

**UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**MASTER RAD:
PROGNOZA PROMENE NIVOVA NA VODOMERNIM STANICAMA
PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA**

KANDIDAT: DUŠAN MARJANOVIĆ 518/20

MENTOR: DOC DR. MILOŠ MILAŠINOVIĆ

Beograd 1.10.2021.

SADRŽAJ PREZENTACIJE

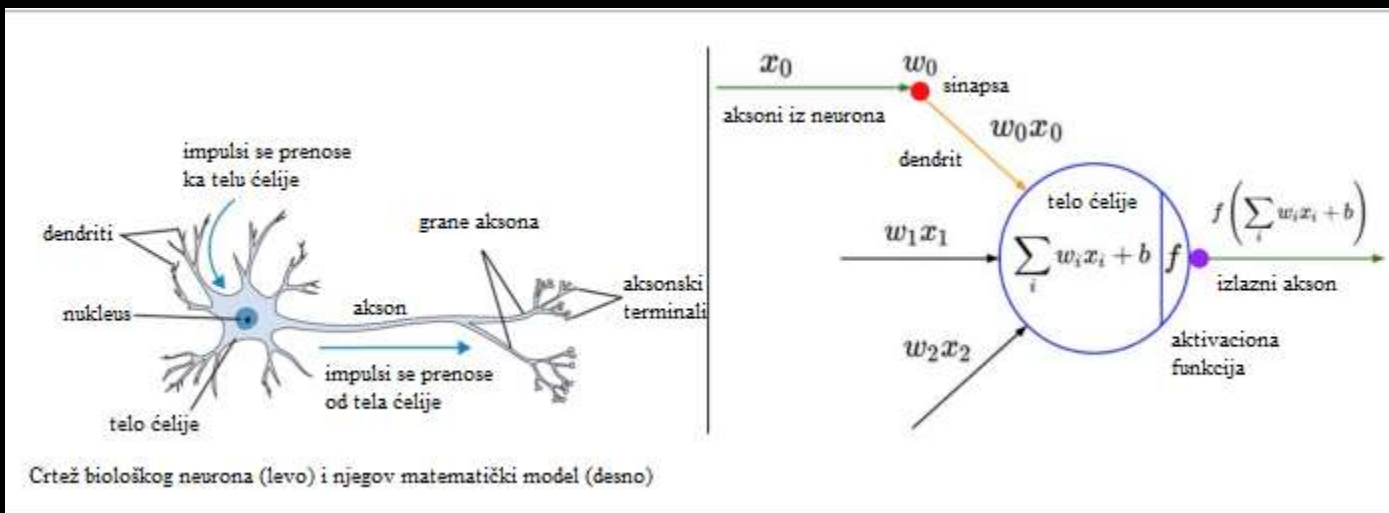
- Prognoze i zašto neuronske mreže?
- Osnove neuronskih mreža
- Pregled korišćenih arhitektura neuronskih mreža
- Modeli i rezultati
- Zaključci
- Budućnost ovih ispitivanja

PROGNOZE I ZAŠTO NEURONSKE MREŽE?

- Značaj prognoziranja nivoa
- „Tradicionalno“ prognoziranje nivoa
- Veštačka inteligencija u sprezi sa tehničkim naukama
- Prednosti neuronskih mreža
- Neuronske mreže u hidrotehnici do sada

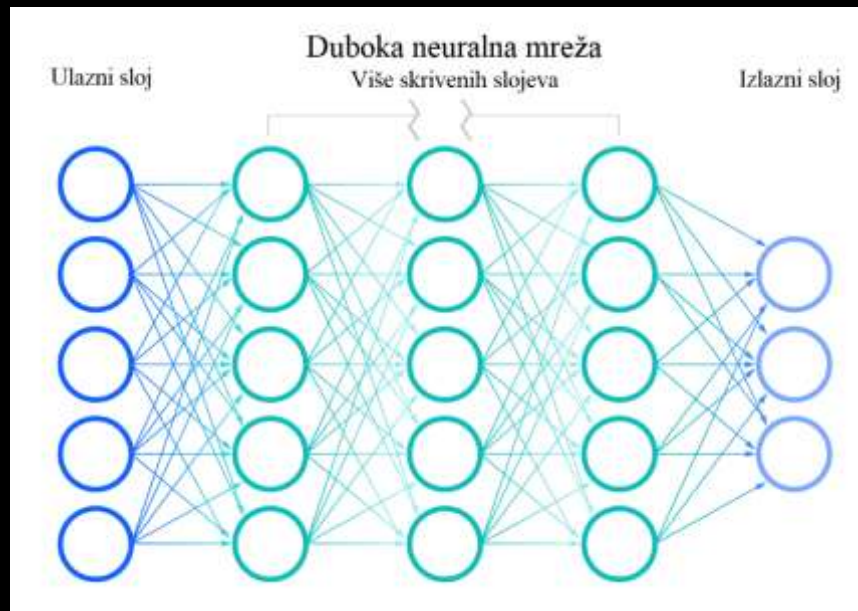
OSNOVE NEURONSKIH MREŽA

- Analogija sa biološkim neuronima



OSNOVE NEURONSKIH MREŽA

- Strukture neuronske mreže

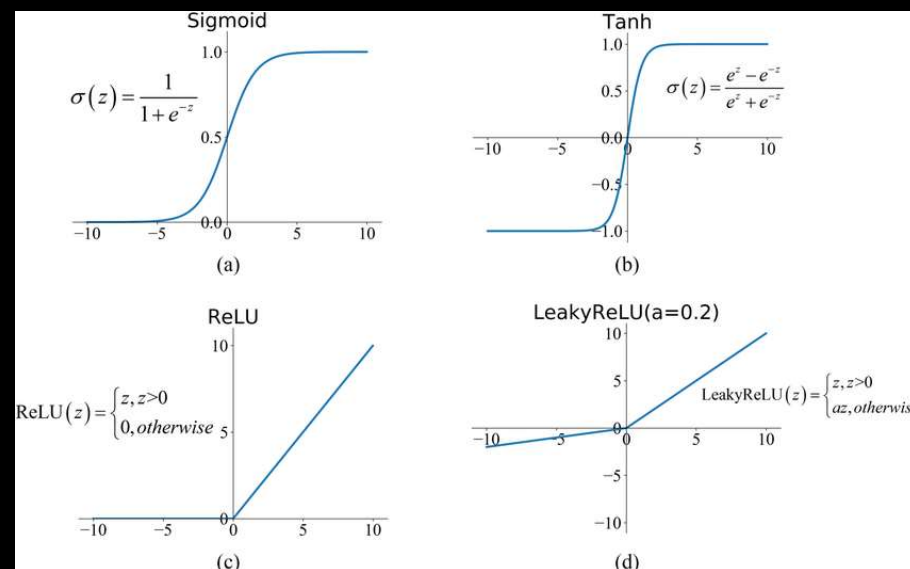
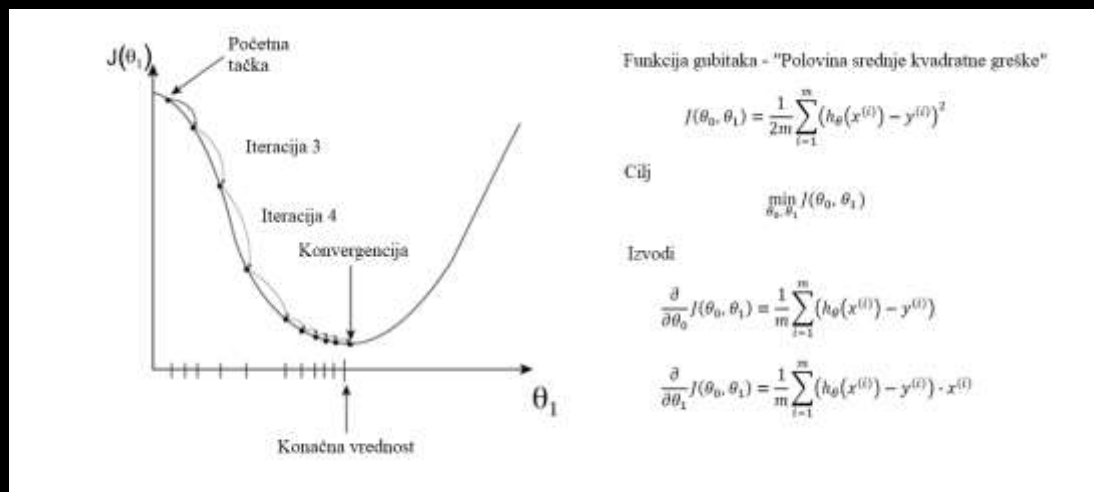


$$\sum_{i=1}^m w_i x_i + b = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots + bias$$

