

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:

Grubač, J., 2015. Hudourniške poplave. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M., somentor Rusjan, S.): 29 str.

Datum arhiviranja: 30-09-2015

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:

Grubač, J., 2015. Hudourniške poplave. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M., co-supervisor Rusjan, S.): 29 pp.

Archiving Date: 30-09-2015

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
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

JOVANA GRUBAČ

HUDOURNIŠKE POPLAVE

Diplomska naloga št.: 214/B-GR

FLASH FLOODS

Graduation thesis No.: 214/B-GR

Mentor:

prof. dr. Mitja Brilly

Somentor:

doc. dr. Simon Rusjan

Ljubljana, 22. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Jovana Grubač izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 24.8.2015

Jovana Grubač

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.8:551.577(043.2)
Avtor:	Jovana Grubač
Mentor:	prof. dr. Mitja Brilly
Somentor:	doc. dr. Simon Rusjan
Naslov:	Hudourniške poplave
Tip dokumenta:	Diplomska naloga, univerzitetni študij
Obseg in oprema:	29 str., 9 sl.
Ključne besede:	hudournik, poplave, poplavna ogroženost, daljinsko zaznavanje, protipoplavni ukrepi, erozija, drobirski tok

Izvleček:

V diplomski nalogi je predstavljen pojav hudourniških poplav in njihova razlika v primerjavi z ostalimi poplavami. Do poplav običajno pride ob močnih ali dalj časa trajajočih padavinah. V zadnjih letih so taki padavinski dogodki precej pogosti in ljudje se soočamo z vprašanji o podnebnih spremembah, ki bi lahko povzročile vedno večje število naravnih nesreč. V Sloveniji so hudourniške poplave poznan pojav, saj je Slovenija dežela, ki leži v povirnih delih mnogih vodotokov. Predvsem v severozahodnem hribovitem delu Slovenije, kjer letno pade največ padavin, so pogoste hudourniške poplave in erozija.

Hudourniške poplave običajno spremljajo še ostali procesi kot so hribinski plazovi, hudourniška erozija in blatni ter drobirski tokovi. Omenjeni procesi imajo velik vpliv tudi na končno škodo, ki jo običajno precej povečajo.

Zaradi zelo hitrega pojava in kratkega časovnega trajanja hudourniških poplav je pomemben dejavnik pri zmanjšanju škode pravočasno in čim bolj točno napovedovanje le teh. Za kvalitetno napovedovanje pa je potrebno usklajevanje več dejavnikov. V zadnjih letih se skupaj z razvojem tehnologije vedno bolj uporabljajo tehnike daljinskega zaznavanja, ki so precej doprinesle h kvalitetnim poplavnim napovedim.

V diplomskem delu so opisani tudi različni protipoplavni ukrepi, ki se uporabljajo za zmanjšanje posledic in škode, ki jih hudourniške poplave pustijo za sabo. Z ustreznimi zakonskimi predpisi o graditvi objektov na poplavno ogroženih območjih, večjim številom vremenskih merilnih postaj, radarskimi in satelitskimi opazovanji in kvalitetnimi vodogradbenimi ukrepi lahko dosežemo hitrejše napovedovanje in ukrepanje ob hudourniških poplavah.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.8:551.577(043.2)

Author: Jovana Grubač

Supervisor: Prof. Mitja Brilly, Ph.D.

Co-advisor: Assist. Prof. Simon Rusjan, Ph.D.

Title: Flash floods

Document type: Graduation thesis, university studies

Scope and tools: 29 p., 9 fig.

Key words: torrent, floods, flood risk, remote sensing, flood protection, erosion, debris flow

Abstract:

The thesis presents flash floods phenomenon and the differences between flash floods and other types of floods. Flooding is usually caused by intense or long-lasting rainfall event. These kinds of events are more often in the last years and climate changes could cause even more natural disasters.

Flash floods are quite known phenomenon in Slovenia which is situated in many upper parts of river basins. Flash floods and erosion are most common in northwestern hilly landscape of Slovenia where is also measured the biggest amount of annual precipitation.

Flash floods are often accompanied by landslides, erosion, mud and debris flows. These processes can cause even bigger damage than just flash flood only. Because of a rapid and short-term event of flash flooding is quality forecast very important to reduce the damage.

Quality forecast depends on several different factors which all should be considered. In the last years is popular use of remote sensing systems for more accurate flood forecasts.

The thesis also presents different types of flood protection which are used to reduce the damage caused by flash flooding. With flood protection such as appropriate statutory regulations for building on zones at high risk of flooding, a higher number of rain-gauges, weather radars, satellite systems and quality structural measures we can achieve faster and more accurate flood forecasts and measures in time.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Mitji Brillyju za strokovno pomoč pri pisanju diplomske naloge.

Posebna zahvala gre moji družini, fantu in prijateljem, ki so me podpirali v vseh letih tekom mojega študija.

Jovana Grubač

KAZALO VSEBINE**Vsebina**

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD.....	1
2 NARAVNE NESREČE IN VODNE UJME.....	2
2.1 Določanje ogroženosti poplavnega območja.....	2
2.1.1 Zakonska podlaga	3
2.1.2 Izdelava kart ogroženosti.....	4
2.2 Značilnosti poplav	6
2.2.1 Opis poplavnega pojava.....	6
2.2.2 Delitev poplav	6
2.2.3 Poplave v Sloveniji	7
3 HUDOURNIŠKE POPLAVE	9
3.1 Pobočni procesi.....	10
3.1.1 Erozijski pojavi v hidrotehnikih.....	11
3.1.2 Hribinski plazovi.....	12
3.1.3 Hudourniška erozija.....	12
3.1.4 Drobirski in blatni tokovi	13
3.2 Temelji učinkovitega napovedovanja hudourniških poplav	14
3.2.1 Faktorji poplavnih napovedi (Collier, 2007)	15
3.2.2 Napovedovanje hudourniški poplav na urbanih območjih	16
3.3 Daljinsko zaznavanje (Lamovec, Mikoš, 2011).....	17
3.3.1 Radarsko opazovanje v Sloveniji.....	18
3.3.1.1 Vremenski radar na Lisci	19
4 PROTIPOPLAVNI UKREPI	20

4.1. Vodogradbeni ukrepi za varstvo pred poplavami	20
4.1.1 Regulacije strug vodotokov	21
4.1.2 Nasipi	22
4.1.3 Zadrževalniki.....	22
4.1.4 Prečni objekti.....	23
4.2 Alternativni ukrepi.....	24
5 ZAKLJUČEK.....	26
VIRI	27

KAZALO SLIK

Slika 1: Erozijska in hudourniška območja Slovenije	1
Slika 2: Matrika s stopnjami nevarnosti kot funkcija verjetnosti in intenzitete	4
Slika 3: Karta poplavne nevarnosti s prikazanimi pogostimi, redkimi in zelo redkimi poplavami	5
Slika 4: Padavinska karta Slovenije med leti 1961-1990	7
Slika 5: Vodne površine v Sloveniji	8
Slika 6: Posledice hudourniške poplave v Davči leta 2010	10
Slika 7: Radarska slika padavin v Sloveniji, dne 21.8.2015	18
Slika 8: Vremenski radar na Lisci	19
Slika 9: Hudourniška pregrada na Prosci nad Dolenjo vasjo	24

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

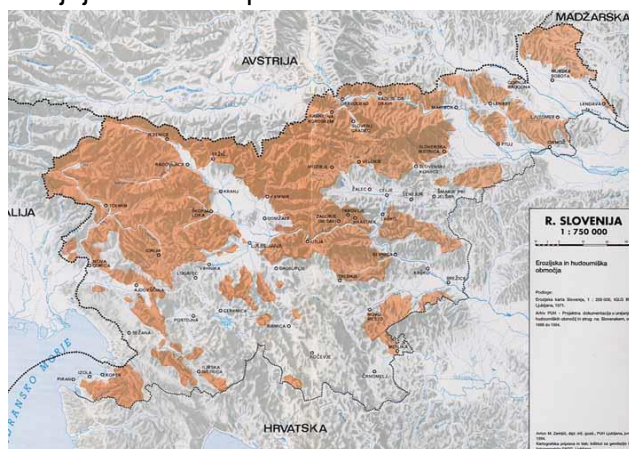
Človek in njegov obstoj na Zemlji je že od vsega začetka odvisen od vode. Ne samo, da je voda bistveni element za življenje, voda je skozi zgodovino tudi krojila preseljevanje in naseljevanje ljudi, ki so si gradili mesta in ustvarjali življenja ob večjih vodotokih. Prve civilizacije so tako nastale ob velikih vodotokih kot so Evfrat in Tigris, Nil, Indu, Rumena reka in mnoge druge. Na področju Egipta in Mezopotamije so prve civilizacije zaradi pomanjkanja padavin začele izkoriščati poplavno vodo, ki se je ponavljala vsako leto znova, za namakanje polj in s tem za obstoj kmetijstva in same civilizacije.

Poplave torej spremljajo človeka, odkar se je razvilo življenje na Zemlji in človek se je skozi zgodovino moral prilagoditi naravi in njenim zakonitostim zavoljo lastnega preživetja. Moč narave so se ljudje naučili izkoriščati in si v določenih primerih z njo tudi pomagati.

V današnjih časih smo priča večjim podnebnim spremembam in vsakodnevno nas mediji obveščajo o mnogih naravnih nesrečah, ki se dogajajo po svetu. Vodne ujme in poplave so gotovo eden izmed pomembnejših dejavnikov, ki v zadnjih letih spreminjajo človeška življenja. Žal pa je ravno človek tisti, ki je z začetkom industrijske dobe zaradi dobička začel pohlepno posegati v naravo in jo spreminjati. V predindustrijski dobi so se ljudje izogibali poseljevanj v poplavnih območjih, z razvojem industrije pa so se naselja razvila na poplavnih ravninah, dolinah in kotlinah. Industrija in vedno večje število ljudi na Zemlji so začeli spreminjati podobo našega planeta in vse skupaj je pripomoglo k povečanju podnebnih sprememb, ki jih spremljajo naravne nesreče.

Slovenija je dežela, ki ima zelo razgibano pokrajino in zato se srečujemo z raznolikimi naravnimi nesrečami. Ker je Slovenija hkrati dežela zelo bogata z vodnimi viri, spadajo poplave med naravne pojave, ki v zadnjih letih vedno pogosteje posegajo v naša življenja na različne načine. In ko govorimo o poplavah v Sloveniji, so te poplave običajno hudourniškega značaja, saj naša dežela leži v povirnih delih večjih rek z izjemo reke Mure in Drave (Mikoš in Brilly, 2004).

Ker so hudourniške poplave zelo značilne za Slovenijo in jih je v svetovnem merilu zelo težko točno napovedati zaradi njihove specifičnosti, sem želela v svojem diplomskem delu povzeti značilnosti teh, jih primerjati z ostalimi naravnimi nesrečami in predstaviti ukrepe, ki se izvajajo v svetu in pri nas.



Slika 1: Erozijska in hudourniška območja Slovenije (Varstvo pred hudourniki in erozijo)

2 NARAVNE NESREČE IN VODNE UJME

Beseda ujma, ki se vedno pogosteje uporablja za naravne nesreče na splošno, se v osnovi uporablja za dogodke, povezane z vremenskimi pojavi (Adamič, Geografski obzornik, 2005). V Slovarju slovenskega knjižnega jezika je beseda opisana kot dogodek ali pojav v naravi, ki povzroči veliko škodo.

Pojem naravna nesreča opredeljuje nesrečo, ki je nastala kot posledica nevarnosti zaradi naravnih pojavov (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Nekatere naravne nesreče so zgolj posledica meteoroloških dogodkov, kot so neurja, tornadi, temperaturni ekstremi, snežni viharji in drugi pojavi, poznamo pa tudi bolj kompleksne naravne nesreče, ki so povezane tako z vremenom kot s podnebjem in vodo (poplave, nalivi, visoki morski valovi, peščeni viharji, požari, smog in dim, zemeljski, blatni in snežni plazovi, roji puščavskih kobilic, ...). Med naštetimi naravnimi nesrečami pa lahko izločimo tako imenovane vodne ujme, ki jih povzroča voda tako ali drugače.

