

# POSTUPCI ZAŠTITE OD VODA

## Nastavnik:

Prof.dr.sc. Neven Kuspilić,  
dipl.ing.građ.

## Asistent:

Gordon Gilja,  
dipl.ing.građ.



## Sadržaj kolegija

1. UVOD, VODOTOCI KAO ELEMENT VODNOSPODARSKOG SUSTAVA
2. POPLAVE I POPLAVNI RIZICI
3. RETENCIJE I ANALIZA RADA RETENCIJA
4. MORFODINAMIČKE ANALIZE KORITA VODOTOKA
5. PRISTUPI PROBLEMU LOKALNE NESTABILNOSTI KORITA
6. ODABIR OPTIMALNOG PROFILA KORITA

## Literatura

- Chang H. H: Fluvial processes in River Engineering, Krieger publishing company, 1998.
- Jansen, P. Ph. et al: Principles of River Engineering – The non – tidal alluvial river, Pitman Publishing Limited, London, 1979.

3

## 1. UVOD, VODOTOCI KAO ELEMENT VODNOSUSTAVSKOG SUSTAVA



## Vodnogospodarska područja:

- Korištenje voda
- Zaštita voda od onečišćenja
- Uređenje vodotoka i drugih voda i **zaštita od štetnog djelovanja voda**

5

## Uređenje vodotoka i drugih voda

- Uređenjem vodotoka i drugih voda, prema Zakonu, smatra se: građenje, tehničko i gospodarsko održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracijsku odvodnju, tehničko i gospodarsko održavanje vodotoka i vodnog dobra i drugi radovi kojima se omogućuje kontrolirani i neškodljivi protok voda i njihovo namjensko korištenje.

6

## Zaštita od štetnog djelovanja voda

- Zaštita od štetnog djelovanja voda obuhvaća djelovanje i mjere za obranu od poplava, obranu od leda na vodotocima, zaštitu od erozija i bujica i za otklanjanje posljedica od takvih djelovanja.

7

## Obrana od poplava

- Radi sprečavanja poplava i štetnog djelovanja poplavnih voda grade se i održavaju zaštitne vodne građevine, obavljaju zaštitni radovi i provode mjere obrane od poplava. Obrana od poplava može biti redovna i izvanredna. Redovna, odnosno izvanredna obrana od poplava proglašava se kada vodostaj dosegne visinu određenu planom obrane od poplava uz očekivanje daljnjeg porasta vodostaja.
- Obrana od poplava na državnim vodama provodi se u skladu s Državnim planom obrane od poplava koji donosi Vlada Republike Hrvatske.
- Obrana od poplava na lokalnim vodama provodi se u skladu s planom obrane od poplava za slivno područje koji donose županijske skupštine na prijedlog "Hrvatskih voda".
- Plan obrane od poplava sadrži osobito: mjere koje se moraju poduzeti prije ili u slučaju opasnosti od poplave, vodostaj pri kojem na pojedinim sektorima počinje redovna, odnosno izvanredna obrana, odredbe o opremi i materijalu koji se moraju pripremiti, pravne osobe koje provode obranu od poplave i imena stručnih organizatora obrane od poplave, dužnosti, odgovornosti i ovlaštenja za poduzimanje određenih radnji u vezi s obranom i način obavješćivanja o pojavama i mjerama u tijeku obrane od poplave. Plan obrane od poplava sadrži i mjere za obranu od leda na vodotocima.

8

## Obrana od leda

- Ako zbog stvaranja i nagomilavanja leda nastaju pregrade koje mogu prouzročiti poplavu ili ako bi zbog stvaranja i pokretanja leda moglo doći do oštećenja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, mostova i drugih stalnih ili plovniha objekata na vodotoku, moraju se poduzeti mjere utvrđene planom obrane od poplava.
- Mjere za obranu od leda radi zaštite mostova, plovniha i drugih objekata, koji su u vlasništvu pravnih i fizičkih osoba, poduzimaju te osobe.

9

## Zaštita od erozija i bujica

- Područjem ugroženim od erozija, prema Zakonu, smatra se područje na kojem zbog djelovanja površinskih ili podzemnih voda dolazi do ispiranja, podririvanja ili odronjavanja zemljišta i drugih sličnih štetnih pojava uslijed čega može doći do ugrožavanja života i zdravlja ljudi i njihove imovine te poremećaja u vodnom režimu.
- Bujičnim tokovima, prema Zakonu, smatraju se povremeni vodotoci, kao i stalni vodotoci u kojima zbog djelovanja kiša i topljenja snijega nastaju nagle promjene protjecanja voda zbog kojih može doći do ugrožavanja života i zdravlja ljudi i imovine i poremećaja u vodnom režimu.
- Radi sprečavanja i otklanjanja erozija i djelovanja bujica grade se i održavaju regulacijske i zaštitne vodne građevine, izvode zaštitni radovi i provode mjere zaštite.
- Radovima za zaštitu od erozija i bujica smatraju se osobito: pošumljavanje, uzgoj i održavanje zaštitne vegetacije, trasiranje, krčenje raslinja, čišćenje korita i drugi slični radovi.
- Mjerama za zaštitu od erozija i bujica smatraju se osobito: zabrana i ograničavanje sječe drveća i grmlja, zabrana i ograničavanje vađenja pijeska, šljunka i kamena, zabrana odlaganja otpadnih tvari, odgovarajući način korištenja poljoprivrednog i drugog zemljišta i druge odgovarajuće mjere.

10

## 2. POPLAVE I POPLAVNI RIZICI



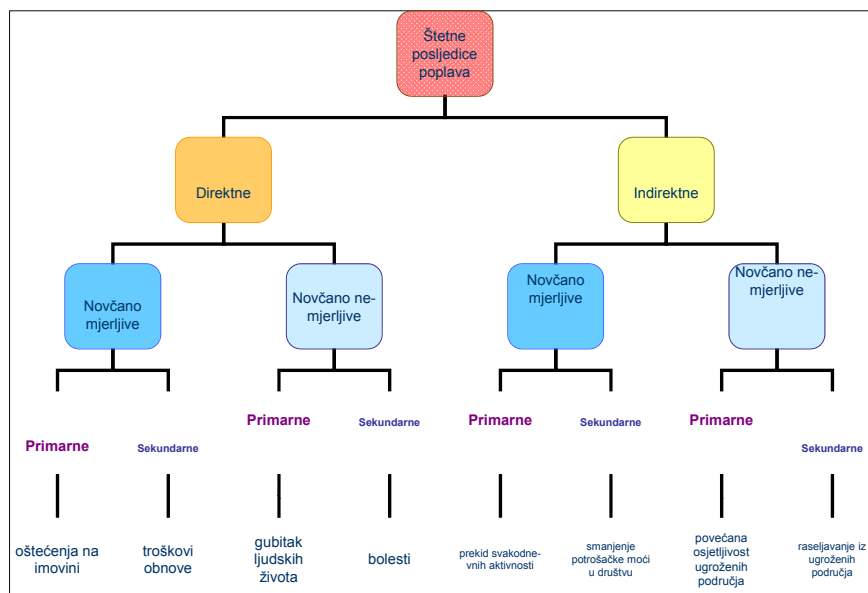
### Uzroci pojave poplava

- Prirodne poplave nastale uslijed pojave hidroloških prilika (obilne kiše i/ili topljenje snijega) takovih da vodotoci nisu u mogućnosti evakuirati pristiglu vodu. Dostatna evakuacija voda može biti spriječena uslijed premalog kapaciteta korita ili ponornih zona.
- Prirodne poplave nastale zbog nastajanja ledenih barijera
- Umjetne poplave nastale uslijed otkazivanja sustava za akumuliranje vode, otkazivanja sustava za obranu od poplava ili neadekvatnih tehničkih rješenja na odvodnji.

