



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva Opatija, 2021.

# Matematički model Vranskog jezera i problem zaštite od zaslanjivanja

Predavač:

**Davor Stipanić**

Autori:

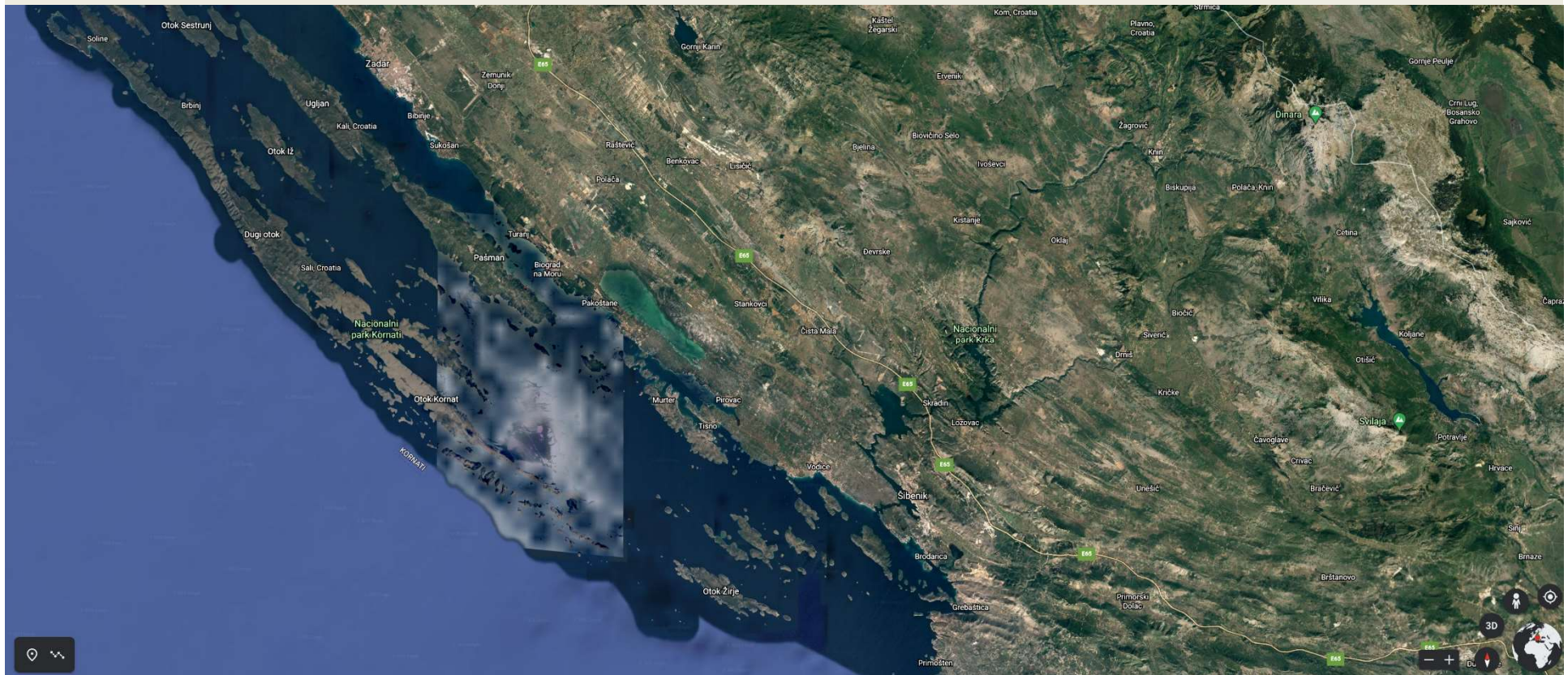
Davor Stipanić, mag. ing. aedif., Hidromodeling d.o.o., Rijeka

