

# **PROUČEVANJE POPLAVE V DOLINI SELŠKE SORE 18. 9. 2007 Z MEDNARODNO SKUPINO HYDRATE**

## **Investigating floods in the Selška Sora Valley, on 18 September 2007, with Hydrate international group**

**Mojca Robič\* UDK 556.166(497.4Sora)“2007”**

Povzetek Abstract

Velik del Slovenije je 18. septembra 2007 zajela močna ujma, ki je zahtevala poleg gmotne škode tudi človeška življenja. Izjemno močne padavine so povzročile hiter in izjemno močan porast hudournikov, potokov in manjših rek. Največje razdejanje je za seboj pustila Selška Sora s pritoki. Hudourniške poplave se dogajajo v povirjih rek, tam, kamor sistematična hidrološka in meteorološka mreža opazovanj le redko seže. Pomanjkanje podatkov je bistveni omejitveni faktor pri proučevanju hudourniških poplav. V okviru evropskega projekta Floodsite je skupina strokovnjakov izdelala metodologijo proučevanja poplav na območjih, kjer ni opazovalne mreže in ne dejansko merjenih podatkov. To metodologijo je uporabila skupina enaindvajsetih strokovnjakov iz cele Evrope, ki je v okviru projekta Hydrate v novembru prišla na podlagi dogovora z Univerzo v Ljubljani in Agencijo za okolje Republike Slovenije proučevati poplavo Selške Sore in njenih pritokov.

A large part of Slovenia was hit by strong flash flooding on 18 September 2007, which caused great material damage as well as loss of human life. Very intense precipitation caused extreme growth of torrents, streams and small rivers. The biggest damage was caused by the Selška Sora and its tributaries. Flash flooding occurred in the higher parts of rivers, where there is no systematic hydrological or meteorological observation. Lack of data is an essential limitation in flash flood research. Within the framework of the Floodsite Project, researchers elaborated a methodology for flood research in areas where there is no measured data. This methodology was used by the Hydrate team during an intensive post-event campaign that took place on the upper Selška Sora and its tributaries.

## **Uvod**

Poplave so poleg potresov najhujše naravne ujme v Sloveniji. Zadnje v septembru 2007 so poleg velike gmotne škode zahtevale tudi človeška življenja.

Po 2. svetovni vojni je v Sloveniji prišlo do izrazite zgotovitve prebivalstva in gospodarskih dejavnosti na dnu kotlin in širših dolin. Takšnega površja je v Sloveniji približno četrtina, na njem pa živita skoraj dve tretjini slovenskega prebivalstva. Velik del je sicer na varnem pred poplavami, precejšen delež pa tudi na poplavam izpostavljenih območjih, tako v podeželskih kakor mestnih naseljih (na primer Celje, južni del Ljubljane).

Najpogosteje se poplave pojavljajo ob spodnjem toku večjih rek in nastanejo zaradi razlike v hitrosti odtoka vod iz povirja in pretočnih zmogljivosti rečnih strug. Vode hitro pritečejo iz višjega sveta in se razlijejo po ravnini,

nato počasi odtečejo in za sabo pustijo peščeno-ilovnate naplavine. Tovrstne poplave so najboljšežnejše ob spodnji Krki, Savi na Brežiškem polju, Dravinji in ob spodnjem toku Sotle.

Najpogosteje poplavljeni območja v Sloveniji so nekatera kraška polja. Takšne poplave nastopijo počasi, voda stoji več dni ali tednov in počasi odteče. Nastanejo ali zaradi dviga piezometrične ravni kraške podzemne vode nad površje ali zaradi presežka dotekajoče vode nad zmogljivostjo podzemnih odtočnih kanalov. Najbolj značilne so za Cerknjsko in Planinsko polje ter dolensko kraško polje Globodol; k tej vrsti prištevamo tudi poplave na Ljubljanskem barju (Natek, 2005).

