

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Hidrotehniška smer

Kandidatka:

Mojca Kogoj

Hidravlične razmere zaradi plavja pri premostitvah

Diplomska naloga št.: 3190

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Ljubljana, 13. 9. 2011

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisana Mojca Kogoj izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Hidravlične razmere zaradi plavja pri premostitvah«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 6. 9. 2011

Mojca Kogoj

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 532.5(043.2)
Avtor: Mojca Kogoj
Mentor: prof. dr. Franci Steinman
Naslov: Hidravlične razmere zaradi plavja pri premostitvah
Obseg in oprema: 53 str., 8 pregl., 37 sl., 6 pril.
Ključne besede: plavje, nalaganje plavja, zajezitev, zamašitev mostne odprtine, poplave

Izvleček

Diplomska naloga obravnava vpliv plavja, ki se nakopiči na premostitvenem objektu, na hidravlične razmere v vodotoku. V nalogi pojasnimo pojem plavje, naravne in antropogene dejavnike, ki vplivajo na njegov nastanek, premeščanje in odlaganje na premostitvenih objektih in drugih ovirah v vodotoku ter predstavimo možne negativne vidike oziroma posledice le-tega. Podrobneje opišemo smernice za oceno zmožnosti nastajanja in premeščanja plavja iz prispevnega območja ter zmožnosti premostitvenega objekta za nalaganje plavja na njem. V opisu upoštevamo splošne značilnosti mostu in določenih elementov, ki so izpostavljeni kopičenju plavja. Predstavimo način za določanje velikosti posameznih kosov in kupov nakopičenega plavja ter možne poplavne scenarije ob upoštevanju plavja. Podamo tudi priporočila za terenski ogled obravnavanega območja in premostitve.

V praktičnem delu naloge pripravimo in predstavimo hidravlični model za konkreten primer slovenskega vodotoka, s katerim prikažemo zmožnost tega vodotoka za pridobivanje in premeščanje plavja ter zmožnosti premostitvenega objekta za prestrezanje plavja. Opišemo vplive plavja na hidravlične razmere, to je na pretočnost mostnega profila in na obseg poplav na izbranem vodotoku. Pri tem uporabimo ugotovitve, ki smo jih pridobili z uporabo smernic, predstavljenih v teoretičnem delu in uporabo programskega orodja HEC-RAS. Na koncu ovrednotimo uporabnost smernic v domačem prostoru.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 532.5(043.2)
Author: Mojca Kogoj
Supervisor: Prof. Franci Steinman, Ph. D.
Title: Effects of debris accumulation at bridges on hydraulic conveyance
Scope and tools: 53 p., 8 tab., 37 fig., 6 ann.
Keywords: floating debris, debris accumulation, backwater, bridge blockages, flooding

Abstract

The first part of the thesis discusses the impact of floating debris, accumulated at bridge crossings, on hydraulic conditions of a stream. Initially we examine the notion of woody debris, natural and anthropogenic factors contributing to its production, transport and accumulation at bridges and other obstacles in a channel. The description of possible negative effects of these processes is followed by a detailed presentation of guidelines developed for estimating the potential for debris production, transport from contributing watershed and its delivery at bridge crossings. These guidelines take into account general characteristics of a bridge as well as its individual elements, exposed to debris accumulation. Finally, we present a method for determining the size of individual pieces of floating debris and recommendations for a field study of the site and the crossing.

In the second part a hydraulic model for a selected stream in Slovenia is presented. The model examines the potential of this river for debris production and transport and assesses the potential of the selected bridge crossing for accumulating debris. For this particular stream we describe the effects of debris on hydraulic conditions, namely the effect on conveyance and the extent of flooding. This has been examined partly by the application of methodology presented in the first part, and partly by the use of specific computer programmes. The thesis is concluded with an evaluation of the guidelines and their appropriacy for the application in the Slovenian context.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	12
2	LASTNOSTI LESENEGA PLAVJA	14
2.1	Vrste plavja	14
2.2	Vnos plavja	15
2.2.1	Dejavniki, ki vplivajo na nastajanje lesenega plavja	15
2.2.2	Osnovni dejavniki v prispevnem območju in njihov vpliv	16
2.3	Procesi premeščanja in odlaganja plavja	17
2.3.1	Mesta odlaganja	17
2.3.2	Nalaganje plavja na mostovih	17
2.4	Smernice za določanje zmožnosti za nastajanje, premeščanje in nalaganje plavja	18
2.4.1	Ocena zmožnosti za nastajanje in premeščanje lesenega plavja	19
2.4.1.1	Zmožnost za nastajanje lesenega plavja	19
2.4.1.2	Zmožnost premeščanja in prinašanja plavja	21
2.4.1.3	Projektna dolžina debla	23
2.4.2	Ocena zmožnosti kopičenja plavja na posameznem delu premostitve	24
2.4.2.1	Položajne kategorije mest, kjer se na premostitvi nakopiči plavje	24
2.4.2.2	Ugotavljanje značilnosti vseh potopljenih delov mostu	27
2.4.2.3	Določitev zmožnosti kopičenja plavja za posamezni del mostu	29
2.4.3	Določitev končne zmožnosti kopičenja plavja za posamezni premostitveni objekt	30
2.5	Uporabljena programska orodja	31
2.5.1	Opis programskih orodij	31
2.5.2	Upoštevanje plavja v programu HEC-RAS	32
2.6	Poplavni scenariji – plavje in visoke vode	33
3	PRIPRAVA PODATKOV IN IZDELAVA HIDRAVLIČNEGA MODELA ODSEKA REKE MEŽE	33
3.1	Značilnosti prispevne površine in vodotoka	33
3.2	Značilnosti izbranega premostitvenega objekta	36
3.3	Terenski ogled	37
4	HIDRAVLIČNE RAZMERE ZARADI PLAVJA NA IZBRANEM VODOTOKU	38
4.1	Določanje poplavne nevarnosti zaradi zmanjšanja pretočnosti	38
4.1.1	Ocena zmožnosti nastajanja plavja	38
4.1.2	Ocena zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja	39
4.1.3	Ocena največjega kosa plavja, ki lahko pride do kritičnega mesta	40
4.1.4	Dodelitev položajnih kategorij za vse dele premostitvenega objekta, na katerih se lahko nakopiči plavje	40

4.1.5	Ugotavljanje značilnosti vseh potopljenih delov mostne konstrukcije in zmožnosti nabiranja plavja	41
4.1.6	Določitev končne zmožnosti kopičenja plavja na obravnavanem premostitvenem objektu	43
4.1.7	Ocena velikosti naloženega plavja – scenariji zmanjšane pretočnosti	43
4.1.8	Računski primeri – analiza scenarijev	43
4.2	Vpliv plavja na pretočnost mostnega profila	44
4.2.1	Pretočnost mostnega profila pri pretoku Q10 in vpliv plavja	44
4.2.2	Pretočnost mostnega profila pri pretoku Q100 in vpliv plavja	46
4.3	Spreminjanje poplavnih območij zaradi naloženega plavja na premostitvi	47
4.3.1	Poplavno območje pri pretoku Q10 s plavjem in brez njega	47
4.3.2	Poplavno območje pri pretoku Q100 s plavjem in brez njega	48
4.4	Sinteza	48
5	ZAKLJUČKI	49
5.1	Vpliv plavja na premostitvah in pomen upoštevanja plavja	50
5.2	Rezultati analize na Meži	50
Viri		52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razvrstitev dejavnikov, ki vplivajo na nastajanje lesenega plavja	16
Preglednica 2: Glavne faze in naloge za oceno možnosti nastajanja in nabiranja plavja na premostitvi (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 42)	19
Preglednica 3: Pretoki Q10 in Q100 za Mežo in Mislinjo (Vir: ARSO)	35
Preglednica 4: Elementi premostitvenega objekta na Meži in pripadajoče položajne kategorije	40
Preglednica 5: Določanje zmožnosti nabiranja plavja na posameznem delu mostne konstrukcije	41
Preglednica 6: Poplavni dogodki in primeri upoštevanja plavja, za katere izvedemo izračune s programom HEC-RAS	44
Preglednica 7: Poimenovanje posameznih računskih primerov (scenarijev)	44
Preglednica 8: Izračuni s programom HEC-RAS za primer pretoka Q10	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokalna zajezev plavja na mostni konstrukciji v spodnjem toku Davščice, ki je povzročila nekajmetrsko zajezev in verjetno udarni vodni val zaradi porušitve »jezu« (foto: Mikoš, 22. 9. 2007)	12
Slika 2: Opredelitev pojma plavje	14
Slika 3: Različni viri lesenega plavja	15
Slika 4: Na otoku nabrano leseno plavje (Rudolf-Miklau et al., 2011: str. 13)	17
Slika 5: Otok pred mostom čez Krko v Krški vasi – videti je, da se tam nabira plavje	17
Slika 6: V prerezu stožčasta (levo) in v tlorisu trikotna (desno) oblika naloženega plavja (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 59, 60)	18
Slika 7: Skica plavja, ki se je kljub veliki razdalji med stebri naložilo preko odprtine, prikazuje ločni učinek prevzemanja obremenitev vodnega toka (povzeto po Lagasse, et al., 2010: str. 49)	18
Slika 8: Diagram poteka določanja zmožnosti za nastajanje lesenega plavja (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 43)	21
Slika 9: Potovanje plavja (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 45)	22
Slika 10: Diagram poteka določanja zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 44)	23
Slika 11: Projektna dolžina debla (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 46)	24
Slika 12: Položajne kategorije (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 47)	25
Slika 13: Del mostu čez Savo in Krko pri Brežicah, ki je na poplavni ravnici na gorvodni strani zaščiten z drevjem	25
Slika 14: Diagram poteka dodelitve položajnih kategorij, kjer se lahko na premostitvenem objektu kopiči plavje (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 48)	26
Slika 15: Vpliv mostnega opornika v toku na potek gladine in nastajanje tolmunov (Steinman, 2010: str. 184)	27
Slika 16: Deli premostitvenega objekta in značilne mostne odprtine	28
Slika 17: Diagram določanja zmožnosti nalaganja plavja na stebru (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 51)	29
Slika 18: Diagram poteka določanja zmožnosti zamašitve odprtine (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 51)	30
Slika 19: Pogovorno okno za urejanje podatkov o plavju v programu HEC-RAS	32
Slika 20: Shema mostnega profila z upoštevanim nakopičenim plavjem v programu HEC-RAS	32
Slika 21: Topografski posnetek območja reke Meže z Mislinjo, kjer je z modro barvo poudarjena hidrografska mreža (vir: Atlas okolja)	34
Slika 22: Reki Mislinja v Slovenj Gradcu (levo) in Meža pred Kovtrovim mostom (desno)	34
Slika 23: Opozorilna karta poplav obravnavanega območja (vir: Atlas okolja)	35
Slika 24: Kovtrov most čez Mežo v Otiškem Vrhu – situacija	36
Slika 25: Pogled na Kovtrov most iz dolvodne smeri	37
Slika 26: Diagram poteka določanja zmožnosti za nastajanje lesenega plavja v obravnavanem primeru na Meži	38
Slika 27: Diagram poteka določanja zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja v obravnavanem primeru na Meži	39
Slika 28: Razvrstitev delov premostitve v posamezne položajne kategorije	40
Slika 29: Diagram poteka določanja zmožnosti nalaganja plavja na stebru Kovtrovega mostu	41
Slika 30: Diagram poteka določanja zmožnosti zamašitve odprtin Kovtrovega mostu	42
Slika 31: Skica mostu z naloženim plavjem največjih dimenzij (10 x 3 m)	43

Slika 33: Primerjava mostnega profila; brez plavja (levo) in z nakopičenim plavjem na stebru (desno)	44
Slika 32: Vzdolžni prerez reke Meže, na katerem se vidi zajezitev gorvodno od mostu zaradi nakopičenega plavja	45
Slika 34: Vzdolžni profil odseka reke Meže, v katerem je zaznati razlike v vodni gladini	46
Slika 35: Prikaz poplavnega območja pri pretokih Q10 za primer brez plavja (modra barva) in za primer, ko plavje upoštevamo (zelena barva)	47
Slika 36: Prikaz poplavnega območja pri pretokih Q100 za tri različne primere upoštevanja plavja	48
Slika 37: Porušena premostitev v srednjem toku Davščice (foto: Mikoš, 22. 9. 2007)	50

SEZNAM PRILOG

- Priloga A: Terenski obrazec
- Priloga B: Foto dokumentacija terenskega ogleda
- Priloga C: Podatki
- Priloga D: Situacija in prečni profili računskega modela
- Priloga E: Grafični rezultati izračuna za pretok Q10
- Priloga F: Rezultati izračuna za pretok Q100

Slovar manj znanih besed in tujk

Brežina (ang. *bank*) – stranska pobočja struge, med katerima je tok navadno omejen (Bradley, Richards, Bahner, 2005) / dvignjeno obvodno zemljišče, ki omejuje strugo vodotoka (Mikoš et al., 2002).

Globočnica, talveg (ang. *thalweg*) – črta, ki povezuje najgloblje točke struge ali korita (Mikoš et al., 2002).

Mostna odprtina (ang. *bridge opening*) – prečni prerez pod mostom, po katerem lahko teče voda.

Nakopičeno / naloženo / ujeto plavje (ang. *debris accumulation*) – na nepremičnem elementu zbrano / naloženo plavje (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Opornik, bok (ang. *abutment*) – konstrukcijska podpora premostitvenega objekta na brežinah (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Otok (ang. *island*) – trajno poraščeno območje, ki je nastalo pri normalnih pogojih, in deli tok vode v strugi. Otoki nastajajo z vzpostavitvijo vegetacije na prodišču, s prebojem struge ali na stičišču manjšega pritoka z večjim vodotokom (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Plavje (ang. *debris, drift*) – plavajoči, lebdeči ali potopljeni material, kot npr. debla, ruševine oziroma odpadki, ki jih prenaša vodotok.

Področje zajezbe (ang. *backwater area*) – območja v bližini vodotoka, ki so zaradi zajezitve poplavljeni (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Poplavno območje, poplavna ravnica (ang. *floodplain*) – zemljišče vzdolž vodotoka, ki je poplavljeno, ko je pretočnost struge presežena.

Pregrada iz (zagozdenega) plavja (ang. *dam jam*) – zagozdeno plavje, ki se povsem razteza čez strugo: nastane, kadar je dolžina plavja približno enaka širini struge (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Pretočna sposobnost struge, pretočnost (ang. *bankfull discharge*) – pretok, ki v povprečju napolni strugo do roba brežin, to je do točke prelivanja čez brežine v poplavno območje.

Prodišče, sipina (ang. *bar*) – plast usedlin, npr. peska ali proda, odloženih na dnu vodotoka ali na njegovem ustju, ki ovira vodni tok in/ali plovbo (Mikoš et al., 2002).

Zajezitev (ang. *backwater*) – dvig višine vodne gladine glede na običajno višino, ki se sicer pojavi v naravni strugi in poplavnih pogojih. Nastane zaradi mostu ali druge ovire, ki zmanjša drugače neoviran pretok vode po strugi (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

1 UVOD

»Ob vsakih poplavah znova ugotavljamo, da marsikateri vodotok prestopi bregove zgolj zaradi lokalnih zamašitev. Te nastopajo na mestih naravnih, najpogosteje pa umetnih zožitev struge, kot so prepusti in mostovi.« (Mlačnik, 2000). Podobno tudi drugi viri (Meze, 1991; Firm in Hočurščak, 2005) opisujejo različne težave, ki jih povzroča plavje, ki ga zlasti ob večjih poplavnih dogodkih prenašajo vodotoki in se odlaga na ovirah v njih. Plavje ima različne nezaželene učinke, in sicer:

- ovira poplavne tokove (to je poveča upor vodnemu toku) in povzroči njihove preusmeritve,
- zamaši mostove in druge premostitvene objekte,
- poveča rušilno moč drobirskih tokov,
- tvori nestabilne pregrade iz plavja in drugih plavin,
- povzroča dodatno obremenitev za objekte.

Plavje predstavlja nevarnost tudi zato, ker zmanjša pretočne prereze in tako poveča poplavno nevarnost. Plavje, ki se naloži na delu mostu, na primer na oporniku, poveča efektivno površino mostnega elementa in s tem zmanjša pretočni prerez. Manjši pretočni prerez pri istem pretoku pa pomeni povečanje hitrosti vode skozi mostno odprtino in s tem erozijo dna ter brežin pri energiji toka, ki je večja od minimalne potrebne. Primerno velik kup plavja na oporniku pa povzroči, da je razpoložljiva energija prereza manjša od minimalne potrebne, zato se gorvodno od mostu pojavi zajezev.

Posledica teh učinkov plavja pa je lahko precejšnja gmotna škoda.



Slika 1: Lokalna zajezev plavja na mostni konstrukciji v spodnjem toku Davščice, ki je povzročila nekajmetrsko zajezev in verjetno udarni vodni val zaradi porušitve »jezu« (foto: Mikoš, 22. 9. 2007)

Kljub mnogim negativnim učinkom pa ima leseno plavje v vodotoku tudi dobro stran. Zagotavlja namreč življenjski prostor za razne vodne organizme in jih ščiti pred prevelikimi hitrostmi vode, hkrati pa je vir organskih snovi v vodotoku. Veliko leseno plavje tudi disipira vodno energijo, ki se kaže v boljši migraciji rib in stabilnosti struge, do neke mere pa ščiti tudi brežine pred erozijo.

Leseno plavje so začeli znanstveno raziskovati v Severni Ameriki in kasneje še v nekaterih drugih okoljih konec 20. stoletja. Pri nas pa doslej temu vprašanju še ni bilo posvečene zadostne pozornosti, kar lahko sklepamo že iz razmeroma skromne strokovne literature v slovenskem jeziku.

Ugotovimo lahko, da je plavje sestavljeno iz različnih materialov in da povzroča nevarnost zamašitve na različnih naravnih ovirah in hidrotehničnih objektih. V diplomski nalogi se omejimo na obravnavo lesenega plavja, kot ovire na poti plavljenja pa obravnavamo premostitvene objekte, natančneje mostove.

Poplavne nevarnosti oziroma tveganja, povezana s plavjem, je mogoče delno predvideti oziroma napovedati. Vsi vodotoki in posledično premostitve namreč niso enako obremenjeni z lesnim plavjem, zato moramo poznati lastnosti prispevne površine in vodotoka, na katerem je premostitev. V prvem delu naloge opredelimo pojem plavje in nato podrobneje opišemo dejavnike, ki vplivajo na njegov nastanek in premeščanje.

Podobno se mostne konstrukcije razlikujejo z vidika zmožnosti za nabiranje plavja, zato v nadaljevanju izpostavimo različne značilnosti premostitev, ki vplivajo na procese odlaganja in zbiranja plavja, na primer velikost mostnih odprtin. Nevarnost zamašitve prepustov je večja pri manjših odprtinah, ki se seveda prej zamašijo ob enakih dimenzijah plavja.

V nalogi prikažemo, kako je mogoče oceniti stopnjo nevarnosti, ki jo predstavlja plavje. Na podlagi takih ugotovitev pa lahko sistematično pristopimo k načrtovanju in uvajanju ukrepov, s katerimi je mogoče omiliti negativne učinke plavja v vodotokih. V prvi vrsti so to preventivni ukrepi, ki preprečujejo nastajanje in skladiščenje plavja na območjih, od koder ga lahko odplavijo narasle vode. Mednje spadata tudi nadzorovano izvajanje vseh vrst posegov v gozdu in ob samih strugah vodotokov ter redno odstranjevanje nanošenega lesa iz struge. Naslednji sklop ukrepov je skrbno načrtovanje mostnih odprtin, po potrebi pa tudi gradnja objektov za zadrževanje in preusmerjanje plavja ter vzdrževanje in čiščenje prepustov.

V nadaljevanju predstavimo iz severnoameriških izkušenj izvirajoče smernice, s pomočjo katerih je mogoče oceniti, v kolikšni meri je posamezni vodotok nagnjen k zbiranju in prenašanju plavja. Domnevamo, da so te smernice primerne za uporabo tudi v našem okolju, zato jih bomo preizkusili na primeru izbranega vodotoka.

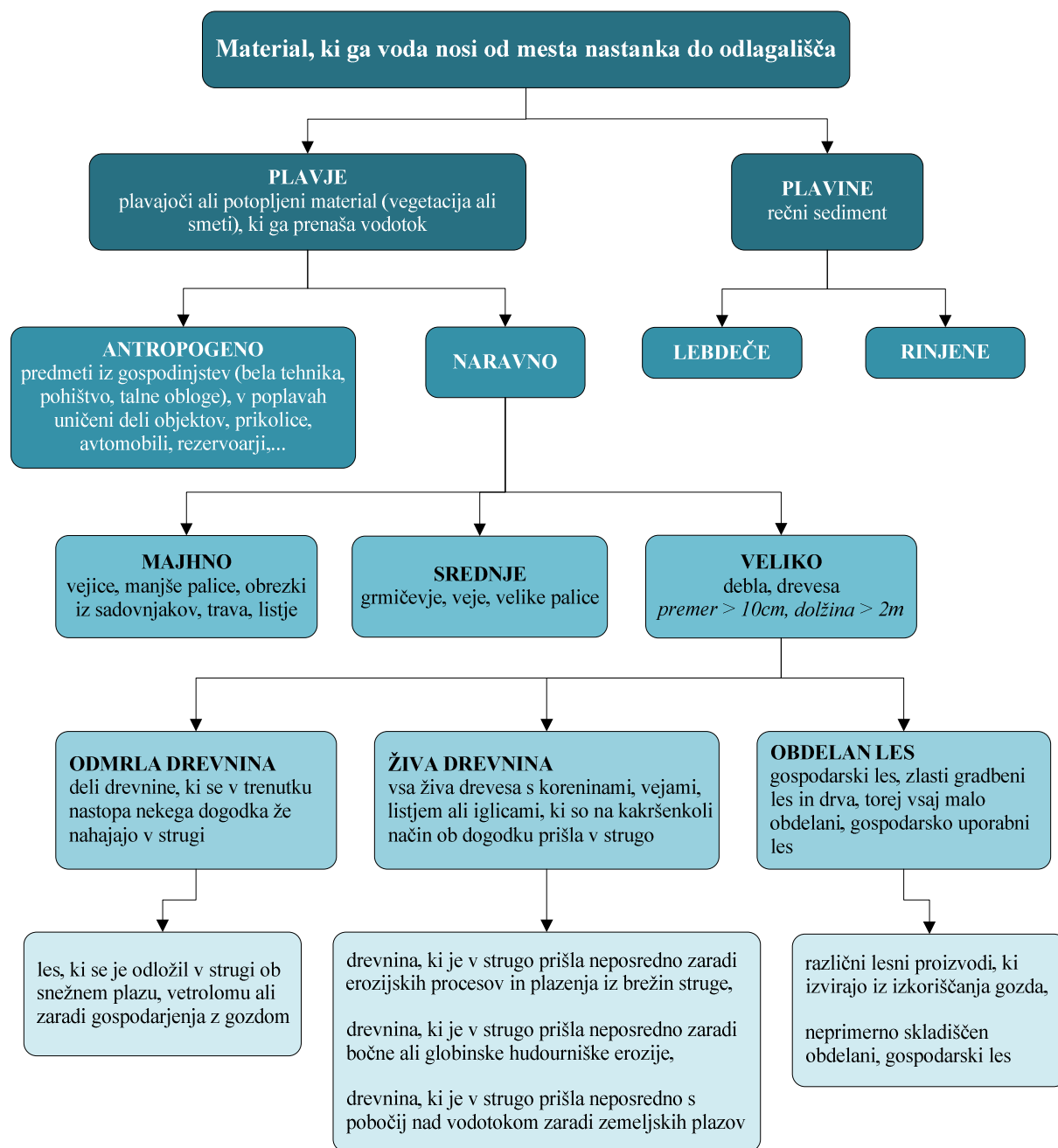
Del vhodnih podatkov pridobimo iz različnih dostopnih virov, del pa s pomočjo terenskega opazovanja. Nato s programom HEC-RAS pripravimo enodimenzionalen hidravlični model obravnavanega območja. S pomočjo tega modela ovrednotimo vpliv plavja na pretočnost struge in morebitno spremenjeni obseg poplav. Pri tem upoštevamo podatke o plavju, ki smo jih pridobili z uporabo teoretičnih smernic, med drugim ocenjeno največjo pričakovano dolžino debla (projektna dolžina) in velikost ter lokacijo nakopičenega lesa. S pridobljenimi podatki ugotovimo, ali plavje sploh vpliva na hidravlične razmere na neki lokaciji in ga je zato smiselno upoštevati pri hidravličnem izračunu, in če da, v kakšnem obsegu.

2 LASTNOSTI LESENEGA PLAVJA

V poglavju o lastnostih lesenega plavja prikažemo razvrstitev, osnovne vire in pogoje za vnos plavja v vodni tok ter njegovo premeščanje in odlaganje. Podamo tudi smernice za določanje zmognosti vodotoka za nastajanje, premeščanje in nalaganje tega materiala. Zaključimo s predstavitevijo programskih orodij, ki jih v praktičnem primeru uporabimo za vrednotenje vpliva plavja na hidravlične razmere pri premostitvah.

2.1 Vrste plavja

Vrste in razdelitev plavja povzamemo po Papež, 2011; Papež, Steinman in Krč, 2011; Bradley, Richards in Bahner, 2005; Parola, Aplet in Jempson, 2000. Prikažemo jih na sliki 2.



Slika 2: Opredelitev pojma plavje

2.2 Vnos plavja

Drevesa in grmičevje na brežinah vodotoka ali na dnu hudournika so ob velikih pretokih neposredno izpostavljeni hidrodinamičnim silam in jih ob delovanju globinske in bočne erozije lahko zajame vodni tok ter nosi kot plavje v vodotoku. V naslednjem območju so drevesa, ki pri padcu neposredno dosežejo strugo. V nekoliko bolj oddaljenem območju pa so drevesa, ki ne morejo neposredno doseči struge, lahko pa s strmih pobočij zdrsnejo v strugo. Strme struge v gozdnatih območjih, ki napajajo glavni vodotok (hudourniki), prispevajo plavje po tako imenovanih prednostnih zbiralnih poteh, prednostne zbiralne površine pa predstavljajo območja možnih plitvih zemeljskih plazov v gozdnih območjih blizu struge vodotoka (po Mazzorana, 2009).

