

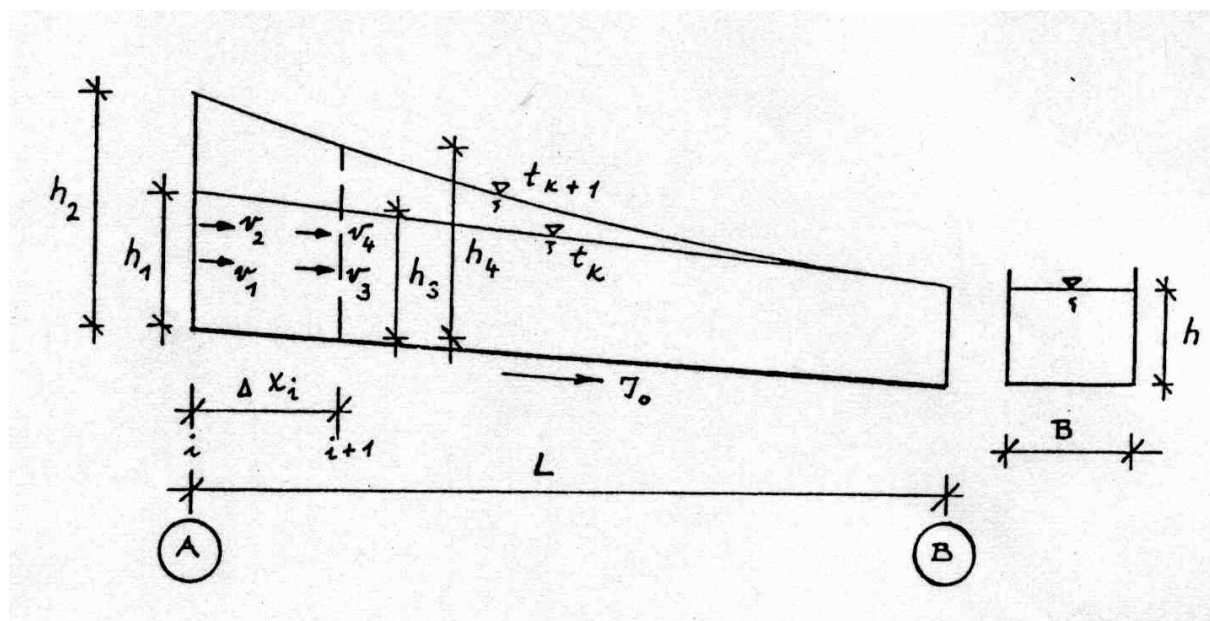
## II vježba

### Propagacija vodnog vala u otvorenom koritu (HEC-RAS)

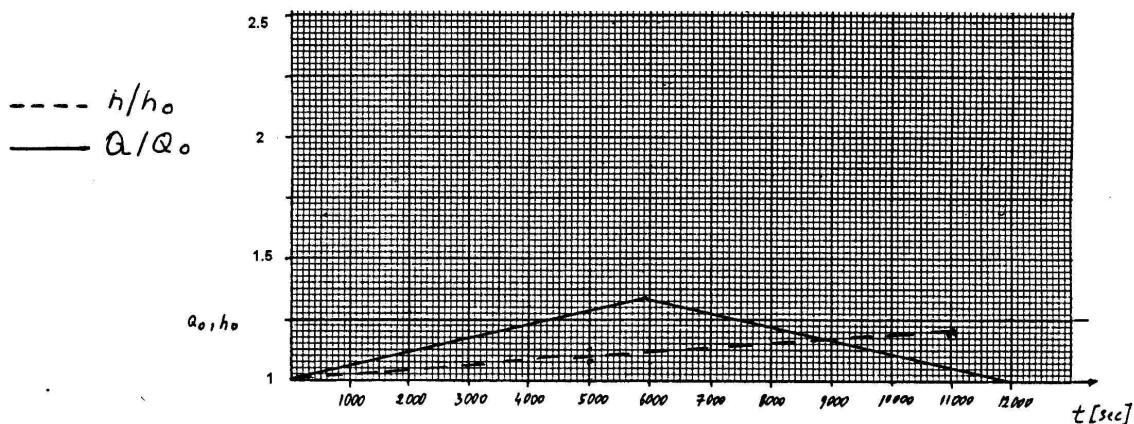
Kao što je u vježbama navedeno, za računanje propagacije vodnog vala se može koristiti i dostupan postojeći program HEC-RAS. U okviru numeričkih vježbi iz hidraulike, praksa je izrada vlastitih proračuna, kako bi se budući inženjeri upoznali s jednostavnim metodama proračuna, koji u inženjerskoj praksi mogu poslužiti za izradu idejnih rješenja ili verifikacije (uhodavanja) znatno složenijih programa. Obzirom da za potrebe proračuna vodnog lica u nestacionarnom tečenju ne postoje prikladne (jednostavne) metode, napravljena je iznimka te je primjer prikazan u praktikumu u ovom prilogu izračunat i pomoću programa HEC RAS. Program je dostupan na internetu te se ne traži nikakva naknada za njegovo korištenje.