Hudourniške poplave se pojavljajo v povirju rek, ob stotinah manjših hudournikov v gorskem svetu, hribovjih in gričevjih, pa tudi ob nekaterih večjih rekah, na primer Savinji, Mislinji, Kamniški Bistrici, Sori. Nastanejo lahko v katerem koli letnem času, ne glede na predhodno namočenost. So kratkotrajne in izjemno silovite. Vode hitro narastejo, prenašajo velike količine plavja in ga nasipajo na vršajih ali v ravnini, po nekaj urah pa že upadejo. Od

\* Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1b, Ljubljana, mojca.robic@gov.si

drugih poplav jih ločimo po silovitosti in hitrosti, zgodijo se v manj kakor šestih urah (Medmrežje 2). V prispevku o strokovnem izrazju je hudourniška poplava opredeljena kot kratkotrajna poplava z relativno velikim vršnim pretokom (Mikoš et al., 2002).

## Projekt Hydrate

Projekt Hydrate (Hydrometeorological data resources and technologies for effective flash flood forecasting) poteka od leta 2006 do 2008 in združuje strokovnjake iz osmih evropskih držav. Zelo pomemben del proučevanja skupine predstavljajo terenske analize poplav. Doslej so proučevali hudourniške poplave v Franciji, Španiji in Grčiji.

Cilji projekta so:

- nadgradnja znanja s področja hudourniških poplav s proučevanjem in razumevanjem preteklih poplav,
- razvoj nove strategije proučevanja hudourniških poplav,
- razvoj tehnologij in orodij za učinkovito zgodnje opozarjanje,
- javno dostopna zbirka podatkov o preteklih poplavah s pripadajočimi študijami ali opisi za čim večji del Evrope.

## Hydrate v Sloveniji

Od 18. do 23. novembra je 21 raziskovalcev iz šestih evropskih držav (Italija, Francija, Španija, Romunija, Slovaška, Grčija) in ob podpori hidrologov iz Agencije Republike Slovenije za okolje ter Fakultete za gradbeništvo in geodezijo raziskovalo poplavni dogodek v dolini Selške Sore.

Do pred nekaj leti je bilo proučevanje hudourniških poplav omejeno večinoma na raziskave meteoroloških parametrov ter obdelavo in interpretacijo podatkov na obstoječih hidroloških postajah. Leta 2003 je bila v okviru projekta Floodsite v Franciji razdelana metodologija raziskovanja in obravnavanja hudourniških poplav na območjih, kjer ni hidroloških postaj in ni dejansko merjenih podatkov (Goume, 2006). Metodologija, opisana v prispevku Post Flash Flood Investigation, Methodological Note (Goume, 2006) je priporočena za analizo hudourniških poplav kot postanalizo in je bila uporabljena tudi v projektu Hydrate. Enotnost metodologije je pomembna in potrebna, ker je eden od ciljev tudi zbirka podatkov o postanalizah poplavnih območij po Evropi. Poenotenje metodologije raziskovanj izboljša preglednost, primerljivost in uporabnost podatkov.

Metodologija zajema: zbiranje podatkov s terenskim delom, pridobivanje podatkov z mreže padavinskih in hidroloških postaj in drugih virov informacij, kakor so radarski podatki, zemljevidi in tematske karte, zgodovinski dokumenti, pogovori itd., ter njihova primerjava, obdelava in vrednotenje.

Pri raziskavi se poskuša ugotoviti:

- največji pretok glavne reke in njenih pritokov,
- čas njihovega največjega pretoka,
- prenos plavin.

Namen takih raziskovanj je izboljšanje razumevanja hidrometeoroloških, hidravličnih in geomorfoloških procesov ob hudourniški poplavi. Poleg opisanih lahko zbiramo tudi podatke o socialno-gospodarskem vidiku, o škodi, posameznih dogodkih (poružitvah...), uspešnosti varnostnih ukrepov in druge.