2.2.1 Dejavniki, ki vplivajo na nastajanje lesenega plavja

Na nastajanje lesenega plavja vplivajo različni dejavniki. V grobem lahko te dejavnike razdelimo na dejavnike, ki neposredno ob poplavnem dogodku prispevajo plavje, in na dejavnike, ki ga ustvarijo in le-to skladiščeno počaka na primerne visokovodne razmere, da ga odplavijo.

Spodnje fotografije prikazujejo različne vire plavja, ki je nato na razpolago, da ga visoke vode odplavijo.



a) Zemeljski plaz (Rudolf-Miklau et al., 2011: str. 8)



b) Erozija brežin



c) Požar



d) Neprimerno skladiščen obdelan les (Rudolf-Miklau et al., 2011: str. 7)

Slika 3: Različni viri lesenega plavja

Preglednica 1 prikazuje razvrstitev različnih virov plavja. Razvrstimo jih glede na to, ali neposredno oziroma posredno vplivajo na njegovo nastajanje.

Preglednica 1: Razvrstitev dejavnikov, ki vplivajo na nastajanje lesenega plavja

Neposreden vpliv	Neposreden in posreden vpliv	Posreden
Bočna erozija v vodotokih Ekstremne poplave Hudourniki Drobirski tokovi	Zemeljski in snežni plaz Vetrolom	Lomljenje dreves zaradi obtežbe s snegom, žled Požar Urbanizacija Sečnja lesa (gozdarska dela) Regulacije struge

Požar zmanjša količino plavja, ki prihaja v sistem, hkrati pa poveča jakost odtoka iz požganega območja, poveča erodibilnost zemljine, poveča verjetnost katastrofalnih dogodkov, kot so drobirski tokovi in zemeljski plazovi. Urbanizacija poveča volumen površinskega odtoka, konice pretokov in povzroči daljše trajanje odtoka. Posledice tega skupaj z zmanjšanim transportom plavin se lahko odražajo v povečani eroziji brežin in poglobljanju dna vodotoka, kar lahko poveča nastajanje in plavljenje lesenega materiala (Bradley, Richards, Bahner, 2005).

Premeščanje tega razpoložljivega materiala običajno zagotovijo šele visokovodne razmere. Slika 3 prikazuje neprimerno skladiščen material, ki čaka, da ga visoke vode odplavijo.

2.2.2 Osnovni dejavniki v prispevnem območju in njihov vpliv

Na nastajanje lesenega plavja različno vplivajo tudi posamezne lastnosti prispevnega območja. V priložnici o plavju (Rudolf-Miklau et al., 2011) obravnavajo naslednje lastnosti:

- mešanost rastlinskega sestoja (pravilno mešanje različnih vrst poveča stabilnost),
- stopnja tveganja posameznih drevesnih vrst (različne vrste lahko prenesejo različne obremenitve),
- starost drevesnega sestoja (starejši sestoji so bolj podvrženi poškodbam zaradi vetra itd.),
- lastnosti tal (vplivajo na nastajanje zemeljskih plazov in stabilnost dreves),
- vetrna in snežna obtežba (na privetrni strani je nevarnost loma drevja zaradi močnega vetra, na zavetrni strani pobočja pa nastajajo večje količine snega, ki povzročajo lomljenje drevja ali pa nastanejo snežni plazovi),
- izpostavljenost pobočja (jugozahodna območja so bolj izpostavljena preperevanju in zato masnim gibanjem zemljin),
- gospodarska raba gozdnih površin (neprimerne dejavnosti v gozdovih in njihov neprimeren razvoj so vzroki za nestabilna področja ter plazove),
- geologija (geološke lastnosti tal vplivajo na masna gibanja, kot je padanje kamenja, zemeljski plazovi, drobirski tokovi itd.),
- globinska in bočna erozija,
- naklon pobočja.

Na nekatere dejavnike lahko vplivamo s pravilnim mešanjem različnih drevesnih vrst, pravočasnim odstranjevanjem starih, bolnih in poškodovanih dreves in z dejavnostmi v gozdu, ki ne povečujejo erozije ali slabšajo stabilnosti pobočij. Ostali dejavniki pa so naravna danost in nanje nimamo vpliva.

2.3 Procesi premeščanja in odlaganja plavja

Premeščanje plavja je odvisno od pretoka, lastnosti struge in velikosti kosov lesa glede na dimenzije struge. Zveza med dolžino ključnega kosa plavja in širino struge je pomembna pri določanju zmožnosti premeščanja plavja ter vrste in količine v strugi odloženega materiala. Na sposobnost premeščanja vplivata tudi globina in padec vodotoka. Otoki, stranski rokavi in poplavne ravnice pa vplivajo na premeščanje in so lahko pomembna mesta za odlaganje (Sedell in Duval, 1985 v Diehl, 1997).

2.3.1 Mesta odlaganja

Plavje se lahko med potovanjem po strugi vodotoka ali bližji poplavni ravnici zaustavi na različnih mestih. Na brežinah ali poplavni ravnici se lahko ujame v nasade dreves, ki rastejo dovolj skupaj. Odlaga se lahko tudi na območjih, kjer se poplavnim vodam bistveno zmanjšajo pretočne hitrosti in globina. Tudi zožitve vodotoka na širino, ki je manjša od dolžine debel, so mesta, na katerih se plavje vsaj začasno odlaga. Debla na vodni gladini namreč niso dosledno poravnana s tokom ali prečno na tok, temveč zaradi vpliva večjih vrtincev krožijo (Diehl, 1997).



Slika 4: Na otoku nabrano leseno plavje (Rudolf-Miklau et al., 2011: str. 13)



Slika 5: Otok pred mostom čez Krko v Krški vasi – videti je, da se tam nabira plavje

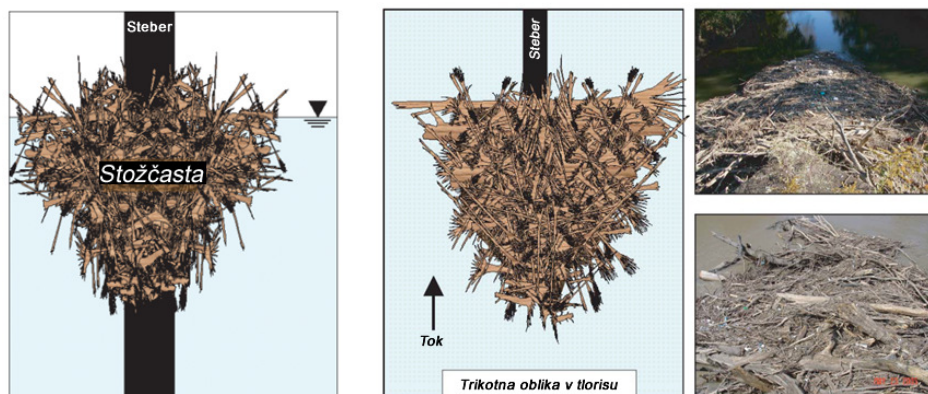
Pri zadostni globini vode za plavljenje debel se lahko plavje odlaga na prodiščih sredi struge, na stalnih prodiščih v zavojih, gorvodnih delih otokov ali v tolmunih vzdolž vznožja zunanje brežine v zavojju. Plavje, ki se odlaga na prodiščih, na katerih raste grmičevje, ali so le plitvo preplavljena, povzročata odlaganje plavin in dodaten razvoj prodišča (Wallace in Benke, 1984 v Diehl 1997).

V strugi se nahajajo tudi umetne ovire, ki prav tako vplivajo na potovanje plavja. To so razni jezovi in druge vodne zgradbe ter mostovi in prepusti.

2.3.2 Nalaganje plavja na mostovih

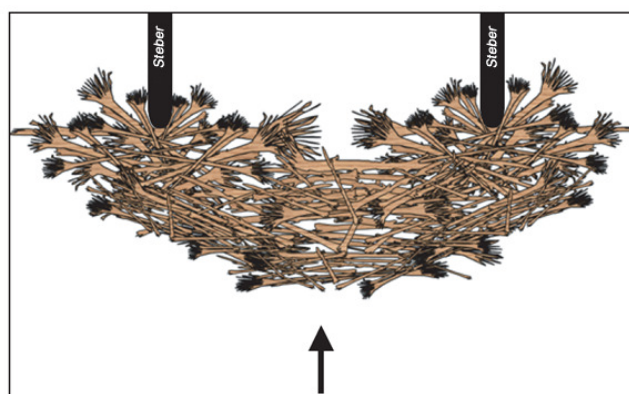
Plavje se začne najprej kopičiti v rahle kupe več debel. Nato se prostori med debli zapolnijo z vejami, šibami in listjem (Diehl, 1997). Tako naloženo plavje lahko ima različne oblike: pravokotne, trikotne, stožčaste, cilindrične, in druge (Lagasse et al., 2010).

Velikost kupov je odvisna od več dejavnikov. Globina plavja, naloženega na posameznem stebru, je najbolj odvisna od globine toka v času nalaganja. Dolžina najdaljšega kosa plavja določa največjo širino plavja, odloženega na posameznem stebru. Širina struge pa vpliva na dolžino največjega kosa, ki lahko pride do mostu. Največjo dolžino kosa plavja, ki lahko pride do premostitve (imenujemo jo projektna dolžina debela), ocenimo s pomočjo postopka, predstavljenega v poglavju 2.4.1.3.



Slika 6: V prerezu stožčasta (levo) in v tlorisu trikotna (desno) oblika naloženega plavja (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 59, 60)

Plavje se preko dela mostne odprtine običajno nakopiči v obliki velikih splavov (Lagasse et al., 2010). Nalaganje preko odprtine je bolj običajno za prepuste, saj so tam dimenzije pretočnih odprtin manjše. Pri mostovih pa lahko pride do tega v primerih, ko dovolj veliko deblo premosti odprtino med dvema sosednjima stebroma ali med stebrom in brežino oziroma ko se na dveh sosednjih stebrih naloži dovolj materiala, ki nato povzroči nadaljnje nabiranje tudi med njima, kar je prikazano na sliki 7.



Slika 7: Skica plavja, ki se je kljub veliki razdalji med stebri naložilo preko odprtine, prikazuje ločni učinek prevzemanja obremenitev vodnega toka (povzeto po Lagasse, et al., 2010: str. 49)

Iz prej opisanih razlogov je največja širina, ki jo lahko doseže nabrano plavje, odvisna od dolžine največjega čvrstega debla, ki prispe do mostnega profila.

2.4 Smernice za določanje zmožnosti za nastajanje, premeščanje in nalaganje plavja

Postopek za določanje zmožnosti za nastajanje, premeščanje in nalaganje plavja, ki ga je prvotno predlagal Diehl (1997) in so ga kasneje spremenili Lagasse et al. (2010), navaja tri glavne faze za določanje možnosti za nastajanje in nalaganje plavja na območju premostitve:

- ocena zmožnosti nastajanja in premeščanja lesenega plavja,
- ocena zmožnosti kopičenja plavja na posameznem delu mostu,
- določitev zmožnosti kopičenja plavja za celoten premostitveni objekt.

Te faze nato razdelimo še na posamezne naloge, ki nas vodijo k določanju zmožnosti nastajanja, premeščanja in nalaganja plavja, in jih predstavimo v preglednici 2.

Preglednica 2: Glavne faze in naloge za oceno možnosti nastajanja in nabiranja plavja na premostitvi (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 42)

Faza	Naloga
1. Določitev zmožnosti za nastajanje in premeščanje lesenega plavja	a) Določitev zmožnosti nastajanja lesenega plavja (vrednotenje)
	b) Določitev zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja (vrednotenje)
	c) Ocena največjega kosa plavja, ki ga lahko prinese do kritičnega mesta
2. Določitev zmožnosti za kopičenje plavja na posameznem elementu mostu (vrednotenje)	a) Razporeditev vseh delov premostitvenega objekta v položajne kategorije
	b) Določitev značilnosti mostne konstrukcije za vse potopljene dele mostu
	c) Določitev zmožnosti nalaganja plavja na posameznem delu mostu
3. Določitev končne zmožnosti kopičenja plavja	a) Primerjava zmožnosti kopičenja plavja na posameznih delih premostitve

V naslednjem delu naloge opišemo metodo za določanje zmožnosti nastajanja, premeščanja in nalaganja plavja, ki smo jo izdelali po zgledu Diehl (1997) in Lagasse et al. (2010).

2.4.1 Ocena zmožnosti za nastajanje in premeščanje lesenega plavja

V prvi fazi ocenimo, ali lahko na dani lokaciji pričakujemo, da bo nastalo leseno plavje (naloga 1a) in kolikšna je zmožnost vodotoka, da to plavje odplavi do mostnega profila (naloga 1b). Pri tem si pomagamo s posrednimi in neposrednimi dokazi. Najprej ovrednotimo neposredne dokaze in jim pripišemo večjo težo kot posrednim dokazom. Ocenimo tudi največjo dolžino debel, ki se lahko pojavi pri premostitvi (naloga 1c).

2.4.1.1 Zmožnost za nastajanje lesenega plavja

Največji vir plavja so drevesa, ki rastejo v bližini struge. Večina teh dreves pade v strugo zaradi erozije, druga so podrti zaradi vetroloma, žleda, bolezni ali starosti. Pod določenimi pogoji lahko plavje prispevajo tudi poplavne ravnice. S strmih pobočij pa lahko veliko leseno plavje prinesejo tudi zemeljski plazovi in drobirski tokovi (Diehl, 1997).

Zmožnost nastajanja in prinašanja plavja na določeno mesto lahko določimo z opazovanjem struge gorvodno od mostu in opazovanjem ter poznavanjem fizičnega stanja povodja gorvodno od mesta objekta in v njegovi neposredni bližini. Odsotnost plavja na področju mostu še ne pomeni, da je zmožnost za nastajanje in prinašanje plavja do premostitve majhna. Tudi če je plavja na določenem kraju razmeroma malo, lahko redki ali katastrofalni dogodki povzročijo nastanek precejšnje količine plavja, ki je potem na razpolago, da ga voda prenese do področja mostu.

Neposredni dokazi zmožnosti za nastajanje plavja

Kot smo ugotovili zgoraj, plavje najpogosteje nastane zaradi erozije brežin, lesnate rastline pa nato odnese v strugo. Zato je najbolj neposredni dokaz za zmožnost nastajanja plavja obstoječa erozija brežin ob vodotokih, obraščenih z gozdom. Erozija brežin je lahko obsežna in huda ali lokalizirana in manjša. Obsežno in hudo erozijo brežin opazimo vzdolž ravnih in vijugastih odsekov trenutno nestabilnih vodotokov, ki so v procesu vrezovanja in poglobljanja struge ali njenega širjenja. Zmerna erozija brežin se lahko pojavi na zunanjih brežinah zavojev tistih strug, ki se premeščajo. Na zmerno

erozijo vplivajo tudi dobro razvita prodišča. Ta skupaj z ujetim plavjem povzročijo preusmerjen tok, ki neposredno vpliva na brežino. Do lokaliziranih in manjših erozij brežin pa lahko pride kjerkoli in so praviloma tako majhnega obsega, da ne prispevajo znatnih količin plavja.

Najbolj neposreden dokaz za veliko zmožnost nastajanja plavja je prisotnost ali odsotnost obrežnega gozda in njegova gostota ob strugi vodotoka gorvodno od mostu. Drevesa na rečnih bregovih ali gozdnato območje ob strugi (pas širine 30 m) predstavljajo neposredni vir plavja, ki ga voda lahko odnese. Vodotoki z očiščenimi brežinami ali redkimi oziroma maloštevilnimi obrežnimi gozdovi bodo v strugo prispevali manj plavja. Neposredni pokazatelji stalnih poškodb brežine in velikih zmožnosti nastajanja plavja so tudi drevesa, ki rastejo na brežinah in se nagibajo nad vodo, ali pa ležijo v vodi.

Plavje se lahko v velikih količinah skladišči tudi na območjih gorvodno ob strugi vodotoka. Skladišči se na mestih, kjer se tok deli, na prodiščih in otokih ter ob brežinah, zlasti vzdolž zunanje brežine premeščajoče se struge. Skladiščeno je lahko tudi na poplavnih ravninah ali pobočjih v bližini vodotoka.

Nastajanje plavja lahko sprožijo tudi redki in katastrofalni dogodki (vetrolom, zemeljski in snežni plazovi in podobno), zato je dobro poznati tudi pogostost in verjetnost pojavljanja takšnih dogodkov.

Posredni dokazi zmožnosti za nastajanje plavja

Posredni dokazi za **veliko** zmožnost nastajanja plavja vključujejo pretekle in sedanje spremembe struge. Te vplivajo na njeno stabilnost in v končni fazi na erozijo brežin, ki je poleg antropogenih dejavnikov glavni vir vnosa plavja v struge. Spremembe struge vključujejo naslednje procese:

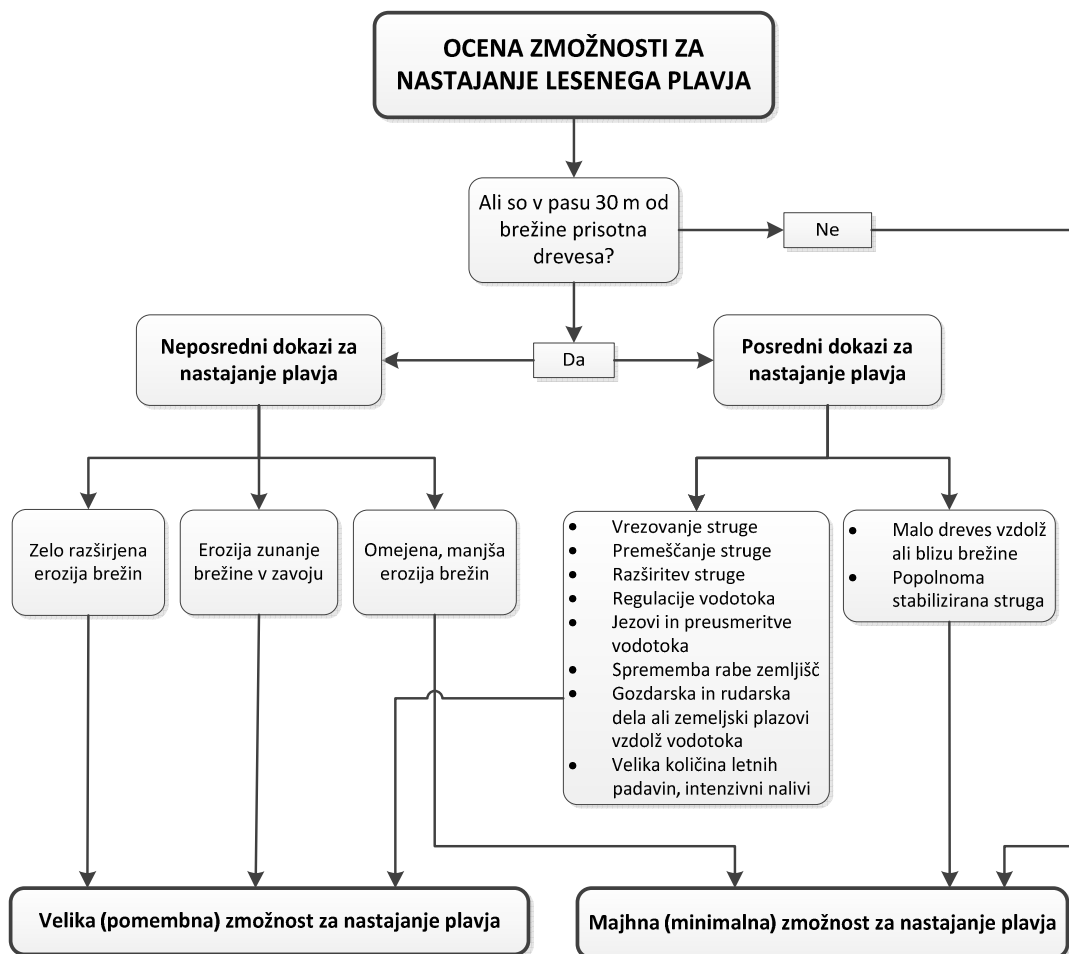
- vrezovanje struge,
- premeščanje struge,
- razširitev struge,
- regulacija vodotoka,
- jezovi in preusmeritve vodotoka,
- obstoječe ali bodoče spremembe v rabi zemljišč,
- gozdarska in rudarska dela ali zemeljski plazovi vzdolž vodotoka.

Območja z večjo zmožnostjo nastajanja plavja so tudi tista z veliko količino letnih padavin ali zelo neenakomernimi in intenzivnimi nalivi (Barthelmess, Rigby 2011).

Posredni dokazi za **majhno** zmožnost za nastajanje plavja vključujejo naslednje:

- drevnin vzdolž struge in na pobočjih do vodotoka ni ali jih je malo,
- struga je lahko popolnoma stabilizirana (navpično in bočno) in je malo verjetno, da se bo močno spremenila,
- ob vodotoku so kmetijske površine ali travniki,
- na prispevnem območju je majhna in enakomerno porazdeljena količina letnih padavin.

Slika 8 prikazuje delovne postopke, ki jih uporabimo pri vrednotenju zmožnosti za nastajanje plavja v območju gorvodno od mostu.



Slika 8: Diagram poteka določanja zmožnosti za nastajanje lesenega plavja (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 43)

2.4.1.2 Zmožnost premeščanja in prinašanja plavja

V naslednjem koraku ocenimo zmožnost vodotoka, da to plavje premesti (naloge 1b). Zmožnost premeščanja in prinašanja plavja je seveda odvisna od tega, ali je na razpolago dovolj plavja, in od geometrije struge. Če je dovolj odmrlih drevnin, obdelanega lesa ipd., so možnosti za prinašanje odvisne od velikosti plavja glede na širino struge, globino in tlorsni potek vodotoka. Zmožnost premeščanja je visoka, če sta širina in globina struge večji kot sta največja projektna dolžina in premer debel.

Neposredni dokazi zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja

Najbolj neposreden dokaz za oceno zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja do določenega mesta je opazovanje obstoječega plavja v strugi in na mestu samem.

Neposreden dokaz za **veliko** zmožnost prinašanja plavja do mostu lahko sestavljajo naslednja opažanja:

- dokumentirana ponavljajoča se ali pogosta kopičenja plavja na enem ali na več mostovih na določenem območju,
- velike količine plavja v strugi in vzdolž brežin,
- sedanja ali pretekla potreba po odstranjevanju plavja iz struge.

Neposredni dokazi za **majhno** zmožnost prinašanja plavja vključujejo naslednje:

- gorvodno je struga tudi med poplavami ožja in/ali plitvejša od večine kosov lesa,
- po poplavih na drugih tipičnih mestih, na katerih se običajno nalaga plavje (razen mostov), to je na primer na prodiščih in ob zunanji brežini rečnega zavoja, ni ostankov plavja,
- po hudih poplavih ali drugih katastrofalnih dogodkih vodotok prinaša na mesto premostitve zanemarljivo količino plavja,
- po poplavih ostaja plavje v strugi zaradi nizkih pretočnih hitrosti.

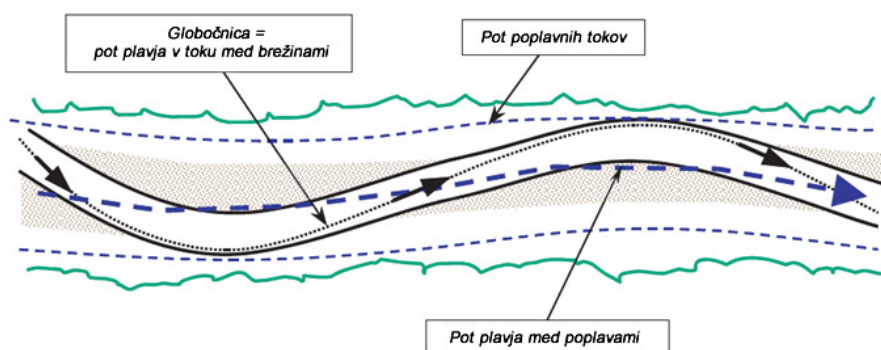
Posredni dokazi zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja

Največja zmožnost za plavljenje lesnega materiala je na dolgih, ravnih odsekih gorvodno od mostu. Plavje običajno sledi poti globočnice (talvega), ki v ravnih odsekih sovpada s središčnico vodotoka. Nekaj lesa se lahko med potovanjem odloži na brežine ali na prodišča. Vodotoki, ki malo vijugajo, ali takšni z dolgimi krivinami z velikim polmerom, imajo tudi velik potencial za premeščanje plavja do mostu, ker poplavna pot po navadi poteka razmeroma naravnost navzdol po dolini in zaradi tega tako potekajo tudi poti plavja (slika 9).

Nasprotno pa imajo vodotoki z večjo vijugavostjo in manjšim krivinskim polmerom manjšo zmožnost za premeščanje plavja. K manjši zmožnosti premeščanja prispeva tudi gozd, ki se nahaja ob strugi. Tako se plavje pogosto odlaga na vrhu ali vzdolž zunanje brežine ali pa na stalnem prodišču v naslednjem dolvodnem ovinku in se nato mobilizira ob naslednjem poplavnem dogodku.

Vodotoki z aktivnim premeščanjem struge lahko zaradi bočne erozije v meandrih ustvarijo več plavja, vendar pa zaradi njihove vijugaste poti traja več časa, da plavje prinese do mostu, kot pa v primeru malo vijugastih ali ravnih vodotokov.