## Zašto je obrana od poplava važna aktivnost?

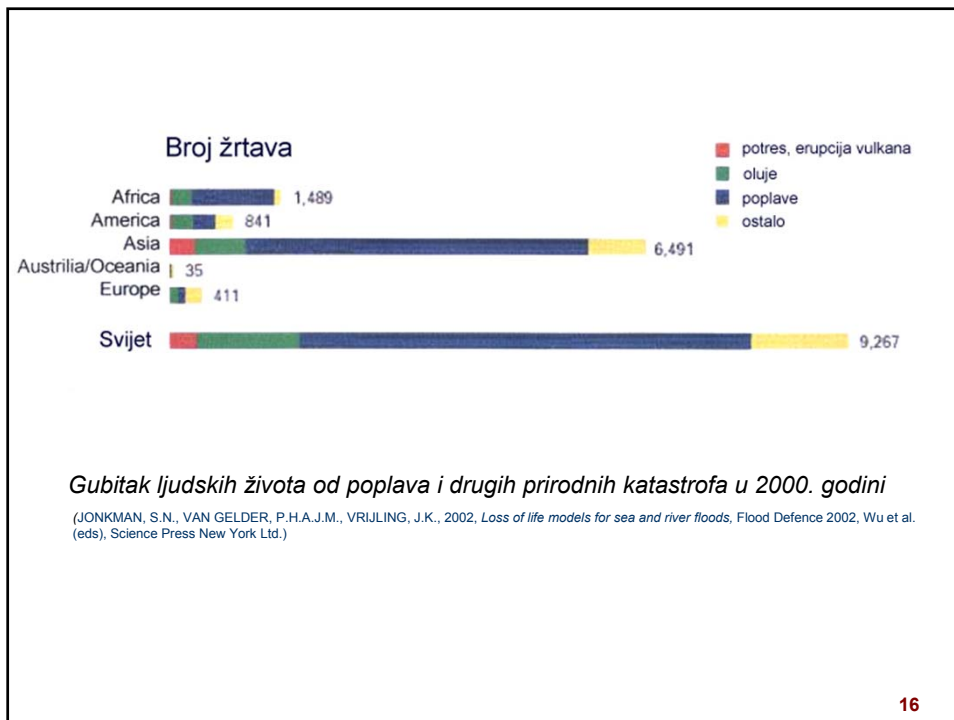
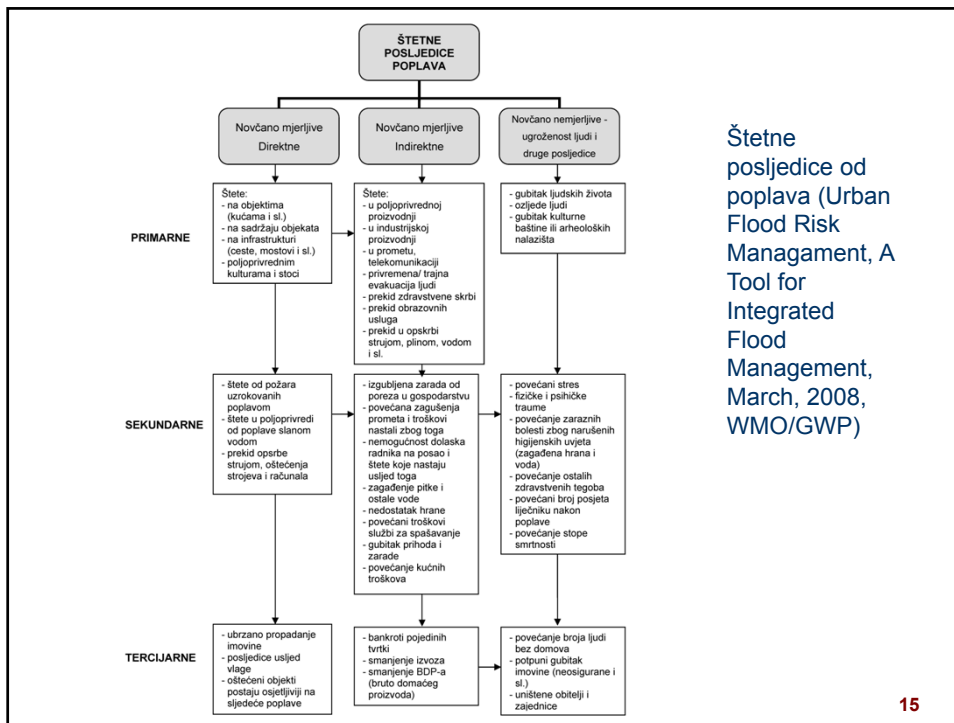
- Poplave mogu prouzročiti smrtne slučajeve, ugroziti zdravlje ljudi, raseljavanje stanovništva i štetu za okoliš, velike materijalne štete, ozbiljno ugroziti gospodarski razvoj i potkopati gospodarske aktivnosti zajednice.

