

4. Trienalni znanstveni posvet Dan Bojana Ušeničnika – Naravne nesreče v Sloveniji 2017

TRAJNOSTNI RAZVOJ MEST IN NARAVNE NESREČE

POMEN HIDROLOŠKE NAPOVEDI ZA UČINKOVIT ODZIV V MESTNIH POPLAVAH

„Voda je včasih ostra in močna, včasih kisle in včasih trpke, včasih sladke, včasih gosta in redka, včasih prinaša zlo in kugo, včasih daje zdravje, včasih strup. Trpi spremembe skozi tolikšno število svojih naravi kot je krajev, skozi katere teče. In kot se ogledalo spreminja z barvo zrcaljenega, tako se voda spreminja z naravo kraja, postaja hrupna, lenobna, zakisana, žveplena, slana, žalobna, podivjana, jezna, rdeča, rumena, zelena, črna, modra, zamaščena, debela ali suha. Včasih povzroči požar, včasih ga ugasi; topla je in hladna, odnaša in prinaša, izvotli ali pa postavi, razdere ali zgradi, napolni ali izprazni, se dviga ali pada, hiti ali pa se vleče; je lahko vzrok življenja in vzrok smrti, rasti in zatiranja, včasih hrani in včasih ne; včasih ima okus, je vznesena, in včasih lahko pogoltne cele doline v velikih poplavih. V času in skozi vodo se vse spreminja.“

Andreia Tarkovski

mag. Nejc Pogačnik, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

Datum: 28.3.2017

Vsebinski pregled predstavitve

1. **Ekonomske posledice poplav,**
2. **Struktura sistema za hidrološko napovedovanje in vpliv na razvoj sistema Prognostično opozorilno odzivnega sistema,**
3. **Zakonodaja in njene razvojne možnosti v cilju do POOS,**
4. **Obravnavan testni primer (verifikacije) kakovosti napovedi – vodomerna postaja Suha na reki Sori,**
5. **Ugotovitve in zaključki.**

Poplave in njihova ekonomska škoda

Ekonomske posledice poplav v svetu

- Poplave na Tajskem, v obdobju od julija 2011 do januarja 2012, so peta najdražja naravna katastrofa v svetovnem merilu (Robinson, FT, 2012) skupna ocena škode je kar 46 milijard ameriških dolarjev.
- Leta 2007 v Veliki Britaniji so poplave povzročile 3,2 milijarde funtov škode.
- Poplave 2015 v Veliki Britaniji, ki so jih povzročili viharji Eva in Desmond, so povzročile ponovno 1,5 milijarde funtov škode.

in doma

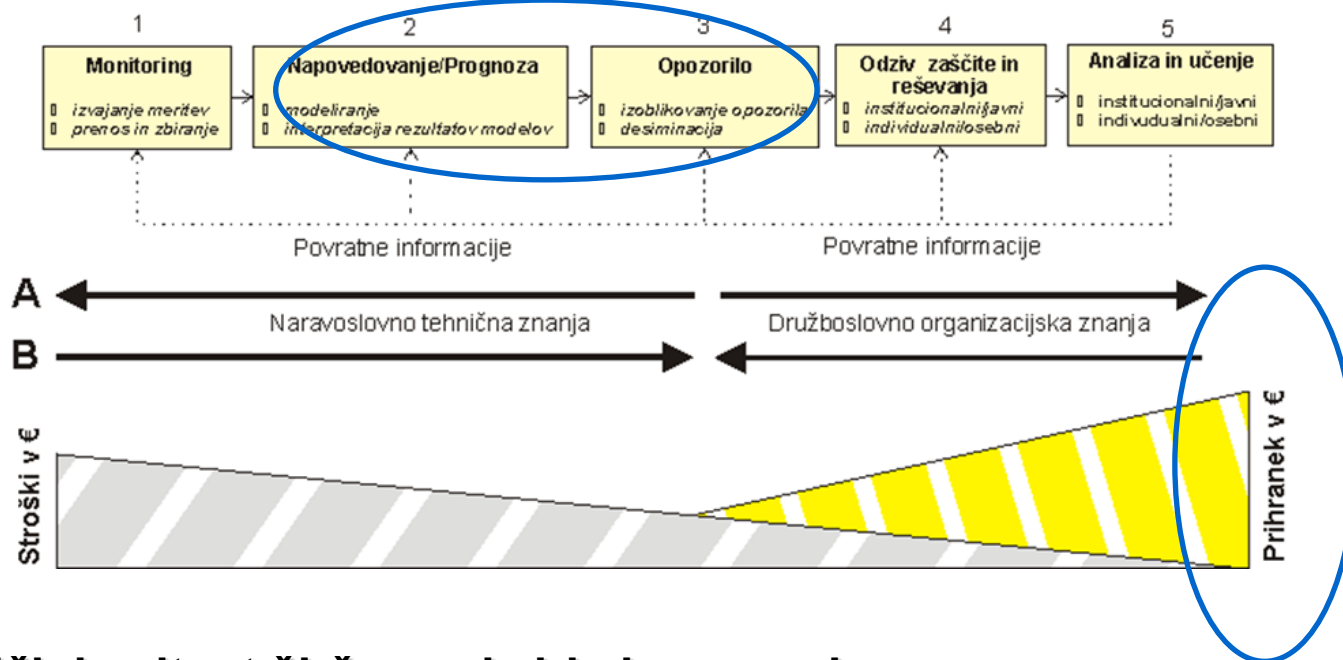
- Poplave od leta 2007 do začetka leta 2015 so Slovenijo stale okrog **1,5 milijarde evrov**
- 8 večjih poplav od 1920-1979
- 13 večjih poplav v zadnjih 35 letih, 2014 kar 3x



