

# POPLAVE IN EVROPSKI SISTEM NAPOVEDOVANJA

## Floods and the European Forecasting System

Mira Kobold\* UDK 556.166

Povzetek Abstract

Poplave so najštevilčnejše naravne nesreče, ki povzročajo veliko gospodarsko škodo in prizadenejo več ljudi kot katera koli druga naravna nesreča.

Pogostost poplav narašča, zato je vse bolj v ospredju napovedati visoke vode in poplave z zadostnim predopozorilnim časom. V ta namen je že postavljen prototip evropskega sistema za napoved poplav, ki omogoča napovedi in opozorila od tri do deset dni vnaprej na podlagi meteorološke napovedi modela ECMWF. Medtem ko je za Evropo model v resoluciji 5 km, poteka za porečje Donave razvoj poplavnega alarmnega sistema v resoluciji 1 km. Osnova sistema je hidrološki model LISFLOOD.

Floods are major natural hazard causing enormous economic damage and considerable loss of human life. Occurrences of flooding have increased in number in recent years worldwide. The need to forecast high waters and floods with sufficient lead time has become paramount. For that purpose, a prototype of a European flood forecasting system has been developed, which can provide forecasts and warnings for three to ten days in advance, based on medium-range weather forecasts of the ECMWF model. The spatial resolution of the system on a European scale is 5 km based on the LISFLOOD model. For the Danube River basin, the system is being developed at a resolution of 1 km.

### Poplave kot naravno tveganje

Vsakodnevno se srečujemo z naravnimi nesrečami, ki jih povzročata vreme in podnebje. Po ocenah svetovne meteorološke organizacije (WMO, 2004) je več kot 70 odstotkov vseh naravnih nesreč povezanih z vremenom in podnebjem. Med temi so najštevilčnejše poplave, ki jih je okrog tretjina vseh nesreč in prizadenejo več ljudi kot katera koli druga naravna nesreča (slika 1). Po podatkih Münchenske zavarovalne družbe (Bruen, 1999) so v obdobju 1986–1995 poplave povzročile okrog 32 % od skupno 5370 večjih naravnih nesreč, odgovorne pa so za 55 % smrtnih žrtev. Ocenjena ekonomska škoda je znašala 31 % od skupno 630 milijonov USD. Ti podatki so pomemben pokazatelj, da so poplave glavne naravne nesreče in svetovna grožnja človeštvu, čeprav imajo poleg svoje uničujoče vloge tudi pomembne koristne učinke na rečne ekosisteme, obnovo zaloge podzemne vode in rodovitnost tal. V povprečnem letu prinesejo koristi milijonov ljudi, ki so odvisni od poplav. Toda večina poplav je preobsežna in povzroča velike gospodarske izgube v glavnem v razvitejših državah, v manj razvitih državah pa so glavni vzrok za številne smrtne žrtve. Kljub napredku pri razumevanju podnebnih, rečnih in morskih mehanizmov in večjemu vlaganju v zmanjševanje poplav zahtevajo veliko življenj in povzročajo ogromno materialno škodo, večinoma zaradi neprimerne rabe prostora in vedno večje človeške ranljivosti.

\* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, mira.kobold@gov.si

Pogostost poplav v zadnjih letih dramatično narašča v svetu (slika 2) in Evropi (slika 3). To je posledica zlasti več neurij zaradi spremembe hidrometeorološke dejavnosti in izpostavljenosti ljudi na poplavno ogroženih območjih. Na sliki 2 je prikazano svetovno gibanje števila katastrofalnih poplav po desetletjih (Ashton in sod., 2003). Zajete so poplave, v katerih je bilo več kot tisoč smrtnih žrtev, stotine brezdomcev in pomanjkanje osnovnih ekonomskih dobrin. Na sliki 3 je prikazano število poplav v Evropi za obdobje 1980–2002, v katerih je bilo prizadetih več kot 500 ljudi ali več kot pet smrtnih žrtev ali je bila ekonomska škoda večja od 100.000 USD (Ashton in sod., 2003).

### Vzroki za nastanek poplav

V Evropi ločimo dve skupini meteoroloških dogodkov, ki povzročijo poplave. Prva skupina se nanaša na frontalne padavine, ki povzročijo poplave velikih rečnih sistemov in lahko največji pretoki poplavnega vala trajajo tudi več dni. Poplave te vrste so značilne za velike reke, kot so Ren, Maas (poplave 1993 in 1995), Odra (poplava 1997), Laba, Donava (poplava 2002). Druga skupina so hudourniške poplave, ki so običajno povezane s posameznimi in lokalno zelo močnimi padavinskimi dogodki, ki se zgodijo v majhnih in srednjevelikih porečjih. Največji pretoki poplavnega vala trajajo kratek čas, lahko nekaj ur ali pa samo nekaj minut. Hudourniške poplave so značilne za reke v hribovitih in gorskih območjih.

V Sloveniji se s poplavami, običajno hudourniški, srečujemo skoraj vsako leto. Do poplav in izrednih razmer

najpogosteje prihaja zaradi obilnih padavin, ki nastopijo po dolgotrajnem, večdnevem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevih ekstremnih padavin so poplave večjega obsega. Sem vsekakor spadajo poplave iz leta 1990 in leta 1998, ki jih štejemo med največje poplave v Sloveniji. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo njeno taljenje in velik, lahko katastrofalen površinski odtok. Velikokrat pa poplave povzročijo kratkotrajni in močni nalivi v sušnem obdobju, ki pa so lokalno omejeni. To potrjujejo izkušnje zadnjih let v Sloveniji, ki so bila v letnem povprečju skromnejša s padavinami, toda bogata z raznimi ujami, kot so neurja z vetrom, zemeljski plazovi in poplave. V avgustu 2003 so največ škode naredile

hudourniške poplave v Zgornjesavski dolini in porečju Tržiške Bistrice. V oktobru 2004 smo bili priča poplavam na porečju Ljubljanice in Gradaščice, ki so zahtevale celo smrtno žrtev.

Najbolj izdatne padavine v Sloveniji dobimo v jeseni ob kombinaciji ciklonskih in orografskih padavin z nevihtami. Ker pozno jeseni pri vegetaciji upade retencijski učinek, sta oktober in november značilna kot meseca, ko se na večjih slovenskih vodotokih pojavljajo največji pretoki (slika 4).

