

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Žura, N., 2014. Poplave in premostitveni objekt. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M.): 44 str.

Datum arhiviranja: 20-10-2014

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Žura, N., 2014. Poplave in premostitveni objekt. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M.): 44 pp.

Archiving Date: 20-10-2014

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
VODARSTVA IN  
OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA

Kandidat:

**NEJC ŽURA**

## **POPLAVE IN PREMOSTITVENI OBJEKT**

Diplomska naloga št.: 30/B-VOI

## **FLOODS AND BRIDGING OBJECTS**

Graduation thesis No.: 30/B-VOI

**Mentor:**  
prof. dr. Mitja Brilly

**Predsednik komisije:**  
izr. prof. dr. Dušan Žagar

Ljubljana, 18. 09. 2014

## STRAN ZA POPRAVKE

<u>STRAN Z NAPAKO</u>	<u>VRSTICA Z NAPAKO</u>	<u>NAMESTO</u>	<u>NAJ BO</u>

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisan Nejc Žura izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Poplave in premostitveni objekti«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Kranj, 15. 9. 2014

---

(podpis kandidata)

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

**UDK:** 556.166(497.4)(043.2)  
**Avtor:** Nejc Žura  
**Mentor:** prof. dr. Mitja Brilly  
**Naslov:** Poplave in premostitveni objekti.  
**Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij  
**Obseg in oprema:** 44 str. , 3 pregl. , 31 sl.  
**Ključne besede:** most, poplave, Železniki, Polhov Gradec

### **Izveček:**

Poplave so ena izmed najpogostejših naravnih nesreč in povzročajo veliko škodo naravnemu in človeškemu okolju. Mostovi so najpogosteje porušen objekt ob poplavnih dogodkih, saj se neposredno spopadajo z delovanjem vode in njenimi erozijskimi procesi. Zaradi porušenih mostov pa je že večkrat prišlo do smrtnih žrtev. V teoretičnem delu diplomske naloge sem opisal umeščanje cest v prostor in zahtev pri projektiranju mostov. Pri projektiranju mostov sem se osredotočil na temeljenje konstrukcije, statistično določitev pretokov in hidravličnih zahtev vodotokov. Zaradi velike erozijske in transportne moči hudournikov sem opisal tudi razlike pri njihovem premoščanju. V drugem delu pa sem opisal hudourniški poplavi v Železnikih in Polhovem Gradcu ter povzel ukrepe za zagotavljanje njihove varnosti. V zaključku sem zaradi ponavljajočih težav z mostovi zapisal tudi smernice za doseganje višje varnosti.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 556.166(497.4)(043.2)  
**Author:** Nejc Žura  
**Supervisor:** Prof. Mitja Brilly, PhD.  
**Title:** Floods and bridging objects  
**Notes:** 44 p. , 3 tab., 31 fig.  
**Document type:** Graduation Thesis – University Studies  
**Key words:** bridge, floods, Železniki, Polhov Gradec

**Abstract:**

Floods are one of the most common natural disasters and cause a lot of damage to the natural and human environment. Bridges are most frequently demolished construction object on flood events as they are directly confronted by the affect of water and its erosion processes. The demolition of bridges often led to deaths. In the theoretical part of the thesis I described the placement of roads in the area and requirements for the design of bridges where I focused on the foundation of structure, statistical determining of flows and hydraulic requirements of watercourses. Due to large erosion and transport power of torrents I described the differences in bridging them. In the second part I described torrent floods in Železniki and Polhov Gradec and summarized the measures taken to ensure their safety. The conclusion contains the guidelines how to achieve higher security.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Mitji Brillyju za mentorstvo in vsem, ki so me podpirali v času študija.

Zahvalil bi se tudi Tjaši Debelak za vso potrpljenje v letošnjem letu.

**KAZALO VSEBINE**

<b>IZJAVA O AVTORSTVU .....</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VI</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 UVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2 UMEŠČANJE CEST V PROSTOR.....</b>	<b>11</b>
<b>3 OMEJITVE GLEDE UMEŠČANJA V VODNA IN POPLAVNA OBMOČJA.....</b>	<b>13</b>
3.1 Predhodna ocena poplavne nevarnosti in ogroženosti.....	14
3.2 Priprava kart poplavne nevarnosti in ogroženosti .....	14
3.3 Načrti o obvladovanju poplavne ogroženosti .....	16
<b>4 PROJEKTIRANJE MOSTOV .....</b>	<b>17</b>
4.1 Uvod .....	17
4.2 Vpliv premostitvenih objektov na vodni režim .....	18
4.3 Pravilnik o projektiranju premostitvenih objektov .....	18
4.4 Težave, ki jih povzročajo vodotoki na premostitvenih objektih.....	19
<b>5 TEMELJENJE MOSTOV .....</b>	<b>20</b>
<b>6 HIDRAVLICNE ZAHTEVE ZA USTREZNOST MOSTNE ODPRTINE .....</b>	<b>22</b>
<b>7 STATISTIČNO DOLOČANJE RELEVANTNIH PRETOKOV .....</b>	<b>23</b>
<b>8 VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA PRETOKE REK.....</b>	<b>24</b>
<b>9 PREMOSTITVE HUDOURNIKOV.....</b>	<b>27</b>
<b>10 POMEN VZDRŽEVANJA STRUG NA PREMOSTITVENE OBJEKTE .....</b>	<b>28</b>
<b>11 UKREPANJE V ČASU POPLAV .....</b>	<b>30</b>
<b>12 ROOM FOR THE RIVER.....</b>	<b>31</b>
12.1 Ukrepi projekta Room for the river pri mostovih.....	31
<b>13 PORUŠENI MOSTOVI OB POPLAVAH .....</b>	<b>33</b>
13.1 Železniki.....	33
13.1.1 Pretok Selške Sore 18.9.2007 .....	33
13.1.2 Poplavna varnost Železnikov.....	34
13.2 Dobrova – Polhov Gradec .....	37
<b>14 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>41</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>42</b>



## KAZALO SLIK

Slika 1: Kalnost vode onemogoča zanesljive določitve višine vode na cestišču (Petkovšek, 2013: 26)	9
Slika 2: Časovni prikaz izvajanja poplavne direktive in prostorsko načrtovanje (Metelko Skutnik in Šantl, 2008: 109)	14
Slika 3: Analiza poplavne nevarnosti in občutljivosti nam da ogroženost ali ranljivost (Brilly, Maruša Špitalar in Vidmar, 2013: 46)	15
Slika 4: Opozorilna karta poplav (Geopedia, 2014)	16
Slika 5: Prečni prerez vodotoka s poplavnimi območji (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 42)	16
Slika 6: Dodatna zožitev rečne struge (Suhadolnik in Ivanuša, 2013, str. 65)	17
Slika 7: Razmere v vodnem toku pri obtekanju mostnega opornika (Steinaman, 2010: 184)	20
Slika 8: Ocena povečanja velikih pretokov Q <sub>vk</sub> pri povečanju maksimalne intenzitete padavin za 20 % (Rogelj, 1999)	24
Slika 9: Število in trend pojavov visokih voda na slovenskih rekah (Kobold, Dolinar in Frantar, 2012)	25
Slika 10: Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1998 s povečanjem intenzitete padavin za 10 in 20 % za vodomerno postajo Veliko Širje na Savinji (Kobold, 2009: 123)	26
Slika 11: Graf odvisnosti pretoka od porazdelitvene funkcije za vodomerno postajo Čatež na Savi (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47)	26
Slika 12: Ovirana pretočnost zaradi ujetega plavja (Suhadolnik in Ivanuša, 2013: 65)	28
Slika 13: Odloženo plavje na mostu v Slapah (Suhadolnik in Ivanuša, 2013: 66)	29
Slika 14: Odstranjevanje ovir pod mostovi (Dutch Water Program Room for the River, 2007)	31
Slika 15: Prikaz odstranitve ovir pod mostovi (Room for the river presentation, 2011)	32
Slika 16: Poškodovani in uničeni avtomobili (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47)	33
Slika 17: Ostanke avtobusa po poplavi v Železnikih (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 48)	33
Slika 18: Letne visokovodne konice Selške Sore na vodomerni postaji Železniki (Kobold, 2007)	34
Slika 19: S hidravličnim modelom HEC-1 določen graf poteka poplavne konice (Kobold, 2007)	34
Slika 20: Opozorilna karta poplav z označenimi mostovi kulturne dediščine (Geopedia, 2014)	35
Slika 21: Delno obnovljen most proti Trnju (foto: Nejc Žura)	35
Slika 22: Nanešene plavine na mostu v Ovčjo vas (foto: Žurnal24)	35
Slika 23: Očiščen most v ovčjo vas (foto: Nejc Žura)	36
Slika 24: Shematski prikaz suhega zadrževalnika pod Sušo (Udovč, Fazarinc, Zidarič in Košak, 2011: 67)	36
Slika 25: Novozgrajen most na koncu regionalne ceste Zali Log – Davča (foto: Nejc Žura)	37
Slika 26: Poplavljen Gradaščica na območju Viča septembra 2010 (foto: barje.net)	37
Slika 27: Poplavljen cesta ob Gradaščici avgusta 2014. (foto: 24ur)	38
Slika 28: Poškodovan most zaradi odlaganja plavin na voziščno konstrukcijo (foto: Nejc Žura)	38
Slika 29: Uničen most zaradi plavin (foto: Vehar Sebastjan s.p.)	39
Slika 30: Ostanke porušenega mostu ob Gradaščici (foto: Nejc Žura)	39
Slika 31: Začasni most namesto porušenega (foto: Nejc Žura)	40

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Število žrtev v ZDA ob poplavah .....	9
Preglednica 2: Število žrtev zaradi poplav v Sloveniji .....	10
Preglednica 3: Primerjava tehniškega in prostorskega pristopa pri načrtovanju cestnih tras .....	11

## 1 UVOD

Poplave lahko povzročijo veliko škodo okolju, tako grajenemu kot naravnemu, ogrožajo pa tudi človeška življenja. Včasih je pojav poplavnega vala tako nenaden, da se mu niti s prevoznimi sredstvi ne moremo izogniti. Po številu smrtnih žrtev v poplavah lahko damo prometu velik pomen, saj je bila od leta 2010 do 2012 kar več kot polovica smrtnih žrtev ujetih v prevoznem sredstvu (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47-48).

Preglednica 1: Število žrtev v ZDA ob poplavah (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2014)

Leto	Število žrtev	Število žrtev v prometu	Delež od vseh žrtev
2010	103	50	49
2011	113	68	60
2012	29	16	49

Predvsem hudourniške poplave za seboj puščajo veliko razdejanje in škodo. Zaradi hitrega povečanja gladine in hitrosti, voda pridobi na transportni in erozijski moči. Udarne rušilne moč pretokov z daljšo povratno dobo je včasih nepredstavljiva, saj povzroča škodo vsemu, kar jo ovira v njenem toku. Tudi ceste se večkrat nahajajo ob vodotokih ali pa jih celo prečkajo in se neposredno srečajo z vplivom vode na samo konstrukcijo. Ogroženi so tudi prometni udeleženci s svojimi prometnimi sredstvi, saj se avtomobil hitro spremeni v transportni material, ki ga s seboj odnaša vodna ujma. Sama vožnja preko poplavljenega cestišča je popolnoma prepuščena naši subjektivni oceni in zaupanju v naše prevozne sredstvo, ob slabi odločitvi pa je avto skupaj s potniki prepuščen milosti ali nemolosti narave. Kalnost poplavljenega vode, zaradi transportnega materiala v strugi, ponavadi ne omogoča zanesljive odločitve o dejanski globini in poškodbah poplavljenega cestišča, zato vode na cesti nikoli ne smemo podcenjevati (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47-48).



Slika 1: Kalnost vode onemogoča zanesljive določitev višine vode na cestišču (Petkovšek, 2013: 26)

Porušitev mostu in uničenje ostale cestne infrastrukture lahko predstavlja popolno prekinitev dostopne poti in oskrbo človeških življenj z osnovnimi sredstvi. Neposredno škodo, ki so jo utrpela cestišča in premostitveni objekti je lahko določiti. Nedostopnost in daljša pot, urejena z obvozi, nam v daljšem časovnem obdobju pri bolj pomembnih in obremenjenih cestah poveča posredne stroške tudi nad neposrednimi, zato je končna škoda zaradi uničujočih posledic vode na cestno telo lahko še večja kot ob prvih ugotovitvah (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47-48).