Vzroki vodnih ujme so lahko:

- meteorološki pojavi: nevihte in neurja z močnim vetrom in dežjem, snežni viharji
- hidrološki pojavi: vse vrste poplav, snežni plazovi
- geološki in geomorfološki pojavi: podori in hribinski plazovi.

Med naštetimi vodni ujmi so poplave tiste naravne nesreče, ki v svetu povzročijo največjo materialno škodo in zahtevajo največje število smrtnih žrtev. V ameriški meteorološki zvezi so v svoji izjavi leta 2000 zapisali, da so med vsemi poplavami ravno hudourniške poplave tiste, ki pustijo največje posledice v naravi in zahtevajo največ življenj (AMS, 2000). Kot primer navajajo hudourniške poplave v Dallasu v zvezni državi Teksas, kjer je 5. maja leta 1995 v roku ene ure 17 ljudi izgubilo življenje in je nastala materialna škoda za več kot 1 bilijon dolarjev. Kot primer uničujočih hudourniških poplav v Evropi pa je lahko Mala Svinka 20. Julija leta 1998 (Slovaška), kjer je življenje izgubilo 48 ljudi (Miklanek, Halmova, Pekarova) in pa uničujoče poplave na Balkanu (Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Srbija) v mesecu maju leta 2014, kjer je življenje izgubilo preko 40 ljudi (RTV, 21.5.2014).

2.1 Določanje ogroženosti poplavnega območja

Prostor, kjer lahko pride do naravnih nesreč, lahko razdelimo na območja z različno stopnjo ogroženosti. Tak način delitve prostora prevladuje v Evropi, vendar pa obstaja problem pri taki delitvi, saj je težko določiti meje med posameznimi stopnjami ogroženosti. Dejansko ogroženost določimo z integralno analizo pojmov nevarnosti in ranljivosti oziroma škode. Pojem nevarnosti ali tveganja zajema naravne pogoje z določeno verjetnostjo za nastanek poplav, plazov ali erozije, medtem ko pojem ranljivosti zajema stroške škode človekove dejavnosti (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999). Ranljivost se je tako povečala s povečano rabo prostora, ki se je razširila tudi na poplavna območja (doline, ravnice ob večjih vodotokih,...). Zato je smiselno prostorsko načrtovanje v današnjem času zelo pomembno za zmanjšanje poplavne ogroženosti.

Nevarnostni in škodni potencial sta sestavljena iz treh skupin parametrov, tj. verjetnostne, fizikalno-socialno-ekonomske in časovne skupine:

- Nevarnostni potencial obravnavamo v podskupinah kot so verjetnost nastopa, jakost dogodka in trajanje nevarnosti. Govorimo pa o skupku verjetnih scenarijev nastopa nevarnega naravnega pojava na izbranem območju.

- Škodni potencial razčlenimo na izpostavljenost, razsežnost, ranljivost, vrednost in čas obnove. Gre za skupek možnih škodnih izidov ob nastopu nevarnosti na izbranem območju.

(Đurović, 2012)

Končni škodni izid na ogroženih območjih je odvisen od časovnega obdobja, v katerem se prebivalci in ostali dejavniki dejansko nahajajo na ogroženem območju, njihova kvantiteta, dovzetnost za poškodbe in tržna ali družbena vrednost. Trajanje nevarnosti je faktor, ki je pri nas manj pomemben kot tam, kjer se poplavna voda zadrži daljše časovno obdobje, precej bolj pomemben dejavnik pa je čas, ki je potreben za obnovo, saj hitro obnovljiv gradnik prostora pomenijo tudi manjšo velikost škodnega potenciala. Vse naštetu pa določa velikost škode ob potencialnem nevarnem dogodku.

Po Đuroviću (Đurović, 2012) se pri analizi poplavne ogroženosti, predvsem zaradi razpoložljivih podatkov, omejimo na naslednje parametre vrednotenja tveganosti:

- obstoj znane možnosti nastopa poplave in
- razsežnost, izpostavljenost, ranljivost in vrednost predmetov v prostoru.

Ranljivost oziroma škodni potencial je temelj za izvajanje alternativnih ukrepov, ki so za današnjo informacijsko družbo zelo pomembni in pogosto uporabljeni.

Ranljivost lahko razdelimo na podlagi evropskih izkušenj v tri razrede (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999):

- Nenadomestljiva škoda (smrtne žrtve, trajno uničena kulturna dediščina, katastrofalne ekološke nesreče kot posledica naravne nesreče,...)
- Velika materialna škoda (porušitve in trajno uničenje objektov, splošna posredna škoda, velika onesnaženja, ki jih je nemogoče sanirati,...)
- Manjša materialna škoda (poškodovani posamezni objekti in infrastruktura, gozd, naravna dediščina, poljščine,...)

2.1.1 Zakonska podlaga

Zaradi precej neurejenih razmer ob poplavnih dogodkih sta Evropski parlament in Svet Evropske unije konec oktobra leta 2007 sprejela Direktivo 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (Direktiva, 2007), oziroma krajše, evropsko poplavno direktivo, v kateri se od članic Evropske unije zahteva, da pripravijo do konca leta 2013 karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti, do konca leta 2015 pa tudi končne načrte za obvladovanje poplavne ogroženosti, ki morajo temeljiti na preprečevanju, varstvu in pripravljenosti za ukrepanje ter napovedovanju poplav in zgodnjih sistemih obveščanja. (Evropski parlament in Svet Evropske unije, 2007).

V slovensko zakonodajo je bila Direktiva 2007/69/EC prenesena s (Trobec, 2011):

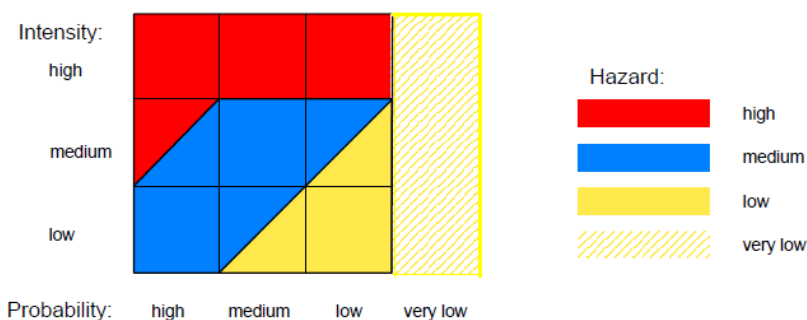
- spremembami in dopolnitvami zakona o vodah,
- sprejetjem Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti,
- z izdajo Uredbe o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti 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.

V Pravilniku 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 so podane za določanje stopnje ranljivosti posplošeni kazalci za vrednotenje ogroženosti, zato z njimi ni mogoče določevati ogroženosti posameznih objektov. Z upoštevanjem stopnje nevarnosti in ranljivosti je mogoče izdelati matriko ogroženosti na podlagi katere se določi ogroženost posameznih območij in za vsako območje izdelata karta ogroženosti (Pravilnik, 2007).

Ogroženost torej določamo s pomočjo kart nevarnosti in ogroženosti, kjer so prikazani prostorsko opredeljeni naravni pojavi. Obvladovanje tveganja s kartami ogroženosti je tako imenovano preventivno obvladovanje, saj na ta način zmanjšujemo verjetnost nastanka nevarnosti in škodnih posledic. Pogosto se stopnja ogroženosti prikazuje tudi s škodnim potencialom, npr. z opisom, kako škoda narašča z dvigom vodostaja. Kot že rečeno, velikost škode vse bolj narašča, delno zaradi posegov v prostor, ki še vedno premalo upoštevajo dejansko nevarnost in ranljivost. Razlogov za to je več, kot primer je intenzivna raba prostora in s tem povečevanje ekonomske vrednosti objektov in infrastrukture znotraj poplavnih območij, zmanjševanje prostora za razlivanje vode ob ekstremnih dogodkih, zagotavljanje zgolj minimalnih varnostnih ukrepov in njihovo neprimerno vzdrževanje itd.

Glavni poudarek bi moral biti na zmanjševanju ranljivosti. To pa zahteva integrirano upravljanje s tveganjem, ki bi moralo temeljiti na načelu subsidiarnosti. Pri takem upravljanju moramo upoštevati in izpolnjevati tri korake: pripravljenost na dogodek, hiter odziv ob dogodku in ustrezno sanacijo po dogodku (Loat in Zimmermann, 2003).



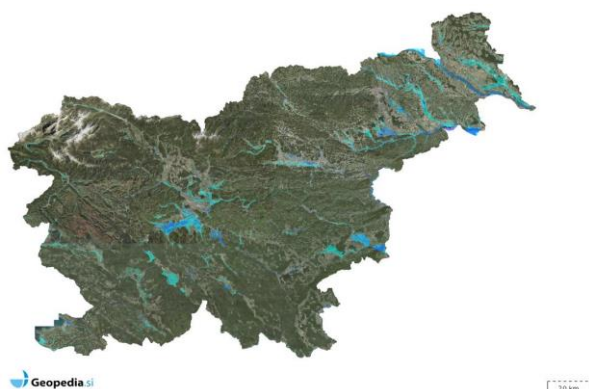
Slika 2: Matrika s stopnjami nevarnosti kot funkcija verjetnosti in intenzitete (Loat in Zimmermann, 2003)

2.1.2 Izdelava kart ogroženosti

Izdelava kart poplavne ogroženosti ni enostavna naloga, saj združuje veliko različnih področij. Topografski, meteorološki, hidrološki in številni drugi podatki, kot so gostota prebivalstva in raba prostora, so potrebni za izdelavo kart ogroženosti. Tehnologija, ki v zadnjih letih bliskovito napreduje, je pomemben dejavnik pri zbiranju podatkov in izdelavi natančnih kart poplavne nevarnosti in ogroženosti. Za kvaliteten zajem podatkov topografije

je tako močno doprinesel razvoj in uporaba tehnologije LIDAR (Light Detection And Ranging), ki temelji na laserskem skeniranju. Kot rezultat laserskega skeniranja dobimo množico georeferenciranih točk, ki se z naknadno obdelavo klasificira glede na to, od česa se je laserski signal odbil (tla, vegetacija, stavbe, vode...), zatem pa se izdelata še digitalni model terena (Projekt lasersko skeniranje in aerofotografiranje, gov.rs). Prav tako so nam okolja GIS (geografski informacijski sistemi) olajšala umestitev hidravličnih modelov v prostor in olajšala ter izboljšala natančnost in ločljivost izrisa poplavnih linij in razporeditve hitrosti vodnega toka v prostoru.

Karte ogroženosti zaradi poplav in erozije se izdelajo šele nato, ko imamo izdelane opozorilne karte poplavne nevarnosti. Karte poplavne nevarnosti prikazujejo geografska območja, kjer lahko pride do poplav z majhno, srednjo ali veliko verjetnostjo. Karte poplavne ogroženosti pa prikazujejo možne škodljive posledice, ki nastanejo po poplavnem dogodku. Vse države članice Evropske unije morajo imeti izdelane in dostopne opozorilne karte poplavne nevarnosti in opozorilne karte poplavne ogroženosti. Karte poplavne nevarnosti in ogroženosti za Slovenijo so dostopne na spletnih straneh Agencije Republike Slovenije za okolje in na Geopediji. Na omenjenih opozorilnih kartah za Republiko Slovenijo so območja nevarnosti razvrščena v tri razrede: pogoste, redke in zelo redke poplave. Na kartah ni podatkov o verjetnosti nastanka dogodkov in zato tudi ni mogoče določiti stopnje nevarnosti. Podana je le ocena zanesljivosti podatkov za posamezno območje, ki je podana z oceno od 1 do 10, kjer je 1 najnižja raven zanesljivosti, 10 pa najvišja. V skladu z zahtevami poplavne direktive nova metodologija določanja poplavne nevarnosti ne upošteva zgolj dosega poplavnih voda, temveč poplavna območja razvršča v cone glede na več dejavnikov. Poplavne linije na kartah označujejo pretoke z različnimi povratnimi dobami. Tako lahko na karti izberemo prikaz podatkov za poplave z 10-letno, 100-letno ali 500-letno povratno dobo, med katerimi poplavni dogodki s 100-letno povratno dobo predstavljajo srednjo verjetnost poplav. Za dogodke s 100-letno povratno dobo se poleg dosega vode upoštevata tudi lokalna globina in hitrost vodnega toka. Podatek o globini in hitrosti vode je pomemben za določanje stopnje intenzitete dogodka. Globina ob poplavah je pomemben podatek za načrtovanje dejavnosti v prostoru, kot je na primer način reševanja (čolni, peš,...). Iz produkta globine in hitrosti a se lahko izračuna udarna sila vode, ki je pomembna za določanje ranljivosti človeka (odnašanje) in objektov (stabilnost).