Čas	Dogodek		
		[mio €]	smrtne žrtve
18.9.2007	Železniki	187	6
22.-26.12.2009	Božične poplave	50	
16.-20.9.2010	Poplave od Vipave, Ljubljane do Posavja	275	5
4.-5.11.2012	Drava	311	
30.1.-7.2.2014	Žledolom, sneg, poplave	429	2
12.-16.9.2014	Sava in hudourniki na Krki, Krka, Bolska	153	2
21.-24.10.2014	Poljanska Sora, Gradaščica, hudourniki	50	
6.-14.11.2014	Hudourniki - Iška, Cerkniščica	20,2	
SKUPAJ 2007 - 2014		1475,2	15

Potreba po nadaljnjem razvoju POOS sistema

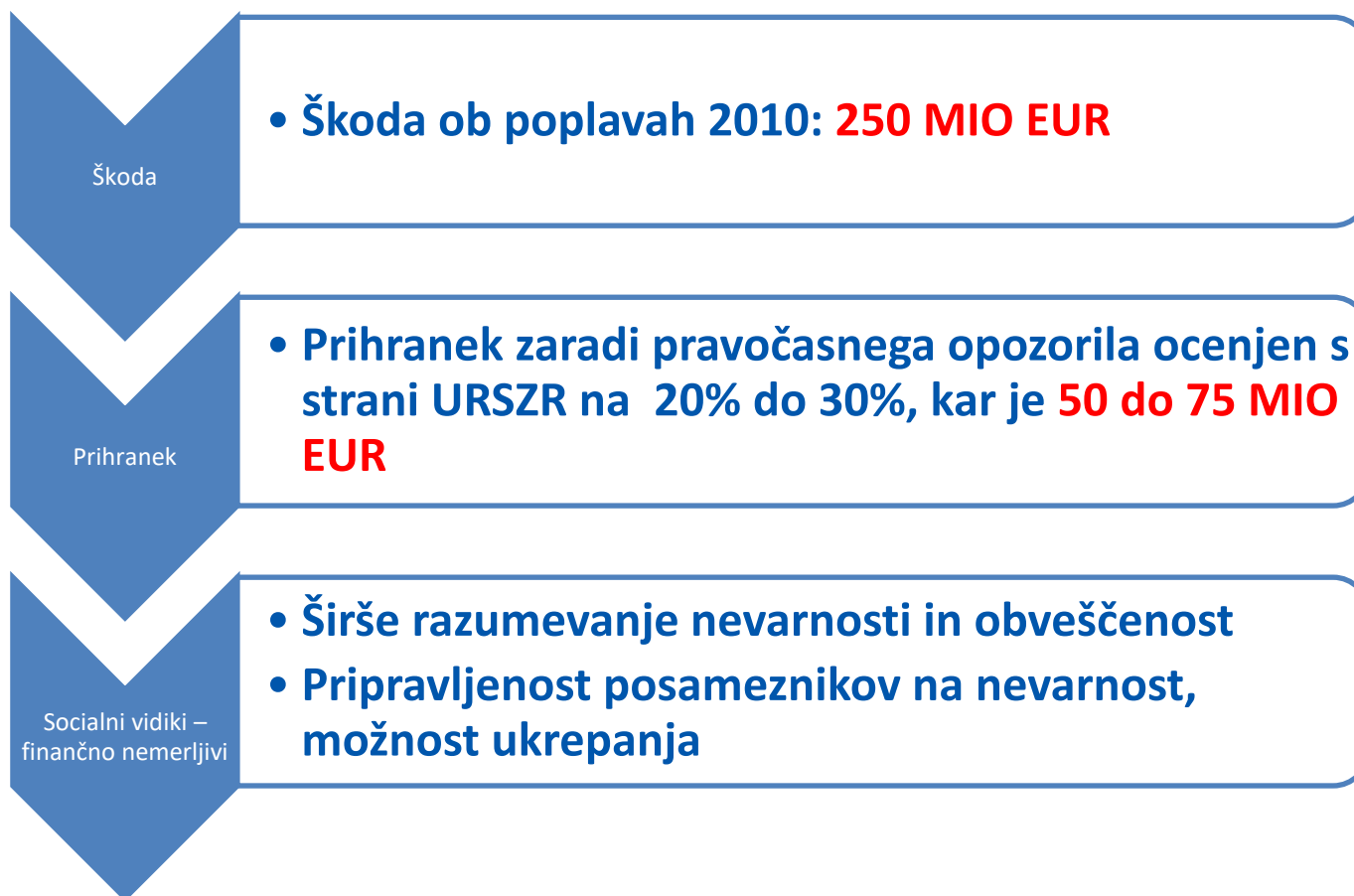
Elementi in značilnosti prognostično opozorilno odzivnega sistema



Učinkovitost širšega okvirja je namenjena:

- izogibanje poškodbam, stresu boleznim, smrtnim žrtvam,
- zmanjšanju škode tako na vseh gospodarskih ravneh,
- povečanju splošne varnosti,
- izogib političnemu dolgu do pomoči prizadetim, zaradi predhodnih jasno postavljenih omejitev in izdanih opozoril,
- boljše meddržavno sodelovanje ob poplavah.

Primer: Dogodek 2010



Struktura sistema za hidrološko napovedovanje - HPS

Glavni deli sistema:

- merilna mreže hidroloških in meteoroloških postaj s pridobivanjem podatkov v realnem času,
- izmerjeni hidrološki in meteorološki podatki pridobljeni v bilateralnih izmenjavah z mednarodno izmenjavo,
- rezultati izračunov meteoroloških modelov,
- hidrološko – hidravlično računsko jedro (programski paket DHI),
- informacijska vizualizacijska, komunikacijska in diseminacijska orodja,
- orodje za pripravo napovedi, oblikovanje in posredovanje opozoril.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

Sistem deluje v kolikor delujejo sistemi kritične infrastrukture:

- proizvodnja električne energije in distribucija,
- informacijsko komunikacijske tehnologije,
- promet.