Tudi pri nas ima promet veliko število žrtev v poplavah. V poplavi leta 1933, ko se je porušil most čez Gradaščico, je življenja izgubilo kar 10 ljudi, kasneje pa so poplavam sledile posamezne žrtve, ki so se znašle ujele v vodi (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47).

Preglednica 2: Število žrtev zaradi poplav v Sloveniji (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47)

Leto	Žrtve	V prometu	Vzrok	Delež od vseh žrtev
1926	10			
1933	17	10	Porušitev mostu	59
1954	21			
1990	2			
1998	2			
2000	7			
2004	1	1	Vozilo	100
2007	6	1	Vozilo	17
2010	5	3	vozilo	60

V svoji diplomski nalogi se bom osredotočil na:

- pomen zagotavljanja varnosti na nivoju samega umeščanja premostitvenih objektov v prostor,
- erozijske in hidravlične zahteve varnosti premostitvenih objektov,
- statistične obdelave pretokov in določevanje višin ter pretokov z daljšo povratno dobo,
- vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek,
- hidravlično nadvišanje,
- vzdrževanje mostov,
- opis poplavnih dogodkov v Železnikih in Polhovem Gradcu.

## 2 UMEŠČANJE CEST V PROSTOR

Največji omejitvi glede vodenja cestne trase sta gotovo pogoji prostora (geografski in geološki) ter zaščite in ohranjanje naravnega okolja. Ob umeščanju cest v prostor je vodotok le ena izmed mnogih ovir. Za rešitev določenega prostorskega problema je potrebno zbiranje različnih informacij in sinteza ugotovitev iz njih. Več kot imamo informacij, lažje bomo prišli do dobre in primerne odločitve. Ker v prostorskem planiranju ni pravih in napačnih odločitev vendar le dobre ali slabe, je zelo pomembno, da je naše znanje o geografskih in družbenih razmerjih dovolj dobro, saj bomo le tako prišli do najboljše odločitve. Ceste imajo velik pomen na dostopnost in povezanost naselij, kar pomembno vpliva na rast mest in naselij, vendar z njimi pride vpliven in grob poseg v naravno okolje. Karakteristike prostora nam ne omogočajo ravnih in najcenejših cestnih tras. Premostitev vodotokov je problem, ki se ga rešuje z izgradnjo premostitvenih objektov in predstavlja večji poseg v okolje ter višje stroške gradnje ter vzdrževanja, še posebno ob neprimernem načrtovanju samega objekta.

Za umeščanje objektov v vodna zemljišča je poleg krovnih zakonov o graditvi objektov in prostorskem načrtovanju, potrebno upoštevati vsaj še (Ravnikar Turk, Žvanut, Širca in Humar, 2012: 26):

- zakon o vodah,
- zakon o varstvu okolja,
- zakon o varstvu kulturne dediščine,
- zakon o ohranjanju narave.

»Rabo in druge posege v vode, vodna in priobalna zemljišča ter zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča je treba programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanja voda, da se omogoča varstvo pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje naravnih procesov, naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov, ter varstvo naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave.« (Zakon o vodah (ZV-1). 2002, 98. člen)

K planiranju cestnih tras poznamo dva pristopa, v oba pa je vključen postopek o presoji vplivov na okolje (Juvanc in Radakovič, 2006: 2-3).

Preglednica 3: Primerjava tehniškega in prostorskega pristopa pri načrtovanju cestnih tras (Juvanc in Radakovič, 2006: 3)

TEHNIŠKI PRISTOP	PROSTORSKI PRISTOP
Najprej se določi variante trase ceste	Najprej se določi variante še sprejemljivih prostorskih koridorjev za vris trase ceste
Varovanje okolja se vključi šele v fazi primerjave variant	Varovanje okolja se vključi v postopek že v njegovih izhodiščih
Neomejen prostor praviloma vodi k rabi neracionalnih geometrijskih elementov	Omejen prostor vodi k uporabi racionalnih geometrijskih elementov
Vplivi na okolje so vzdolž trase razporejeni neenakomerno in vplivajo z različno intenzivnostjo	Vplivov na okolje vzdolž trase ni ali pa so minimalni. Pojavijo se le tam, kjer moramo traso voditi izven meja koridorja
Zaščitne ukrepe se sprejema šele na podlagi ocene vplivov na okolje	Zaščitne ukrepe se upošteva že pri trasiranju ceste
Optimizacija trase je potrebna	Optimizacija ni potrebna
Stroški za izvedbo zaščitnih ukrepov obremenijo varianto naknadno (sprememba vrednosti variante)	Stroški za zaščitne ukrepe so poznani že v času izdelave predračuna za varianto
Stroškovno bi lahko bila ugodnejša katera izmed variant, ki jih je projektant izločil že pred fazo izdelave presoje vplivov na okolje	Stroškovna primerjava variant je enovita in brez kasnejših odstopanj
Časovne zamude v postopku so normalne	Časovnih zamud v postopku ni

Vsekakor ima prostorski pristop več prednosti, saj omogoča tudi boljšo stroškovno primerjavo variant, medtem ko je pri tehničnem pristopu primernost in pravo ceno variante mogoče določiti šele po končni presoji o vplivu na okolje. Morebitnim težavam bi se lahko izognili s pametnim vodenjem tras preko vodotokov, vendar so povezave potrebne tudi na poplavnih območjih (Juvanc in Radakovič, 2006: 2-3).

### 3 OMEJITVE GLEDE UMEŠČANJA V VODNA IN POPLAVNA OBMOČJA

Na območju Evropske unije je krovni dokument za varstvo pred poplavami je Evropska direktiva o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti Direktiva 2007/69/EC.

Glavno sporočilo direktive je, da se poplavam nikoli ne bomo izognili in jih moramo šteti kot naraven pojav in naravno omejitev. Z gradbenimi in negradbenimi ukrepi se poplavam prilagodimo in ne spopadamo. Sodobni koncept varstva pred poplavami temelji na (Trobec, 2011: 105-106):

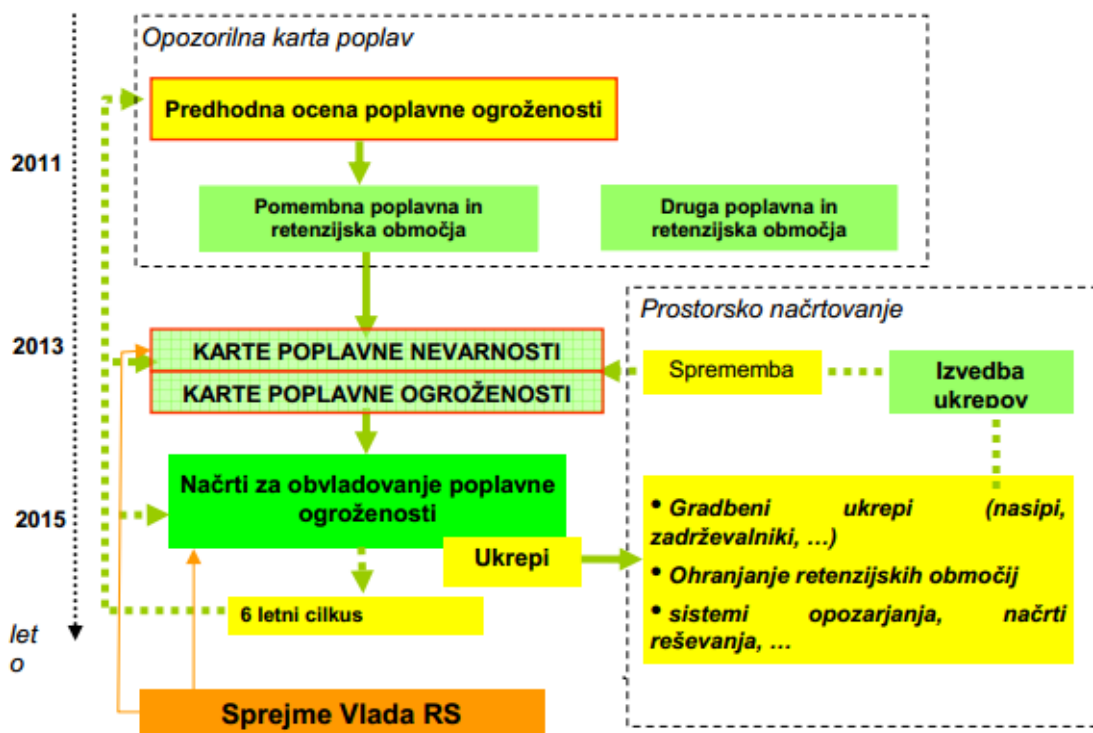
- ustreznem in premišljenem prostorskem planiranju in rabo tal,
- prepovedi gradnje na poplavnih območjih,
- ohranjanju in obnavljanju površin za nadzorovano razlivanje presežkov vode,
- preprečevanju ali omejevanju razlivanja vode na pozidanih poplavnih območjih,
- ozaveščanju javnosti o poplavni nevarnosti,
- opozarjanju na prihajajoče nevarnosti.

V slovensko zakonodajo je bila Direktiva 2007/69/EC prenešana s (Trobec, 2011: 105-106):

- spremembami in dopolnitvami zakona o vodah,
- sprejetjem Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti,
- z izdajo Uredbe o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja,
- z Uredbo o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami.

Gradbeno-tehnični ukrepi ne omogočajo najvišjega nivoja varovanja. Omejitve v prostoru zaradi poplavnega delovanja morajo biti znane že pred umeščanjem v prostor in ta direktiva državam EU daje nalogo, da preko kart poplavne nevarnosti in ogroženosti opozori javnost o poplavnih območjih. Njeno delovanje v prostorskem načrtovanju je trostopenjsko in temelji na (Metelko Skutnik in Šantl, 2008: 104):

- predhodni oceni poplavne nevarnosti in ogroženosti,
- pripravi kart o poplavni nevarnosti in ogroženosti,
- pripravi načrtov za obvladovanje poplavne ogroženosti.



Slika 2: Časovni prikaz izvajanja poplavne direktive in prostorsko načrtovanje (Metelko Skutnik in Šantl, 2008: 109)

### 3.1 Predhodna ocena poplavne nevarnosti in ogroženosti

Predhodna ocena stanja izhaja iz informacij iz preteklosti in mora vsebovati (Metelko Skutnik in Šantl, 2008: 104):

- karte vodnega območja z mejami povodij, porečij, obalnih območij,
- opise preteklih poplav z znatnimi škodljivimi posledicami in veliko verjetnostjo, da se lahko še ponovijo,
- opise večjih poplav iz preteklosti, za katere se pričakuje da se lahko s podobnimi posledicami ponovijo.

Glede na potrebe posameznih članic pa ocena morebitne ogroženosti vsebuje tudi:

- ocene morebitnih posledic prihodnjih poplav za življenje in zdravje ljudi, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti ob upoštevanju naravnih in človeških dejavnikov v maksimalni možni meri.

### 3.2 Priprava kart poplavne nevarnosti in ogroženosti

Poplavna nevarnost je odvisna od pojava višjih pretokov in gladin in se torej lahko določi s pričakovano povratno dobo oziroma z določeno verjetnostjo pojava. Človek na poplavno nevarnost lahko vpliva s posegi v območja vodotokov, vzdrževanjem in regulacijo struge ter vodogradbenimi protipoplavnimi ukrepi (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 6-7).

Občutljivost in ranljivost okolja predstavlja vsa potencialno povzročena škoda, kjer človeško življenje predstavlja nepredstavljivo vrednost. Bolj kot je človekova dejavnost pomembna za družbo, bolj je ranljiva ob morebitnih pojavih poplav in potrebuje več pozornosti in boljše protipoplavne ukrepe. Ranljivost območij lahko razdelimo v 3 razrede (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 44-45):

Nenadomestljiva škoda:

- smrtne žrtve v stalnih bivališčih,
- smrtne žrtve zaradi začasnega zadrževanja ljudi,



- nenadomestljiva škoda (trajno uničenje kulturne dediščine),
- nevarnost ekoloških nesreč kot posledica naravnih.