## Potek raziskave

### Zbiranje podatkov

18. novembra (dva meseca po dogodku) je skupina 21 strokovnjakov iz šestih držav prišla v Slovenijo. Mnogokrat raziskave poplave in njihovih posledic potekajo mnogo pozneje, z večjo časovno zakasnitvijo. Časovna bližina je prednost pri iskanju poplavnih sledov, ki jih je pustila voda, hkrati pa je dogodek že toliko oddaljen, da ljudje niso več v čustvenem šoku, kar je pomembno pri pogovorih.

Delo raziskovalcev je potekalo pet dni. Prvi dan je bil namenjen splošnemu ogledu terena, opredeljevanju nalog in bistvenih vprašanj, navezovanju stika s predstavniki lokalnih skupnosti.

Naslednje dni je delo potekalo v skupinah. Tri skupine so pregledovale pritoke Selške Sore: Davčo, Češnico, Dašnico, Prednjo in Zadnjo Smoleva in druge ter ocenjevale njihov prispevek k pretoku Selške Sore. Skupaj je bilo izmerjenih in obdelanih 29 prečnih prerezov.

Kraji prečnih prerezov so bili izbrana tam, kjer so predvidevali, da je bil tok med viškom poplave čim bolj enakomeren in raven, čimdlje od pritokov, zavojev, ovir v strugi ... Ocenjeno je, da dvig gladine zaradi ovire v strugi za 1 m vpliva na gorvodni tok vsaj še 100 m, če je nagnjenost struge približno 1 % (Goume, 2006).

Prečni prerezi na ključnih mestih so bili izmerjeni z elektronskim teodolitom, drugi z laserskim razdaljemerom. Pri obeh načinih so bile izmerjene točke prečnega prereza, določena je bila najvišja višina vode po poplavnih sledeh, izmerjen naklon rečnega korita ter ocenjena hrapavost rečnega korita in poplavnega območja. Za kartografski prikaz prerezov rečnih strug je bil uporabljen GPS (satelitski položajni sistem).

Najvišja raven vode v profilu se po navedeni metodologiji določa po poplavnih sledeh (angl. *flood marks*), kakor so sledovi nanosov mulja, gruča, peska, vejevja, poležano rastlinje, sledovi na hišah, mostovih ali pregradah, sveža erozijska središča na bregovih ... Sledovi se ugotavljajo na širšem območju, ne le na ozkem območju izbranega profila. Poskuša se rekonstruirati tok vode ob najvišjem



Slika 1. Ugotavljanje poplavnih sledov po rastlinju: poležana trava (foto: M. Bat) in po sledih na stavbah (foto: B. Komac).

Figure 1. Flood marks observed on vegetation (photo: M. Bat) and on buildings (photo: B. Komac)

vodostaju, da se ugotovi, če je prihajalo do zajezitev, povratnih tokov in podobno, kar bi lahko vplivalo na rezultat meritve v profilu. Po poplavnih sledih vzdolž struge lahko sklepamo, kakšen je bil naklon vodne gladine in bolj ko se ta ujema z naklonom struge, enakomernejši je bil tok skozi profil.

Naslednja pomembna naloga je bila ocena hitrosti vode. Ta se oceni na podlagi hrapavosti in naklona struge. Dodatno lahko še po globini kotanje, ki jo je voda izdolbla ob padcu preko jezusa, po višini dviga vode na zunanji strani zavoja in drugo. Razpoložljiva filmska dokumentacija s posnetki plavajočih predmetov je zaenkrat lahko namenjena le za potrditev drugače dobljenih ali ocenjenih vrednosti.

Omočeni profili v poplavi največkrat niso enotni, temveč se njihove značilnosti bistveno razlikujejo. Pri preplavitvi ozkih dolin gre največkrat na eni strani za tok v strugi, kjer so hitrosti večje, in poplavno ravnico, kjer se tok zaradi povečanega trenja upočasni. Očitne so tudi razlike v hrapavosti obeh delov. V primeru prečnega prereza na sliki 4 je bil desni del tok po strugi, levi del pa po cesti, ki vodi po dolini. Prerezi so bili razdeljeni na

manjše enote, poplavna ravnica je obravnavana ločeno od glavne struge.