Slika 3: Karta poplavne nevarnosti s prikazanimi pogostimi, redkimi in zelo redkimi poplavami (Geopedia, 2015)

2.2 Značilnosti poplav

Poplave moramo obravnavati kot sestavni del pokrajine, saj so poplave na poplavnih območjih nekaj povsem običajnega in so eden izmed geoloških procesov, ki so pripomogli k oblikovanju zemeljskega površja in ga še danes oblikujejo. Poplavna območja so sestavni del vodotokov in so kot del vodnega sistema pomembna za vodni ekosistem in vodni režim. Zaradi bogatega ekosistema poplavnih območij, ta območja vsebujejo pomembno naravno dediščino. Hkrati so tudi začetek razvoja življenja mnogih organizmov, saj s poplavami pridejo tudi naplavine, ki običajno vsebujejo hranljive snovi za razvoj in obstoj življenja (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999). V Sloveniji se poplave v večjem obsegu običajno pojavljajo v nižinskem svetu ob večjih vodotokih in na kraških poljih, za katere je značilna premajhna požiralna zmogljivost v naluknjani apnenčasti podlagi. Ker so se na takih območjih razvile glavne prometne poti in večje kmetijske površine, je v teh primerih potrebna večja in bolj preudarna zaščita pred poplavami in omejitev potencialne škode (Mikoš, 2007).

2.2.1 Opis poplavnega pojava

(Brilly, Mikoš, Šraj, 1999) govorijo o poplavah kot o redkem in zelo dinamičnem pojavu. Zaradi povečanih količin padavin pride do intenzivnih procesov erozije v strugi vodotoka in hkrati v celotnem povodju. Ko se začne površinska preperina na pobočjih spirati, pride do zemeljskih plazov, ki običajno končajo v rečni strugi in voda posledično prestopi bregove in začne poplavljati. Zaradi intenzivnega premeščanja lebdečih snovi se kalnost vodotoka močno poveča in poleg plavin, ki jih voda premešča po dnu struge, se večji predmeti imenovani plavje, začnejo premikati skupaj s tokom vode. Plavje se lahko na ožjih delih vodotoka nabere v tolikšni meri, da pride do zajezitve vodotoka. Ko se pretok še dodatno poveča, pride do porušitve zajezitve in s tem do dodatnega poplavnega vala. Voda se tako razlije po okolici. Ob umiku vode nazaj v strugo, za njo ostanejo na površju naplavine, plavajoči predmeti in ostalo onesnaženje.

Za poplavne valove je značilno hitro naraščanje pretoka vode ob pojavu, nato pa sorazmerno kratkotrajen maksimalni pretok in bolj počasno upadanje.

2.2.2 Delitev poplav

Poplave se razlikujejo (Državni načrt zaščite in reševanja ob poplavah, Uprava RS za zaščito in reševanje):

- po tipu vodotoka (gorski, dolinski, ravninski)
- glede na relief zemljišča (ježa, depresije)
- po obsegu
- glede na jakost in razprostranjenost padavin
- glede na letni čas (jesenske, spomladanske)
- po tipu visokovodnega vala
- po trajanju
- po pogostosti (povratna doba poplav, npr. 100-letne poplave)
- glede na vrsto zemljišča in na poplavljen objekt

Vzrokov za nastanek poplav je veliko. Možni vzroki nastanka poplav po (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999) so:

- zaježitve (zajezen odtok na kraških poljih, zaježitve zaradi snežnih ali zemeljskih plazov)
- delovanje hudournikov
- posedanja (naravnega ali povzročenega z gospodarsko dejavnostjo)
- padavine
- dvig gladine morja, kot posledica plimovanja
- pregrade plavajočega ledu
- blatni tokovi (ob vulkanskih izbruhih)

V Sloveniji delimo poplave na:

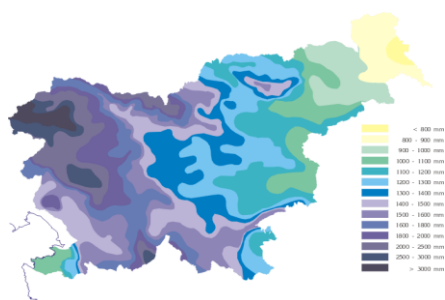
- hudourniške
- rečne nižinske
- kraške in
- poplave morja

2.2.3 Poplave v Sloveniji

Na Slovenskem poplave ogrožajo več kot 300 000 hektarjev površin. Največji del poplavnega sveta (237 000 ha) je v ozkih dolinah vzdolž hudourniških grap (Državni načrt zaščite in reševanja ob poplavah, Uprava RS za zaščito in reševanje).

Močne padavine, ki jih nad naše kraje prinašajo vlažne frontalne zračne gmote, ki pridejo iz smeri Padske nižine in se začnejo vzpenjati ob pobočju Dinarsko- Alpskega gorovja, so zelo pogost povzročitelj poplav v Sloveniji (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999). Najbolj neugodne padavinske razmere nastanejo, ko pride do kombinacije frontalnih padavin z orografsko pogojenimi konvekcijskimi padavinami.

Za Slovenijo so značilne velike razlike v količini padavin po posameznih območjih, vendar pa v grobem lahko rečemo, da v Sloveniji vsako leto pade sorazmerno velika količina padavin in sodi naša država med bolj vlažna območja. Na zahodu države imamo območja z najbolj obilnimi in dalj časa trajajočimi padavinami, medtem ko so vrednosti na vzhodu države precej nižje. V najbolj namočenih krajih Slovenije pade približno štirikrat več padavin kot v najbolj suhih, kar si lahko pogledamo na padavinski karti Slovenije.



Slika 4: Padavinska karta Slovenije med leti 1961-1990 (Agencija Republike Slovenije za okolje)

Na območjih z veliko količino padavin je narava običajno prilagojena povečanemu površinskemu odtoku (večja poraslost tal). Prav tako na takih območjih ni velike razlike med vsakoletnimi pojavi in pojavi z daljšo povratno dobo.

V takih naravnih razmerah kot jih poznamo na področju naše države, je poleg velike količine padavin izredno pomembna količina vlage v zemljini oziroma predhodna vlažnost.

Večja kot je vlažnost zemljine, tem večja količina padle vode odteka površinsko. Odtok vode, ki se zbira v vodotokih ob povečani količini padavin in povzroča dvig gladine vode v strugi, je tako odvisen od vlažnosti zemljine. Najbolj pogoste v naših krajih so ciklonske padavine spomladi in jeseni, vendar so možne tudi v ostalih letnih časih.

Za Slovenijo sta značilna dežni in snežni odtočni režim. Snežno-dežni režim je značilen za vodotoke visokogorskega sveta in predgorja Slovenije.

Slovenijo lahko razdelimo na pet vodnih območij (Državni načrt zaščite in reševanja ob poplavah, Uprava RS za zaščito in reševanje):

- vodno območje Mure
- vodno območje Drave
- vodno območje Save
- vodno območje Soče
- vodno območje obalnega morja s pritoki

Z izjemo rek Mure in Drave, ki v Slovenijo pritekata iz Avstrije, ostale reke izvirajo na naših tleh. Zaradi lege v povirnih delih, so za Slovenijo značilne intenzivne hudourniške poplave, ki potekajo v pasu po dolini reke Soče do Idrijce, po dolini Bače v dolino Selščice, v območju Kamniške Bistrice in Savinje vse do Pohorja in Kozjaka.



Slika 5: Vodne površine v Sloveniji (Geopedia, 2015)

3 HUDOURNIŠKE POPLAVE

V Slovarju slovenskega knjižnega jezika najdemo zapis, da je hudournik gorski potok z zelo velikim padcem. Sama beseda hudournik je izpeljanka iz besedne zveze huda ura, kar pomeni nevihtno dogajanje (Snoj, 1997).

Hudourniške poplave se pojavljajo ob mnogih manjših hudournikih v gorskem, hribovitem in gričevnatem svetu, pa tudi ob nekaterih večjih rekah, kot sta na primer Savinja in Sora v Sloveniji. Ozka in praviloma le par deset metrov široka dolinska dna ob manjših potok v hribovitem svetu so pogosto zelo aktivna in hkrati tudi ogrožena območja hudourniških poplav. Take površine predstavljajo po grobih ocenah kar 12% celotnega slovenskega ozemlja oziroma okrog 237 000 ha, prepreda pa jih kar 8000 km hudournikov (Mikoš, 2007).

Ne smemo pozabiti na recentne vršaje, ki so ravno tako hudourniška območja, hkrati pa so privlačni za poseljevanje in so zaradi tega razloga precej ogroženi ob močnejših padavinah in neurjih. Recentni vršaji so podrobneje opisani v poglavju Hudourniška erozija.

Hudourniške poplave so kratkotrajen in izjemno silovit pojav, ki se pojavi v zelo kratkem času po dogodku, ki jih povzroči (intenzivne padavine, porušitev jezov, hitro taljenje snega,...).

Značilno za njih je, da vode zelo hitro narastejo (od tod tudi izraz v angleščini »flash floods«, saj »flash« v prevodu v slovenščino pomeni bliskovito) in začnejo poplavljeni. V hudourniških vodotokih je prisotno mešanje zraka, vode in plavja in zato imamo opravka z večdimenzionalnimi tokovi, zaradi česar je zelo zahtevna njihova fizikalna obravnava. Ob naraščanju voda, se prenašajo velike količine plavja, vode pa običajno po nekaj urah divjanja že upadejo. Ob hudourniških poplavah se pogosto pojavijo tudi pobočni procesi, ki lahko v določenih primerih povzročijo več škode kot sama poplava (globinska in bočna erozija, zemeljski ali hribinski plazovi, snežni plazovi, drobirski tokovi). Pobočni procesi, ki spremljajo hudourniške poplave lahko povzročijo več škode in za sabo pustijo več smrtnih žrtev, zato je potrebno ob obravnavi hudourniških poplav posvetiti pozornost tudi tem procesom. Hudourniške struge imajo v večini primerov velik vzdolžni naklon, kar je pomembna informacija skupaj s pretoki in velikostjo plavin, pri računu pretočne globine, geometrije in hrapavosti struge, prodonosnosti in kalnosti (Mikoš, 2000). Zaradi velikih padcev ima voda veliko hitrost in posledično tudi moč in se vodna energija disipira drugače kot v nižinskih vodotokih. Zaradi velike hitrosti in moči vode ter plavin, ki se skupaj z njo prenašajo po prostoru, so hudourniške poplave zelo nevaren naravni pojav tako za človeka in živali kot za vse premočnine in nepremočnine, ki so v času poplavljanja na poplavnem območju.

Za hudournike je značilno izjemno nepredvidljivo obnašanje, saj so lahko pretoki v sušnih obdobjih zelo nizki oziroma lahko celo presahnejo, ko pa pride do povečanih pretokov, so lahko ti večji za celo nekaj razredov. Najbolj kritični so kratkotrajni in nepredvidljivi intenzivni nalivi, saj ne znamo točno predvideti pretokov in dogodkov, ki temu sledijo. Zaradi nepredvidljivosti hudournikov so zelo pomembna redna in kvalitetna opazovanja in meritve v realnem času. V zadnjih letih se je opazovanje hudournikov tudi na najbolj odročnih lokacijah zelo razširilo in postalo bolj kvalitetno. Postopke bom podrobneje opisala v tekstu, ki še sledi.