Poplave na kraških poljih: Planinsko polje, februar 2014

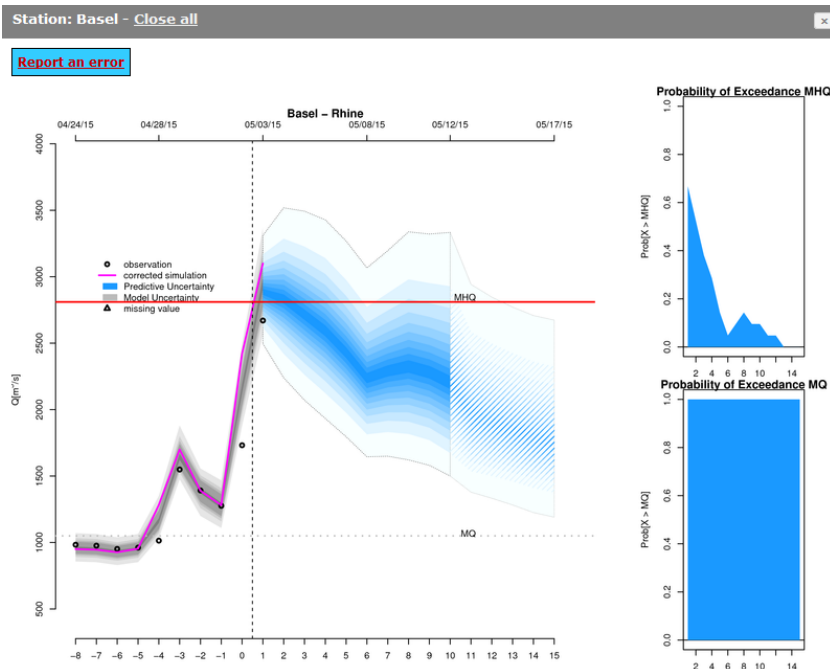


Večja povodenj od te je bila na Planinskem polju od novembra 1851 v začetek zime 1852.

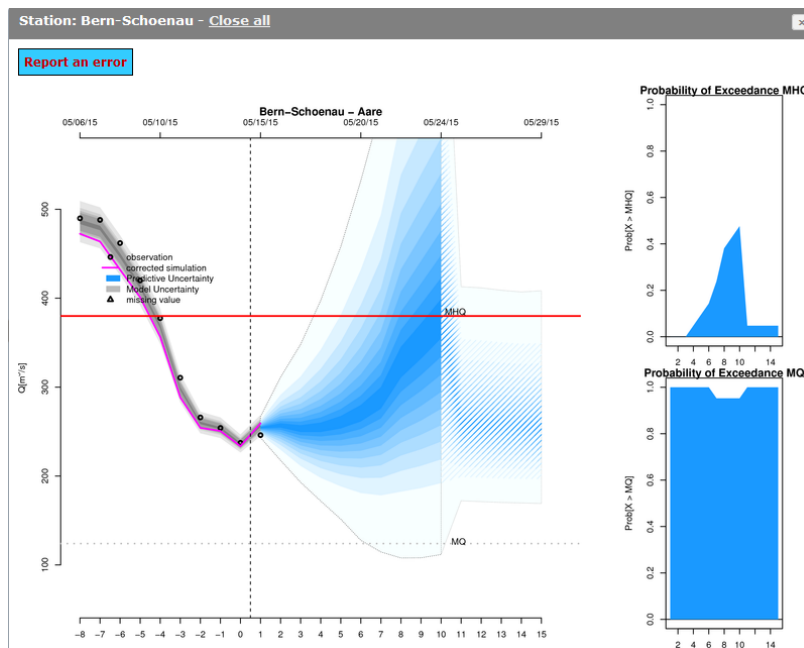
Značilni prikaz vizualne presoje kakovosti modelske napovedi iz sistema EFAS

Ocenjevanje modelskih izračunov:

- odgovor na vprašanje zanesljivosti napovedi

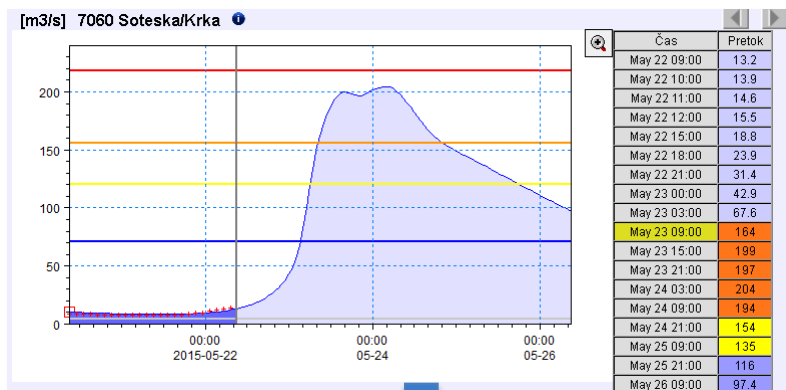


Primer skladnih skupinskih modelskih napovedi.



Primer neskladnih skupinskih modelskih napovedi.

Priprava napovedi in Opozorilni proces

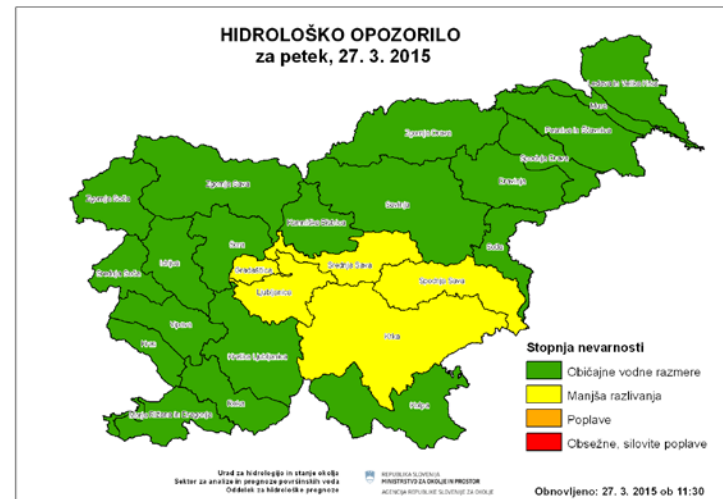


Za opozarjanje so v sodelovanju z URSZR določene opozorilne vrednosti.

