

# Simulacija kretanja komada drveta kroz prepreke nalik mostovskim stubovima korišćenjem NaysCUBE solvera softverskog paketa iRIC

## UVOD

Drvo čini neizostavni deo svakog rečnog toka. Kroz mnogobrojne studije i istraživanja dokazan je njegov pozitivan efekat na morfolologiju toka i akvatični svet u njemu. Međutim, tokom pojave velikih voda, dolazi do transporta plivajućeg nanosa, sačinjenog pretežno od grana i stabala drveća. Sadejstvujući sa otpadom raličitog porekla, u ekstremnim situacijama sa vozilima čak i delovima objekata, drveće povećava razornu moć poplavnog talasa izazivajući niz negativnih efekata. U slučaju nailaska na suženje u rečnom koritu, dolazi do zaustavljanja i gomilanja plivajućeg nanosa. To može prouzrokovati veliki uspor, usled koga se uzvodno od lokacije zagušenja podiže nivo vode i povećava razmera plavljenja. Kolizija plivajućeg nanosa sa mostovskom strukturom, dovodi do zatvaranja proticajnog profila, oštećenja stubova, neretko i do pojave rušenja same mostovke konstrukcije. Sa stanovišta zaštite i odbrane od poplava, a usled sve češće pojave akcidentnih situacija na rečnim tokovima prouzrokovanim nanosom formiranim od drvene strukture, važno je poznavati osobine i precizirati kretnju drvenih stabala. Na taj način mogu se sprovesti preventivne mere i sprečiti ili umanjiti posledice njihovog negativnog uticaja.



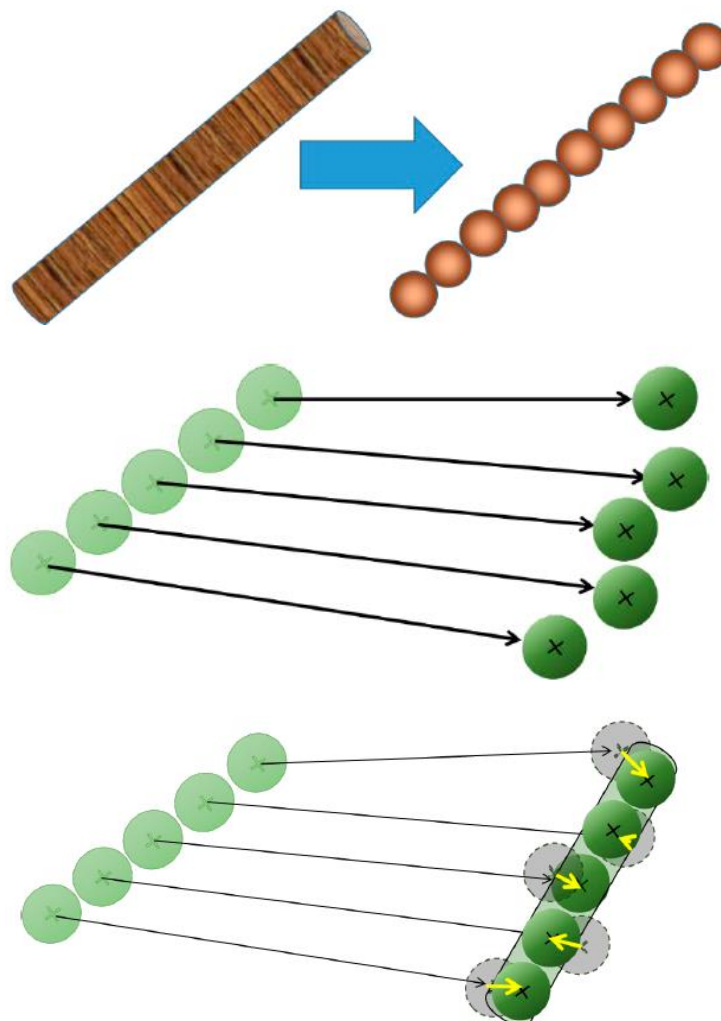
*Slika 1 : Kolizija plivajućeg nanosa drvene strukture sa mostovskom konstrukcijom*

U skladu sa tim potrebama, nova funkcija proračuna kretnje drvenih komada, “driftwood”-a, je dodata u solver NaysCUBE softvera iRIC ver.3. Model u NaysCUBE. Verzijom 3.1 ova funkcija je proširena sa mogućnošću simulacije advekcije objekta (krutog tela) bilo kog oblika. U modelu se simulira kretanje predmeta objekata kao što su drvena stabla, kao trodimenzionalno kretanje krutog tela. Uticaj sudara između objekata proračunava se metodom diskretnih elemenata (DEM).