Slika 6: Posledice hudourniške poplave v Davči leta 2010 (Rtvslo, 7.10.2010)

3.1 Pobočni procesi

V geografiji se za procese, ki delujejo na zemeljskem površju in odnašajo zemeljska gradiva z vzpetin v nižje lege, uporablja izraz pobočni procesi. Večinoma pride do pobočnih procesov zaradi delovanja sile teže ali vode. Tako so zelo pomemben dejavnik za sprožitev večjih pobočnih procesov obilne in/ali dolgotrajne padavine, ki pronicajo globoko v podlago. Padavine in potresi so lahko povod za nastanek pobočnih procesov in delujejo kratek čas ter odločajo le o času sprožitve procesa, ne pa tudi o količini gradiva. Vzroki za pobočne procese pa so dalj časa trajajoči dejavniki, ki imajo pomembno vlogo tudi pri količini premeščenega gradiva. Med zunanje ali eksogene vzroke, ki so pomembni pri hudourništvu, za sprožitev pobočnih procesov spadajo dalj časa trajajoče padavine, taljenje ledu in snega ter erozija (vodna, ledeniška, vetrna). Transport gradiva, ki se zgodi ob sprožitvi pobočnih procesov ima velik pomen za preoblikovanje zemeljskega površja. Premeščanje rečnega ali zemeljskega gradiva najpogosteje sprožijo delovanje vode in gravitacijske sile, medtem ko veter in sneg običajno nista povzročitelja takih procesov (Komac, Zorn, 2007). Škoda, ki nastane zaradi delovanja hudournikov je običajno zelo velika, saj med delovanjem hudournikov pride do obilnega odlaganja hudourniških plavin in plavljenega lesa, zaprodenja površin, drobirskih tokov in preplavljanja v hudourniških strugah z bočno in globinsko erozijo. Ne smemo pa pozabiti na škodo, ki lahko nastane ob morebitni sprožitvi snežnih ali zemeljskih plazov, ki nastanejo kot posledica obilnejših ali dolgotrajnejših padavin in velike predhodne vlažnosti tal (Mikoš, 2008).

Pobočni procesi se v slovenski geografiji delijo glede na način premikanja gradiva (Zorn, Komac, 2008):

- tok:
 - polzenje
 - soliflukcija
 - blatni tok
 - drobirski tok

- plazenje:
 - usad
 - zemeljski plaz
 - kamniti zdrs
- padanje:
 - skalni odlom
 - skalni podor

Pri obravnavi hudourniških poplav in procesov se največkrat srečujemo s pojmom erozijskimi pojavi, ki spremljajo zbiranja in odtekanja vode.

3.1.1 Erozijski pojavi v hidrotehnik

V hidrotehnični stroki se erozijski pojavi delijo glede na premeščanje erozijskega drobirja na (Mikoš, 2000):

- preperevanje
- vetrno erozijo
- ledeniško erozijo
- snežno erozijo
- vodno erozijo
- težnostno erozijo
- plazno
- podorno
- mešane erozijske oblike (kraška erozija)

Na našem ozemlju so najbolj prisotne oblike erozije snežna, vodna, plazna in podorna erozija. Za vetrno erozijo je značilno, da erodira predvsem gole površine slabo sprijetih tal, s čimer pa v Sloveniji nimamo težav zaradi dobre zaraslosti ozemlja z gozdom (Brilly, Mikoš, Šraj). Površine porasle z vegetacijo na splošno vplivajo zelo ugodno na erozijo.

Vodno erozijo delimo na:

- hudourniško erozijo na hudourniških območjih, ki ne obsega le vodne erozije temveč tudi pojave snežne in težnostne erozije
- rečno erozijo v strugah vodotokov

V strugah hudournikov in vodotokov pa lahko vodno erozijo še dodatno razdelimo na:

- globinsko erozijo
- bočno erozijo

Erozijske pojave delimo glede na način premikanja zemeljskih gnot. V Sloveniji sta kar dve tretjini ozemlja podvrženi različnim erozijskim procesom ob katerih se letno v povirnih delih sprosti približno 5 milijonov m³ sedimentov, polovica tega materiala pa pristane v hidrološki mreži (Mikoš, Brilly, Ribičič, 2004).

Akumulacija ali usedanje gradiva je najbolj očitna posledica erozije. Najpogostejše akumulacijske reliefne oblike, ki nastanejo na zemeljskem površju so melišča, vršaji, poplavne ravnice, delte, rečne terase in naravni zasipi (Komac, Zorn, 2007).

3.1.2 Hribinski plazovi

Za pojave plazenja pozna vsaka stroka drugačen izraz na splošnem pa se v vodarski stroki za pojave povezane s plazenjem uporablja izraz hribinski plazovi. Izraz hribinski plazovi lahko tudi nadomestimo z izrazom zemeljski plazovi, ki predstavlja skupen izraz za vse erozijske pojave v zemljinah in kamninah do katerih pride zaradi porušitve notranje stabilnosti hribine (kamnine ali zemljine) na zemeljskem površju. Vse hribinske plazove se kartira in imamo karte ogroženosti ter nevarnosti plazov. Za Slovenijo velja, da je nevarnost pred hribinskimi plazovi večja od poplavne nevarnosti.

Hribinske plazove delimo na:

- zemeljske plazove (globinski in površinski plazovi, usadi, polzenja tal, zdrsi)
- kamninske plazove (podori, kamniti plazovi)

Najpogostejši vzrok zemeljskih in kamninskih plazov je kar prevelika vlažnost zemljine do česar lahko pride zaradi dolgotrajnega deževja, kratkotrajnih intenzivnih nalivov, preusmeritve površinskih tekočih voda na labilna zemljišča ali pa zaradi zastajanja zalednih voda. Običajno pride do kamninskih in zemeljskih plazov na pobočjih, ki so pogojno stabilna. Nestabilna območja so tista, kjer je naklon pobočja večji od kota notranjega trenja zemljine.

Manjši plazovi kot so usadi in plitki plazovi so precej pogost pojav v naravi, medtem ko do večjih in katastrofalnih plazov kot so kamninski podori in globinski zemeljski plazovi pride le ob zelo neugodnih okoliščinah.

Manjše plazovite dogodke je običajno nemogoče napovedati, saj do plazenja pride zelo hitro in je težko napovedati točno lokacijo možnega plazov. Ob obilnih padavinah je zato mogoča groba ocena možnosti, da pride do zemeljskega plazov, ko poznamo karakteristike terena. Večja plazovita območja tako na zemeljski kot na kamniti podlagi lahko uspešno opazujemo in spremljamo dogajanje ter tako tudi napovemo možnost plazov. Monitoring je v takih primerih izredno pomemben in lahko prepreči večje katastrofe (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Pomembno je tudi, da se poskuša odstraniti vzroke, ki pripeljejo do plazenja in da se stabilizirajo labilna območja. V primeru zemeljskih plazov je najpomembnejši dejavnik voda, ki jo odvajamo iz plazovitega območja s pomočjo neprepustnih jarkov in različnih drenažnih sistemov (jarki, rebra, jaški, vrtine, cevi, ...). Za sanacijo se uporabljajo tudi različni gradbeni ukrepi kot so zidanje pregrad in podpornih zidov. Več pozornosti bi bilo potrebno nameniti preventivi, ki zajema ustrezno gospodarjenje v prostoru. Danes se namreč z urbanizacijo območij posega in gradi tudi na labilnih in plazovito nevarnih pobočjih, kar samo povečuje možnost, da pride do hribinskega plazov (Komac, Zorn, 2007).

3.1.3 Hudourniška erozija

Območja kjer prihaja do hudourniških procesov obsegajo vodozbirno območje skupaj s pritoki padavinske vode hudournika in območja odlaganja hudournika (hudourniški vršaji). Poleg hudourniških poplav, so spremljajoči procesi delovanja hudournika odnašanje

materiala (spiranje), premeščanje materiala in odlaganje drobirja oz hudourniških plavin ter plavja v gozdnih prostorih (Mikoš, 2012).

Pri hudourniški eroziji je glavni dejavnik tega procesa tekoča voda, ki spira, razjeda, dolbe in odnaša gradivo ter preperino. Pri vodni eroziji in s tem tudi hudourniški eroziji so zelo pomembni dejavniki, ki vplivajo nanjo, naklon in ukrivljenost pobočij, lastnosti podlage, raba tal in količina ter intenzivnost padavin (Komac, Zorn, 2007). Zaradi večje moči toka in velikega vpliva težnosti (kljub manjšim pretokom) je hudourniška erozija bolj intenzivna od rečne erozije. Pomemben faktor pri zmanjševanju erozijskih procesov je rastlinstvo. Pogozditev golih pobočij zmanjšuje hitrosti vode in s tem delovanje erozije (Mikoš, 2012; Komac, Zorn, 2007).

V hudourniških strugah se pojavljata globinska in bočna erozija. Povezani sta s stabilnostjo pobočij. Globinska erozija deluje večinoma v navpični smeri, medtem ko bočna erozija pa v bočni smeri.

Akumulacije gradiva so značilne posledice erozije in se kažejo v različnih reliefnih oblikah. Znanе akumulacijske oblike so melišča, vršaji, delte, naravni zasipi in poplave ravnice. Hudourniški vodotoki, ki jih povečini najdemo v gorskem in hribovitem svetu, tečejo po ozkih in težko prehodnih grapah in ob delovanju erodirajo podlago. V dolinah in na večjih ravninah, ko pride do hitrega zmanjšanja strmca, lahko opazimo nasipavanje hudourniškega gradiva in tvorbo prodnih strmih vršajev, ki so v obliki pahljače. Do tvorbe vršajev pride običajno na delih, kjer se vodi zmanjša transportna sposobnost in zaradi izgube vodne energije odloži del materiala. Tok vode se na vršajih razcepi na manjše tokove, ki ustvarjajo erozijske jarke in tvorijo kupe gradiva. Vršaji imajo slojevito sestavo, ki nastane s sunki vode, ki prinese s sabo hudourniški material. Ob močnih neurjih pride do nasipavanja hudournikov v tako imenovane recentne vršaje. Na recentnih vršajih obstaja velika nevarnost zemeljskih plazov ali skalnih podorov na strmih območjih nad njimi ob tem pa lahko nastanejo tudi kamniti, drobirski ali blatni tokovi. V Sloveniji lahko hudourniške vršaje najdemo v Škofjeloškem hribovju, zgornji dolini Soče, pod Pohorjem in v Zgornjesavski in Zgornje Savinjski dolini (Komac, Zorn, 2007).

3.1.4 Drobirski in blatni tokovi

Drobirski tokovi se večinoma tvorijo ob dotekanju vode pri izjemnih vremenskih razmerah (obilne padavine, površinski dotok ali taljenje snega) v že splazele zemeljske gmote. Največkrat se pojavljajo na polsušnih in sušnih območjih ter v visokih gorah. Pri drobirskem toku gre pravzaprav za hitro masno gibanje zemeljskih gmot ali erozijskega drobirja ob veliki koncentraciji vode in delovanju težnosti. Drobirski tok hkrati tudi erodira lastno strugo in se drobirski material s tem le kopiči. Sam proces delovanja drobirskega toka lahko razčlenimo na proces proženja, gibanja in odlaganja drobirskega toka (Mikoš, 2000/2001). Drobirski tok v osnovi sestavlja erozijsko drobirje (skale, kamenje, grušč, pesek, melj, glina) in voda, lahko pa so primešane tudi organske snovi kot so veje in deli drevja ter humus.