$$y = \varphi\left(\sum_{i=1}^m x_i w_i + b\right)$$

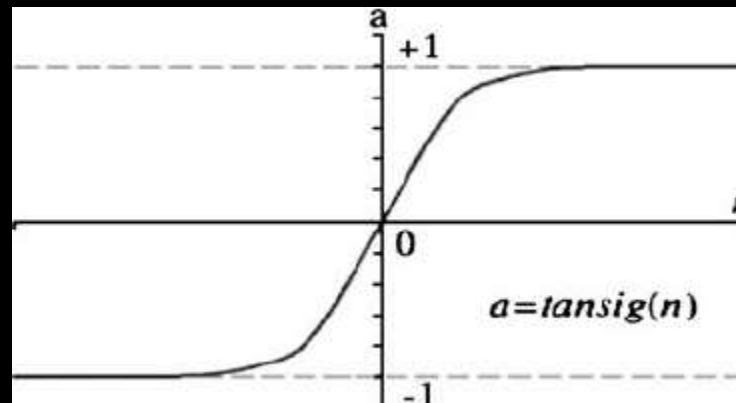
OSNOVE NEURONSKIH MREŽA

- Aktivacione funkcije
- *Feedforward*
- *Backpropagation*
- Opadajući gradijent

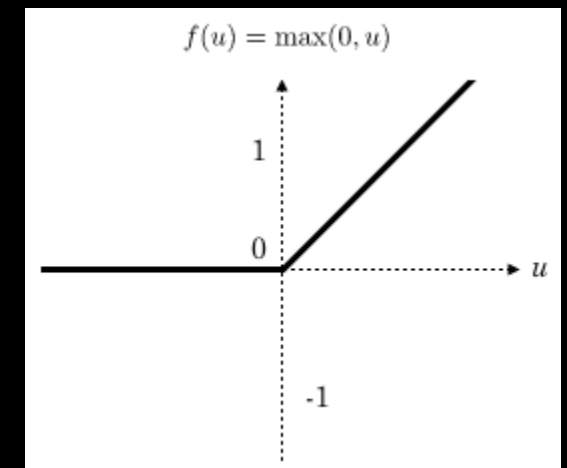


PREGLJED KORIŠĆENIH ARHITEKTURA NEURONSKIH MREŽA

- *Fitnet* mreža
- *Time delay* mreža

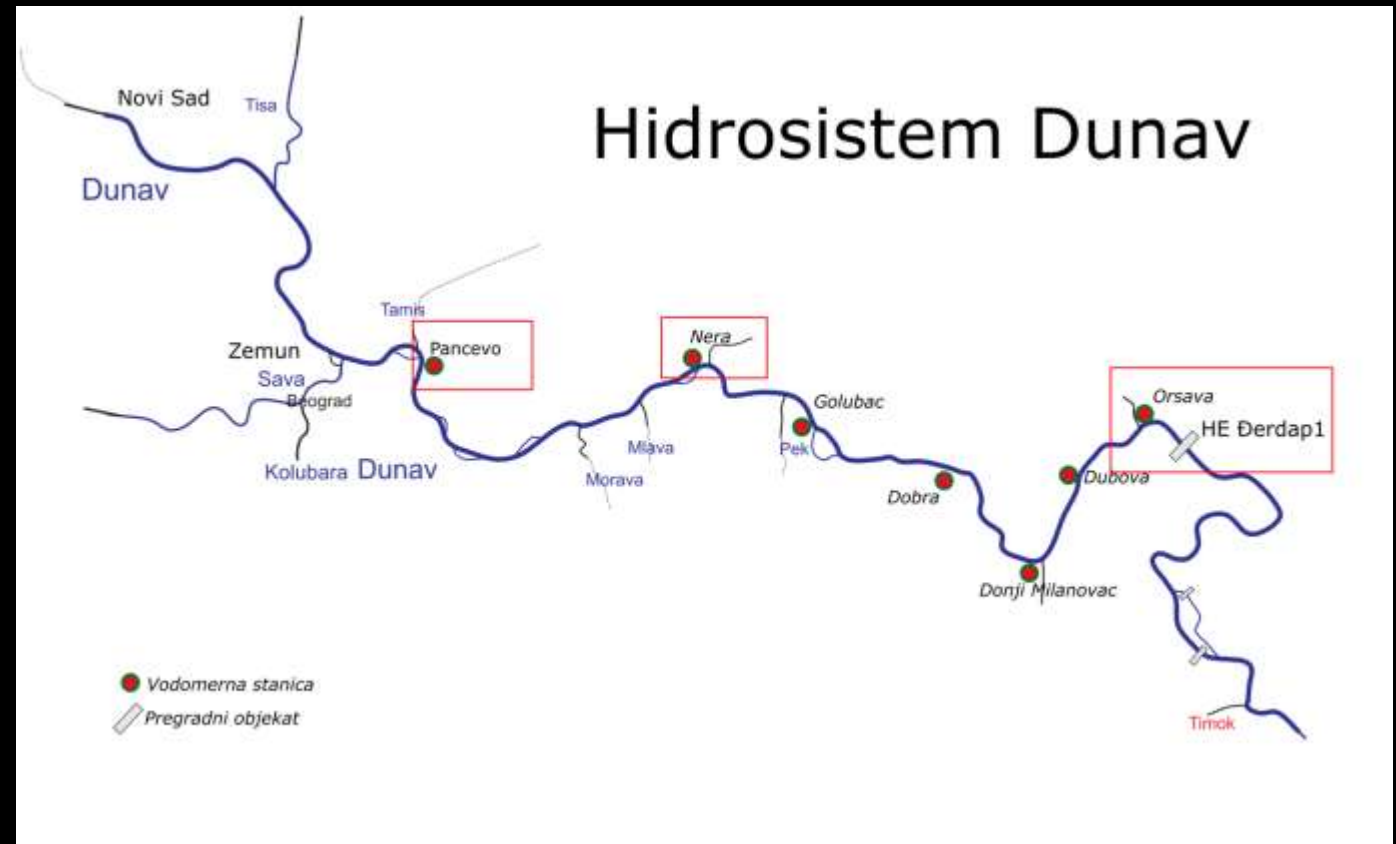


- *NARX (Nonlinear AutoRegressive with eXogenous inputs)* mreža
- Sve arhitekture pravljene u okviru *MATLAB* okruženja



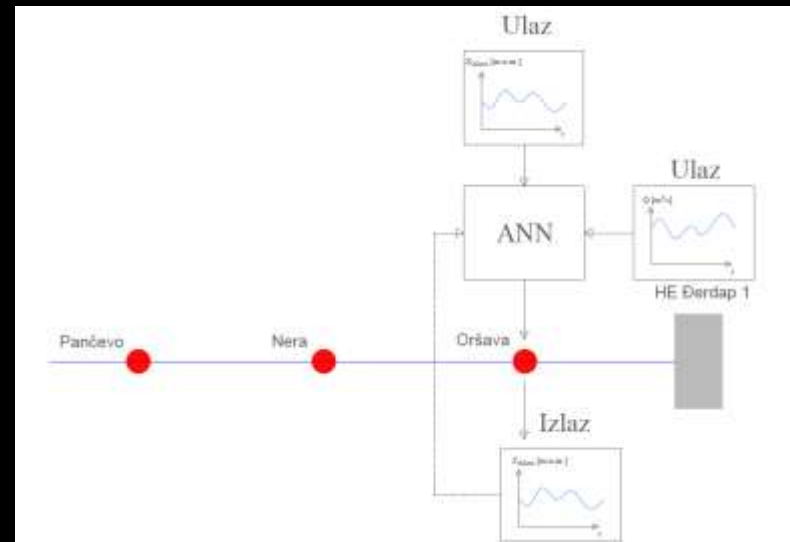
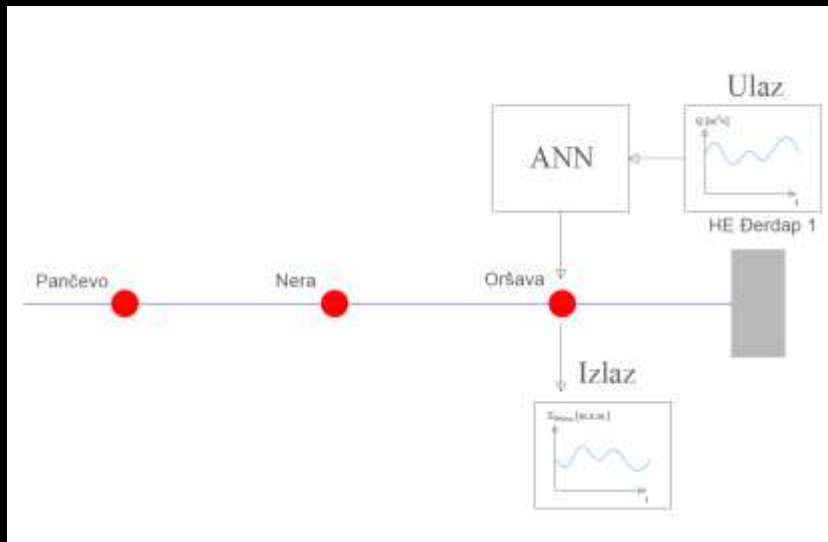
MODELI I REZULTATI

- Hidrosistem Dunav



MODELI I REZULTATI

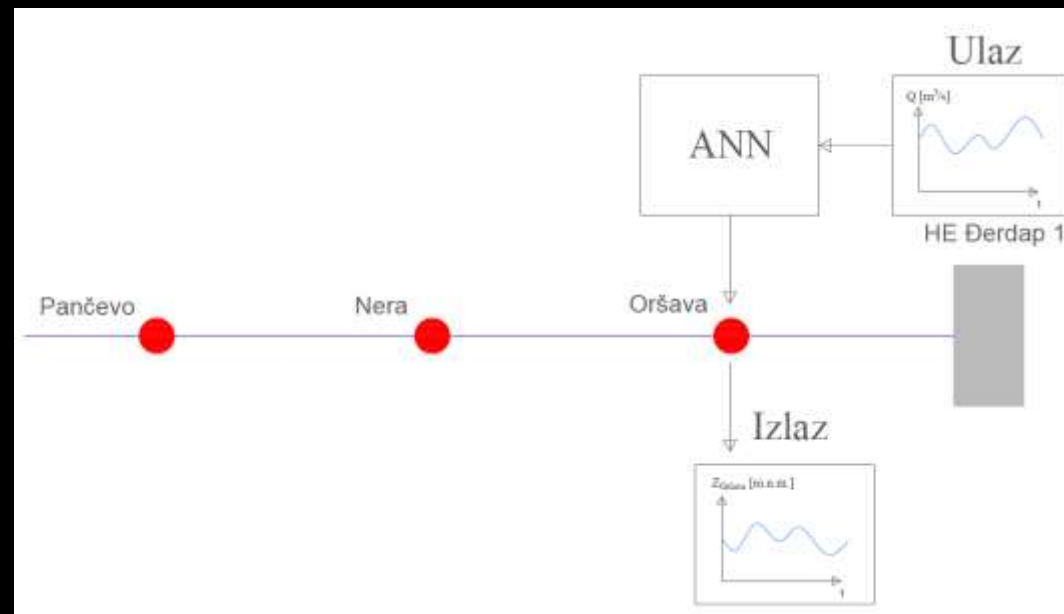
- Stanica Oršava
- Ispitivane dve dispozicije modela
- Parametar za proveru mreže je *RMSE (Root-Mean Square Error)*



$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x - \hat{x})^2}{N}}$$

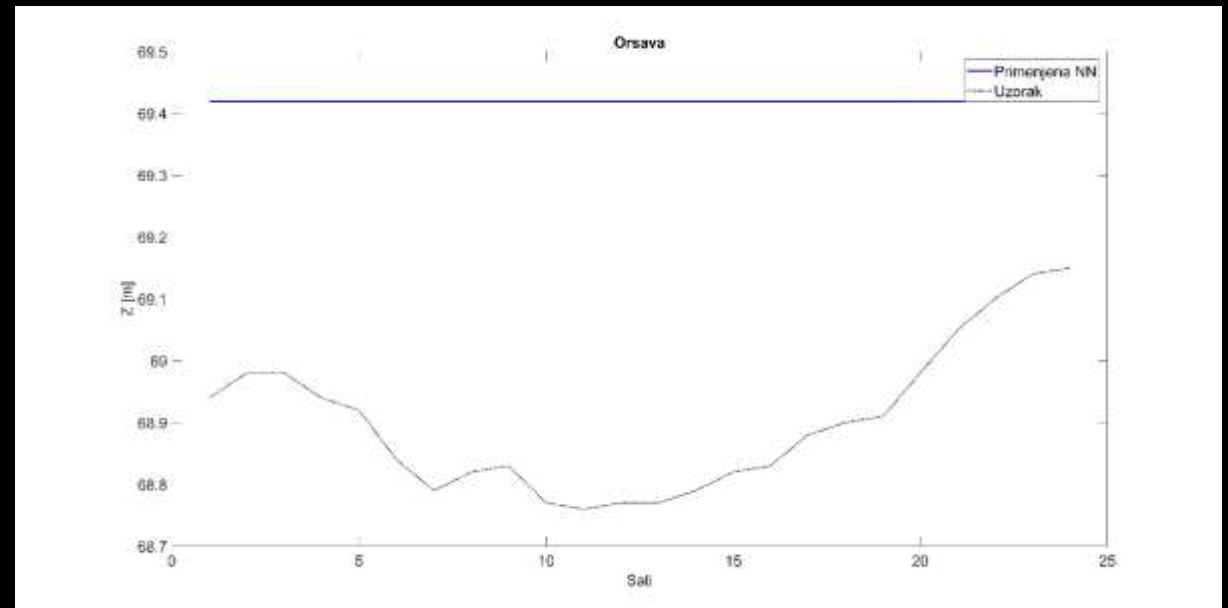
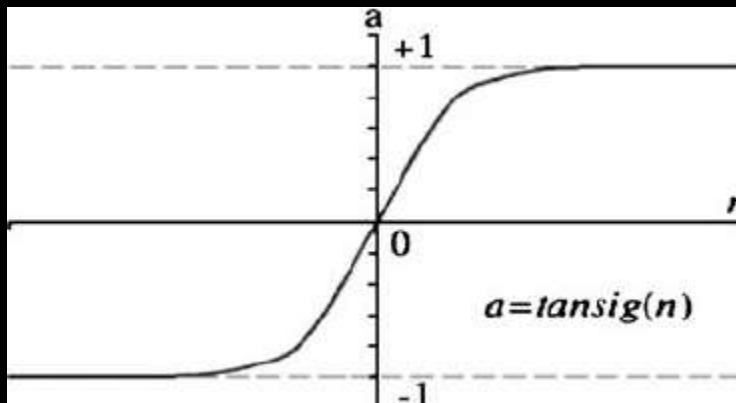
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- Prva dispozicija odgovara *fitnet* i *time delay* mrežama