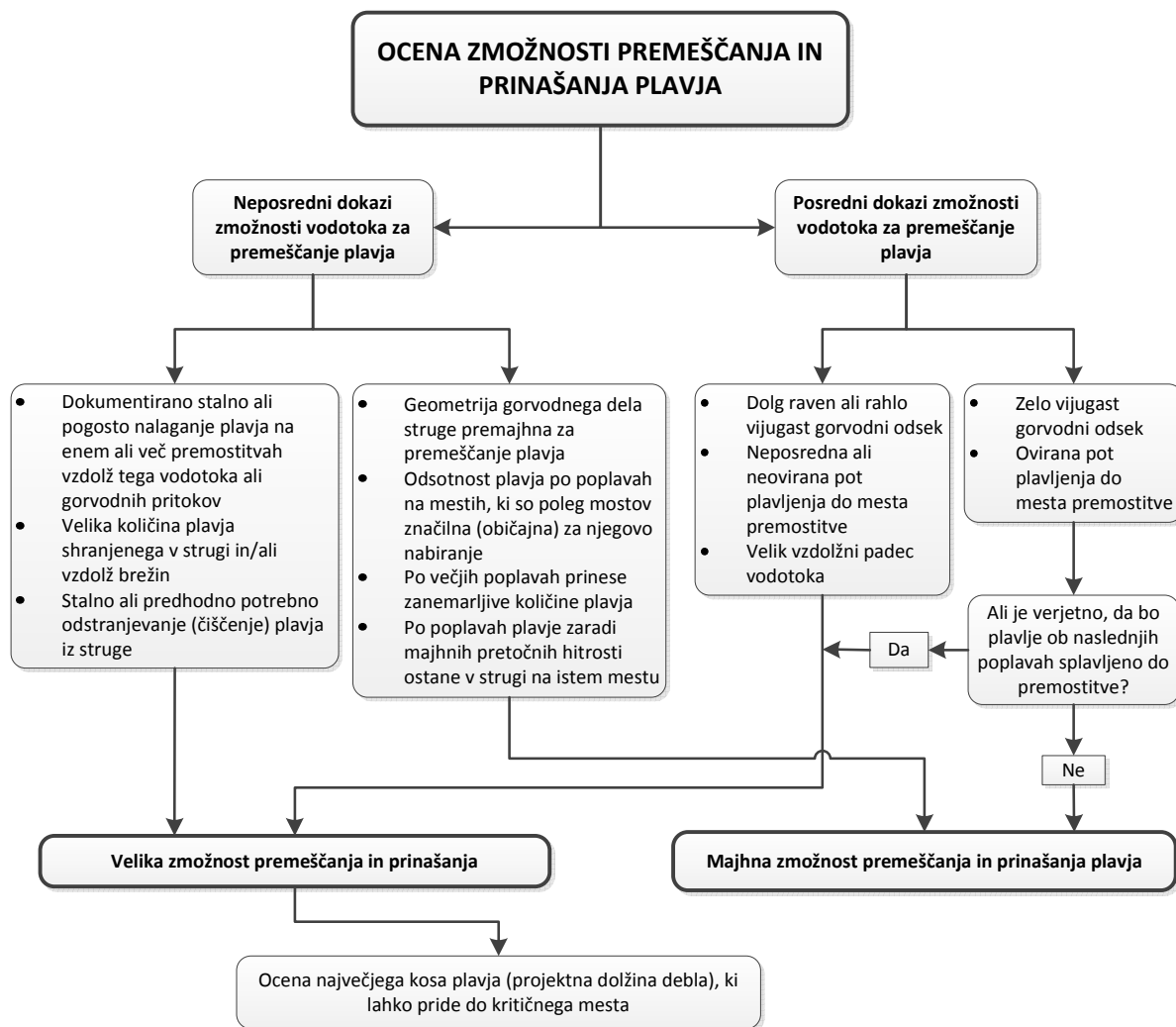
Iz teh razlogov prištevamo precej vijugaste vodotoke z očitnim premeščanjem struge ali bočno erozijo in z veliko količino plavja med vodotoke z zmerno do veliko zmožnostjo prinašanja plavja.



Slika 9: Potovanje plavja (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 45)

K veliki zmožnosti vodotoka za premeščanje pripomore tudi velik vzdolžni padec vodotoka (velik > 4–5%, srednji 1–3%), medtem ko manjši padci (< 1%) manj pripomorejo k sposobnosti vodotoka za premeščanje plavja (Barthelmess, Rigby 2011).

Na sliki 10 je prikazan diagram poteka, s katerim določimo zmožnost vodotoka, da nastalo plavje premesti do mostu.



Slika 10: Diagram poteka določanja zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 44)

Ko določimo, kolikšna je zmožnost vodotoka za premeščanje in prinašanje plavja, ocenimo še velikost največjega kosa, ki ga lahko pričakujemo na mestu, kjer stoji most.

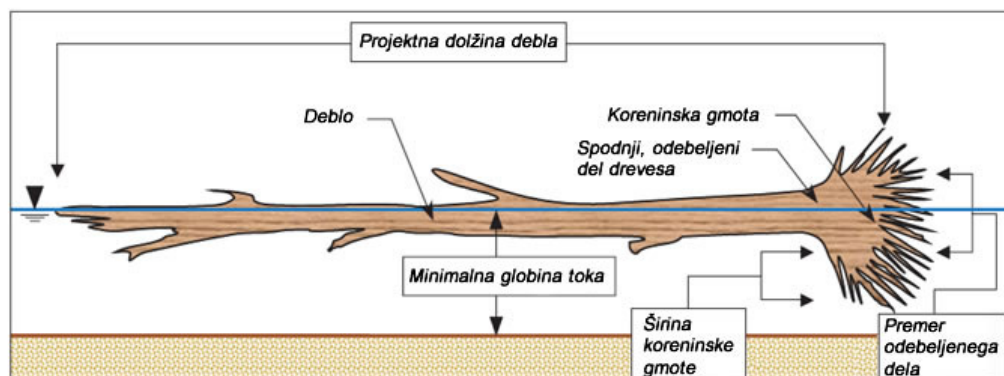
2.4.1.3 Projektna dolžina debla

V nalogi 1c ocenimo največjo dolžino kosa plavja, ki lahko pride do premostitve. To največjo pričakovano dolžino debla imenujemo projektna ali merodajna dolžina debla. Projektna dolžina ne predstavlja absolutno največje dolžine kosa plavja, marveč dolžino, do katere so debla dovolj močna, da lahko ustvarijo zagozde, ki so enakih dimenzij, kot je njihova dolžina.

Projektna dolžina debla se opredeli kot najmanjša izmed spodnjih vrednosti (Diehl, 1997):

- širina struge gorvodno od obravnavanega profila,
- največja dolžina čvrstega debla,
- v večini ZDA velja enačba $L_d = 9 + \frac{B_{up}}{4}$, kjer je L_d projektna dolžina debla, B_{up} pa širina struge gorvodno od obravnavanega profila, in sicer za širine strug od 12 do 60 m.

Od projektne dolžine debel je namreč odvisno, kakšne bodo lahko pričakovane dimenzije plavja, ki se nakopiči na enem stebru oziroma kolikšna je možnost, da se plavje naloži tudi med stebri. Slika 11 prikazuje projektno dolžino debela in njegove ostale pomembne dele.



Slika 11: Projektna dolžina debela (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 46)

Poleg dolžine debel je za premeščanje plavja pomembna tudi globina vode. Vodotok lahko premešča plavje, če je globina vode vsaj tolikšna, kolikor znaša premer spodnjega, odebeljenega dela drevesa, povečan za širino koreninske gmote. Diehl (1997) ocenjuje, da je ta globina približno 3% do 5% ocenjene dolžine debela, in navaja, da dolžina potujočih debel s pritrjenimi koreninskimi gmotami redko preseže približno 30-kratno največjo globino toka.

2.4.2 Ocena zmožnosti kopičenja plavja na posameznem delu premostitve

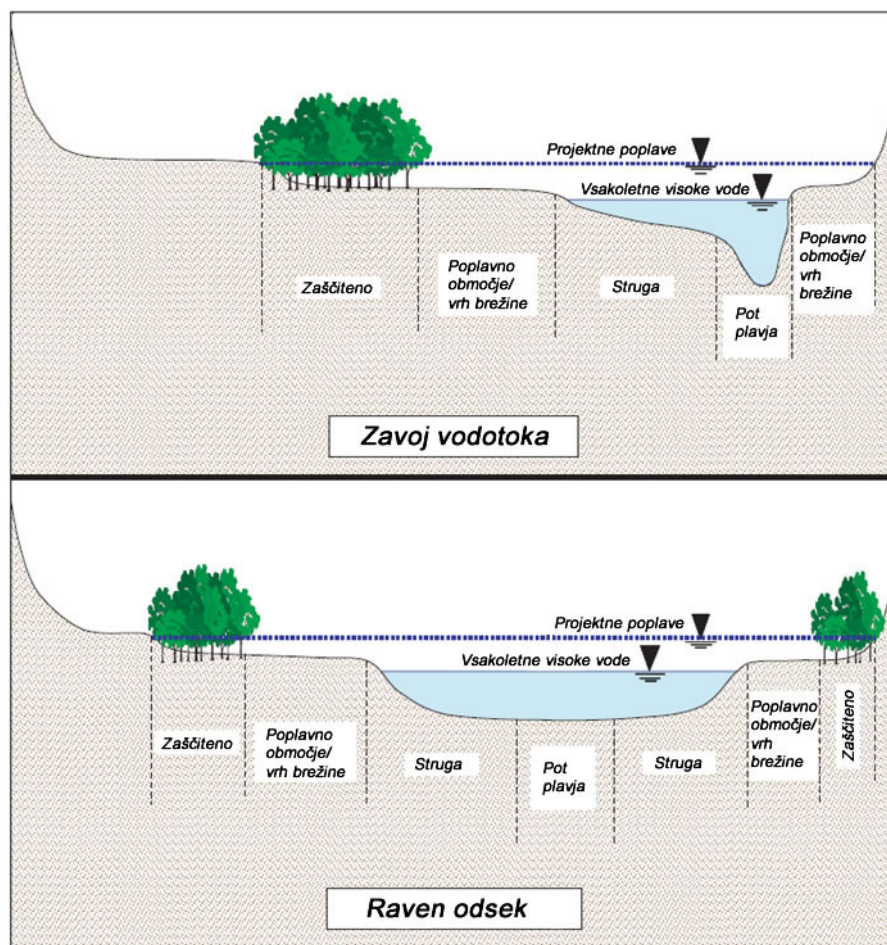
Značilnosti mostu, kot so oblika nosilne konstrukcije, stebrov in opornikov ter širine odprtin, lahko pomembno vplivajo na zmožnost kopičenja plavja. Pri oceni zmožnosti kopičenja je tudi pomembno, kje ležijo posamezni deli premostitve. Pred nalaganjem plavja jih lahko štiti gozd, lahko ležijo na poplavni ravnici, ali pa so postavljeni na poti, kjer pričakujemo, da bodo potovale največje količine plavja. Nato še za vsak posamezen del mostu določimo, kakšna je zmožnost, da se bo na tem delu naložilo plavje.

2.4.2.1 Položajne kategorije mest, kjer se na premostitvi nakopiči plavje

Prinašanje in nalaganje plavja na premostitvi je večinoma prostorsko omejeno. Nekateri deli premostitve so lahko brez plavja, medtem ko lahko druga področja prejmejo večji del plavja, ki ga nanosi vodotok. Zato za vsak razpon in steber na mostu ocenimo zmožnost za kopičenje plavja glede na položaj, v katerem se nahaja v prečnem prerezu vodotoka.

V ta namen je Diehl (1997) opredelil štiri območja, v katerih se lahko nahaja posamezen del premostitve, in jih poimenuje položajne kategorije (ang. location categories):

- območje, ki je varovano z gozdom na gorvodni strani,
- poplavna ravnica in vrh brežine,
- območje struge,
- območje zgoščenega potovanja plavja.



Slika 12: Položajne kategorije (povzeto po Lagasse et al., 2010: str. 47)

Na sliki 12 so prikazane splošne položajne kategorije za ukrivljen in raven odsek struge glede na lokalne poti prinašanja plavja.

Območje, ki je zaščiteno z gozdom na gorvodni strani

Območje, ki ga štejemo kot »zaščiteno«, lahko leži takoj dolvodno za pogozdeno poplavno ravnico, za močno gozdnatim področjem ali za drugo večjo oviro, ki lahko ujame lesni drobir v vodotoku in prepreči njegovo nalaganje na mestu premostitve.



Slika 13: Del mostu čez Savo in Krko pri Brežicah, ki je na poplavni ravnici na gorvodni strani zaščiteno z drevjem

To kategorijo lahko uporabimo, kjer so razdalje med drevesi veliko manjše, kot je povprečna višina dreves. Pri tem upoštevamo tudi spremembe v rabi zemljišč, ki jih lahko predvidimo.

Poplavna ravnica in vrh brežine

To položajno kategorijo dodelimo področjem, ki so trenutno brez dreves ali pa so pokrita z gozdovi, vendar jih bodo verjetno v prihodnosti očistili. Položajna kategorija vključuje vsa območja zunaj struge, ki bi jih lahko v primeru projektnih poplav preplavilo do globine, potrebne za premeščanje plavja.

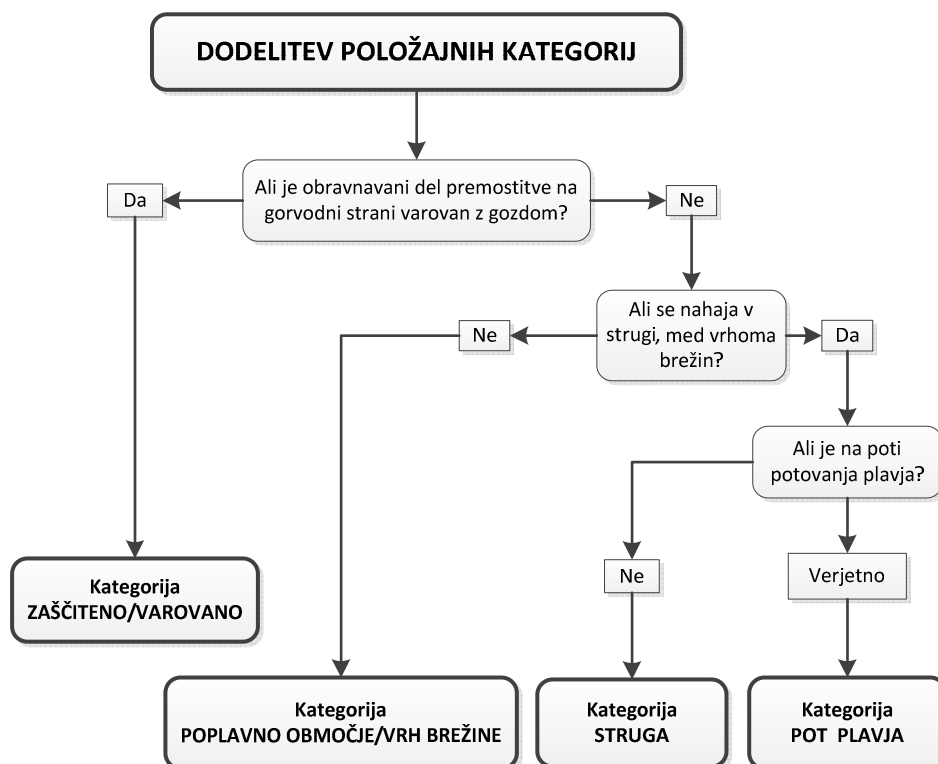
Struga

Dokler sta globina toka in širina struge dovolj veliki za premeščanje plavja, lahko le-to potuje kjerkoli po strugi. Odlaga se lahko na stebrih v strugi in tudi na tistih, ki stojijo na pobočju ali na vznožju brežine, še posebej, če so postavljeni na zunanjem bregu meandra. V položajno kategorijo struge vključimo tudi pobočja ter vznožje brežin.

Pot zgoščenega potovanja plavja

Sekundarni krožni tokovi povzročajo, da plavje v strugi odnaša po razmeroma ozki poti, ki je tesno povezana z globočnico (talvegom) (Diehl, 1997). V ravnih strugah je ta pot običajno v njeni sredini, medtem ko je v ukrivljenih odsekih pot bližje zunanji brežini. Pot prenašanja plavja se lahko med poplavami bistveno razlikuje od poti v pogojih, ko ni poplav (slika 9). Priporočljivo je opazovati potovanje plavja v različnih tokovnih razmerah. Če neposredno opazovanje transportnih poti plavja ni izvedljivo, položajno kategorijo zasnujemo na podlagi značilnosti struge in domnevne poti toka v visokovodnih in nizkovodnih pogojih.

Slika 14 prikazuje diagram poteka za določanje položajnih kategorij posameznim delom mostu.



Slika 14: Diagram poteka dodelitve položajnih kategorij, kjer se lahko na premostitvenem objektu kopiči plavje (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 48)

2.4.2.2 Ugotavljanje značilnosti vseh potopljenih delov mostu

Premostitvene objekte naprej razdelimo na posamezne dele, ki jih nato obravnavamo v zvezi z možnostjo prestrezanja plavja.

Ameriški viri (Diehl, 1997; Lagasse et al., 2010) priporočajo naslednji postopek ocenjevanja mostov (naloga 2a):

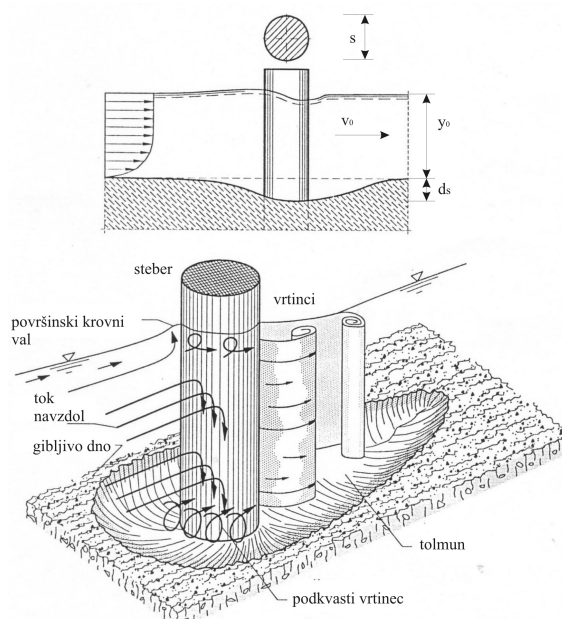
- a) Spodaj našteje elemente razvrstite v eno od položajnih kategorij, kot je opisano zgoraj:
 - steber,
 - svetla odprtina med nepremičnimi elementi premostitve,
 - temelj opornika oziroma boka,
 - del nosilne konstrukcije, na kateri je spodnji del pri projektnem pretoku omočen.
- b) Ugotovite, ali je efektivna širina vsake odprtine večja od projektne dolžine debel.
- c) Ugotovite, ali posamezni steber oziroma del spodnje konstrukcije, potopljen v projektni poplavi, vsebuje odprtine, ki prepuščajo tok.

Metoda je uporabna tudi za nove mostove. V procesu načrtovanja preverimo, kako bi posamezne idejne zasnove vplivale na relativne zmožnosti kopičenja plavja.

Značilnosti stebrov in spodnje konstrukcije

Glede na značilnosti stebrov in spodnje konstrukcije mostu na mestih, ki so izpostavljena plavju, določimo zmožnosti teh elementov za prestrezanje plavja.

Stebri in nosilna konstrukcija z ozkimi odprtinami, ki lahko prepuščajo tok ob visokih vodah, bodo z večjo verjetnostjo prestrezali plavje kot posamezni stebri ali stebri s polnimi oziroma masivnimi stenami. Podobno velja za določene vrste stebrov. Razdalje med mnogovrstnimi stebri, ki so postavljeni prečno na mostno ploščo, so običajno manjše od dolžine plavajočih debel, in če stebri niso točno poravnani s tokom, delujejo kot sito, v katero se ujamejo debela.



Slika 15: Vpliv mostnega opornika v toku na potek gladine in nastajanje tolmunov (Steinman, 2010: str. 184)

Na večje ali manjše kopičenje vpliva tudi oblika gorvodne strani stebra. Ravni nosovi pravokotnih stebrov in temeljev zagotavljajo stabilnejše odlagališče za plavje kot pa zaokroženi nosovi stebrov, mimo katerih plavje lažje zdrsne. Zmožnost opornika za prestrezanje plavja je pomembna z vidika poplavne nevarnosti. Manjše količine plavja bistveno ne vplivajo tokovne razmere ob oporniku, pojavljajo se le tolmoni. Primerno velika količina plavja pa lahko povzroči tudi zajezitev.

Svetle odprtine med nepremičnimi elementi premostitve

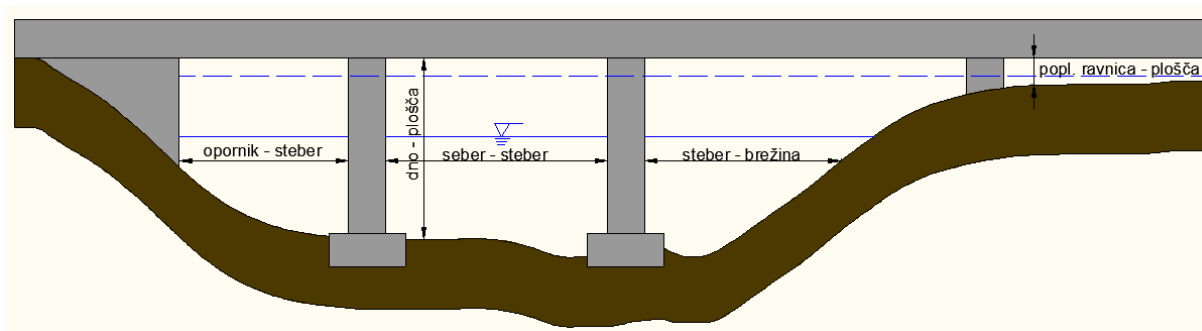
Svetle odprtine so vodoravne odprtine med podpornimi elementi mostu, brežinama in/ali oporniki. Kadar obstaja možnost, da bo nosilna konstrukcija v projektnem pretoku poplavljen, je treba ovrednotiti tudi višino navpičnih odprtin med nosilno konstrukcijo in strugo oziroma poplavno ravnico.

Na sliki 16 so prikazane različne odprtine, ki jih tvorijo nepremični elementi premostitve. Te odprtine nato razdelimo na podoben način kot posamezne nepremične elemente (na primer stebre). Postopek določanja zmožnosti nalaganja plavja na posameznem delu mostu je opisan v poglavju 2.4.2.3.

Razponi ali odprtine med navpičnimi elementi

Razponi pri premostitvi so vse odprtine med navpičnimi podpornimi elementi mostu in odprtine med brežinama vodotoka in oporniki. Na teh mestih se plavje lahko ujame, če so razdalje premajhne, to je, če so odprtine manjše od največjega kosa lesa, ki se lahko pojavi na tem mestu. Deblo se postavi preko odprtine, nanj pa se začne nalagati dodatno plavje, ki pa je lahko manjše.

Takšni odprtini dodelimo položajno kategorijo sestavnega elementa z največjo zmožnostjo nalaganja plavja, saj smo v tem primeru na varni strani (Diehl, 1997). Tako ima odprtina med stebrom in opornikom isto položajno kategorijo kot stebri oziroma oporniki. Če je eden izmed nepremičnih elementov v zaščitenem položaju, drugi pa v strugi, se odprtini med njima pripiše položajno kategorijo struge.



Slika 16: Deli premostitvenega objekta in značilne mostne odprtine

Če pa so odprtine manjših dimenzij od najdaljših kosov plavja, ki jih prenaša vodotok, potem je lahko zmožnost kopičenja plavja na mestu premostitve velika. V nekaterih okoliščinah je lahko zmožnost za zamašitev mostne odprtine velika, čeprav je razpon večji od največje dolžine debel. To se lahko zgodi v primeru, ko na dveh ali več posameznih sosednjih stebrih nabrano plavje povzroči, da se plavje nabere tudi med njima. To velja za vse nepremične elemente (stebri, oporniki, brežine), ki jim je določena velika zmožnost nabiranja plavja.

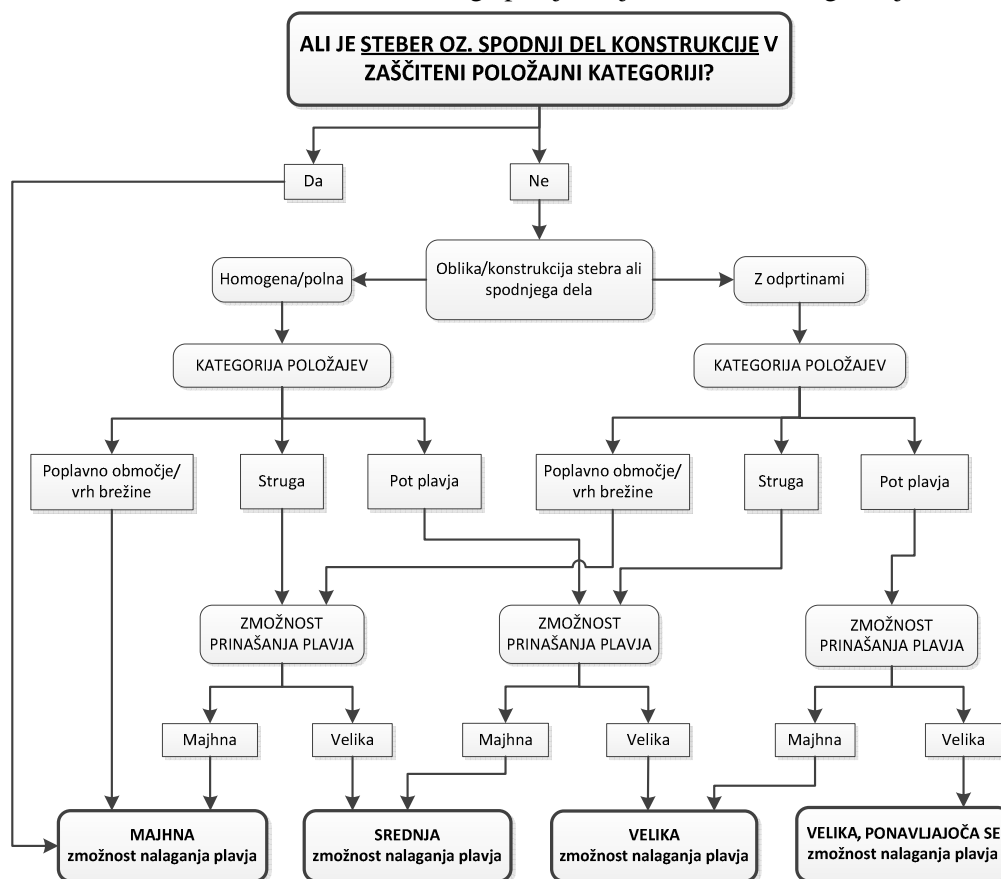
Odprtine med horizontalnimi elementi

Odprtine med horizontalnimi elementi upoštevamo, ko zaradi poplav povišani vodostaj doseže oziroma se približa spodnjemu delu mostne konstrukcije. Večina debel, ki plavajo na površini, se ob trku z mostno ploščo zasuka in ujame ob elemente mostu ali pa jih potegne pod njo. Nekatera pa ob trku obrne tako, da z enim koncem dosežejo dno struge ali poplavne ravnice in lahko v takšnem položaju tudi obtičijo. Debla, ki se jih še držijo koreninske gmote, so še bolj podvržena možnosti za zagozditev. Zato je v primeru takšnih odprtin poleg največje pričakovane dolžine debel dobro poznati tudi njihov premer. Plavje pa se lažje zagozdi tudi zaradi določene oblike stebrov, na primer v obliki glave kladiva.