Glede na zrnavostno sestavo lahko drobirski tok razdelimo na (Mikoš, 2000/2001):

- gruščnati tok (več grobozrnatega drobirja)
- blatni tok (prevladujejo fini materiali kot sta pesek in glina)

Blatni tokovi imajo zaradi večjega števila mineralov glin zelo veliko vsebnost vode in se gibljejo podobno kot tekočina, saj je strižna trdnost in kohezivnost blatnega toka zelo majhna. Blatni tok je zelo težko zaustaviti saj se giblje kot togo telo vendar pa teče z majhno hitrostjo.

Drobirski tok je sestavljen iz čela kateremu sledi polno razviti drobirski tok. Tečejo lahko več kilometrov daleč, ustavijo pa se običajno na vršajih in območjih z manjšimi nakloni. Čelo se premika zelo hitro, lahko erodira dolinsko dno in bregove in je sestavljeno povečini iz suhih in grobozrnatih delcev. Pred čelom običajno teče blatni tok v katerem se nahajajo manjši kosi kamnin (Komac, Zorn, 2007).

Drobirski tokovi imajo lahko uničujočo moč in spadajo v skupino nenadnih pojavov skupaj s podori, potresi in morskimi potresnimi valovi (Mikoš, 2000/2001). V Sloveniji smo se novembra leta 2000 soočili z uničujočim drobirskim tokom v Logu pod Mangartom, ki je zahteval 7 življenj in je povzročil veliko škodo (Majes, 2001). Omenjeni dogodek je bil eden večjih v naši državi, saj se običajno pojavljajo drobirski tokovi v manjši obliki.

Potrebno se je zavedati nevarnosti hudourniških procesov in jih pravočasno sanirati ter odstranjevati vzroke, ki jih sprožajo, da bi preprečili največje naravne katastrofe.

3.2 Temelji učinkovitega napovedovanja hudourniških poplav

V večini primerov je za vse vodne ujme in s tem tudi za hudourniške poplave zelo pomembna kvalitetna napoved možnih poplavnih dogodkov. Kvalitetno in čim bolj točno napovedovanje poplavnih dogodkov, ki temeljijo na hidroloških simulacijah, pa je v veliki meri odvisno od kakovosti meritev in napovedi padavin. In ker so mnoge naravne nesreče v goratem in hribovitem svetu (hudourniške poplave, zemeljski plazovi, drobirski tokovi, snežni plazovi) posledica padavin, je čim bolj točna napoved padavin toliko bolj pomembna pri hitrem in učinkovitem opozarjanju na nevarnost. Hidrološke simulacije visokih voda so žal v večini primerov nezanesljive. Probleme pri bolj zanesljivem napovedovanju hudourniških poplav povzročajo (Borga, 2009):

- vremenske merilne postaje, ki bi morale biti postavljene v večjem številu in bi morale pokriti tudi težje dostopna območja (premajhno število postavljenih merilnikov)
- manjše hudourniške struge, ki niso izmerjene a so zmožne poplavljanja in je zato težko izdelati točen model takih vodotokov
- razpršenost objektov in infrastrukture ob strmih pobočjih hudournikov in kratko časovno obdobje od naliva do poplave, ter samega trajanja poplavnega dogodka, onemogočajo izdelavo zanesljivih modelov hudourniškega poplavljanja

Zaradi omenjenih dejstev se je nemogoče vedno zanašati v napovedi hudourniških poplavnih dogodkov, ko pride do neviht ali večjih nalivov. Vendar pa je dobro vedeti, da ni potrebno, da so napovedi vedno točne, saj so kljub temu lahko učinkovite. Učinkovite napovedi hudourniških poplav so bile namreč narejene na podlagi opozorilnih poplavnih sistemov s pomanjkanjem podatkov o odtoku. Kljub temu pa na podlagi modelov, ki upoštevajo količino padavin in odtok le teh, ne moremo zanesljivo napovedovati možne poplave, ki bi nastale zaradi neviht s kompleksno zgradbo v prostoru in času. Zanesljivost hidroloških modelov je zato odvisna od več različnih dejavnikov (Borga, 2009).

Ob strugah hudournikov je v zgornjih delih povodja mogoče dati samo opozorilo o splošni nevarnosti na podlagi podatkov o izmerjenih padavinah, medtem ko je v osrednjem delu že mogoče izdelati tudi napoved o velikosti pretokov ali gladin poplave. V spodnjem delu

vodotoka pa lahko na podlagi merjenih padavin izdelamo bolj zanesljivo napoved, ki temelji na podlagi podatkov o pretokih v zgornjem delu povodja (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999). Da bi bile napovedi in ocene hudourniških poplav čim bolj točne, se je v zadnjih letih odvijalo precej raziskav in projektov na to temo. Eden od projektov je bil tudi Hydrate, ki ga je ustanovila Evropska komisija leta 2008 z namenom, da bi se izboljšala znanstvena podlaga za razumevanje hudourniških poplav in za bolj zanesljivo napovedovanje le teh v prihodnosti. Projekt je temeljil na analizi in razumevanju preteklih hudourniških poplav, uskladitvi strategij po Evropi za sodobnejše opazovanje hudourniških poplav in razvoju tehnologij in orodij za učinkoviteje sisteme hitrega in zgodnjega opozarjanja pred poplavami. Za projekt so zbrali razpoložljive podatke o nekaterih večjih poplavnih dogodkih, ki so jih primerjali in raziskovali skupaj z hidrometeorološkimi opazovanji in pričanji ter informacijami pridobljenimi po dogodkih. Na projektu je sodelovalo več znanstvenikov, raziskovalnih centrov in univerz (Hydrate project).

3.2.1 Faktorji poplavnih napovedi (Collier, 2007)

- Meritve padavin v realnem času se lahko izvajajo z:
 - dežemeri, katerih mora biti zadostno število in morajo biti postavljeni tudi na lokacijah, ki so težje dostopne. Dežemeri so kljub vsemu še vedno najbolj natančna metoda merjenja količine padavin, vendar pa meritve zahtevajo veliko natančnost in dežemere je potrebno redno vzdrževati.
 - vremenskimi radarji (omogočajo obsežne meritve na velikih področjih, vendar pa je kakovost lahko slabša v določenih primerih)
 - satelitskimi sistemi (niso najboljša rešitev za merjenje padavin v realnem času zato se uporabljajo, ko število dežemerov ne zadostuje za napovedi in ko ni na voljo niti radarskih sistemov)
- Napovedovanje močnega deževja
Skozi zadnja desetletja so se izoblikovali mnogi načini za napovedovanje neviht in močnih padavin. Sledeče metode se uporabljajo za tako vrsto napovedi:
 - Zelo kratkoročne ali zdajšnje napovedi
»Z izboljšanjem sistema kratkoročnega napovedovanja vremenskih pojavov v visoki prostorski in časovni ločljivosti pomembno vplivamo tudi na zmanjševanje negativnih vplivov izrednih vremenskih dogodkov. Center za podporo zelo kratkoročne napovedi vremena ima sedež v Španiji. Drugi center za izdelavo satelitskih produktov je na Portugalskem in koordinira razvoj satelitskih produktov za analizo površja na območjih jasnine, center v Nemčiji koordinira programe za spremljanje podnebja, center v Franciji spremlja značilnosti morskega površja, center v Veliki Britaniji razvija programsko opremo za izvajanje t. i. asimilacije satelitskih meritev v numerične modele V fazi razvoja produktov delujejo še trije evropski centri za spremljanje ozona s sedežem na Finskem, za določitev vertikalnih profilov ozračja s sedežem na Danskem in za podporo operativni hidrologiji in upravljanju z vodnimi viri s sedežem v Italiji« (Iršič Žibert, 2008).
 - Numerični meteorološki modeli z visoko ločljivostjo

- Operativni modeli z visoko ločljivostjo nam ne nudijo vedno zanesljivih napovedi, so pa uporabni pri poplavnih napovedih povezanih s konvekcijskimi padavinami.
- Asimilacija podatkov
Gre za proces, pri katerem se uporabljajo vse razpoložljive informacije za ugotovitev čim bolj natančnega stanja atmosferskega toka
- Asimilacija podatkov pridobljenih z radarji z modeli z visoko ločljivostjo
Ta postopek se je uveljavil, ker je ločljivost radarskih podatkov veliko večja od ločljivost podatkov numeričnih modelov.
- Hidrološko napovedovanje
Pri učinkovitem hidrološkem modeliranju in napovedovanju poplavnih dogodkov igrajo veliko vlogo načini spremljanja in opazovanja količine padavin. Zato je za doseganje čim bolj točnih rezultatov pomembna uporaba vseh vrst razpoložljivih sistemov za opazovanje in napovedovanje količine padavin. Pravilni oziroma čim bolj točni vhodni podatki so namreč pomemben faktor pri oblikovanju kvalitetnih hidroloških modelov.
- Ocena tveganja hudourniških poplav
Pri ocenjevanju tveganja za pojav hudourniških poplav je pomembna ocena možnosti poplavljanja zaradi ekstremnih padavin (statistična in računska) in ustrezno svetovanje oziroma vodenje skozi poplavni dogodek (»Flash flood guidance«). Pri izrazu »Flash flood guidance« gre za oceno količine padavin na določenem območju v določenem časovnem obdobju. Vrednosti so določene na podlagi vlažnosti zemljine ali pa s statistično primerjavo med napovedanimi in dejanskimi količinami padavin.
- Vplivi podnebnih sprememb
V zadnjem času je veliko govora o podnebnih spremembah, ki se kažejo v obliki ekstremnih vremenskih pojavov. Ob ekstremnih deževnih dogodkih pa lahko pride do različnih naravnih nesreč, med drugim tudi do hudourniških poplav. Kljub raziskavam in statističnim obdelavam padavinskih podatkov, pa ni trdnih dokazov za povečane podnebne spremembe, ki bi korenito spremenile vremenske dogodke in povečale možnosti obsežnejših naravnih nesreč.

3.2.2 Napovedovanje hudourniški poplav na urbanih območjih

Zaradi rasti prebivalstva in ostalih socialno ekonomskih razlogov, je za mnoge države na svetu značilna centralizirana gradnja in urbanizacija ruralnih območij. Sposobnost zemljine za absorpcijo in odvodnjevanje padavin se zmanjša, ko polja ali gozdnate površine spremenimo v stanovanjske površine, ceste,... Za urbana območja je zato značilna visoka stopnja tveganja, da pride do hudourniških poplav. Razlogi za to so sledeči:

- Velike neprepustne površine (ceste, ploščadi, pločniki,...)
- Slabi oziroma nezadostni drenažni sistemi
- Onemogočanje prostega pretoka ob velikih količinah padavin
- Lokacija (večja mesta in poselitvena območja se večinoma nahajajo ob velikih vodotokih)

Če na gosto poseljenem območju pride do hudourniške poplave, se ceste in ulice običajno spremenijo v vodotoke z zelo velikimi pretoki in hitrostmi. Posledično pride do poškodb infrastrukture, poplavljanja podkletenih prostorov in poškodb ostalih pomembnih gradbenih objektov, zaradi česar lahko pride tudi do smrtnih žrtev. Nekatere strukture lahko v določenih

primerih delujejo kot zaježitve, ki zadržijo vodo tudi daljše časovno obdobje in lahko povzročijo še večjo škodo, če pride do porušitve le teh. Modeliranje in napovedovanje hudourniških poplav na urbanih področjih je težje od modeliranja na naravnih in neposeljenih območjih, saj tam nimamo opravka z raznimi gradbenimi objekti, ki jih je človek sezidal in s tem uničil naravne poti vode.

Zaradi škode, ki je običajno na poseljenih območjih večja kot na neposeljenih območjih, je potrebno nameniti veliko pozornost modeliranju hudourniških poplav na urbanih območjih. Žal pa je zaradi različnih dejavnikov ta naloga težja kot v naravnih okoljih (Hapuarachchi in sod., 2011).