Luka Zaharija, mag. ing. aedif., Hidromodeling d.o.o., Rijeka

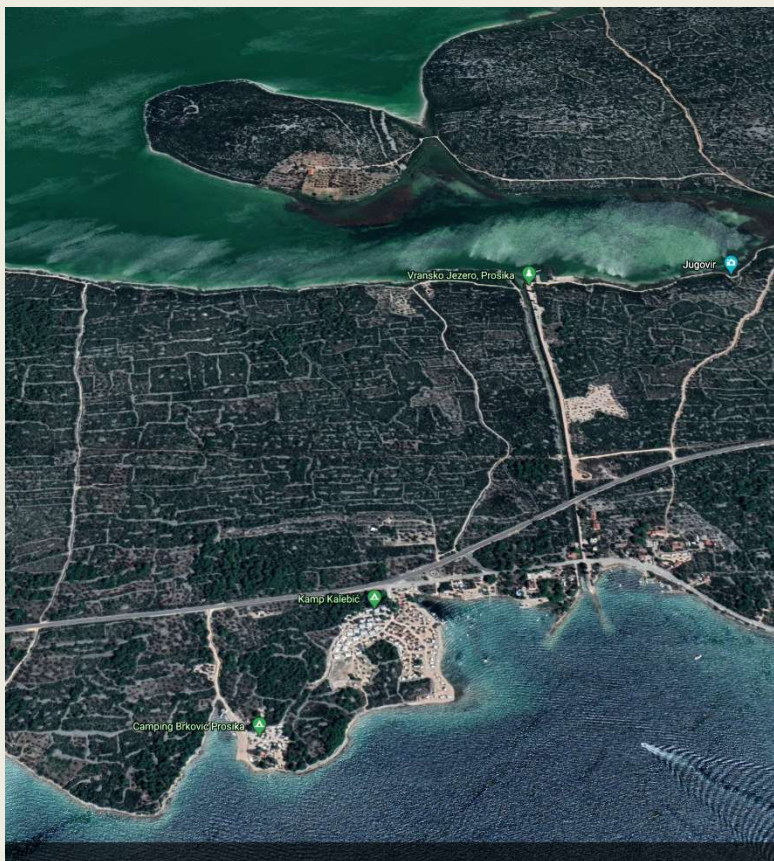
Dr. sc. Siniša Družeta, dipl. ing. stroj., Tehnički fakultet u Rijeci, Rijeka