Zagozdena debla lahko povzročajo težave pri odstranjevanju ali pa tvorijo nestabilne pregrade iz plavja, ki se lahko med ujmo tudi porušijo. Porušitev takšnih pregrad pa povzroči dodaten poplavni val (porušitveni val) in še večjo ogroženost območij dolvodno od mostu. Nepremični elementi, ki v tem primeru določajo navpične odprtine, so spodnji rob plošče in dno struge pod njim. Višina odprtine se spreminja s spreminjanjem dna in plošče. Položajne kategorije določimo glede na lego spodnjega dela, ki tvori odprtino. Odprtina med vrhom brežine ali poplavno ravnico in ploščo sodi v kategorijo »poplavno območje/vrh brežine«, odprtina nad strugo sodi v kategorijo »struga«, odprtina nad potjo plavja pa v »pot plavja«.

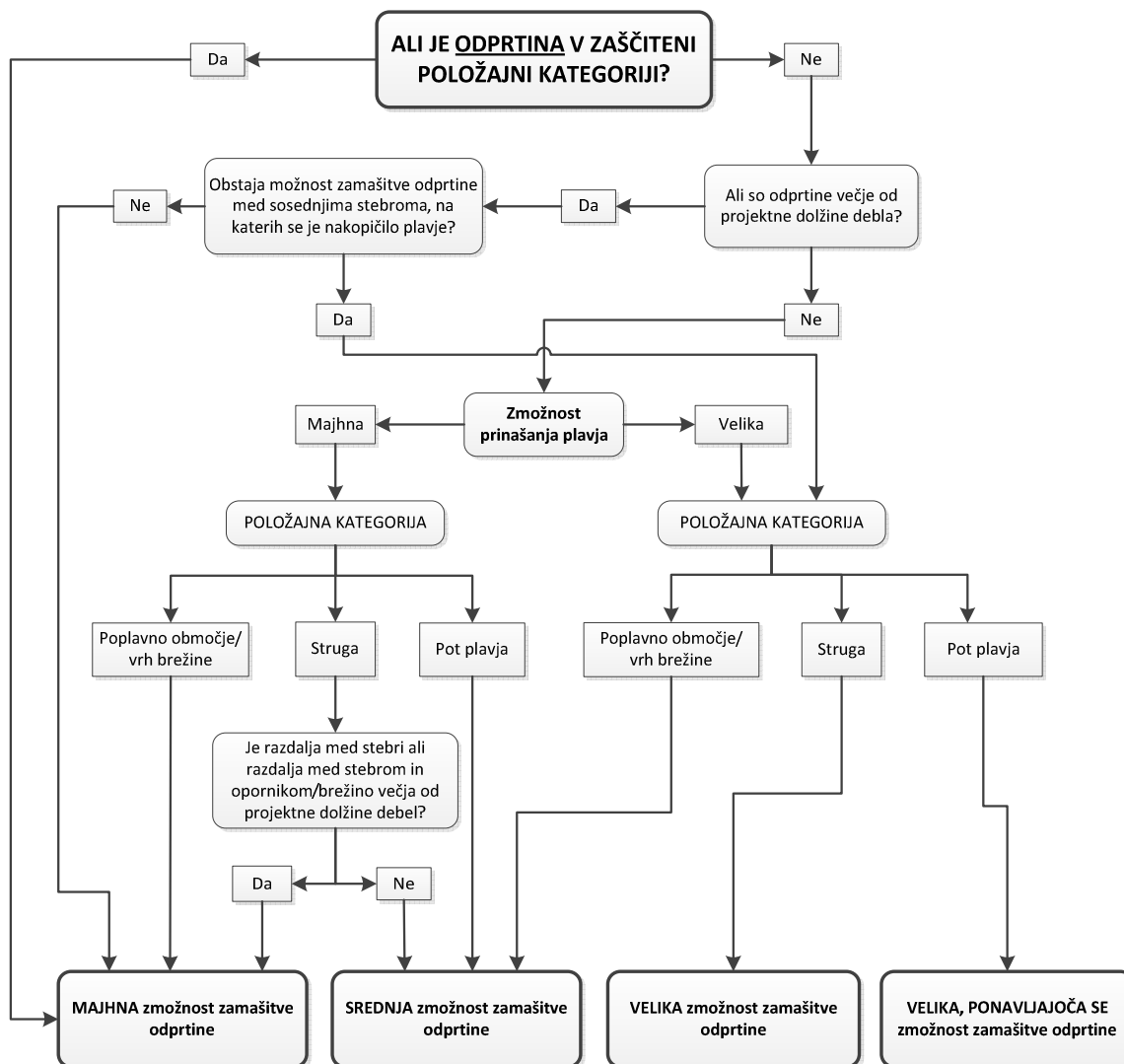
2.4.2.3 Določitev zmožnosti kopičenja plavja za posamezni del mostu

Zmožnost kopičenja plavja določimo posebej za vsak steber, potopljeni spodnji del konstrukcije in za vsako odprtino med nepremičnimi elementi konstrukcije. Pri tem uporabimo rezultate iz prejšnjih točk. V tem delu ne določimo velikosti naloženega plavja, ki je odvisna od drugih dejavnikov.



Slika 17: Diagram določanja zmožnosti nalaganja plavja na stebru (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 51)

Zmožnost nalaganja plavja na posameznem stebru ali spodnjem delu konstrukcije določimo s pomočjo diagrama poteka na sliki 17. Na podoben način določimo tudi zmožnost za zamašitev odprtine. Pri tem uporabimo diagram poteka na sliki 18.



Slika 18: Diagram poteka določanja zmožnosti zamašitve odprtine (prirejeno po Lagasse et al., 2010: str. 51)

Do sedaj smo določili zmožnost kopičenja plavja na posameznem nepremičnem elementu mostu oziroma možnost zamašitve posamezne svetle odprtine ali razpona med podporami. Preostane nam še določanje končne zmožnosti kopičenja plavja, ki velja za določeni objekt.

2.4.3 Določitev končne zmožnosti kopičenja plavja za posamezni premostitveni objekt

V zadnjem delu (faza 3) združimo rezultate o zmožnosti nabiranja plavja za posamezne dele konstrukcije in določimo končno zmožnost nalaganja plavja na posameznem premostitvenem objektu. Diehl (1997) predlaga, da se ta zmožnost določi kot največja izmed dobljenih zmožnosti oziroma kot najslabši možni primer, ki ga določimo za vsak steber, odsek spodnjega dela konstrukcije ali odprtine med nepremičnimi elementi. Pri daljših mostovih, pri katerih je veliki, ponavljajoči se zmožnosti nalaganja podvržen le določen element, s takšno metodo dobimo previsoke končne zmožnosti nabiranja. Zato Lagasse et al. (2010) priporočajo, da v takšnih primerih posamezne odseke mostu

obravnavamo ločeno. Pri manjših mostovih pa se držimo metode, kot jo predlaga Diehl (1997), saj napake ne bodo velike.

2.5 Uporabljeni programska orodja

2.5.1 Opis programskih orodij

Pri hidravlični analizi izbranega vodotoka in premostitve uporabimo GIS orodje ArcGIS z razširitvijo HEC-GeoRAS in program za hidravlično modeliranje HEC-RAS. Opise povzemamo po Raku (2006), Brunnerju (2010) in spletnih straneh posameznih programov.

ArcGIS

ArcGIS je programsko orodje, ki ga je razvil ameriški inštitut ESRI (*Environmental System Research Institute*). Uporablja se za vizualni prikaz, analize, raziskovanje in obdelavo GIS podatkov ter iskanje rešitev. Omogoča izdelavo topografske karte, rastrske izrisne, prikaze infrastrukture in drugih podatkov. Glavna sestavina orodja ArcGIS je ArcMap, ki se v glavnem uporablja za pregledovanje, urejanje, ustvarjanje in razčlenjevanje prostorskih podatkov.

HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS je razširitev programskega orodja ArcGIS, ki omogoča pripravo prostorskih podatkov za hidravlično obdelavo s programom HEC-RAS. V slednjem nato dopolnimo manjkajoče hidravlične podatke in opravimo izračune, ki jih lahko kasneje prenesemo nazaj v HEC-GeoRAS. Le-ta nam omogoča kartiranje poplavnih površin, bolj natančen izris rečnega sistema in poplavnih območij v 3D obliki ter nudi tudi izris mreže izobat, to je črt, ki povezujejo točke z enako globino vode, in izotah, to je črt, ki povezujejo točke z enako hitrostjo vode (Rak, 2006). Digitalni model terena (DTM – digital terrain model) pripravimo v TIN (TIN – triangulated irregular network) ali GRID formatu, nato vnesemo podatke o celotnem rečnem sistemu. Nato vnesemo potek glavnega vodotoka in pritokov (središnice), linije rečnega toka, bregove in linije prečnih profilov. Če imamo podatke, lahko dodatno vnesemo tudi podatke o nasipih, področja neefektivnega toka in področja zadrževanja površinskih voda. Program omogoča tudi oblikovanje posameznih področij z enako rabo tal, kar je osnova za določanje Manningovih koeficientov. Posamezne sklope podatkov vnašamo kot samostojne sloje. Tako pripravljene podatke nato izvozimo in nadalje obdelamo v programu HEC-RAS, v katerem izvedemo tudi izračune.

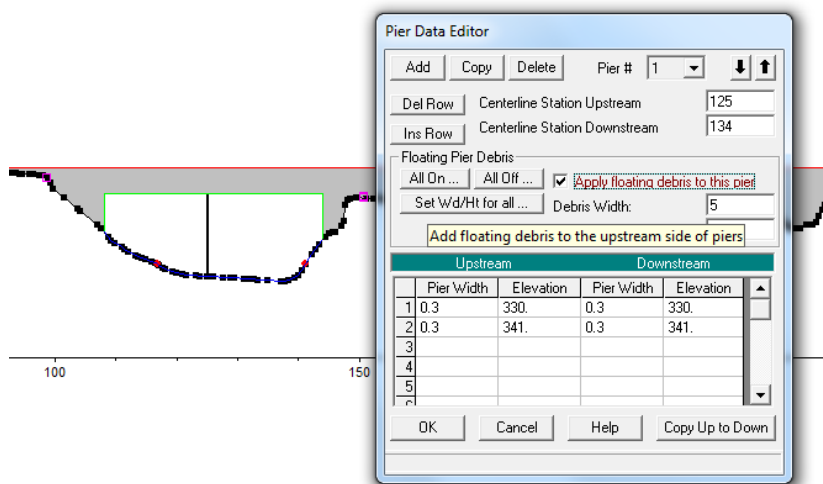
HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) je računalniški program, ki ga je zasnovala skupina raziskovalcev pod okriljem ameriške vojske (*US Department of Defense, Army Corps of Engineers*). Namenjen je enodimenzionalnemu hidravličnemu modeliranju naravnih vodotokov in umetnih kanalov. Program omogoča računanje stalnega in nestalnega toka za poljuben rečni sistem. Z njim lahko preučimo tudi vpliv različnih objektov na vodotoku, kot so mostovi, prepusti, kanali, nasipi in drugo. Dobljeni rezultati nam pokažejo razmere v posameznih prečnih profilih, profilih mostov in prepustov, krivulje pretokov in energijskih izgub, nivojev vodne gladine in drugo v grafični in tabelarni obliki.

HEC-RAS med drugim v računih upošteva tudi vplive plavja.

2.5.2 Upoštevanje plavja v programu HEC-RAS

Odpadki, drevesa in drugo plavje se lahko nabere na gorvodni strani stebra. Med visokovodnimi dogodki lahko ta material zamaši večji del mostne odprtine. Da v hidravličnih izračunih zajamemo ta učinek, je v HEC-RASu dodana funkcija plavje na stebru (*Floating Pier Debris*). Na sliki 19 je prikazano pogovorno okno za urejanje elementa plavja, kjer tudi vključimo ali izključimo upoštevanje plavja pri izračunu.

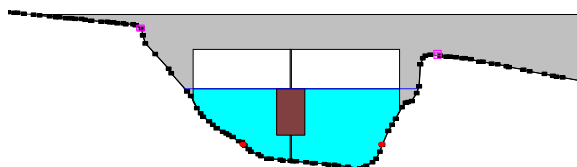


Slika 19: Pogovorno okno za urejanje podatkov o plavju v programu HEC-RAS

Program modelira plavje kot območje pravokotne oblike pred določenim stebrom. Uporabnik vnese višino in širino posameznega elementa, ki ga program poravna s središčnico stebra. Program nato ob upoštevanju novega elementa prilagodi površino in omočeni obod mostne odprtine. Privzame, da plavje plava na površju vodne gladine, to je, da je zgornji rob elementa poravnan z višino vodne gladine (Brunner, 2010).

V primeru, ko vodna gladina preseže vrh stebra, se predpostavlja, da se plavje uskladišči pod mostom, kjer se stebler stika s spodnjim delom mostne plošče. Predpostavlja se tudi, da plavje popolnoma ovira pretok in da je plavje fizični del stebra.

Za namen upoštevanja plavja program spremeni geometrijo mostu. Plavje, ki se razteza preko opornika v tla ali se prekriva s plavjem sosednjega stebra, ni upoštevano oziroma je prezrto.



Slika 20: Shema mostnega profila z upoštevanim nakopičenim plavjem v programu HEC-RAS

Ko program izvede račune z upoštevanjem plavja, se na stebru odloženo plavje izriše v prečnem profilu na gorvodni strani mostu (označen z BR U).

2.6 Poplavni scenariji – plavje in visoke vode

Za izhodiščni poplavni scenarij si zamislimo primer, ko nastopi visokovodni dogodek izbrane povratne dobe. Nato lahko upoštevamo premeščanje plavja, ki se začne odlagati na ovirah v vodnem toku (mostni oporniki, prepusti, ožine in drugo). K naloženemu plavju se začnejo odlagati še plavine. Pretočni prerez, ki je zaradi takšnega zamaška zmanjšan, lokalno poveča hitrosti vode, s tem pa se poveča tudi strižna hitrost oziroma lokalna vlečna sila, zato se pojavi lokalna erozija (Steinman, 1999). Ta lahko vodi tudi v zdrs dela brežine v vodotok. Na novo nanošeni material še utrdi pregrado iz zagozdenega plavja in plavin ter poveča zajezev gorvodno. Ko se takšna pregrada poruši, se ustvari dodaten poplavni val, ki je lahko še večji od osnovnega, visokovodnega.

3 PRIPRAVA PODATKOV IN IZDELAVA HIDRAVLIČNEGA MODELA ODSEKA REKE MEŽE

Hidravlično analizo za ugotavljanje vpliva plavja, ki se je naložilo na premostitvi, izdelamo za odsek reke Meže med Tolstim Vrhom in Dravogradom.

Podatke pridobimo iz različnih virov. Potrebujemo podatke o lastnostih obravnavanega območja, kot so velikost območja, raba tal, karakteristični pretoki in padavine. Podatke o izbranem premostitvenem objektu pridobimo na terenskem ogledu. Na terenu tudi preučimo obstoječe stanje plavja, erozije, pokrovnosti območja, stanja gozda in drugo. Za obisk terena pripravimo tudi obrazec, v katerega vnesemo opažanja, potrebna za določitev nevarnosti nastajanja in nabiranja plavja (priloga A).

Poleg podatkov, ki smo jih pridobili, bi bilo treba za boljšo analizo nevarnosti zamašitve s plavjem pridobiti tudi podatke o preteklih poplavnih dogodkih, obnašanju vodotoka in plavja ob poplavih ter o dosedanjih potrebah po čiščenju.

3.1 Značilnosti prispevne površine in vodotoka

Reka Meža skupaj z Mislinjo, Dravinjo s Polskavo, Pesnico in Dravo sestavlja porečje Drave. Hidrografska mreža na tem delu je zelo gosta in znaša 2418 km potokov in rek. Od te dolžine je 559 km ali 23% strug delno ali v celoti urejenih oziroma reguliranih (Kuzmič in Suhadolnik, 2005).

Urejenost in varnost pred poplavami v porečju Drave je mogoče oceniti kot srednjo, saj je kar 80% površin celotnega povodja v tako imenovanem naravnem stanju. Večja poselitvena območja so predvsem zaradi konfiguracije terena, delno pa tudi zaradi regulacijskih posegov, zaščitena pred poplavami, medtem ko manjša naselja in kmetijske površine niso. Pomembnejša območja so varovana pred poplavami le v smislu zmanjševanja njihove pogostosti (Kuzmič in Suhadolnik, 2005).



Slika 21: Topografski posnetek območja reke Meže z Mislinjo, kjer je z modro barvo poudarjena hidrografska mreža (vir: Atlas okolja)

Meža z Mislinjo

Reki s svojim povodjem predstavljata pretežno hudourniški del porečja Drave. V dolinah Meže in Mislinje poplavno področje obsega približno 30 ha urbanih in približno 475 ha ostalih površin. Strugi obeh rek in pritokov sta v naseljih delno regulirani, v povirnem delu pa sta zaradi velikih vzdolžnih padcev dna in hudourniškega značaja pogosto izpostavljeni vodni eroziji (Kuzmič in Suhadolnik, 2005).



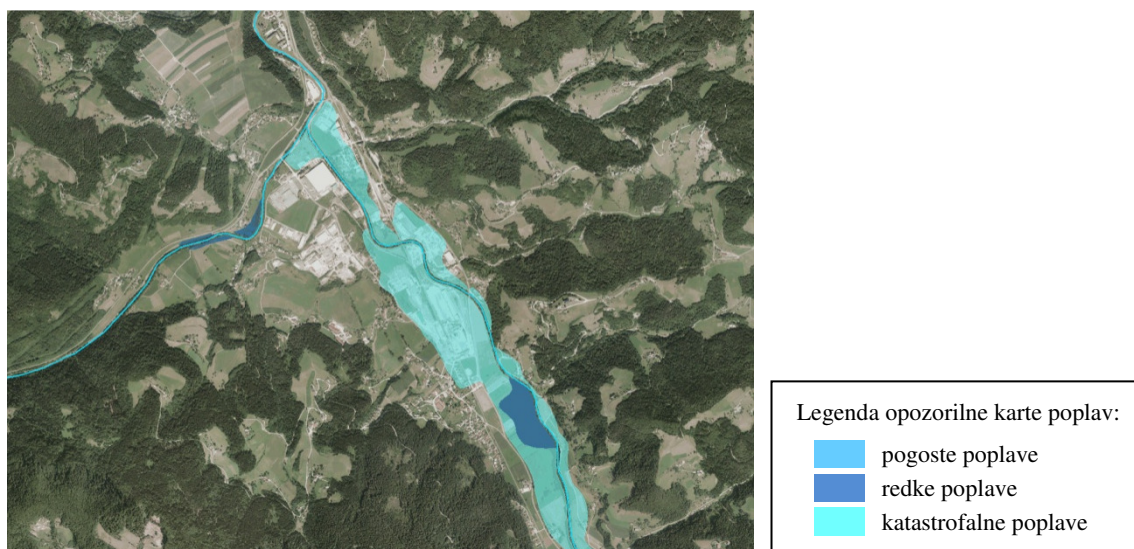
Slika 22: Reki Mislinja v Slovenj Gradcu (levo) in Meža pred Kovtrovim mostom (desno)

Meža je v zgornjem delu toka tipična alpska reka z velikim padcem, ki teče v ozki, soteskasti dolini med gozdnatimi pobočji, poraščenimi pretežno z iglavci. Od Črne naprej se tok umiri, reka začne meandrirati, struga pa se razširi. Kljub temu ostaja dolina vse do Poljane dokaj ozka. Od Raven do Podklanca se dolina zopet zoži. Pri Podklancu priteče Meža na večjo ravnico, ki jo je ustvarila skupaj z Dravo in Mislinjo (Koropedija, 2007). Meža je v 3 km dolgem izlivnem odseku regulirana, nad tem odsekom pa teče po ozki dolini med cesto oziroma železnico na levem bregu in strmim pobočjem na desnem.

Velike težave pri zagotavljanju poplavne varnosti povzročajo številni neustrezni prepusti in premajhni mostovi, velika prodonosnost, neustrezno vzdrževani prodni zadrževalniki in mestoma v naseljih prenizka poplavna varnost strug zaradi naplavin in zarasti. Vegetacija v strugi namreč povečuje koeficient trenja (n_g) in zmanjšuje pretočno sposobnost vodotoka, zaradi česar lahko voda prestopi bregove. Na izlivnem odseku Meže v Dravo se poleg naštetega pojavljajo problemi s poplavno varnostjo, ki je posledica zaježitve Meže ob visokih vodah Drave. Poplave so pogoste predvsem v dolinah, kjer so zgrajene ceste zmanjšale naravni visokovodni profil in prihaja do izrednih erozij in preplavljanja ter odnašanja cest. Pritoki Meže in Mislinje imajo izrazit hudourniški značaj.

Mislinja je pritok Meže in je na 23 km dolgem izlivnem odseku urejena. Struga prevaja visoke vode do Q10. Poplave so pogoste zaradi neurejenosti pritokov, obsežnejše pa so predvsem ob sami Mislinji, predvsem v industrijskih predelih v Pamečah, Otiškem Vrh in Slovenj Gradcu (Kuzmič in Suhadolnik, 2005). Mislinja pri poplavah s povratno dobo med 10 in 20 let poplavi ozek pas kmetijskih površin v Otiškem Vrh in cesto Dravograd – Slovenj Gradec v Otiškem Vrh (Regijski načrt zaščite in reševanja, 2005).

Mislinja se v Mežo izliva približno 200 m pred izbrano premostitvijo.



Slika 23: Opozorilna karta poplav obravnavanega območja (vir: Atlas okolja)

Na sliki 23 so prikazane opozorilne karte poplav. Zgoraj levo teče Meža, ki redko poplavlja v označenem zavoju. Desno pa je reka Mislinja, ob kateri je precejšnje območje katastrofalnih poplav. Poplave se pojavijo tudi na območju sotočja obeh rek.

Pretoki

Podatke o karakterističnih pretokih Meže in Mislinje pridobimo na Agenciji RS za okolje.

Preglednica 3: Pretoki Q10 in Q100 za Mežo in Mislinjo (Vir: ARSO)

Vodotok	Vodomerna postaja	Q10 [m ³ /s]	Q100 [m ³ /s]
Meža	Podklanc	158	215
Meža	Otiški Vrh	246	378
Mislinja	Otiški Vrh	129	206

Padavine

Podatke o padavinah pridobimo iz Atlasa okolja Agencije RS za okolje (Priloga C). Povprečna letna višina merjenih padavin za obdobje 1961 – 1990 znaša v povirjih rek Meže in Mislinje okoli 1400 mm, v ostalem delu povodja pa okoli 1100 – 1200 mm. Padavine v tem delu države veljajo kot manj intenzivne, kljub temu pa nekateri viri (Firm in Hočurščak, 2005) navajajo, da se na območju porečja Drave in njenih pritokov neurja pojavljajo večkrat letno. Izrazito močna so v poletnih mesecih, čeprav so visoke vode pogost pojav tudi spomladi ob hitrem topljenju snega in istočasnem pojavu izrazitejšega deževja.

Pokrovnost tal

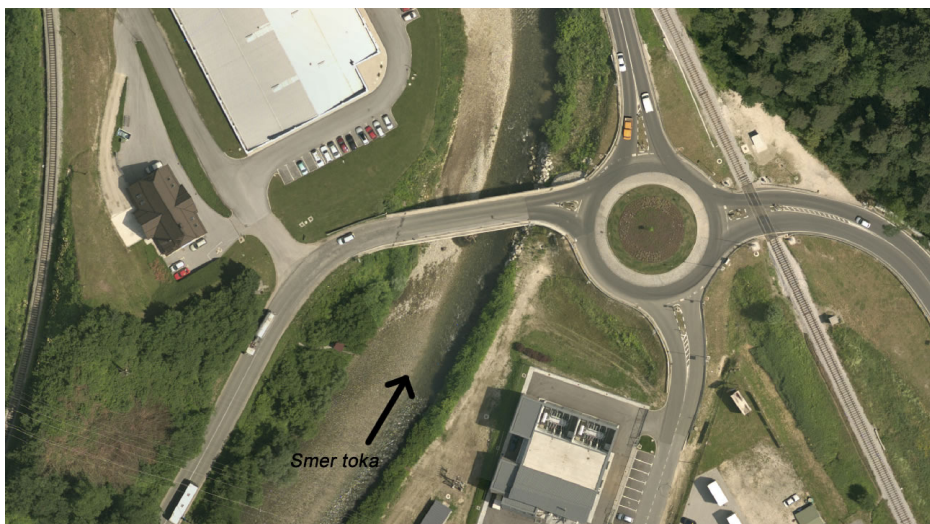
Pokrovnost tal ugotovimo s terenskim ogledom in s pomočjo Atlasa okolja (sloj Corine land cover), Priloga C. Prispevno območje Meže pokrivajo pretežno iglavci, največjih višin 20 – 30 m. Ob strugi pa večinoma rastejo listavci, ki so v povprečju nižji od iglavcev. Na območju sotočja Meže in Mislinje se nahaja industrijska cona. Območje vzdolž Mislinje in Meže za sotočjem je poseljeno.

Struga

Iz topografskih posnetkov je razvidno, da sta strugi Meže in Mislinje vijugajoči, le v spodnjem, reguliranem odseku nekoliko bolj izravnani. Iz ortofoto posnetkov ocenimo širine strug. Širino reke Meže ocenimo na 14 – 15 m, Mislinje pa okoli 10 m. Oba vodotoka imata veliko število premostitev.

3.2 Značilnosti izbranega premostitvenega objekta

Za ilustracijo vpliva plavja v mostnem profilu v obravnavanem območju izberemo premostitveni objekt glavne ceste med Dravogradom in Ravnami na Koroškem. Cesta prečka reko Mežo za sotočjem z Mislinjo.