#### Primjer izračunat korištenjem programa HEC-RAS

Na dionici otvorenog korita su u početnom (uzvodnom) presjeku  $A$  zadani  $Q/Q_0 - t$  i  $h/h_0 - t$  dijagram, čime je opisan prolazak vodnog vala kroz kontrolni presjek (rubni uvjet). Za zadane hidrauličke parametre korita odredi  $Q - t$ ,  $h - t$  i  $Q - h$  dijagram u točki  $B$  te usporedi  $Q - h$  dijagram s konsumpcijskom krivuljom za normalno tečenje. Kanal je pravokutnog poprečnog presjeka širine  $B$  i duljine  $L$  s Manningovim koeficijentom hrapavosti  $n$ . Pad kanala  $I_0$  je konstantan.



Slika 1 Skica modelirane dionice korita s oznakama karakterističnih hidrauličkih veličina



Slika 2 Hidraulički parametri vodnog vala (ovo su parametri za primjer – svaki student dobiva u okviru svog zadatka drugačije parametre)

Zadano:  $I_0 = 0,00025$  m

$B = 50$  m

$n = 0,02$  s/m<sup>1/3</sup>

$Q_0 = 50$  m<sup>3</sup>/s

$\Delta x = 100$  m

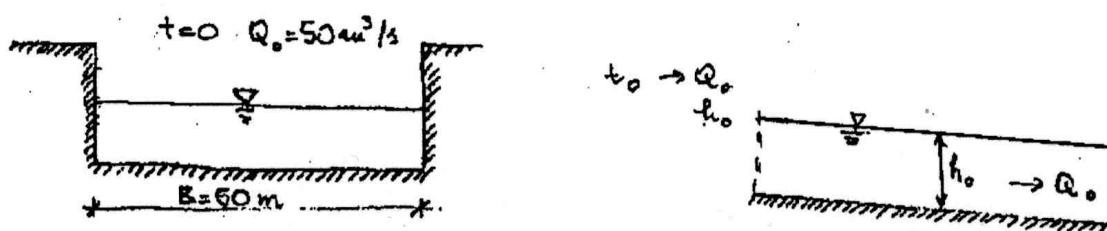
... pad dna korita

... širina korita

... Manningov koeficijent hrapavosti

