DAS – Mehanika fluida – 2024/25 Student – Dimitra Anđelković **Zadatak 6** - Modeliranje turbulencije u okolini mostovskih stubova primenom softverskog paketa i-RIC – NaysCUBE

Uvod

Računarska dinamika fluida (CFD, Computational Fluid Dynamics) predstavlja oblast mehanike fluida koja koristi numeričke metode i računske algoritme za simulaciju i analizu tokova fluida. CFD omogućava precizno modelovanje složenih fenomena, uključujući tokove fluida, prenose toplote, difuziju čestica i mnoge druge procese koji se javljaju u raznim tehničkim i prirodnim sistemima.

CFD se široko primenjuje u različitim industrijama, uključujući automobilski, vazduhoplovni, građevinski i energetski sektor, ali i u hidrotehničkim i ekološkim analizama. Konkretne primene uključuju:

- Optimizaciju oblika konstrukcija (mostovi, turbine, brane) radi smanjenja otpora fluida,
- Simulaciju tokova u otvorenim ili zatvorenim vodotokovima,
- Predviđanje distribucije zagađivača u vodi ili vazduhu,
- Analizu sistema prevoza sedimenta ili čestica.

U ovom zadatku koristićemo NaysCUBE solver, koji je specijalizovan za simulaciju trodimenzionalnih tokova u hidrauličkim i hidrotehničkim sistemima. Solver primenjuje standardni k-e model za modeliranje turbulencije.

k-e model je jedan od najčešće korišćenih pristupa za simulaciju turbulencije u CFD analizama. Zasniva se na rešavanju dve transportne jednačine: jedna za turbulentnu kinetičku energiju (k) i druga za turbulentnu disipaciju (ϵ). Njegova glavna prednost je jednostavnost i efikasnost, što ga čini pogodnim za širok spektar inženjerskih primena.

Zadatak

Cilj ovog zadatka je da se uradi simulacija (prikaže tečenje) turbulentnog tečenja u kanalu, širine 35m i dužine 55m, u okolini mostovskih stubova u iRIC NaysCUBE version 2.3. Položaj mostovskih stubova, dimenzije 8x2m, je prikazan na slici 1.



Slika 1 Položaj mostovskih stubova u kanalu

Radimo simulaciju turbulentnog tečenja koristeći dve vrednosti protoka koji su prikazani u tabeli 1.

Q [m3/s]	h [m]	V [m/s]	hkr [m]
225.9	3.03	2.13	1.62
479.5	3.87	3.54	2.68

Tabela 1 Vrednosti protoka i odgovarajućih dubina, brzina i kritičnih dubina

Rad

I Primer – Q=225.9 m3/s

Kreiranje modela u iRIC NaysCUBE solver-u

1. Kreiranje mreže (kreiranje geometrije kanala)







💦 Select Grid Creating Algorithm		?	×
Algorithm:	Description:		
Create grid from polygonal line and width Create grid from from river survey data			_
Create grid by dividing rectangular region			
Create compound channel grid			
Multifunction Grid Genarator			
Simple Grid Generator			
	,		
	OK	Cance	3

Slika 3 Odabir algoritma za kreiranje mreže

差 Grid Creation		? ×
Groups Channel Shape Cross Sectional Shap Channel Shape Para Bed and Channel Sh Upstream and Down Width Variation Bed Condition	Select Channel Shape Grid Patern of Zigzag Channel Cross Sectional Shape Compound Cross Section Pattern	Straight Pattern I Single Cross Section Pararel to Main Channel
Reset		Create Grid Cancel

Slika 4 Definisanje oblika kanala i poprečnog preseka

Groups	-Sinale Cross Section		_
Channel Shape			-
Channel Shape Param	width(m)	35	
 Bed and Channel Shape Upstream and Downst 	Number of Grid in Lateral Direction	28 🛨	
Width Variation	Compound Channel		
bea condition	Numbers of Grids		11
	Left Floodplain	5 🕂	
	Low Water Channel	5 🕂	
	Right Floodplain	5 📩	
	Low Water Channel Depth(m)	0.02	
	Bank Slope Raitio of Low Water Channel	2	
	Numbers of Grids in Low Water Channel Bank	1 İ	H
	Simple Compound Channel		
	Channel Width		1
	Left Flood Channel Width(m)	0.3	
	Low Water Channel Width(m)	0.3	
	Right Flood Channel Width(m)	0.3	
	With Straight or Meandering Levees		
	Total Width(m)	2	-
	Low Water Channel Width(m)	0.3	-
	Left Levee Distance from Channel Center(m)	2	
	Right Levee Distance from Channel Center(m)	2	