13

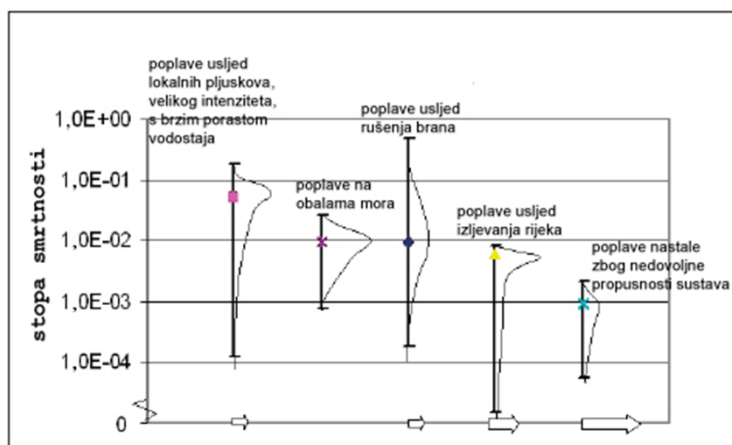


(SMITH, K., WARD, R., (1998.), *Floods, Physical Processes and Human Impacts*, John Wiley&sons, England)

14







Funkcija gustoće vjerojatnosti stope smrtnosti ovisno o tipu poplave

(JONKMAN, S.N., 2007, Loss of life estimation in flood risk assessment, Technische Uneversiteit Delft)

17

- Poplave su prirodni fenomen koji nije moguće spriječiti.
- Moguće je i poželjno smanjiti **rizik** od štetnih posljedica povezanih s poplavama. Kako bi mjere za smanjivanje tih rizika bile djelotvorne, one trebaju, koliko god je to moguće, biti usklađene na čitavom riječnom slivu.
- Neke ljudske aktivnosti (poput izgradnje sve većeg broja naselja i gospodarskih dobara na poplavnim područjima i smanjivanja prirodnog zadržavanja vode iskorištavanjem zemljišta) povećavaju poplavni rizik
- Klimatske promjene pridonose povećavanju vjerojatnosti pojave i negativnih učinaka poplava.

18

## Rizik od poplave

- **DIREKTIVA 2007/60/EZ EUROPSKOGA PARLAMENTA I VIJEĆA od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima**
- Svrha ove direktive je uspostaviti okvir za procjenu i upravljanje poplavnim rizicima s ciljem smanjivanja štetnih posljedica poplava u Zajednici za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost.

19

## Osnovne definicije

- „poplava“ znači privremena pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije prekriveno vodom. To uključuje poplave koje uzrokuju rijeke, gorski potoci, bujični vodotoci, te poplave uzrokovane morem na priobalnim područjima, a može isključivati poplave iz kanalizacijskih sustava.
- „poplavni rizik“ znači kombinacija vjerojatnosti pojave poplavnog događaja i mogućih štetnih posljedica poplavnog događaja za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost.

20

## Poplavni rizik

Po definiciji poplavni rizik je kombinacija

- vjerojatnosti poplavnog događaja i
- mogućih štetnih posljedica uslijed pojave toga događaja

rizik = vjerojatnost x posljedice

21

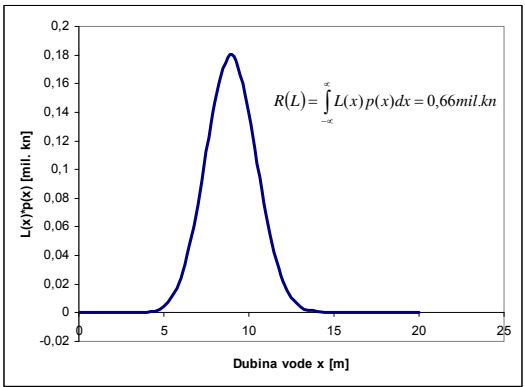
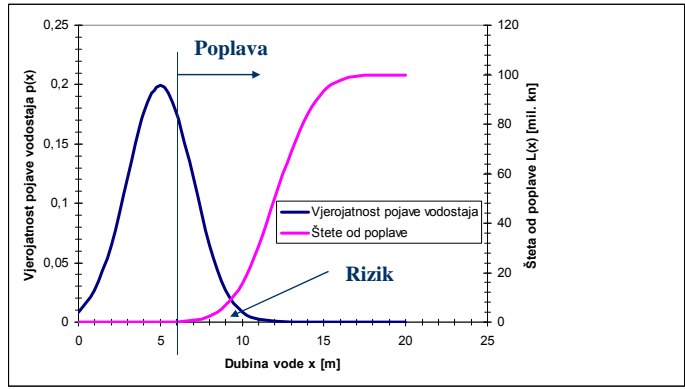
$$R(L) = \int_{-\infty}^{\infty} L(x)p(x)dx$$

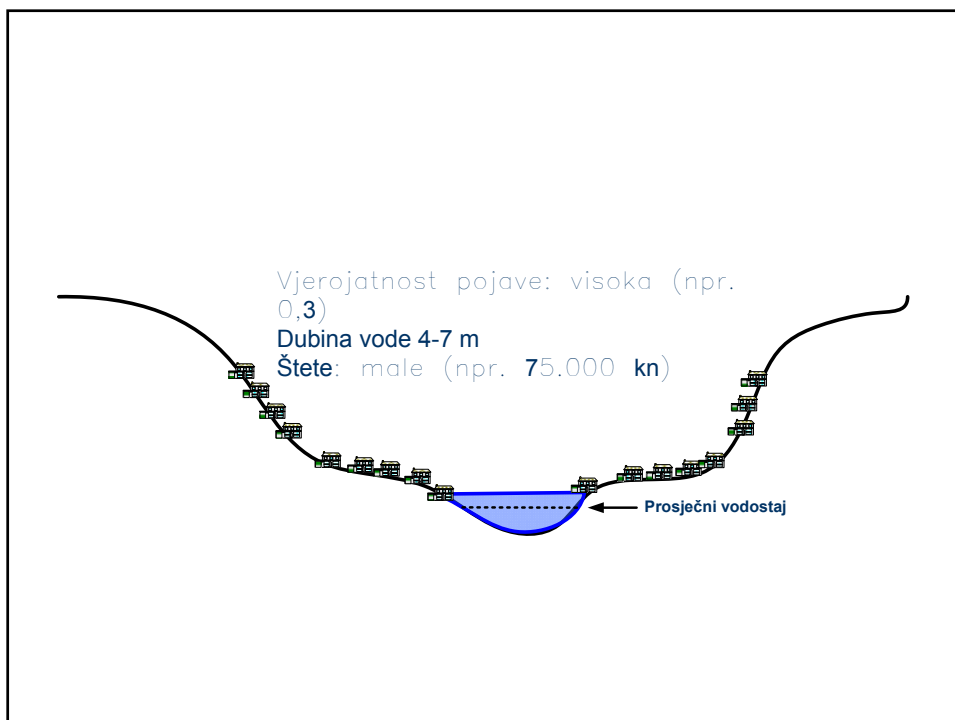
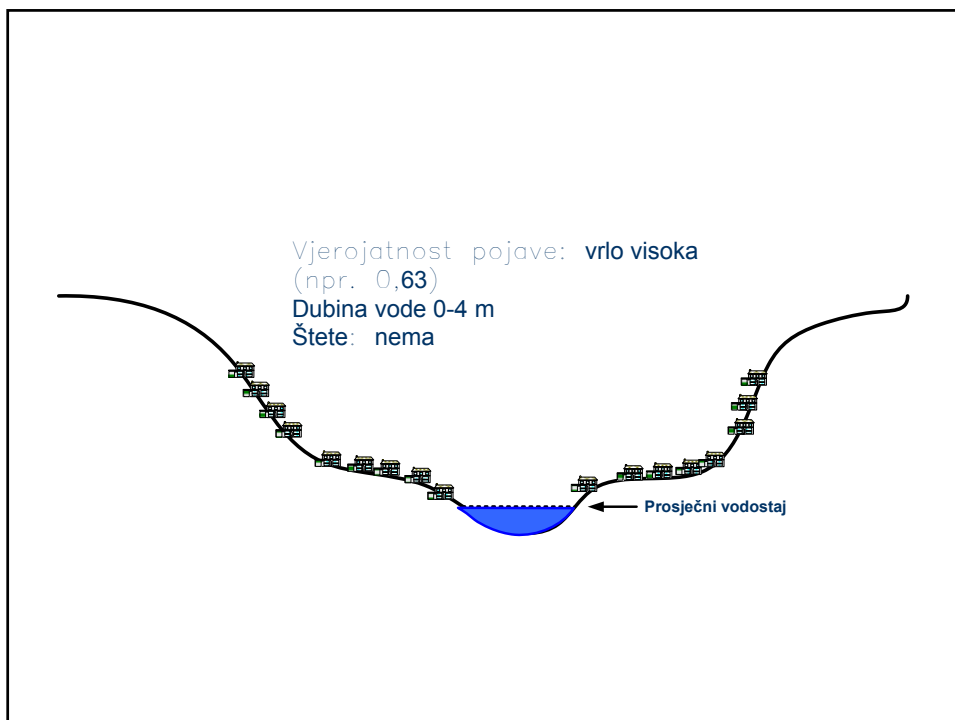
Gdje su:

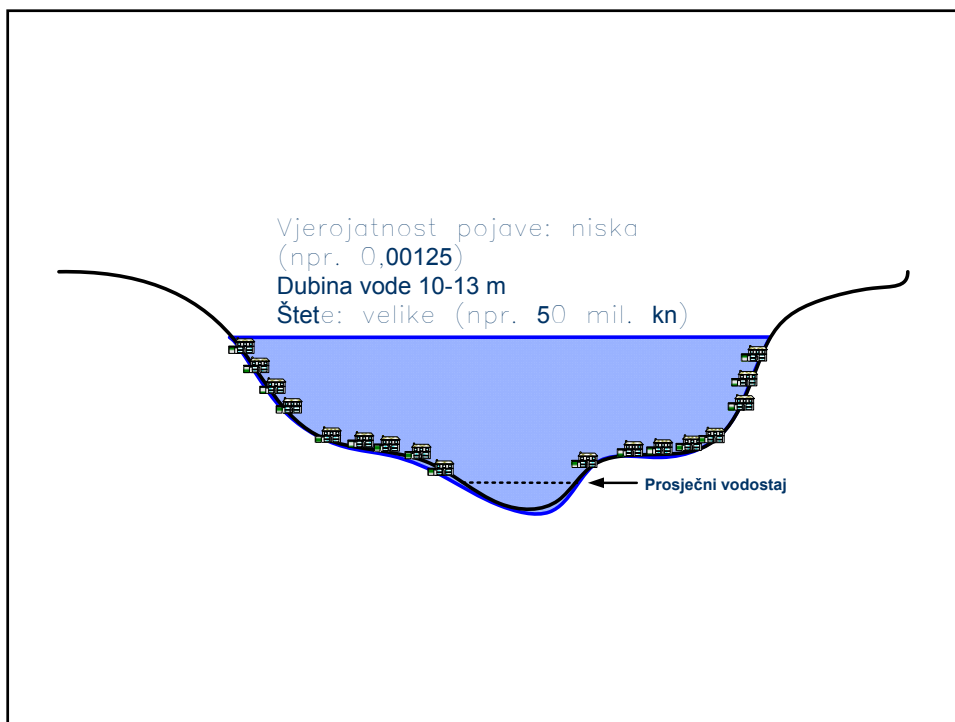
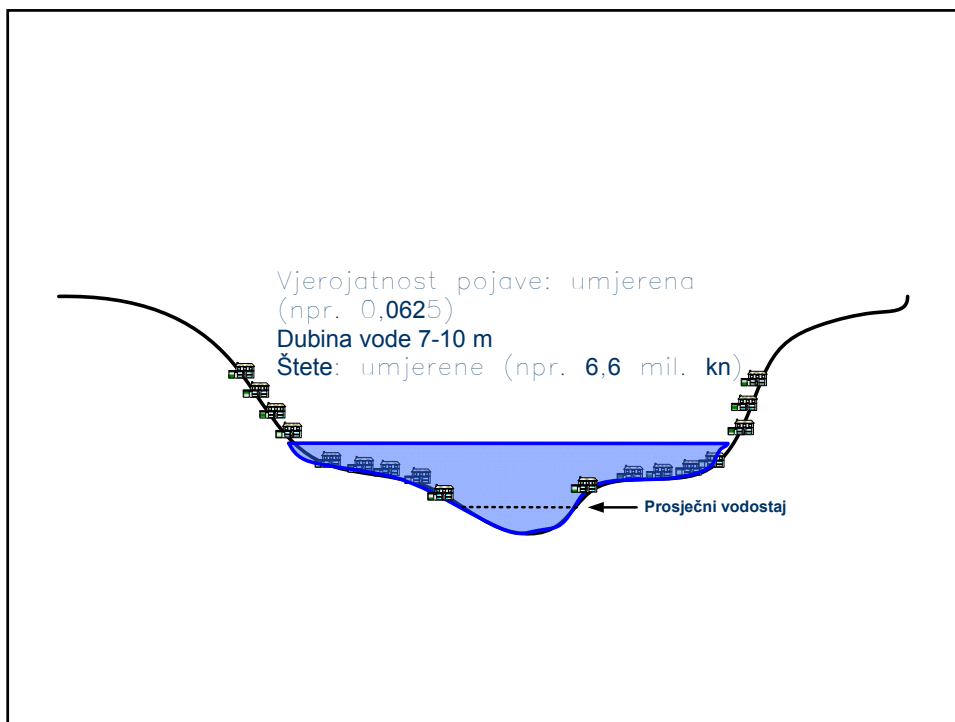
$R(L)$  = poplavni rizik

$L(x)$  = šteta povezana s određenim poplavnim događajem  $x$

$p(x)$  = vjerojatnost pojave poplavnog događaja  $x$   
( $0 \leq p \leq 1$ )