... početni protok

... razmak između proračunskih profila

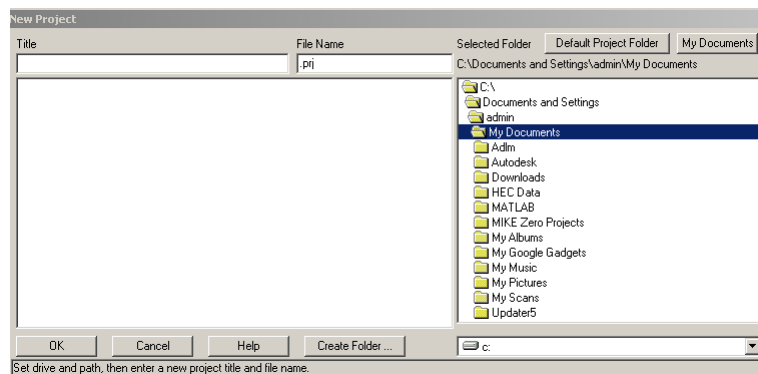


Slika 3 Poprečni i uzdužni presjek korita u početnom trenutku  $t_0$

## HEC-RAS

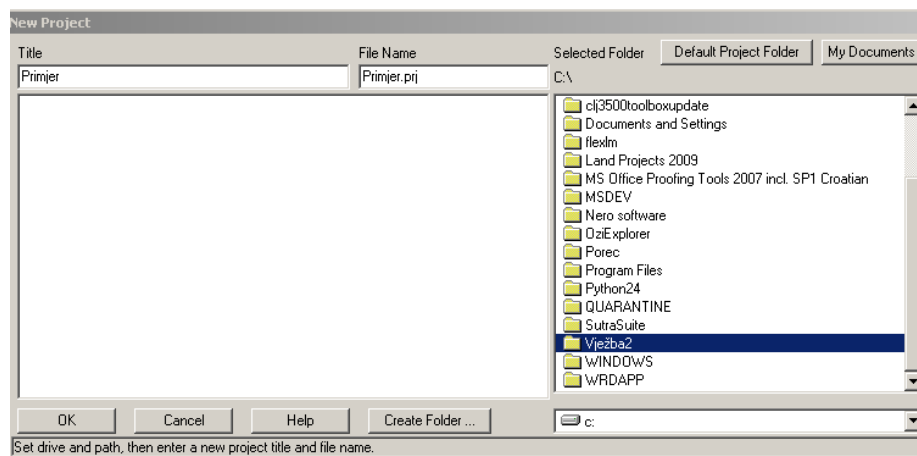
Program je potrebno instalirati na računalo. Program je dostupan na stranici <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

Nakon što se program pokrene treba odabrati *File – New Project* te se otvara prozor (Slika 4)



Slika 4 Prozor za definiranje direktorija u kojem će se nalaziti proračun (projekt)

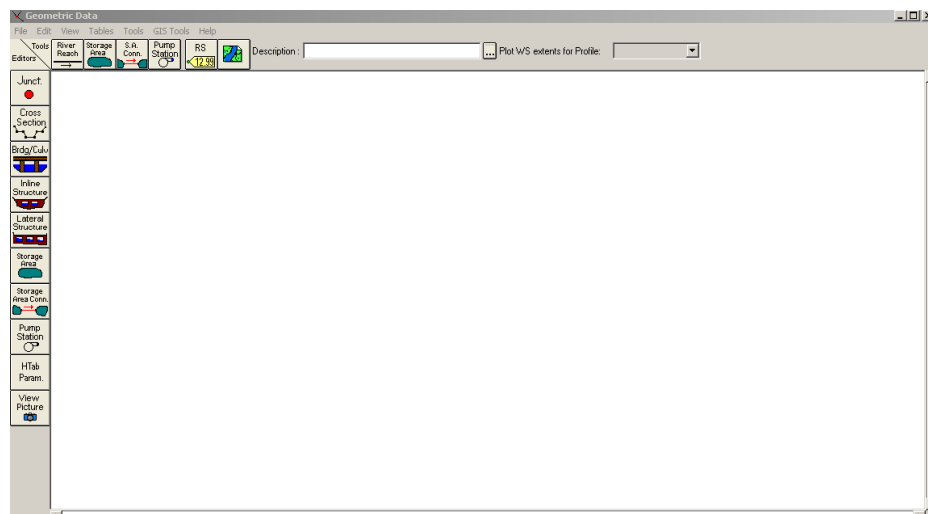
Potrebno je odabrati naziv projekta i lokaciju na kojoj će se projekt nalaziti. U ovom slučaju je naziv projekta – *Primjer* na *C* disku u folderu *Vježba2*.



Slika 5

Sada je potrebno provjeriti pod *Options* da li je postavljen SI mjerni sustav (kod prvog korištenja je obično US Customary).

Nakon toga je potrebno definirati geometriju vodotoka što se postiže odabirom *Edit – Geometric Data* iz glavnog izbornika te se javlja prozor (Slika 6).