V mnogih preteklih analizah so izjave ljudi, očitvecev poplav, vendar so bile zbrane stihijsko in dodane le za ponazoritev dogajanja. Skupina strokovnjakov iz Francije pa priporoča sistematično zbiranje pogovorov z očitveci in njihovo analizo. Pri izjavah je pomembna primerna časovna odmaknjenost, saj je treba počakati, da čustvena napetost pri prizadetih ljudeh nekoliko popusti.

Skupina je skupaj z domačimi sodelavci opravila 15 pogovorov z ljudmi, ki so bili priča dogodka. Pogovori so pomembni pri določanju časa najintenzivnejših padavin in časa visoke vode, pri zbiranju podatkov o preteklih dogodkih, o lokalnih značilnostih, o prenesenem materialu, o višini vode ... Podatki, dobljeni s pogovori, so zelo pomembni za raziskovalno prepoznavanje dogodka, vendar jih je treba kritično pregledati in preveriti njihovo ujemanje z izmerjenimi in drugače zbranimi podatki.

Velik pomen pri razvoju dogodka je tudi ugotavljanje prenosa plavin, kje so mesta odlaganja, ocena količine in sestave odloženega. Ocenjena je bila primernost



Slika 2. Vzdolž struge se izmenjujejo območja erozije (a), odlaganja (b) in območja brez sledu o erozijskem delovanju (c) (foto: skupina Hydrate)

Figure 2. There is a succession of eroded (a) and filled (b) reaches along the river, but there are also places with no sign of active sedimentary processes (photo: Hydrate).





Slika 3. Zali Log septembra 2007 (foto: D. Prezelj, medmrežje: <http://www.davca.si/galerija2/> ) in Zali Log konec novembra 2007 (foto: M. Sušnik).

Figure 3. Zali Log on September 2007 (photo: D. Prezelj, Internet page: <http://www.davca.si/galerija2/>) and Zali Log at the end of November 2007 (photo: M. Sušnik).

in učinkovitost tehničnih ukrepov (jezov in podobno), opazovali in opisovali so geološke in geomorfološke značilnosti, stanje bregov. Zanimanje so pritegnili tudi erozijski pojavi, zemeljski usadi, plazovi, zdrsi, drobirski tok in podobno.

Drobirske tokove in erozijo sta podrobno opazovala dva strokovnjaka, ki sta se ukvarjala izključno s tem. Podrobno sta raziskala dolino Pruharce in Črnega potoka.

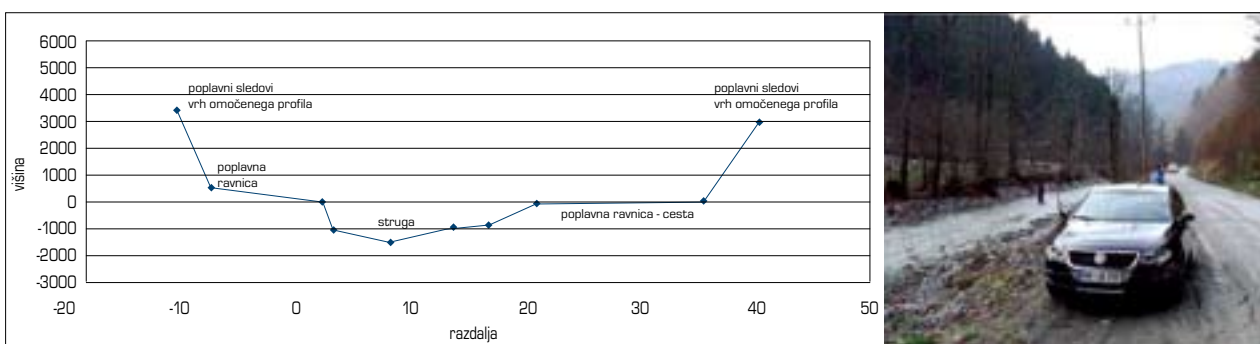
Drobirski tok Pruharce, ki je zasul Zali Log, je bil ocenjen za majhnega do zmernega, kljub veliki škodi, ki jo je povzročil. Zaradi neugodno izbrane lokacije Zalega Loga, ki je nastal na gruščnatem vršaju, je bila škoda zelo velika. Dolina Pruharce je zelo strma, sestavljena večinoma iz dolomitov, pokrita z le približno 10 cm debelo zemljo in porasla večinoma z bukovim gozdom. Njeno zaledje je majhno, 0,9 km<sup>2</sup>. Porušena drevesa so v zožitvah delovala kot ovira in so povzročila pulzacijo drobirskega toka. Sledovi nakazujejo, da je bil gruščnati

