

# POŠKODBE CEST ZARADI VISOKIH VODA HUDOURNIKOV

## Road Damage Caused by High Torrential Waters

Aleš Klabus\* UDK 627.4/.5:625.7

### Povzetek

*Od vseh gradbenih objektov so ceste najboljšežneje in najbolj neposredno v stiku s hudourniki. V sestavku so opisani najpogostejši in najhujši problemi in poškodbe, ki se v času hudourniških izbruhov pojavljajo na cestni infrastrukturi – neustrezni prepusti, neustrezno zavarovanje konkavnih brežin, neustrezno temeljenje in stabiliziranje podpornih zidov in mostnih opornikov ter neustrezno trasiranje cest. Predstavljeni so tudi preventivni ukrepi oziroma napotki za preprečevanje ali vsaj zmanjšanje poškodb v prihodnje.*

### Abstract

*Of all structures, roads are most extensively and most directly exposed to water courses. The article describes the most common and severe problems and damage caused by torrential floods to road infrastructure. The causes and consequences of these problems are presented, as well as measures and instructions for preventing or at least reducing*

*damage. These include: inadequate or irregular construction of culverts (too small dimensions of opening, irregular position in a riverbed, inadequate construction or protection, unregulated riverbed ahead of culvert), inadequate protection of road dikes near riverbed (primarily on concave parts of banks), inadequate foundations of supporting walls and bridge pillars (too shallow foundations, unprotected river bottom) and inadequate planning of road routes (narrowing of the torrent or river area, too low level of road). Analyzing the most common types of damage and their causes will help to minimise future damage. Designers and builders of roads must not be guided solely by the rules of the profession and short-term cost savings, but should cooperate intensively with experts on hydraulic, erosion and torrent control in all phases.*

*Evidently, more funds should be allocated for torrent erosion control measures in the construction of roads in torrential areas.*

## Uvod

Od vseh gradbenih objektov so ceste s spremljajočimi objekti (podporni zidovi, mostovi, prepusti, nasipi itd.) najboljšežneje in najbolj neposredno v stiku z vodotoki, zato v času visokih voda in hudourniških izbruhov običajno utrpijo prve in največje poškodbe. Neurja, visoke vode in hudourniški izbruhi so v zadnjih letih vse bolj pogosti, posledice in škoda pa stalno naraščajo. Po vsaki ujmi običajno poteka evidentiranje posledic, kartiranje poškodb ter popis škode na objektih in v strugah. Hudourničarji iz leta v leto ugotavljamo, da se določene poškodbe stalno ponavljajo oziroma da se ponavljajo tipični problemi oz. vzroki, ki povzročajo podobne poškodbe na podobnih mestih. V tem prispevku skušamo v zgoščeni obliki opisati najpogostejše in najhujše probleme in poškodbe, ki se v času hudourniških izbruhov pojavljajo na cestni infrastrukturi ter predstaviti preventivne ukrepe oziroma napotke za njihovo preprečevanje ali vsaj zmanjšanje.

Omejujemo se na problematiko hudourniške erozije oziroma poškodb na cestah, ki jih povzročajo vodotoki z bolj ali manj izrazitim hudourniškim značajem oziroma režimom. Značilnost takih vodotokov so izrazita neenakomernost pretokov (pretok lahko sunkovito naraste po vsakih obilnejših padavinah) ter sproščanje, plavljenje in odlaganje plavin. Hudournik je lahko vodotok z zlivno površino od nekaj hektarov do več sto kvadratnih kilometrov in s pričakovanimi visokimi pretoki od 1 do 300 m<sup>3</sup>/s ali več. Osnovna značilnost naravnih hudourniških strug pa je, da imajo velik in neenakomeren padec nivelete (1 do 40 % ali celo več) ter da so neenakomerne oblike in velikosti. Načrtovalci, izvajalci in vzdrževalci cest podcenjujejo silovitost hudournikov in hudourniške erozije oziroma posledic, ki jih ti lahko povzročijo, še zlasti se premalo upošteva pomembna komponenta hudourniškega toka – plavine.