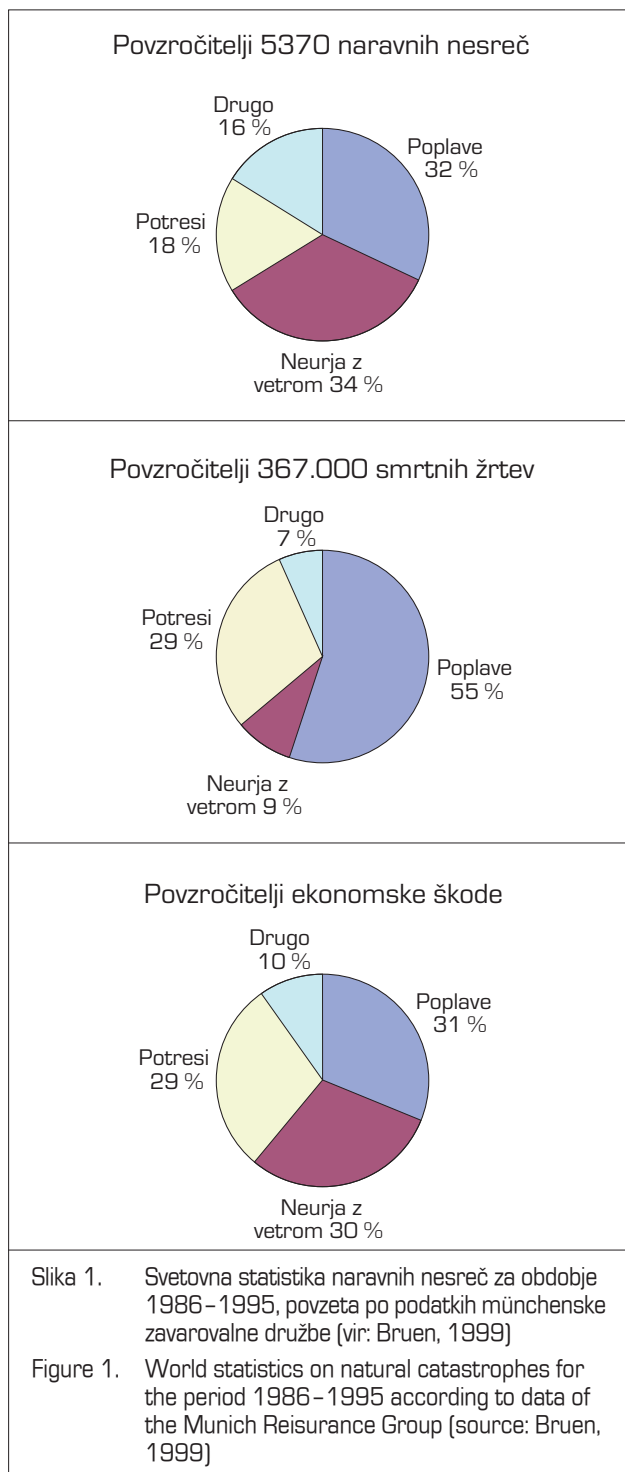
Poleg količine padavin povzročajo poplave tudi časovna razporeditev padavin (jakost). Ni vseeno, ali padavine nastopijo z visoko jakostjo in potem izzvenijo, ali pa začnejo z rahlim dežjem, ki na koncu preraste v močan naliv. Za nevihtni tip je značilna velika jakost padavin na začetku dogodka in potem počasno upadanje, za ciklonske padavine pa rahel dež na začetku, ki se sprevrže v močne padavine. Volumsko enake količine padavin, ki imajo različno dinamiko, bodo dale bistveno drugačne odtočne hidrograme. Tudi enaka največja jakost dveh različnih nalivov ne bo dala enakih največjih odtočnih količin. Padavine z maksimumom proti koncu situacije bodo dale bistveno večje konice odtoka od padavin z maksimumom na začetku.

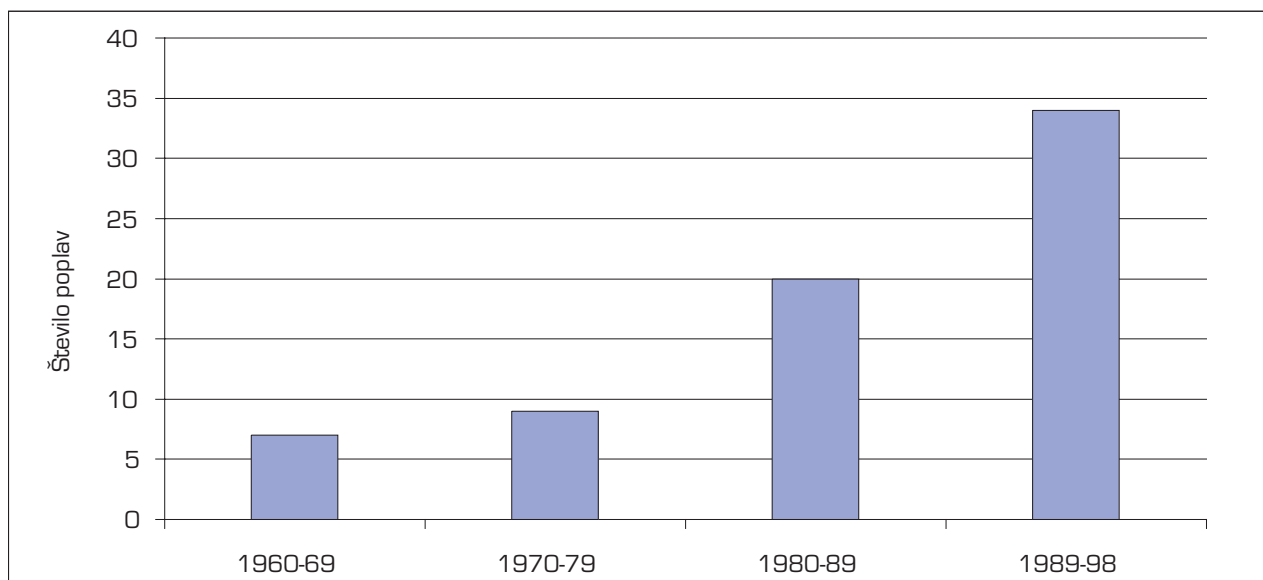
Izredno pomembna je tudi količina vlage v tleh ali predhodna namočenost. Od vlažnosti tal je odvisno, kolikšen del padavin odteče površinsko v strugo vodotoka in povzročajo dvig gladine vode v strugi. Čim večja je predhodna vlažnost, tem večja količina padle vode odteče površinsko. Za poplavne valove je značilno hitro naraščanje pretoka vode ob pojavu, nato sorazmerno kratkotrajni največji pretok in počasnejše upadanje pretoka. Ker leži Slovenija v glavnem v povirju rek, se srečujemo s kratkotrajnimi večurnimi hudourniški poplavami, razen območja Drave in Mure, kjer lahko poplave trajajo tudi več dni.