tok v povprečju širok od 8 do 10 m in visok od 1,5 do 2 m. Večji del grušča se je ustavil nad Zalim Logom in je po oceni tujih strokovnjakov še vedno zelo nestabilen in kot tak nujno potreben sanacije, Zali Log pa je treba pred njim zavarovati.

Hkrati je bil analiziran tudi Črni potok, ki ima podobne geomorfološke značilnosti kakor Pruharce, le da je njegova geološka sestava drugačna. Prevladujejo laporji in skrilavci, na katerih se je razvila tudi debelejša prst. Prevladuje smrekov gozd. Drobirski tok Črnega potoka je odložil vršaj, ki je skoraj desetkrat večji od vršaja pri Zalem logu.

## Obdelava podatkov

Prečni profili so bili obdelani z že izdelanim programom v Excelu, pretok vode je bil izračunan z uporabo empirične Manning-Stricklerjeve enačbe. Ta predvideva enakomeren



Slika 4. Eden od obdelanih prečnih profilov (foto: skupina Hydrate)

Figure 4. One of the transverse sections (photo: Hydrate group)

tok skozi profil, zato je izbira kraja prečnega prereza zelo pomembna.

Vneseni so bili pridobljeni podatki, skupaj z opisom kraja in natančno lokacijo, opisom prispevnega območja, opisom geomorfoloških in erozijskih procesov in fotografijo.

Izhodni podatki so: površina omočenega profila, srednje hitrosti vode in pretok. Pretok je naveden v intervalu z zgornjo in spodnjo mejo in najverjetnejšo vrednostjo.

Podatke o največjih pretokih je treba primerjati s podatki o padavinah, ki so bili pridobljeni na Agenciji Republike Slovenije za okolje, in vneseni v model Padavine-odtok (slika 5). Zaradi poškodbe vodomerne postaje v Železnikih je bila prva primerljiva postaja v Veštru. Dobljene podatke je treba kritično pregledati, primerjati rezultate po profilih vzdolž vodotoka, primerjati rezultate s količino prenesenega materiala.

## Prve ugotovitve

Eden najpomembnejših in najzanimivejših prvih rezultatov je bila ocena najvišjega pretoka Selške Sore v Železnikih. Ta je bil ocenjen na 300 m<sup>3</sup>/s. Ta ocena je skladna z oceno hidrologov z Agencije za okolje Republike Slovenije