Slika 24: Kovtrov most čez Mežo v Otiškem Vrhu – situacija

Most je glede na smer toka vode postavljen pod kotom približno 30°, kar je razvidno iz zgornje slike. V strugi ima en masiven steber, ki je stoji v smeri toka vode. Za mostove, ki ležijo pod kotom, manjšim od 30° glede na smer toka vode, te zamaknjenosti pri našem delu ni potrebno upoštevati (Brunner, 2010).



Slika 25: Pogled na Kovtrov most iz dolvodne smeri

Most je armiranobetonski. Prednji del stebra je polkrožno oblikovan, zaradi česar je možnost nabiranja plavja manjša. Razpon med oporniki v brežinah in stebrom je 17 oziroma 19 m. Višina med strugo in spodnjim delom plošče je v nizkovodnih pogojih približno 4 m.

3.3 Terenski ogled

Ugotovitve s terenskega ogleda vpišemo v za to pripravljen obrazec v prilogi A.

Ključne ugotovitve pa so:

- na izbranem mostu in na ostalih objektih so sledi nalaganja plavja,
- odloženo plavje opazimo tudi na brežinah vodotoka,
- večjih posledic erozij v glavnih strugah ni opaziti (regulacije), so pa vidna nagnjena drevesa ob strugi,
- zelo strmih pobočij v bližini Meže je veliko, obstaja možnost zemeljskih plazov,
- na pobočjih prevladuje gost iglasti gozd, ob strugi so listavci,
- ob strugah je ožji pas dreves in grmičevja,
- neprimerno skladiščenega obdelanega lesa nismo opazili,
- strugi preči veliko premostitvenih objektov.

Na terenskem ogledu opazimo tudi naravno oviro v strugi Meže. To je blok pegmatita, imenovan Votla peč, ki se je odlomil od višje ležečih skalnih pobočij in predstavlja naravni most, pod katerim teče Meža. Na bloku, ki je na sliki v prilogi A, so ob nižjem vodostaju sledi nabiranja plavja.

4 HIDRAVLIČNE RAZMERE ZARADI PLAVJA NA IZBRANEM VODOTOKU

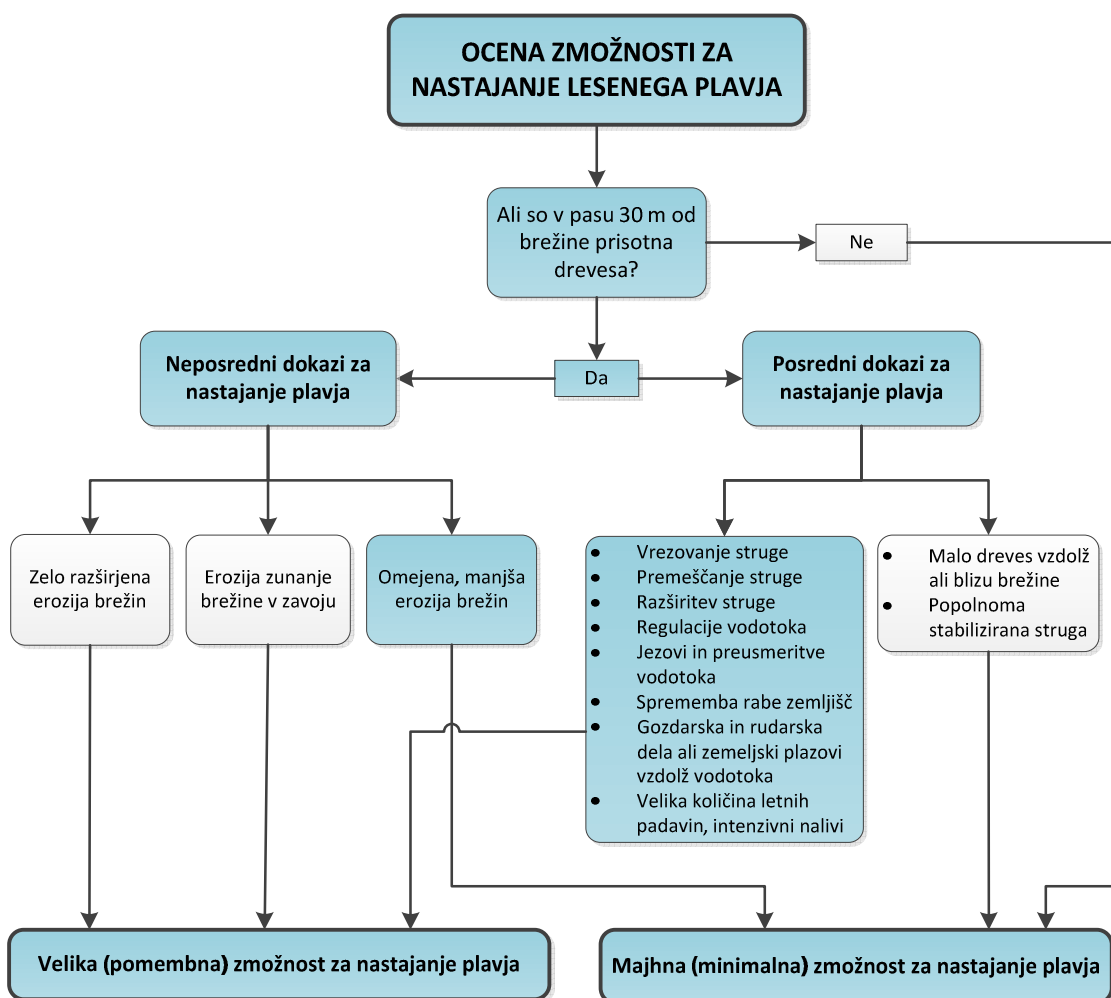
Hidravlične razmere zaradi plavja določimo za odsek reke Meže med Tolstim Vrhom in Dravogradom. Najprej po postopku, opisanem v poglavju 2.4, določimo, ali lahko na izbrani premostitvi pričakujemo, da se bo plavje kopičilo, in kakšne velikosti bo. Nato s programom HEC – RAS izvedemo hidravlične izračune za različne primere in ugotovimo vpliv plavja na pretočnost mostnega profila ter na spreminjanje poplavnih območij.

4.1 Določanje poplavne nevarnosti zaradi zmanjšanja pretočnosti

Iz smernic za določanje zmožnosti za nastajanje, premeščanje in nalaganje plavja, predstavljenih v poglavju 2.4, ocenimo zmožnost nalaganja plavja na izbranem premostitvenem objektu čez reko Mežo. Z barvami označimo pot reševanja diagramov.

4.1.1 Ocena zmožnosti nastajanja plavja

V nalogi 1a uporabimo diagram poteka na sliki 8. Ker imamo ob strugi drevesa, na strmem desnem bregu Meže pa gost iglast gozd, v prvem koraku izberemo DA in preverimo neposredne in posredne dokaze za nastajanje plavja, ki so predstavljeni v poglavju 3.

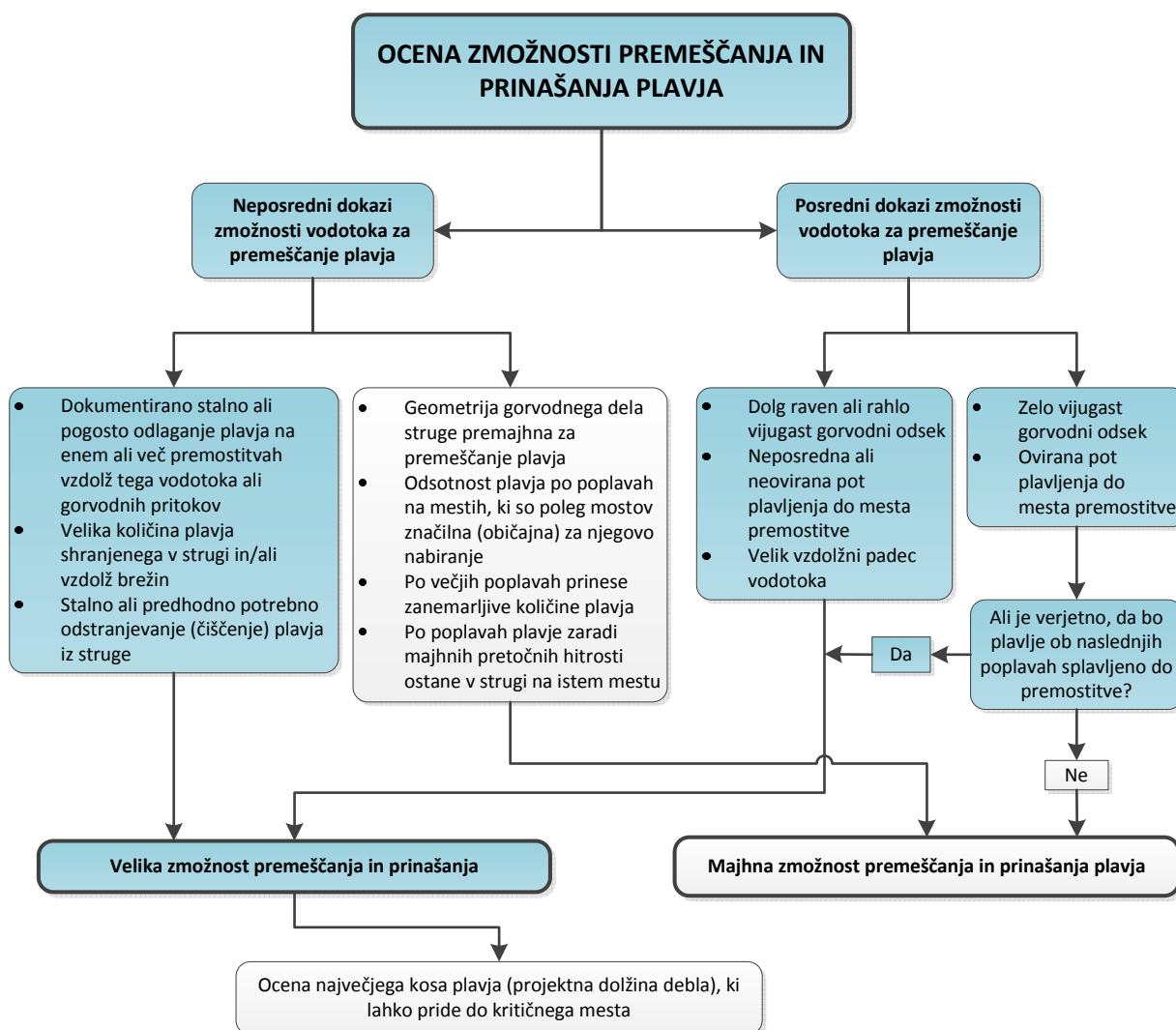


Slika 26: Diagram poteka določanja zmožnosti za nastajanje lesenega plavja v obravnavanem primeru na Meži

Iz diagrama dobimo dve zmožnosti nastajanja plavja; veliko in majhno. Na terenskem ogledu nismo opazili večje erozije brežin osnovne struge, a to še ne pomeni, da je malo razpoložljivega lesenega materiala. V našem primeru glavni vir plavja ni erozija brežin osnovne struge, marveč so to drugi viri, to je hudourniki, plazovi in drugo. Zato vseeno zaključimo, da ima obravnavani vodotok veliko (pomembno) zmožnost za nastajanje lesenega plavja.

4.1.2 Ocena zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja

V nalogi 1b s pomočjo diagrama na sliki 10 in podatkov iz poglavja 3 ocenimo zmožnost vodotoka za premeščanje in prinašanje plavja. Preverimo neposredne in posredne dokaze za premeščanje plavja in neposrednim dokazom pripišemo večjo težo.



Slika 27: Diagram poteka določanja zmožnosti premeščanja in prinašanja plavja v obravnavanem primeru na Meži

Za obe reki, Mežo in Mislinjo, lahko ugotovimo, da je pot plavljenja do premostitve ovirana. Kljub temu pa lahko že iz trenutnega stanja na terenu, ko je na vsaki oviri opaziti odloženo plavje, zaključimo, da ima vodotok veliko zmožnost premeščanja plavja.

4.1.3 Ocena največjega kosa plavja, ki lahko pride do kritičnega mesta

V nalogi 1c ocenimo največji kos plavja, ki ga lahko pričakujemo na mestu premostitve. Iz poglavja 3 vemo, da prispevno območje Meže in povirje Mislinje pokrivajo pretežno iglavci največjih višin 20 – 30 m. Ob strugah pa večinoma rastejo listavci, ki so v povprečju nižji od iglavcev. Širina struge Meže je ocenjena na 14 – 15 m, Mislinje pa na 10 m. Ker iščemo največji kos plavja, predpostavimo, da ga bo prineslo po strugi reke Meže.

Po priporočilih Diehla (1997) torej ocenimo:

- a) širina struge gorvodno od obravnavanega profila: 14 m,
- b) največja dolžina čvrstega debla: 15 m,

$$c) L_d = 9 + \frac{B_{up}}{4} = 9 + \frac{14}{4} = 12,5m$$

Najmanjšo vrednost dobimo z zadnjim pogojem. Projektna (ključna) dolžina debla je torej 12,5 m.

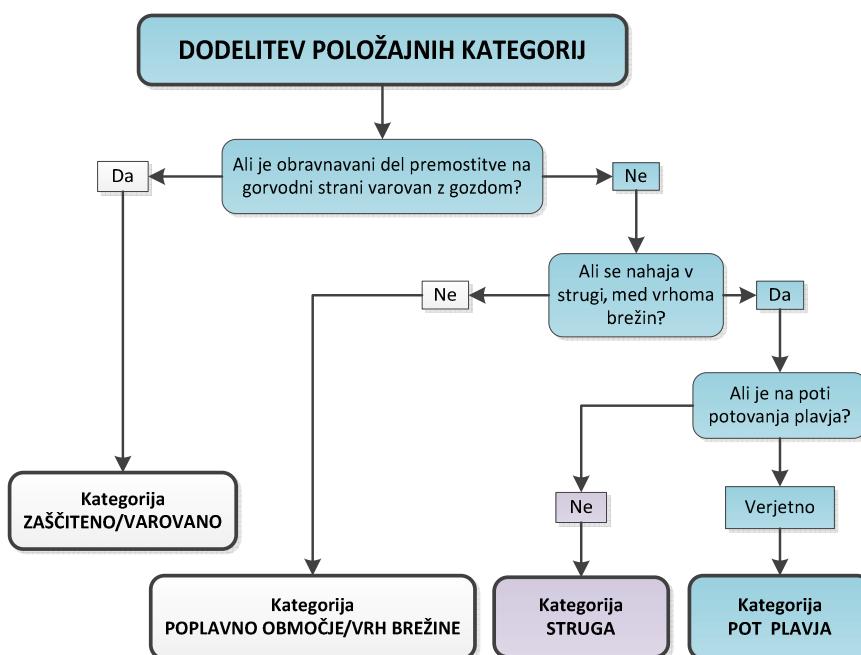
4.1.4 Dodelitev položajnih kategorij za vse dele premostitvenega objekta, na katerih se lahko nakopiči plavje

V nalogi 1d preučimo izbrani premostitveni objekt in ugotovimo, da vključuje naslednje sestavne dele, ki jih s pomočjo diagrama na sliki 14 razporedimo v položajne kategorije.

Preglednica 4: Elementi premostitvenega objekta na Meži in pripadajoče položajne kategorije

Element	Položajna kategorija
Steber	Pot plavja
Odprtina med levim opornikom in stebrom	Struga
Odprtina med stebrom in desnim opornikom	Pot plavja

Obravnavani Kovtrov most sestavljajo en steber in odprtini med stebrom in levim oziroma desnim opornikom.



Slika 28: Razvrstitev delov premostitve v posamezne položajne kategorije

V nizkovodnih pogojih poteka globočnica med stebrom in desnim bregom, kar je razvidno iz slik 24 in 25. Upoštevamo položaj globočnice v visokovodnih pogojih in ugotovimo, da steber leži na njeni poti, kar na diagramu označimo z modro barvo. Odprtina levo od stebra ne leži na poti plavja (vijolična pot), zato ji določimo položaj »struga«, desna odprtina pa, podobno kot steber, spada v kategorijo »pot plavja«.

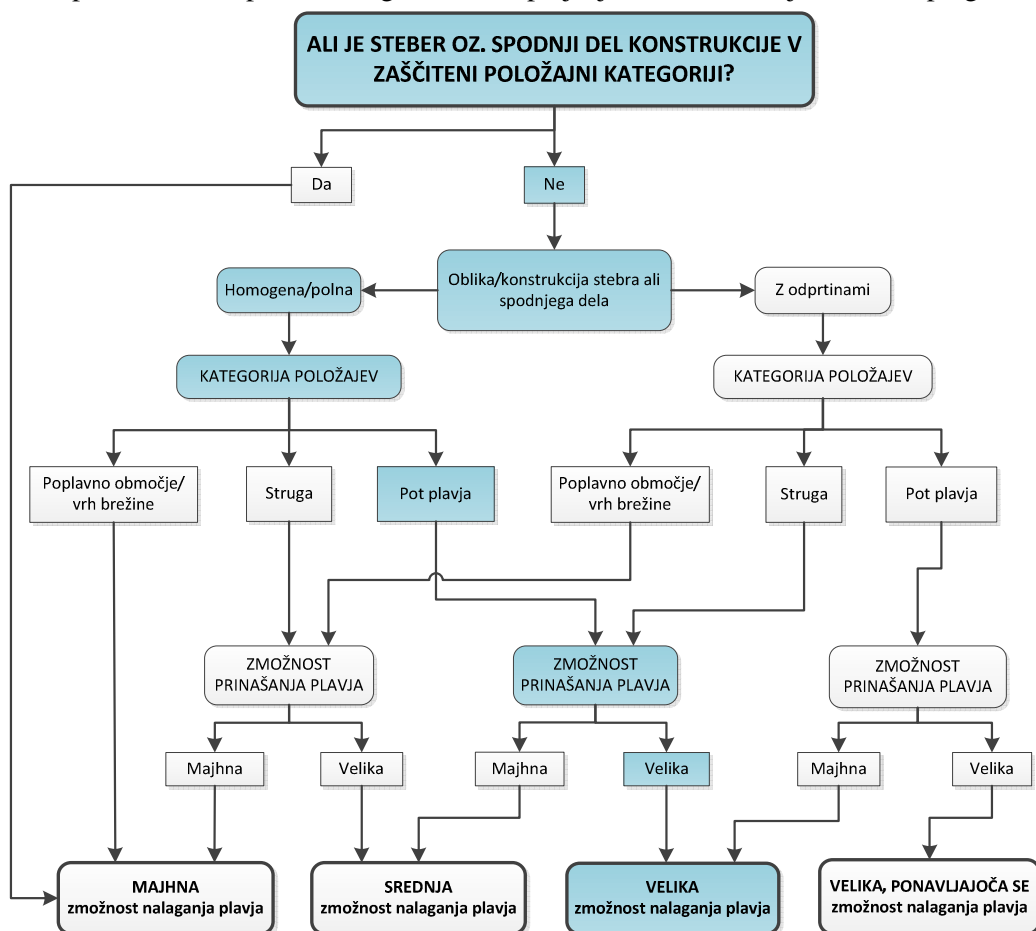
4.1.5 Ugotavljanje značilnosti vseh potopljenih delov mostne konstrukcije in zmožnosti nabiranja plavja

V nalogah 2a in 2b posameznim delom premostitvenega objekta določimo še zmožnost nabiranja plavja. Pripravimo preglednico (preglednica 5), v katero vnesemo vse ugotovitve iz prejšnjih korakov.

Preglednica 5: Določanje zmožnosti nabiranja plavja na posameznem delu mostne konstrukcije

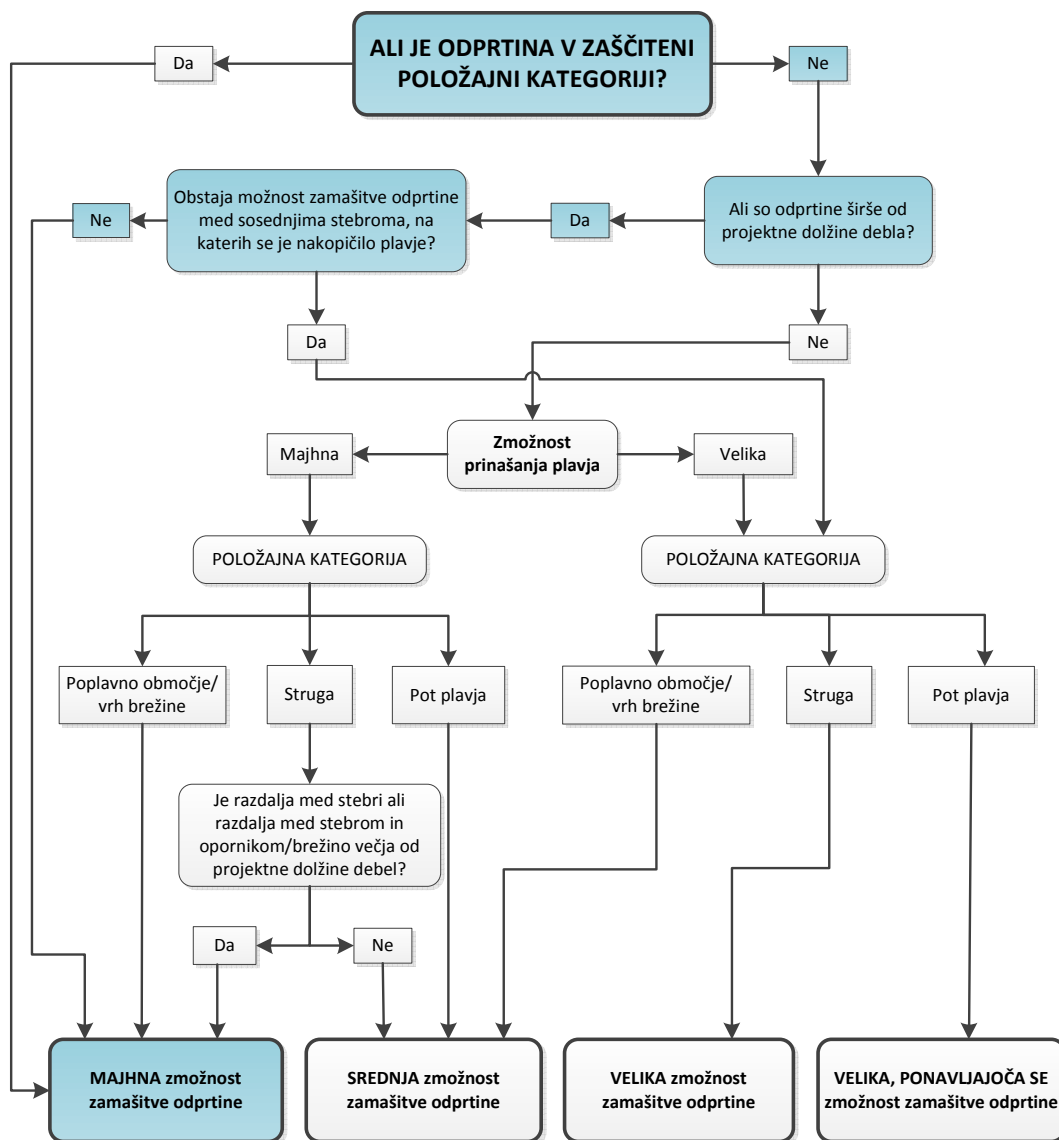
Imamo				Dobimo
Zmožnost nastajanja plavja	Zmožnost premeščanja in prinašanja plavja	Element	Položajna kategorija	Zmožnost kopičenja plavja
Velika	Velika	Steber	Pot plavja	Velika
		Odprtina med levim opornikom in stebrom	Struga	Majhna
		Odprtina med stebrom in desnim opornikom	Pot plavja	Majhna

Modri oblaki na sliki 29 prikazujejo pot določanja zmožnosti nalaganja plavja na edinem stebri obravnavane premostitve. Uporabimo ugotovitve iz prejšnjih točk, ki smo jih vnesli v preglednico 5.



Slika 29: Diagram poteka določanja zmožnosti nalaganja plavja na stebri Kovtrovega mostu

Ugotovimo, da je možnost kopičenja plavja na stebru Kovtrovega mostu v Otiškem Vrhu velika. S pomočjo diagrama na sliki 30 določimo še zmožnost zamašitve svetle odprtine obravnavanega premostitvenega objekta.



Slika 30: Diagram poteka določanja zmožnosti zamašitve odprtin Kovtrovega mostu

Pri stebru je višina odprtine 5 m, to pa je manjše od projektne dolžine debla, ki znaša 12,5 m. Možnost, da se deblo zasuka navpično in zagzdi med dnom in spodnjim robom plošče, obstaja, če je odprtina med vodno gladino in ploščo manjša od projektne širine debla. V našem primeru je ta odprtina pri pretoku s povratno dobo 10 let (Q10) približno 2 m, pri pretoku s povratno dobo 100 let (Q100) pa približno 1 m. V primeru, da do mostne odprtine pride deblo s pritrjeno koreninsko gmoto, lahko v pogojih Q100 izjemoma pričakujemo tudi nalaganje plavja v odprtini.

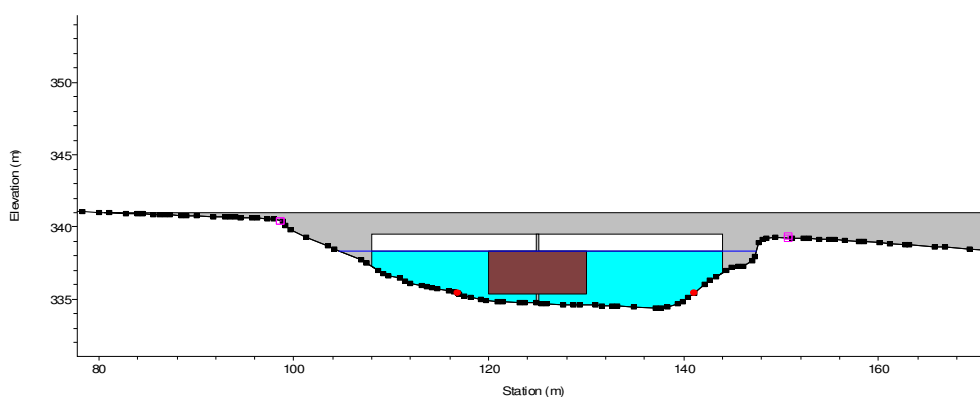
Odprtine so v vodoravni smeri večje od projektne dolžine debla in možnosti zamašitve odprtine zaradi plavja, ki se je nabralo na stebru, ni, zato je končna zmožnost zamašitve odprtin majhna.