## Najpogostejše poškodbe in njihovi vzroki

### Splošno

V Slovenji imamo na eni strani zelo gosto cestno omrežje, na drugi pa zelo veliko vodnatost in gosto omrežje vodotokov, od katerih je velik delež hudournikov. Zaradi razgibanega reliefa potekajo ceste v hribovitih in gorskih pokrajinah v veliki meri po najnižjih delih dolin in grap, po katerih naravno tečejo tudi vodotoki. Ceste so pogosto vzporedno ali celo tik ob strugah in jih zelo velikokrat prečkajo, marsikdaj pa prečijo poplavna ali ogrožena območja. Največ težav in poškodb se pojavlja na lokalnih in regionalnih cestah, ki jih je (če ne upoštevamo gozdnih cest) v Sloveniji največ, hkrati pa je zanje prepogosto premalo denarja, zaradi tega so velikokrat v slabem stanju, neustrezne ali zastarele, njihovo obnavljanje in vzdrževanje pa je pomanjkljivo.

Vzroki težav, povezanih s hudourniško erozijo so različni, razdelimo jih lahko v dve veliki skupini, naravne in antropogene. Običajno se pojavijo v kombinaciji, ko posledice več naravnih vzrokov zvečajo različni antropogeni vzroki. Vsako cesto lahko obravnavamo kot tujek v naravi, ki poruši ravnotežje v prostoru oziroma okrepi erozijske procese. Porušnje ravnotežja je lahko bolj ali manj drastično ter ima večje ali manjše negativne posledice. Slabo načrtovana in zgrajena cesta **vedno** povzroči dolgotrajne probleme in zelo velike stroške vzdrževanja ter ogromno škodo zaradi neurij. S pravilnim načrtovanjem, upoštevanjem naravnih procesov (povezanih zlasti z vodotoki, erozijsko geomorfologijo in geološko podlago) in optimalno izvedbo so lahko negativne posledice zmanjšane na najmanjšo možno mero. Gradbenik, ki načrtuje novo cesto ali rekonstrukcijo stare, bi moral vsak neposreden stik ceste s hudournikom obravnavati kot problem, ki ga je treba strokovno in dolgoročno rešiti, pri tem pa mora upoštevati časovno in prostorsko dinamiko hudournikov in tudi cestne infrastrukture, predvsem pa medsebojno vplivanje.

\* Podjetje za urejanje hudournikov, Hajdrihova 28, Ljubljana

### Neustrezni prepusti

Neustreznost prepustov je en najpogostejših problemov, s katerim se srečujemo takorekoč ob vsakem hudourniškem izbruhu ali visokih vodah. Na račun »varčevanja« pri gradnji prepustov in s tem zmanjšanja celotnih stroškov gradnje ali obnove ceste so poznejši stroški popraviljanja in vzdrževanja nekajkrat višji.

Najbolj problematična je neustrezna dimenzioniranost prepustov oziroma premajhne pretočne odprtine, pogosta je tudi neustrezna lokacija prepusta na hudourniku, neustrezna izvedba in zaščitenost vtoka in iztoka. Velikokrat je problem neurejenost hudournika pred vtokom v prepust oziroma neupoštevanje posledic poseganja v strugo, ki jih povzroči izvedba prepusta ali prečkanje ceste. Na hudournikih je največ manjših cevnih prepustov, zato je njihova neustreznost najpogostejša, neredko pa so neustrezni tudi zidani pravokotni ali trapezni prepusti in večji mostovi.

Ustreznost izvedbe in dimenzioniranja prepustov na hudournikih je še posebej pomembna zaradi njihove nepredvidljivosti in predvsem prenosa plavin. Te so namreč zelo različne – od mulja, drobnega peska, proda, kamnov in skal do debel in panjev – spreminjajo pa se tudi med posameznimi izbruhi. Neznaten potoček se lahko med lokalno nevihto spremeni v pravo hudourniško lavo, ki nosi skale in debela.

#### Posledice premajhne pretočne odprtine

Med hudourniškim izbruhom si posledice zaradi premajhne pretočne odprtine sledijo po stopnjah (odvisno od količine plavin ter trajanja in višine visoke vode), od katerih vsaka naslednja povzroča drastično zvečanje škode in s tem stroškov sanacije.

Najpogosteje se prepust delno ali popolnoma zamaši in pred vtokom nakopičijo naplavine. Voda je zajezena, preplavi okolico prepusta (kjer lahko poplavi tudi druge objekte) in si poišče novo pot. Običajno se prelije čez cesto, jo poškoduje in zasuje s plavinami (slika 1). V najhujšem primeru del ceste s prepustom vred odnese, lahko pa se obrežna zavarovanja in objekti v gorvodni in dolvodni smeri začnejo obsežno verižno rušiti. Končni rezultat so poškodbe na daljšem odseku vodotoka in negativne spremembe vodnega režima zlasti v dolvodni smeri.