Slika 6 prozor za definiranje geometrije korita

Odabere se *River Reach* te se pojavi olovka kojom je potrebno definirati pravac te ga imenovati. Preporuka je povući liniju iz gornjeg lijevog u donji desni ugao. Za kraj linije je potrebno dvaput kliknuti. U idućem koraku treba definirati stacionažu (opcija RS u gornjim ikonicama). Strelicom se dođe na gornji lijevi dio korita (uzvodni kraj) i to se definira kao stacionaža 10 000 m. Donji desni kraj korita (nizvodni kraj) se može definirati kao stacionaža 0 m.

Sada je potrebno definirati oblik korita te se bira opcija *Cross Section*, nakon čega se otvara prozor za definiranje geometrije korita i odabire se *Options – Add new Cross Section* čime se otvara mogućnost za definiranje geometrije poprečnog presjeka. Dovoljno je definirati uzvodni i nizvodni profil jer smo pretpostavili jednoliko pravokutno korito. Prozor kojim je

definiran uzvodni profil na stacionaži 10 000 m se može ispuniti na način kako je prikazano na slici 7, a nizvodni na način kako je prikazano na slici 8. Ostali profile na svakih sto metara će biti interpolirani. U ovom primjeru je osim pravokutnog korita nadodana i inundacija čime se izbjegavaju eventualni problemi s nestabilnošću numeričkog postupka. Podatak *Downstream Reach Lengths* označava udaljenost od profila za kojeg se upisuje geometrija do prvog idućeg nizvodnog profila kojem se upisuje geometrija što je u ovom slučaju 10 000 m. Podaci *Cross Section Coordinates* definiraju poprečni presjek korita u x-z ravnini.

| Cross Section Coordinates |           |      |
|---------------------------|-----------|------|
| Station                   | Elevation |      |
| 1                         | 0         | 22.5 |
| 2                         | 10        | 12.5 |
| 3                         | 30        | 12.5 |
| 4                         | 30.01     | 2.5  |
| 5                         | 80.01     | 2.5  |
| 6                         | 80.02     | 12.5 |
| 7                         | 100       | 12.5 |
| 8                         | 110       | 22.5 |
| 9                         |           |      |
| 10                        |           |      |
| 11                        |           |      |

| Downstream Reach Lengths |         |       |
|--------------------------|---------|-------|
| LOB                      | Channel | ROB   |
| 10000                    | 10000   | 10000 |

| Manning's n Values |         |      |
|--------------------|---------|------|
| LOB                | Channel | ROB  |
| 0.02               | 0.02    | 0.02 |

| Main Channel Bank Stations |            |
|----------------------------|------------|
| Left Bank                  | Right Bank |
| 30                         | 80.02      |

| Cont\Exp Coefficient (Steady Flow) |           |
|------------------------------------|-----------|
| Contraction                        | Expansion |
| 0.1                                | 0.3       |

Slika 7 Definirana geometrija uzvodnog profila

| Cross Section Coordinates |           |    |
|---------------------------|-----------|----|
| Station                   | Elevation |    |
| 1                         | 0         | 20 |
| 2                         | 10        | 10 |
| 3                         | 30        | 10 |
| 4                         | 30.01     | 0  |
| 5                         | 80.01     | 0  |
| 6                         | 80.02     | 10 |
| 7                         | 100       | 10 |
| 8                         | 110       | 20 |
| 9                         |           |    |
| 10                        |           |    |
| 11                        |           |    |

| Downstream Reach Lengths |         |     |
|--------------------------|---------|-----|
| LOB                      | Channel | ROB |
| 100                      | 100     | 100 |

| Manning's n Values |         |      |
|--------------------|---------|------|
| LOB                | Channel | ROB  |
| 0.02               | 0.02    | 0.02 |

| Main Channel Bank Stations |            |
|----------------------------|------------|
| Left Bank                  | Right Bank |
| 30                         | 80.02      |

| Cont\Exp Coefficient (Steady Flow) |           |
|------------------------------------|-----------|
| Contraction                        | Expansion |
| 0.1                                | 0.3       |