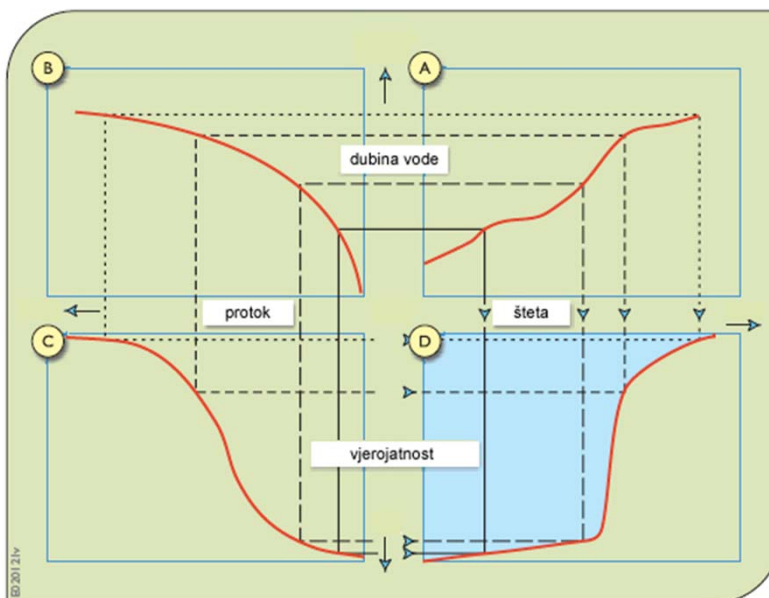


## Ukupan poplavni rizik

Poplavni dog. j	$p(x_i < x < x_{i+1})$	$L(x_{i+1})$	$= L(x)p(x_i < x < x_{i+1})$
1	0,30	625.000 kn	187.500 kn
2	0,0625	6.600.000 kn	412.500 kn
3	0,00125	50.000.000 kn	62.500 kn
Ukupan poplavni rizik:			662.500 kn

$$R(L) = \sum_{j=1}^3 L(x_j) p(x_i < x_j < x_{i+1})$$

29



### Proračun očekivane godišnje štete od poplava (Rizika od poplava)

(LOUCKS, D.P., VAN BEEK, E., 2005., *Water Resources Systems Planning and Management - An Introduction to Methods, Models and Applications*, UNESCO and WL | Delft Hydraulics)

30

## Koraci u izradi

- Preliminarna procjena poplavnih rizika
- Karte opasnosti od poplava
- Karte rizika od poplava
- Planovi upravljanja poplavnim rizicima

31

## PRELIMINARNA PROCJENA POPLAVNIH RIZIKA

- Na temelju raspoloživih ili lako dostupnih informacija, kao što su podaci i studije o dugoročnim promjenama stanja, osobito o učincima klimatskih promjena na javljanje poplava izrađuje se preliminarna procjena poplavnih rizika kako bi se napravila procjena mogućih rizika. Najmanje što procjena mora uključivati je sljedeće:
  - karte vodnog područja u odgovarajućem mjerilu koje uključuju granice riječnih slivova, podslivova s prikazom topografije i korištenja zemljišta,
  - opis poplava koje su se dogodile u prošlosti i koje su imale značajne štetne učinke na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost i za koje je vjerojatnost sličnih budućih događaja i dalje relevantna, uključujući njihov prostorni obuhvat i puteve otjecanja poplavnih voda, te procjenu štetnih učinaka koje su prouzročile,
  - opis značajnih poplava u prošlosti, kada se mogu predvidjeti značajne štetne posljedice sličnih budućih događaja,
  - procjenu mogućih štetnih posljedica budućih poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost, uzimajući u obzir što je više moguće čimbenika kao što su topografija, položaj vodotoka i njihove općenite hidrološke i geomorfološke značajke, uključujući poplavna područja kao prirodna retencijska područja, djelotvornost izgrađene infrastrukture za zaštitu od poplava, položaj naseljenih područja, područja gospodarske aktivnosti i dugoročni razvoj događaja, uključujući učinke klimatskih promjena na pojavu poplava.

32



## KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA

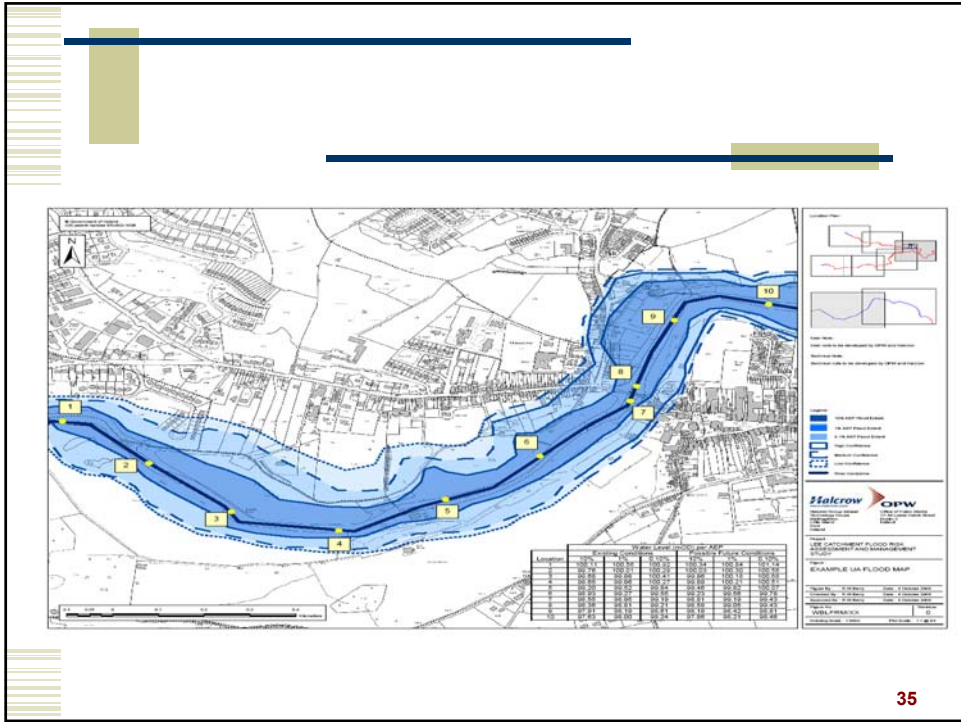
- obuhvaćaju zemljopisna područja koja bi mogla biti poplavljena na temelju sljedećih scenarija:
  - poplave male vjerojatnosti ili scenariji ekstremnih događaja,
  - poplave srednje vjerojatnosti (povratno razdoblje  $\geq 100$  godina),
  - poplave velike vjerojatnosti, (ako je potrebno).