Dejstvo je tudi, da se na zemeljski obli dogajajo spremembe, različne od običajnih podnebnih vzorcev. Opazni so zvišanje povprečnih temperatur zraka, taljenje polarnega ledu in ledenikov ter zvišanje morske gladine. V povezavi s tem so močnejši termodinamični procesi v ozračju in podnebne spremembe in pričakujemo lahko pogostejše in večje skrajne dogodke. Majhne spremembe v kroženju atmosfere in komaj opazne spremembe v temperaturi atmosfere in površine morja povzročajo lokalne spremembe v pogostosti obilnih ali dolgotrajnih padavin in s tem v zvezi v velikosti in pogostosti poplavnih dogodkov. Vse večji delež padavin pade v obliki obilnih padavin, ki povzročajo kratkotrajne in običajno lokalno omejene hudourniške poplave.

## Napovedovanje poplav

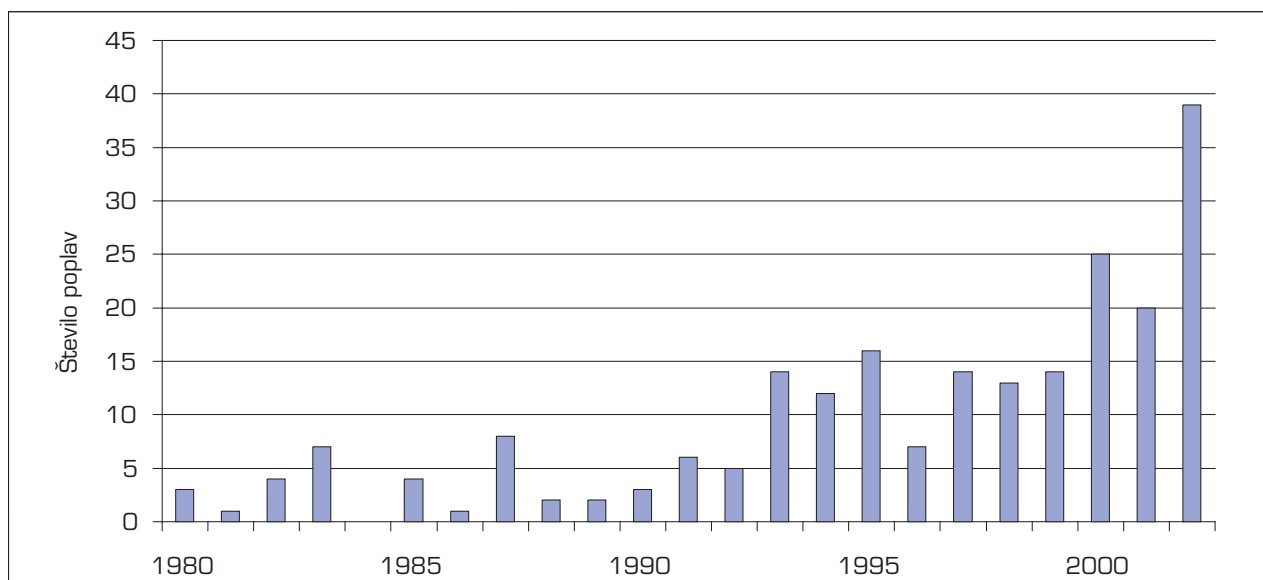
Napoved poplav, v širšem pomenu hidrološko napovedovanje, zagotavlja ocene prihodnjega stanja hidroloških





Slika 2. Svetovno gibanje števila poplav po desetletjih (vir: Ashton in sod., 2003)

Figure 2. World trend in the number of major floods by decades (source: Ashton et al., 2003)



Slika 3. Število poplav v Evropi v obdobju 1980–2002 (vir: Ashton in sod., 2003)

Figure 3. The occurrence of floods in Europe for the period 1980-2002 (source: Ashton et al., 2003)

spremenljivk v času in prostoru (pretoka in višino poplavnega vala, čas nastopa in volumen poplavnega vala). Danes je vse bolj v ospredju napovedati visoke vode in poplavne dogodke z zadostnim predopozorilnim časom, da bi se lahko pravočasno pripravili na vodno ujmo in z morebitnimi ukrepi zmanjšali velikost poplavnega vala ter ublažili negativne posledice poplav, ki povzročajo izgubo življenj, poškodbe ljudi, uničenje in poškodovanje lastnine, infrastrukture in okolja. Če so napovedi glede poplavljanja točne in če je na voljo dovolj časa, je mogoča tudi evakuacija ljudi. Na Nizozemskem so leta 1993, ko je poplavljala reka Maas, z opozorilom do tri dni vnaprej evakuirali okrog 100.000 ljudi z ogroženih območij. Za majhna porečja s hudourniški poplavami dolg predopozorilni čas običajno ni mogoč. Ljudje lahko v teh primerih le preselijo svoje dragocenosti v višja nadstropja in se po možnosti zaščitijo z nasipi.