Slika 8 Definirana geometrija nizvodnog profila

Na ovaj način je definirana širina korita od 50 m (udaljenost između točke 4 i 5); definiran je pad od 2.5 m, što će na udaljenosti od 10 000 m dati  $I_0 = 0.00025$ ; definiran je Manningov koeficijent hrapavosti  $n = 0.02 \text{ s/m}^{1/3}$  za glavno korito (*Channel*) kao i za lijevu (*LOB*) i desnu (*ROB*) inundaciju. Nakon što se unesu podaci, potrebno je odabrati opciju *Apply data* kako bi se upisani podaci unijeli u datoteke iz kojih HEC-RAS uzima podatke za proračun. I u buduće će trebati nakon svakog unosa/izmjene geometrije ili početnih i rubnih uvjeta odabrati opciju *Apply data* kako bi izmjene postale važeće.

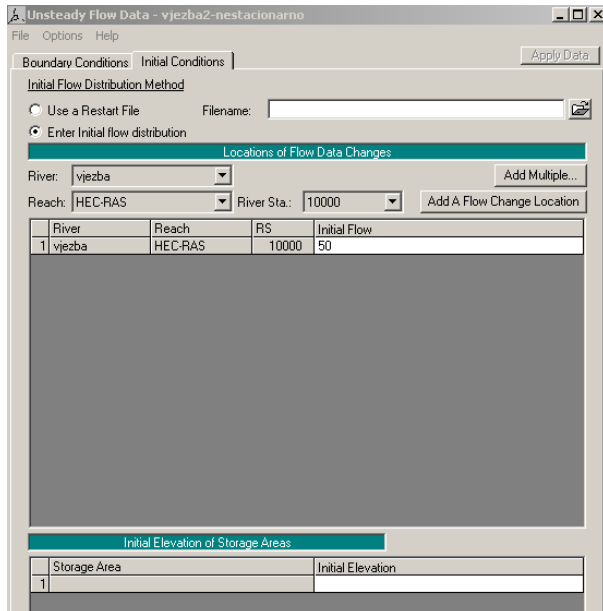
Interpolacija profila na svakih 100 m se provodi opcijom *Tools – XS Interpolation – Within a reach* (Slika 9) gdje se nakon popunjavanja tablice na prikazani način odabire *Interpolate XS*.

Slika 9 Interpolacija profila

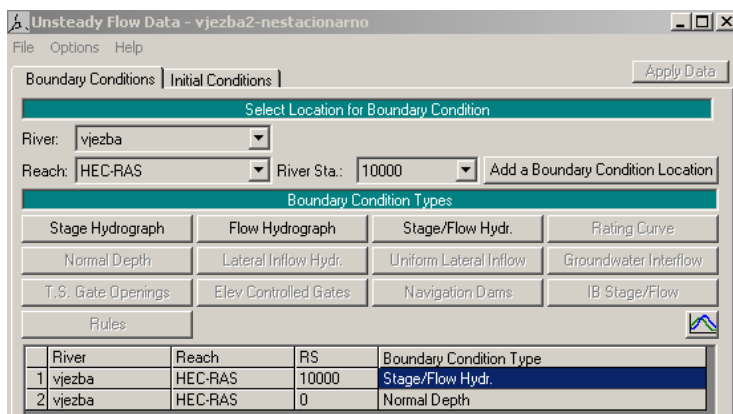
Time je zadana geometrija korita te se može zapisati pod nekim odabranim imenom. Nakon zapisa geometrije prozor se može zatvoriti te se vraćamo na glavni izbornik.

Idući korak je upisivanje nestacionarnih rubnih uvjeta, što se postiže odabirom iz glavnog izbornika *Edit – Unsteady Flow data* te može početi unos početnih i rubnih uvjeta.