MODELI I REZULTATI

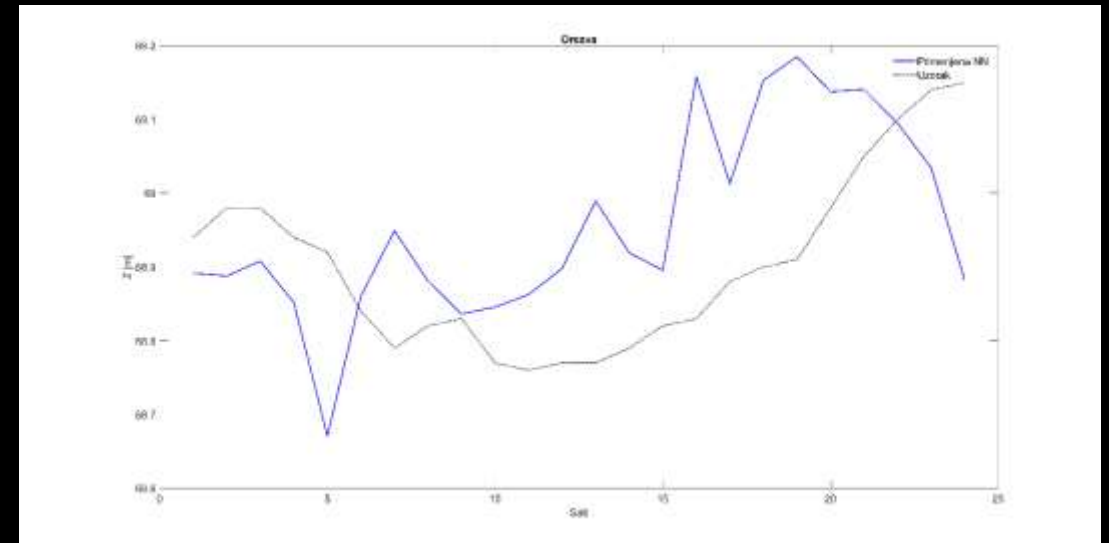
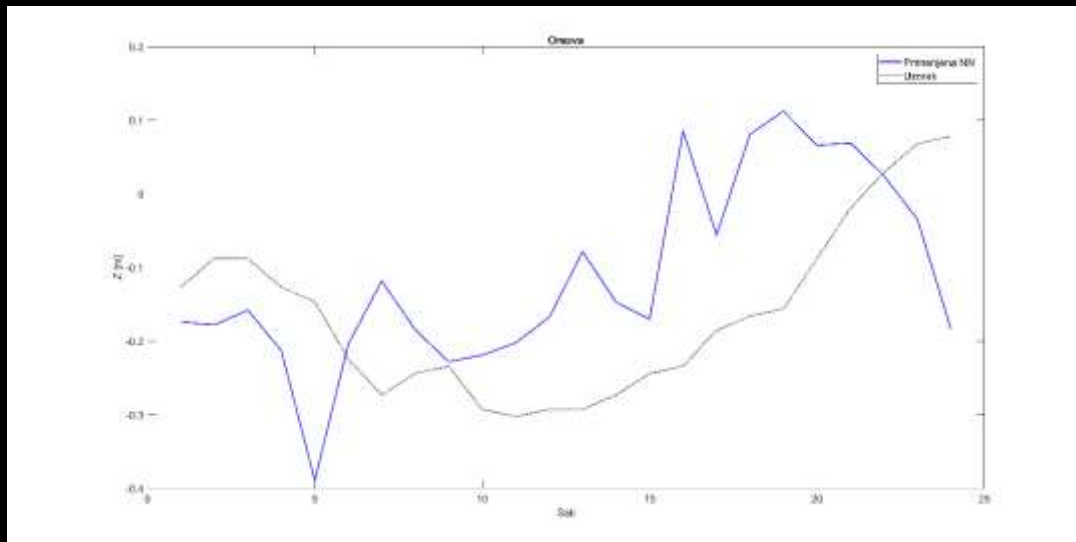
- Stanica Oršava
- *Fitnet* rezultati
- Problem kada se ulazi ne normalizuju
- Aktivaciona funkcija za *fitnet*:



$$X' = \frac{X - \mu(X)}{\sigma(X)}$$

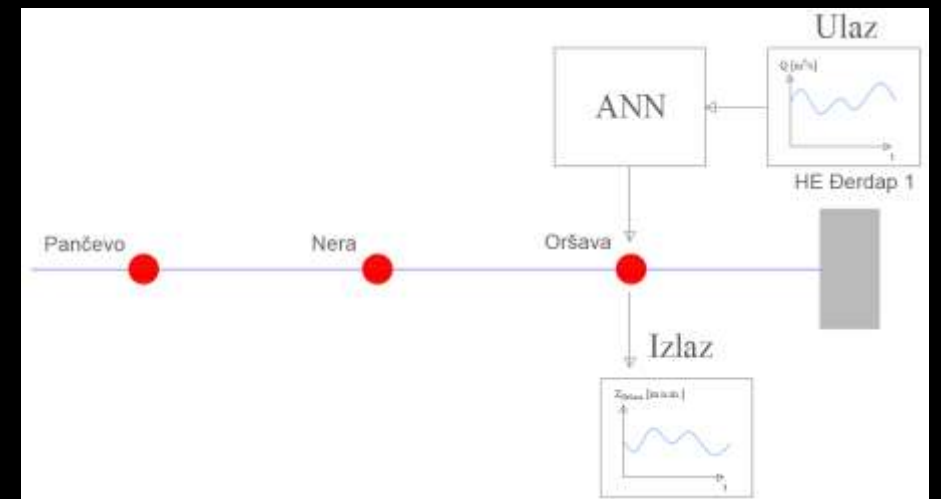
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *Fitnet* rezultati
- Normalizovani rezultati



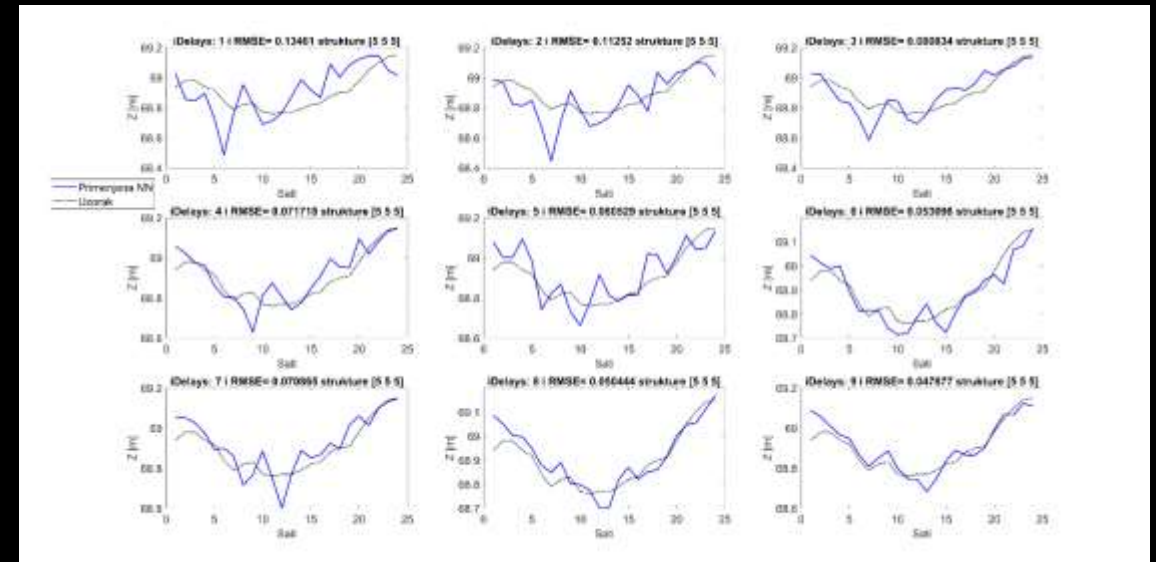
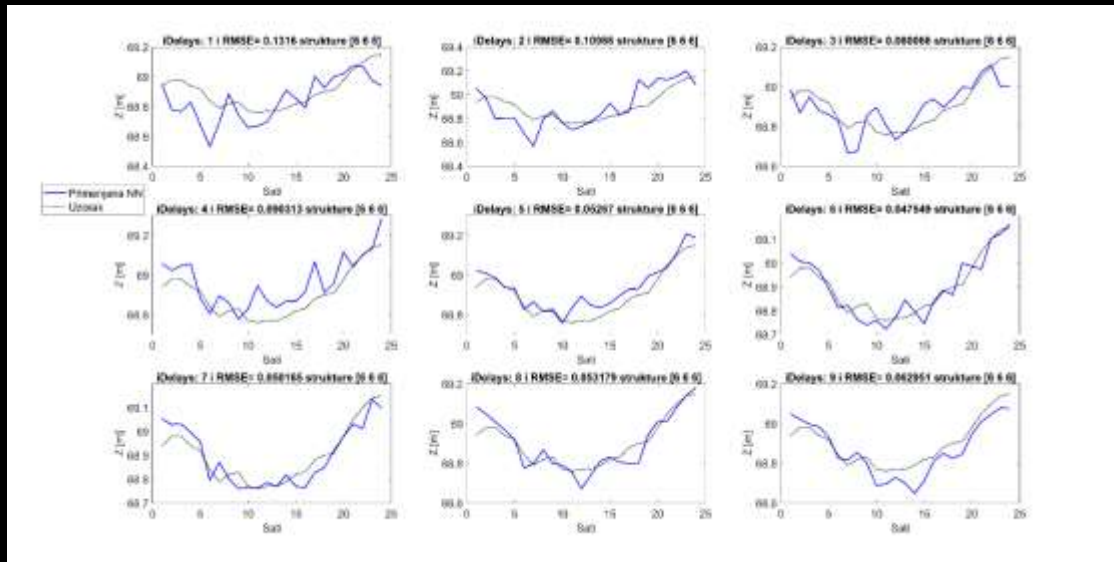
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *Time delay* rezultati
- Zbog iste aktivacione funkcije takođe neophodna normalizacija ulaza
- Ispitivanje vršeno prema parametru i strukturi da bi se našao par (struktura, parametar) sa najmanjom greškom
- Za svaku varijantu iskorišćena najbolja od 10 mreža