Hidrološko napovedovanje je v pristojnosti hidroloških prognoističnih služb. Organiziranost služb je notranja stvar vsake države (WMO, 1994) in je zelo različna od države do države (Brilly in sod., 1999). Glavni pogoji za učinkovito hidrološko prognoistično službo so po mnenju svetovne meteorološke organizacije:

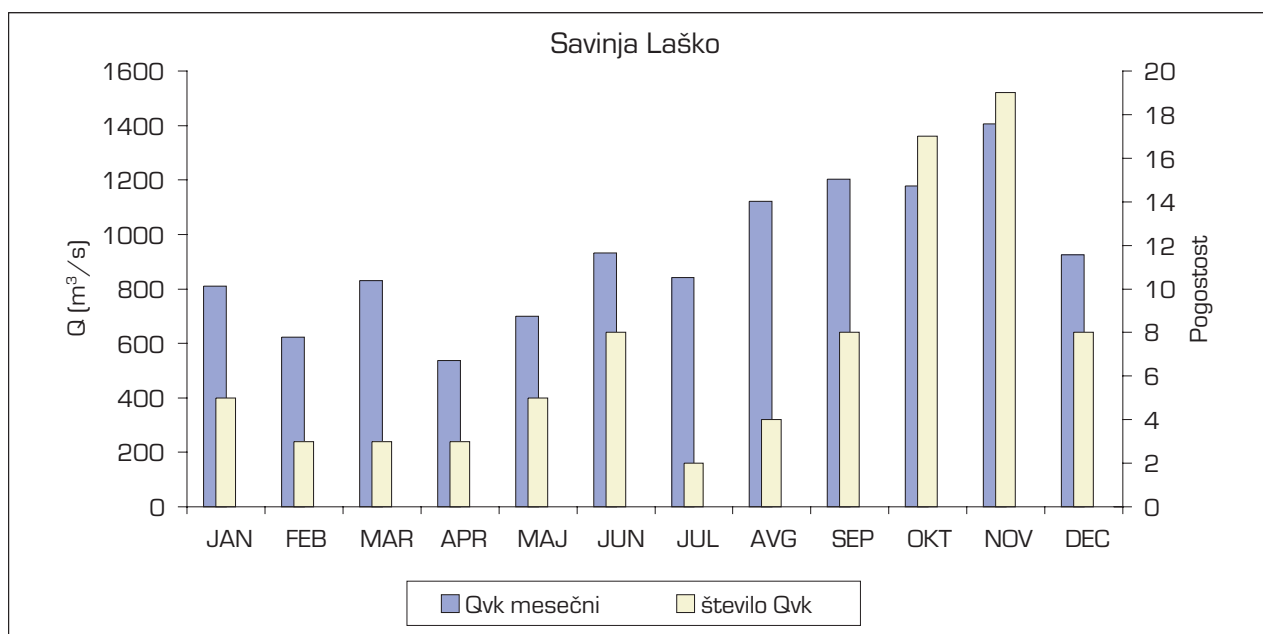
- dobro razvita mreža hidroloških in meteoroloških postaj;
- komunikacijske možnosti za hiter in zanesljiv prenos podatkov in posredovanje hidroloških in meteoroloških informacij;
- dokumentirani hidrološki in meteorološki zapisi z možnostjo obdelave podatkov, njihovega hranjenja in hitrega dostopa do njih;
- hidrološko modeliranje odtoka in gladin;
- izdelovanje in dajanje napovedi in opozoril.

Pri napovedovanju poplav je pomembno razumeti mehanizme, zaradi katerih prihaja do poplav in poznati različne tipe padavin, ki lahko povzročijo poplave. Izredna razgibanost terena v Sloveniji, dinamični orografski vplivi pri obilnih frontalnih padavinah in raznovrstnost geološke strukture povzročajo izredno pestre hidrološke pojave, ki jih še s tako gosto hidrološko mrežo postaj ne moremo zajeti. Slovenija je v glavnem vodozbirno izvirno območje večjih rek, kjer imajo padavine močan vpliv na odtok. Količine vode se lahko hitro povečajo in tudi hitro odtečejo. Za delovanje zaščite je zato pomembna že zgodnja napoved o možnem pojavu vodne ujme. Z uporabo produktov meteoroloških prognostičnih modelov obstajajo možnosti izboljšave hidroloških prognoz in podaljšanja časa pred poplavami, ki ga ima zaščita na razpolago za preventivno ukrepanje neposredno pred pojavom. Za spremljanje pojava in napovedovanje so poleg meteoroloških napovedi zelo pomembni tudi podatki v realnem času in uporaba hidroloških prognostičnih modelov.

Hidrološki modeli so orodje, ki opisujejo količinski odnos med padavinami in odtokom in omogočajo oceno odtoka s povodja. Obstaja veliko matematičnih modelov, od preprostih empiričnih formul ali soodvisnosti med padavinami in odtokom do kompleksnih matematičnih modelov, zasnovanih na fizikalnih procesih kroženja vode v naravi (WMO, 1994; Singh, 1995). Razvoj hidroloških modelov sega v šestdeseta leta 20. stoletja in je bil odvisen od razvoja računalnikov in programskih jezikov. Ni predpisane modela, ki bi bil vsestransko in širše uporabljen. Eden najstarejših in najbolj znanih programov za simulacijo površinskega odtoka je model HEC-1, ki ga je razvila ameriška vojska (Brilly, 1993). Prva različica programa je bila predstavljena leta 1968.

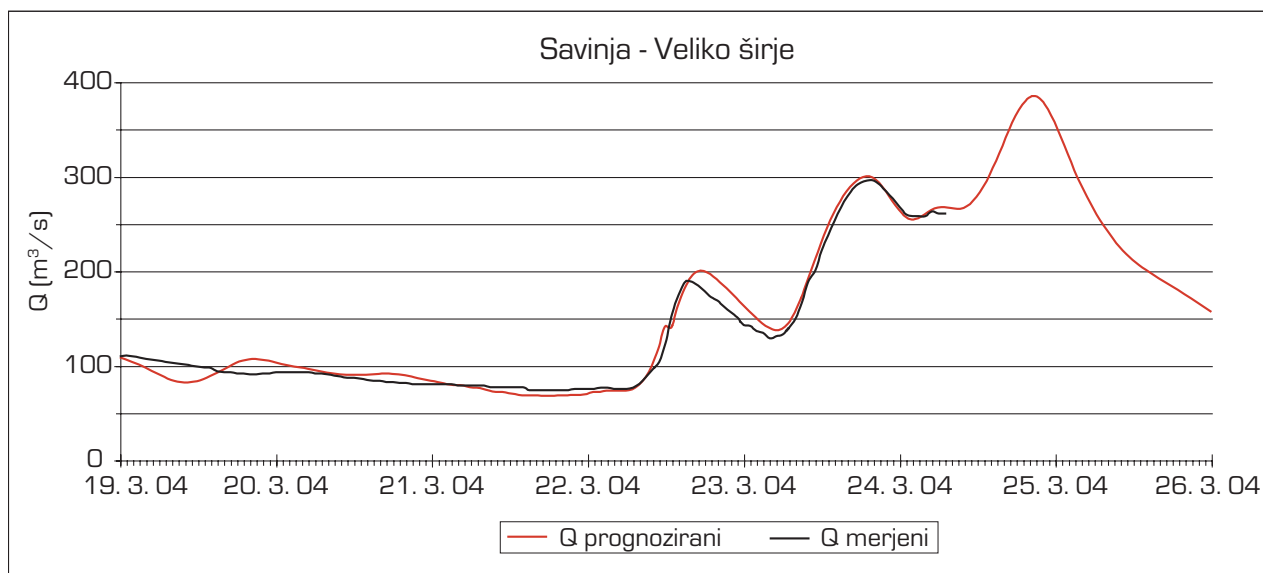
V hidrološki prognostični službi Agencije Republike Slovenije za okolje, ki redno spremlja hidrološka stanja rek in izdaja napovedi o predvidenih spremembah pretokov, ob visokovodnih razmerah pa tudi opozarja na stanje rek in nevarnosti poplavljanja, se operativno uporabljajo klasični regresijski modeli (Lalič, 1994; Sušnik in Polajnar, 1998). S temi modeli je pokrita večina rek v Sloveniji, vendar je z njimi mogoče napovedovati le konice visokovodnih valov, ne pa tudi čas njihovega nastopa. Klasični regresijski modeli temeljijo na odnosu med padavinami, običajno 24-urnimi padavinami, in največjim odtokom (konico) vala. Izdelane so tudi nekatere analize potovanja visokovodnih valov vzdolž vodotokov med lokacijami vodomernih postaj.