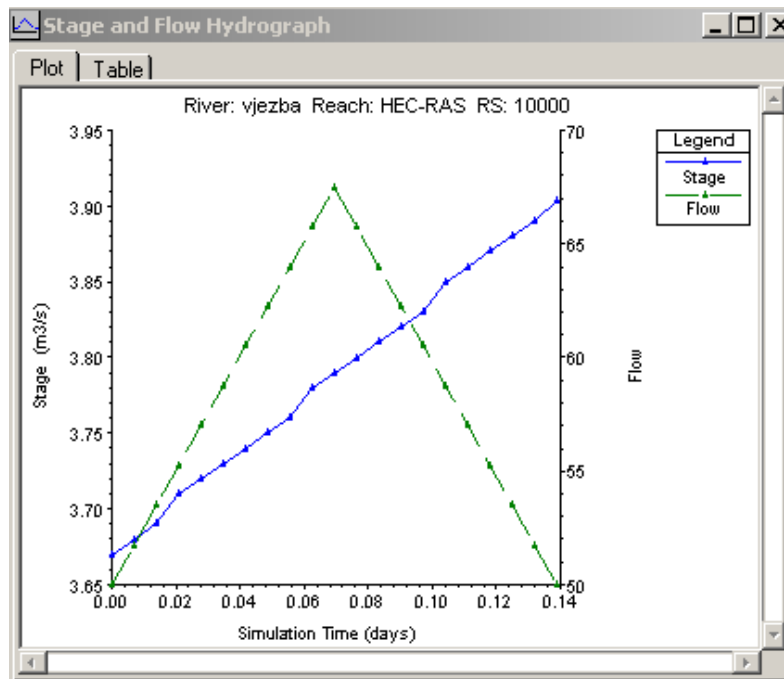
Na slici 10 je prikazan unos početnog protoka na stacionaži 10 000 u iznosu od  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Slika 10 Prozor za unos početnih i rubnih uvjeta – upisan početni uvjet



Slika 11a Rubni uvjeti



Slika 11b Rubni uvjet – protok i razina u uzvodnom profilu

Na slici 11a i 11b su prikazani rubni uvjeti, pri čemu je na uzvodnom profilu (stacionaža 10 000 m) definiran i protok i razina u funkciji vremena (vrijednosti su prikazane na slici 11b i 11c), dok je za nizvodne profile definirana normalna dubina. Prilikom definiranja normalne dubine kao rubnog uvjeta, potrebno je upisati i pad energetske linije, a u ovom slučaju se može upisati pad dna kanala ( $I_0 = 0.00025$ ).

Nakon što su zadani početni i rubni uvjeti, potrebno ih je zapisati (pospremiti – *File – Save unsteady flow data*) te se može provesti proračun odabirući *Run – Unsteady flow analysis* (slika 12).

Stage and Flow Hydrograph

River: vjezba Reach: HEC-RAS RS: 10000

Read from DSS before simulation

File: \_\_\_\_\_  
 Stage: \_\_\_\_\_  
 Flow: \_\_\_\_\_

Enter Table Data time interval: 10 Minute

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: \_\_\_\_\_ Time: 0  
 Fixed Start Time: Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_

| Hydrograph Data |                |                 |       |                     |
|-----------------|----------------|-----------------|-------|---------------------|
|                 | Date           | Simulation Time | Stage | Flow                |
|                 |                | (hours)         | (m)   | (m <sup>3</sup> /s) |
| 1               | 29Dec1899 2400 | 00:00           | 3.67  | 50.                 |
| 2               | 30Dec1899 0010 | 00:10           | 3.68  | 51.75               |
| 3               | 30Dec1899 0020 | 00:20           | 3.69  | 53.5                |
| 4               | 30Dec1899 0030 | 00:30           | 3.71  | 55.25               |
| 5               | 30Dec1899 0040 | 00:40           | 3.72  | 57.                 |
| 6               | 30Dec1899 0050 | 00:50           | 3.73  | 58.75               |
| 7               | 30Dec1899 0100 | 01:00           | 3.74  | 60.5                |
| 8               | 30Dec1899 0110 | 01:10           | 3.75  | 62.25               |
| 9               | 30Dec1899 0120 | 01:20           | 3.76  | 64.                 |
| 10              | 30Dec1899 0130 | 01:30           | 3.78  | 65.75               |
| 11              | 30Dec1899 0140 | 01:40           | 3.79  | 67.5                |
| 12              | 30Dec1899 0150 | 01:50           | 3.8   | 65.75               |
| 13              | 30Dec1899 0200 | 02:00           | 3.81  | 64.                 |
| 14              | 30Dec1899 0210 | 02:10           | 3.82  | 62.25               |
| 15              | 30Dec1899 0220 | 02:20           | 3.83  | 60.5                |
| 16              | 30Dec1899 0230 | 02:30           | 3.85  | 58.75               |
| 17              | 30Dec1899 0240 | 02:40           | 3.86  | 57.                 |
| 18              | 30Dec1899 0250 | 02:50           | 3.87  | 55.25               |
| 19              | 30Dec1899 0300 | 03:00           | 3.88  | 53.5                |
| 20              | 30Dec1899 0310 | 03:10           | 3.89  | 51.75               |
| 21              | 30Dec1899 0320 | 03:20           | 3.904 | 50.                 |
| 22              | 30Dec1899 0330 | 03:30           |       |                     |
| 23              | 30Dec1899 0340 | 03:40           |       |                     |