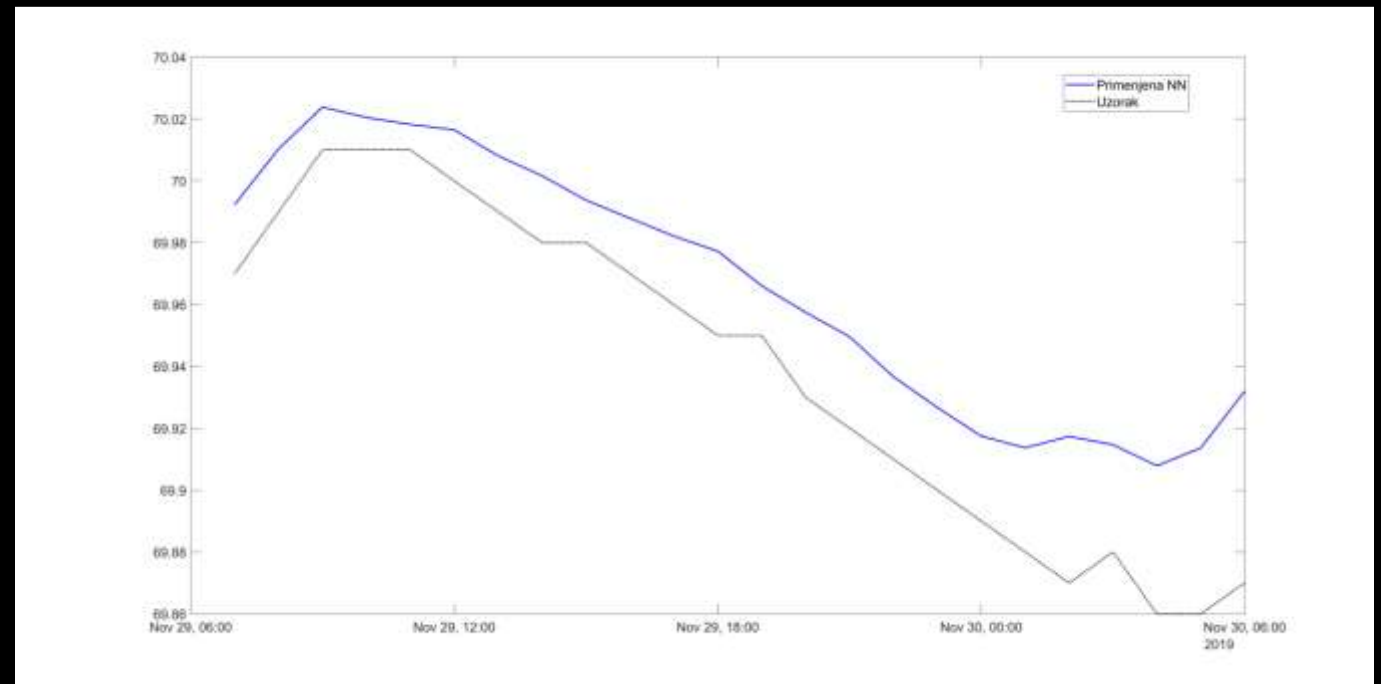
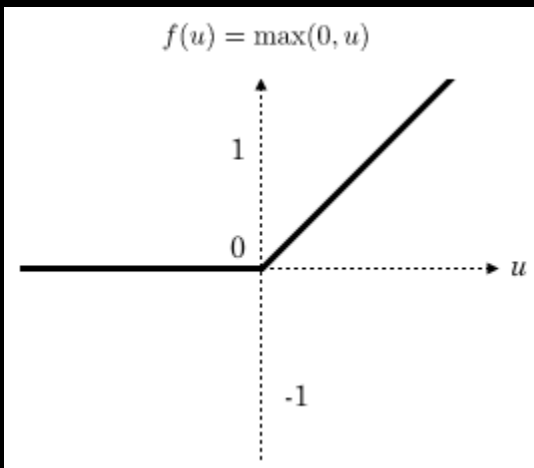
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *Time delay* rezultati



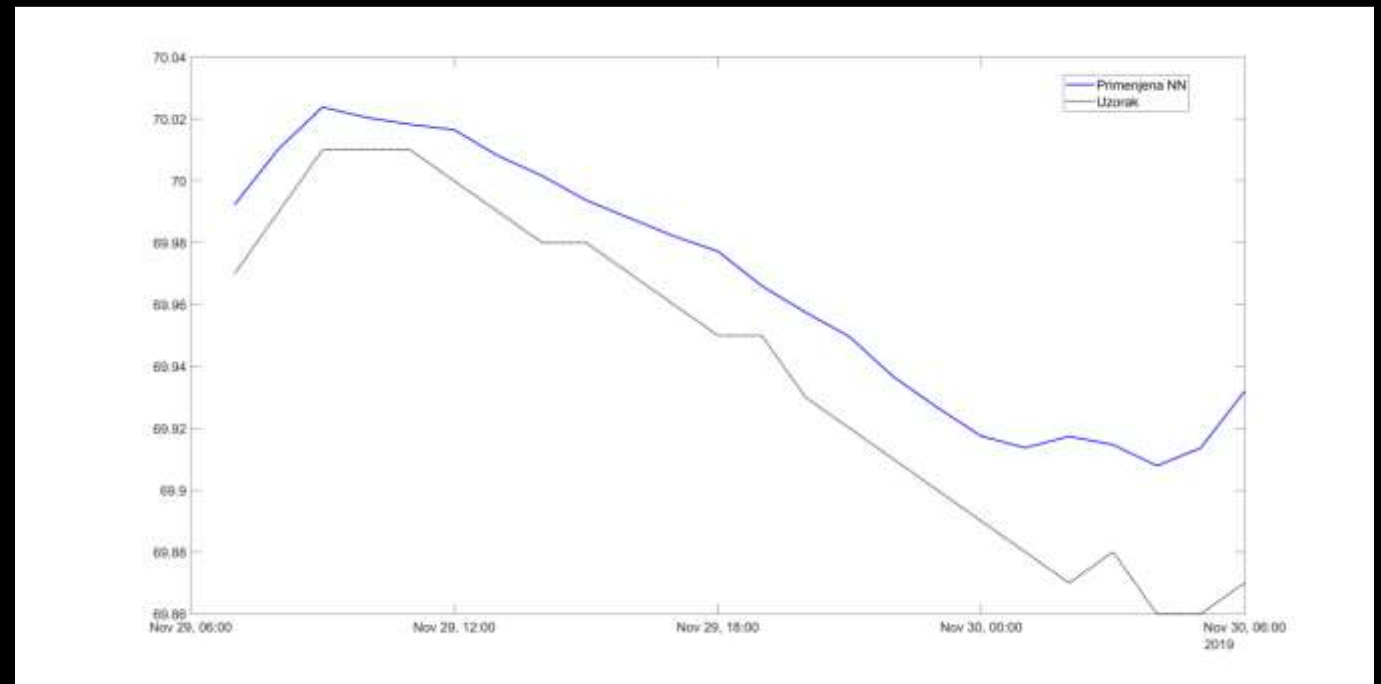
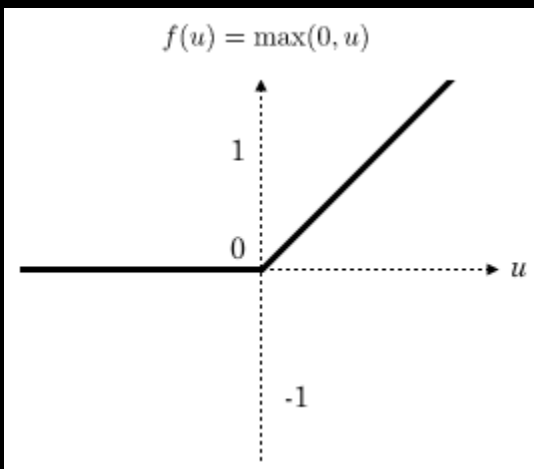
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *NARX* rezultati
- ReLU aktivaciona funkcija
- Potrebna faza postprocesiranja



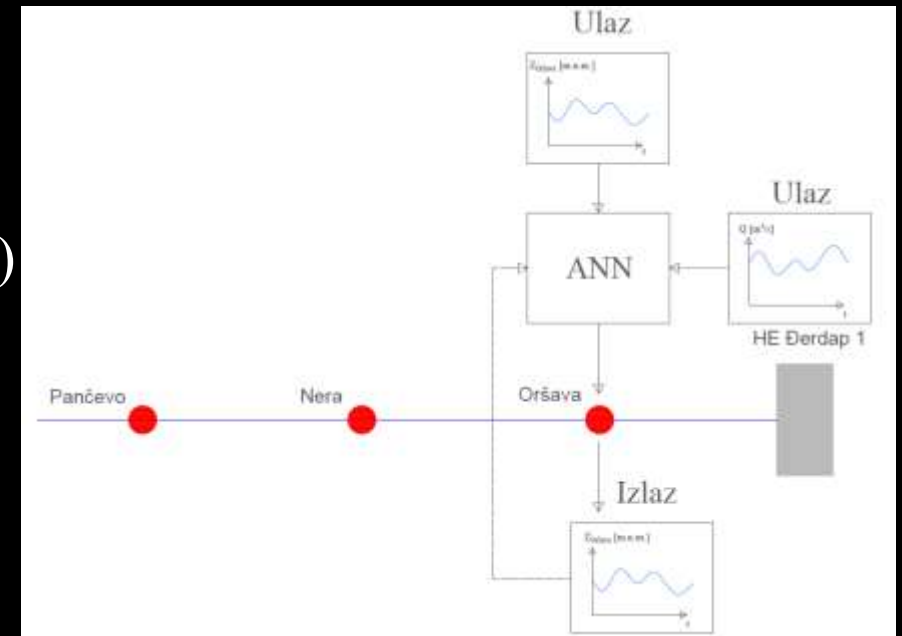
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *NARX* rezultati
- ReLU aktivaciona funkcija
- Potrebna faza postprocesiranja