V zadnjih letih se vse bolj uvajajo konceptualni modeli padavine – odtok, ki omogočajo simulacijo hidrograma odtoka. Za napovedovanje hudourniških poplav sta se izkazala sprejemljiva že omenjeni model HEC-1 (Kobold in Sušnik, 1999) in švedski model HBV, razvit na Švedskem meteorološkem in hidrološkem inštitutu v oddelku za vodno bilanco urada za hidrologijo, po katerem ima model tudi ime (Kobold in sod., 2003). Model HBV omogoča neprekinjeno računanje odtoka v nasprotju z modelom HEC-1, s katerim lahko modeliramo samo posamezne padavinske dogodke, ki trajajo od 5 minut do 10 dni, ker ne računa obnove in zaloge vlage v tleh. Osnovna verzija modela HBV je bila razvita v začetku sedemdesetih let na podlagi razpoložljivih podatkov in operativnih hidroloških zahtev. Prve operativne napovedi so bile izdelane za povodja na severu Švedske leta 1975. Različice modela HBV se danes uporabljajo v več državah v različnih podnebnih razmerah in za različne velikosti povodij, od 1 km<sup>2</sup> do več 100.000 km<sup>2</sup>. Model se uporablja za napovedovanje pretokov rek, zlasti ob visokih vodah in poplavah,



Slika 4. Največje mesečne visokovodne konice (Qvk) in njihova pogostost v obdobju 1908–2000 na vodomerni postaji Laško na Savinji

Figure 4. Maximal monthly peak discharges (Qvk) and their occurrence in the period 1908-2000 at Laško water station on the Savinja



Slika 5. Napoved pretokov z modelom HBV

Figure 5. An example of hydrological forecast with the HBV model

in tudi za obratovanje hidroelektrarn in ocene vodnih virov. Model običajno teče na dnevni podatkih padavin in temperature zraka in mesečnih ocenah potencialne evapotranspiracije. V Sloveniji smo preskušali različico modela HBV-96 (Lindström in sod., 1997) na povodju Savinje, ki je s poplavnega stališča eno najbolj ogroženih območij v Sloveniji.

Vsak hidrološki model je treba na povodju, za katerega postavljamo model, predhodno umeriti. Umerjanje modela je eden najpomembnejših korakov pri modeliranju. Parametre modela določimo s prilagajanjem tako, da dosežemo zadovoljivo ujemanje izračunanega in opazovanega pretoka. Pri uporabi so padavine osnovni vhodni podatek v hidrološki model. Od vrste modela je odvisno, kateri vhodni podatki so še potrebni za zagon modela. Zanesljivost izračunanega pretoka je najbolj odvisna od točnosti vhodnih padavinskih podatkov ter točnih ocen parametrov modela. Za simulacijo odtokov je zato pomembno, da pri hidrološkem napovedovanju razpolagamo s točnimi merjenimi in napovedanimi padavinami, saj napaka v padavinah, ki so vhod v model, vodi k večji relativni napaki v odtoku glede na relativno napako v padavinah (Kobold in Sušelj, 2005). Na sliki 5 je prikazana napoved odtoka, izdelana z modelom HBV in s produkti meteorološkega modela ALADIN/SI, ki teče na Agenciji RS za okolje. Model ALADIN/SI daje napovedi do 48 ur vnaprej, kar pomeni, da lahko zagotavljamo hidrološke napovedi do največ 42 ur vnaprej, saj so produkti modela običajno na voljo ob 6 UTC.