3.3 Daljinsko zaznavanje (Lamovec, Mikoš, 2011)

Daljinsko zaznavanje je tehnika opazovanja zemeljskega površja iz daljine, ki nam ga je omogočila tehnologija, ki se v zadnjih desetletjih bliskovito nadgrajuje in izboljšuje. Površine, ki jih želimo opazovati lahko opazujemo s tal (z oddaljenega stojišča), iz zraka ali pa iz vesolja, kar je še posebej ugodno, ko imamo opravka z nevarnimi ali težko dostopnimi območji (puščave, gore, naravne nesreče,...). Poznamo različne tehnike zračnih opazovanj kot so:

- klasična zračna opazovanja ali aerofotogrametrija
- zračno lasersko in radarsko skeniranje (LiDAR-ang.: light detection and ranging, ki je predvsem koristno pri zajemu topografskih značilnosti površja, Radar-ang.: radio detecting and ranging) in
- satelitsko opazovanje iz vesolja.

Satelitsko opazovanje zemeljskega površja je zelo učinkovita metoda za pridobivanje potrebnih podatkov pri naravnih nesrečah, saj kljub nevarnim in običajno nedostopnim ali pa težko dostopnim terenom lahko posnamemo dogajanje in podatke uporabimo pri nadaljnjih ukrepih. Pri uspešnih ukrepih je ključnega pomena tudi dobro poznavanje terena in kombinacija zračnih posnetkov z ostalimi pridobljenimi informacijami. (Marchi in sod., 2009) so izpostavili tudi pomembnost informacij pridobljenih od ljudi, ki so bili priča vremenskemu in poplavnemu dogajanju, ki lahko s svojimi pričanji potrdijo učinkovitost ostalih merskih in opazovalnih tehnik ali pa nam ovržejo nepravilne ugotovitve. Prav tako so mnenja, da so koristna tudi terenska opazovanja, ki pa morajo biti hitra in učinkovita, da bi se zabeležile vse posledice poplav pred začetkom sanacije.

Prav tako je prednost satelitskega zaznavanja, da lahko v relativno kratkem času posnamemo območja velika več deset kilometrov. Zato satelitsko opazovanje zemeljskega površja dobiva vedno bolj pomembno vlogo pri zagotavljanju varovanja pred naravnimi nesrečami. Pri hudourniških poplavah, ki se običajno pojavljajo na goratih območjih z značilno izoblikovanostjo površja pa je satelitsko opazovanje še vedno izziv, saj obdelava posnetkov ni tako zelo enostavna.

Satelitsko opazovanje temelji na principu elektromagnetnega valovanja, ki se odbije od opazovanega površja. Ob stiku s površjem vpadna energija prodre skozi snov ali pa se od nje odbije. Valovna dolžina svetlobe, stanje (vlažnost zemljine) in lastnosti površja kot je razgibanost terena so faktorji od katerih je odvisno razmerje med različnimi načini sodelovanja elektromagnetnega valovanja s površjem. Na tak način zaznavamo gibanje

zemeljskega površja in voda na površju ter pojave povezane s tem (poplave, potresi, plazovi, neurja,...).

Hitro in učinkovito reševanje ob pojavu naravnih nesreč je glavno vodilo za uporabo tehnik daljinskega zaznavanja, saj so tehnike opazovanja površja iz zraka običajno v takih primerih najhitrejša in edina rešitev.

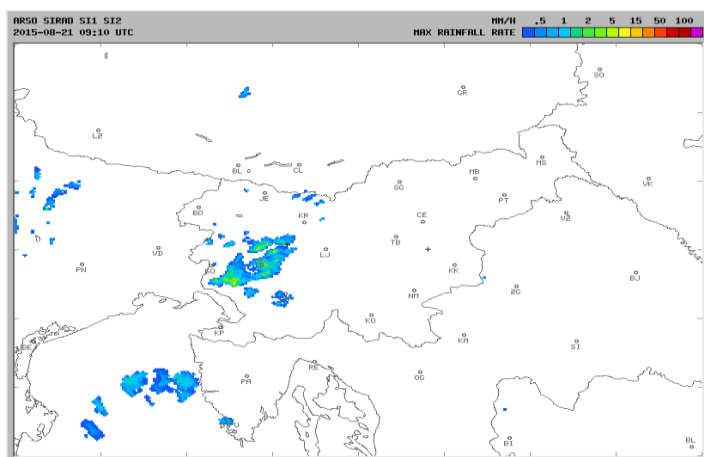
Radarska zaznavanja so sicer bolj pogosta in večkrat uporabljena tehnika pri opazovanju poplav, saj vodne površine povzročajo značilen odboj radarskega valovanja in se razlikujejo od odboja od preostalih površin. Radarsko valovanje je tudi neodvisno od dnevne svetlobe in oblačnosti, zato se (lahko) uporablja tudi ponoči in v oblačnem vremenu, kar pa je velika ovira za ostale optične tehnike daljinskega zaznavanja.

(Anagnostou in sod., 2010) trdijo, da trenutna opazovanja padavin z nacionalnimi vremenskimi radarji, ki delujejo na podlagi pokrivanja terena z dolgim dosegom, ne zagotavljajo zadostnih meritev, ki bi zagotovile točne ocene variabilnosti padavin na razgibanih terenih, saj se pojavljajo napake pri opazovanjih z nacionalnimi vremenskimi radarji, ki so tehnološke narave.

3.3.1 Radarsko opazovanje v Sloveniji

V Sloveniji državna meteorološka služba (ARSO) meri jakost padavin nad celotno Slovenijo s pomočjo dveh vremenskih radarjev, ki sta postavljena na Lisci in na Pasji ravni. Meritve se izvajajo v časovnih intervalih 10-ih minut, vendar so nato preračunane na urni nivo. Potrebno je vedeti, da predvsem močni nalivi na posameznem območju trajajo le nekaj minut, zato maksimalne izmerjene jakosti padavin nikakor ne smemo predstaviti kot dejansko padlo količino padavin v eni uri. Največje jakosti padavin so prikazane v 16-ih razredih, ki jih označujejo različne barve. Odtenki posamezne barve pomenijo sledeče:

- Modra ... rahle padavine (do 1 mm na uro)
- Zelena ... zmerno padavine (1 do 5 mm na uro)
- Rumena in oranžna ... močne padavine (5 do 40 mm na uro)
- Rdeča ... zelo močne padavine z znatno verjetnostjo toče (40 do 80 mm na uro)
- Vijolična ... izjemno močne padavine z veliko verjetnostjo toče (nad 80 mm na uro)



Slika 7: Radarska slika padavin v Sloveniji, dne 21.8.2015 (Agencija Republike Slovenije za okolje, radarska slika padavin-animacija, 2015)

3.3.1.1 Vremenski radar na Lisci

Antena vremenskega radarja na Lisci ima obliko rotacijskega paraboloida s premerom 4,3 metre in oddaja elektromagnetne valove s frekvenco 5,62 GHz (območje mikrovalov) v snopu 1 stopinje. Na minuto odda 750 impulzov dolžine ene mikrosekunde. Antena se vrti s hitrostjo treh obratov na minuto. Posamezna radarska meritve je sestavljena iz več obratov antene in se začne vsakih 10 minut. Traja približno 5 minut, končne radarske slike pa so na voljo najkasneje 10 minut po začetku vsake meritve, tako da najnovejša radarska slika ni nikoli starejša od 20 minut. Osnovna količina, ki jo radar meri, je moč odmevov iz vsakega mesta v atmosferi. Moč je sorazmerna z odbojnostjo padavin in obratno sorazmerna s kvadratom oddaljenosti. Odbojnost je tem večja, čim večji so delci in čim večje je njihovo število na prostorninsko enoto. Z izmerjeno močjo odmeva je odbojnost padavin enolično določena in je pokazatelj lege, strukture in gibanja padavinskih sistemov. Za prikaz so najprimernejše predvsem talne projekcije maksimalnih odbojnosti (Scalar, Kako deluje radar).



Slika 8: Vremenski radar na Lisci (Hribi.net, Lisca)

4 PROTIPOPLAVNI UKREPI

(Brilly, Mikoš, Šraj, 1999) pravijo, da se ukrepi pred poplavami in naravnimi nesrečami načrtujejo in izvajajo zato, da čim bolj olajšajo ogroženost in zmanjšajo škodo, ki lahko nastane ob nesreči. Sam proces načrtovanja in odločanja pri izvajanju protipoplavnih ukrepov je precej zahteven, saj je sestavljen iz več področij delovanja, na katere vplivamo z odločitvami pred, med in po poplavi.

Ukrepe za preprečevanje škode glede proces na vrsto posega delijo na:

- Vodogradbene (hidrotehnični objekti, regulacijski posegi,..) in
- Alternativne (prostorsko načrtovanje, upravno-zakonski ukrepi, prepovedi in omejitve, nezgodno zavarovanje,...).

Glede na način delovanja pa delijo ukrepe na:

- Aktivne (vplivanje na obliko in naravo pojava, zmanjševanje velikosti in trajanja poplavnih valov; akumulacije, pogozdovanje,...) in
- Pasivne (varovanje pred posledicami; nasipi, evakuacije,..).

Pri hudourniških poplavah, ki običajno trajajo le nekaj ur, se je potrebno osredotočiti predvsem na priprave pred poplavo in čim hitrejše odstranjevanje in saniranje posledic po poplavi. V času poplave je pomembno kvalitetno opazovanje in spremljanje pojava ter hitro in učinkovito obveščanje neposredno ogroženih ljudi in priprava na evakuacijo. Načini ukrepanja se pri hudourniških poplavah bistveno razlikujejo od ostalih tipov poplav (npr. nižinskih poplav ob velikih vodotokih), kjer je časovno obdobje poplavnega dogodka veliko večje in imamo več časa za organizacijo in zaščito pred poplavo.

4.1. Vodogradbeni ukrepi za varstvo pred poplavami

Vodogradbeni ukrepi so ena od najstarejših metod za varstvo pred poplavami na svetu. Dolgo časa je veljalo zmotno prepričanje med ljudmi, da vodogradbeni ukrepi lahko ustavijo in zadržijo tudi največje vode. Žal pa temu ni tako, saj imajo taki ukrepi tudi slabe lastnosti. Z hidrotehničnimi objekti posegamo v naravni vodni režim in lahko pride do procesov, ki imajo lahko neželene ali celo usodne posledice. Prav tako se je potrebno zavedati, da v primeru porušitve hidrotehničnega objekta lahko pride do večje katastrofe kot bi sicer bila ob poplavnem dogodku, saj pride do hudourniškega poplavljanja, ki ima zelo veliko moč in hitrost. Ob takih dogodkih ljudje običajno nimajo časa za umik in so ogrožena človeška življenja na poplavnem območju (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

Danes velja, da se vodogradbenim ukrepom, ki niso nujno potrebni, izognemo in jih poskušamo nadomestiti z alternativnimi ukrepi (Poplavna direktiva, 2007). Prav tako je gradnja vodogradbenih objektov usmerjena v sonaravno projektiranje in uporabo naravnih materialov, če je to le mogoče.

V Sloveniji projektiramo na urbanih površinah na t.i. stoletne vode, kar pomeni, da vsako leto obstaja 1% možnosti, da pride do poplavljanja. Naselja in »manj« pomembni objekti se s tem varujejo pred poplavami, ki bi se v povprečju pojavile enkrat na sto let (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999). Za mnoge manjše hudourniške vodotoke pa nimamo podatkov o maksimalnih

pretokih, saj zaradi specifičnosti takih vodotokov ob naraslih vodah ne moremo pridobiti kakovostnih meritev (poškodbe merilnih sistemov ob divjanju hudournikov) ali pa merilni sistemi niso niti nameščeni in povratne dobe ne moremo poznati. Pomagamo si na tak način, da se uporabijo povratne dobe za vodotoke, ki imajo podobne lastnosti ali pa z modeli pridobljenimi na podlagi drugih faktorjev.

Pri načrtovanju vodogradbenih ukrepov na hudournikih je potrebno upoštevati njihove lastnosti kot so nenaden porast vodne gladine, velika hitrost vodnega toka in transportna sposobnost ter udarna sila vode, saj lahko pride do velikih poškodb objektov, če omenjeni faktorji niso upoštevani.

