoring River Health Initiative Technical Report, Report Number 22, Cooperative Research Centre of Freshwater Ecology, University of Canberra, 207 str.

Platts, W.S. 1980. A plea for fishery habitat classification. *Fisheries*, 5: 1-6.

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda. UL RS št. 26/2006: 2751-2760.

Rheinhardt, R.D., Rheinhardt, M.C., Brinson, M.M., Fraser, K.E. 1999. Application of reference data for assessing and restoring headwater ecosystems. *Restoration Ecology*, 7: 241-251.

Rosgen, D. 1996. Applied River Morphology. Colorado, Wildland Hydrology, 189 str.

Šraj, M. 2001. Šifrant padavinskih območij vodotokov Republike Slovenije. = The watershed coding system of The Republic of Slovenia. *Acta Hydrotehnica* 19, 30: 3-24.

Urbanič, G. 2004. Ekologija in razširjenost mladoletnic (Insecta: Trichoptera) v nekaterih vodotokih v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 212 str.

Urbanič, G. 2006. Predstavitev rezultatov tipologije rek (biološko preverjene) v Sloveniji. Osebna komunikacija. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije.

Urbanič, G., Smolar-Žvanut, N. 2005. Kriteriji za izbor referenčnih mest. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije.

Zumbroich, T., Müller, A., Friedrich, G. 1999. Strukturgüte von Fließgewässern, Grundlagen und Kartierung. Berlin, Springer, 283 str.

VGI d.o.o. 2002. Kategorizacija vodotokov po ekomorfološkem pomenu. Poročilo. Ljubljana, VGI, 82 str.

Zumbroich, T., Müller, A. 1999. Gewässergütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Berlin, LAWA-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: 164 str.

<http://www.lawa.de/pub/thema/leseproben/300512.pdf> (24.03.2006)

### **Ostali viri**

Allan, J.D. 1995. Stream Ecology, Structure and function of running waters. London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, Chapman & Hall: 45-81.

Bat, M., Dobnikar Tehovnik, M., Mihorko, P., Grbović, J. 2003. Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, ARSO: 115 str.

<http://www.arso.gov.si>

Bragg, O.M., Black, A.R., Duck, R.W., Rowan, J.S. 2005. Approaching the physical-biological interface in rivers: a review of methods for ecological evaluation of flow regimes. Progress in Physical Geography 29: 506-531.

Bricelj, M., Natek, K., Skorupan, M. Zaživimo z vodo, 33 str.

<http://www.sigov.si> (20.10.2005)

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 234 str.

Feld, C.K., Rödiger, S., Sommerhäuser, M., Friderich, G. 2005. Limnologie aktuell, Typologie, Bewertung, Management von Oberflächengewässern, Stand der Forschung zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 243 str.

Gordon, N.D., McMahon, T.A, Finlayson, B.L., Gippel, C.J., Nathan, R.J. 2004. Stream Hydrology, An Introduction for Ecologists, Second Edition. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd: 11-16, 155-168, 182-190.

Griessler Bulc, T. 2006. Ekoremediacije.

<http://www.ifb.si/radensko/ekoremediacije.htm> (23.02.2006)

Grippo, R. Zasebna spletna stran.

<http://www.clt.astate.edu/rgrippo/> (18.02.2006)

Hodgdon, V.I. 2002. The Importance of Woody Vegetation to Morphology and Stability of Fine-Textured Alluvial Streams, Thesis, Portland State University, Portland, 127 str.

Hudoklin, J. 2005. Vpliv akumulacij in visokih pregrad na sladkovodne ribe. Slovenski vodar, 16: 7-9.

Kalof, L., Satterfield, T. 2005. The Earthscan Reader in Environmental Values, Earthscan, London, Sterling, VA, 334 str.

Kern, K. 1994. Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung, Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Berlin, Springer, 256 str.

Knighton, D. 1998. Fluvial Forms and Processes, A new perspective. London, Arnold: 383 str.