Ukrepi: Odprtine prepustov in mostov na vodotokih z izrazito hudourniškim vodnim režimom morajo biti ustrezno velike za prevodnost pretokov s 100-letno povratno dobo – tu ni dopusten nikakršen kompromis, za pravilno dimenzioniranje pa obstaja dovolj preverjenih metod. Pri vsakem prepu-



Slika 1. Pritok Zadnje Sore izpod Bidržne: ogromne količine plavin so zatrpale prepust in zasule cesto – neurje oktobra 1998 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 1. Tributary of Zadnja Sora below Bidržna: huge quantities of debris clogged the culvert and buried the road – October 1998 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)

stu (razen pri tistih, ki delujejo kot zadrževalniki ali pa so na izrazito nižinskih vodotokih) je obvezna dodatna, minimalna rezervna višina pretočne odprtine, namenjena za nepredvidene maksimume, za plavine in na vodi plavajoče plavine. Rezervne višine so odvisne od tipa in velikosti prepusta, razmer na obravnavanem odseku struge ter od razmer v celotnem zlivu hudournika.

Primeri minimalnih rezervnih višin:

- prepust pravokotne oblike na lokalni cesti: vsaj 0,80 m
- mostna odprtina trapezne oblike na regionalni cesti: vsaj 1,00 m
- cevni prepust: vsaj 50 % višine itd.

Pri projektiranju prepustov pa nam mora biti velikost pretočne profila z rezervno višino predvsem mera, od katere velikost prepusta ne sme biti manjša. Pri vseh tipih prepustov je dolgoročno veliko bolj racionalno, če jih nekoliko pre-dimenzioniramo – najbolje je izbrati največje dimenzije glede na terenske razmere.

#### Posledice neustrezne pozicije prepusta v vodotoku

Prepusti so pogosto neustrezno postavljeni ali locirani, na primer: kadar vtok ni ustrezno usmerjen in je pod neustreznim kotom glede na traso hudournika. Nenadna in preostra deviacija v strugi lahko povzroči zastajanje plavin pred vtokom ali pa močno erodiranje ogroženega dela brežine, spodkopavanje opornikov oziroma vtoka prepusta. V drastičnem primeru se lahko prepust zamaši ali pa so posledice podobne kot pri premajhnem prepustu.

Ukrepi: Prepust naj bo obvezno načrtovan in zgrajen tako, da bo sprememba na hudourniku (predvsem glede poteka, dimenzij in oblike struge) čim manjša.

#### Posledice neustrezne izvedbe vtoka ali iztoka prepusta

Neustrezno zgrajen vtok prepusta lahko ovira vtekanje in povzroči zastajanje vode in plavin pred njim ali pa voda z erodiranjem poškoduje in ogrozi celoten prepust. Neustrezno zgrajen in nezavaran vtok lahko povzroči vzvratno erodiranje in spodkopavanje prepusta (slika 3). V drastičnem primeru se lahko prepust zamaši ali poruši, posledice pa so že opisane.

Ukrepi: Vtok mora biti zgrajen čim bolj gladko, brez ostrih robov in prehodov ter z oživitvijo tako, da je vtekanje hitro in neovirano, iztok pa mora biti ustrezno stabiliziran in zavarovan. Izvedbe so odvisne od tipa in velikosti prepusta ter jakosti hudournika.

#### Posledice neurejenosti vodotoka nad prepustom in pod njim

Pri izrazito hudourniških vodotokih, ki nosijo zelo velike količine plavin velikih dimenzij (debela, panji, skale itd.) je praktično nemogoče ustrezno dimenzionirati dovolj velike odprtine prepustov. Zaradi tega so potrebni dodatni protierozijski ukrepi in objekti na daljšem odseku struge gorvodno od prepusta – brez njih namreč prepust ne more funkcionirati.

Ukrepi: Nujni so zaplavno uvajalni objekti, ustaliteni in drugi ureditveni ukrepi v strugi gorvodno od prepusta. Te ukrepe mora načrtovati že projektant ceste (s strokovnim sodelovanjem hudourničarjev). Obravnavati jih je treba kot nujne in nepogrešljive za varno in dolgoročno funkcioniranje ceste.