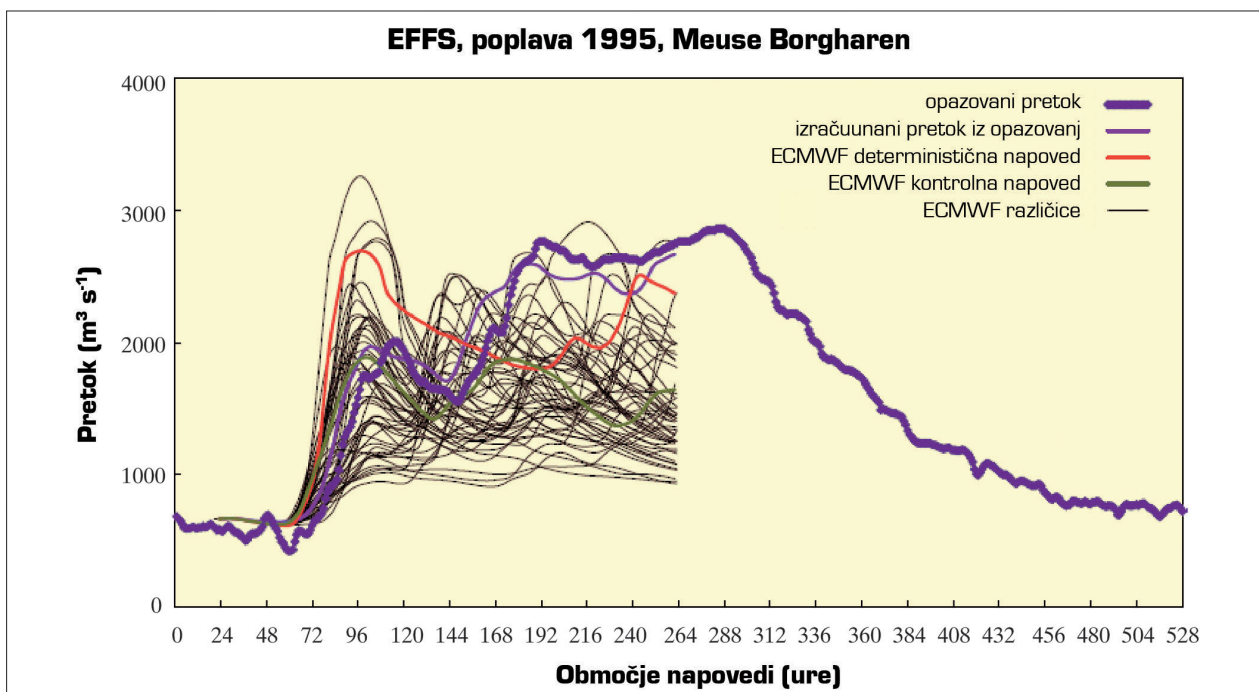
## Evropski sistem napovedovanja poplav

Potreba po hidroloških napovedih danes narašča, po eni strani zaradi širitve gospodarstva in uporabe vodnih

virov, po drugi strani zaradi vse večjega števila poplav po svetu, ki povzročajo veliko gospodarsko škodo in med naravnimi nesrečami tudi največ smrtnih žrtev. Prav pogoste poplave v Evropi v zadnjem desetletju in povzročena ogromna gmotna škoda so sprožile vrsto raziskav in kritičnih analiz na tem področju. V letih 2000–2003 je v okviru petega okvirnega programa Evropske skupnosti potekal projekt Evropski poplavni prognostični sistem (European Flood Forecasting System – EFFS), pri katerem je bila težnja držav EU postaviti skupen sistem za napoved poplav z vsemi razpoložljivimi informacijami, ki jih dajejo različni evropski modeli, kot so model ECMWF Evropskega centra za srednjeročne napovedi, model GME Nemške meteorološke službe in modeli za omejena območja. Postavljen je bil prototip evropskega sistema za napoved poplav in izdelana študija izvedljivosti zagotavljanja napovedi in opozoril od tri do deset dni vnaprej. Za Evropo je model v resoluciji 5 km, za posamezna porečja rek Ren, Meuse in Odre pa v resoluciji 1 km. Sistem za napoved poplav temelji na modelu LISFLOOD, katerega razvoj je potekal na Skupnem raziskovalnem centru v Ispri v Italiji (De Roo in sod., 2000).

V dosedanjih testnih zagonih in analizah se je napoved pokazala za sprejemljivo za tri do pet dni vnaprej. Zanesljivost hidroloških napovedi je odvisna od zanesljivosti meteoroloških napovedi. Te pa so lahko, kot vidimo na sliki 6, še vedno precej nezanesljive. Na sliki 6 so prikazani poplavni val in simulacije poplavnega vala reke Meuse v Borgharenu, ki se je zgodil v januarju 1995. Simulacije pretokov so bile izvedene z različnimi vhodnimi padavinami, merjenimi in prognoziranimi. Model ECMWF daje poleg deterministične desetdnevne napovedi v resoluciji 40 km še 50 različic napovedi, dobljenih z različnimi začetnimi pogoji v nižji resoluciji (80 km). Potek vrednosti spreminljivk s časom napovedi pove, v koliki meri je pričakovati, da bo deterministična napoved uspešna. Rešitve sprva sledijo druga drugi, z naraščanjem časa simulacije pa





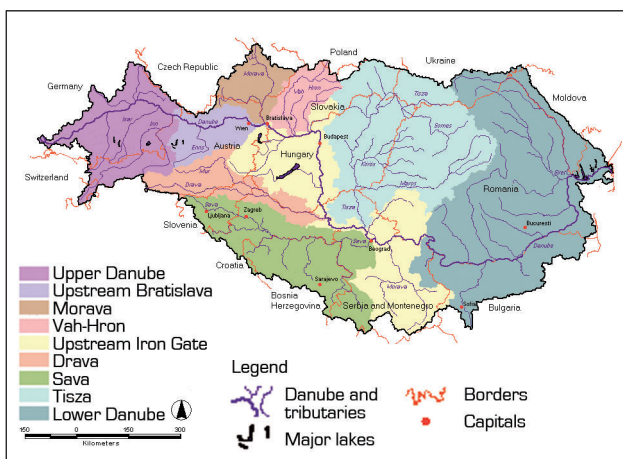
Slika 6. Opazovani in simulirani poplavni val z različni padavinskimi vhodnimi podatki z začetkom 20. januarja 1995 (vir: EFFS, 2003)

Figure 6. Observed discharge and simulated discharge using different rainfall inputs, starting on January 20, 1995 (source: EFFS, 2003)

se vse bolj razlikujejo. Večje so razlike, manj je deterministična napoved verjetna, kar vpliva na majhno zanesljivost izračunanega pretoka.

V oktobru 2003 je bil projekt EFFS končan, nadaljnje dejavnosti pa potekajo v šestem okvirnem programu EU. Na Skupnem raziskovalnem centru EU v Ispri potekajo razvoj, umerjanje in preskušanje poplavnega alarmnega sistema (European Flood Alert System – EFAS) za porečji Elbe in Donave na podlagi modela LISFLOOD (Wachter in sod., 2004 a). Razvoja alarmnega sistema za porečje Donave so se lotili v tesnem sodelovanju z nacionalnimi in regionalnimi prognostičnimi službami in pristojnimi ministrstvi

držav porečja Donave s podporo Mednarodne komisije za varstvo reke Donave (ICPDR). Porečje Donave z več kot 800.000 km<sup>2</sup> je največje porečje Evrope, ki pokriva območje osemnajstih držav (slika 7). Dolžina reke Donave je 2850 km in je druga najdaljša reka v Evropi. Porečje je v modelu razdeljeno na podpovodja, kot je prikazano na sliki 7. Za umerjanje modela je potrebna podpora držav porečja Donave z dajanjem potrebnih hidroloških, meteoroloških in podatkov GIS. Zbiranje podatkov in postavitve ter umerjanje modela čezmejnih porečij zahtevajo precej truda, saj, kot se kaže pri umerjanju modela Donave (Wachter et al., 2004 b), je po državah velika razpršenost podatkov po mnogih institucijah na državni ali regionalni ravni, kar zelo otežuje pridobivanje podatkov. Nadalje so podatki v različnih formatih, nekateri niti niso na voljo v digitalni obliki.