Kranjc, M. Ugotavljanje kemijskega stanja podzemne vode.

<http://www.sigov.si> (20.02.2006)

McGinnity, P., Mills, P., Roche, W., Müller, M. 2005. A Desk Study to Determine a Methodology for the Monitoring of the »Morphological Condition« of Irish Rivers for the Water Framework Directive (2002-W-DS-9-M1), Synthesis Report, Environmental Protection Agency, Wexford, Ireland, 25 str.

<http://www.epa.ie/OurEnvironment/Water/Rivers/hydromorphology/FileUpload,6218,en.pdf>  
(29.08.2006)

Mikoš, M. 1995. Soodvisnost erozijskih pojavov v prostoru. Gozdarski vestnik 53: 343-351.

Mikoš, M. 2000a. Zasipavanje akumulacijskih jezer na reki Savi. Gradb.vestn., 49: 224-230.

Petts, G.E. 1994. Rivers: Dynamic Components of Catchment Ecosystems. V: Calow, P.,

Petts, G.E. The Rivers Handbook, Hydrological and Ecological Principles. London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Paris, Berlin, Vienna, Blackwell Scientific Publications, Volume 2: 3-22.

Plut, D. 2000. Geografija vodnih virov. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 47-98.

Povž, M. 2005. Vpliv akumulacij in visokih pregrad na sladkovodne ribe. Slovenski vodar, 16: 27-30.

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.

Smolar – Žvanut, N., Mikoš, M., Padežnik, Burja, D., Breznik, B., Vrhvšek, D., Kosi, G. Primerjava vodnega ekosistema reke Bistrice nad in pod pregrado za MHE Mojstrana. 16. Mišičev vodarski dan. Maribor, Dom centra za obrambo in zaščito, 9.december 2005. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor: str.119-123.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 131-198.

Toman, M.J. 2003. Osnove mikrobiologije. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Zakon o vodah (ZV-1). UL RS št. 67/02: 7648-7680.

Uлага, F. 2005. Vsebnost in premeščanje suspendiranega materiala v slovenskih rekah. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[http://www.arso.gov.si/podrocja/vode/porocila\\_in\\_publikacije/meritveSM.pdf](http://www.arso.gov.si/podrocja/vode/porocila_in_publikacije/meritveSM.pdf)

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept.

<http://oregonstate.edu/groups/fwgsa/RCC.pdf>

Zalewski, M., Frankiewicz, P. 1998. The influence of Riparian Ecotones on the Dynamics of Riverine Fish Communities. V: de Wall, L.C., Large, A.R.G., Wade, P.M. Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation. Chicester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons: 87-96.

Wade, P.M., Large, A.R.G., de Wall, L.C. 1998. Rehabilitation of Degraded River Habitat: An Introduction. V: de Wall, L.C., Large, A.R.G., Wade, P.M. Rehabilitation of Rivers, Principles and Implementation. Chicester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto, John Wiley & Sons: 1-10.

### **Kartografski viri**

Urbanič, G., Sluga, G. Katografija - Bioregije in velike reke s tipi vodotokov (GKB25-vode, PK500, Geodetska uprava RS), Ljubljana, Inštitut za vode.

GURS. Karta reliefa Slovenije, PK250, Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije.

Brilly, M., Vidmar, A., Šraj, M. 2003. Tipologija površinskih vodnih teles – prostorska baza tipov vodotokov in jezer, sistem A in sistem B. Poročilo. Priloga 03 – Generalizirana

geološka karta – Geo ZS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 30 f.

Brilly, M., Vidmar, A., Šraj, M. 2003. Tipologija površinskih vodnih teles – prostorska baza tipov vodotokov in jezer, sistem A in sistem B. Poročilo. Priloga 04 – Višinski pasovi po WFD. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 30 f.

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. Poročilo. Priloga 10 – Minimalni letni specifični pretoki z 20-letno povratno dobo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 62 f.