### Neustrezno zavarovanje cestnih nasipov

Zelo pogoste poškodbe na cestah v času visokih voda so zajede ali odneseni cestni nasipi ter poškodbe prešibkih obrežnih zavarovanj – predvsem v konkavnih delih brežin. Hudourniške struge so običajno strme in nepravilne, hudourniška voda pa teče hitro in vrtinčasto. V konkavah se hi-





Slika 3. Pritok Davče v Zgornji Davči: Poškodbe prepusta - posledica neustreznega iztoka, nestabiliziranega dna struge ter zamašenega vtoka – neurje septembra 1995 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 3. Tributary of Davča in upper Davča: consequence of inadequate outflow, unstabilized river bottom and blocked inflow – September 1995 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)



Slika 4. Selška Sora v Podroštu: zaradi nezavarovane konkavne brežine je odneslo novo cesto – neurje oktobra 1998 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 4. Selška Sora in Podrošt: unprotected concave bank resulted in the destruction of the road – October 1998 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)



Slika 5. Zadnja Sora: posledice neustreznega zavarovanega cestnega nasipa in neustaljenega dna struge – neurje septembra 1995 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 5. Zadnja Sora: consequences of inadequate protection of the road dike and unprotected river bottom – September 1995 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)

trost vode še poveča, njena erozijska moč v bočni smeri postane občutno večja kot na premih odsekih. Posledica je močno bočno pa tudi vertikalno erodiranje. Poškodbe si sledijo v odvisnosti od trajanja in višine visoke vode: spodkopavanje nasipa ali obrežnega zavarovanja, odplavljanje nasipa (slika 5), porušitev zavarovanja, nastanek zajed, ki se povečujejo, odnesena cesta (slika 4), posledice v dolvodni smeri zaradi odlaganja plavin itd.

Ukrepi: Občutljivi cestni nasipi ob hudournikih morajo biti ustrezno zavarovani. Zavarovanja (zidovi, zložbe, kašte) konkavnih delov brežin morajo biti močnejša, nadvišana, globlje temeljena in bolj utrjena kot na premih odsekih. Za varnost zavarovanja pred spodkopavanjem so obvezni ustalitveni pragovi na spodnjem koncu in v kritičnih profilih, ki preprečujejo poglobljanje dna struge. Le v primeru stabilnega (skalnega) dna pragovi niso potrebni. Na obeh koncih zavarovanja so obvezna tudi zaključna krila, usmerjena v brežino. Zelo priporočljivo je dodatno ojačanje konkavnih zavarovanj z jezbicami ali krilnimi pragovi, ki stabilizirajo objekt, v času izjemnih razmer pa preprečijo verižno rušenje. Načrtovanje obrežnih zavarovanj ter ustalitvenih objektov mora biti premišljeno in sistematično. Načrtovalci in gradbinci cest morajo upoštevati, da so obrežna zavarovanja z ustalitvenimi pragovi enoviti in soodvisni objekti in da je vsako obrežno zavarovanje brez ustalitvenih pragov pomankljivo in zato zelo ogroženo.

### Neustrezno temeljenje obrežnih zidov in opornikov

Ustrezno temeljenje obrežnih zidov in mostnih opornikov v hudourniških strugah je še posebej pomembno, saj je dno takih strug zelo nestalno, še zlasti kadar je niveleta strma (več kot 3 % padci). Spremembe dna in oblike struge v hudournikih so zelo nepredvidljive in nenehne. V času visokih voda se lahko zaradi zastajanja plavin dno dvigne ali pa na daljšem ali krajšem odseku sunkovito poglobi. Hujša poglobitev struge lahko povzroči spodkopavanje obrežnega zidu (slika 6) ali mostnih opornikov, posedanje objekta in pojav razpok; v skrajnem primeru se zid ali most lahko zrušita (slika 2). Posledice porušenj so zelo hude in nepredvidljive tudi v dolvodni smeri in okolici struge, škoda v takih primerih pa je zelo velika.

Ukrepi: Pri temeljenju zidov in mostnih opornikov ni kompromisnih rešitev. Obrežni zidovi, ki so v hudourniških strugah, morajo biti dovolj globoko temeljeni. Temelji morajo biti globoki najmanj meter ali pa več – odvisno od padca nive-



Slika 6. Zadnja Sora: posledice neustreznega temeljenega in nestabiliziranega podpornega zidu – neurje septembra 1995 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 6. Zadnja Sora: consequences of inadequate foundations and protection of supporting wall – September 1995 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)



Slika 2. Davča v Zgornji Davči: neurejenost struge in nestabiliziranje dna sta uničili most – neurje septembra 1995 v Selški dolini (foto: A. Klabus)

Figure 2. Davča in upper Davča: unprotected riverbed and bottom caused the bridge to collapse – September 1995 flood in Selška valley (photo: A. Klabus)

lete ter ustaljenosti dna struge. Če je dno nestabilno (neskalnato), je na spodnjem koncu zidu za njegovo oporo obvezen ustalitveni **prag** (s stopnjo ali brez nje), ki prepreči poglobljanje v gorvodni smeri. Tak prag je obvezen tudi pod vsakim mostom. Če je izvedba ustalitvenega praga neracionalna ali celo nemogoča, mora biti globina temeljev najmanj meter in pol. Uporabne so tudi različne izvedbe podajnih predložij pred zidom. Struga med mostnimi oporniki mora biti utrjena (tlakovana).