Min Flow: \_\_\_\_\_ Multiplier: \_\_\_\_\_

**Slika 11c** Razina i protok u uzvodnom profilu u funkciji vremena (uzvodni rubni uvjet zadan dijagramom na početku primjera )

Unsteady Flow Analysis

File Options Help

Plan: Plan 02 Short ID: v2

Geometry File: Vjezba-2

Unsteady Flow File: vjezba2-nestacionarno

Plan Description:

Programs to Run

- Geometry Preprocessor
- Unsteady Flow Simulation
- Post Processor

Simulation Time Window

Starting Date: \_\_\_\_\_ Starting Time: 0  
 Ending Date: \_\_\_\_\_ Ending Time: 3:00

Computation Settings

Computation Interval: 10 Secon Hydrograph Output Interval: 1 Minute

Computation Level Output Detailed Output Interval: 1 Minute

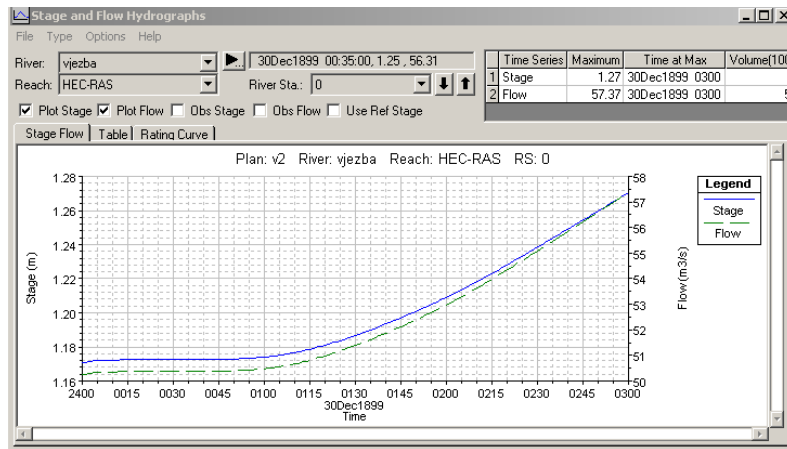
DSS Output Filename: g:\vjezba2-primjerHEC.dss

Mixed Flow Regime (see menu: "Options/Mixed Flow Options ...")

**Slika 12** Pokretanje simulacije

Nakon što program izračuna parametre nestacionarnog tečenja u zadanom primjeru, pomoću opcije *View* iz glavnog izbornika, mogu se pregledati dobiveni rezultati.

Dijagram protoka i razina na najnižvodnijem profilu dobiven simulacijom je prikazan na slici 13. Potrebno je uočiti bitnu razliku između uzvodnog rubnog uvjeta (Slika 11b) i dobivenih vrijednosti na najnižvodnijem profilu.



**Slika 13** Izračunate razine i protoci u funkciji vremena

Na isti način se unose i parametri koji su zadani u konkretnom primjeru svakom studentu. Nastavak rada ovisi o vašoj vlastitoj kreativnosti i inženjerskoj znatiželji.