Padavinska karta Slovenije.

[http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme\\_in\\_podnebje/napovedi\\_in\\_podatki/padavinska\\_karta.html](http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/napovedi_in_podatki/padavinska_karta.html)

## 1. SPLOŠNI PODATKI o referenčnem odseku

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Ime vodotoka:</b>         |  |
| <b>Šifra vodotoka:</b>       |  |
| <b>Bioregija:</b>            |  |
| <b>Krajinska enota:</b>      |  |
| <b>Naselje v bližini:</b>    |  |
| <b>Koordinati T1(Y, X):</b>  |  |
| <b>Nadmorska višina (m):</b> |  |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Višinski pas:</b>          |  |
| <b>Geološka podlaga:</b>      |  |
| <b>Količina padavin (mm):</b> |  |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Biotski tip vodotoka:</b> |  |
| <b>HM tip vodotoka:</b>      |  |

|                                         |  |
|-----------------------------------------|--|
| <b>Velikost prispevne površine:</b>     |  |
| <b>Razred vodotoka glede na širino:</b> |  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Datum popisa:</b> |  |
| <b>Popisovalec:</b>  |  |

Prikaz lokacije (začetna koordinata) HM referenčnega odseka:

|  |
|--|
|  |
|--|

## 2. PODATKI O KOLIČINI IN DINAMIKI VODNEGA TOKA

|                                          |  |
|------------------------------------------|--|
| <b>Vodomerna postaja:</b>                |  |
| <b>Q (m<sup>3</sup>/s):</b>              |  |
| <b>h (cm):</b>                           |  |
| <b>T (°C):</b>                           |  |
| <b>Decil pretoka:</b>                    |  |
| <b>Q<sub>sr</sub> (m<sup>3</sup>/s):</b> |  |
| <b>q<sub>min,20</sub>:</b>               |  |
| <b>Pretočni režim:</b>                   |  |



### 3. PODATKI O MORFOLOŠKIH RAZMERAH

#### 3.1 Merljive HM spremenljivke morfoloških razmer

|                    | splošno                               | Transekt                                                         | T1              | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|----|----|----|----|----|
|                    |                                       | koordinata X                                                     |                 |    |    |    |    |    |
| morfološke razmere | spreminjanje širine in globine struge | koordinata Y                                                     |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | dolžina transekt (2b <sub>s</sub> ) (m)                          |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | širina strugotvorne struge (b <sub>s</sub> ) (m)                 |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | spreminjanje strugotvorne širine (m)                             | b <sub>s1</sub> |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | b <sub>s2</sub> |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | b <sub>s3</sub> |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | urezana širina struge – L(b <sub>ul</sub> ) (m)                  |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | urezana širina struge – D (b <sub>ud</sub> ) (m)                 |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | urezana širina struge (b <sub>u</sub> ) (m)                      |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | spreminjanje globine – prečno (m)                                | h <sub>1</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | h <sub>2</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | h <sub>3</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | spreminjanje globine – vzdolžno (m)                              | h <sub>g</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | h <sub>2</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       |                                                                  | h <sub>d</sub>  |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | povprečna globina vode (h) (m)                                   |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | max. globina vode (h <sub>max</sub> ) (m)                        |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | globina urezane struge (h <sub>u</sub> ) (m)                     |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | r. širina / globina vodotoka (b <sub>op</sub> /h <sub>op</sub> ) |                 |    |    |    |    |    |
|                    | struktura struge                      | količnik urezanosti (b <sub>op</sub> /b <sub>s</sub> )           |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | višina brežin (h <sub>bl</sub> , h <sub>bd</sub> ) (m)           |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | naklon brežin (φ <sub>b</sub> , φ <sub>d</sub> ) (°)             |                 |    |    |    |    |    |
|                    |                                       | padec dna vodotoka (I) (%)                                       |                 |    |    |    |    |    |