### Neustrezne trase cest

Ceste, ki potekajo po ozkih dolinah in grapah, so pogosto neprimerno speljane. Tako vodotoku odvzemajo prostor, povzročajo zoženje struge, njeno prestavitev tik pod pobočje itd. Naj je cesta, ki poteka skozi dolino, še tako pomembna: v vsakem primeru bo tudi vsa hudourniška voda tekla skozi njo, temu se ni možno izogniti.

Zaradi utesnjenosti struge hudournika na daljšem odseku se vodni režim, erozijske razmere celotnega vodotoka in tudi recipienta zelo spremenijo. Na neposredno ogroženem odseku je možna posledica tega zastajanje plavin ali okrepitev erozijskih procesov. V prvem primeru se lahko preozek pretočni profil struge zatrpa in niveleta zviša. Sledijo preplavitev ceste, poškodovanje cestišča ter nasipov, nastanek zajed, poglobljanje struge v dovodni smeri itd. V drugem primeru povzroči zoženje struge (in njen odriv proti nasprotnemu po-

bočju) okrepitev erozijskih procesov v bočni in vertikalni smeri, spodkopavanje pobočja, nastanek usadov, ki drsijo v strugo in lahko v skrajnem primeru povzročijo zajezitev struge z veliko nepredvidljivimi posledicami.

Pogosto povzroča probleme tudi prenizek potek cestne nivelete glede na strugo. Posledica so preplavitev cestišča, zasipavanje s plavinami ter nastanek poškodb nasipa in cestišča.

Ukrepi: Pri projektiranju cest skozi ozke doline ali grape vzporedno ob strugi hudournika je treba upoštevati objektivno omejenost prostora in erozijsko geomorfologijo. Prednost mora imeti struga hudournika. Prevajati mora visoke vode z vsemi plavinami, pri tem pa voda ne sme erodirati dna in brežin ali preplavljati okolice. Niveleta ceste mora biti dovolj nad gladino visoke vode; tudi tu je potrebna rezervna višina. Širino ceste na določenih odsekih objektivno omejuje terenske razmere, zato je nesmiselno vztrajati pri predpisani širini (npr. 6 m) in s tem tako utesniti hudournik, da bo ob vsaki višji vodi poplavljal ter povzročal poškodbe.

### Sklep

V interni raziskavi, ki smo jo naredili v Podjetju za urejanje hudournikov, je bilo ugotovljeno, da je od vseh erozijskih problemov, ki smo jih reševali v zadnjih desetih letih, več kot 75 odstotkov neposredno ali vsaj posredno povezanih s cestami, delež škode zaradi visokih voda, ki je bolj ali manj povezana s cestami, pa je več kot 50 odstotkov. S preučitvijo najpogostejših poškodb in njihovih vzrokov jih lahko v prihodnje v veliki meri zmanjšamo. Načrtovalci in izvajalci cest morajo nujno preseči ozko specializirano miselnost in zgolj kratkoročno utemeljevanje stroškov izvedbe. To morajo spoznati tudi investitorji in pristojni na vseh ravneh. Nujno je sodelovanje s strokovnjaki hudourničarji, in to v vseh fazah, predvsem pa se mora sodelovanje začeti že v fazi načrtovanja nove ceste ali rekonstruiranja stare. Vzporedno z gradnjo cest, ki potekajo po vplivnem območju vodotoka, je obvezno urejanje erozijskih razmer vodotoka. Kritična mesta in odseke, ki smo jih ugotovili po številnih neurjih v zadnjem desetletju, pa je nujno dokončno urediti in dopolniti.

### Literatura

1. Arhiv Podjetja za urejanje hudournikov
2. Klabus, A., 1995, Neurje 28. in 29. junija 1994 v Zasavju. – Ujma 9, s. 24–27
3. Klabus, A., 1996, Neurja na hudourniških območjih Selške in poljske Sore septembra 1995. – Ujma 8, s. 125–128