Slika 7. Porečje Donave z delitvijo na podpovodja (vir: Wachter in sod., 2004 b)

Figure 7. The Danube river basin and sub-basin delineation (source: Wachter et al., 2004b)

Za delovanje skupnega sistema in zagotavljanja napovedi in opozoril bo potreben usklajen sistem meteoroloških in hidroloških podatkov v realnem času. Le z vzpostavljeno infrastrukturo podatkov in umerjenim hidrološkim modelom bo mogoče vzpostaviti alarmni sistem, ki bo nacionalnim hidrološkim službam in odgovornim institucijam porečja Donave zagotavljal srednjeročne hidrološke napovedi od tri do deset dni vnaprej in dajal opozorila, če bodo predvidene poplave. Regionalne in lokalne skupnosti se bodo lahko ob napovedi poplav ustrezno pripravile in pravočasno aktivirale pristojne službe.

Namen postavitve modelov velikih porečij ni zamenjati nacionalne ali regionalne sisteme za napovedovanje, ampak bo tak model ob ekstremnih dogodkih le dal predhodno opozorilo in namig, na podlagi katerega bodo

nacionalne hidrološke službe pozorneje spremljale potek dogodkov in pravočasno opozarjale na prihajajočo ujmo in pripravljenost terenskih skupin. Resolucija globalnih meteoroloških modelov je še vedno precej velika, kar lahko ima za posledico velika odstopanja prognoziranih padavin in odtokov od merjenih, zlasti za območje Slovenije, kjer so padavine časovno in prostorsko zelo spremenljive, odtok pa hiter s kratkim časom zakasnitve. Verifikacija prognoziranih padavin modela ECMWF za območje Slovenije je pokazala, da model pravilno predvidi padavinske dogodke, podceni pa količino padavin, v povprečju za 60 odstotkov (Kobold in Sušelj, 2005). Napovedovanje pojavov v manjši skali z boljšo resolucijo je ključno za točnost regionalnih napovedi in zlasti za območja s kompleksno topografijo, kot je Slovenija.

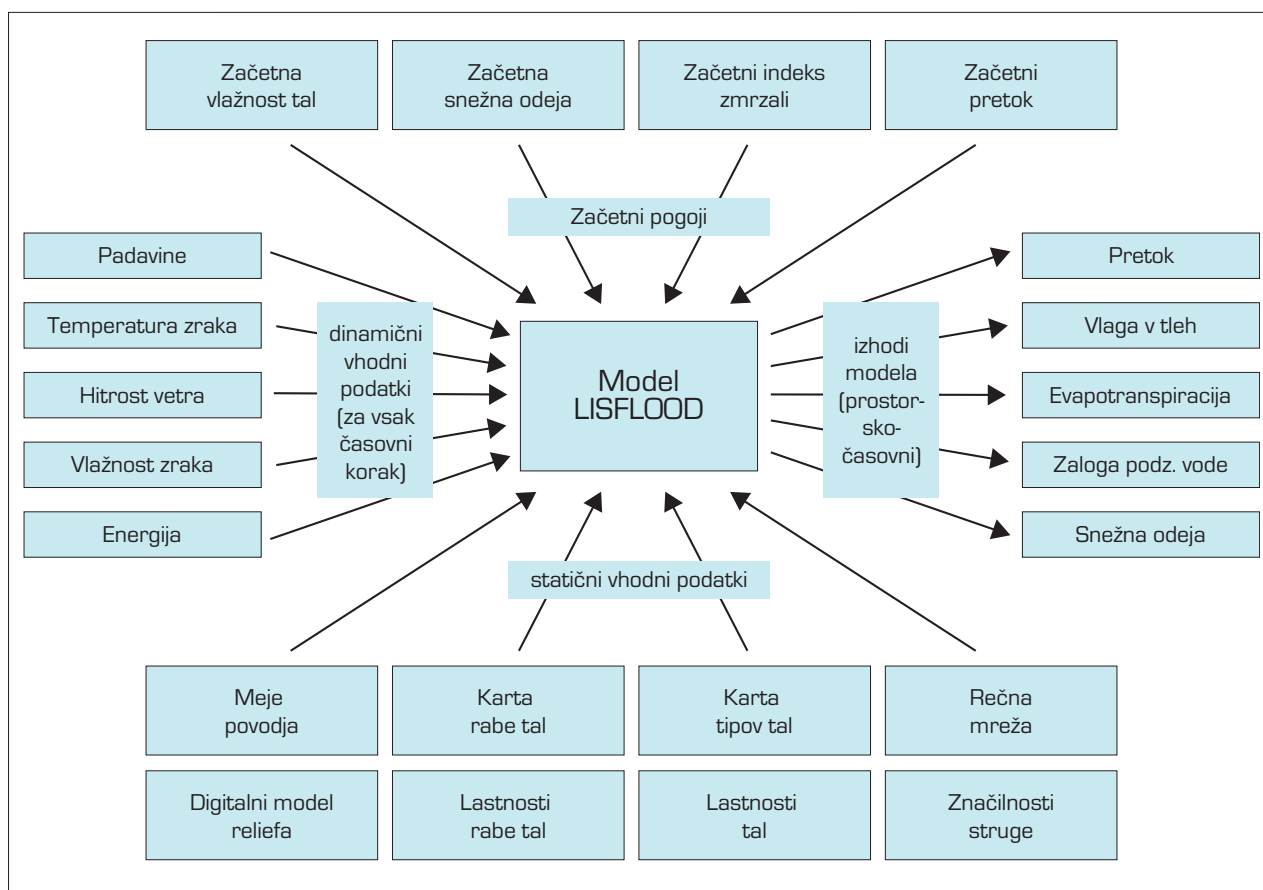
snega, evapotranspiracije, infiltracije, pronicanja, toka podzemne vode in površinskega odtoka. Potrebni podatki za model so podatki o topografiji, rabi in tipih tal ter meteorološki parametri, kot so padavine, temperatura zraka, zračni tlak, sončno sevanje, oblačnost in hitrost vetra za čim več meteoroloških postaj na povodju (slika 7). Vsi meteorološki parametri so prostorsko interpolirani, in kjer je potrebno, korigirani z nadmorsko višino. Izhod modela LISFLOOD so izračunani hidrogrami za lokacije, opredeljene v povodju. Običajno so to lokacije vodomernih postaj, kjer so znani merjeni pretoki. Prav tako model omogoča izhode drugih simuliranih spremenljivk, tudi v grafični obliki.