Opozorilo se izda v obliki besedila in grafičnega prikaza, ki pa v izhodišču „zamegli“ element nezanesljivosti.

VERJETNOST DOGODKA	velika		X		
	srednja				
	mala				
	zelo mala				
		zelo mala	mala	srednja	velika
STOPNJA NEVARNOSTI					

Hidrolog prognostik mora oceniti rezultate kakovosti modela in predvideti stopnjo nevarnosti na osnovi izkušenj in preostalih dostopnih podatkov.



Kaj je dobra napoved in zakaj jo moramo preverjati

Murphy je v svojem eseju o hidrologiji leta 1993 opredelil tri vidike dobre napovedi:

- Doslednost – stopnja ustreznosti napovedi v odvisnosti od najboljše presoje prognostika, ki temelji na izkušnjah o preteklih dogodkih in znanju .
- Kakovost – stopnja ustreznosti napovedi glede na dejanske izmerjene vrednosti oz. zaznane dogodke.
- **Vrednost – pomen, ki ga ima napoved za odločevalca oz. vodjo intervencije za organizacijo odziva in s tem povezanim zmanjševanjem škode.**

Trije najpomembnejši razlogi za preverjanje kakovosti (Jolliffe, 2003):

- Spremljanje kakovosti napovedi: kako natančne so napovedi in ali se izboljšujejo s časom ?
- Izboljšanje kakovosti napovedi: prvi korak k vedno boljši rešitvi je ugotovitev, kaj delaš narobe.
- Primerjava kakovosti različnih napovedanih sistemov: do kolikšne mere se sistemi razlikujejo, kateri sistem da boljše napovedi in na kakšen način oz. zakaj je ta sistem boljši?

Zakonski okvir

Hidrološko napovedovanje opredeljujejo:

- Zakona o varstvu okolja (ZVO-1), Uradni list RS, št. 39/06 – UPB in spremembe.
- Zakon o meteorološki dejavnosti (ZMetD), Uradni list RS, št. 39/06 – UPB in spremembe.
- Zakon o vodah (ZV-1-NPB7), Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15: ZV-1-NPB7.
- Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (ZVNDN), Uradni list RS, št. 51/2006 z dne 18. 5. 2006: I. del: ZVNDN.
- Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, UL L št. 288 z dne 6. 11. 2007, str. 27.



Kombinacija naravne in umetne
poplave z vplivom človeka: 05.
11. 2012
Lokacija: reka Drava v Sloveniji

Razvojna zakonska in strokovna potreba

- **Opredelitev pravne podlage za medresorsko vsebinsko sodelovanje – določitev ključnih preventivnih, zaščitnih in vodno gospodarskih procesov in sodelujočih institucij z ustreznim nadzornim mehanizmom delujočim na osnovi porečij in ne administrativnih ter upravnih meja.**

Značilnosti obravnavanega porečja in obdobja

Obravnavana vodomerna postaja Sora Suha:

- velikost porečja 568 km²,
- obdobje meritev: od 1953 do danes,
- največji pretok: 1 november 1990: 649 m³/s,
- povprečni letni pretok glede na srednje mesečne vrednosti je okrog 20 m³/s,
- najnižji pretok 31. avgust 2003: 1,84 m³/s,
- razlika med najmanjšim in največjim pretoke je kar 373x, in lepo nakazuje hudourniški značaj reke.