## METODOLOGIJA

Za proračun turbulencije upotrebljen je nelinearni  $k-\varepsilon$  model. Šema po kojoj će softver računati je TVD MUSCL. Usvojeni broj layer-a u vertikalnom pravcu je 10.

Komad drveta, tj “driftwood” u modelu je prikazan preko sfera povezanih u seriji. Svaka sfera se pomera nezavisno, prema Lagranžovoj jednačine za  $\Delta t$ . Nakon pomeranja, sfere se ne nalaze na istom pravcu. U trećem koraku, sfere se prilagođavaju i poravnavaju u serijsku vezu, bez odstupanja.



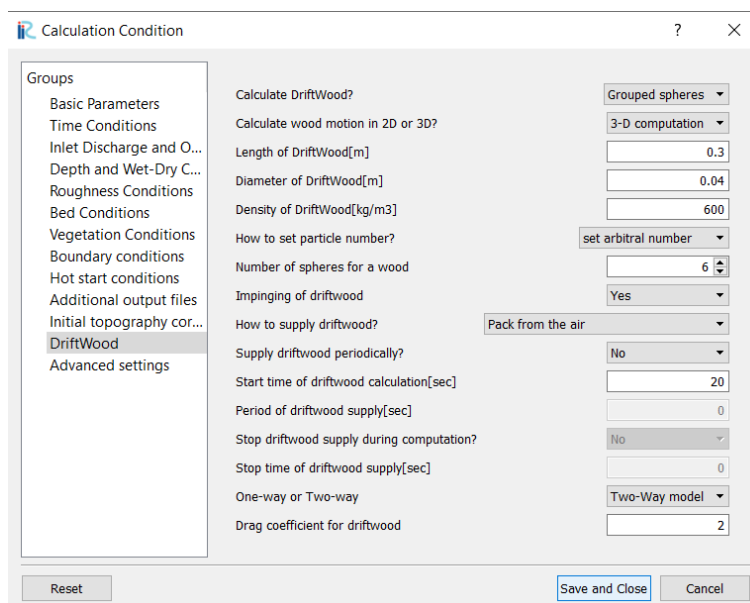
Slika 2. Šematizacija proračuna kretnje drvene strukture u Nays CUBE

U pre-processing prozoru je potrebno locirati polja koja će biti snabdevena komadima drveta, i izabrati broj komada. Označavanjem polja “Driftwood” u “Cell attributes” Object Browser-a ostvaruje se mogućnost obeležavanja ćelija sa kojih se model inicijalno snabdeva komadima drveta. Ograničenje komada drveta po jednoj ćeliji iznosi 99, a moguće je selektovati više ćelija. Bitno je napomenuti da je maksimalni broj komada drvene strukture po simulaciji ograničen na 200. Ukoliko se prekorači, dolazi do obustavljanja proračuna i prekida simulacije.

Pre puštanja simulacije, neophodno je izvršiti podešavanje osnovnih parametara za računanje kretanja drvene strukture ili drugih krutih objekata. Podešavanja se vrše u prozoru “Calculation condition” – “Driftwood” :

- **Calculate DriftWood:** Između opcije No DriftWood i Gruped spheres izabrati *Gruped spheres*. U novijoj verziji solvera, moguće je izabrati i opciju Arbitral shape, za objekte koji nisu sferičnog oblika;
- **Calculate wood motion in 2D or 3D:** Kretanje drvene strukture se obično posmatra trodimenzionalno, ali poređenja radi moguće je sprovesti simulaciju pretpostavljajući