33

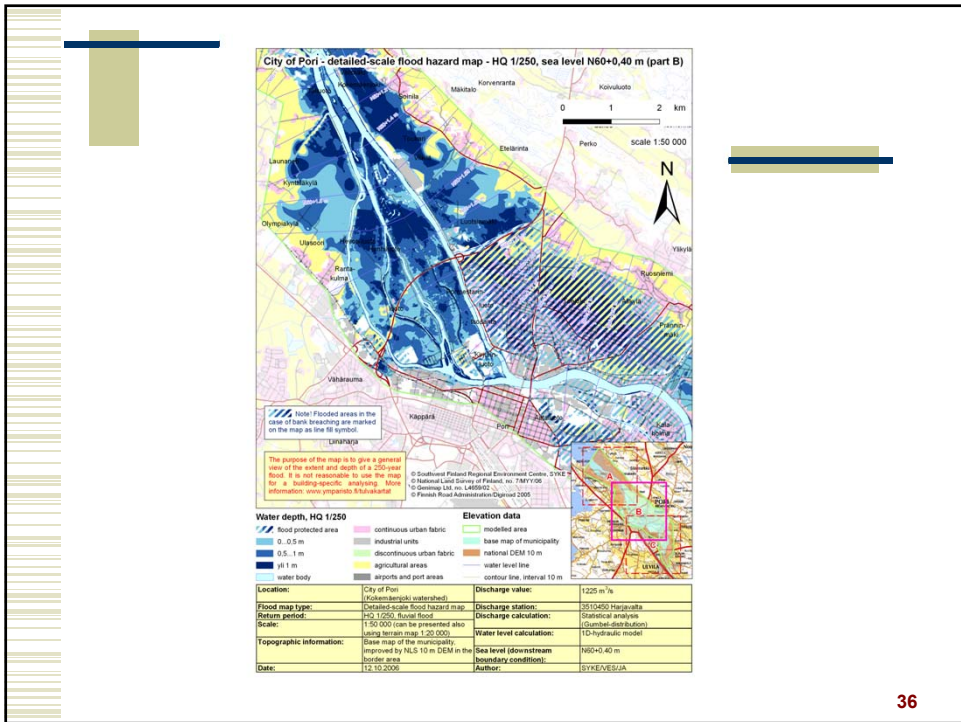
Za svaki scenarij trebaju biti navedeni sljedeći elementi:

- poplavna područja,
- dubina vode ili vodostaj, prema potrebi,
- prema potrebi, brzina toka ili protok vode.

34



35



36

## KARTE RIZIKA OD POPLAVA

Prikazuju moguće štetne posljedice povezane s navedenim scenarijima iskazane u odnosu na:

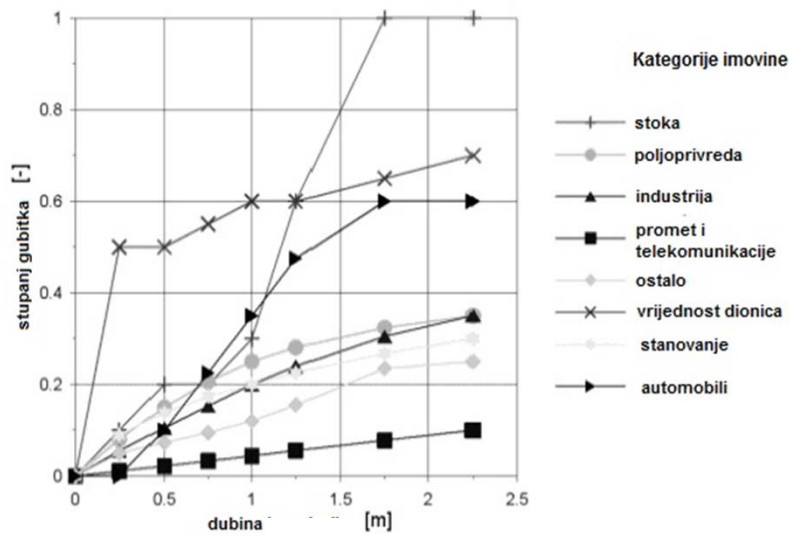
- okvirni broj potencijalno ugroženog stanovništva,
- vrstu gospodarske aktivnosti na potencijalno pogođenom području,
- postrojenja koja bi mogla prouzročiti iznenadno onečišćenje u slučaju poplava, te potencijalno pogođena zaštićena područja utvrđena,
- ostale korisne informacije, poput navođenja područja na kojima se mogu javiti poplave sa značajnim pronosom nanosa i naplavina, te informacije o ostalim značajnim izvorima onečišćenja.

37

## METODOLOGIJE ZA PROCJENU ŠTETE OD ELEMENTARNIH NEPOGODA

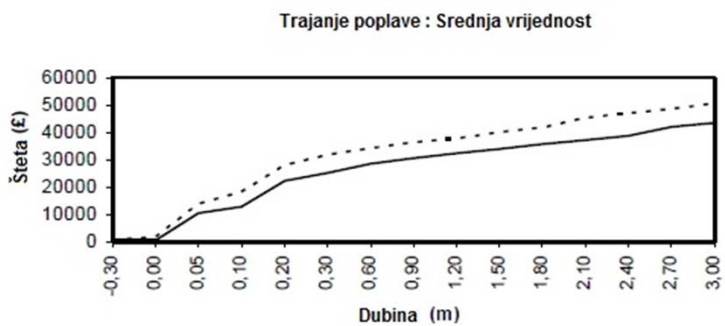
Postoji mnoge metode i modeli za proračun šteta. Parametri koji utječu na veličinu štete na imovini, a koje metode za procjenu uglavnom uzimaju u obzir su: površina plavljenja, dubina vode, brzina vode, trajanje poplave, vrijeme kad se poplava dogodila na pojedinim područjima npr. stambenim, poljoprivrednim, šumama i sl.

38



Odnos dubina-štete za različite kategorije imovine (Flood damage, vulnerability and risk perception chelneges for flood damage research, Messner, Meyer, 2005.)

39



Utjecaj trajanja poplave na veličinu štete (Flood damage, vulnerability and risk perception chelneges for flood damage research, Messner, Meyer, 2005.)

40

## **METODOLOGIJE ZA PROCJENU ŠTETE OD ELEMENTARNIH NEPOGODA**

- "Narodne novine", broj 73/97
- HAZUS-MH (Hazardus U.S. Multi Hazard) metoda za proračun šteta

41

"Narodne novine", broj 73/97

42

## Šteta od elementarne nepogode procjenjuje se na građevini

•  $\dot{S} = C \cdot A \cdot P \cdot E$  (u kunama)

gdje je:

C tržna cijena nove građevine po jedinici mjere (m3, m2, m1) objavljena od Državnog povjerenstva ili prosječna tržna cijena (samo troškovi građenja)

A veličina građevine izražena u m3, m2 ili m1

P oštećenje građevine kao cjeline izraženo kao decimalni broj (0LP1,1,0)

E koeficijent istrošenosti građevine.

Državno povjerenstvo objavljuje cijene početkom svake godine. Ako određene cijene nisu objavljene, na zahtjev županijskog povjerenstva Državno povjerenstvo će objaviti cijenu, ili dati uputu za proračun.