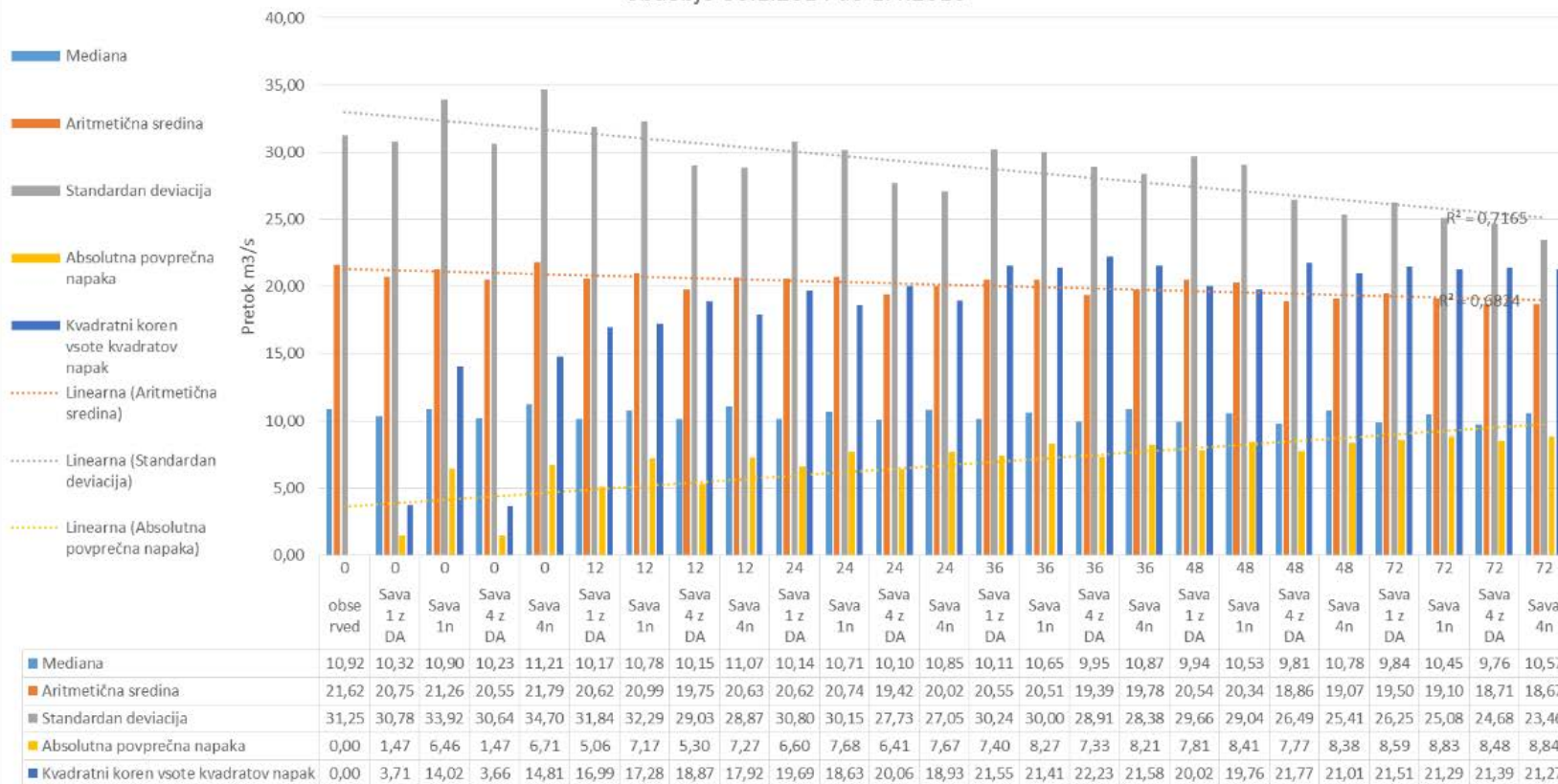


Obravnavano obdobje:

- Izračuni napovedi so se zbirali od 14.1.2014 do 1.4.2016, pri čemer so se obravnavale 4 modelske zasnove Sava1, Sava1n, Sava4 in Sava4n (opazovanja ALADIN/SI in ALADIN ECDA, ECMWF).
- Analiza napovedi je opredeljena na različne časovne dosege simulacije v razmiku 12 ur.
- Opozorilne vrednosti na vodomerni postaji Sora Suha so: rumena: 320 m³/s, oranžna 489 m³/s in rdeča 557 m³/s. Rdeča opozorilna vrednost je bila v tem obdobju presežena le enkrat, dne 22. 10. 2014.
- Leta 2014 je bilo 83 dni izpostavljenih visokovodnim razmeram. Avgusta in oktobra večje poplave na območju porečja reke Sore, leta 2015 večjih poglavnih pretokov na porečju Sore ni bilo.

Ocenjevanje numerične točnosti

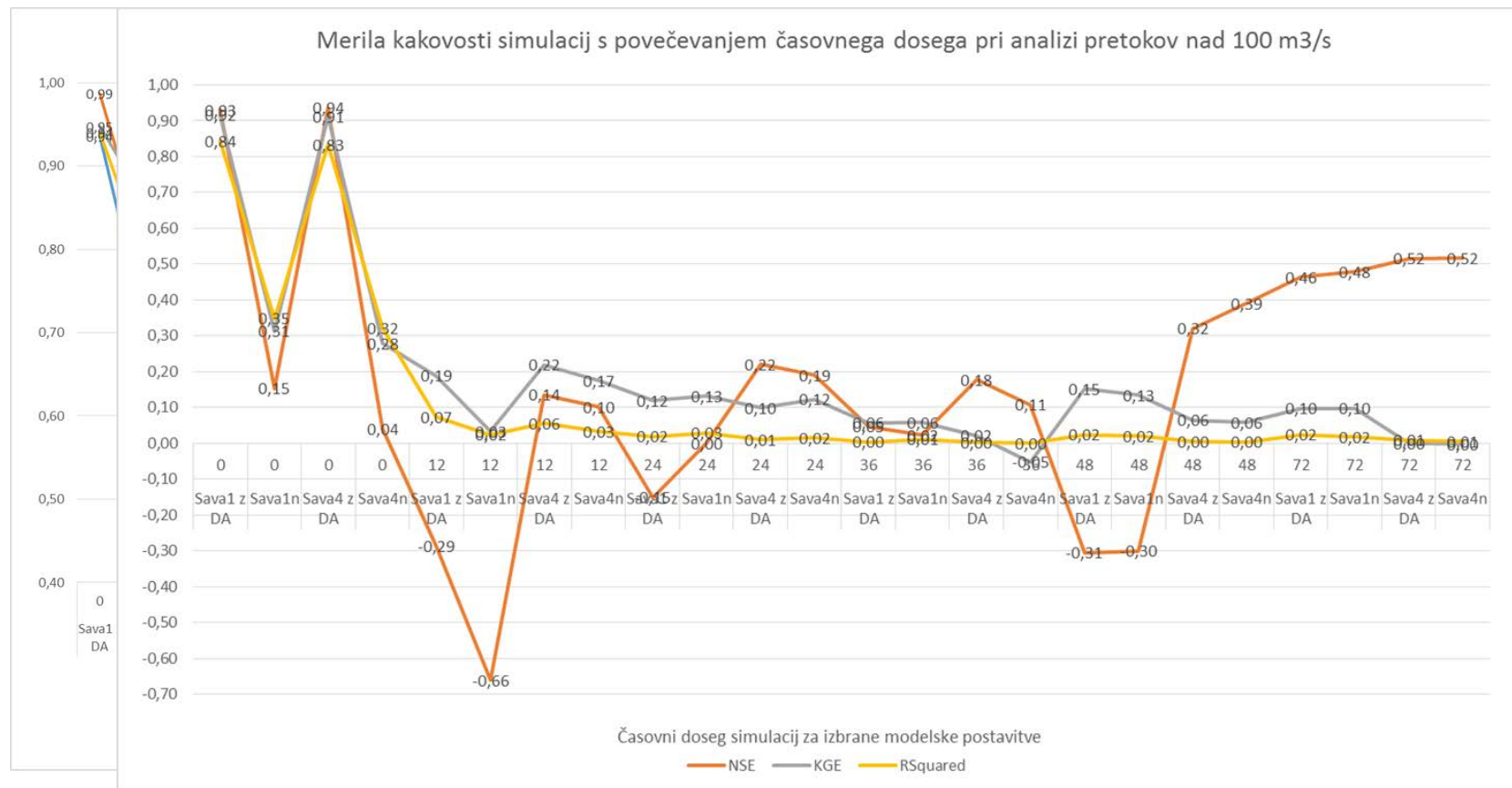
Statistične značilnosti izmerjenih pretokov v primerjavi z numerično izračunanimi pretoki na v.p. Sora Suha
obdobje 30.1.2014 do 1.4.2016