### 3.2 Opisne HM spremenljivke morfoloških razmer

|                               |                                   |                           | T1                     | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|----|----|----|----|----|
| splošno                       | p. relief<br>območja<br>(L, D)    | ravnina                   |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | gričevje                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | hribovje                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | gorovje                   |                        |    |    |    |    |    |
|                               | tip<br>vodotoka                   | kraški                    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | ravninski                 |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | gričevnat                 |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | hribovit                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | gorski                    |                        |    |    |    |    |    |
|                               | tip doline                        | vintgar, kanjon           |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | V-dolina                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | koritasta ali U-dolina    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | podajna dolina            |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | ploska dolina             |                        |    |    |    |    |    |
|                               | spreminjanje globine in<br>širine | spreminjanje<br>globine   | neopazna               |    |    |    |    |    |
| majhna                        |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| zmerna                        |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| velika                        |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| zelo velika                   |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| spreminjanje<br>širine        |                                   | neopazna                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | majhna                    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | zmerna                    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | velika                    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | zelo velika               |                        |    |    |    |    |    |
| struktura struge in substrata | oblika<br>struge                  | enojna                    | ravna, rahlo vijugasta |    |    |    |    |    |
|                               |                                   |                           | neizrazito vijugasta   |    |    |    |    |    |
|                               |                                   |                           | izrazito vijugasta     |    |    |    |    |    |
|                               |                                   |                           | meandrirajoča          |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | razvejana ali razcepljena |                        |    |    |    |    |    |
|                               | oblika<br>profila                 | U-oblika                  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | plitva U-oblika           |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | poglobljena U-oblika      |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | široka, zaprojena oblika  |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | dvojna tračna oblika      |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | stopničasta oblika        |                        |    |    |    |    |    |
|                               | substrat                          | glina (< 0,002 mm)        |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | melj (0,002 – 0,06 mm)    |                        |    |    |    |    |    |
|                               |                                   | pesek (0,06 - 2 mm)       |                        |    |    |    |    |    |
| prod (2 - 60 mm)              |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| grušč (60 - 120 mm)           |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |
| groblja (> 120 mm)            |                                   |                           |                        |    |    |    |    |    |

|                               |                                           |                               | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| struktura struge in substrata | substrat                                  | matična kamnina               |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | samice                        |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | št. granulacij 0/1/2/3/4/5/>5 |    |    |    |    |    |    |
|                               | otoki                                     | pojava ni                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | nezaraščeni                   |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | zaraščeni, mlad s.s.          |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | zaraščeni, zrel s.s.          |    |    |    |    |    |    |
|                               | št. otokov                                | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | gruščišče                                 | gruščišče                     |    |    |    |    |    |    |
|                               | prodišča                                  | pojava ni                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | stranska-izmenjujoča          |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | vzdolžna                      |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | v zavojju                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | sredinska                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | na sotočju                    |    |    |    |    |    |    |
|                               | št. prodišč                               | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | peščine                                   | pojava ni                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | stranske-izmenjujoče          |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | vzdolžne                      |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | v zavojju                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | sredinske                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | na sotočju                    |    |    |    |    |    |    |
|                               | št. peščin                                | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | tolmuni                                   | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | osvetljen. tolmana                        | < 50%                         |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | 50-75%                        |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | 75-100%                       |    |    |    |    |    |    |
|                               | kaskade                                   | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | stopnje                                   | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | položne k.                                | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | brzice                                    | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | brazde                                    | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | plitvine                                  | 0/1/2/3/4/5/>5                |    |    |    |    |    |    |
|                               | oblike in zaporedja HM oblik dna vodotoka | koluvij                       |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | matična kamnina               |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | kaskada                       |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | stopnja-tolmun                |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | ravno dno                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | tolmun-brzica                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | tolmun-brazda                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                           | dina-rebro                    |    |    |    |    |    |    |