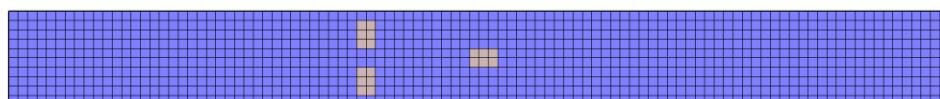
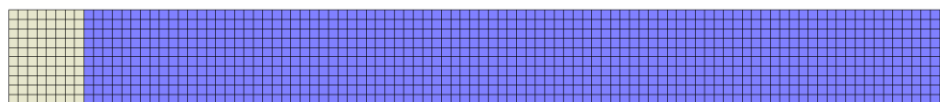
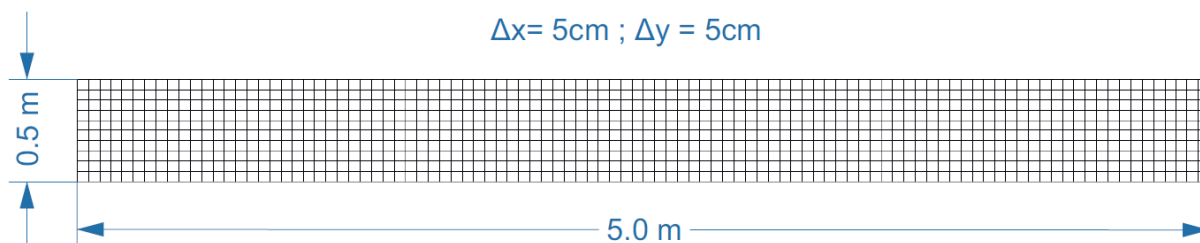
- ravansko 2D plutanje na vodenoj površini. Izabrano *3-D Computation*;
- **Length of DriftWood [m]:** dužina komada drveta;
  - **Diameter of DriftWood [m]:** prečnik komada drveta;
  - **Density of DriftWood [kg/m<sup>3</sup>]:** gustina drvene strukture;
  - **How to set particle number:** može se birati između opcije „*set arbitral number*” i „*set as length/diameter*”;
  - **Number of spheres for a wood:** Broj sfera koje formiraju drvenu strukturu. Veći broj opterećuje proračun, ali i povećava tačnost istog;
  - **Impinging of driftwood:** Dozvoljeno ili nedozvoljeno sudaranje između komada drveta;
  - **How to supply driftwood:** Opcijom *Pack from the air* vrši se distribucija drvene strukture padanjem iz vazduha ili “*set at the surface without overlapping*” gde se komadi drveta nalaze na površini vode prilikom pokretanja simulacije. Korisnici foruma iRIC, savetuju da se učestalije koristi mogućnost distribucije padanjem iz vazduha, jer se na taj način izbegava zakrčenje na samom startu proračuna, na početnim sekcijama deonice i samim tim obustavljanje proračuna;
  - **Start time of driftwood calculation [sec]:** Vreme pokretanja simulacije drvene strukture. Unosis se vreme različito od 0, ukoliko postoji potreba za odlaganjem simulacije. Ova mogućnost je iskorišćena u navedenom računskom primeru, odlaganjem proračuna za 20 sekundi, dok se ne uspostavi neporemećeno tečenje u kanalu;
  - **One way or Two way:** Navodi se da li će se uzeti uticaj drvene strukture na protok ili ne. Opcijom *Two-way* ovaj uticaj se ne zanemaruje;
  - **Drag coefficient for driftwood:** Vučna sila.



Slika 3. Zadavanje osnovnih parametara za simulaciju drvene strukture

## RAČUNSKI PRIMER

U modelu je simulirano kretanje komada drveta u prizmatičnom kanalu, dimenzija 5m x 0.5m, u kojem su postavljene tri prepreke nalik mostovskim stubovima. Prepeke su dimenzija 0.1mx0.1m i nalaze se približnou centralnom delu prizmatičnog kanala. Ukupno trajanje simulacije iznosi 40 sekundi, a vremenski korak proračuna je podešen na 0.002 sekunde. Da bi se razdvojio uticaj drvenih komada na tečenje u kanalu, vreme pokretanja simulacije drvene strukture je postavljeno na 20 sekundi od starta simulacije. Otprilike oko 15 sekundi je potrebno da se uspostavi neporemećeno tečenje u kanalu i kroz prostorne preseke ustale dubine i brzine.



Slika 4. Prikaz dobijene mreže sa postavljenim preprekama i označenim poljima koja distribuiraju komade drveta

Drveni komadi su distribuirani preko početnih uzvodnih ćelija mreže. Označena je pravougaona površina od 80 ćelija ( 8 u x pravcu, duž cele širine kanala) i u svaku ćeliju je dodato po 2 komada drveta, ukupno 160 komada. Usvojena je dužina drvenih komada od 0.1m, prečnika 0.01m. Gustina drvene strukture je procenjena na  $900\text{kg/m}^3$ . Drvena struktura je sastavljena od 5 sfera, a distribucija drvenih komada se vrši padanjem iz vazduha. Mogućnost sudara između drvenih komada je isključena. Odabrana je opcija Two way modela, sa ciljem da se uticaj drvene strukture na protok ne zanemaruje.