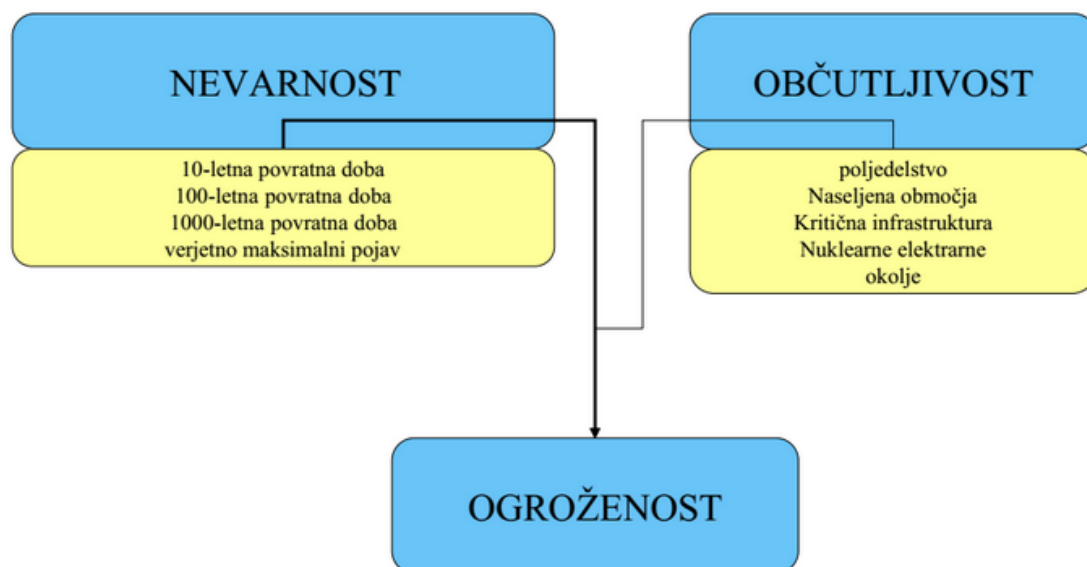
#### Velika materialna škoda

- porušitve in trajno uničenje objektov,
- onesnaženja, ki jih je mogoče sanirati,
- splošna posredna škoda,
- objekti zdravstvene zaščite.

#### Manjša materialna škoda:

- poškodovani posamezni objekti in infrastruktura,
- poškodovane ali uničene poljščine,
- naravna dediščina,
- gozd.

S skupno analizo obeh tipov kart dobimo karto poplavne ogroženosti, ki predstavlja temelj za načrtovanje in usklajevanje posegov v okolje. Vsako območje ima določeno stopnjo ogroženosti, ki je večja za tiste dele v katerih prebiva več ljudi in poteka dejavnost večjega pomena. Stopnja ogroženosti je določena z intenziteto in verjetnostjo nastopa pojava. S stopnjo ogroženosti si lahko pomagamo pri določitvi namena posameznega zemljišča. Z ukrepi na področju prostorskega načrtovanja za poplavno ogrožena območja omejujemo lastninsko pravico in namembnost zemljišča (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 25-53).



Slika 3: Analiza poplavne nevarnosti in občutljivosti nam da ogroženost ali ranljivost (Brilly, Maruša Špitalar in Vidmar, 2013: 46)

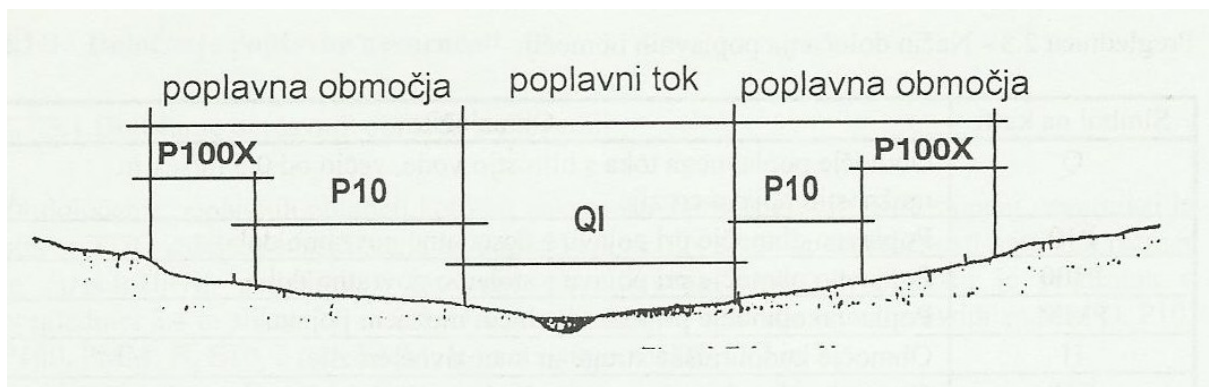
Karte poplavne ogroženosti v povezavi s kartami poplavne nevarnosti opredeljujejo območja z visoko, srednjo in nizko stopnjo ogroženosti ter območja, kjer se pojav poplav šteje za izreden dogodek. Pomembno je, da se v teh kartah podrobno opiše območje, število potencialno ogroženih prebivalcev in gospodarskih dejavnosti, mogoče vire onesnaževanj, stopnjo ogroženosti ter ostale koristne informacije v času poplav (Metelko Skutnik in Šantl, 2008: 105).

Za vsak scenarij pojava poplav se na kartah prikaže (Mikoš, 2007: 284):

- zamišljene pretočne globine,
- pretočno hitrost,
- območja erozijskih in drobirskih tokov.



Slika 4: Opozorilna karta poplav (Geopedia, 2014)



Slika 5: Prečni prerez vodotoka s poplavnimi območji (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 42)

### 3.3 Načrti o obvladovanju poplavne ogroženosti

Ti načrti omogočajo analizo in oceno poplavnega tveganja z namenom, da se zmanjša in preudarno upravlja s poplavnim tveganjem. Določitev stopnje varstva območja ter negradbeni in gradbeni ukrepi morajo zagotoviti trajnostno rabo prostora in zmanjšanje poplavne ogroženosti, ter javno dostopnost vseh kart in podatkov. Poda opis posameznih poplavnih območij in ukrepe za zmanjšanje poplavne ogroženosti. Predvsem vključevanje javnosti izboljša ozaveščenost o poplavni ogroženosti in pripravljenost na naravne nesreče, ki jih lahko prizadenejo (Mikoš, 2007: 284).

## 4 PROJEKTIRANJE MOSTOV

### 4.1 Uvod

Mostovi so v zgodovini predstavljali zahteven gradbeni projekt, ki se je običajno gradil na naravnih zožitvah struge. Tako je bila gradnja najenostavnejša, premostitvene zahteve najugodnejše, hkrati pa je ostalo dovolj prostora za ostale dejavnosti. Vodotoku se je z dodatnimi zožitvami odvzemalo prostor, kar je ob neugodnih hidroloških razmerah predstavljalo ozko grlo v rečni strugi. Mostove se je pogosto gradilo še z dodatnim umetnim zoževanjem naravne rečne struge in z nizkim hidravličnim nadvišanjem nivelete cestišča (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 45).



Slika 6: Dodatna zožitev rečne struge (Suhadolnik in Ivanuša, 2013, str. 65)

Zaradi boljše povezanosti in dostopnosti je gradnja mostov neizbežna. Sprva so mostove gradili iz naravnega materiala, kot sta les in kamen. Čeprav je gradnja mostov od vsega začetka pa do danes zelo napredovala, pa je njihova funkcionalnost ostala enaka. Transport, dostopnost in trgovina so le ene izmed potreb, ki so narekovale gradnjo premostitvenih objektov. Sprva je bil njihov razpon zelo omejen, a se je z iznajdbo novih materialov in tehnik gradnje povečeval.

Na izbor materiala vplivajo naslednji dejavniki:

- trdota,
- trajnost,
- odpornost na delovanje vremenskih pojavov,
- odpornost na agresivne snovi iz okolja,
- dostopnost in cena materiala,
- izgled v okolju.

Pri jeklu se pojavijo dodatne težave s korozijo in požarno varnostjo. Za zaščito pred njima se uporablja različna impregnacijska sredstva, ki se ločijo glede na kemijsko sestavo in namen zaščite. Potrebno je zagotoviti redno in kakovostno impregnacijo elementov, da ne pride do večjih težav.

Gradnja premostitvenih objektov povezuje znanja iz različnih področij. Geološka, hidrološka in hidravlična znanja se križajo s prometnotehničnimi zahtevami. Upoštevanje zahtev vseh sodelujočih znanosti pa nam zagotavlja varen premostitven objekt. Na trajno zadovoljevanje potreb pomembno pomembno vplivata izračuna globine temeljenja in velikosti mostne odprtine.

## 4.2 Vpliv premostitvenih objektov na vodni režim

Pri premostitvenih objektih je glavni medsebojni vpliv prometne infrastrukture in naravnega vodotoka. Projektni pretok narekuje velikost odprtine pod mostom in posledično hidravlično nadvišanje. Ta omogoča dodaten prepustni prostor za plavajoč transportni material. Temelji in podporniki premostitvenih objektov so stalno podvrženi erozijskemu delovanju vodotoka.

Glede na naravo posega v splošnem pričakujemo naslednje vzroke vpliva posega na vodni režim vodotokov (Hojnik, 2009: 135):

- sprememba gladin pri visokih vodah zaradi posegov v pretočni profil (npr. povišanje gladin gorvodno od zožanega pretočnega prereza),
- sprememba vodnega režima zaradi izločenih poplavnih območij ali ureditev strug (npr. Povišanje pretokov in gladin dolvodno od posega zaradi izločenih poplavnih retencij),
- sprememba vodnega režima vsled povečanega odtoka zaradi spremembe pokrovnosti in časa koncentracije na območju nameravane ureditve in zaradi kanalizacije meteornih vod.

Ker z gradnjo premostitvenih objektov neposredno posegamo v vplivna območja vode, je s predhodnimi raziskavami potrebno pridobiti vse informacije, ki so potrebni za izvedbo in obratovanje mostov. Mostovi morajo zagotavljati varno in zanesljivo premostitev, hkrati pa čimmanj vplivati na naravne razmere. V geološko geomehanskem elaboratu je tako potrebno opredeliti (TSC 03.380, Odvodnjavanje cest, 2004):

- način prečkanja ceste preko posameznih vodnih teles (npr. prečkanja vodotokov, stoječih voda, območij s podzemno vodo),
- karakteristike vodnih teles, ki so pomembne za projektiranje odvodnje (kvalitativne in kvantitativne lastnosti),
- vplivna območja posameznih vodnih teles, ki jih prečka cesta.

Za presojo vpliva posega na vodotok se uporablja različne hidrološko – hidravlične modele, vendar je v primeru, da se premostitveni objekt nahaja na poplavnem območju, je potrebno predvidevati, da bo ta prej ali slej poplavljen.

## 4.3 Pravilnik o projektiranju premostitvenih objektov

V pravilniku o projektiranju cest (Uradni list RS, št. 91/2005, 3. člen; pomen strokovnih izrazov) so premostitveni objekti definirani kot:

»premostitveni objekti« so gradbeni objekti za premostitev ovir v prostoru, razvrščeni so po vrsti izvedbe: viadukti, mostovi, nadvozi, podvozi, podhodi, nadhodi in prepusti.

Pravilnik o projektiranju cest, določa velikost mostne odprtine in hidravlično nadvišanje premostitvenih konstrukcij.

Po njem se mostna odprtina dimenzionira (Uradni list RS, št. 91/2005, 60. člen; vodotoki):

»Prosta odprtina pod mostom in v cestnem prepustu se dimenzionira za pretočno količino pogostnosti pojava visoke vode  $Q(100)$  na cesti s projektno hitrostjo večjo od 60 km/h in ceste v naselju ter za pojav visoke vode  $Q(20)$  na ostalih cestah.«

Ceste višjih kategorij si zaslužijo večji nivo varovanja. Za prometno infrastrukturo najvišjih kategorij je smiselno zagotoviti varovanje tudi pred poplavami s 500 letno povratno dobo. Samo dimenzioniranje je torej odvisno od točnosti hidroloških izračunov.

Z dovolj veliko varnostno višino se omogoči dodatno rezervo za pojav visoke vode in plavajoč material. Po Pravilniku za projektiranje cest ta znaša (Uradni list RS, št. 91/2005, 60. člen):

»Varnostna višina nad gladino vodotoka je minimalno 1,0 m za hudourniške vodotoke in 0,50 m za ostale vodotoke.«

Varnostna višina se meri od spodnjega roba premostitvene konstrukcije, do gladine vodotoka pri največjih pretokih. Poleg dodatne minimalne rezervne višine odprtine pa ta služi tudi za nemoten prepust plavajočih plavin, saj bi te predstavljale dodatno zaježitev toka in lokalni dvig gladine, kar lahko vodi v prelivanje visokih voda.