## Sklepne misli

Človekov vpliv na okolje pospešuje dinamiko naravnih procesov in s tem povečuje tveganje in tudi verjetnost, da se zgodijo naravne nesreče. Zavedati se moramo, da popolne zaščite pred vodno ujmo ni. Danes je bolj poudarek na »živeti s poplavami« kot pa boriti se proti njim, in to kljub temu, da se v prihodnosti pričakuje povečanje pogostosti in magnitude poplav. Druga pomembna lastnost poplavnega tveganja je relativna nenapovedljivost dogodka. Nepričakovanost, ki je opredeljena še s težavnostjo izdaje točnih opozoril, zlasti pri hudourniških poplavah, je glavni vzrok katastrofalnih poplav.

## Model LISFLOOD

Model LISFLOOD je fizikalno osnovan, distribuiran model padavine – odtok za kontinuirano računanje odtoka, ki upošteva vpliv topografije, količine in jakosti padavin, predhodne vlažnosti tal, rabe in vrste tal. Model je bil razvit za simulacijo poplav velikih rečnih sistemov (De Roo in sod., 2000). Model simulira odtok na podlagi srednjeročne desetdnevne meteorološke napovedi modela ECMWF in tako omogoča napoved do deset dni vnaprej. V modelu so simulirani procesi padavin, taljenja



Slika 8. Podatkovne zahteve modela LISFLOOD in izhodni produkti

Figure 8. Data requirements of the LISFLOOD model and model outputs

Razvoj pri hidrološkem napovedovanju v evropskem merilu je usmerjen v razvoj evropskega alarmnega sistema s hidrološkim modelom za velika porečja in povezovanje s svetovnimi meteorološkimi modeli. Alarmni sistem bo lokalnim in nacionalnim prognoškim službam zagotavljal predopozorila za štiri in več dni vnaprej, vendar pa hudourniške poplave v sistemu niso zajete. Za pretežni del Slovenije so značilne hudourniške poplave in nadaljnji razvoj mora biti usmerjen v razvoj modelov, ki omogočajo napovedovanje hudourniških poplav. Glavna ovira pri umerjanju modelov za napovedovanje hudourniških poplav je pomanjkanje podatkov. Območja z orografskimi vplivi imajo veliko časovno in prostorsko spremenljivost padavin, zato se pojavlja potreba po gostejši merilni mreži padavinskih postaj in s prenosom podatkov v realnem času. Veliko uporabnost za hidrološko napovedovanje kažejo radarski podatki, ki pa jih je treba predhodno korigirati z merjenimi talnimi padavinami. Prav radarske padavine so velik neizkoriščen vir podatkov za hidrološko napovedovanje.

## Viri in literatura

- Ashton, V., Aziz, H., Keith, S., Smith, T., 2003. Review of EU Flood R&D Project. The University of Birmingham, Department of Civil Engineering.
- Brilly, M., 1993. Priročnik za program HEC-1. Univerza v Ljubljani, Hidrotehnična smer FAGG, Ljubljana.
- Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M., 1999. Vodne ujme: varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Bruen, M., 1999. Some General Comments on Flood Forecasting. V: Proc. of Euroconference on Global Change and Catastrophic Risk Management: Flood Risks in Europe. IIASA, Laxenburg, Austria, <http://www.iiasa.ac.at/Research/RMP/june99/presentations.html>
- De Roo, A. P. J., Wesseling, C. G., Van Deursen, W. P. A., 2000. Physically-based river basin modelling within a GIS: The LISFLOOD model. Hydrological Processes, Vol. 14, 1981-1992.
- EFFS, 2003. An European Flood Forecasting System. Final Report WP 8, Contract no. EVG1-CT-1999-00011, Deliverable no. 8.2, WL Delft Hydraulics, Netherlands, 22-38, <http://effs.wldelft.nl>
- Kobold, M., Sušelj, K., 2005. Padavinske napovedi in njihova nezanesljivost v hidrološkem prognoziranju. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2004. Zbornik predavanj, Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 61-75.
- Kobold, M., Sušelj, K., Štravs., L., Brilly, M., 2003. Razvoj evropskega poplavnega prognošičnega sistema. 14. Mišičev vodarski dan 2003, Zbornik referatov, VGB Maribor, 39-47.
- Kobold, M., Sušnik, M., 1999. Modeliranje v programskem okolju WMS. Zbornik Mišičev vodarski dan, VGB Maribor, 128-135.
- Lalič, B., 1994. Visokovodni valovi v odvisnosti od padavin, vegetacije in predhodne namočenosti za reko Savinjo. Razprave, Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana, 61-74.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., Bergström, S., 1997. Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model. Journal of Hydrology 201, 272-288.
- Singh, V. P., 1995. Computer Models of Watershed Hydrology. Water resources Publication, Colorado, USA.
- Sušnik, M. and Polajnar, J., 1998. Simple hydrological forecasting models: operational experience. Proceedings of XIXth Conference of the Danube Countries, Osijek, Croatia. 31-36.
- Wachter, K., Kalas, M., Szabo, J., Younis, J., Niemeyer, S., Gierk, M., de Roo, A., 2004a. Towards a flood alert system for European trans-national river basins. Proceedings of XXth Conference of the Danube Countries (CD), Brno, Czech Republic.
- Wachter, K., Kalas, M., Szabo, J., Younis, J., Niemeyer, S., Gierk, M., Bodis, K., de Roo, A., 2004b. EFAS Pilot basins - description of the Danube river basin and status of data collection. 2nd EFAS workshop. Book of abstracts, Ispra, Italy, 40-43.
- WMO, 1994. Guide to hydrological practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications, WMO-No. 168, Fifth edition, Geneva, Switzerland.
- WMO, 2004. Water and disasters. Be informed and prepared. WMO-No. 971, Geneva, Switzerland.