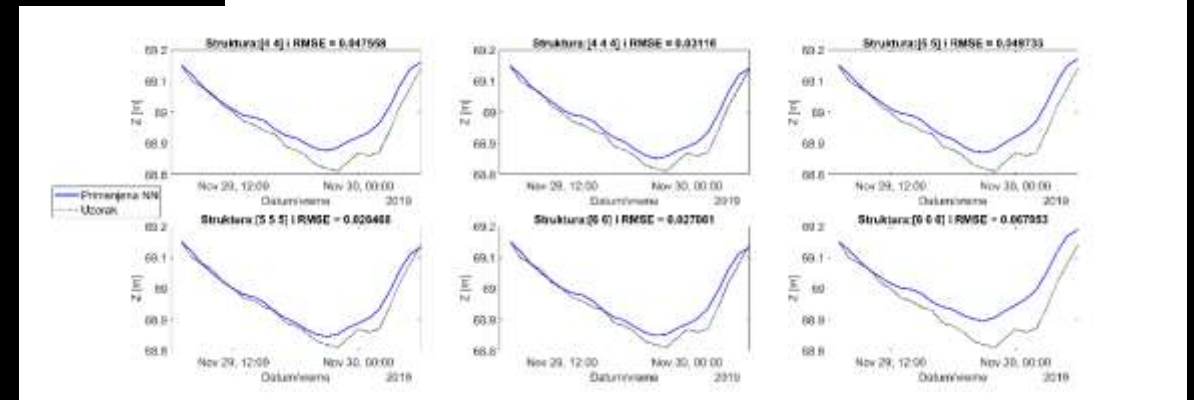
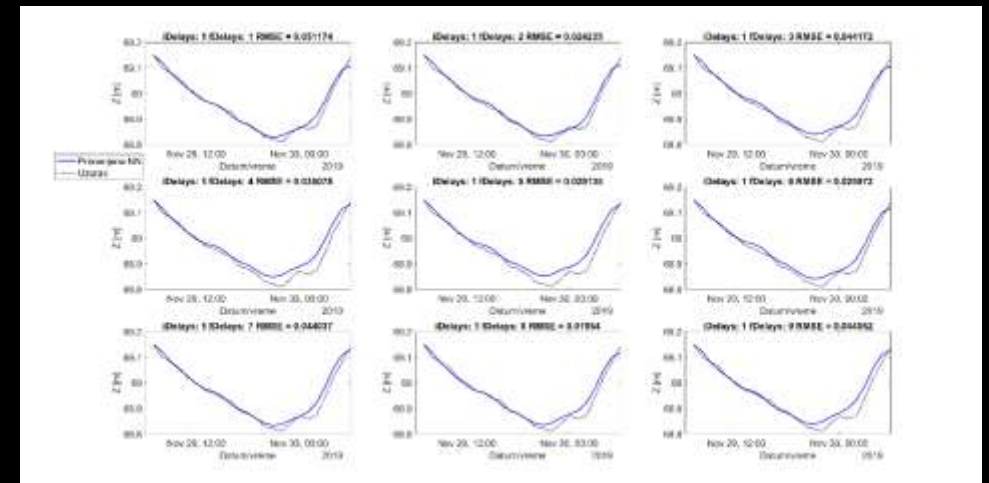
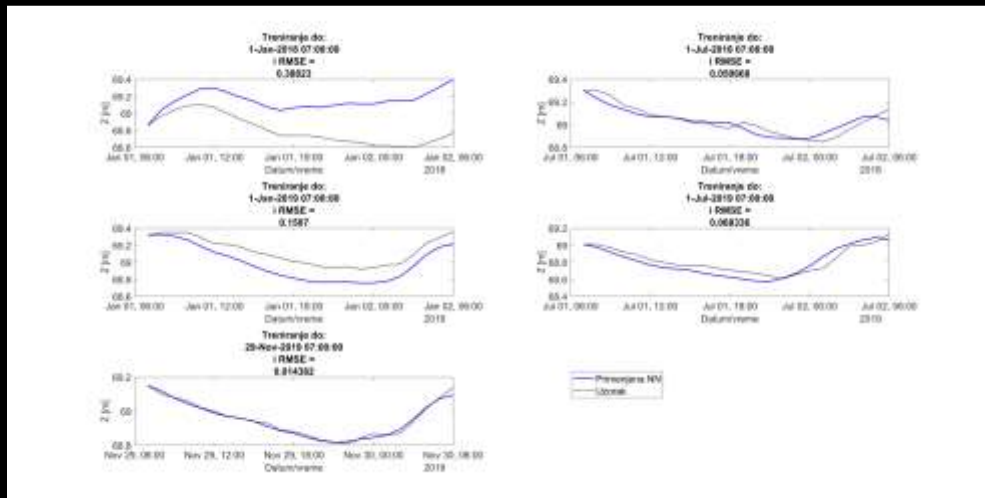
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *NARX* rezultati
- Postojanje 2 parametra i strukture iziskuje ispitivanje trojke (parametar i , parametar f , struktura) koja daje najbolje rezultate
- Prvo će biti ispitivani parametri (sa fiksnom strukturom) zatim struktura



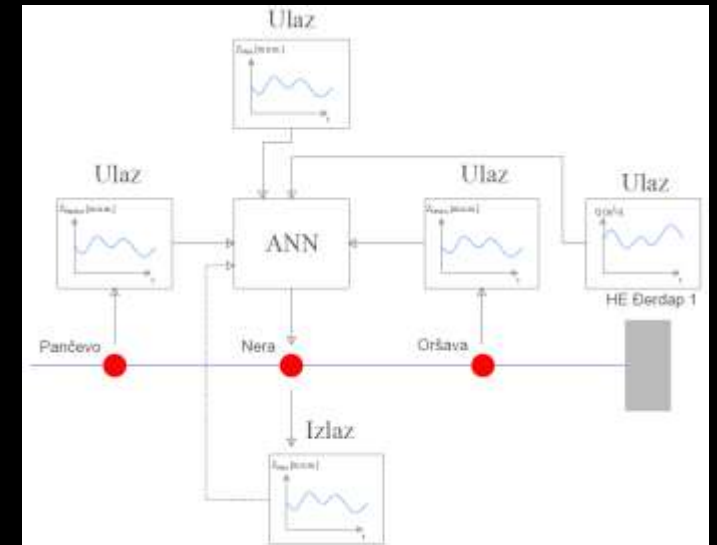
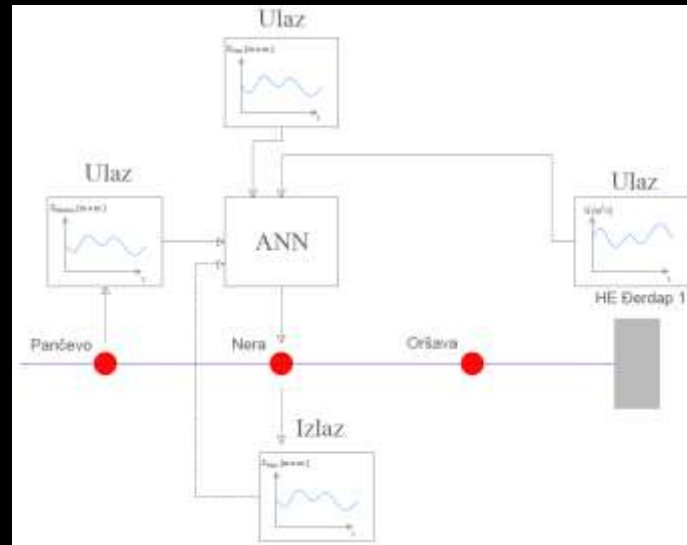
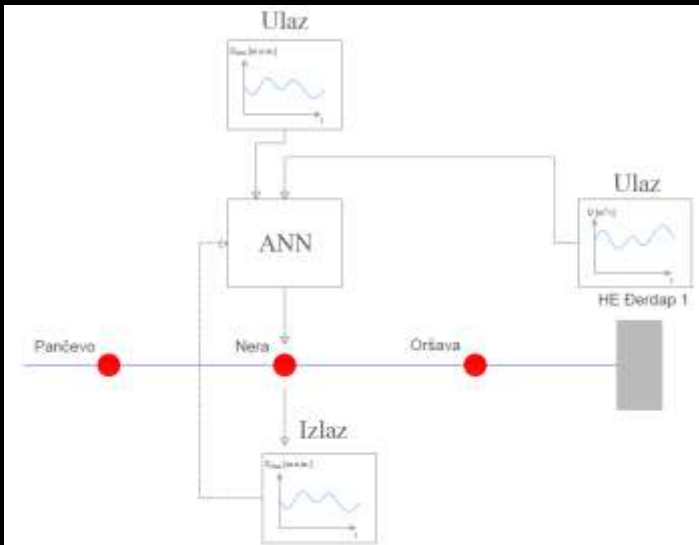
MODELI I REZULTATI

- Stanica Oršava
- *NARX* rezultati



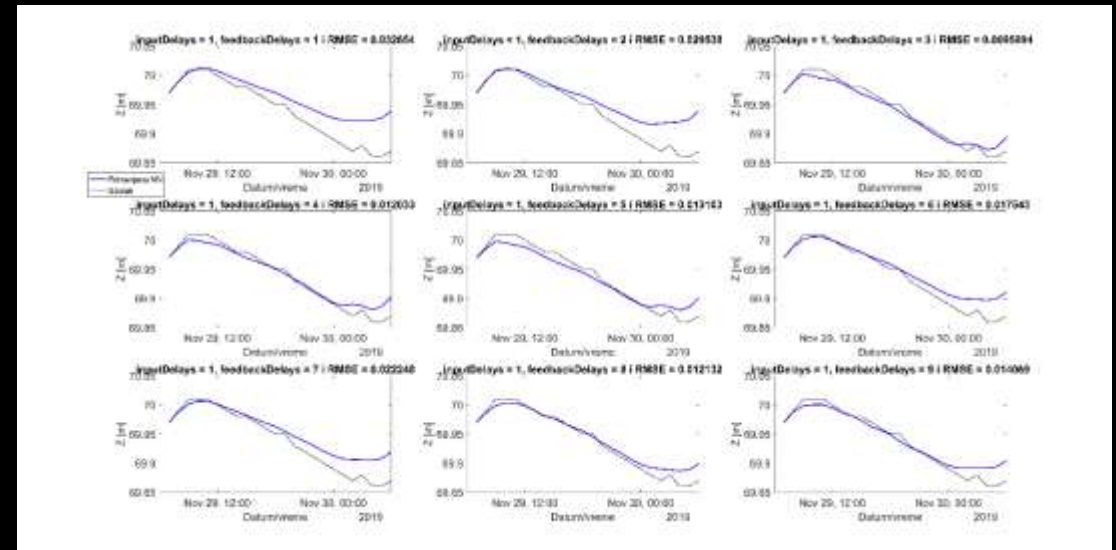
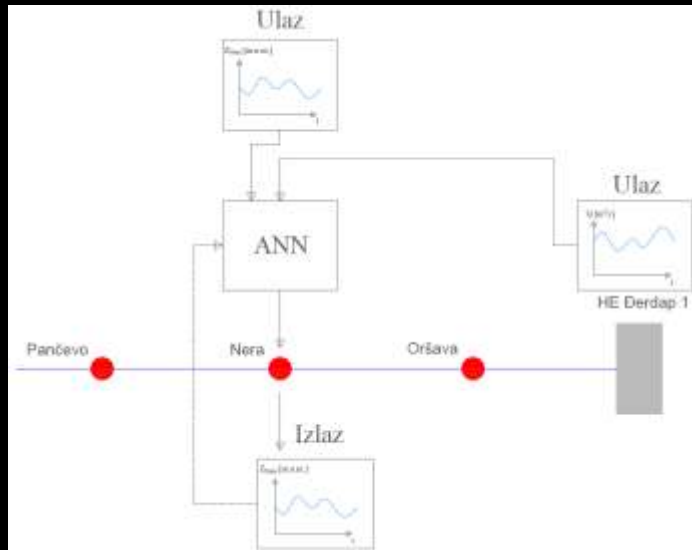
MODELI I REZULTATI