|                               |                                      |                           | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|
| struktura struge in substrata | razgibanost dna                      | neopazna                  |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | majhna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | zmerna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | velika                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | zelo velika               |    |    |    |    |    |    |
|                               | pestrost vodnega toka                | neopazna                  |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | majhna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | zmerna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | velika                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | zelo velika               |    |    |    |    |    |    |
|                               | tvorivo brežine                      | matična kamnina           |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | skala                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | zemljina                  |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | kombinacija               |    |    |    |    |    |    |
|                               | prisotnost erozije                   | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | erozija v zavojih, ožinah |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | vzdolžna erozija          |    |    |    |    |    |    |
|                               | erodiranost brečin                   | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 0-25%                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 25-50%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 50-75%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 75-100%                   |    |    |    |    |    |    |
|                               | k. prepleti                          |                           |    |    |    |    |    |    |
|                               | v. odbijač                           |                           |    |    |    |    |    |    |
|                               | prerasčenost s terestično vegetacijo | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 0-25%                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 25-50%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 50-75%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 75-100%                   |    |    |    |    |    |    |
|                               | zaraščenost z akvatično vegetacijo   | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 0-25%                     |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 25-50%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 50-75%                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | 75-100%                   |    |    |    |    |    |    |
|                               | prisotnost zapadlega drevja          | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | majhna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | srednja                   |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | velika                    |    |    |    |    |    |    |
|                               | prisotnost plavnega lesa             | pojava ni                 |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | majhna                    |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | srednja                   |    |    |    |    |    |    |
|                               |                                      | velika                    |    |    |    |    |    |    |

|                          |                                    |                          | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
| struktura obrežnega pasu | obrežna vegetacija                 | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | alohtona                 |    |    |    |    |    |    |
|                          | distribucija obrežne vegetacije    | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-sklenjena      |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-členjena       |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-raztresena     |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-razredčena     |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | alohtona                 |    |    |    |    |    |    |
|                          | starost višje obrežne vegetacije   | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | mlad s.s.                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | vmesni s.s.              |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | zrel s.s.                |    |    |    |    |    |    |
|                          | obrežni nizi                       | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | obtok                    |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | zastala voda             |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | mrtvica                  |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | močvirje                 |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | kombinacija              |    |    |    |    |    |    |
|                          | raba pribrežja                     | avtohton gozd, zrel s.s. |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | zemljišče v zaraščanju   |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | travnik ali ledina       |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | alohton gozd             |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | druga raba               |    |    |    |    |    |    |
|                          | distribucija pribrežne vegetacije  | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-sklenjena      |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-členjena       |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-raztresena     |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | avtohtona-razredčena     |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | alohtona                 |    |    |    |    |    |    |
|                          | starost višje pribrežne vegetacije | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | mlad s.s.                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | vmesni s.s.              |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | zrel s.s.                |    |    |    |    |    |    |
|                          | širina pribrežne vegetacije        | pojava ni                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | < 10 m                   |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | 10 – 25 m                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | 25 – 50 m                |    |    |    |    |    |    |
|                          |                                    | > 50m                    |    |    |    |    |    |    |

|                                     |                           |              | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|
| <b>struktura<br/>obrežnega pasu</b> | <b>pribrežni<br/>nizi</b> | pojava ni    |    |    |    |    |    |    |
|                                     |                           | obtok        |    |    |    |    |    |    |
|                                     |                           | zastala voda |    |    |    |    |    |    |
|                                     |                           | mrtvica      |    |    |    |    |    |    |
|                                     |                           | močvirje     |    |    |    |    |    |    |
|                                     |                           | kombinacija  |    |    |    |    |    |    |

**4. SKICE in posebnosti POSAMEZNIH TRANSEKTOV**

|           |           |
|-----------|-----------|
| <b>T1</b> | <b>T2</b> |
| <b>T3</b> | <b>T4</b> |
| <b>T5</b> | <b>T6</b> |