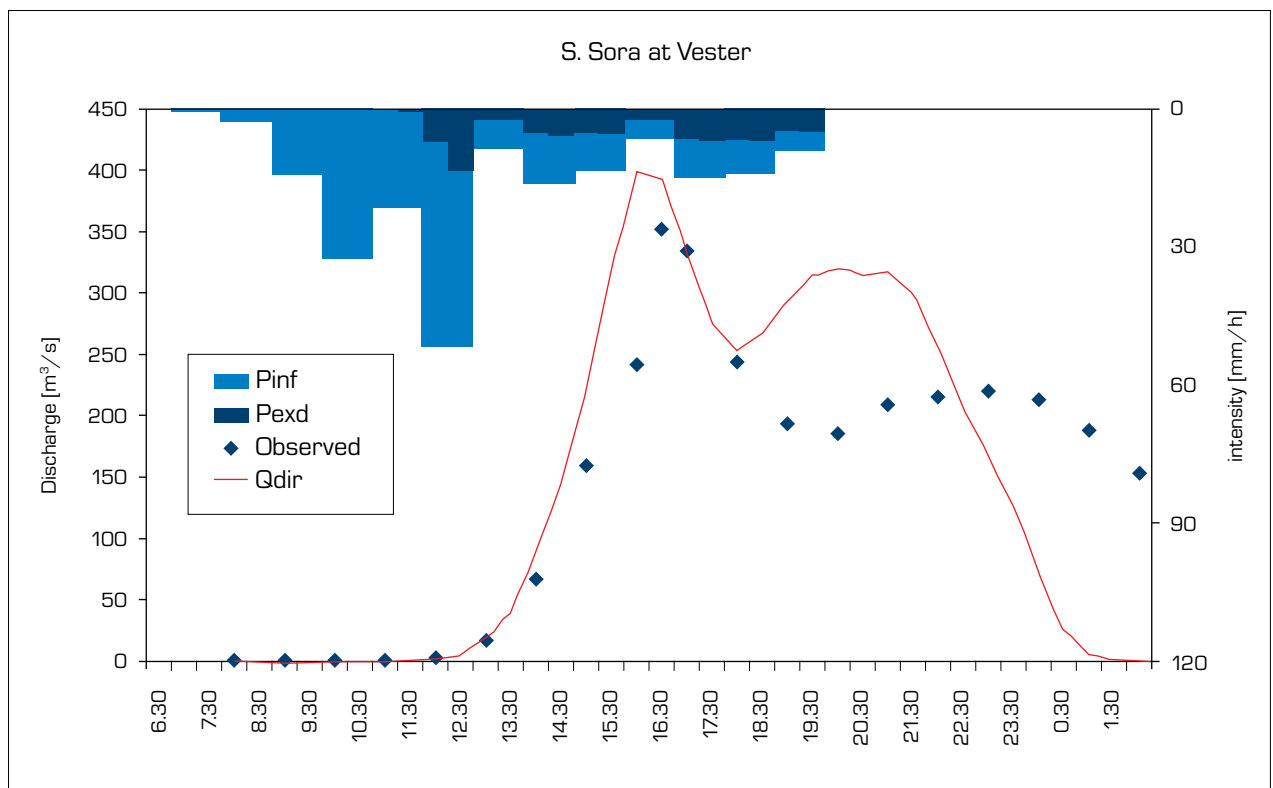
v članku Mire Kobold Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007 v tej publikaciji. Ocenjen je bil prispevek največjih pritokov. Daleč največji je bil prispevek Davče, ki je bil ocenjen na 120 m<sup>3</sup>/s pred izlivom v Selško Soro.

Na podlagi pogovorov je bil določen čas viška poplave, okoli 12.30 v Davči in na drugih pritokih v zgornjem toku, ter okoli 13.30 v Železnikih. Čas najvišje vode v Železnikih je bil potrjen z rekonstrukcijo zapisa na limnigrafskem traku vodomerne postaje v Železnikih.

Ocene največjih pretokov so primerjali s podatki o padavinah s padavinskih postaj in podatki meteorološkega radarja. Ocenjeno je bilo, da je bil odtok zmeren in da je imela pomembno vlogo infiltracija v sediment in zgornje (pretrte) plasti kamnine.

Značilnost hidrograma poplave je strma krivulja. Poplavni val se je pod Železniki upočasnil in sploščil. Voda se je razlila po nogometnem igrišču in po ravnici proti Selcam.

Ujma z veliko količino padavin in velikim pretokom vode je bila za to območje izjemna. V evropskem merilu lahko najdemo primerljive dogodke zadnjih let predvsem v sredozemskem delu Francije in Španije in v severnem delu Italije.



Slika 5. Modelna simulacija pretoka Sore na vodomerni postaji v Veštru; rdeča črta je izračunana linija pretoka, modre točke izmerjene vrednosti. Na desnem merilu so prikazane dejanske padavine, skupne v svetli in efektivne v temno modri barvi.