Dr. sc. Vanja Travaš, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka

# Vransko jezero



# Kanal Prosika

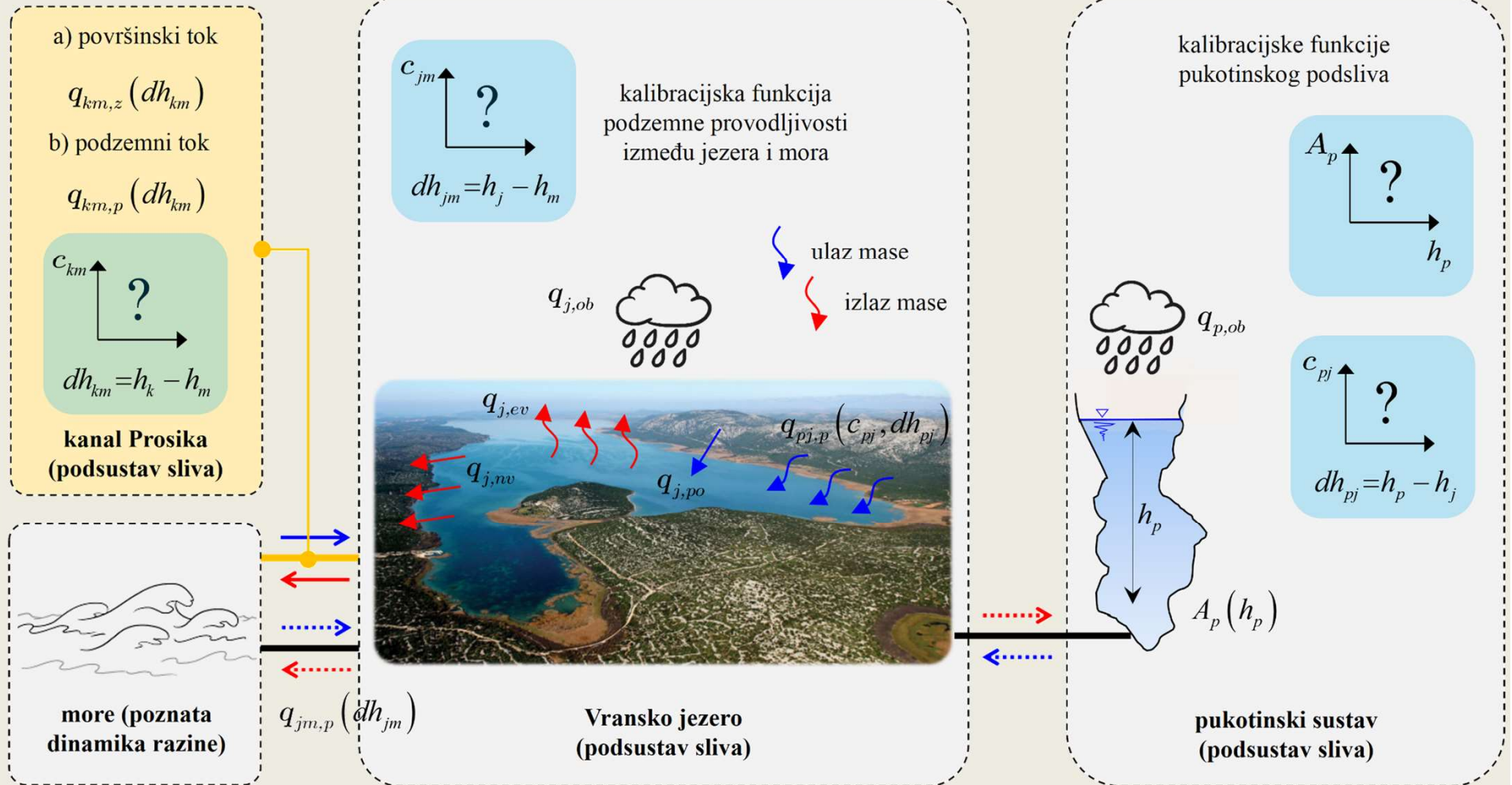


# Optimizacijski problem

- Potrebno definirati idejno rješenje za poboljšanje vodnog režima Vranskog jezera (npr. redukcija utjecaja na razvoj biocenoza jezerskog ekosustava)
- U tu svrhu je potrebno analizirati više rješenja u svrhe:
  - **Mak**simizacije razine vode u jezeru unutar sušnog razdoblja
  - **Min**imizacije intruzije slane vode u jezero (npr. kontrola Prosike)
  - **Min**imizacije razine vode u jezeru unutar razdoblja velikih voda



# Konceptualni model



# Matematički model

## Očuvanje mase za pukotinsku sredinu

$$\frac{A_p(h_p)}{dt} = q_{p,ob} - q_{pj,p}$$

promjena površine pukotina

s porastom razine vode

podzemne vode oko  $10^{-3}$

gdje je:

$\Rightarrow A_s$  površina pukotina

$\Rightarrow c_0$  koeficijent otjecanja, sliva

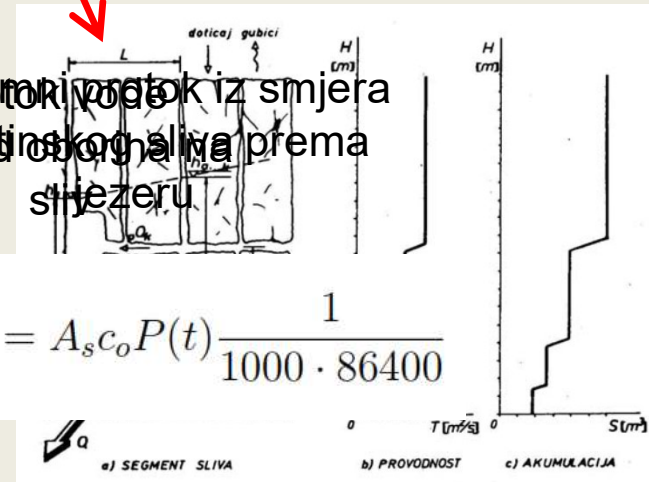
$\Rightarrow P(t)$  količina dnevnih padalina u mm

$\Rightarrow \frac{1}{1000 \cdot 86400}$  konverzija u  $m^3/s$ .



kalibracijska funkcija

podzemni protok iz smjera  
pukotinskog sliva prema  
stazezeru





# Numerički model

nelinearni  
 Kalibracijske  
 funkcije i njih  
 parametri!!!