Slika 5 Definisanje širine i gustine mreže poprečnih prseka

<i> f</i> id Creation			?	×
Groups Channel Shape Cross Sectional Shape Param Channel Shape Parameters Bed and Channel Shape Upstream and Downstream C Width Variation Bed Condition	Wave Length of Meander(m) Wave Number Meander Angle(degree) Number of Grids in One Wave Length Levee Meander Parameters Meander Angle(degree) Meander Wave Length(m) Phase Lag from LWC(m)	?		×
Reset	Kinoshita Meander Parameters Additionl Meander Angle(degree) n1(Wave Number of the second term) Crea	ate Grid	10 3 Cance	

Slika 6 Definisanje dužine kanala i gustine mreže

🔎 Grid Creation	? ×
Groups Channel Shape Cross Sectional Shape Parameters Channel Shape Parameters Bed and Channel Shape Upstream and Downstream Condit Width Variation Bed Condition	Low Water Channel Bed Condition Fixed Bed Roughness Definition Not Specified Roughness Value 0.02 Floodplain Bed Condition Moveable Bed Roughness Definition Not Specify Roughness Value 0.05
Reset	Create Grid Cancel

Slika 7 Definisanje karakteristika dna kanala



Slika 8 Mreža

2. Definisanje hidrauličkih parametara



Slika 9 Podešavanje uslova proračuna

Groups Basic Parameters Time Conditions Flow Conditions Roughness Conditions Bed Conditions Vegetation Conditions Boundary conditions Hot start conditions	Number of Vertical Layers Fixed or Movable Bed Turbulence Model Spatial Scheme for Advection Terms	Fixed bed	10 i odel SCL	- - -
Initial topography co DriftWood Advanced settings Reset	Sa	ave and Close	Cance	el

Slika 10 Podešavanje osnovnih parametara uslova proračuna

			_
Basic Parameters	Start Time[s]	(0
Time Conditions Flow Conditions	End Time[s]	6	0
Roughness Conditions Bed Conditions	File Output Time[s]		1
Vegetation Conditions	Time Step[s]	0.0	5
Boundary conditions Hot start conditions	Start time of surface move[s]		2
Additional output files Initial topography correction DriftWood Advanced settings	Start time of bed move[s]		2

Slika 11 Podešavanje prametra vremena

R Calculation Condition		? ×
Groups Basic Parameters Time Conditions Flow Conditions Bed Conditions Used Conditions Bed Conditions Hot start conditions Hot start conditions Additional output files Initial topography co DriftWood Advanced settings	Discharge[m3/s] How to give outlet water level? Downstream Water Level[m] Minimum Depth[m] How to give initial surface slope? Give Initial surface slope Q gradual increase Initial Q rate Time for Q slope[s]	Image: Constraint of the second se
Reset		Save and Close Cancel

Slika 12 Podešavanje protoka i graničnih uslova



Slika 13 Definisanje prepreka u mreži



Slika 14 Definisanje broja ćelija potopljenosti prepreke



Slika 15 Prikaz vrednosti ćelija

3. Proračun



Slika 16 Pokretanje proračuna







Solver Console [NaysCUBE v.3.20.1 64bit] (running)
KT= 8 T= 0.40000000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551 SI now= 1.000000047497451E-003
QIN, O hyd, Q0 479.50000000001 479.5000000000 479.50000000000
Current-Q & Target-Q 456.248659943185 479.50000000000
KT= 9 T= 0.45000000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551 ST now= 1.000000047497451F=003
QIN,Q_hyd,Q0 479.500000000001 479.50000000000 479.50000000000
Current-O & Target-O 455.483907836135 479.500000000000
KT= 10 T= 0.5000000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551 ST now= 1.000000047497451E-003
QIN.Q hyd,Q0 479.50000000001 479.50000000000 479.500000000000
NN_count = 50
Current-Q & Target-Q 454.905992678080 479.50000000000
KT= 11 T= 0.5500000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551
QIN,Q_hyd,Q0 479.5000000000001 479.50000000000 479.50000000000
Current-O & Target-O 454.414084092498 479.500000000000
KT= 12 T= 0.6000000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551 SI now= 1.000000047497451E-003
QIN,Q_hyd,Q0 479.50000000001 479.50000000000 479.50000000000
Current-Q & Target-Q 453.977143044830 479.500000000000
KT= 13 T= 0.6500000000000 SLOPE=1/ 999.999952502551
SI now= 1.000000047497451E-003
QIN,Q_hyd,Q0 479.50000000001 479.50000000000 479.50000000000

Slika 18 Prozor proračuna u toku

Solve	r Finished	×
1	The solver finished cal	culation.
	ОК	

Slika 19 Obaveštenje o završetku proračuna

- 4. Pregled podataka i rezultata
- 3D prikaz rezultata



Slika 20 Kartica za pokratanje 3D pregleda rezultata

Ili



Slika 21 Ikonica za pokretanje 3D pregleda razltata

Prikaz prepreke a.