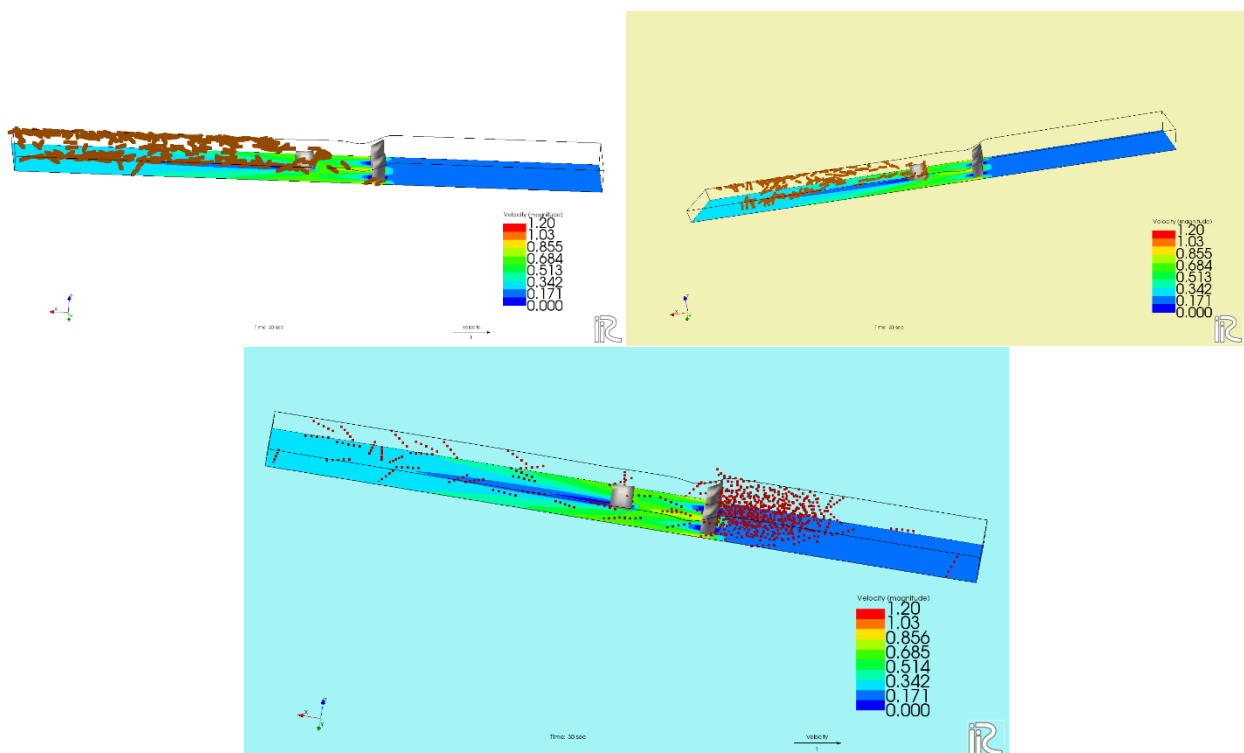
Nakon simulacije osnovnog modela, proverena su i dodatna dva scenarija, koja predstavljaju varijaciju osnovnih podešavanja:

- Scenario 1 – u odnosu na osnovni model povećan je broj drvenih komada na 200 i uključena je opcija sudaranja;
- Scenario 2 – u odnosu na osnovni model povećan je broj drvenih komada na 200, povećane je dužina komada na 0.2m, a prečnik na 0.05m.

## REZULTATI

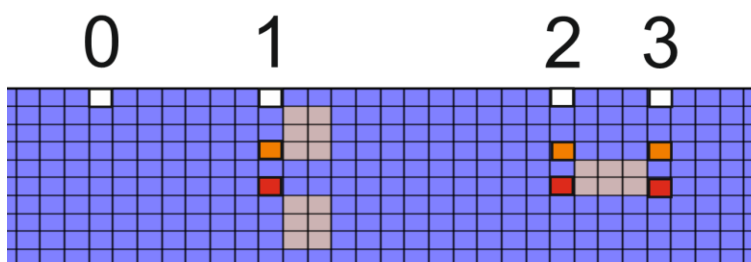
Ubacivanjem drvenih komada u tok, očekuju se vidljive promene u vidu usporavanja toka, smanjenja kinetičke brzine, smanjenja brzina, kao i lokalnog uvećanja dubina. Međutim, tokom vizuelnog pregleda rezultata dobijenih simuliranjem osnovnog modela, ove promene nisu registrovane. Istraživanjem potencijalnih razloga za ovakav rezultat, na osnovu saveta korisnika ovog softvera koji su se ranije suočili sa ovim problemom, zaključeno je da treba uvećati broj drvenih komada u modelu ili povećati dimenzije balvana.