#### **4.4 Težave, ki jih povzročajo vodotoki na premostitvenih objektih**

Poznamo več razlogov za nastanek poškodb pri premostitvenih objektih. Pri premostitvenih objektih se poškodbe na objektu pojavljajo zaradi:

- prekomernih prometnih obremenitev,
- erozijskega delovanja,
- delovanja vode,
- delovanje agresivnih snovi iz okolja,
- poškodb pri trčenju.

Mostovom se zaradi poškodb manjša varnost, dokler ni že z vizualno kontrolo moč zaznati razpoke in ostale manjše ter večje poškodbe. V skrajni sili, če se redna vzdrževanja in obnove popolnoma opusti, je edina primerna rešitev popolno porušenje in izgradnja novega mostu. Pri dotrajanih mostovih se običajno izvede ukrep, kjer se promet preko mostu uredi izmenično enosmerno, kar pa pomeni pojav kolon in dodatnih zamud. Promet dodatno obremenjuje okolje, večkrat pa zamude pomenijo gospodarsko škodo, ki bi se ji z rednimi vzdrževanji in obnovami lahko izognili.

Najpogosteje pa so težave posledica neustreznega hidravličnega nadvišanja, premajhne mostne odprtine ter temeljenja podpornih zidov in stebrov.

## 5 TEMELJENJE MOSTOV

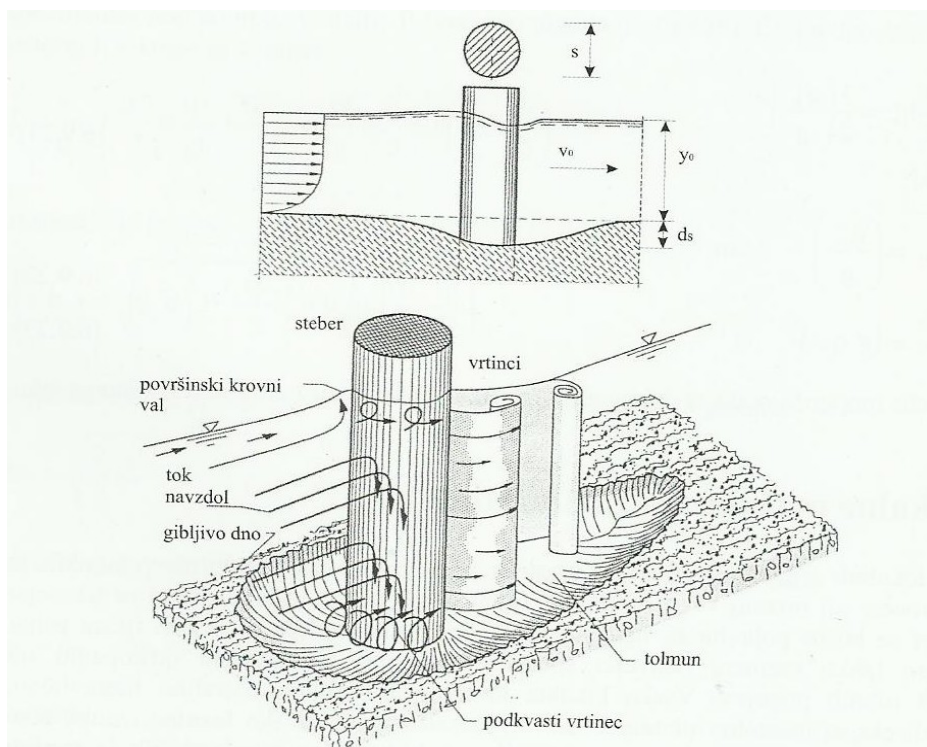
Za prve mostove iz naravnega materiala je bila največja težava, da ni bilo zagotovljeno dovolj globoko temeljenje. Tako je voda ob poplavah premostitveni objekt dvignila iz temeljev in odnesla s svojim povečanim tokom navzdol. Predvsem les kot plavajoči material predstavlja največjo nevarnost, da celotno konstrukcijo narasla reka odnese dolvodno. Plavajoča konstrukcija pa predstavlja dodatno rušilno moč ob naslednji oviri tudi v današnjih časih (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 45).

»Večina objektov, ki služijo cestogradnji, so togi in njegova stabilnost in s tem funkcionalnost je direktno odvisna od varnosti temeljne konstrukcije. Poleg nosilnosti tal pod temelji je torej v primeru interakcije tekočih voda in togih konstrukcij v ospredju predvsem vprašanje ustrezne globine temeljenja.« (Mikoš, 1996: 111)

Za pravilno izvedbo globokega temeljenja je iz okolja potrebno pridobiti geološke, geotehnične, hidrogeološke in hidrotehnične informacije ter geološke in cestne podlage. Za trajnost in varnost premostitvenega objekta pa je najpomembnejši podatek, kako agresivno površinska ali podtalna voda vpliva na samo konstrukcijo. Mostne podpore predstavljajo oviro v vodotoku in spremenijo razmere v vodnem toku. Sicer pa na dejansko globino erozijskega tolmana vplivajo (Mikoš, 1996: 108):

- širina dolžina in oblika stebra,
- pretočna globina in hitrost dotekajoče vode,
- zrnavost plavin v dnu,
- kot dotekanja vode k stebri,
- oblika dna struge,
- dotekajoče plavje.

»Lokalna erozija se pojavi ob temeljih, nosilnih podporah ali drugih delih konstrukcije vodnih in drugih zgradb, ki so v dosegu tekočih voda. Lokalna erozija nastopi kot posledica motenj v vodnem toku, ki pospešijo vodni tok, posledično nastanejo vrtinci, ki odplavijo del plavin okoli motnje. Na splošno velja, da so globine erozijskih tolmunov vsled lokalne erozije veliko večje od prej omenjenih vrst poglobljanja dna, in sicer pogosto za faktor od 5 do 10.« (Mikoš, 1996: 106)



Slika 7: Razmere v vodnem toku pri obtekanju mostnega opornika (Steinaman, 2010: 184)

Vsaka lokalna motnja bistveno ovira in spremeni porazdelitev hitrosti po prerezu. Spremembam hitrosti sledijo pojavi vrtincev in dodatno erozijsko delovanje v območju podpor, ki jim zaradi svoje oblike pravimo podkvasti tolmoni. Ti predstavljajo višek rečne energije, ki nastane zaradi lokalnih izgub in zaradi svojih erozijskega delovanja niža globino temeljenja. (Steinman, 2010: 183-185)

Erozijsko delovanje je eden izmed preblikovalnih procesov vodotoka. Temeljenje mora biti izvedeno dovolj globoko, da omogoča enakomeren prenos obremenitev na temeljna tla, hkrati pa zagotavljati dovolj zaščite pred delovanjem erozije v območju podpor. Posledice, ki zaradi erozijskega delovanja na mostne opornike lahko nastopijo, so (Klabus, 1996: 102):

- poglobljanja dna struge od mostu navzdol in med oporniki,
- spodkopani oporniki,
- posedanje opornikov, pojav razpok,
- porušitev opornikov in celega mostu, zaježitev struge,
- škoda v neposredni okolici ter v dolvodni smeri, itd.

## 6 HIDRAVLIČNE ZAHTEVE ZA USTREZNOST MOSTNE ODPRTINE

»Za pravilno dimenzioniranje pretočnih odprtin potrebujemo dodatne podatke kot so: padeč nivelete dna struge, podatki o prečnih profilih, podatek o merodajnem pretoku in njegovi povratni dobi, normalno globino in hitrost vode pri tem. Pomemben podatek je tudi dovoljena zaježitev objekta, ter varnostna višina spodnjega roba konstrukcije nad gladino merodajnega pretoka.« (Panjan, 1996: 54)

Hidravlični izračun potrebuje izmerjene pretoke na vodomernih postajah, izračune odtoka z vodozbirnih območij ali pa statistično določene pretoke s pripadajočo povratno dobo. Izračune se izvede s pomočjo Manning – Stricklerjeve enačbe za tok s prosto gladino, ki lahko temeljijo na že opravljenih meritvah (empirično vrednotenje) ali pa z uporabo diferencialnih enačb za tok s prosto gladino (teoretično vrednotenje) (Mikoš, 1996, 84-86).

»Z uporabo različnih postopkov pri hidroloških izračunih (določanje odločilnih kritičnih pretokov voda) lahko dobimo razlike, ki so večje od pol metra.« (Brilly, 1996: 93)

»Določanje kritičnih vrednosti pretokov voda in ustreznih varnostnih višin je povezano z varnostjo objektov samih in njihove okolice ter bi jih morali izbrati glede na pomen objekta, npr. Cestne povezave. Pretoki s stoletno povratno dobo morajo biti minimum za avtoceste in v kritičnih primerih moramo izbrati tudi višje vrednosti. Na primer, če nezadostno dimenzioniranje mosta lahko povzroči zaježitev in prelivanje vode čez nasip avtoceste, moramo upoštevati višje vrednosti pretokov (tisočletna povratna doba, največji možni pretok...).« (Brilly, 1996: 94)

Posledice neprimerno dimenzioniranih prepustov ali mostnih odprtin lahko razdelimo na (Klabus, 1996: 101):

- zamašitev vtoka prepusta s plavinami,
- zasipavanje struge gorvodno od prepusta,
- preplavitev neposredne okolice struge – zemljišč, cest, hiš,
- poškodbe ceste – odplavljena bankina, uničen asfalt,
- spodkopana cesta, uničen prepust, poškodbe na spremljajočih objektih,
- preusmeritev toka vode – nastanek nove struge, poškodbe dolvodno od prepusta.

S hidravličnim izračunom pretoka vodotoka moramo zagotoviti ustreznost mostne odprtine za daljše obdobje sprememb gladin na vodotoku, saj se tudi sama gradnja premostitvenih objektov načrtuje za daljše zadovoljevanje prometnih potreb.

»Varnostno nadvišanje temelji na izračunih kritičnih vrednosti gladin in je odvisno od točnosti teh izračunov, narave pojava, lastnosti konstrukcije in možnih posledic. Vprašanje rezervne pretočne zmogljivosti je toliko bolj pomembno, kadar je pretok voda določen statistično in ni uravnavan npr. z jezovnimi zgradbami.« (Brilly, 1996: 93)



## 7 STATISTIČNO DOLOČANJE RELEVANTNIH PRETOKOV

»Določevanje pretokov rek poteka po različnih metodah, izbira katerih je odvisna predvsem od naravnih pogojev vodotoka, količine merjene vode ter razpoložljive merilne opreme ter želene natančnosti meritve.« (Trček in Cankar, 2006: 182)

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) mreža vodomernih postaj na slovenskih rekah omogoča meritve pretokov in pripadajočih gladin ter izris pretočnih krivulj za posamezno vodomerno mesto. Njihovo izhodišče je, da je tok v vodotoku enakomeren in se s časom ne spreminja. Načrtovanje pretočnih krivulj poteka na podlagi terenskih meritev. Za zagotavljanje primernosti izrisane pretočne krivulje ARSO izvaja približno 6 meritev pretokov za posamezno vodomerno mesto na mreži vodomernih postaj po Sloveniji. Posamezni meritvi pretoka in pripadajoče gladine nam podata točko na grafu pretočne krivulje. Za natančnejši potek grafa pa je potrebno izvesti večji niz meritev ob različnih razmerah (Trček in Cankar, 2006: 182).

Točke se redkokdaj nahajajo v isti liniji oziroma izbrani funkciji pretočne krivulje, zato so dovoljena odstopanja  $\pm 5\%$ . Izbere se funkcija in merilo, ki omogoča čim boljše prileganje izvedenim meritvam. Natančnost pretočne krivulje je torej približno 95% za male in srednje pretoke, za višje vodostaje pa včasih izvedenih meritev ni oziroma so te zelo redke, saj je izvedba takih meritev zelo težko izvedljiva. Zato je točka na grafu za pretoke z daljšo povratno dobo večkrat izrisana s ekstrapolacijo na osnovi meritev pri pretokih s krajšo povratno dobo in je rezultat statistične obdelave z izbranim statističnim modelom (Brilly, 1996: 94).