- Stanica Nera
- Zbog praktične neupotrebljivosti rezultata prve dve ispitivane arhitekture za Neru se koristi isključivo *NARX* mreža
- Dispozicije modela za Neru



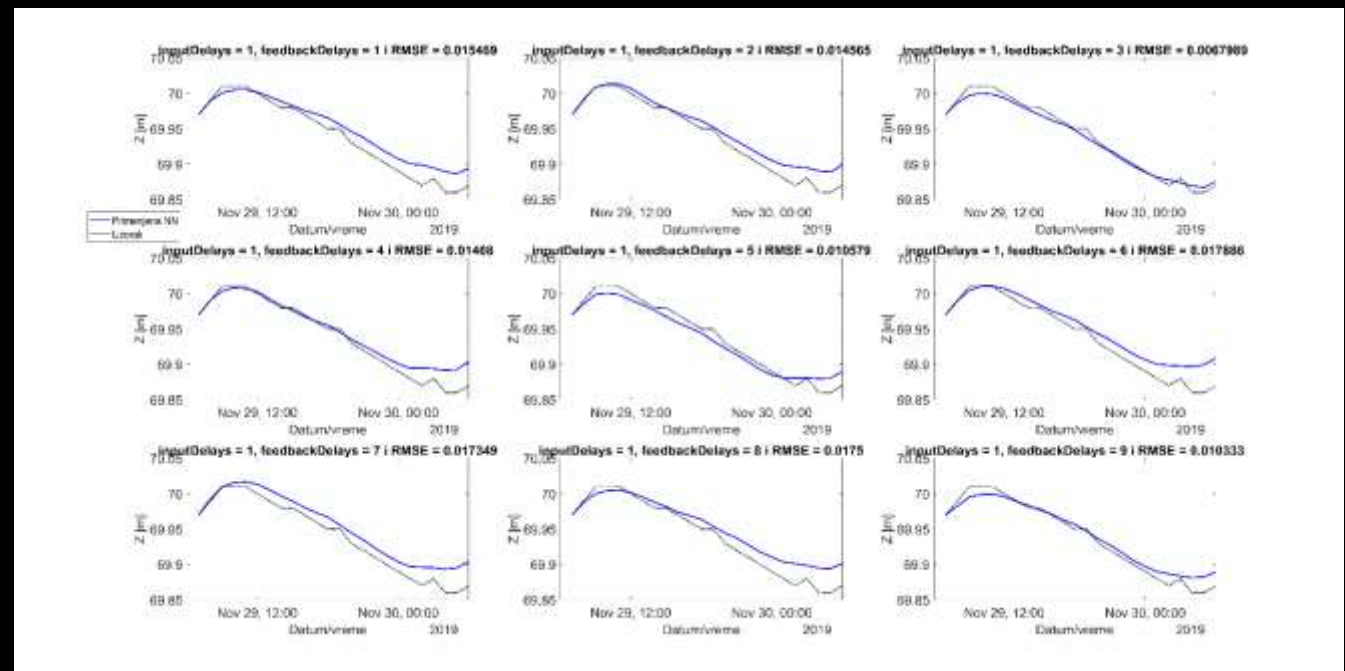
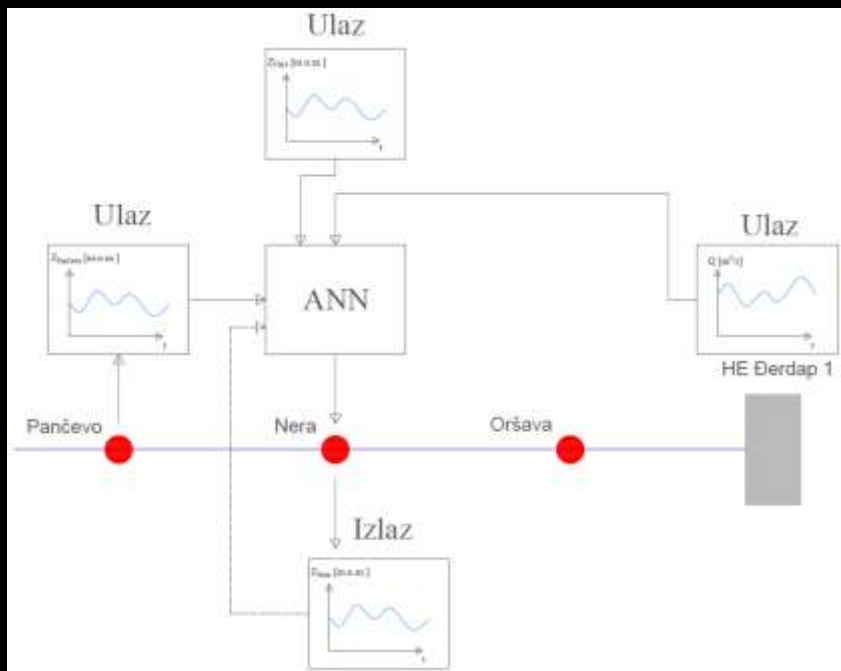
MODELI I REZULTATI

- Stanica Nera
- *NARX* rezultati – 1 ulaz
- Ponovo će se prvo ispitivati parametri pa struktura, ostaje cilj traženja trojke (parametar i , parametar f , struktura)



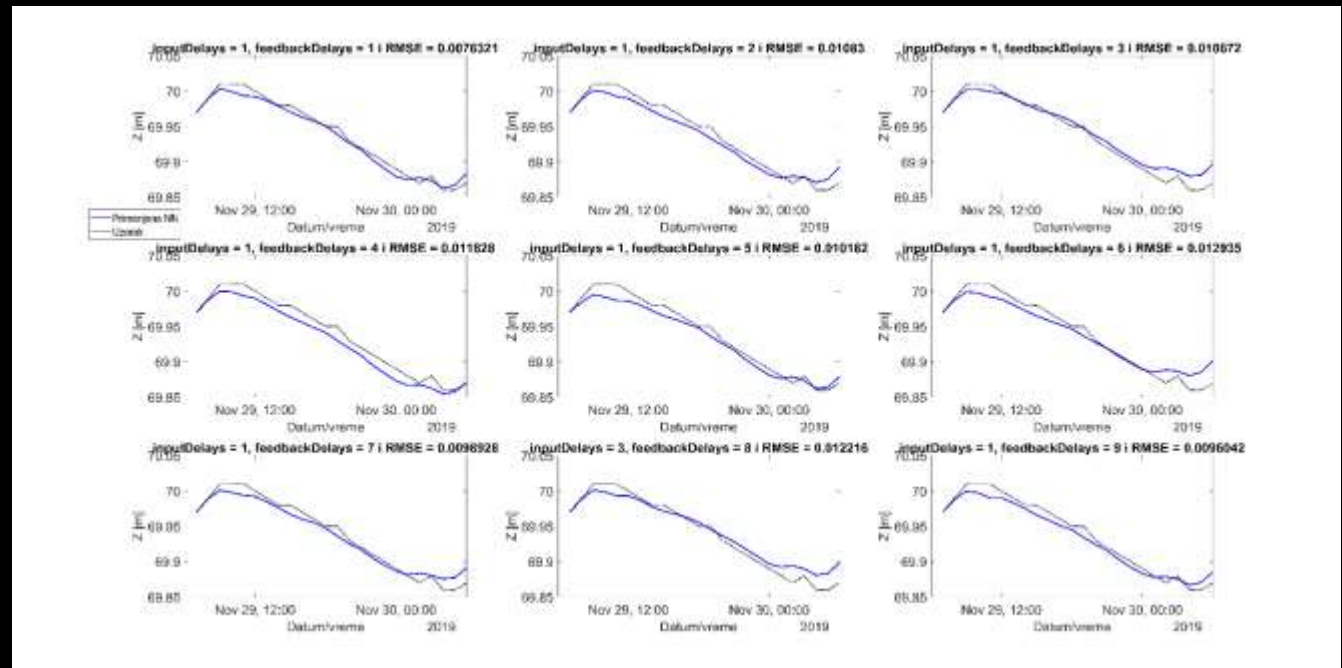
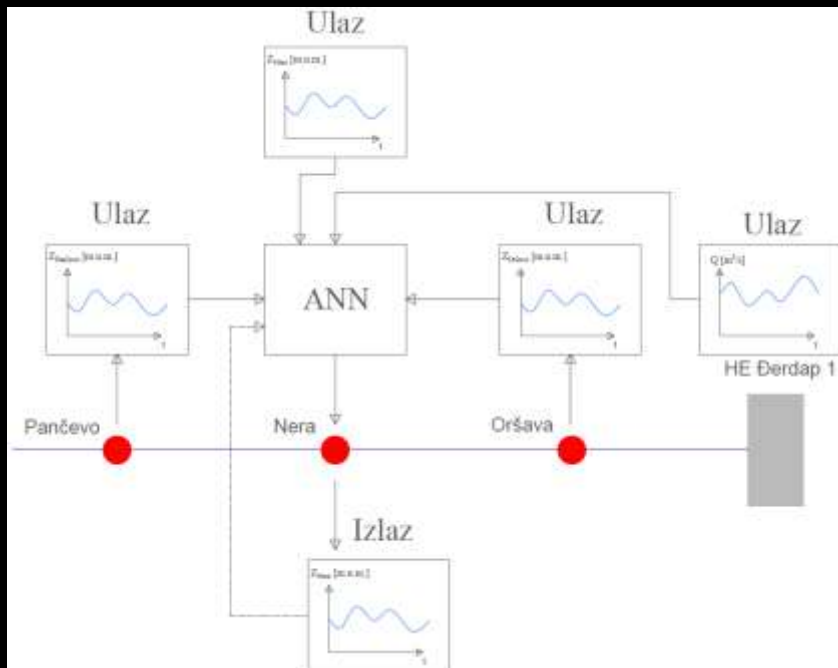
MODELI I REZULTATI