Object Browser X	Jossurface Setting ? ×
Object Browser × NaysCUBE v.3.20.1 64bit Grids IRICZone IRICZone Image: Contour Image: Contour <	Region ? × Region • Imax 1 ± J Max 1 ± J Max 1 ± Value Setting 1 ± Iso Value 0 Min Value 0 Min Value 0
Cuby vis. Uu uu uu vv ww uv vv uv vv uv uv	Min Value -1 Max Value 0.0001 Color OK Cancel

Slika 22 Način da se prikaže prepreka na kanalu

Slika 23 Podešavanje prikaza prepreke na kanalu





b. Prikaz brzina

i. Pri dnu kanala

Object Browser X	30 Contour Setting		?	×
 NaysCUBE v.3.20.1 64bit Grids RICZone Grid shape Grid shape Contour Storamlines Velocity Velocity Title Time Axes 	Physical Value: Velocity (magnitude) Image Value range Image Image Image Image Image Max: 7,80053 Image Image Division Number: Image Image Image Colormap Image Image Image Colormap Image Image Image Contour Setting Image Image Image Contour Setting Image Image Image Image Image Image	Ск 1 45 4 1	Color Bar S	Setting
				Juncel

Slika 25 Prikazivanje brzina kanala

Slika 26 Podešavanje načina prikazivanja brzine pri dnu kanala



Slika 27 Podešavanje strujnica toka(strelica)



Slika 28 Raspored brzina pri dnu kanala



Slika 29 Strujnice pri dnu kanala

i. Pri površini vode kanala



Slika 30 Kartica podešavanja prikaza na površinu vode kanala



Slika 31 Raspored brzina pri površini vode kanala



Slika 32 Strujnice pri površini vode kanala

c. Prikaz turbulentne kinetičke enegije



Time: 60 sec

Slika 33 Raspored turbulentne kinetičke energije pri dnu kanala



Time: ó0 sec

Slika 34 Raspored turbulentne kinetičke energije pri površini vode

- Grafički prikaz podataka



Slika 35 Prvi korak grafičkog načina prikazivanja podataka

🚊 Data Source Setting				?	×
Axis: Time 💌					
Calculation Result Exte	ernal				
Point Data			Selected Data		
Q			Water Elevation Velocity (magnitude) Depth		
Three dimensional Data		Add >>			
Dynamic_P turb_k Bed height	<u> </u>	<< Remove			
Vegetation Vor.stream					
Vor.vertical Vorticity all Weiss F					
Eddy vis.					
uu			, 		
w	•		Setting		
	<u>•</u>		OK	Cano	cel

Slika 36 Izbor podataka za prikazivanje, drugi korak



Slika 37 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena pri dnu kanala, pre prepreke



Slika 38 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena pri dnu kanala, posle prepreke



Slika 39 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena na površini vode, pre prepreke



Slika 40 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena na površini vode, posle prepreke

Primer II– Q=479.5 m3/s

R Calculation Condition		? ×
Groups Basic Parameters Time Conditions Flow Conditions Bed Conditions Vegetation Conditions Hot start conditions Additional output files Initial topography co DriftWood Advanced settings	Discharge[m3/s] How to give outlet water level? Downstream Water Level[m] Minimum Depth[m] How to give initial surface slope? Initial surface slope Q gradual increase Initial Q rate Time for Q slope[s]	Given directly Given directly Given by initial average bed slope O.0001 Q given directly O.1 10
Reset		Save and Close Cancel

Slika 41 Podešavanje hidrauličkih uslova za proračun

a. Prikaz brzina



Slika 42 Raspored brzina pri dnu kanala



Slika 43 Strujnice pri dnu kanala



Slika 44 Raspored brzina pri površini vode kanala



Slika 45 Strujnice pri površini vode kanala

b. Prikaz turbulentne kinetičke enegije



Time: 60 sec

Slika 46 Raspored turbulentne kinetičke energije pri dnu kanala



Time: 60 sec

Slika 47 Raspored turbulentne kinetičke energije pri površini vode

- Grafički prikaz podataka



Slika 48 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena pri dnu kanala, pre prepreke



Slika 49 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena pri dnu kanala, posle prepreke



Slika 50 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena na površini vode, pre prepreke



Slika 51 Grafički prikaz promene nivoa vode i brzine u toku vremena na površini vode, posle prepreke

Literatura

1. https://hikom.grf.bg.ac.rs/stari-

sajt/web_stranice/KatZaHidr/Predmeti/MehFluida/poslediplomska%20nastava_links/Seminarsk i-2016/7_REric.pdf

2. https://hikom.grf.bg.ac.rs/stari-

sajt/web_stranice/KatZaHidr/Predmeti/MehFluida/poslediplomska%20nastava_links/Seminarsk i-2019/Master%20rad.pdf