»V hidravliki velja, da je hidravlični model vsak model za ponazarjanje (simuliranje) procesov toka, stanja toka ali dogodka, ki obravnava pojave s področja praktične hidravlike ali tehnične hidromehanike.« (Mlačnik, 2003: 173)

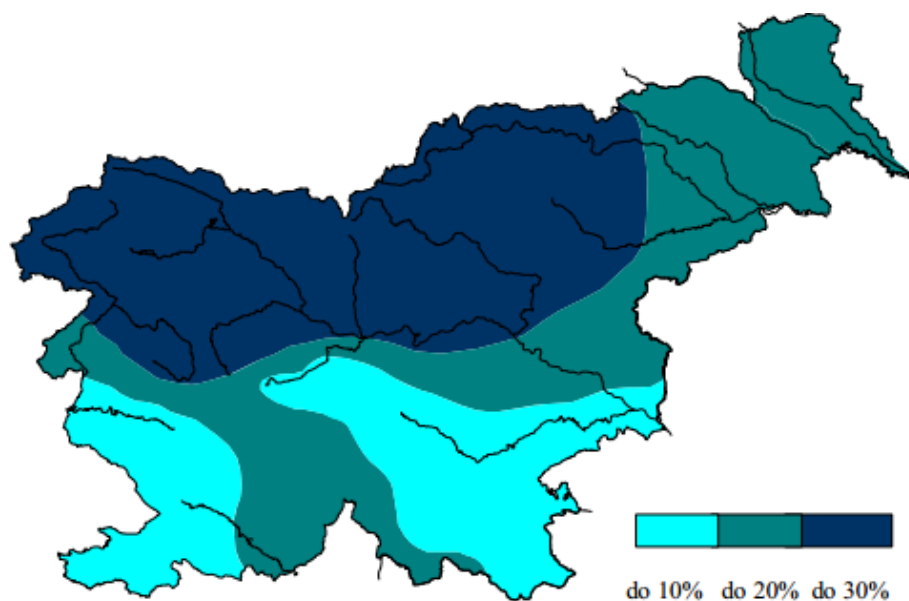
»Pri vseh ekstrapolacijah upoštevamo znane podatke o prečnem prerezu. Pri višjih pretokih se lokalni vplivi hrapavosti zmanjšujejo, podolžni padec gladine se poenoti in približa padcu doline, soodvisnosti se linearizirajo.« (Brilly, 1992: 130)

Najosnovnejši primer je grafična ekstrapolacija, sodoben pristop pa je ekstrapolacija s pomočjo matematičnega modela, ki jo v današnjih časih uspešno opravljajo računalniki. Z metodami ekstrapolacije za višje pretoke se nam statistično določeni rezultati lahko razlikujejo od dejanskih razmer. Več kot je izvedenih meritev, bolj natančna je lahko ekstrapolacija. Kljub napakam velikosti 10 %, je uporaba dobro umerjenega hidravličnega modela najboljši način za določevanje 100-letnih pretokov (Šupek, 2008: 161-164). Pri določanju pretoka z daljšo povratno dobo, je vedno potrebno upoštevati, da so ekstrapolirani rezultati doseženi z največ 95 % natančnostjo in niso pravi pokazatelj za visokovodna stanja (Brilly, 1996: 98).

## 8 VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA PRETOKE REK

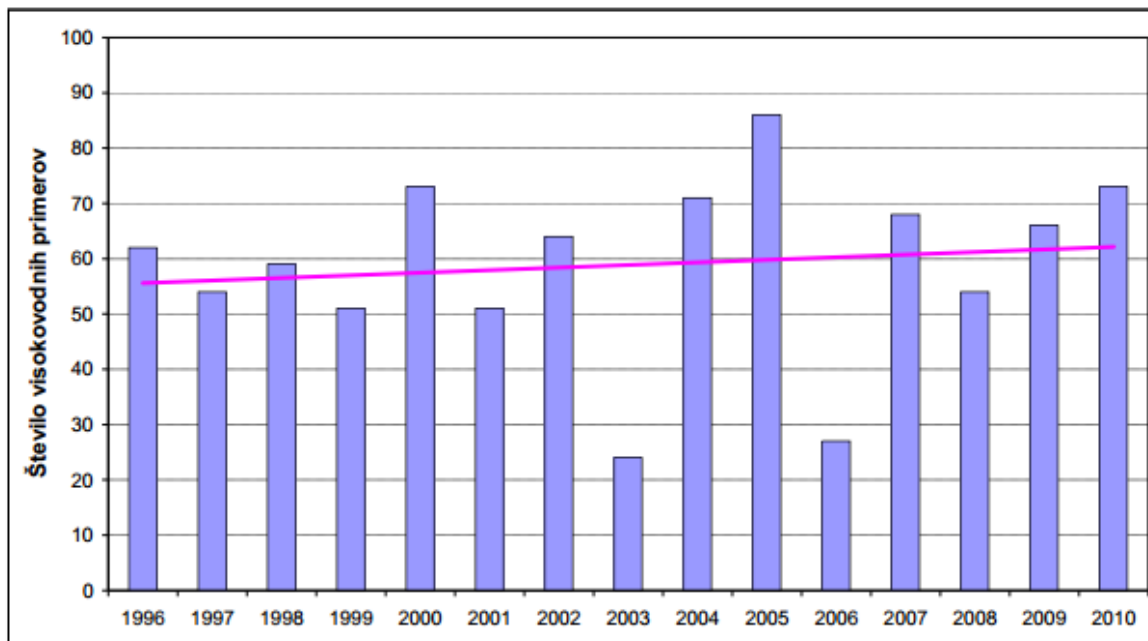
Podnebne spremembe so se pojavile zaradi različnih virov obremenjevanj in segrevanj ozračja, njihove posledice pa so v zadnjih desetletjih vse bolj opazne. Sprememba padavinskih režimov vodi v spremembo rečnih režimov. Dokazano višanje temperatur v ozračju vodi v hitrejše izhlapevanje in večje vlažnosti, predvsem pa v vse bolj intenzivne padavine. Posledica tega bo upadanje manjših in srednjih pretokov in povečanje visokovodnih konic (Kobold, 2007: 101).

20 % dvig intenzitete padavin bo najbolj prizadel alpske in predalpske vodotoke. V krajšem času bo zapadla znatno večja količina padavin in pričakovati je povečanje vodnih pretokov tudi do 30 %. Pričakovati pa je tudi mogoče spremembe glede njihovih povratnih dob. Kar je predstavljal danes pretok s 100-letno povratno dobo bo ob pričakovanih podnebnih spremembah lahko postal v prihodnosti s 50-letno povratno dobo (Kobold, 2007: 106-109).



Slika 8: Ocena povečanja velikih pretokov  $Q_{vk}$  pri povečanju maskimalne intenzitete padavin za 20 % (Rogelj, 1999)

Trend naraščanja visokovodnih stanj vodotokov se bo s podnebnimi spremembami nadaljeval in reke bodo vse večkrat dosegale opozorilne poplavne vrednosti predvsem v jesenskem času presežka padavin. Število visokovodnih stanj vodotokov bo naraščalo.

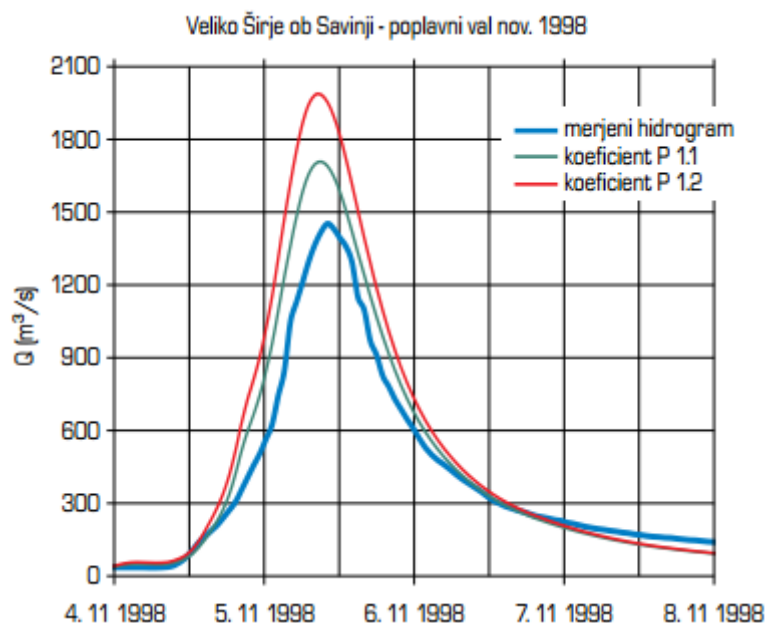


Slika 9: Število in trend pojavov visokih voda na slovenskih rekah (Kobold, Dolinar in Frantar, 2012)

Vpliv predvidenih podnebnih sprememb na naravni vodotok se bo odražal v (Kobold, 2007: 105):

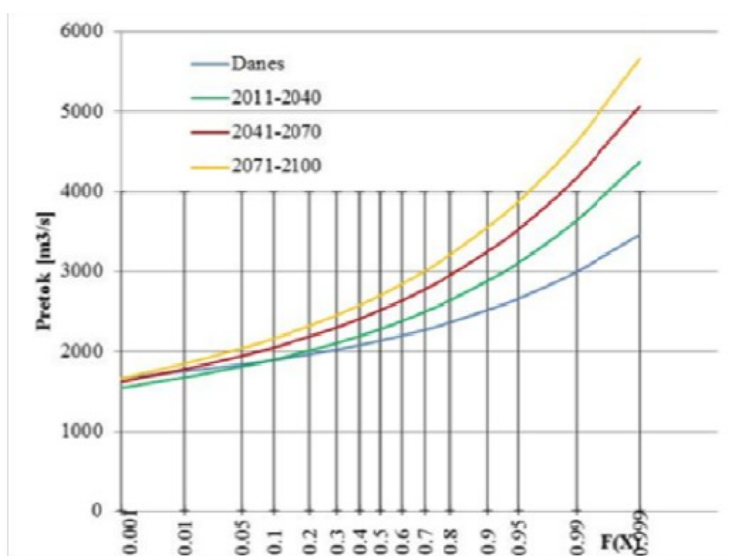
- intenzivnejših padavinah,
- povečanju količine padavin v zimskem obdobju,
- višjih zimskih pretokih,
- zmanjšanju količine vode, vezane v snežni odeji in spremembi rečnih režimov,
- nižjih poletnih pretokih,
- dvigu temperature vode in tal,
- povečanju poplavne ogroženosti,
- povečanem delovanju erozijskih sil,
- zmanjšanju količine podtalnice v poletnih mesecih, zlasti v območjih manj prepustnih tal (težave s preskrbo z vodo).

Pri modelskem izračunu za vodomerno postajo Veliko Širje na Savinji pri povečanju intenzitete padavin za 10 %, dobimo 18 % večji pretok konice visokovodnega vala, pri 20 % povečanju padavin pa za 37 % (Kobold, 2007: 107).



Slika 10: Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1998 s povečanjem intenzitete padavin za 10 in 20 % za vodomerno postajo Veliko Širje na Savinji (Kobold, 2009: 123)

Z upoštevanjem podnebnih sprememb na Reki Savi pa bi do leta 2040 tudi pretok na vodomerni postaji Čatež na Savi narasel za približno 10 % (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47).



Slika 11: Graf odvisnosti pretoka od porazdelitvene funkcije za vodomerno postajo Čatež na Savi (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47).

S pričakovanimi podnebnimi spremembami se bodo vodotokom spremenile povratne dobe pretokov. Pretok z 10-letno povratno dobo bi z nadaljnjim trendom naraščanja lahko postal pretok z 2-letno povratno dobo. Tudi 100- in 50-letni pretoki se lahko pojavijo s tudi do polovico krajšo povratno dobo, mogoč pa je tudi pojav pretokov s 1000-letno povratno dobo (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 46).

## 9 PREMOSTITVE HUDOURNIKOV

»Slovenija je hribovita in vodnata dežela, zato je hudournikov veliko. Kot hudournike pa obravnavamo vse vodotoke, katerih vodni režim je bolj ali manj hudourniškega značaja – to pa v najbolj splošnem smislu pomeni, da je njihov pretok izrazito neenakomeren (lahko sunkovito naraste ob vsakih obilnih padavinah) ter da sproščajo, plavijo in odlagajo velike količine plavin.« (Klabus, 1996: 100)

Hudourniki so tip vodotoka, ki ob močnejših in intenzivnejših padavinah hitro narastejo. Predvsem intenzivne padavine so eden izmed glavnih razlogov za vse več hudourniških poplav, medtem ko tudi dolgotrajne močnejše padavine povečajo pretok do kritične vrednosti. Tak tip vodotoka kmalu po dvigu gladin pridobi izredno erozijsko in transportno moč in s seboj odnaša različne plavajoče in neplavajoče materiale. Z nadaljnjimi podnebnimi spremembami bo intenzivnih padavin vse več, s tem pa bi se lahko povečal pojav hudourniških vodnih ujm.