4.1.6 Določitev končne zmožnosti kopičenja plavja na obravnavanem premostitvenem objektu

V prikazanem postopku ugotovimo, da je zmožnost nastajanja plavja v reki Meži velika. Zaradi ovir v strugi in ozke struge pa je njegova sposobnost premeščanja nekoliko manjša. Razponi med nepremičnimi elementi mostu so dovolj veliki, da ne povzročajo zamašitev. Pričakujemo lahko, da se bo plavje naložilo na edinem stebru premostitve. Po metodologiji Diehla (1997) je skupna zmožnost kopičenja plavja na izbranem premostitvenem objektu čez reko Mežo v Otiškem Vrhu velika.

4.1.7 Ocena velikosti naloženega plavja – scenariji zmanjšane pretočnosti

Iz geometrije struge in pričakovanih ključnih dimenzij debel ocenimo, da se bo plavje naložilo v velikosti 5,5 x 2 m pri pretoku s povratno dobo 10 let, pri večjem pretoku, to je s povratno dobo 100 let, pa pričakujemo nekoliko večje dimenzije (6,5 x 2,2 m). Preverimo tudi bolj neugoden, a še vedno možen scenarij: plavje se nakopiči v širino 10 m in po skoraj celotni globini toka (3 m).



Slika 31: Skica mostu z naloženim plavjem največjih dimenzij (10 x 3 m)

Za natančnejšo opredelitev izbire pa bi potrebovali arhivske informacije o do sedaj prisotnih kosih lesenega plavja. V nadaljnjem računu v HEC-RASu privzamemo pravokotno obliko na stebru naloženega lesenega materiala.

4.1.8 Računski primeri – analiza scenarijev

Račune izvedemo za dva različna poplavna dogodka. V prvem upoštevamo pretoke z verjetnostjo pojava 0,10, to je pretoke s povratno dobo 10 let, in jih označimo s Q10. V tem poplavnem dogodku preverimo pretočnost mostnega profila za dva primera. Najprej izvedemo osnovni račun za pretok s povratno dobo 10 let in v njem ne upoštevamo vpliva plavja (na stebru ni naloženega plavja). Nato izvedemo še primerjalni račun, v katerem upoštevamo, da se bo na stebru naložilo plavje velikosti 5,5 x 2 m.

V drugem poplavnem dogodku upoštevamo pretoke z verjetnostjo pojava 0,01 oziroma s povratno dobo 100 let in jih označimo s Q100. V tem poplavnem dogodku pa preverimo pretočnost mostnega profila za tri primere. Najprej izvedemo osnovni račun za pretok s povratno dobo 100 let, v katerem plavja ne upoštevamo. Nato izvedemo še primerjalna računa. V prvem upoštevamo, da se bo plavje na stebru naložilo v velikosti 6,5 x 2,2 m, v drugem pa predpostavimo večje dimenzije kupa, in sicer 10 x 3 m. Redkejši dogodki in večji pretoki namreč povzročijo večje količine plavja. Vse primere, za katere izvedemo račune, uredimo v preglednico 6.

Preglednica 6: Poplavni dogodki in primeri upoštevanja plavja, za katere izvedemo izračune s programom HEC-RAS

Pretok	Primer	Upoštevanje plavja (velikosti)		
		P0	P1	P2
Q10		ne	5,5 x 2 m	/
Q100		ne	6,5 x 2,2 m	10 x 3 m

S programom HEC-RAS torej izvedemo pet računov. Zaradi večje preglednosti pri urejanju podatkov in rezultatov uvedemo nove oznake za posamezne računske primere. Prikazane so v preglednici 7.

Preglednica 7: Poimenovanje posameznih računskih primerov (scenarijev)

Pretok	Primer		
	P0	P1	P2
Q10	P0_Q10	P1_Q10	/
Q100	P0_Q100	P1_Q100	P2_Q100

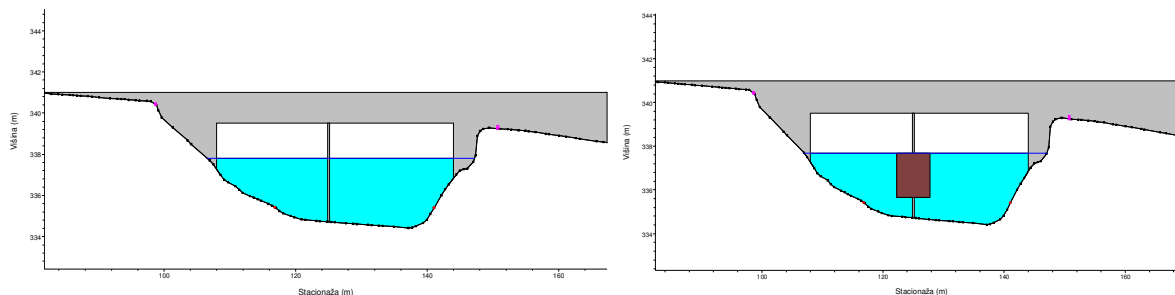
Računske primere sestavimo tako, da na primer izberemo pretok s povratno dobo 100 let (Q100) in plavje velikosti 6,5 x 2,2 m (P1). To kombinacijo označimo P1_Q100. Podobno sestavimo oznake tudi za ostale kombinacije.

4.2 Vpliv plavja na pretočnost mostnega profila

Vpliv na pretočnost posameznega profila opišemo s spremembo pretoka (ΔQ) in spremembo gladine na tem mestu. Vpliv na pretočnost zaradi plavja v mostnem profilu preverimo pri dveh karakterističnih pretokih (Q10 in Q100) ter za dva oziroma tri obtežne primere (P0, P1, P2).

4.2.1 Pretočnost mostnega profila pri pretoku Q10 in vpliv plavja

Hidravlični izračun izvedemo za pretok s povratno dobo 10 let (Q10) za primer, ko v mostnem profilu ni plavja (P0) in za primer, ko se na stebri nakopiči plavje velikosti 5,5 x 2 m (P1).



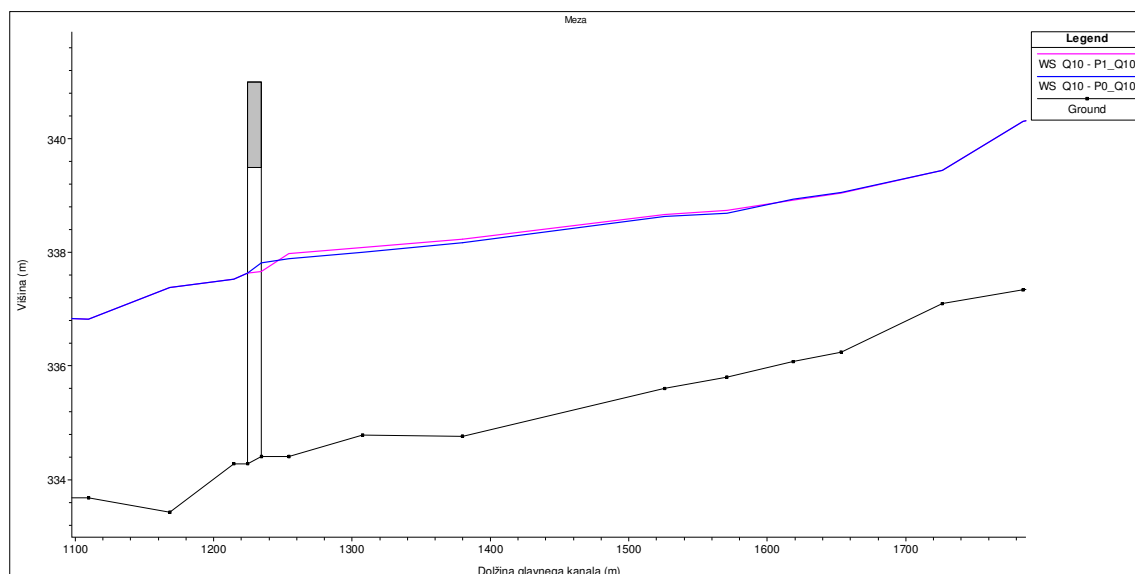
Slika 32: Primerjava mostnega profila; brez plavja (levo) in z nakopičenim plavjem na stebri (desno)

V preglednici 8 primerjamo vpliv nakopičenega plavja na spremembo vodostaja in povečano širino gladine vode. Rezultate prikažemo za pet profilov v bližini mostu, kjer so spremembe največje.

Preglednica 8: Izračuni s programom HEC-RAS za primer pretoka Q10

Vodotok	Sacionaža [m]	Primer	Vodostaj [m n.v.]	Δh^1 [m]	Širina gladine [m]
Meža	1319	P0_Q10	338.01	0.07	39.9
		P1_Q10	338.08		40.33
Meža	1266	P0_Q10	337.89	0.09	41.04
		P1_Q10	337.98		41.44
Meža	1240 BR U ²	P0_Q10	337.81	0.14	35.7
		P1_Q10	337.67		30.5
Meža	1240 BR D	P0_Q10	337.64	0	35.7
		P1_Q10	337.64		35.7
Meža	1226	P0_Q10	337.53	0	38.22
		P1_Q10	337.53		38.22

Slika 33 prikazuje vodno gladino na odseku reke Meže, izračunano za dva obtežna primerja (preglednica 6). Na abscisni osi je prikazana vzdolžna razdalja odseka (stacionaža), na ordinatni osi pa absolutna nadmorska višina. Prečni profili in njihove stacionaže so prikazani v prilogi E.



Slika 33: Vzdolžni prerez reke Meže, na katerem se vidi zajezev gorvodno od mostu zaradi nakopičenega plavja

Na zgornji sliki je prikazana razlika vodne gladine v obeh primerih. V skladu s pričakovanji je vodna gladina v območju gorvodno od mostu v primeru, ko plavje upoštevamo, višja. Ugotovimo, da se vodostaj gorvodno od mostnega profila zviša za največ 9 cm. Tudi primerjava hitrosti skozi mostni profil pokaže, da se, kot smo domnevali, hitrost vode v primeru upoštevanja plavja poveča. Vpliv plavja na premostitvi sega do prečnega profila 1797 na reki Meži in do profila 462 na reki Mislinji. V smeri dolvodno od mostu pa plavje ne vpliva na pretočnost.

¹ Sprememba višine vodne gladine.

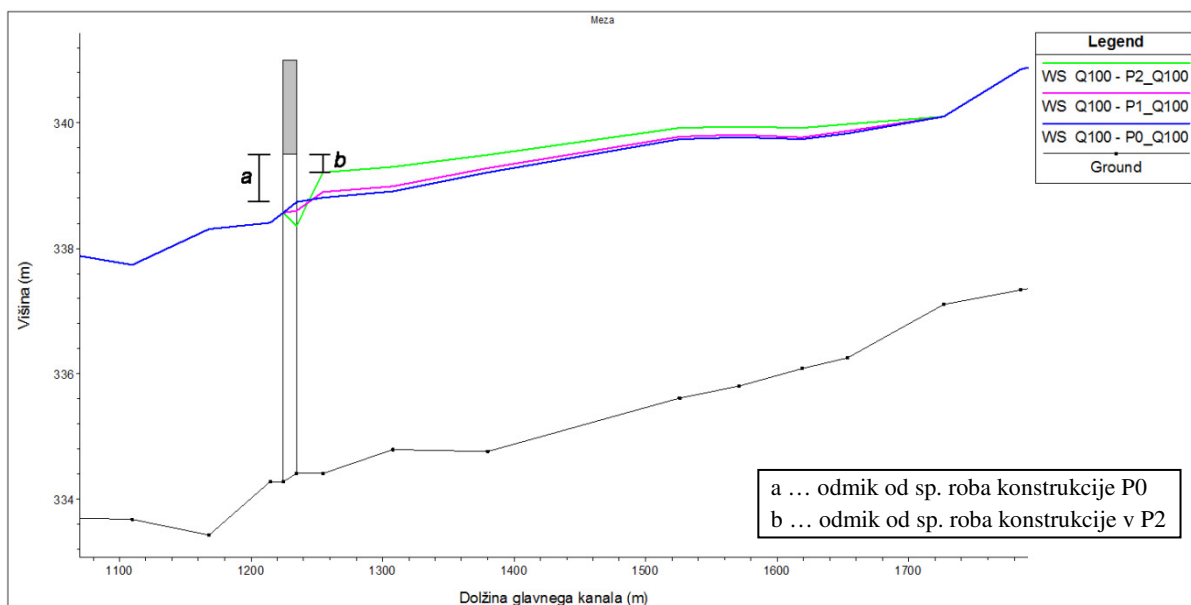
² BR je oznaka profila, na katerem je premostitev; U pomeni gorvodno stran premostitve, D pa dolvodno stran.

4.2.2 Pretočnost mostnega profila pri pretoku Q100 in vpliv plavja

V analizi pretočnosti mostnega profila za pretoke s povratno dobo 100 let (Q100) izvedemo izračune za tri različne primere. Prvi je izhodiščni, ko v profilu ni plavja (P0), v naslednjem upoštevamo zmerno količino plavja (6,5 x 2 m), v zadnjem pa predpostavimo, da se je na stebru naložila večja količina plavja (10 x 3 m). Rezultate analize prikazemo v prilogi F.

V primeru večjih pretokov in večjih dimenzij plavja so tudi razlike v vodostajih v posameznih zgoraj opisanih primerih večje. Tako dobimo v primeru pretokov Q100 in upoštevanja plavja P1 spremembo višine vode zelo podobno primeru iz točke 4.2.1, to je do približno 10 cm. Ko pa povečamo količino plavja, se višina vode spremeni tudi do 40 cm. Temu primerno se poveča tudi širina vodne gladine. Številčni rezultati so prikazani v preglednici v prilogi F.

Na sliki 34 prikazemo le vzdolžni prerez odseka reke Meže, na katerem je v višini vodne gladine zaznati vpliv plavja. Na abscisni osi je prikazana vzdolžna razdalja odseka (stacionaža), na ordinatni osi pa absolutna nadmorska višina. Zgornja, zelena črta predstavlja zajezeitev, ki jo povzroča v mostnem profilu naloženo plavje velikosti 10 x 3 m. Modra črta pa predstavlja izhodiščni primer, ko na mostu ni plavja.



Slika 34: Vzdolžni profil odseka reke Meže, v katerem je zaznati razlike v vodni gladini

Odprtina med vodno gladino in spodnjim robom konstrukcije (oznaki a in b na sliki 34) je v primeru brez plavja $a = 0,76$ m in v primeru z večjo količino plavja $b = 0,30$ m. Plavje torej zmanjša odmik in precej poveča nevarnost vertikalne zamašitve. Tudi ta primer bi bilo potrebno dodati k poplavnim scenarijem z upoštevanju vpliva plavja.

Vpliv plavja na povečanje vodne gladine sega na reki Meži do prečnega profila 1738, to je na odseku dolžine 500 m gorvodno od mostnega profila. Na Mislinji pa se vpliv zajezitve v primeru P1 pozna do profila 356, v primeru P2 pa celo do profila 1162, to je na odseku dolžine 356 m oziroma 1162 m od sotočja z Mežo. V smeri dolvodno od mostu pa plavje na pretočnost ne vpliva.

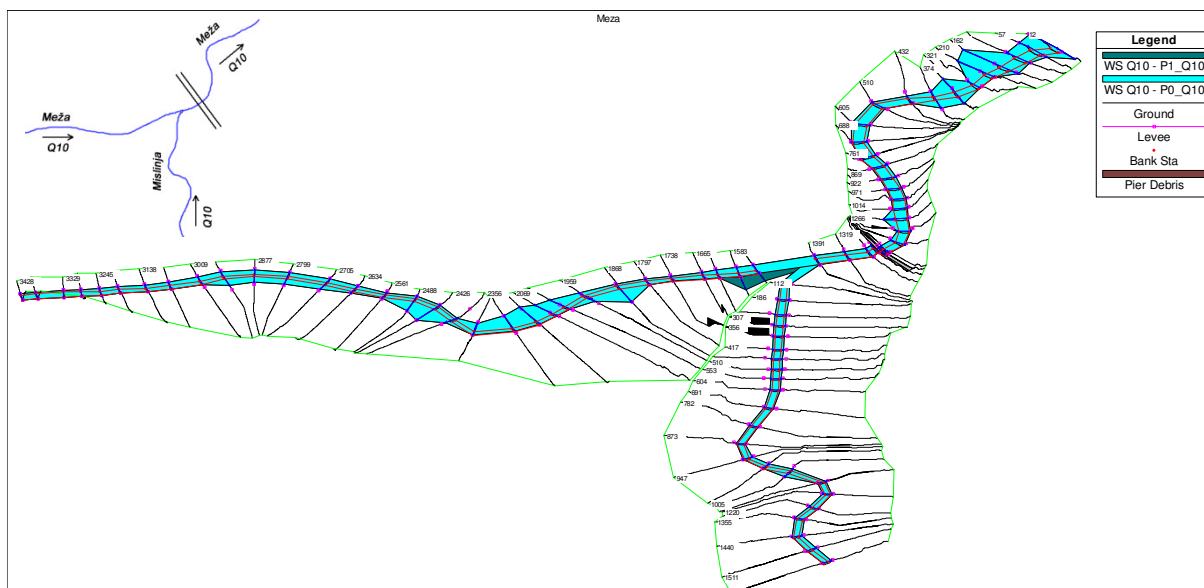
4.3 Spreminjanje poplavnih območij zaradi naloženega plavja na premostitvi

Pomemben del analize vpliva plavja pri premostitvah je tudi obravnava poplavnih območij. Podobno kot pri pretočnosti mostnega profila tudi tukaj primerjamo rezultate pri dveh karakterističnih pretokih (Q10 in Q100) ter za dva oziroma tri obtežne primere (P0, P1, P2). Posamezne računske kombinacije so podrobneje opisane v točki 4.1.8. Rezultate prikažemo v preglednicah, prečnih prerezih in pogledih, iz katerih lahko približno ocenimo, kje reki prestopita bregove. Natančnejše rezultate pa bi dobili z 2D hidravličnim modelom.

4.3.1 Poplavno območje pri pretoku Q10 s plavjem in brez njega

Hidravlični izračun izvedemo za pretok s povratno dobo 10 let (Q10) za primer, ko v mostnem profilu ni plavja (P0) in za primer, ko se na stebru nakopiči plavje velikosti 5,5 x 2 m (P1).

V prečnem profilu na stacionaži 1226 m se višina vode poveča za 9 cm (preglednica 8). V dani geometriji 9 cm višja vodna gladina pomeni za 40 cm večji obseg poplav (večjo širino vodne gladine v tem profilu). Slika 35 prikazuje rezultate hidravličnega izračuna za pretok s povratno dobo 10 let (Q10) za primer, ko v mostnem profilu ni plavja (P0) in za primer, ko se na stebru nakopiči plavje velikost 5,5 x 2 m (P1). Z rdečo črto je prikazan potek strug vodotokov.



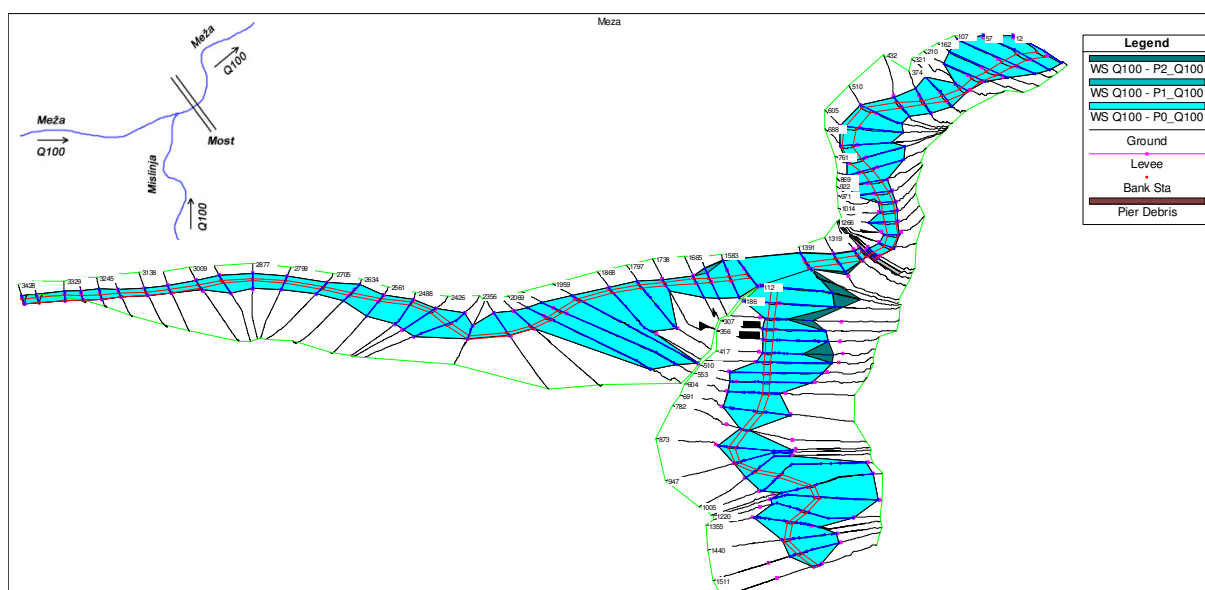
Slika 35: Prikaz poplavnega območja pri pretokih Q10 za primer brez plavja (modra barva) in za primer, ko plavje upoštevamo (zelena barva)

Na zgornji sliki vidimo, da je večji vpliv zaježitve, ki jo povzroči upoštevanje plavja, zaznani šele na desni poplavni ravnicini na odseku reke Meže tik gorvodno od sotočja z Mislinjo. Na levem bregu večjih območij razlivanja ne pričakujemo, saj se teren hitro dvigne. Primer takšnega prečnega profila na reki Meži je v prilogi E. V neposredni bližini mostu in na Mislinji kljub položnejšemu terenu večjega razlivanja ne opazimo. Na območje dolvodno od mostu pa v mostnem profilu nabrano plavje nima vpliva. Podrobnejši pogled na območje ob premostitvi in sotočju je prikazan v prilogi E.

4.3.2 Poplavno območje pri pretoku Q100 s plavjem in brez njega

Slika 36 prikazuje rezultate hidravličnega izračuna za pretoke s povratno dobo 100 let (Q100) za tri različne primere. Najprej za osnovnega, ko v profilu ni plavja (P0), v naslednjem upoštevamo zmerno količino plavja (6,5 x 2 m), v zadnjem pa predpostavimo, da se je na stebru naložila večja količina plavja (10 x 3 m). Z rdečo črto je prikazan potek strug obeh vodotokov.

V skladu s pričakovanji na sliki 36 vidimo večji obseg poplav. Ko vpliv plavja vključimo v izračune, so tudi razlike v obsegu poplav večje. Meža in Mislinja se bistveno bolj razlijeta po poplavni ravnici, ki sta jo ustvarili v bližini sotočja. Na tem področju razlivanje ovira industrijska cona, ki je v prečnih profilih na sliki 36 delno prikazana s črno barvo.



Slika 36: Prikaz poplavnega območja pri pretokih Q100 za tri različne primere upoštevanja plavja

Območje levo od struge Meže se hitreje vzpenja in zato Meži nudi manjše možnosti razlivanja. Primer prečnega profila Meže je v prilogi F. Na območje dolvodno od mostu pa v mostnem profilu nabrano plavje nima vpliva. Podrobnejši pogled na območje ob premostitvi in sotočju je prikazan v prilogi F.

4.4 Sinteza

Na podlagi dobljenih rezultatov ugotovimo, da se posledice nabranega plavja pri izbranem premostitvenem objektu na reki Meži razlikujejo glede na predpostavljeno velikost nakopičenega plavja.

Ko pri pretokih s povratno dobo 10 let na premostitvi upoštevamo plavje (P1), ugotovimo, da se gorvodno od mostu ustvari manjša zaježitev, in sicer do višine 9 cm. Na območju zaježitve se hitrosti zmanjšajo, saj se pri istem pretoku nekoliko poveča prerez. Nasprotno pa se v mostnem profilu hitrosti povečajo, saj se tam zaradi nakopičenega plavja zmanjša pretočni prerez. Pri primerjavi obsega poplav pa v obeh primerih, ko plavja ni (P0) in ko ga upoštevamo (P1), ne pride do velikih razlik. Nekaj več razlivanja opazimo le na desnem bregu Meže med sotočjem z Mislinjo in prečnim profilom 1631.

Podobno primerjamo rezultate pri stoletnih visokih vodah, in sicer za situacije, ko plavja ne upoštevamo (P0), kadar imamo manjše količine plavja (P1) in tudi za večje količine plavja (P2), ki se

nakopičijo na steber. Ugotovimo, da zajezev na Meži v obeh primerih upoštevanja plavja (P1 in P2) sega do profila 1738. Manjša količina plavja (P1) v mostnem profilu pri stoletnih visokih vodah povzroči minimalno zvišanje gladine, zelo podobno kot plavje, ki smo ga upoštevali pri računu desetletnih visokih vod. Primer P1 tudi ne kaže bistvenega odstopanja v višini vodne gladine od osnovnega primera, torej kadar na mostu ni plavja (P0). Nasprotno pa večja količina plavja (P2) v računu pri Q100 poveča razliko v vodostaju tudi do štiri krat. Takšno stanje pa kaže, da bi se lahko pojavila tudi vertikalna zamašitev. Za podrobnejšo analizo razmer bi tako morali dodati še ta poplavni scenarij.

Podobno je tudi pri obsegu poplav. Med primeri, ko plavja ne upoštevamo (P0) in ko predpostavimo manjšo količino (P1), skoraj ni opaznih razlik v obsegu poplav. Razlike pa nastanejo, ko v mostnem profilu upoštevamo večjo količino nakopičenega plavja (P2). Te razlike so opazne predvsem na desnem bregu Mislinje.

V vseh obravnavanih primerih ugotavljamo, da Meža na levem bregu zaradi bolj strmega terena le redko prestopi bregove. V mostnem profilu naloženo plavje tudi ne vpliva na hidravlične razmere dolvodno od premostitve.