Figure 5. Simulation of the Sora discharge at Vešter: the red line indicates calculated discharge and blue points are measured discharges. On the other axis, the amount of precipitation is shown: light blue indicates total precipitation and dark blue the effective part.

Predlagani so bili ukrepi za zavarovanje Železnikov in drugih krajev v porečju zgornje Selške Sore. Najbolj je bila izpostavljena in poudarjena ogroženost Zalega Loga. Gruščnat vršaj, ki se je ustavil tik nad vasjo, ni stabilen in se ob podobnih razmerah lahko začne premikati. Potrebno bo določiti najustreznejši način stabilizacije vršaja in zavarovanja naselja. Železnikom bi relativno varnost pred poplavo lahko zagotovil jez ali pregrada, ki bi zadržala velike količine vode, in lokalno tehnični ukrepi za ohranjanje pretočnosti struge skozi naselje.

Škoda, ki jo je povzročila ujma v Železnikih in okolici, je bila zelo velika. Železniki so bili tudi v preteklosti velikokrat poplavljeni, v zadnjih 17 letih kar štirikrat, v letih 1990, 1995, 1998 in 2007. V zadnji ujmi je bila količina vode največja, kar nekajkrat večja kakor v preteklih poplavah je bila tudi povzročena škoda. Vzroke za to lahko iščemo v nezadostnem upoštevanju vplivov na vodno in obvodno okolje, širitve urbanizacije na poplavna območja in razlivne površine. Zaledja hudournikov, ki se zlivajo v Selško Soro, so izrazito hudourniška, zaradi geološke sestave tudi erozijsko labilna. Gozd, ki prerašča velik del povirja, deluje kot zadrževalnik vode. Vendar je gozd v zadnjih letih nekajkrat prizadel žled, posledica pa je polomljeno drevje v strugah in na strmih pobočjih. Ob veliki količini padavin je prišlo do prenosa ležečega drevja, ki je mestoma povzročilo zajezitve in zmanjšalo pretočno sposobnost strug.

Sanacijski ukrepi po prejšnjih poplavah so bili usmerjeni predvsem v urejanje dolinskih odsekov strug skozi naselja in ob cestah ter vzpostavitvi predhodnega stanja, redki pa so bili ukrepi, ki bi urejali hudournike v zaledjih.

## Sklepne misli

Ozka časovna in krajevna omejenost ter redkost hudourniških poplav so vzrok, da to vrsto poplav najtežje napovemo. Sistematično zbiranje podatkov o preteklih poplavah in proučevanje le-teh po enotni metodologiji bo izboljšalo vedenje o procesih, ki lahko povzročijo hudourniške poplave, ter o značilnostih in procesih poplav. S tem bo olajšano njihovo napovedovanje in zmanjšana škoda, ki jo povzročajo.

Ob obisku strokovnjakov skupine Hydrate smo se na na oddelku za hidrološko prognozo Agencije RS za okolje seznanili z novo strategijo proučevanja poplav in hkrati prispevali k izboljšanju vedenja o hudourniških poplavah.

## Viri in literatura

1. Arhiv ARSO
2. Gaume, E., 2006. Integrated Flood Risk Analyses and Management Methodologies: Post Flash-flood Investigations. Methodological Note. Medmrežje 1: [http://www.floodsite.net/html/partner\\_area/project\\_docs/T23\\_06\\_02\\_Post\\_Flashflood\\_Investigations\\_D23\\_2\\_V1\\_0\\_PO1.pdf](http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T23_06_02_Post_Flashflood_Investigations_D23_2_V1_0_PO1.pdf)
3. Kobold, M., 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. V tej številki Ujme.
4. Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Muller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M., 2002. Hidrološko izrazje. Acta Hydrotehnica letnik 20, številka 32, str. 3–324, Ljubljana.
5. Natek, K., 2005. Poplavna območja v Sloveniji, Geografski obzornik, številka 1, letnik 52, str. 13–18, Ljubljana.
6. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Medmrežje 2: [http://en.wikipedia.org/wiki/Flash\\_flood](http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_flood) [25. 3. 2008]