V večini vodotokov hudourniškega značaja se meritve gladin in pretokov ne izvaja, ker bi ob dvigu gladine zaradi velike hitrosti toka in količine transportnega materiala voda opremo poškodovala ali odnesla s svojim tokom.

»Posamezne napake so bodisi že v projektih za nove ceste ali za rekonstruiranje starih cest, lahko pa nastanejo šele pri gradnji. Vzrokov je več, najpogostejše pa so nepoznavanje ali podcenjevanje hudourniške erozije, neustrezne izvajalske spremembe projektov ali prilagoditve terenskim razmeram.« (Klabus, 1996: 100)

## 10 POMEN VZDRŽEVANJA STRUG NA PREMOSTITVENE OBJEKTE

Samo varnost premostitvenih objektov lahko dosežemo z rednimi in investicijskimi vzdrževalnimi deli na sami konstrukciji ter iz urejanja in čiščenje struge vodotoka. Predvsem odstranjevanje plavin zagotavlja večjo varnost pri pojavu vodnih ujm.

»Pri poplavah voda erodira porasle brežine, odplavlja podrta drevesa in druge predmete in jih nosi s seboj, dokler se na prvi oviri ne zagozdijo. Predvsem so to mostne konstrukcije in njihovi oporniki. Zamašitev mostnih prepustov s prinešenimi vejami in debli, ki se zagozdijo v mostnih odprtinah (ob nosilcih), lahko povzroči zaježitev na vodotoku in voda gorvodno od mostu prestopi brežine.« (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 138)



Slika 12: Ovirana pretočnost zaradi ujetega plavja (Suhadolnik in Ivanuša, 2013: 65)

Lesen material v rečni strugi ob nižjih vodostajih ne predstavlja nobene ovire in ne vpliva za naravni vodotok, ob višjih vodostajih pa ga vodotok odnese s svojim tokom. Vsa večja debla, veje in ostalo plavje lahko zamašijo mostno odprtino in povzročijo lokalni dvig vodne gladine. Če se mostna odprtina popolnoma zamaši pa v primeru porušnja lahko pride do večjega poplavnega vala dolvodno.

Za zmanjšanje količine transportnega materiala, je potrebno zagotoviti redno čiščenje strug. Ves material, ki bi ga voda ob višjih vodostajih odnesla s seboj je potrebno odstraniti. Po letošnjem žledolomu se je tudi ob strugah nabralo ogromno plavajočega materiala. Plavajoč material lahko reka odlaga tudi neposredno na voziščno konstrukcijo premostitvenih objektov, s čimer je kar prevozna sposobnost do odstranitve materiala poslabšana ali celo prekinjena.



Slika 13: Odloženo plavje na mostu v Slapah (Suhadolnik in Ivanuša, 2013: 66)

Za odstranjevanje plavin in čiščenje strug je predpisana obvezna gospodarska javna služba, z nalogami (Zakon o vodah, 2002):

- utrjevanje bregov in dna površinskih voda ter morske obale,
- skrb za pretočnost struge tekočih voda in odstranjevanje prekomerno odloženih naplavin,
- košnja in odstranjevanje prekomerne zarasti na bregovih,
- odstranjevanje plavja, odpadkov in drugih opuščeni ali odvrženi predmetov in snovi iz površinskih voda in z vodnih ter priobalnih zemljišč v upravljanju ministrstva,
- čiščenje gladine površinskih voda in preprečevanje onesnaženja vodnih in priobalnih zemljišč.

## 11 UKREPANJE V ČASU POPLAV

»Ob nevarnosti poplave moramo mostove nadzorovati in organizirati opremljene ekipe za njihovo zaščito.« (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 183). Vsak porušen most predstavlja še dodatno nevarnost za dolvodne premostitvene objekte, saj ga voda odnese s seboj. Za mostove je v času poplavne nevarnosti zadolžiti opazovalce, ki ob pričetku vodne ujme obvestijo ustrezne organe, da lahko ukrepajo.

Da bi bilo ukrepanje ob poplavah čim bolj organizirano in učinkovito je potrebno pripraviti ustrezne načrte za zaščito in reševanje ob poplavah na lokalni, občinski in regijski ravni. Civilna zaščita ima že pred poplavami načrt ukrepanja in pomembno je, da premostitveni objekti niso izpuščeni iz njega.



## 12 ROOM FOR THE RIVER

Reki se je ves čas preko zgodovine odvzemalo prostor tudi s premostitvami in načinom njihove izvedbe. Naravne zožitve so bile najprimernejše za premostitve, vendar so jih umetne zožitve in oblike prepustov pod mostovi še dodatno zožile. Reke so bile ujete v ozki strugi in zavarovane z višjimi nasipi. Tako se je ob večji količini padavin, gladina vodotoka dvignila še hitreje kot sicer. Zaradi naravnega ali umetnega ozkega grla pa je bila onemogočena normalna odvodnja pretokov z daljšo povratno dobo (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 45-48).

Ker ne moremo zgraditi popolnoma trdnih mostov, ki bi vzdržali tudi obremenitve večjega poplavnega vala, se je tudi pri mostovih vodotokom potrebno prilagoditi in jim omogočiti dovolj prostora za odvodnjo večjih pretokov. Ob porušenju mostov, se stroški sanacije že tako omejenega proračuna še dodatno povečajo. Z dodatnim dvigom nivelete in razširitvijo razponov premostitvenih objektov pa je reki omogočen prost prehod pod mostno odprtino.

Room for the river, je projekt, ki so ga zasnovali na Nizozemskem. Velik del ozemlja Nizozemske leži na poplavnih območjih, kjer se njihove tri glavne reke Ren, Meuse in Šelda v obliki deltastega izlivajo v Severno morje. Brez protipoplavnih ukrepov pa bi vsaj dve tretini Nizozemskega ozemlja občutile posledice poplav. Ta projekt upošteva vpliv podnebnih sprememb na pojav večjih pretokov in višjih gladin vode in strmi k povečanju pretočnosti posameznih delov rek.

Izvedba projekta Room for the river se je pričela v letu 2007 kot pobuda Nizozemskega ministerstva za okolje in prostor. Predstavlja sodelovanje Nizozemske, Belgije, Francije in Nemčije ter sosednjih držav, preko katerih se razprostirajo reke, ki povzročajo največ težav za prebivalstvo. Do leta 2050 naj bi z različnimi ukrepi dosegli zvišanje pretočnosti reke Ren z 15000 na 16000 m<sup>3</sup>/s in zmanjšali uničujoče posledice poplav predvsem tako, da bi omogočili večjo pretočnost in kontrolirano poplavljanje na območjih, kjer bi bila škoda najmanjša. Hkrati bi poskrbeli tudi za prostorsko ureditev, povezavo okoljskih vrednot z ukrepi in izboljšanjem kakovosti življenja ob rekah z upoštevanjem naravne in kulturne dediščine (Room for the River Planning Key Decision, 2006).

Projekt je usmerjen v odstranjevanje ovir, prepuščanje večjega prostora vodi, poglobljanje strug, odstranjevanje in pomikanje nasipov navzven, povečevanje zadrževalnikov ter zniževanje poplavnih območij. Narave nikoli ne bomo premagali s silo, lahko pa se ji prilagodimo. Višanje in ojačitev nasipov sta se iz najpogostejšega ukrepa spremenil v ukrep v zadnji sili. S pravo regulacijo in odstranjevanjem ovir bi veliko bolje vplivali na nižanje poplavnega območja in omogočili višjo poplavno varnost. Zato bi bila pomembna sprememba miselnosti iz protipoplavne gradnje v prilagajanje vodotokom, da kontrolirano poplavlajo, na območjih, kjer bi bilo najmanj škode za človeka in njegove dejavnosti (Dutch Water Program Room for the River, 2007).

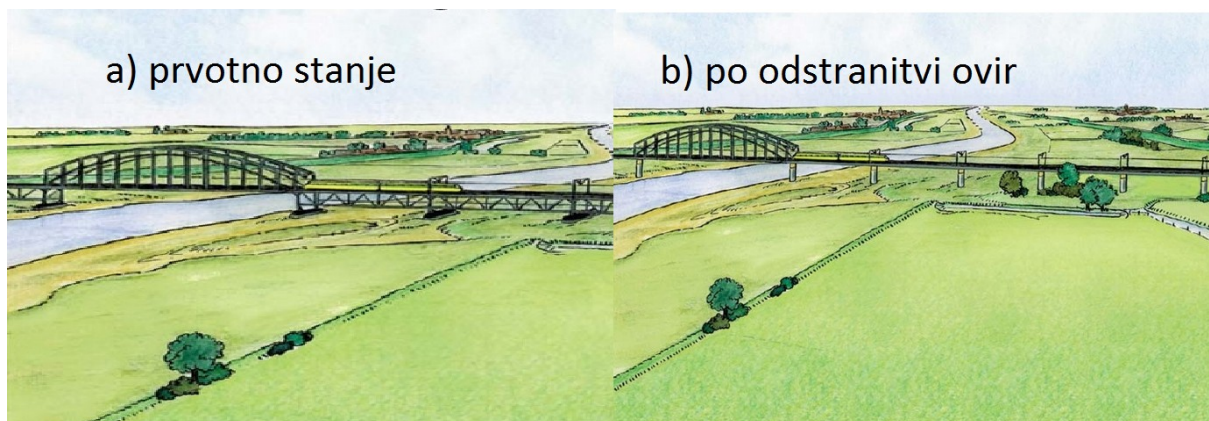
### 12.1 Ukrepi projekta Room for the river pri mostovih

Zniževanje poplavnih konic je rezultat celovitega urejanja rečne struge. Ukrep, ki so ga uporabili pri mostovih, je namenjen odstranjevanju pretočnih ovir.



Slika 14: Odstranjevanje ovir pod mostovi (Dutch Water Program Room for the River, 2007)

Odtrnitev oziroma ureditev ovir, kot so premostitveni objekti, predstavlja izboljšanje pretočnih razmer vodotokov.



Slika 15: Prikaz odstranitve ovir pod mostovi (Room for the river presentation, 2011)

## 13 PORUŠENI MOSTOVI OB POPLAVAH

### 13.1 Železniki

18. 7. 2007 je zaradi dolgotrajnih in močnih nalivov je na območju Železnikov narasla hudourniška reka Selška Sora. Zajel jih je poplavni val z velikostjo približno 2 m. Časa za ukrepanje zaradi nenadnega pojava ni bilo veliko. Poplavna katastrofa je vzela tri življenja, dve izmed njih je narasla reka odnesla skupaj z vozilom. Zaradi prizadetih gospodarskih dejavnosti Alples, Alpmetala, Domela in NIKO-ta pa so zaradi razlitja kemikalij in kurilnega olja omejiti onesnaževanje. Nekontrolirano razlivanje bi namreč pomenilo še hujše posledice za okolje. (Kuntarič in Andrejek, 2008, 76-80). Dostopnost je bila zaradi nanešenega transportnega materiala in uničenih cest ponekod onemogočena. Selška Sora je odnašala s seboj vse, kar se je uprlo njenemu toku. Tudi avtomobili so postali plavajoč transporten material, ki ga je reka skorajda popolnoma uničenega odložila na razlivno območje.



Slika 16: Poškodovani in uničeni avtomobili (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 47)



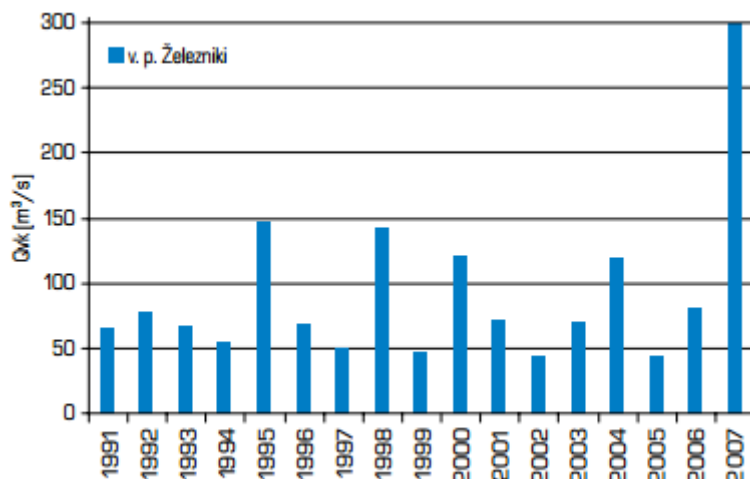
Slika 17: Ostanke avtobusa po poplavi v Železnikih (Brilly, Špitalar in Vidmar, 2013: 48)

#### 13.1.1 Pretok Selške Sore 18.9.2007

Po hidroloških analizah iz leta 1992 in leta 2010 je količina pretoka s 100-letno povratno dobo narasla za približno 13 %. (Udovč, Fazarinc, Zidarič in Košak, 2011: 67) Tudi izračunani in ekstrapolirani rezultati pretočnih krivulj vodomerne postaje Železniki dajo različne rezultate za visokovodne konice.