5 ZAKLJUČKI

V diplomski nalogi smo predstavili smernice, s katerimi si pomagamo pri ugotavljanju poplavne nevarnosti, ki nastanejo zaradi zmanjšanja pretočnosti mostnega profila, in prikazali njihovo uporabo. Predstavljene smernice nas vodijo skozi postopke določanja zmožnosti za nastajanje lesenega plavja, zmožnosti vodotoka za premeščanje in prinašanje lesa do kritičnega profila, kjer se nahaja premostitev. Za posamezne dele premostitve določimo zmožnost prestrezanja plavajočega materiala. Nazadnje še določimo, v kakšnem obsegu lahko pričakujemo, da se bo nakopičilo plavje v obravnavanem primeru. Za lažje zbiranje potrebnih podatkov na terenu smo uporabili tudi obrazec za terenski ogled. Ko imamo podatke o pričakovanem mestu kopičenja plavja in njegovi velikosti, lahko za posamezen primer premostitve ocenimo nevarnosti, ki jih takšno plavje povzroča. V nalogi smo nato še preverili, kako v mostnem profilu nabrano plavje vpliva na hidravlične razmere ob premostitvi na izbranem odseku Meže in Mislinje pri Otiškem Vrhu.

Okvirni rezultati kažejo, da na hidravlične razmere pomembno vpliva izbrana velikost kupa plavja. Šele dovolj velik kup plavja v mostnem profilu opazno poveča obseg poplav. Zaradi različnih lastnosti posameznih obravnavanih območij in premostitev, ki pomembno vplivajo na obravnavo vpliva plavja, je potrebno preučiti vsak primer območja in premostitve posebej.

Ugotovili smo, da je predstavljena metoda za določanje nevarnosti zamašitve pregledna in enostavna za uporabo. Za boljšo uporabnost teh smernic v našem prostoru pa bi jih morali nekoliko prilagoditi. V praktičnem primeru se je izkazalo, da upoštevanje erozije kot glavnega vira plavja v vodotokih, kot je to navedeno v smernicah, ni zadostno. Upoštevati bi bilo treba tudi ostale vire in dejavnike, ki vplivajo na nastajanje in vnos plavja (hudourniki, plazovi, stanje gozda in drugo). Poleg tega bi bilo smotno v nalogah 1a in 1b dodati še srednjo vrednost zmožnosti nastanjanja in premeščanja plavja.

5.1 Vpliv plavja na premostitvah in pomen upoštevanja plavja

Na premostitvenem objektu se lahko plavje naloži na posameznem stebri ali na več stebrih, lahko pa se razteza preko mostne odprtine. Lahko se zavzema celotno globino toka, ali pa se naloži v obliki splava. Ko se nakopiči na premostitvenem objektu, predstavlja motnjo v toku, zato se gorvodno od premostitve pojavi zajezev. Ta lahko povzroči preusmeritev poplavnih tokov, zaradi česar se še poveča obseg poplav. Nakopičeno plavje zmanjša pretočni prerez mostnega profila, posledica tega pa je, da se hitrosti vode skozi mostno odprtino povečajo. S tem se spremenijo razmere v toku in lahko se pojavi lokalna erozija (Steinman, 1999).

Poleg tega plavje povzroča dodatno obtežbo na mostno konstrukcijo tudi s povečanjem upora toku vode in neposrednimi udarci ob premostitev. Poglobljanje tolmunov ob mostnih opornikih, ki nastanejo zaradi lokalno povečanih hitrosti vode, in dodatna obtežba konstrukcije lahko povzročita, da se most tudi poruši.



Slika 37: Porušena premostitev v srednjem toku Davščice (foto: Mikoš, 22. 9. 2007)

Pomembno je, da upoštevamo tudi vplive plavja, ki se je nakopičilo na premostitvenem objektu, na visokovodne razmere. Tako lahko že v fazi načrtovanja objekta zmanjšamo število ovir (na primer stebrov) v vodnem toku in povečamo svetle odprtine ter s tem zmanjšamo zmožnost, da bi se na takem objektu sploh lahko naložilo plavje večjih dimenzij. Upoštevamo tudi nevarnost povečane lokalne erozije ob mostnih opornikih in jih ustrezno temeljimo. V primeru pričakovanih večjih zajezev pa uredimo primerne protipoplavne nasipe ali pa poskrbimo za njihovo nadvišanje.

5.2 Rezultati analize na Meži

S pomočjo smernic za določanje zmožnosti nastajanja, premeščanja in nalaganja plavja, ki so predstavljene v točki 2.4, smo ugotovili, da za obravnavani odsek obstajata veliki zmožnosti nastajanja in premeščanja plavja. Veliko zmožnost kopičenja plavja ima edini podporni steber premostitve, odprtine med stebrom in opornikoma pa imata majhno zmožnost kopičenja plavja. Pričakovane velikosti nakopičenega plavja so 5,5 x 2 m za primer desetletnih visokih voda in 6,5 x 2,2 m ter 10 x 3 m za stoletne visoke vode.

Rezultati hidravlične analize na izbranem odseku reke Meže so pokazali, da se vpliv plavja na pretočnost in obseg poplav pozna šele v primeru, ko predpostavimo dovolj velike dimenzije kupa plavja (12 x 3 m). Plavje na premostitvi povzroči zajezitev gorvodno od mostu. Največja razlika v višini vodne gladine znaša 40 cm. Pri tem se poplavljeni območja nekoliko povečajo, predvsem se reki nekoliko več razlijeta na desnih bregovih. Reki še vedno poplavljata v obsegu katastrofalnih poplav (slika 23). Hidravlična analiza tudi pokaže, da se v primeru dovolj velikega kupa plavja v mostnem profilu pojavi nevarnost vertikalne zamašitve svetle odprtine.

Vsi rezultati hidravličnega izračuna so zgolj informativne narave, saj bi za natančnejšo analizo pojava in izdelavo kart poplavne nevarnosti potrebovali natančnejše vhodne podatke ter skrbno umerjanje hidravličnega modela.

S podatki, ki jih pridobimo po opisanem postopku, se lahko lotimo nadaljnje obravnave vpliva plavja. Ta vključuje obravnavo erozije dna in brežin ter nastajanja tolmunov ob mostnih opornikih, dodatne obtežbe na mostno konstrukcijo in ukrepov za zmanjševanje količine plavljenega materiala.

Viri

Uporabljeni viri

- Barthelmeß, A. J., Rigby, E. H. 2011. Estimating Culvert & Bridge Blockages – A simplified Procedure. 34th IAHR World Congress – Balance and Uncertainty, Brisbane, Australia, 26 June – 1 July 2011: p. 39–47.
- Bradley, J.B., Richards, D.L., Bahner, C.D. 2005. Debris Control Structures - Evaluation and Countermeasures: Hydraulic Engineering Circular No. 9: Third Edition. Washington D.C., Office of Bridge Technology, FHWA in Arlington, Virginia, National Highway Institute: 179 str.
http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library_arc.cfm?pub_number=9&id=23 (pridobljeno 23. 2. 2011).
- Brunner, G. W. 2010. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual, Version 4.1. Davis, CA, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center: 411 str.
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-download.html> (pridobljeno 25. 7. 2011).
- Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M. A., Mao, L. 2006. Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology* 78, 1–2: 44–63.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X06000286> (pridobljeno 10. 5. 2011).
- Diehl, T.H., 1997. Potential Drift Accumulation at Bridges. Report No. FHWA-RD-97-028. Washington, D.C., FHWA, U.S. Department of Transportation: 114 str.
<http://tn.water.usgs.gov/pubs/FHWA-RD-97-028/drfront1.htm> (pridobljeno 2. 3. 2011).
- Firm, V., Hočurščak, M. 2005. Vzroki in posledice neurij v občinah Slovenska Bistrica in Selnica ob Dravi, poleti 2005.V: 16. Mišičev vodarski dan 2005, Maribor, 9. december 2005: 8 str.
<http://mvd20.com/LETO2005/R10.pdf> (pridobljeno 10. 5. 2011).
- Kuzmič, R., Suhadolnik, A., 2005. Urejanje voda kot varstvo pred poplavami.V: 16. Mišičev vodarski dan 2005, Maribor, 9. december 2005: 7 str.
<http://mvd20.com/LETO2005/R9.pdf> (pridobljeno 10. 8. 2011).
- Lagasse P. F., Clopper, P. E., Zevenbergen, L. W., Spitz W. J., Girard, L. G. 2010. Effects of Debris on Bridge Pier Scour. Washington, D.C., American Association of State Highway and Transportation Officials: 115 str.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_653.pdf (pridobljeno 5. 4. 2011).
- Mazzorana, B. 2009. Woody debris recruitment prediction methods and transport analysis. PhD Thesis. Vienna, University of natural resources and applied life sciences, Institute of mountain risk engineering: 189 f.
https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/oe_list.php?paID=3&paSID=7450&paSF=-1&paCF=0&paLIST=0&language_id=DE (pridobljeno 4. 5. 2011).
- Meze, D. 1991. Ujma 1990 v Gornji Savinjski dolini, med Lučami in Mozirsko kotlinico. *Ujma* 5, 39–47.
- Mikoš, M., Krajnc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. *Acta hydrotechnica* 20, 32.
<http://www.ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/acta/> (pridobljeno 20. 6. 2010).

Mlačnik, J. 2000. Lovljenje in zadrževanje plavljenega lesa na hudournikih. V: 11. Mišičev vodarski dan 2000, Maribor, 8. december 2000: 8 str.

<http://mvd20.com/LETO2000/R24.pdf> (pridobljeno 13. 2. 2011).

Papež, J. 2011. Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov. Magistrsko delo. Ljubljana, UL BF: 180 str.

Papež, J., Steinman, F., Krč J. 2011. Vloga in pomen nemih prič erozijskih in hudourniških procesov pri načrtovanju, izvedbi in kontroli gozdarskih del. V: Krč, J. (ur.). Zbornik razširjenih povzetkov. XXVIII. Gozdarski študijski dnevi »Odzivi gozdne tehnike in gozdarstva na spremenjene razmere gospodarjenja«, Ljubljana, 13. do 14. april 2011, UL BF: p. 61–63.

<http://web.bf.uni-lj.si/go/gsd2011/> (pridobljeno 7. 4. 2011).

Parola, A.C., Apelt, C. J., Jempson, M. A. 2000. Debris Forces on Highway Bridges. Washington, D.C., American Association of State Highway and Transportation Officials: 78 str.

http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_445.pdf (pridobljeno 5. 4. 2011).

Rak, G. 2006. Uporaba prostorskih podatkov v analizi hidravličnih lastnosti vodotokov. Diplomaska naloga. Ljubljana, UL FGG: 86 str.

Regijski načrt zaščite in reševanja ob poplavih na območju Koroške regije, 2005.

<http://www.sos112.si/db/priloga/izpostava/p4300.pdf> (pridobljeno 10. 8. 2011).

Rudolf-Miklau F., Hübl J., Schattauer G., Rauch H. P., Kogelnig A., Habersack H., Schulev-Steindl E. 2011. Handbuch Wildholz – Praxisleitfaden. Internationale Forschungsgesellschaft Interpraevent, Klagenfurt: 32 str.

http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Handbooks/Wildholz_2011.pdf

(pridobljeno 22. 4. 2011).

Steinman, F. 2010. Hidravlika. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: 294 str.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 295 str.

Ostali viri

Avšič, F. 1994. Ogroženost in varnost pred poplavih na nižinskem delu vodnega območja Drave. V: Mišičev vodarski dan 1994, Maribor, 9. december 1994: 4 str.

<http://mvd20.com/LETO1994/R1.pdf> (pridobljeno 10. 8. 2011).

Ballinger, C.A., Drake, P.G., 1995. Culvert Repair Practices Manual, Volume I. Report No. FHWA-RD-94-096. Virginia, FHWA, U.S. Department of Transportation: 265 str.

<http://isddc.dot.gov/OLPFiles/FHWA/010551.pdf> (pridobljeno 5. 4. 2011).

Klabus, A. 1999. Poškodbe cest zaradi visokih voda hudournikov. Ujma 13: 173–176.

http://www.sos112.si/slo/page.php?src=ujma/article_2000.html (pridobljeno 15. 1. 2010).

Lukavečki, B. 2010. Analiza reke Save s programom HEC-RAS na odseku od HE Vrhovo do Sevnice. Diplomaska naloga. Maribor, UM FG: 66 str.

<http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=13177> (pridobljeno 10. 6. 2011).

Mikoš, M. 2007. Urejanje vodotokov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Müller, M., Steinman, F., Rak, G. 2009. Vpliv redčenja zarasti na obseg poplavne nevarnosti. V: 20. Mišičev vodarski dan 2009, Maribor, 26. november 2009: 8 str.

<http://mvd20.com/LETO2009/R11.pdf> (pridobljeno 10. 8. 2011).

Tehnični slovar za pregrade = Technical dictionary on dams. 1997. Ljubljana, SLOCOLD: 425 str.

Agencija RS za okolje. 2011.

www.arso.gov.si (pridobljeno 12. 8. 2011).

Atlas okolja. 2007.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (pridobljeno 12. 8. 2011).

Hydrologic Engineering Center, HEC-GeoRAS. 2011.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hec-georas.html> (pridobljeno 5. 8. 2011).

Koropedia – reka Meža. 2007.

<http://www.koropedija.si/index.php?title=Me%C5%BEa> (pridobljeno 5. 8. 2011).

Uradni slovenski turistični informacijski portal. 2010.

http://www.slovenia.info/?naravne_znamenitosti_jame=2981&lng=1 (pridobljeno 15. 3. 2011).

<http://en.wikipedia.org/wiki/ArcMap> (pridobljeno 5. 8. 2011).

PRILOGA A: TERENSKI OBRAZEC

Prikažemo terenski obrazec izpolnjen za primer reke Meže. V kolikor posameznih podatkov ne uspemo pridobiti, je najbolje, da to posebej označimo (na primer z *np*).

OSNOVNI PODATKI				
Vodotok: <i>Meža</i>		Datum ogleda: <i>27. 6. 2011, 19. 8. 2011</i>		
Obravnani odsek oz. obiskana mesta: <i>Meža med Mežico in Prevaljami, v Ravnah na Koroškem, pri Dobrijah ter celoten del med Tolstim Vrhom in Dravogradom</i>				
PRISPEVNA POVRŠINA				
Lastnosti prispevne površine				
Velikost prispevnega območja: <i>np³</i>		Topografija: <i>zelo strm teren</i>		
Zaznamki: <i>plazovi</i>				
Padavine (količina, intenzivnost): <i>1100-1200mm, povirja do 1400mm (ARSO)</i>				
Raba tal: <i>ob vodotokih poseljeno, povirja v gozdu, malo obdelovalnih površin</i>				
Drevesna vrsta: <i>pretežno iglast gozd (Foto 9)</i>				
STRUGA				
Splošne lastnosti struge				
Vzdolžni padec: <i>np</i>		Vijugavost: <i>zmerna</i>		
Širina: <i>14-15 m</i>		Globina (trenutna/h10/h100): <i>/ / 3m</i>		
Lega globočnice pri mostu: <i>ob desnem bregu</i>		Prodišča: <i>ob brežinah</i>		
Regulacije: <i>v spodnjem delu</i>		Sledi rednih poplav: <i>ni opaziti</i>		
Razvidnost premeščanja struge: <i>ne</i>		Razvidnost aktivne erozije brežin: <i>ne</i>		
Mesta odlaganja materiala: <i>brežine (Foto 6)</i>		Poškodbe brežine: <i>da, nagnjena drevesa (Foto 5)</i>		
Lastnosti gorvodnega obrežnega pasu (koridorja)				
Obseg pasu: <i>večinoma ob celotni dolžini struge (Foto 7)</i>		Širina pasu (povprečna/max/min): <i>v spodnjem delu povpr. 5 m</i>		
Gostota: <i>gost</i>		Razmik med drevesi: <i>nekaj m</i>		
Drevesna vrsta: <i>listavci</i>		Tipične vrste: <i>np</i>		
Starost sestoj: <i>np</i>		Zdravje: <i>np</i>		
Ovire v strugi				
Opis obstoječih naravnih in umetnih ovir za premeščanje plavja (vrste in lokacije): <i>Mostovi, blok pegmatita</i>				
Vpliv na Lmax: <i>v prikazanem primeru ne upoštevamo</i>				
Zaznamki: <i>/</i>				
PLAVJE				
Vidni dokazi aktivnega premeščanja, prinašanja in zadrževanja plavja vzdolž gorvodnega odseka vodotoka? <i>Da, na premostitvah (Foto 2, 3, 4)</i>				
Očitni viri plavja: Erozijska in poškodbe brežin: Vetrolom: Zemeljski plazovi: (možni) Snežni plazovi: (možni) Sečnja (gozdarska dela): X Bolezni gozda: Drugo:				
Vnos: <i>Plazovi: (možno) Hudourniki: da</i>				
Razpoložljivo plavje iz poplavnih ravnin? <i>Ni opaziti</i>		Sledi večjega skladiščenja: <i>ni opaziti</i>		
Obstoječe nakopičeno plavje				
Lokacija:	Dno	Brežine (vznožje/vrh)	Poplavna ravnica	Prodišča
Velikost (Lmax, dmax)	<i>Ni opaziti</i>	<i>5 m</i>	<i>Ni opaziti</i>	<i>Ni opaziti</i>
Količina:	<i>/</i>	<i>Videti je zmerna</i>	<i>/</i>	<i>/</i>

³ *np* – ni podatka.

Lokacija:	Stebri	Oporniki	Svetla odprtina (vodoravna/navpična)
Velikost (Lmax, dmax)	<i>Večinoma vejevje</i>	/	/
Količina:	<i>Precejšnja (na brvi)</i>	/	/
Projektno (merodajno) deblo: Vrsta: <i>iglavci</i> Dolžina: <i>15 m</i> Premer: <i>np</i>			
Zaznamki: <i>Fotografije</i>			
PREMOSTITVENI OBJEKT			
Splošne lastnosti objekta			
Postavitev: <i>v zavoju</i>		Kot glede na tok: $\approx 30^\circ$	
Gorvodna stran mostu in njegovi elementi			
Mostne odprtine		Stebri	
Število: <i>2</i>		Tip: <i>polni/stena</i>	
Širina: <i>17, 19 m</i>		Število: <i>1</i>	
Opis: /		Kot glede na tok: <i>v smeri toka</i>	
		Širina: <i>0,3 m</i>	
		Opis: /	
Skica objekta:			
Položajne kategorije elementov			
Zaščiteno/varovano	Poplavno območje/vrh brežine	Struga	Pot plavja
/	/	- <i>Odprtina med levim opornikom in stebrom</i>	- <i>Steber</i> - <i>Odprtina med stebrom in desnim opornikom</i>
Zaznamki: /			

PRILOGA B: FOTO DOKUMENTACIJA TERENSKEGA OGLEDA

Na ogledu terena posnamemo fotografije obravnavanega območja, ki jih predstavimo v tej prilogi. Fotografije nam služijo za lažje določanje možnosti nastajanja, premeščanja in nalaganja plavja.



Foto 1: Pogled na Kovtrov most



Foto 2: Sledi naloženega plavja na stebru Kovtrovega mostu



Foto 3: Meža pri Dravogradu - na stebrih opazimo sledi plavja



Foto 4: Na brvi na Meži nakopičeno plavje pribl. 1 km gorvodno od Kovtrovega mostu - dokaz o premeščanju plavja



Foto 5: Meža pri Tolstem Vrhu - drevje, ki se nagiba nad strugo (sledi nestabilnih brežin)



Foto 6: Meža pri Dobrijah - začasno skladišče plavja na brežini



Foto 7: Meža pri Ravnah na Koroškem - ozka struga, koridor



Foto 8: Meža med Prevaljami in Mežico - veliko obrežnega gozda



Foto 9: Strma pobočja pretežno iglastega gozda ob Meži



Foto 10: Votla peč (blok pegmatita) predstavlja naravno oviro v vodotoku in mesto kopičenja plavja (Meža pri Ravnah na Koroškem)



Foto 11: Mislinja v Slovenj Gradcu - plavljenje materiala ovira veliko število premostitev

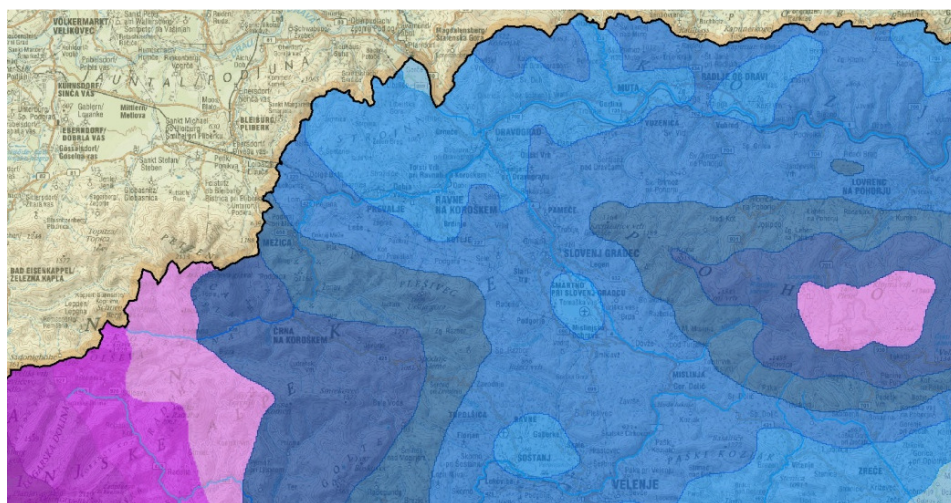
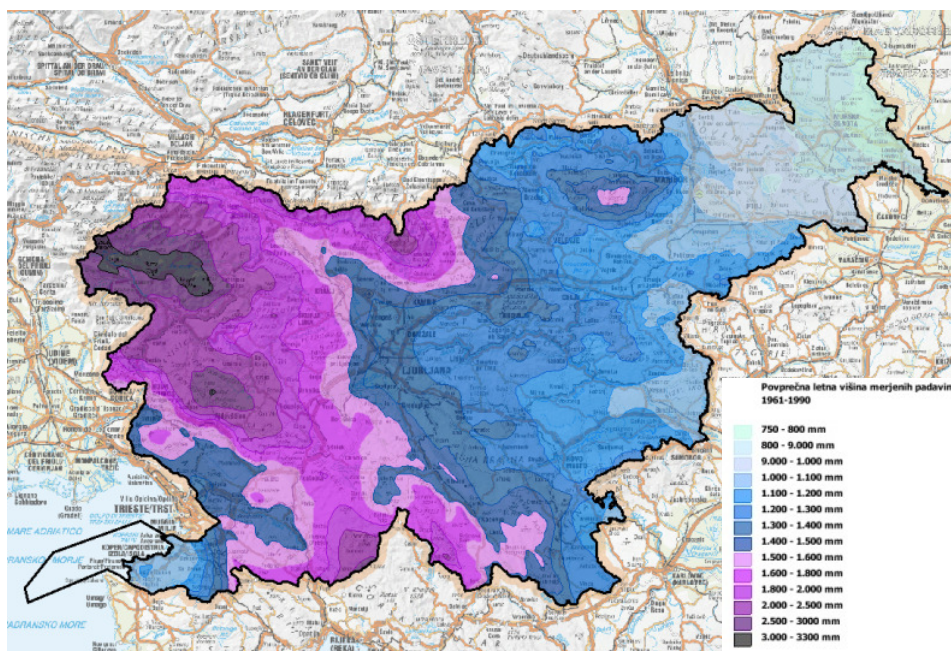


Foto 12: Mislinja pri Šmartnem pri SG - reguliran odsek reke, poplavno ogroženo območje

PRILOGA C: PODATKI

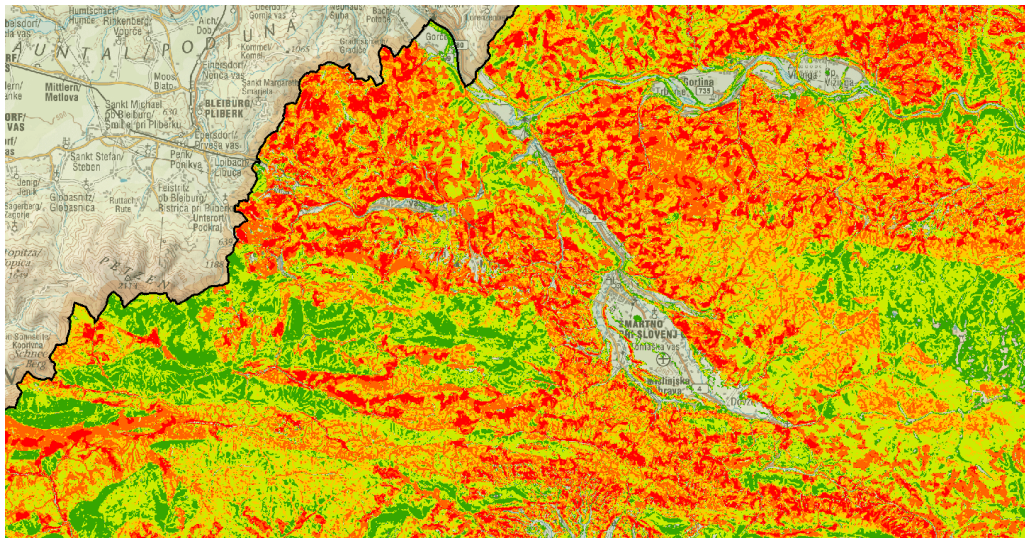
Povprečna letna višina padavin v obdobju 1961-1990 (vir: Atlas okolja)

Vidimo, da je v večjem delu povodja Meže in Mislinje povprečna letna količina padavin 1100 – 1200 mm.