Izmenom dimenzija i broja drvenih komada, tj. simuliranjem Scenaria 1 i 2 osnovnog modela, promene su nastale samo u kretanja i raspodele drvenih komada u prostoru, kroz vreme. Osim različitih osobina ponašanja balvana, druge promene nisu opažene.



Slika 5. 30 sekund simulacije DriftWood-a: Osnovni model, Scenario 1, Scenario 2

U radu (Ichiro & Kazuya, 2018) dobijene razlike u nivoima i brzinama sa distribucijom drvenih komada u modelu su male, izražene u mm i cm/s. Iz tog razloga odlučeno je i analitički, uporediti vrednosti nivoa i brzina, u karakterističnim tačkama, kroz različite vremenske trenutke. Tačke su odabrane tako, da se obuhvate neporemećeni preseci i preseci u blizini prepreka, kod kojih je i najizvesnije očekivati promene.



Slika 6. Prostorna raspodela karakterističnih tačaka u mreži

Tabela 1: Pozicije karakterističnih tačaka u kordinatnom sistemu

Tačka	I	J	K
0	30	1	11
1a	38	1	
1b		4	
1c		6	
2a	50	1	
2b		4	
2c		6	
3a	53	1	
3b		4	
3c		6	

Tabela 2: Nivo vode i brzine u karakterističnim tačkama kroz vremenske preseke

Lokacija	Pre pojave drvenih komada		Drveni komadi		Kraj simulacije	
	t=15s		t=30s		t=39s	
	Nivo vode	Brzina	Nivo vode	Brzina	Nivo vode	Brzina
0	0.20809	0.32365	0.20808	0.32436	0.20808	0.32444
1a	0.18707	0.74608	0.18711	0.74534	0.18712	0.74529
1b	0.21106	0.11307	0.21107	0.11286	0.21108	0.11284
1c	0.18731	0.75341	0.18736	0.75296	0.18736	0.75292
2a	0.13632	0.35615	0.13682	0.35387	0.13685	0.35357
2b	0.13641	0.40693	0.13691	0.40372	0.13694	0.40341
2c	0.14394	0.00561	0.14430	0.00618	0.14433	0.00620
3a	0.13250	0.49850	0.13334	0.49242	0.13338	0.49204
3b	0.13024	0.51833	0.13118	0.51226	0.13121	0.51195
3c	0.12986	0.00056	0.13092	0.00011	0.13095	0.00014

Tabela 3: Dobijene promene u nivoima i brzinama sa pojavom drvenih komada u toku

Promena nivoa vode sa pojavom drvenih komada [mm]		Promena brzine sa pojavom drvenih komada [cm/s]		Lokacija
t=30s	t=39s	t=30s	t=39s	
-0.02	-0.02	0.1	0.1	0
0.04	0.05	-0.1	-0.1	1a
0.01	0.02	0.0	0.0	1b
0.05	0.06	0.0	0.0	1c
0.50	0.53	-0.2	-0.3	2a
0.50	0.53	-0.3	-0.4	2b
0.36	0.39	0.1	0.1	2c
0.85	0.88	-0.6	-0.6	3a
0.94	0.97	-0.6	-0.6	3b
1.06	1.09	0.0	0.0	3c

## ZAKLJUČAK

Vizuelnim osmatranjem nisu zabeležene promene tečenja u kanalu sa ubacivanjem drvenih komada. Osmotrene promene su dobijene upoređivanjem dobijenih računskih vrednosti, u karakterističnim tačkama kanala, kroz vremenske preseke koji obuhvataju trenutak pre pojave drvenih komada i sa pojavom drvenih komada u toku. Dobijeni rezultati potvrđuju očekivani sled događaja: smanjenje brzina i povećanje nivoa vode u toku u kojem su prisutni drveni elementi.

Bitno je napomenuti da su dobijene iste vrednosti nivoa i brzina u karakterističnim tačkama u sve tri sprovedene simulacije (osnovni mode, Scenario 1, Scenario 2). Izmena parametara oblika drvenih elemenata i broja drvenih elemenata, nije izazvala logičnu promenu u vrednostima nivoa i brzina, između sprovedenih simulacija.

## REFERENCES

- [1] Studies on Driftwood Motions around Obstacles by Laboratory and Numerical Experiments, (Ichiro & Kazuya, 2018)
- [2] Effects of the driftwood Richardson number and applicability, (Kimura & Kitazono, 2019)
- [3] Driftwood: Risk Analysis and Engineering Measures, (Schmocker & Volker, 2013)