Veličina građevine određuje se za jedinicu mjere koja je primjerena utvrđenoj cijeni, npr. za neto površinu, za dužni metar, za kubni metar i sl. Kod građevine tipa stambenih ili poslovnih zgrada prvo se izračuna bruto površina. Zatim se neto površina izračunava množenjem bruto površine koeficijentom K, gdje je K=0,65 za kamene, 0,70 za starije zidane, 0,80 za suvremene zidane i armiranobetonske zgrade i 0,85 za zgrade od čelika i drva. Pri utvrđivanju bruto površine građevine površine pomoćnih prostorija (garaža, podruma, stubišta, ostava, pušnica, ljetnih kuhinja i sl.) množe se faktorom 0,5.

Oštećenje "P" utvrđuje stručno povjerenstvo komisijskim pregledom oštećene građevine. Oštećenje se izražava brojevima od 0,0 do 1,0 u koracima po 0,10. Za uništenu građevinu oštećenje je P=1,00.

Vijek trajanja građevine određuje stručno povjerenstvo. Tipični vijek trajanja za stambene i poslovne zgrade je 100 godina, a za gospodarske zgrade fizički osoba 50 godina. Vijek trajanja ostalih vrsta građevina uzima se prema podacima koje objavljuje Državno povjerenstvo. Pri procjeni štete za građevine kulturne baštine uzima se koeficijent istrošenosti 1,0.

43

Starost građevine	Koeficijent istrošenosti građevine	
	Vjerojatno trajanje 50 g	Vjerojatno trajanje 100 g
0-10	0,90	0,96
11-20	0,78	0,90
21-30	0,62	0,84
31-40	0,42	0,78
41-50	0,20	0,70
51-60		0,62
61-70		0,52
71-80		0,42
81-90		0,32
91-100		0,20
Preko 100		0,20

44

## Procjena štete na opremi

$$\mathring{S} = C \cdot E \cdot P \text{ (u kunama)}$$

gdje je:

C nabavna maloprodajna cijena nove opreme

E koeficijent istrošenosti opreme u vrijeme elementarne nepogode, Tablica 5.

P oštećenje opreme u elementarnoj nepogodi izraženo kao decimalni broj ( $0 < P < 1,0$ )

Pri određivanju nabavne cijene dopušteno je uzeti cijenu najslabije opreme približno jednakih tehničkih svojstava.

Vijek trajanja opreme i koeficijent istrošenosti (E) određuje stručno povjerenstvo.

Oštećenje "P" utvrđuje stručno povjerenstvo komisijskim pregledom oštećene opreme. Oštećenje se izražava brojevima od 0,0 do 1,0. Za uništenu opremu oštećenje je  $P=1,00$ .

45

## KOEFICIJENTI ISTROŠENOSTI OPREME

Nova ili do 1/3 vijeka trajanja 1,00

Od 1/3 do 2/3 vijeka trajanja 0,70

Od 2/3 do 1/1 vijeka trajanja 0,40

Veća od vijeka trajanja 0,30

46

## Procjena štete na zemljištima

- Poljoprivredno zemljište
- Šumsko zemljište
- Građevinsko zemljište

47

## Ostale štete

- Procjena štete na dugogodišnjim nasadima
- Procjena štete na šumama
- Procjena štete u stočarstvu
- Procjena štete na obrtnim sredstvima
- Procjena štete na tekućoj poljoprivrednoj proizvodnji