- Stanica Nera
- *NARX* rezultati – 2 ulaza



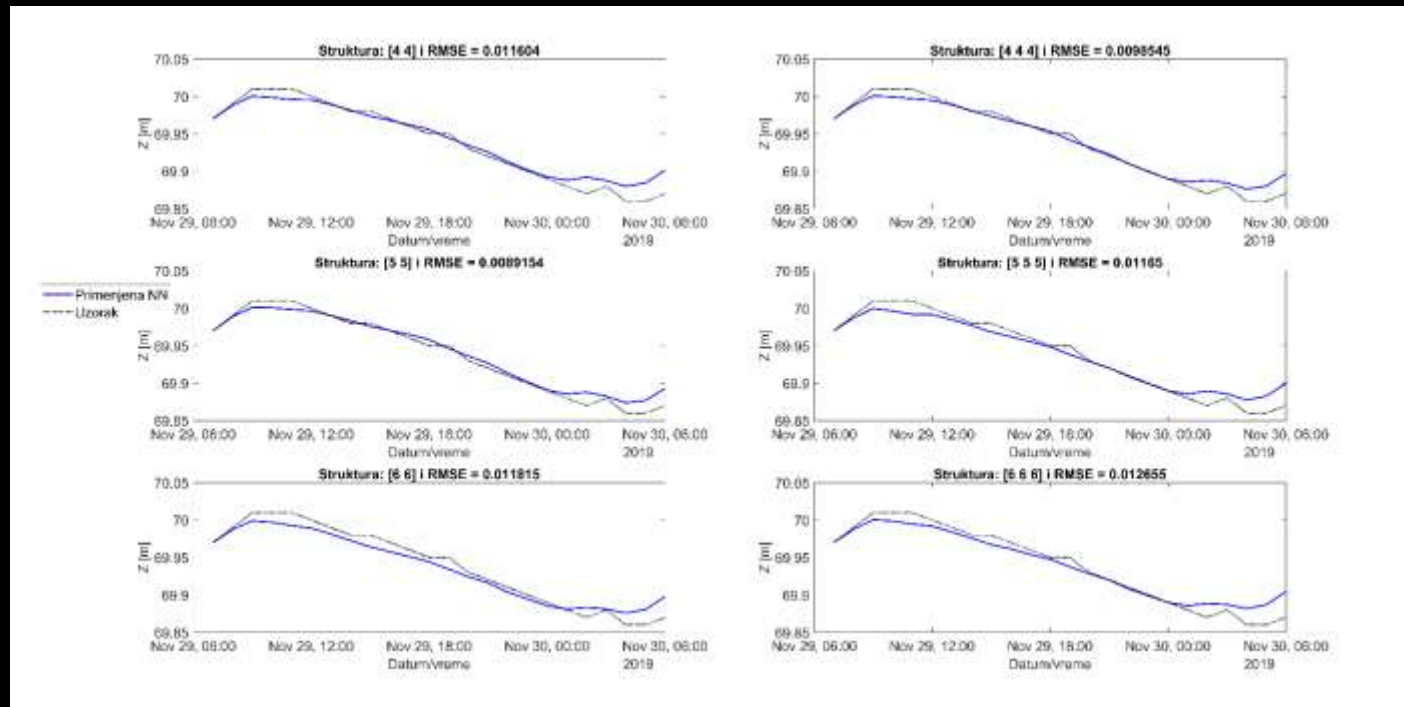
MODELI I REZULTATI

- Stanica Nera
- *NARX* rezultati – 3 ulaza



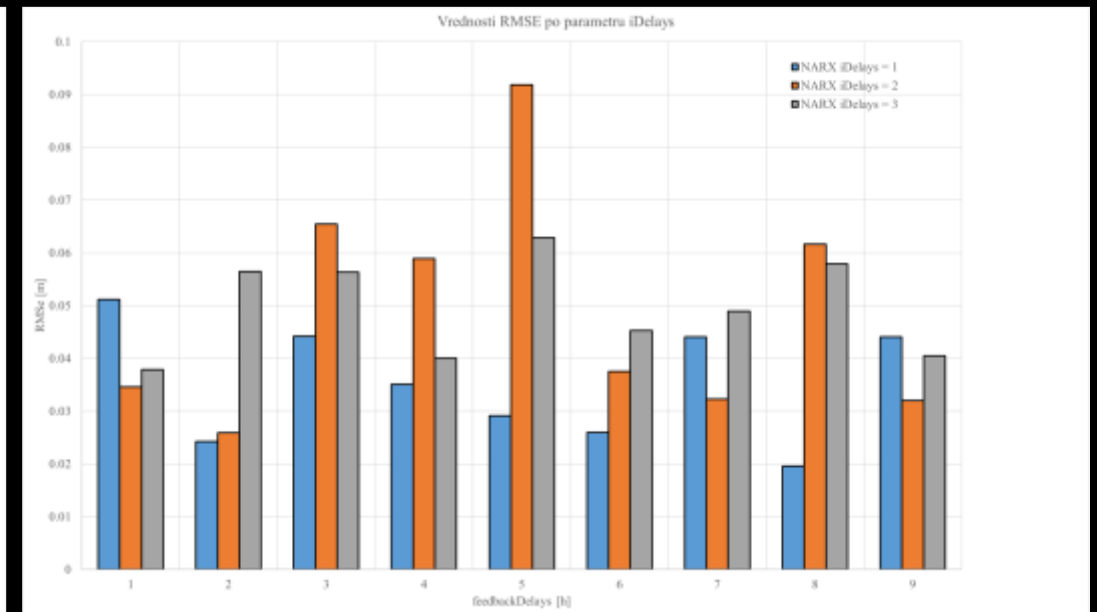
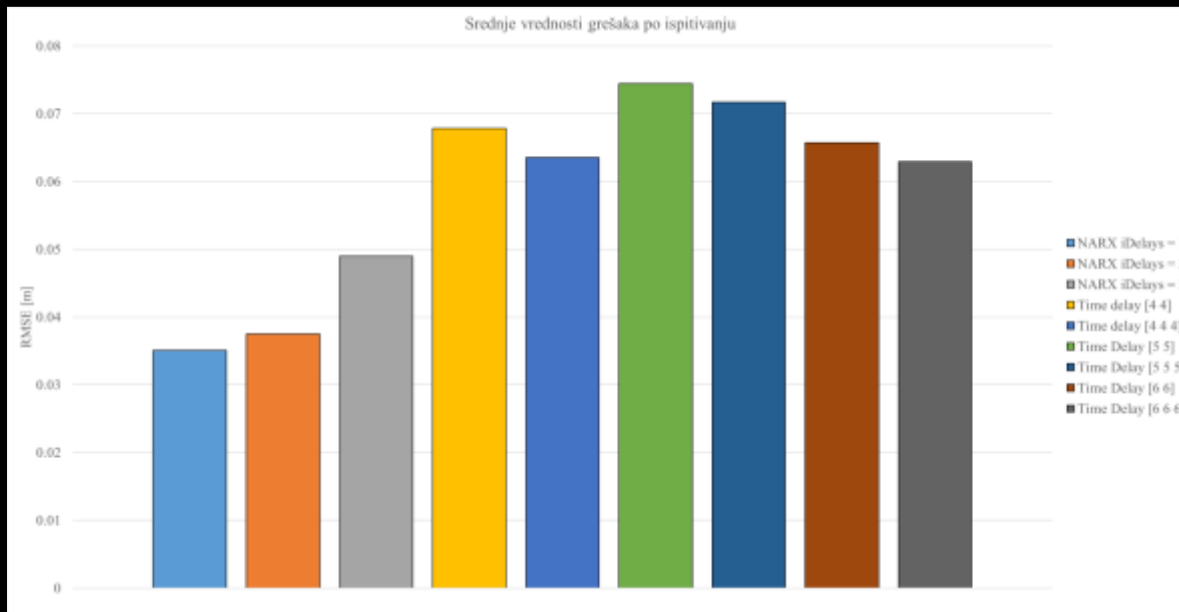
MODELI I REZULTATI