Z vodogradbenimi ukrepi vplivamo na verjetnost pojava, pretočno krivuljo ali krivuljo gladina-škoda. Na manjših hudourniških vodotokih lahko z vodogradbenimi ukrepi omejimo transport vodnega materiala in zmanjšamo strmec.

Ukrepi in hidrotehnični objekti, ki se gradijo za varstvo pred poplavami razdelimo na (Mikoš, 2000):

- Ukrepe varstva pred visokimi vodami:
 - Regulacija strug vodotokov
 - Lokalna preusmeritev visokih voda
 - Zadrževalniki visokih voda
- Stabilizacijske ukrepe za struge vodotokov
 - Ukrepi na vodotokih, ki niso v ravnovesju:
 - Sprememba tlorisnega poteka vodotoka
 - Sprememba normalnega pretočnega prereza
 - Regulacijski ukrepi (nasipi, skalometi, obrežni zidovi,...)
 - Ukrepi na vodotokih, ki se zaplavlajo
 - Odvzemanje plavin
 - Prodni zadrževalniki
 - Ukrepi na vodotokih, ki se poglabljajo
 - Utrditev posteljice dna struge vodotoka
 - Prečni objekti (za vodotoke z večjim vzdolžnim padcem struge-večinoma hudourniške struge)

Od omenjenih ukrepov, se pri hudourniški vodotokih za varstvo pred visokimi vodami večinoma posega po zadrževalnikih in regulacijah vodotokov, za stabilizacijo strug vodotokov pa se uporabljajo razni prečni vodogradbeni objekti (pregrade, stopnje in pragovi) in pa regulacijski ukrepi, ki zajemajo gradnjo nasipov.

4.1.1 Regulacije strug vodotokov

Če želimo omejiti poplavljanje ali nasipavanje rečnega gradiva in posledično dvigovanje rečnega dna, potem se poslužujemo gradbenih ukrepov za regulacijo vodotokov, s katerimi poskrbimo za odvajanje visokih voda.

Najpogosteje uporabljeni ukrepi so (Mikoš, 2000):

- povečanje površine prečnega prereza z izkopi ali z izgradnjo visokovodnih nasipov
- sprememba hrapavosti površin (oblaganje strug ali dna z gladkimi materiali)
- sprememba hidravličnega radija
- povečanje padca dna struge vodotoka

Pri naštetih regulacijah hudourniških vodotokov je potrebno premišljeno načrtovanje, saj lahko pride v določenih primerih do poplavljanja in povečanega naplavljanja v spodnjih delih vodotokov, saj z omenjenimi ukrepi le še povečamo hudourniški značaj vodotokov. Z regulacijami strug vodotokov povečamo hitrost vodotoka in na reguliranih odsekih onemogočimo razlivanje poplavne vode, kar ima lahko izrazito negativen vpliv na odsekih, ki niso urejeni in nadzorovani.

Regulirane vodotoke pogosto dopolnjujejo še ostali vodogradbeni ukrepi kot so pregrade, sistemi nasipov in zadrževalniki, s katerimi se omili povečan pretok in se poskuša nadzorovati celoten vodni režim.

Včasih so se regulacije vodotokov uporabljale v večjem številu kot se danes, saj danes velja prepričanje, da se vodotoki urejajo tako, da se čim bolj približamo naravnim razmeram (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999).

4.1.2 Nasipi

Kot pasivni način varstva se že od nekdaj uporabljajo protipoplavni nasipi, ki preprečujejo razlivanje poplavne vode. Kot nam že samo ime pove so to običajno objekti zgrajeni iz nasutega materiala kot je pesek ali zemlja.

Nasip je sestavljen iz (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999):

- krone (vrhnji del), ki mora biti zaradi pogojev vzdrževanja široka približno 3 m (Mikoš, 2000)
- telesa nasipa z zračno in vodno stranjo, ki je pod vodo le ob poplavi
- podlage nasipa na kateri temelji

Varnost območij kjer so nasipi zgrajeni je enaka varnosti najšibkejše točke nasipa.

Funkcionalna vloga nasipov ne zastareva in se njihova vloga krepi skupaj z razvojem območij, katere nasipi ščitijo pred poplavami. Negativne posledice na stabilnost nasipov lahko povzročajo razni infrastrukturni objekti in poškodbe v telesih nasipov zaradi vegetacije in živali. Zaradi omenjenih razlogov, je potrebno nasipe redno vzdrževati prav tako pa je potrebno nadzirati širši pas pred in za nasipi (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999)

4.1.3 Zadrževalniki

Če želimo zadržati večje količine vode in s tem zmanjšati pretok v strugi vodotoka, se poslužujemo gradnje zadrževalnikov. Za dimenzioniranje gradnje zadrževalnikov ni dovolj le poznavanje maksimalnega pretoka, temveč moramo poznati celotni hidrogram visokovodnega pretoka.

Zadrževalnike delimo na (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999):

- suhe, ki se napolnijo z vodo samo ob poplavah
- mokre, ki služijo kot večnamenske akumulacije, v katerih je del prostornine namenjen za zadrževanje konice poplavnega vala

Poplavna območja, v katera se voda razlije in v njih zadrži do upadanja gladine vode v strugi vodotoka, se imenujejo retenzije. Kot retenzija deluje tudi struga vodotoka, ki se ob poplavah zapolni z vodo. Retenzije delujejo na podoben princip kot suhi zadrževalniki, razlika je le v tem, da voda v retenzije doteka bočno.

V Sloveniji nimamo dovolj ugodnega prostora za gradnjo zadrževalnikov, saj v gorskem in hribovitem svetu kjer najdemo hudournike, prevladujejo ozke doline in grape kjer je težko doseči večje zadrževalne površine s še sprejemljivo pregradno višino (Mikoš, 2000).

4.1.4 Prečni objekti

Kot že rečeno, imajo hudourniške struge običajno velik vzdolžni padec, kar zahteva gradnjo prečnih objektov, ki zagotovijo manjši vzdolžni padec struge. Bolj kot se približujemo povirju bolj je strm in težko dostopen teren. Prav tako teren, kjer se nahajajo hudourniki, ne zagotavlja primernih pogojev za izgradnjo zadrževalnikov ali nasipov, zato posegamo po graditvi prečnih vodogradbenih objektov. Skrajni primeri so hudourniške pregrade, kjer vsaka pregrada podpira peto naslednje gorvodno ležeče pregrade. Z gradnjo prečnih hidrotehničnih objektov pozitivno vplivamo na učinke erozije in poplavljanja.

Poznamo naslednje prečne objekte, ki jih gradimo na hudourniških vodotokih (Mikoš, 2000, 2008):

- Hudourniške pregrade, ki se s časoma zapolnijo s hudourniškiimi plavinami. Običajno se gradijo v zgornjih delih hudournikov, kjer so veliki strmci in je količina rečnega gradiva večja. Voda pada prosto preko pregrade in pod njo pade v podslapje (umirjevalni bazen po pregrado) ali erozijski tolmun, kjer pride do pretvorbe vodne energije.
- Stopnje (drče in pragovi) so objekti s katerimi utrdimo vodotoke z večjimi lokalnimi padci dna struge in imajo običajno naklon do 10%. Učinkovite so samo, če je dosežen popolni preliv. Lahko so zgrajene kot togi betonski objekti ali pa kot hrapave nepovezane drče iz kamnitih blokov, ki imajo poleg gradbenih tudi ekološke prednosti, saj ne ovirajo prehoda rib.
- Nizki oz. talni pragovi so postavljeni na relativno majhnih razdaljah in so visoki le do nekaj 10 centimetrov.



Slika 9: Hudourniška pregrada na Prosci nad Dolenjo vasjo (Hidrotehnik, 2013)

4.2 Alternativni ukrepi

Z alternativnimi ukrepi se varuje družbo v najširšem pomenu besede in ti ukrepi ne zahtevajo graditve hidrotehničnih objektov. Alternativni ukrepi se razlikujejo v državah po svetu, saj so odvisni od odločitev in lastnosti posamezne družbe (administrativna, pravna, ekonomska in politična ureditev). Danes velja v razvitih deželah, da se vedno bolj uporablja alternativne ukrepe pri protipoplavni zaščiti, če le ni nujno potrebna gradnja hidrotehničnih objektov za zaščito pred poplavami.

Alternativni ukrepi temeljijo na analizi ogroženosti in na celovitem urejanju vodnega režima. Med take ukrepe spada več različnih vrst ukrepov kot so (Brilly, Mikoš, Šraj, 1999):

- Upravno-administrativni predpisi. Predvsem so pomembni ustrezni prostorski načrti in standardi, ki urejajo dejavnosti na celotnem povodju. Predpisi morajo jasno usmerjati razvoj posameznih dejavnosti in jih tudi smiselno omejevati (razne prepovedi graditve).
- Nezagodno zavarovanje objektov. Zavarovanje objektov naj bi temeljilo na podlagi kart poplavne nevarnosti in ogroženosti, saj je priporočljivo za objekte (ponekod tudi obvezno), ki so zgrajeni na območjih velike poplavne ogroženosti, bolj premišljeno in kvalitetno nezgodno zavarovanje (FEMA)
- Ekonomska solidarna podpora
- Preseljevanje ali sprememba namembnosti ogroženih območij. Sprememba dejavnosti na poplavno ogroženih območjih je značilna predvsem za panoga v poljedelstvu, saj je škoda na travniku ali sadovnjaku po poplavi neprimerljivo manjša kot pa na poljščinah.

- Zaščitni ukrepi pri projektiranju novih ali sanaciji starejših objektov. Taki ukrepi vključujejo več postopkov s katerimi onemogočimo dotok vode v objekt ali pa poskušamo zmanjšati posledice vdora vode v objekt. Poznamo začasne ukrepe, ki jih uporabimo le ob poplavi in stalne ukrepe, ki so hkrati tudi sestavni del konstrukcije objekta (visoko pritličje, dvig).
- Obveščanje ogrožene skupine ljudi in izgradnja možnih opozorilnih sistemov. Vsi prebivalci ogroženih območij bi morali biti seznanjeni z navodili za ravnanje pred, med in po poplavah. V vsaki državi skrbijo za informiranje prebivalcev o poplavah različne organizacije in ustanove (pri nas npr. Agencija Republike Slovenija za okolje). Treba je nameniti posebno pozornost ljudem, ki se po naključju znajdejo na ogroženem območju (taborniki, turisti, udeleženci v prometu).
- Zagotavljanje delovanja organizirane službe za redno in izredno zaščito pred poplavami.

5 ZAKLJUČEK

V zadnjih letih smo ljudje soočeni z nepredvidljivimi vremenskimi razmerami in naravnimi nesrečami, ki se ob tem pojavljajo. Žal pa je kljub konstantnemu napredku v tehnologiji škoda, ki nastane ob naravnih nesrečah ogromna in narava ne prizanaša niti človeškemu življenju. Hkrati pa se ljudje ne zavedamo, da sta ravno tehnologija in pretiran razvoj s katerim si pomagamo pri preučevanju kompleksnih naravnih nesreč tista, ki imata pomemben vpliv na naravo in jo spreminjata.

Hudourniške poplave so zelo težko predvidljiv tip nesreč, saj so izjemno kompleksen dogodek. Raziskave in delo na področju napovedovanja hudourniških poplav so v zadnjih letih v velikem porastu, saj je želja tako civilnega prebivalstva kot hidrologov in meteorologov po točnejših poplavnih napovedih velika. Zaradi svoje specifičnosti pa je točne mikrolokacije hudourniških poplav skoraj nemogoče napovedati. Problemi pri napovedovanju poplavnih dogodkov so lahko različni, saj so v veliki meri odvisni od tehnologije in merilnih naprav, ki jih določena država premore. Premajhno število dežemerov, satelitskih in radarskih postaj le še dodatno otežuje delo strokovnjakov, ki se ukvarjajo z napovedovanjem poplav. Pomembni so tudi učinkoviti protipoplavni ukrepi in ozaveščanje prebivalstva na ogroženih območjih pred močjo vode. Število in intenziteta visokovodnih dogodkov se iz leta v leto povečuje in temu se bomo morali prilagoditi z različnimi protipoplavnimi ukrepi, saj se razlivanju vode žal ni mogoče izogniti.