48

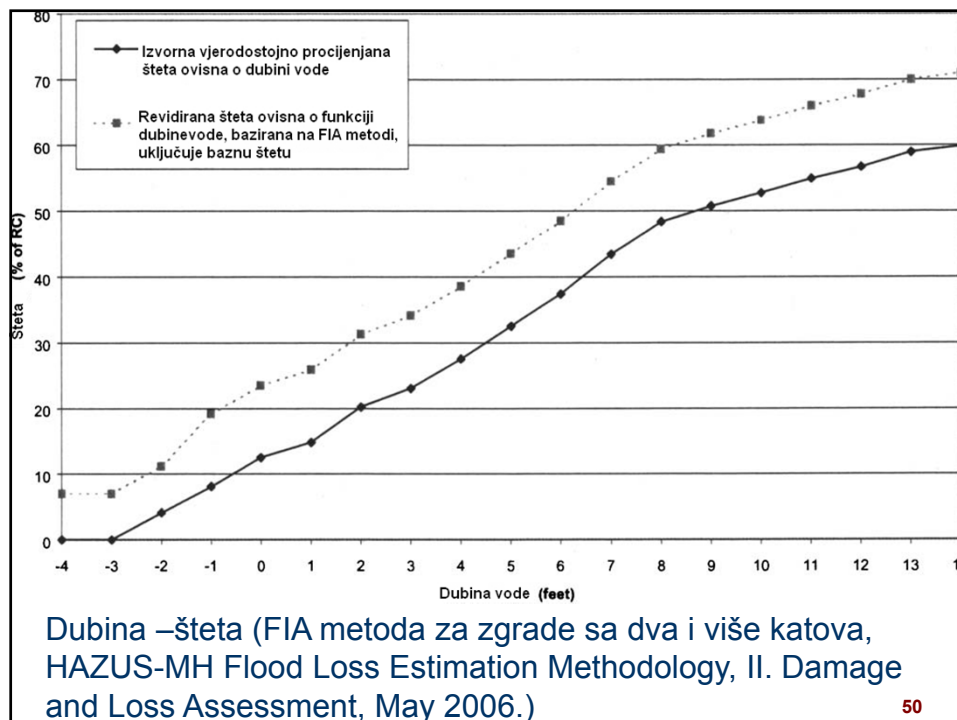


## HAZUS-MH (Hazardus U.S. Multi Hazard) metoda za proračun šteta

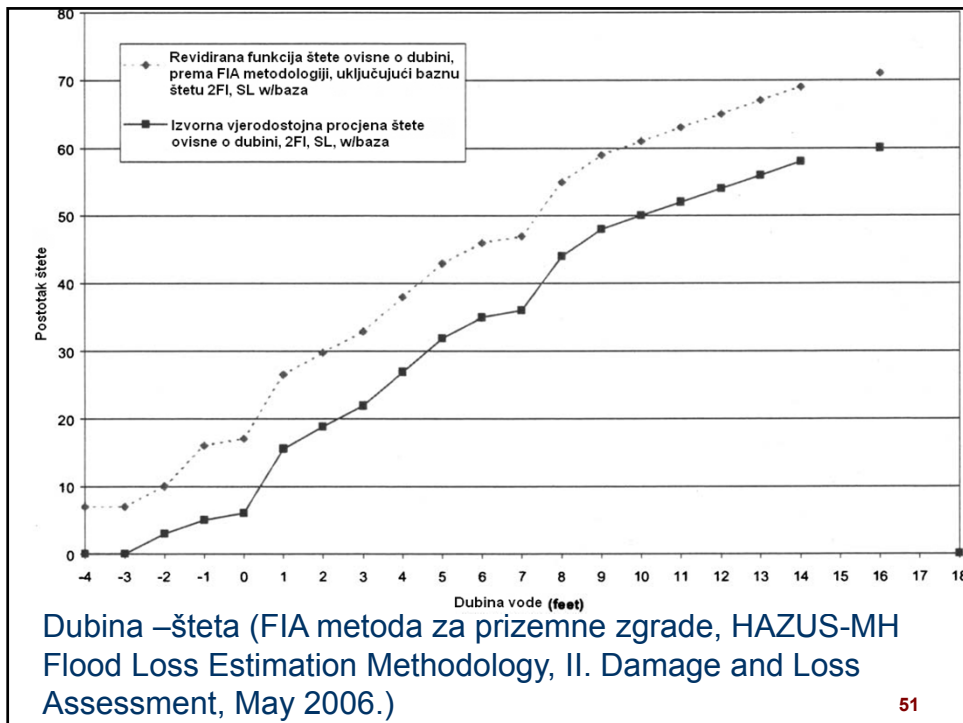
HAZUS-MH metoda je razvijena i prihvaćena u SAD kao standardna metoda koja procjenjuje potencijalne štete od potresa, olujnih vjetrova i poplava. Metoda koristi GIS software za izradu karata i prikaz podataka o opasnosti, štete i ekonomske gubitke procjenjene na zgradama i infrastrukturi.

HAZUS-MH za proračun šteta od poplava razvila je model koji uključuje oko 900 krivulja za štete i koristi ih za procjenu šteta na različitim tipovima građevina i infrastrukturi. Model procjenjuje direktne, indirektne štete i sredstva za potrebe evakuacije. Obzirom National insurance flood program (NFIP) plaća štetu na bazi amortizirane vrijednosti, HAZUS model daje mogućnost da se štete procjenjuje na osnovi amortizirane vrijednosti. HAZUS model za procjenu štete koristi Federal Insurance Administration (FIA). Nadalje su prikazane neke od krivulja korištenih u HAZUS modelu

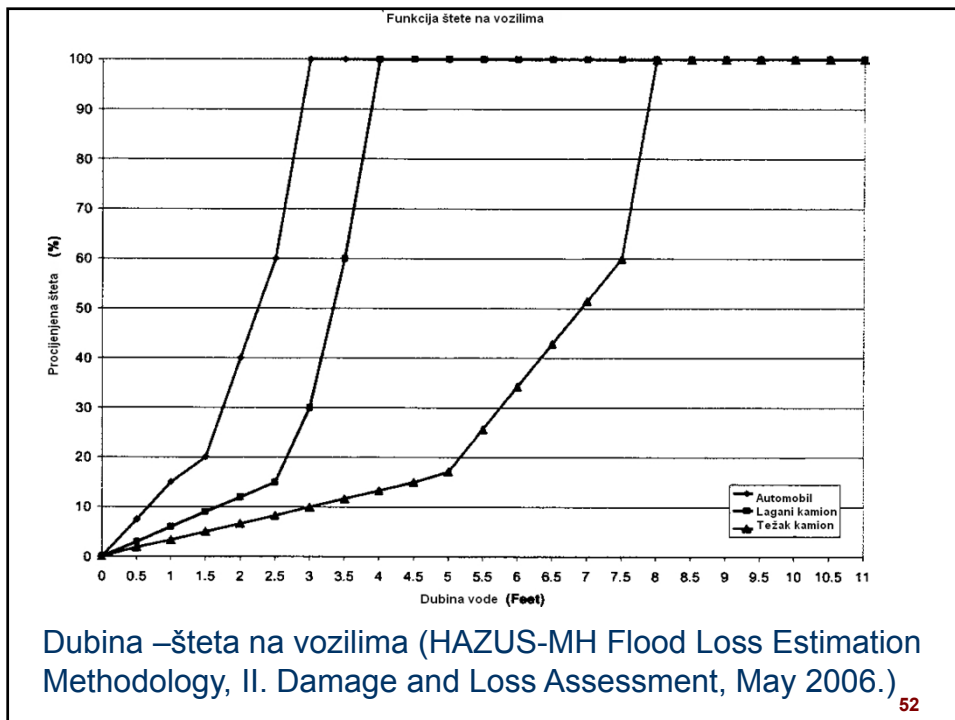
49



50



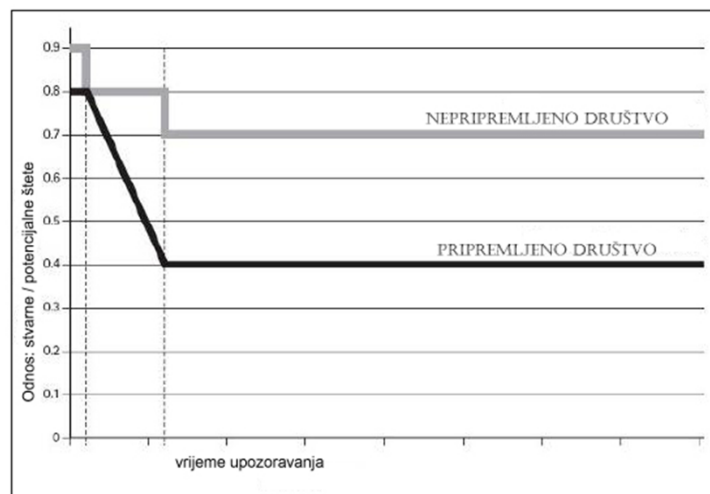
51



52

# PLANOVI UPRAVLJANJA POPLAVNIM RIZICIMA

53



(WMO/GWP, (2008), Urban flood risk management, Associated programme on flood management, Izvor: The State of Queensland, Department for Natural Resources and Mines, 2002: Guidelines on the Assessment of Tangible Flood Losses)

54

## PLANOVI UPRAVLJANJA POPLAVNIM RIZICIMA

Uključuju mjere za ostvarivanje osnovnih ciljeva:

- moraju uzeti u obzir relevantne aspekte poput troškova i koristi, prostornog obuhvata poplava i putova otjecanja poplavnih voda i područja koja imaju mogućnost zadržati poplavne vode, poput prirodnih poplavnih područja, ciljeva zaštite okoliša, gospodarenja tlom i vodama, prostornog planiranja, korištenja zemljišta, očuvanja prirode, plovidbe i lučke infrastrukture.
- moraju obuhvatiti sve aspekte upravljanja poplavnim rizicima, s fokusom na prevenciju, zaštitu, pripravnost, uključujući prognoze poplava i sustave ranog upozoravanja, te uzimajući u obzir značajke određenog riječnog sliva ili podsliva.
- Planovi upravljanja poplavnim rizicima mogu uključivati i promoviranje održivih praksi korištenja zemljišta, bolje zadržavanje vode, kao i kontrolirano plavljenje određenih područja u slučaju poplave