- Stanica Nera
- *NARX* rezultati – testiranje strukture



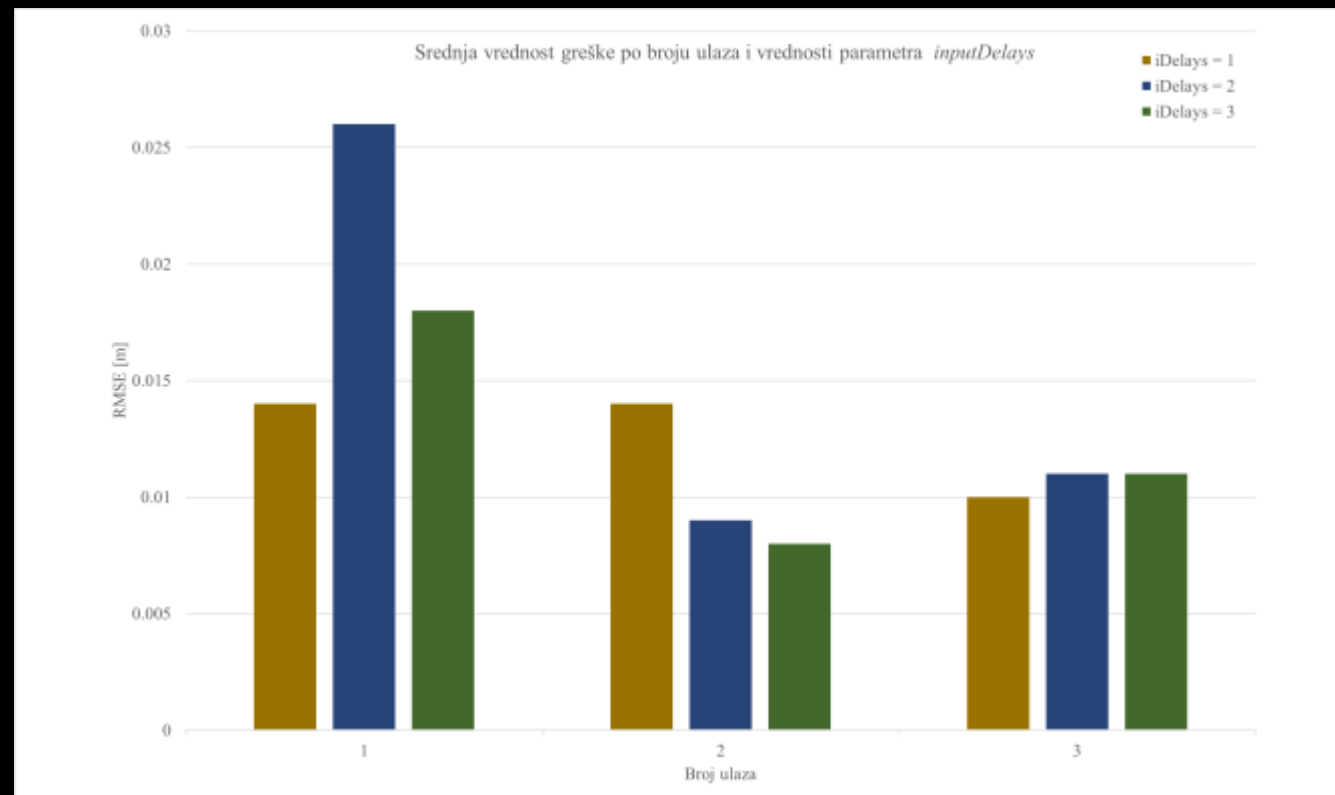
MODELI I REZULTATI

- Rekapitulacija rezultata - Oršava



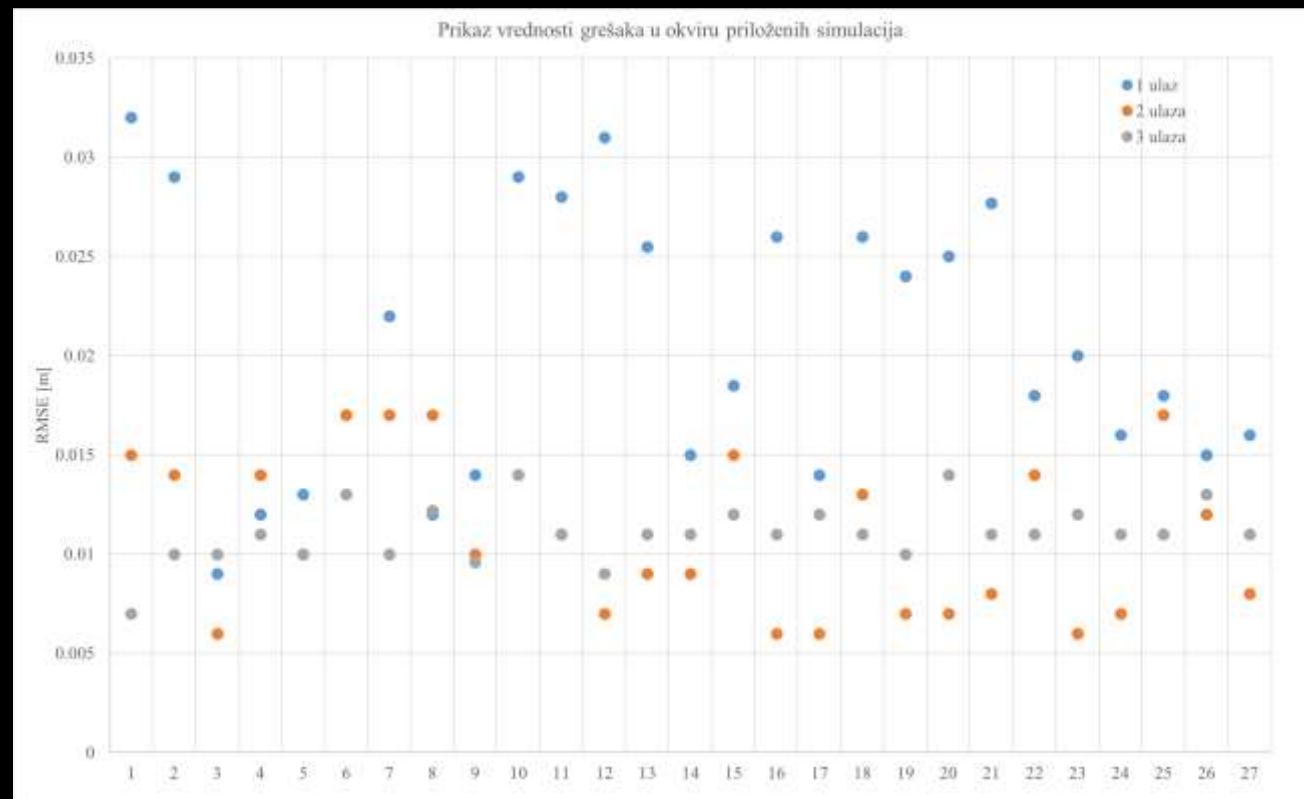
MODELI I REZULTATI

- Rekapitulacija rezultata - Nera



MODELI I REZULTATI

- Rekapitulacija rezultata - Nera

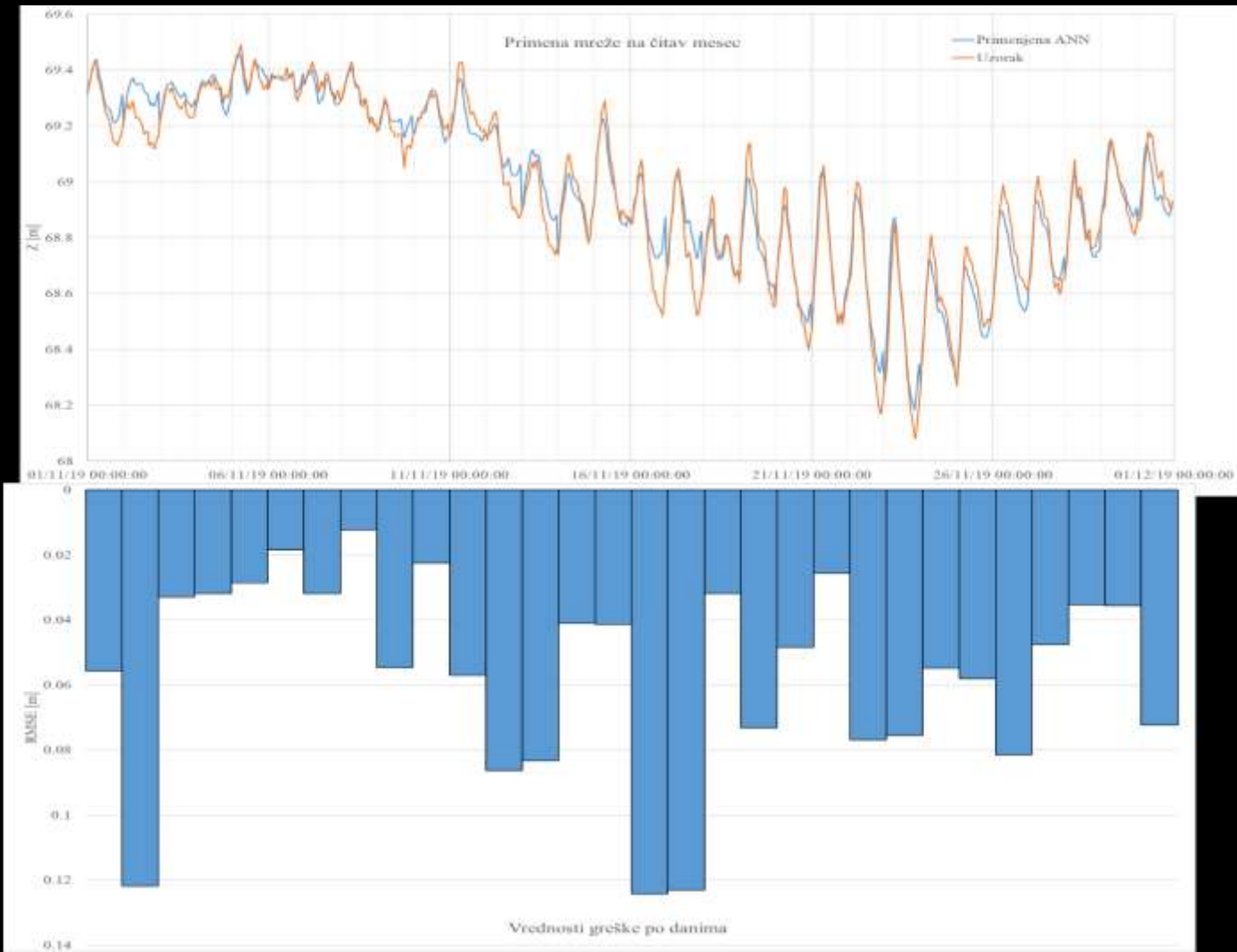


ZAKLJUČCI

- *Fitnet* i *Time delay* arhitekture nezadovoljavajuće
- *Time delay* potencijalno upotrebljiva za elementarne procene
- *NARX* arhitektura najupotrebljivija, i pokazuje greške u opsegu od otprilike centimetar

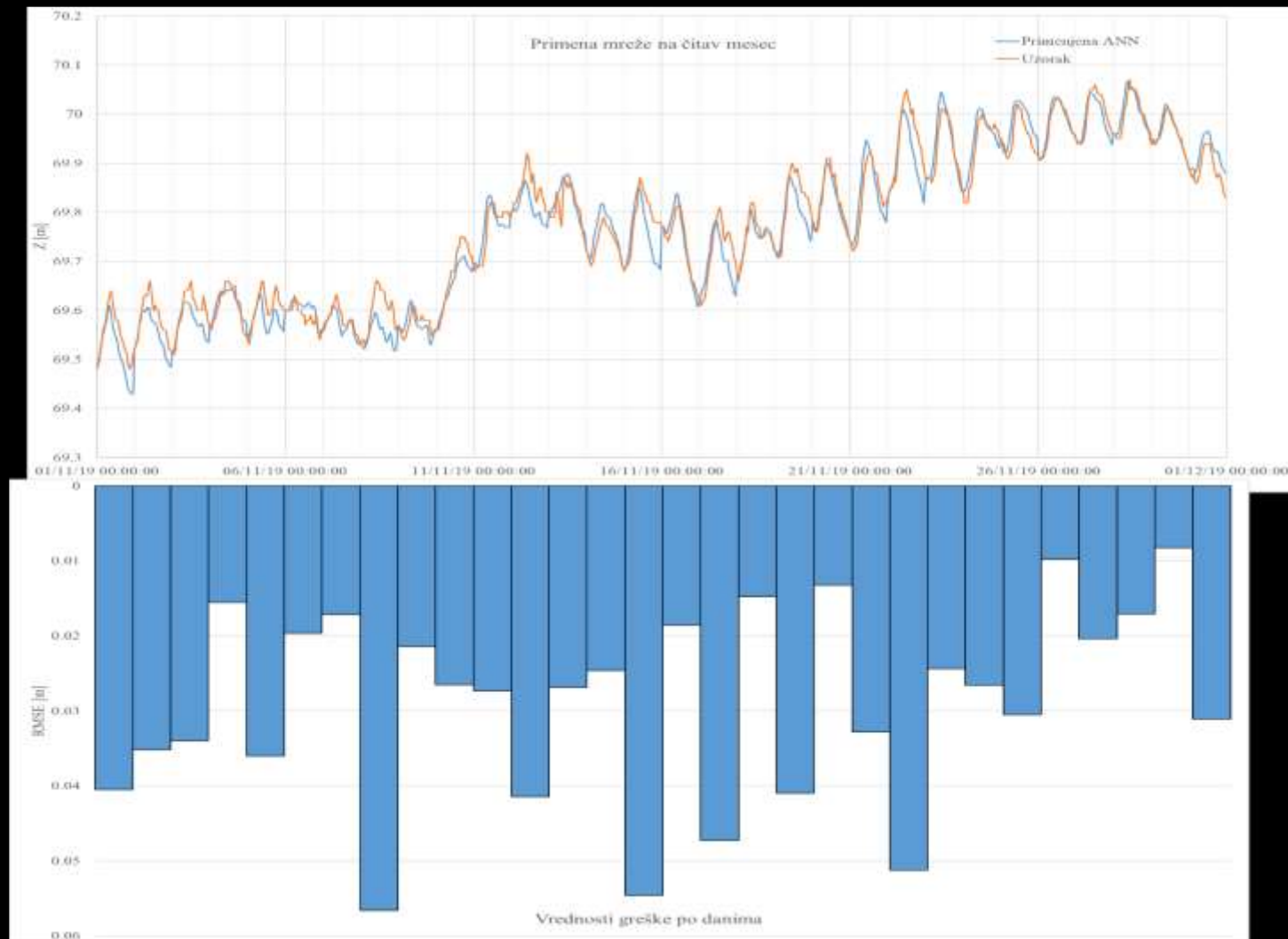
ZAKLJUČCI

- *Primena na stanicu Oršava*



ZAKLJUČCI

- *Primena na stanicu Nera*



BUDUĆNOST OVIH ISTRAŽIVANJA

- Primena mreža na stanice uzvodnije od stanice Pančevo
- Uvođenje pritoka i manjih vodotoka u trening skup
- Uticaj rastojanja mernih stanica na rezultate
- Opseg tačnosti rezultata neuronske mreže



HVALA NA PAŽNJI!!!