Časovni doseg simulacije ob različnih modelskih postavitvah

- Mediana – počasi pada – kaže na ustrezno porazdelitev.
- RMSE – že po 12tih urah kaže na vse večje odstopanje, kar v hidrološkem smislu kaže na veliko odstopanje predvsem visokih vrednosti.

Ocenjevanje numerične točnosti - diskretno



Grafikon kazalcev (NSE, KGE, RSquared) kakovosti napovedi s povečevanjem pretoka nad 100 m³/s s povečevanjem časovnega dosegla za izbrane modelske postavitve v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

Ocenjevanje kakovosti – Diagram zanesljivosti

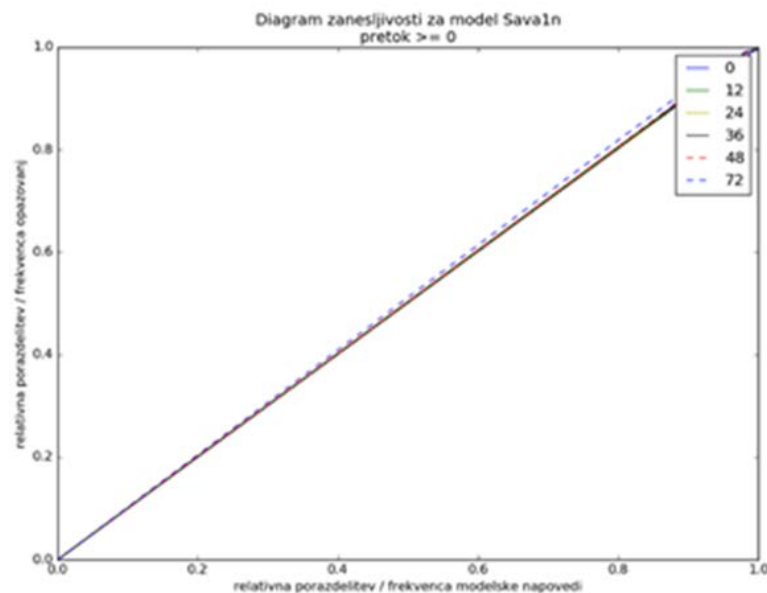


Diagram zanesljivosti za model Sava1n pri razredni porazdelitvi vseh pretokov v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

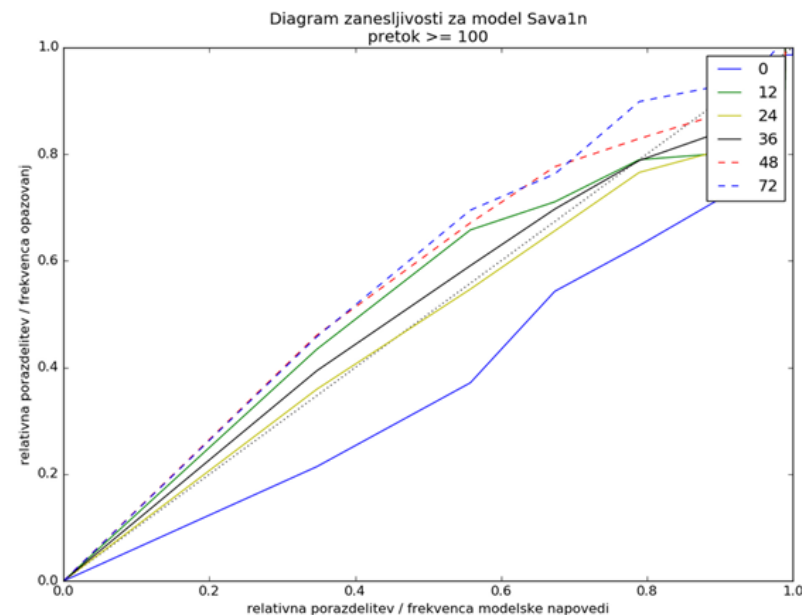


Diagram zanesljivosti za model Sava1n pri razredni porazdelitvi pretokov nad 100 m³/s v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

Poglavitna težava levega diagrama je v strukturi porazdelitve, saj je 80% pretokov je v 1. razredu do 25 m³/s