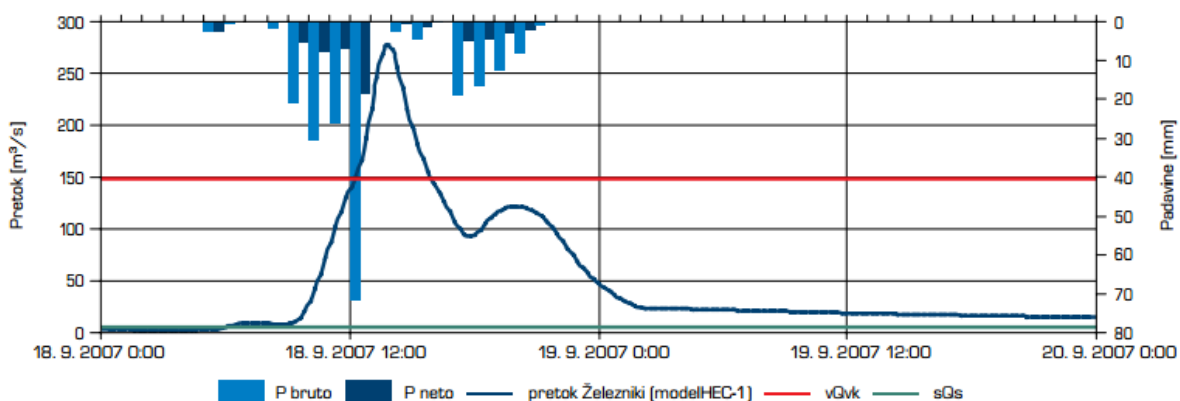
Pretočne krivulje se spreminjajo s številom opravljenih meritev. Dobimo bolj natančen rezultat, ki si pa še vedno ne zasluži našega popolnega zaupanja.

Po hidroloških podatkih naj bi konica poplavnega vala na vodomerni postaji Železniki dosegla celo  $Q = 310 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar je skoraj polovico večje kot s hidrološkimi analizami iz leta 2010 določenim stoletnim pretokom  $Q_{100} = 255 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Černe in Ilc, 2007: 50-51) Najvišji vodostaj je bil zaradi nedelovanja vodomerne postaje določen po sledovih reke in je znašal 551 cm. Najvišji vodostaj je bil z ekstrapolacijo pretočne krivulje določen na okoli  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ , ki pa zaradi kratkega niza merjenj od leta 1991 ni vreden popolnega zaupanja (Kobold, 2008: 67-68).



Slika 18: Letne visokovodne konice Selške Sore na vodomerni postaji Železniki (Kobold, 2007)

Z uporabo umerjenega hidravličnega modela HEC-1 je glede na pridobljene padavinske podatke iz okoliških merilnih postaj v času poplavnega dogodka kot največji pretok poplavne konice podal rezultat  $278 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z ekstrapolacijo pretočne krivulje pa je bil glede na višino vode 551 cm dobljen pretok  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  (Kobold, 2008: 67-68).



Slika 19: S hidravličnim modelom HEC-1 določen graf poteka poplavne konice (Kobold, 2007)

### 13.1.2 Poplavna varnost Železnikov

Prevodna sposobnost same struge Selške Sore skozi Železnike se giblje nekje med  $100$  in  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ . Obokana mostova proti Racovniku in proti Trnju ter betonski most proti pokopališču predstavljajo glavne ovire za povečanje prevodnosti v središču Železnikov, vendar obokana mostova predstavljata kulturno dediščino, ki jo je potrebno ohraniti. Delna obnova je dovoljena le pri mostu na Trnju. (Udovč, Fazarinc, Zidarič in Košak, 2011: 67-69).

Na opozorilni karti poplav so označeni obokana mostova proti Racovniku (1) in proti Trnju (2) ter

betonski most proti pokopališču (3).



Slika 20: Opozorilna karta poplav z označenimi mostovi kulturne dediščine (Geopedia, 2014)



Slika 21: Delno obnovljen most proti Trnju (foto: Nejc Žura)

Zaradi premajhnih mostnih odprtin so mostovi predstavljali oviro v toku. Ob krajnih temeljih mostov je prišlo do preliivanja in poplavljanja Selške Sore, na poddimenzioniranih mostovih pa se je odložila tudi velika količina plavja, ki so ga lahko odstranili šele po umiritvi razmer.



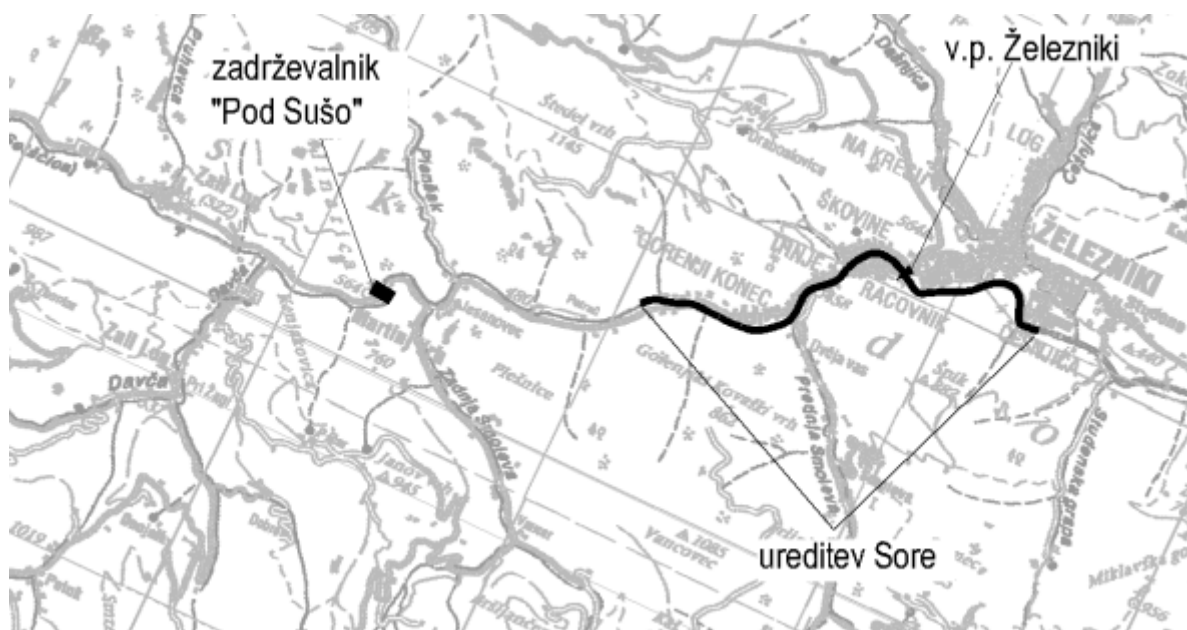
Slika 22: Nanešene plavine na mostu v Ovčjo vas (foto: Žurnal24)



Slika 23: Očiščen most v ovčjo vas (foto: Nejc Žura)

Za sanacijo in ureditev številnih odsekov je poskrbelo VGP d.d. Kranj. Z utrditvami brežin in postavitvijo zaplavnih pregrad je bila dosežena višja poplavna varnost mesta samega. Z rekonstrukcijo regionalne ceste Zali Log – Davča je bilo obnovljenih ali popolnoma zgrajenih kar nekaj mostov. Leta 2012 je bil izven mesta ob sotočju reke Davščica in Selške Sore postavljen nov most, kjer so z razširitvijo dosegli večjo prepustno sposobnost. Tudi sama cestna trasa teče nekaj metrov dolvodno od prejšnje lokacije.

Zaradi strnjenegega naselja in kulturne dediščine je protipoplavno ureditev v samem mestu Železniki praktično nemogoče izvesti. Zmanjšanje poplavne konice na približno  $190 \text{ m}^3/\text{s}$  je mogoče doseči le s poglobitvijo in izravnavo enakomernega padca struge ter gorvodnimi ukrepi, predvsem izgradnjo suhega zadrževalnika pod Sušo bi povečali poplavno varnost mesta samega. Potrebna bi bila tudi prestavitvev oziroma obnova Alplesovega, Dermotovega in Dolenjčevega jezua. S tem bo dosežena smiselnost sanacije po poplavih in preprečitev poškodb na mostovih tudi v času visokih hudourniških vod (Udovč, Fazarinc, Zidarič in Košak, 2011: 67-69).



Slika 24: Shematski prikaz suhega zadrževalnika pod Sušo (Udovč, Fazarinc, Zidarič in Košak, 2011:



Slika 25: Novozgrajen most na koncu regionalne ceste Zali Log – Davča (foto: Nejc Žura)

### 13.2 Dobrova – Polhov Gradec

Občina Dobrova - Polhov Gradec se nahaja ob Polhograjskem hribovju. Največji vpliv na pojav vodnih ujm ima hudourniška reka Gradaščica, ki nastane s sotočjem Male vode in Božne v Polhovem Gradcu. Reka Gradaščica poplavlja večinoma v hladni polovici leta, zaradi intenzivnih padavin pa je sama reka večkrat prestopila bregove in se začela razlirati v bližini naselja Dvor pri Polhovem Gradcu, ob najbolj neugodnih razmerah pa je Gradaščica prizadela tudi samo mesto Ljubljana v mestnem predelu Vič (Wikipedia, 2014).



Slika 26: Poplavljeni Gradaščica na območju Viča septembra 2010 (foto: barje.net)

Reka Gradaščica je v svoji zgodovini večkrat prestopila bregove, nazadnje pa je povzročila razdejanje 5. in 6. avgusta 2014. V manj kot pol ure je Gradaščica narasla iz 127 cm na 292 cm višine vode, zaradi neprekinjenih padavin pa je narasla na novo rekordno vrednost 314 cm (PGD Dvor, 2014).

Voda je sprožila več plazov, uničenih je bilo med 30 in 50 km cest, porušeni pa so bili tudi štirje mostovi. Ogrožala in zalila je več stanovanjskih objektov, prizadela pa je tudi industrijski objekt podjetja Konstrukcije Schwarzmanna, vendar poplave niso povzročile tudi tehnološke nesreče kot v Železnikih.



Slika 27: Poplavljena cesta ob Gradaščici avgusta 2014. (foto: 24ur)

S svojim povečanim tokom je reka s seboj prinesla ogromne količine plavja. Vsa podrta drevesa in ostal lesen material, ki so po žledolomu ostali ob rečni strugi, je vodotok odnesel dolvodno in pridobil novo rušilno moč. Nekaj plavja se je ujelo pod mostno odprtino in še dodatno zmanjšalo pretočno sposobnost, ob nadaljnjem dvigu gladine pa se je plavje odlagalo tudi na samo vozišče premostitvenih objektov.



Slika 28: Poškodovan most zaradi odlaganja plavin na voziščno konstrukcijo (foto: Nejc Žura)





Slika 29: Uničen most zaradi plavin (foto: Vehar Sebastjan s .p.)



Slika 30: Ostanki porušenega mostu ob Gradaščici (foto: Nejc Žura)

Porušeni most so nadomestili z začasnim, ki so ga postavili z nasutjem kamenega materiala preko dveh cevnih prepustov. Da je taka rešitev neprimerna, se je pokazalo že ob naslednjem močnejšem deževju dne, 21. 8. 2014, ko je bil tudi ta nadomestni most zaradi premajhne prepustnosti cevnih prepustov znova poškodovan.