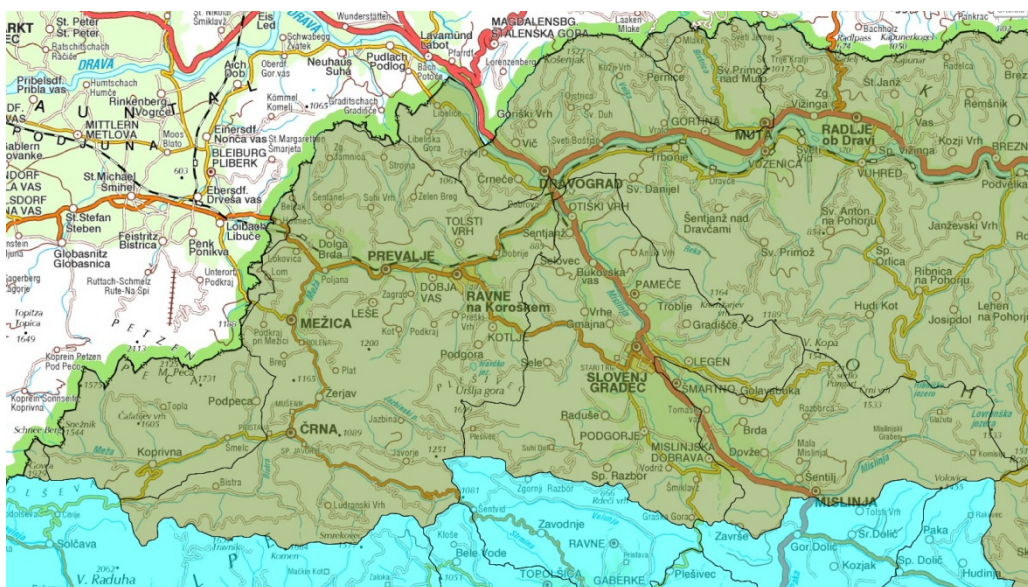


Opozorilna karta verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov (vir: Atlas okolja)

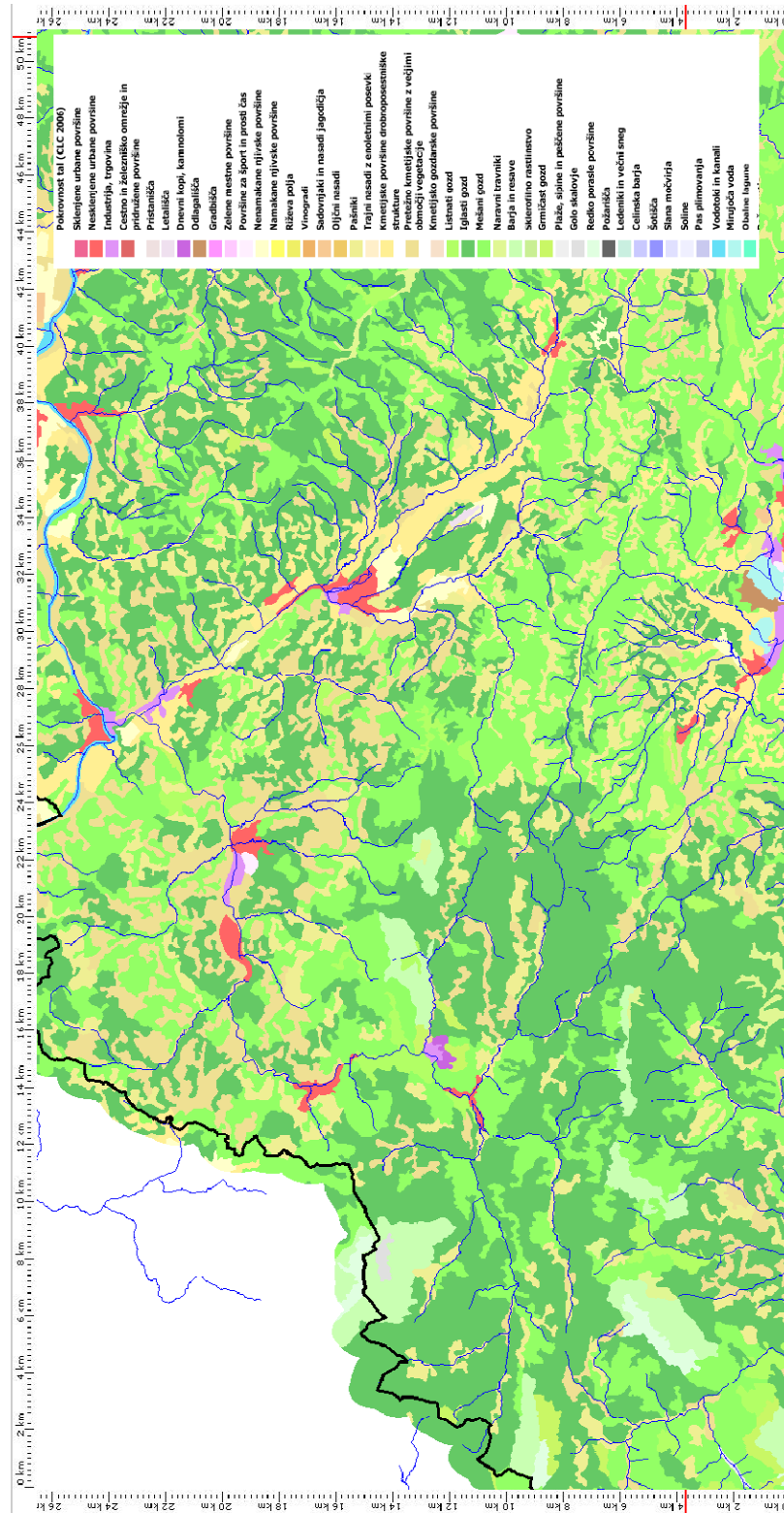
Vidimo, da na obravnavanem območju obstaja verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov.



Prispevne površine Meže in Mislinje (vir: Geopedia.si)



Pokrovnost tal – CLC 2006 (vir: Atlas okolja)
V povodju Meže prevladuje gozd.

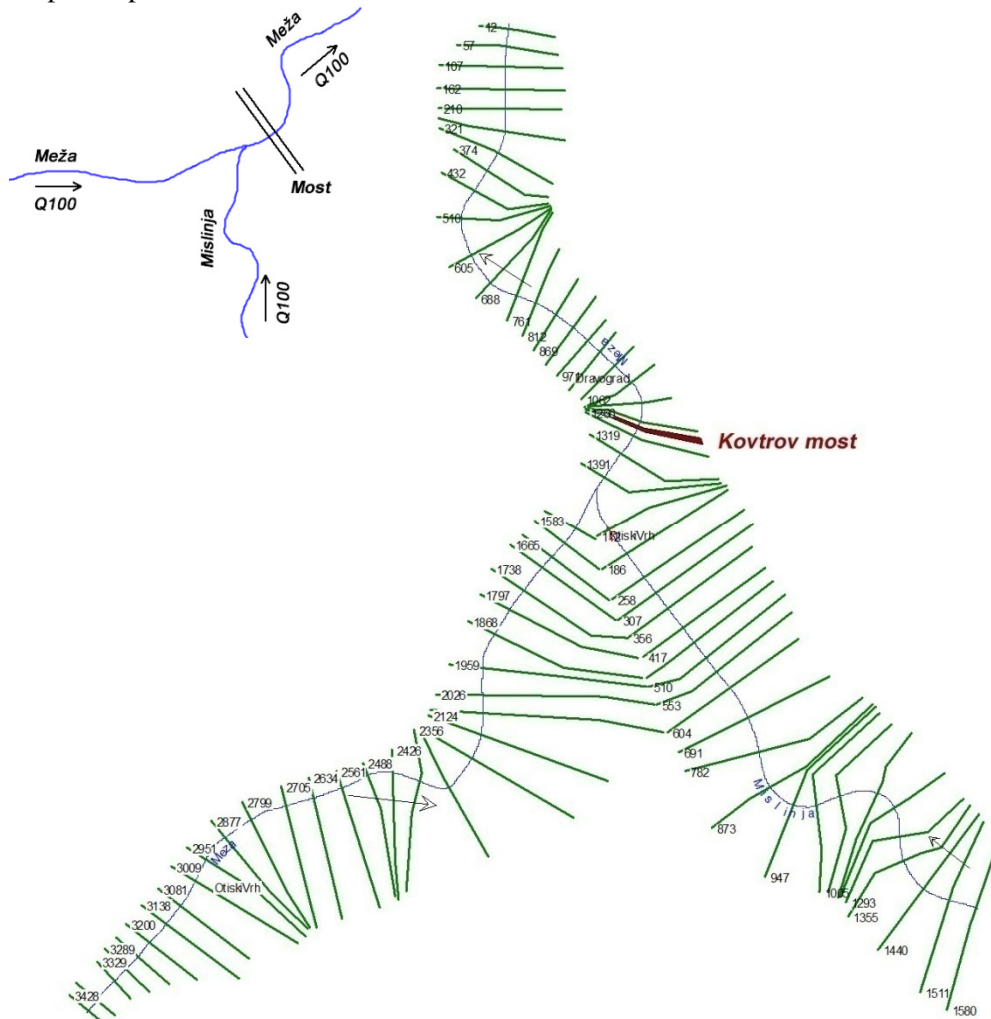


PRILOGA D: SITUACIJA IN PREČNI PROFILI RAČUNSKEGA MODELA

Situacija obravnavanega območja.

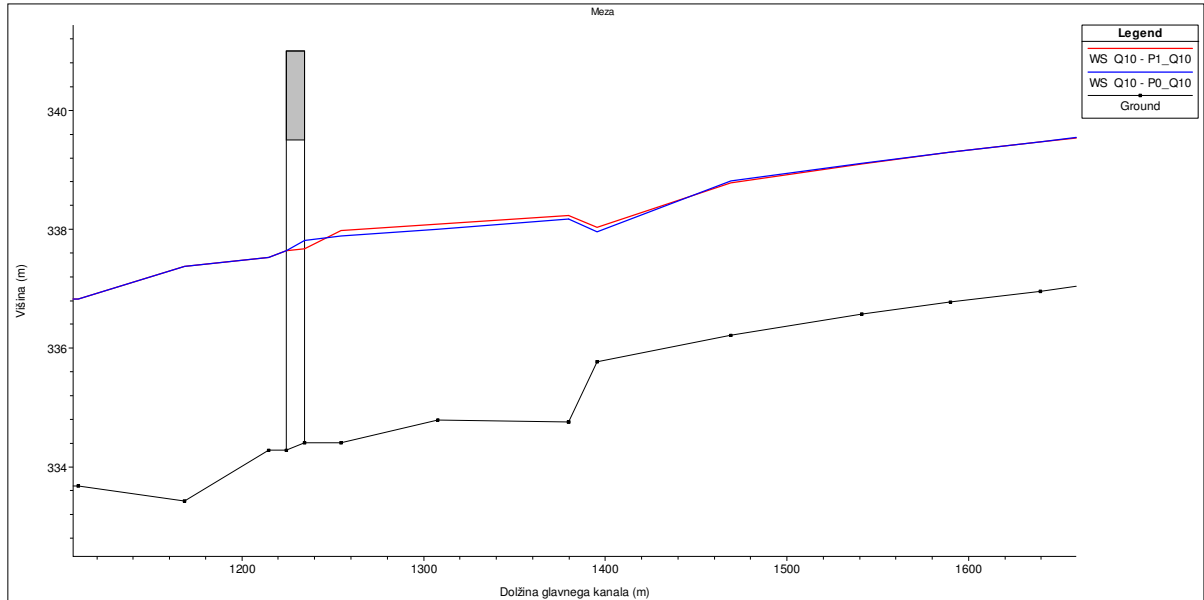


Računski prečni profili z označenimi stacionažami.

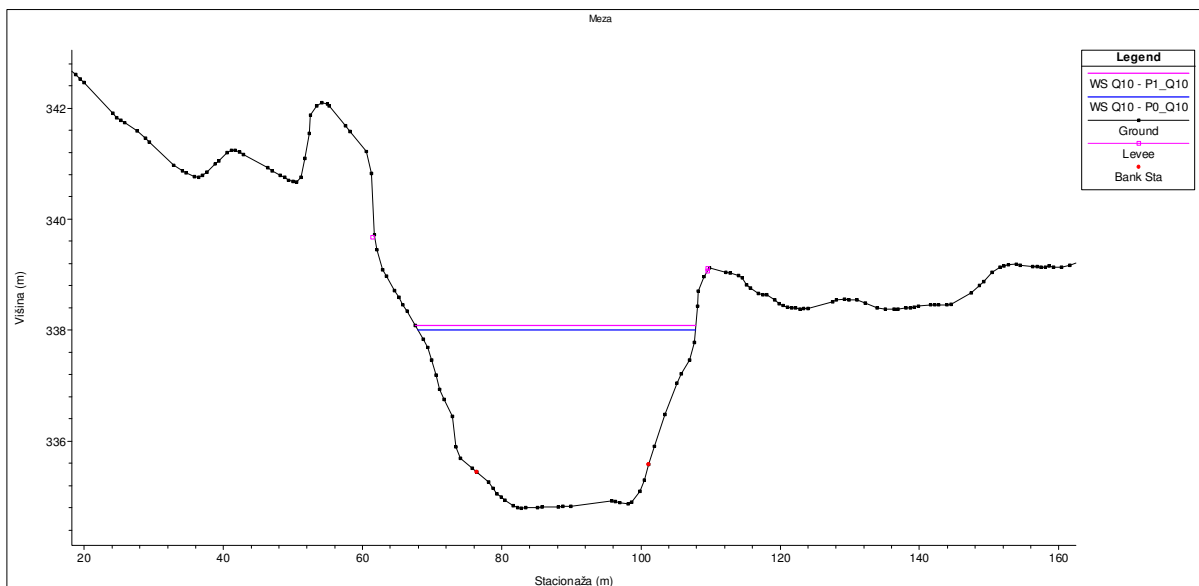


PRILOGA E: GRAFIČNI REZULTATI IZRAČUNA ZA PRETOK Q10

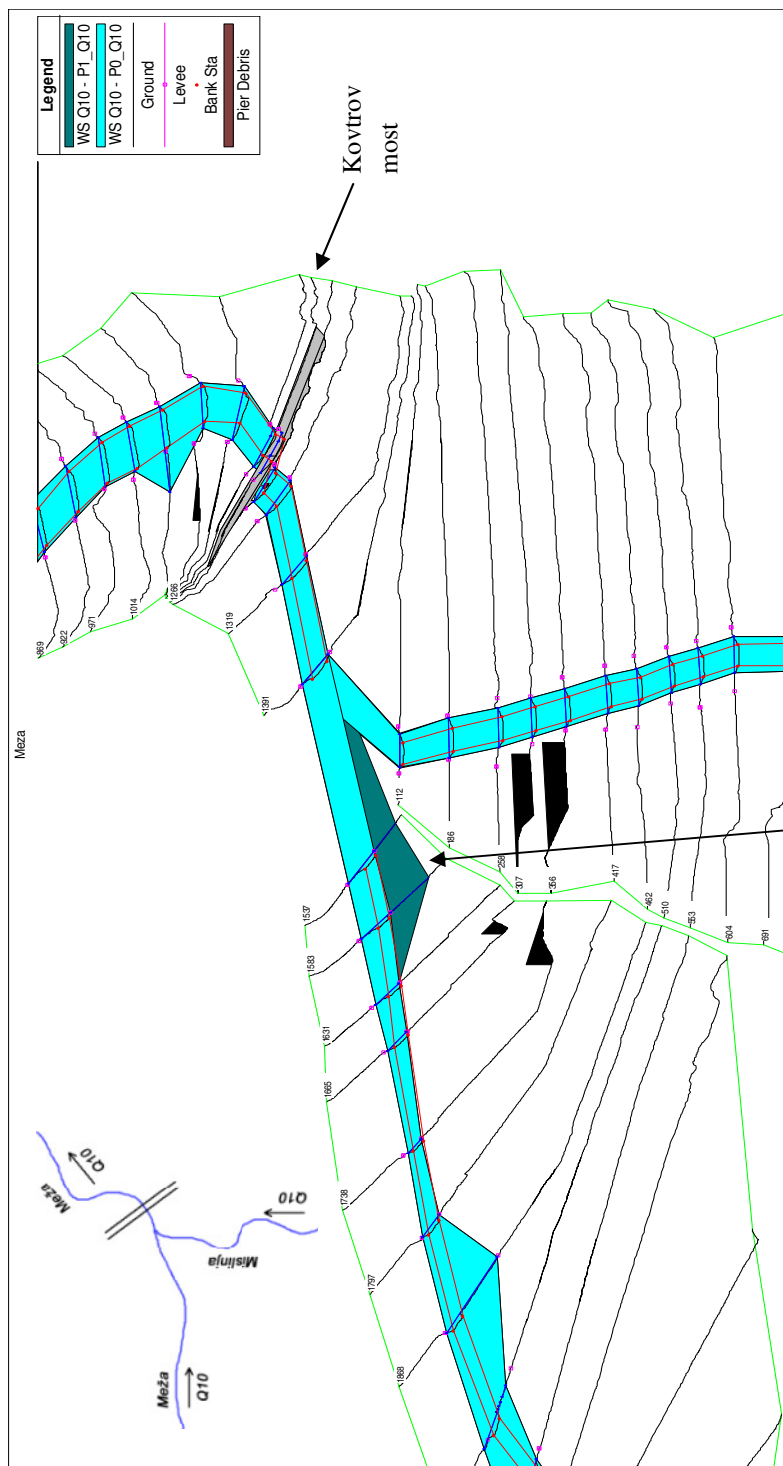
Vzdolžni profil odseka reke Mislinje, ki prikazuje zajezitev zaradi plavja. Stopnica v dnu in lokalno znižanje gladine je posledica sotočja Meže in Mislinje.



Prečni prerez Meže na stacionaži 1319, na katerem se vidi majhna razlika v vodostaju.



Podrobni pogled poplavljanja Meže in Mislinje pri pretokih Q10.

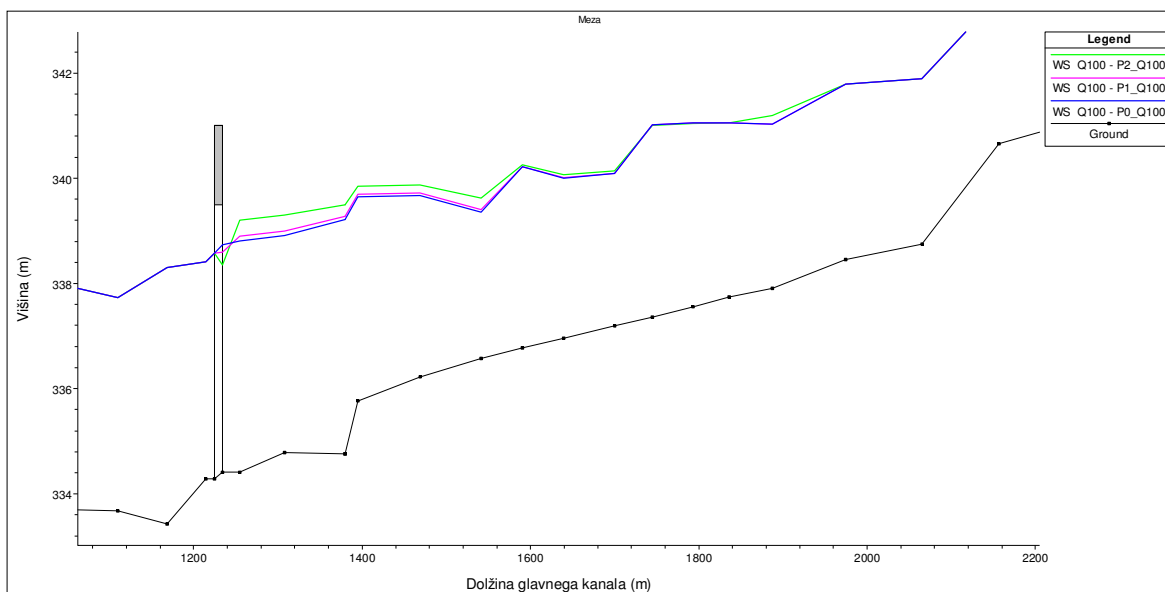


PRILOGA F: REZULTATI IZRAČUNA ZA Q100

Spodnja preglednica prikazuje rezultate izračunov za pretoke s povratno dobo 100 let za primere P0, P1, P2. Rezultate prikažemo za pet prečnih profilov v bližini obravnavanega mostu.

Vodotok	Sacionaža	Primer	Vodostaj [m n.v.]	Δh^4 [m]	Širina gladine [m]	Hitrost vode [m/s]
Meza	1319	P0_Q100	338.91		45.2	3.53
Meza	1319	P1_Q100	338.99	0.08	45.88	3.46
Meza	1319	P2_Q100	339.3	0.39	101.79	3.12
Meza	1266	P0_Q100	338.81		44.54	3.46
Meza	1266	P1_Q100	338.9	0.09	44.89	3.37
Meza	1266	P2_Q100	339.21	0.4	46.7	3.12
Meza	1240 BR U ⁵	P0_Q100	338.74		35.7	3.5
Meza	1241 BR U	P1_Q100	338.6	0.14	29.5	4.03
Meza	1242 BR U	P2_Q100	338.35	0.39	26	5.1
Meza	1240 BR D	P0_Q100	338.57		35.7	3.91
Meza	1241 BR D	P1_Q100	338.57	0	35.7	3.91
Meza	1242 BR D	P2_Q100	338.57	0	35.7	3.91
Meza	1226	P0_Q100	338.41		42.81	4.16
Meza	1226	P1_Q100	338.41		42.81	4.16
Meza	1226	P2_Q100	338.41		42.81	4.16

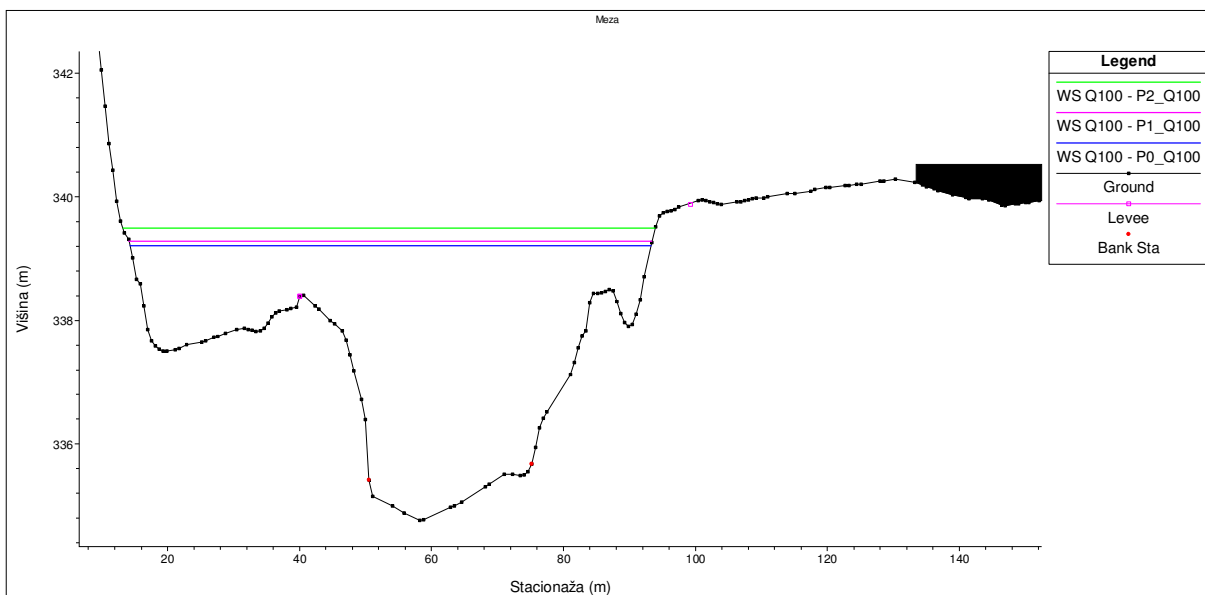
Na spodnji sliki je vzdolžni profil odseka reke Mislinje, ki prikazuje zajezeitev v dveh primerih, ko plavje upoštevamo.



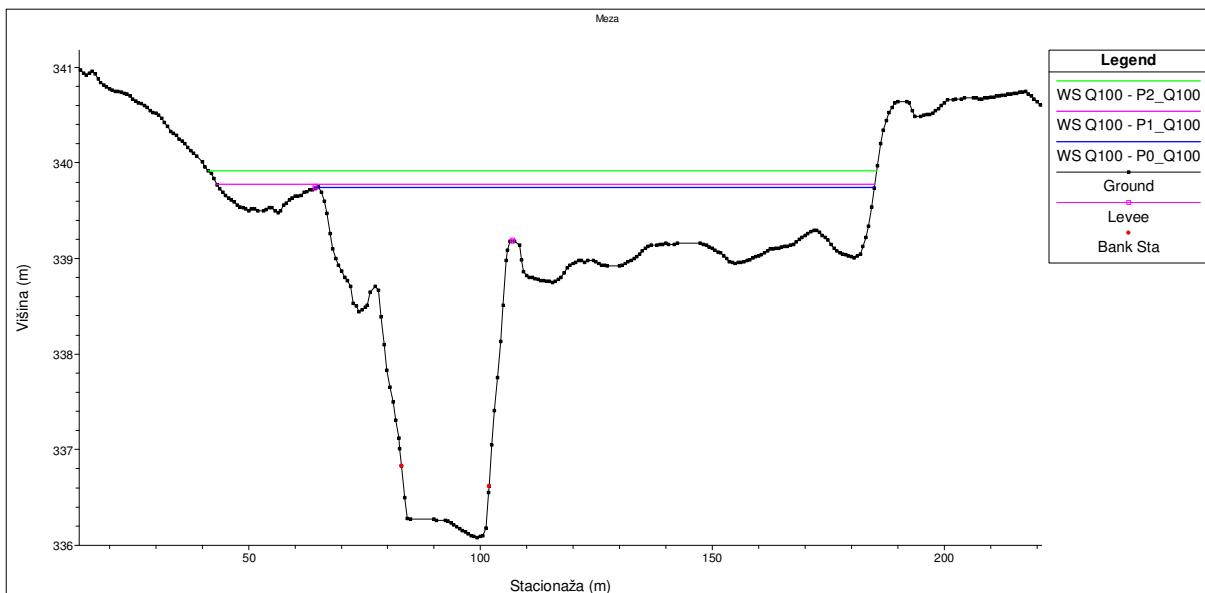
⁴ Sprememba višine vodne gladine.

⁵ BR je oznaka profila, na katerem je premostitev; U pomeni gorvodno stran premostitve, D pa dolvodno stran.

Prečni prerez Meže na stacionaži 1391.



Prečni prerez Meže na stacionaži 1631. Plavje na mostnem stebru povzroči, da se voda v tem profilu prelije čez rob leve brežine (zeleno in roza črta).



Podrobni pogled poplavljanja Meže in Mislinje pri pretokih Q100