Ocenjevanje kakovosti – Diagram zanesljivosti

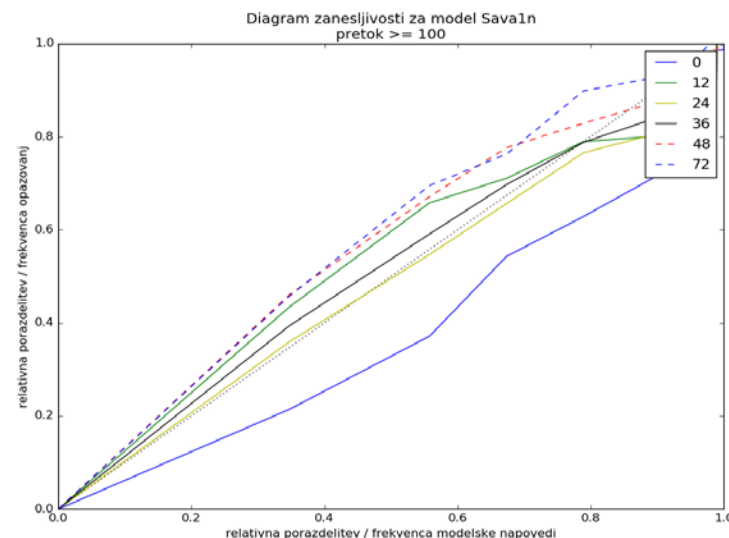
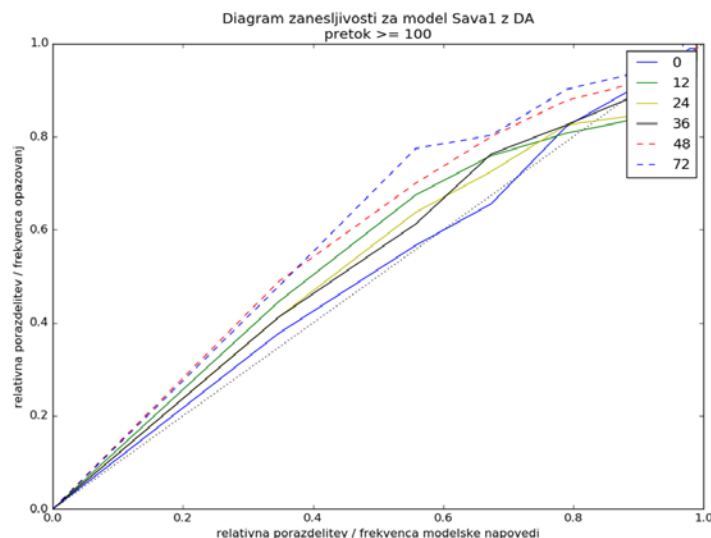


Diagram zanesljivosti, model Sava1 s podatkovno asimilacijo pri razredni porazdelitvi pretokov velikosti nad $100 \text{ m}^3/\text{s}$ v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

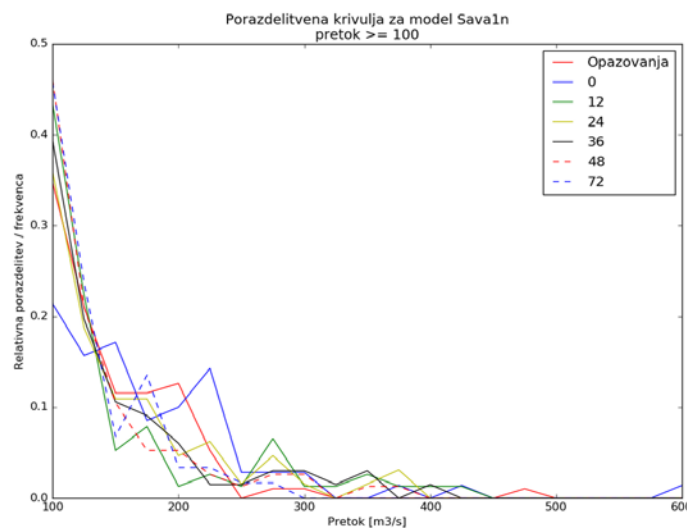
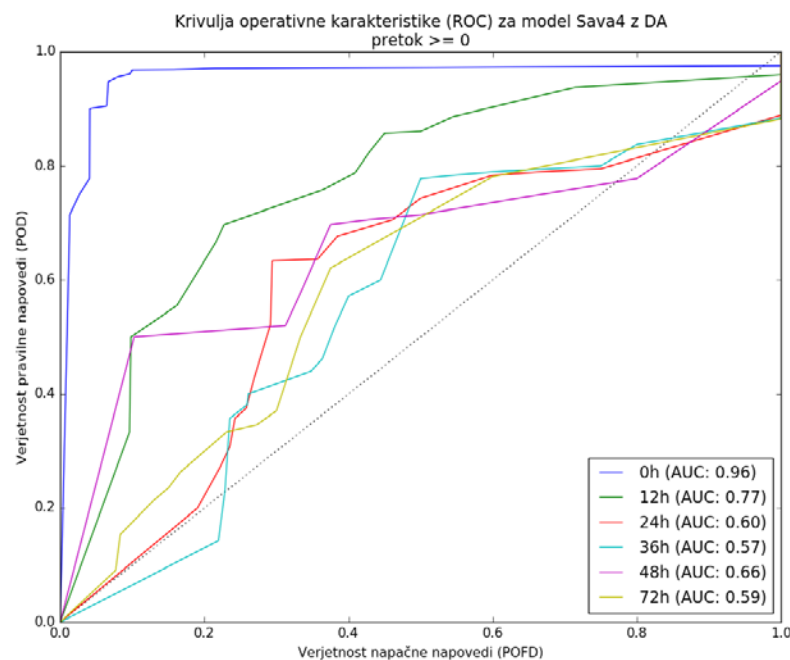


Diagram zanesljivosti, model Sava1n brez podatkovne asimilacije pri razredni porazdelitvi pretokov velikosti nad $100 \text{ m}^3/\text{s}$ v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

Porazdelitev pretokov, model Sava1n brez podatkovne asimilacije za pretoke nad $100 \text{ m}^3/\text{s}$ v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha.