Slika 31: Začasni most namesto porušenega (foto: Nejc Žura)

Za samo poplavno varnost pa je poleg dovolj velike prepustnosti mostov potrebno zagotoviti urejanje strug in postavitev novih suhih zadrževalnikov. Zadrževalnik nad Polhovim Gradcem Velika Božna s 5,5 milijona kubičnih metrov vode in 42 metrov visoko pregrado je dovolj velik, medtem ko imata zadrževalnika Brezje v Horjulski dolini in Razori pred Ljubljano premajhno kapaciteto zadrževanja. Predvsem pa bi bilo kot osnovni ukrep potrebno poskrbeti za temeljito odstranitev podrtih dreves in ostalega materiala, saj vse to predstavlja novo nevarnost ob vodnih ujmah (Breznik, 2010).

## 14 ZAKLJUČEK

»Poplave so eden izmed naravnih pojavov, ki so z drugimi geološkimi procesi oblikovali in še preoblikujejo zemeljsko površje. Zbiranje in odtok povečanih količin padavin povzročata intenzivne procese erozije ne samo v strugi vodotoka, temveč tudi v celotnem povodju.« (Brilly, Mikoš in Šraj, 1999: 9)

Predvsem hudourniške vodne ujme nam povzročijo ogromno materialno škodo, večkrat pa so povzročene tudi smrtne žrtve. Ker ima voda nepredstavljivo moč, se je naravnim vodotokom ob poplavljanju potrebno prilagoditi. Z ustreznimi ukrepi za premostitvene objekte bi lahko dosegli, da bi ob poplavnih dogodkih ostali varni.

»Imperativ reševanja hudourniške problematike je torej multidisciplinarnost – to pa pomeni sodelovanje gradbenikov, hudourničarjev, gozdarjev, kmetijcev, ekologov, krajinarjev in vseh drugih uporabnikov prostora.« (Klabus, 1996: 104)

Kot prvi nivo varovanja lahko vzamemo že samo umeščanje premostitvenih objektov. Izogibati se je potrebno naravnim ožinam in poplavna območja upoštevati kot omejitev v prostoru. Potek cestne trase naj se prilagaja razmeram na vodotoku.

Pri hidravličnih izračunih za mostne odprtine je potrebno upoštevati nenatančnost izračuna in trend podnebnih sprememb. Pričakujemo lahko, da se bodo pretokom zmanjšale povratne dobe, možen pa je tudi pojav 500- in 1000-letne vode. Dimenzioniranje mostnih odprtin vseh mostov bi se zaradi upoštevanja trenda sprememb moralo spremeniti. Za dimenzioniranje premostitvenih objektov občinskega pomena, bi namesto 50-letne povratne dobe, morali uporabiti vsaj 100-letni pretok in dodatno varnost zagotoviti z večjim hidravličnim nadvišanjem. Za avtoceste pa bi bilo smiselno razmišljati o pretokih in višinah 1000-letne povratne dobe. Dostopnost je ob naravnih nesrečah lahko življenjskega pomena.

Podporni stebri dodatno zvišajo gladino vodotoka, ob samih stebrih pa se najpogosteje ujamejo rečne plavine. Transportni material, ki se ujame v mostni odprtini ali pa neposredno odlaga na voziščno konstrukcijo pa dodatno ogroža varnost same konstrukcije. Zaradi velike količine plavin in računsko določene višine vode, bi bilo vsaj pri hudourniških vodotokih potrebno uporabiti vsaj 0,5 m večje minimalno hidravlično nadvišanje, za premostitvene objekte s podpornimi stebri pa še dodatnega 0,5 m.

S čiščenjem rečnih strug ob nižjih vodostajih pa lahko poskrbimo za samo varnost že pred poplavami brez posega v samo konstrukcijo. Zagotavljanje sredstev za izvajanje gospodarske javne službe čiščenja naravnih vodotokov je izrednega pomena. Popolnega očiščenja številnih rečnih strug ni mogoče doseči, se pa vsa vložena ali nevljučena sredstva v čiščenje rečnih strug na tak ali drugačen način povrnejo. Prednost pa si zaslužijo vodotoki, ki bolj ogrožajo antropogeno okolje. Razvrstitev rek po prioriteti potrebe čiščenja, bi zaradi omejenih sredstev dalo boljši rezultat.

Vse več porušeni mostov kaže na potrebe po spremembah pri njihovem umeščanju in dimenzioniranju. Mostovi lahko vplivajo na gorvodno in dolvodno stanje v času same poplave. Kot lokalna motnja predstavljajo objekt, preko katerega voda redno sprošča svoje sile. Da se s hidravličnimi silami ne bi bilo potrebno spopadati pa je potrebno zagotoviti dovolj veliko prepustnost mostov z upoštevanjem dodatnih varnostnih faktorjev.

## VIRI

### Knjige in priročniki

Brilly, M. 1996. Kriteriji za nadvišanje nad kritične vrednosti gladin vode pri hidravličnem dimenzioniranju nekaterih objektov. Voda in ceste. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Novo mesto: str 93-94.

Brilly, M. 1992. Osnove hidrologije. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 130.

Brilly, M., Špitalar, M. in Vidmar, A. 2013 Ceste in varnost pred poplavami, Ceste in poplave – zbornik. Fakulteta za gradbeništvo, Maribor: str. 45-48.

Brilly, M., Mikoš, M. in Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 42.

Brilly, M., Mikoš, M. in Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 6-7, 9, 44-45, 52-53, 138, 183.

Brilly, M., Špitalar, M. in Vidmar, A. 2013. Ceste in varnost pred poplavami. Ceste in poplave – zbornik. Fakulteta za gradbeništvo, Maribor: str. 47.

Černe, M. in Ilc, U. 2007. Zagotavljanje poplavne varnosti Železnikov – koncept ureditve Selške Sore. Mišičev vodarski dan 2007. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 50-51.

Dutch Water Program Room for the River. 2007. <http://waterandthedutch.com/wp-content/uploads/2013/08/Room-for-the-River.pdf>

Hojnik, T. 2009. Karte poplavne in erozijske nevarnosti ter omilitveni ukrepi. Mišičev vodarski dan 2009. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 135.

Juvanc, A. in Radakovič, M. 2006. Prostorski pristop pri nartovanju variant daljinskih cest. 8. slovenski kongres o cestah in prometu. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Ljubljana: str. 2-3, 8-9.

Klabus, A. 1996. Pet najpogostejših napak pri gradnji cest ob hudournikih ali prek njih. Voda in ceste. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Novo mesto: str. 100-104.

Kobold, M. 2007. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma št. 22. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana: str. 67-68.

Kobold, M. 2007. Vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek. Mišičev vodarski dan 2007. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 101, 105-109.

Kobold, M. 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma št. 22. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana: str. 67-68.

Kobold, M. 2009. Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave. Ujma, št. 23. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana: str. 123.

Kobold, M., Dolinar, M. in Frantar, P. 2012. Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. I. Kongres o vodah Slovenije 2012. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 18.

Kuntarič, B. in Andrejek, O. 2008. Železniki – simbol za katastrofo in solidarnost. Ujma št. 22. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana: str. 76-80.

Metelko Skutnik, V. in Šantl S. 2008. Poplavna direktiva in prostorsko načrtovanje. Mišičev vodarski dan 2008. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 109.

Mikoš M. 1996. Premostitve naravnih vodotokov in lokalna erozija. Voda in ceste. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Novo mesto: str. 106, 108, 111.

Mikoš, M. 1996. Vrednotenje pretočnih hitrosti voda v strmih hudourniških strugah. Gradbeni vestnik št. 45. Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana: str. 84-86.

Mikoš, M. 2007. Upravljanje tveganj in nova evropska direktiva. Gradbeni vestnik št. 56. Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana: str. 284.

Mlačnik, J. 2003. Vloga hidravličnih modelov v vodarski inženirski praksi. Mišičev vodarski dan 2003. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 173.

Panjan, J. 1996. Odvodnjavanje padavinskih vod v zaprtih sistemih in funkcije zadrževalnih bazenov. Voda in ceste. Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Novo mesto: str. 54.

Petkovšek, A. 2013. Nevezane plasti cest in voda – večna a nevšečna sopotnika. Ceste in poplave – zbornik. Fakulteta za gradbeništvo, Maribor: 26 str.

Ravnikar Turk, M., Žvanut, P., Širca, A. in Humar, N. 2012. Varnost pregradnih objektov. I. Kongres o vodah Slovenije 2012. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 26.

Rogelj, D. 1999. Ocena vpliva klimatskih sprememb na hidrološke razmere slovenskih vodotokov. MOP HMZ RS, Ljubljana.

Metelko Skutnik, V. M., in Šantl, S. 2008. Poplavna direktiva in prostorsko načrtovanje. Mišičev vodarski dan 2008. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 104-105

Steinman, F. 2010. Hidravlika. 2. ponatis. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana: str. 183-185.

Suhadolnik, A. in Ivanuša, B. 2013. Poplavna varnost skozi problematiko križanja cest z vodotoki. Ceste in poplave – zbornik. Fakulteta za gradbeništvo, Maribor: str. 65-66.

Šupek, M. 2008. Ekstrapolacija pretočne krivulje s hidravličnim modelom HEC-RAS. Mišičev vodarski dan 2008. Vodnogospodarski biro, Maribor: 161-164

Trček, R. in Cankar, B. 2006. Meritve visokovodnih pretokov slovenskih rek z ultrazvočnimi merilniki. Ujma št. 20. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Ljubljana: str. 182.

Trobec, T. 2011. Vodogradbeni protipoplavni ukrepi za varstvo pred škodljivim delovanjem hudourniških poplav kot sestavni del obvladovanja poplavnega. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana: str. 105-106.

TSC 03.380, Odvodnjavanje cest. 2004. Direkcija Republike Slovenije za ceste, Ljubljana: str. 9.

Udovč, M., Fazarinc, R. Zidarič, M. in Košak, M. 2011. Državni prostorski načrt za zagotavljanje poplavne varnosti Železnikov – predstavitev ureditev v fazi priprave gradiv za javno razgrnitev državnega prostorskega načrta. 22. Mišičev vodarski dan. Vodnogospodarski biro, Maribor: str. 67-69.

Vehar, Sebastjan s. p., Polhov Gradec 50, 1355 P.G.

### **Pravilnik, Zakonik**

Pravilnik o projektiranju cest. 2005. Uradni list RS, št. 91/2005 z dne 14. 10. 2005.

Zakon o vodah (ZV-1). 2002. Uradni list RS, št. 67/02 z dne 3. 6. 2014

### Internetni viri

24ur.com. 2014. <http://www.24ur.com/novice/slovenija/razbesnela-so-se-neurja-zaradi-plazovin-naraslih-rek-stevilne-ceste-neprevozne.html> (Pridobljeno 8.7.2014).

Barje.net. <http://www.barjanskicvet.si/arhiv.php?id=8794> (Pridobljeno 8.7.2014).

Breznik, M. 2010. Potek poplave in predlog protipoplavne zaščite. <http://www.delo.si/novice/slovenija/potek-poplave-in-predlog-protipoplavne-zascite.html> (Pridobljeno 8.7.2014).

Geopedia. 2014. [http://www.geopedia.si/?params=L6329\\_T105\\_vL\\_b4\\_x464015\\_y101739\\_s13#T105\\_L6329\\_x548999\\_y88835\\_s11\\_b4](http://www.geopedia.si/?params=L6329_T105_vL_b4_x464015_y101739_s13#T105_L6329_x548999_y88835_s11_b4) (Pridobljeno 8.7.2014).

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2014. [http://www.nws.noaa.gov/hic/flood\\_stats/recent\\_individual\\_deaths.shtml](http://www.nws.noaa.gov/hic/flood_stats/recent_individual_deaths.shtml) (Pridobljeno 8.7.2014).

PGD Dvor. 2014. <http://www.pgd-dvor.si/rekordno-visoka-gradascica-povzrocila-pravo-razdejanje/> (Pridobljeno 8.7.2014).

Room for the River Planning Key Decision. 2006. <http://www.ruimtevoorderivier.nl/media/21963/pkb%20%20approved%20decision%20h01-h086.pdf> (Pridobljeno 8.7.2014).

Room for the river presentation. 2011. <http://www.slideshare.net/DutchEmbassyDC/room-for-the-river-presentation-2011> (Pridobljeno 8.7.2014).

Wikipedia. 2014. [http://sl.wikipedia.org/wiki/Polhov\\_Gradec](http://sl.wikipedia.org/wiki/Polhov_Gradec) (Pridobljeno 8.7.2014).

Zurnal24. 2007. <http://www.zurnal24.si/v-zeleznikih-se-nadaljuje-cistilna-akcija-clanek-8105> (Pridobljeno 8.7.2014).