Slovenija je dežela preprejena s hudourniki, saj leži v povirnih delih mnogih vodotokov. Hudourniška poplavljanja in procesi, ki jih spremljajo so slovenskemu narodu že dobro poznani. Običajno so ravno hribinski plazovi in drobirski ali blatni tokovi tisti, ki povzročijo več škod kot pa sama poplava. Zato hudourniške poplave obravnavamo drugače kot ostale vrste poplav, ki so veliko bolj predvidljivi dogodki.

Za konec bi še citirala hidrologa Janeza Polajnarja, ki je v intervjuju za Mladino rekel: »Najpomembnejše je, da se učimo od naših prednikov. Od njih se lahko veliko naučimo. Če pogledamo, katere hiše so večinoma prizadete v poplavah, potem ugotovimo, da to najpogosteje niso stare hiše. Naši predniki so vedeli, da je vodam treba dati prostor. Vode se morajo razlirati, ne smemo jih zaustaviti. Z urbanizacijo vse pogosteje zavzemamo prostor, ki je last vode. Pri tem se zanašamo na tehnične ukrepe, ki so učinkoviti ali pa ne. Zato so škode, ki nastanejo v poplavah, vsako leto večje. Poplave so od nekdaj bile in vedno bodo. Tudi v Sloveniji so povsem naravni pojav. To vedenje je treba vključiti v prostorske načrte. Gre za to, da moramo vse svoje življenje prilagoditi naravnim razmeram. Problem pa je v tem, da je človeški spomin zelo kratek. Hitro pozabljamo. Ne vemo več, do kje je prišla voda pred 50 leti, kaj so vode odnesle našim prednikom in podobno. Zato je ena najpomembnejših nalog ta, da ozaveščamo ljudi o možnosti pojava poplav in o sobivanju s poplavami. Slednje pomeni, da si ne jemljemo prostora, ki pripada vodi, ampak da upoštevamo pravila, ki obstajajo v naravi« (Mladina, 2005).

VIRI

Knjige in priročniki

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 186 str.

Brilly, M. 1994. Zaščita pred poplavami-priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 67 str.

Đurović, B. 2012. Določitev in razvrstitev poplavno ogroženih območij v Sloveniji, Povzetek metode dela in rezultatov, Inštitut za vode Republike Slovenije: 103 str.

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/metodologija_dolocanja_obmocij.pdf, (Pridobljeno 10. 7. 2015.)

Komac, B., Natek, K., Zorn, M. 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Ljubljana, Založba ZRC: 180 str.

Komac, B., Zorn, M. 2007. Geografija Slovenije 15, Pobočni procesi in človek. Ljubljana, Založba ZRC: 217 str.

Miklanek, P., Halmova, D., Pekarova, P., Extreme Runoff Simulation in Mala Svinka Basin, Bratislava, Institute of Hydrology SAS: 4 str.

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov (skripta, verzija 01.2000). Ljubljana, Katedra za splošno hidrotehniko, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 182 str.

Mikoš, M. 2007. Problemi in perspektive upravljanja z vodami v Sloveniji z vidika varstva pred poplavami in plazovi, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 4 str.

Mikoš, M. 2008. Osnove hudourništva, skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 48 str.

Mikoš, M., Brilly, M., Ribičič, M. 2004. Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji = Floods and landslides in Slovenia. Acta hydrotechnica 22, 37: 113-133.

<ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a37mm.pdf>, (Pridobljeno 10. 7. 2015.)

Snoj, M. 1997. Slovenski etimološki slovar, 1. izdaja. Ljubljana. Mladinska knjiga (Zbirka Cicero): 900 str.

Zorn, M., Komac, B. 2008. Zemeljski plazovi v Sloveniji, Georitem 8. Ljubljana. Založba ZRC: 159 str.

Članki in prispevki

Anagnostou, M. N., Kalogiros, J., Anagnostou, E. N., Tarolli, M., Papadopoulos, A., Borga, M. 2010. Performance evaluation of high-resolution rainfall estimation by X-band dual-polarization radar for flash flood applications in mountainous basins, *Journal of Hydrology* (2010) , 13 str.
doi:10.1016/j.jhydrol.2010.06.026

Borga, M. 2009. Real time guidance for flash flood risk management- executive summary, Integrated flood risk analysis and management methodologies, Flood Site: 1-8.
<http://www.floodsite.net/html/publications2.asp?by=documentDeliverables&byway=desc>
(Pridobljeno 10. 6. 2015.)

Collier, C. G. 2007. Flash flood forecasting: What are the limits of predictability?, *Quarterly Journal of the royal meteorological society, Q. J. R. Meteorol. Soc.* 133: 3–23.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.29/epdf>, (Pridobljeno 10. 7. 2015.)

Hapuarachchi, H. A. P, Wang, Q. J., Pagano, T. C. 2011. A review of advances in flash flood forecasting, *Hydrological Processes*. 25: 2771–2784.
http://www.researchgate.net/profile/Thomas_Pagano/publication/229879627_A_review_of_advances_in_flash_flood_forecasting/links/0c9605227cc98e11ff000000.pdf, (Pridobljeno 15. 7. 2015.)

Iršič Žibert, M. 2008. Novi satelitski produkti za podporo zdajšnji in zelo kratkoročni napovedi= New satellite products to support nowcasting, *Ujma*, št. 22: 167-170.
<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2008/167.pdf> (Pridobljeno 18. 7. 2015.)

Lamovec, P., Mikoš, M. 2011. Analiza poplav z uporabo satelitskih posnetkov - primer hudourniške poplave v Selški dolini leta 2007 = Analysis of floods using satellite images - case study of the 2007 torrential flood in the Selška valley. *Geodetski vestnik* 55, 3: 483–494.
<http://www.geodetski-vestnik.com/sl/arhiv> (Pridobljeno 18. 7. 2015.)

Loat, R., Zimmermann, M. 2003. Risk management in Switzerland, str. 13
http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2001-2005/Loat_Zimmermann_2003_-_Risk_Management_in_Switzerland.pdf, (Pridobljeno 7. 7. 2015.)

Majes, B. 2001. Analiza plaz in možnosti njegove sanacije = Analysis of Landslide and its Rehabilitation. *Ujma*, št. 14-15: 80-91
http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2001/p3_3.pdf, (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., Sangati, M., Gaume, E., Bain, V., Delrieu, G., Bonnifait, L., Pogačnik, N. 2009. Comprehensive post-event survey of a flash flood in Western Slovenia: observation strategy and lessons learned, *Hydrological Processes*, 23(26): 3761–3770.
<http://www.hydrate.tesaf.unipd.it/Index.asp?sezione=PRProjectResults&Pagina=PRPapers.asp>, (Pridobljeno 10. 7. 2015.)

Mikoš, M. 2000. Izrazje na področju erozijskih pojavov. Gradbeni vestnik, 49: 102-114.

http://www.researchgate.net/publication/236898168_Izrazje_na_podroju_erozijskih_pojavov_Technical_terms_in_the_field_of_erosion_processes, (Pridobljeno 10.8. 2015.)

Mikoš, M. 2001. Značilnosti drobirskih tokov. Ujma, št. 14-15: 295-299.

http://www.researchgate.net/publication/236898174_Znailnosti_drobirskih_tokov_Characteristics_of_debris_flows (Pridobljeno 10.8. 2015.)

Mikoš, M. 2012. Prispevek k zgodovinskemu pregledu razvoja hudourništva in hudourničarstva v Sloveniji = A Contribution to History of Torrent Control Theory and Practice in Slovenia, Gozdarski vestnik, 70/2012, št. 10: 429- 439.

<http://www.dlib.si/results/?query=%27keywords%3dgozdarski+vestnik%27&pageSize=25>, (Pridobljeno 12. 7. 2015.)

Natek, K. 2005. Poplavna območja v Sloveniji. Geografski obzornik, 52, 1: 13–18.,

http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_obzornik/go_2005_1.pdf, (Pridobljeno 15. 7. 2015)

Trobec, T. 2011. Vodogradbeni protipoplavni ukrepi za varstvo pred škodljivim delovanjem hudourniških poplav kot sestavni del obvladovanja poplavnega. Dela, št. 35: 103 – 124,

<http://revije.ff.uni-lj.si/Dela/article/view/dela.35.6.103-124/702>, (Pridobljeno 15. 7. 2015.)

Pravilniki in zakoniki

Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti. 2007. Evropski parlament in Svet Evropske unije (krajše: poplavna direktiva).

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:288:0027:0034:EN:PDF>, (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

Državni načrt zaščite in reševanja ob poplavah 3.0. 2010. Vlada Republike Slovenije, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, 4- 10 str.,

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/poplava.pdf>, (Pridobljeno 28. 7. 2015.)

Pravilnik 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.

2007. Uradni list Republike Slovenije 60/2007, <https://www.uradni-list.si/1/content?id=81148>, (Pridobljeno 1. 8. 2015.)

Internetni viri

Agencija Republike Slovenije za okolje. Padavinska karta.

http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/padavinska_karta.html (Pridobljeno 5. 8. 2015.)

Agencija Republike Slovenije za okolje. Radarska slika padavin- animacija. 21.8.2015.

http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/radar_animacija.html (Pridobljeno 21. 8. 2015.)

American meteorological society council, Prediction and Mitigation of Flash Floods. 2000. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 81, 1338—1340, <https://www.ametsoc.org/policy/flashfloods2000.html>, (Pridobljeno 28. 7. 2015.)

Geopedia. 2015. http://www.geopedia.si/?params=T845_vT_b4_s9#T845_L6329_x512128_y104648_s9_b2 (Pridobljeno 26. 7. 2015.)

Fema. Before flood. <http://m.fema.gov/before-flood>, (Pridobljeno 16. 8. 2015.)

Hidrotehnik, Obnovljena hudourniška pregrada na Prosci nad Dolenjo vasjo. 31.5.2013. <http://www.hidrotehnik.si/zadnji-izvedeni-projekti/obnovljena-hudourniska-pregrada-na-prosci-nad-dolenjo-vasjo>, (Pridobljeno 24. 8. 2015.)

Hribi.net. Lisca- slike. <http://www.hribi.net/slika.asp?gora=2601>, (Pridobljeno 24. 8. 2015.)

Hydrate project. Project overview. <http://www.hydrate.tesaf.unipd.it/index.asp?Sezione=ProjectOverview&SubSez=ProjectOverview>, (Pridobljeno 3. 8. 2015.)

Mladina. 2005. Hudourniki so nepredvidljivi. <http://www.mladina.si/96846/hudourniki-so-nepredvidljivi/>, (Pridobljeno 16. 8. 2015.)

Predstavitev projekta 'Lasersko skeniranje in aerofotografiranje 2011'. 2011. http://www.gu.gov.si/nc/si/medijsko_sredisce/novica/article/12050/5451/, (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

Rtvslo. 2014. <http://www.rtvslo.si/svet/foto-v-srbiji-nasli-27-zrtev-poplav-hrvaska-razglasila-nevarnost-epidemije/337388>, (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

Rtvslo. 2010. Na življenjsko pomembno cesto do Davče država očitno pozabila. <http://www.rtvslo.si/okolje/na-zivljenjsko-pomembno-cesto-do-davce-drzava-ocitno-pozabila/243340>, (Pridobljeno 23. 7. 2015.)

Scalar. Kako deluje radar. Tehnične značilnosti. https://www.scalar.si/index.php?option=com_content&task=section&id=25&Itemid=86, (Pridobljeno 3. 8. 2015.)

Varstvo pred hudourniki in erozijo. <http://www.pedsava.si/p41/varstvo-pred-hudourniki-in-erozijo> (Pridobljeno 25. 7. 2015.)

Ta stran je namenoma prazna.