Ocenjevanje kakovosti – relativna operativna karakteristika

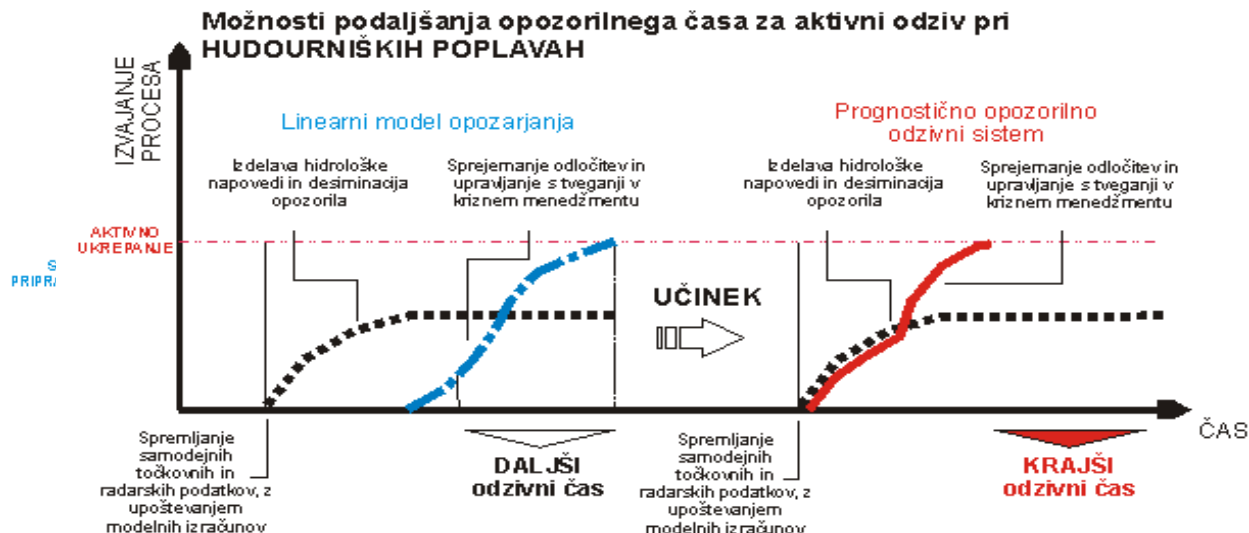
Relativno operativno karakteristiko prikažemo kot graf, kjer na abscisno os nanese verjetnost napačne napovedi (POFD) in na ordinatno os verjetnost pravih napovedi / zadetkov (POD).



Krivulja relativne operativne karakteristike, modelska zasnova Sava4 s podatkovno asimilacijo v obdobju 14. 01. 2014 do 29. 02. 2016, v.p. Sora Suha. S pretoki nad $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kako pripomore napoved k odzivu z upoštevanjem POOS:

- Hidrološko / meteorološko napovedovanje je namenjeno pripravi opozorila z dovoljšnim opozorilnim časom, ki bo omogočil odziv in zaščito/reševanje ogroženih skupin.
- **Učinkovitost** tega pa bi se pokazala v primeru **standardnih operativnih postopkov**, ki bi vsebovali preventivne aktivnosti glede na **predpostavljene scenarije**.



- Podaljšanje opozorilnega časa na podlagi zaupanja v modelske izračune (izboljšanja kakovost napovedi) podaja pogoje za krajšanje odzivnega časa, kljub padanju zanesljivosti glede na časovni doseg napovednih simulacij.

Ugotovitve

Vsi kazalniki in metode kažejo na padanje zanesljivosti napovedi s podaljševanjem časovnega dosega.

- Še toliko bolj, ko se osredotočimo na visoke pretoke.

Prikazane analize podajo izhodišče za postavitv zaupanja v posamezne zasnove HPS in njihove časovne dosege.

Z vidika razumevanja kakovosti hidroloških (vodoslovskih) so bolj primerni prikazi v obliki diagramov, ki omogočajo prognostiku in vodjem intervencij „vzpostavitev“ zaupanja po velikostnih razredih pretokov v odvisnosti od upoštevanih HPS zasnovah.

Predvsem **povečevanje zaupanja v napovedi** bi lahko pripomoglo k razvoju obstoječega linearnega sistema prenosa opozorilne informacije v **prognostično opozorilno odzivni sistem**, preko katerega bi lahko izboljšali odzivni čas.

Učinkovitost le tega pa bi se pokazala v primeru **standardnih operativnih postopkov**, ki bi vsebovali preventivne aktivnosti glede na **predpostavljene scenarije**.

V primeru napovedovanja vremenskih in hidroloških razmer v dogodkih kot so mestne (urbane) poplave se proces opozarjanja pogosto spremeni v zelo kratkoročno napovedovanje, ki temelji na neposredni izmenjavi informacij, vendar se ob obravnavanih ukrepih zaradi predpostavljenih scenarijev ve učinek izvedenih ukrepov.

Zaključek

Zagotavljanje operativnosti in zanesljivosti že vzpostavljenega sistema bo v prihodnje zahtevala:

- Ohranjati visoko kakovostno in strokovno skupino strokovnjakov za napovedovanje.
- Razvoj in prilagajanje bo potrebovalo dodatne podatkovne zbirke:
 - dodatne podatke o infiltracijski sposobnosti zemljin,
 - razvoj atributnega in grafičnega opisa rečne mreže,
 - vpeljava postopnega systemskega zajema prečnih profilov in/ ali batimetrije rek,
 - povezavo pomembnejše javne infrastrukture s poplavnimi območji (bolnišnice, zdravstveni domovi, policija, ceste komunikacije, energetika).
- Delo tudi na sekundarnih analognih rešitvah (katalogi), vključevanju kritične javne infrastrukture, kar bi omogočilo delovanja tudi v morda še težjih primerih dogodkov kot je bil žledolom leta 2014.

Aktivna zaščita pred poplavami tako lahko obsega sistemski odziv:

- s pripravo protipoplavnih vreč, protipoplavne lamele za zaščito domov, garaž, vrtov, kovinske protipoplavne ograje ali prenosljive vodne pregrade
- Individualne zaščite na podlagi pripravljenih scenarijev in izdelanih standardnih operativnih postopkov zašite v okviru Načrtov zaščite in na podlagi prehodnih znanih scenarijev grožnje.