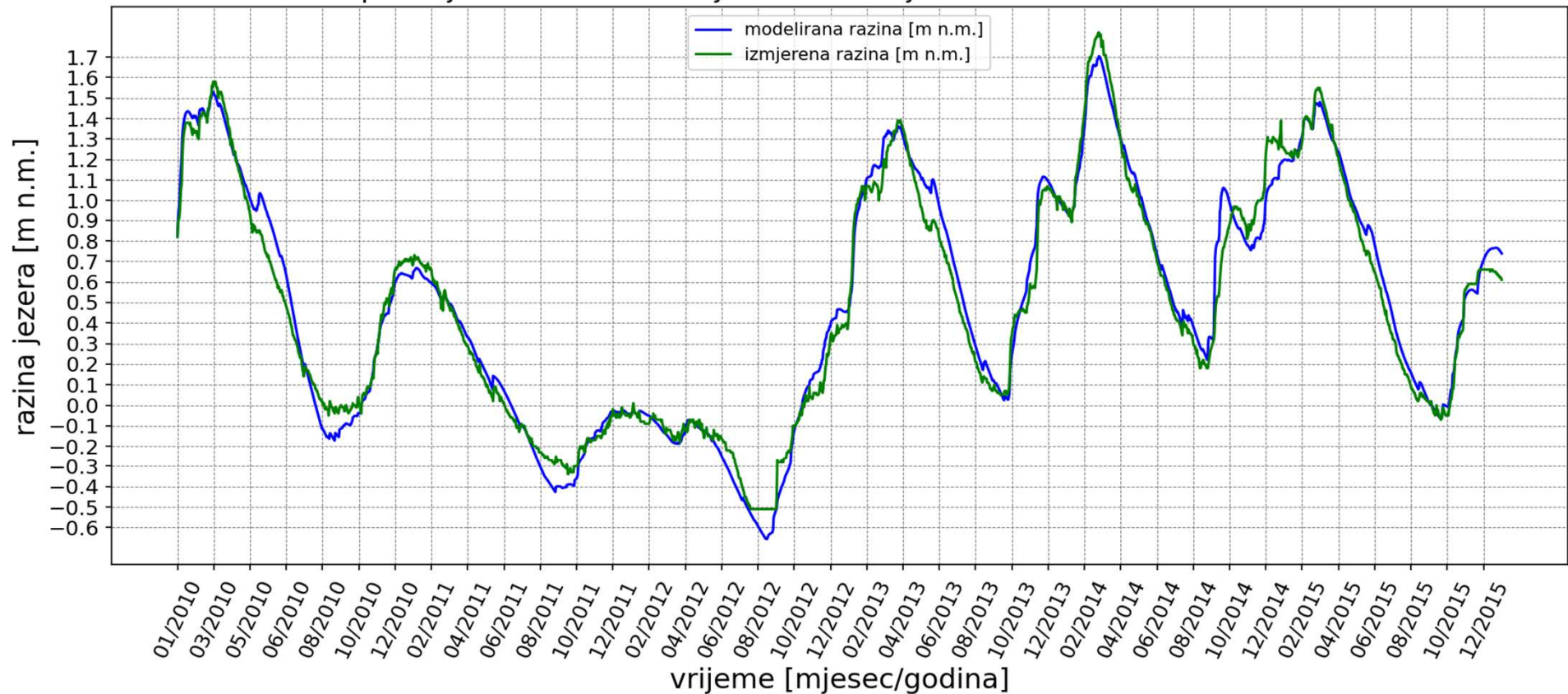
$$\begin{aligned}
 A_p(h_p^{(n+1)}) \frac{h_p^{(n+1)} - h_p^{(n)}}{\Delta t} &= q_{p,ob}^{(n+1)} - C_{pj}^{(n+1)} \frac{h_p^{(n+1)} - h_j^{(n+1)}}{\sqrt{|h_p^{(n+1)} - h_j^{(n+1)}|}} \\
 A_j(h_j^{(n+1)}) \frac{h_j^{(n+1)} - h_j^{(n)}}{\Delta t} &= C_{pj}^{(n+1)} \frac{h_p^{(n+1)} - h_j^{(n+1)}}{\sqrt{|h_p^{(n+1)} - h_j^{(n+1)}|}} + \dots \\
 &\dots + q_{j,ob}^{(n+1)} + q_{j,do}^{(n+1)} - q_{j,nv}^{(n+1)} - q_{j,ev}^{(n+1)} - q_{jm,\zeta}^{(n+1)} + \dots \\
 &\dots - C_{km}^{(n+1)} \frac{h_j^{(n+1)} - r_\rho h_m^{(n+1)}}{\sqrt{|h_j^{(n+1)} - r_\rho h_m^{(n+1)}|}} \frac{L_{pot}}{L_{tot}} - C_{jm}^{(n+1)} \frac{h_j^{(n+1)} - r_\rho h_m^{(n+1)}}{\sqrt{|h_j^{(n+1)} - r_\rho h_m^{(n+1)}|}}
 \end{aligned}$$





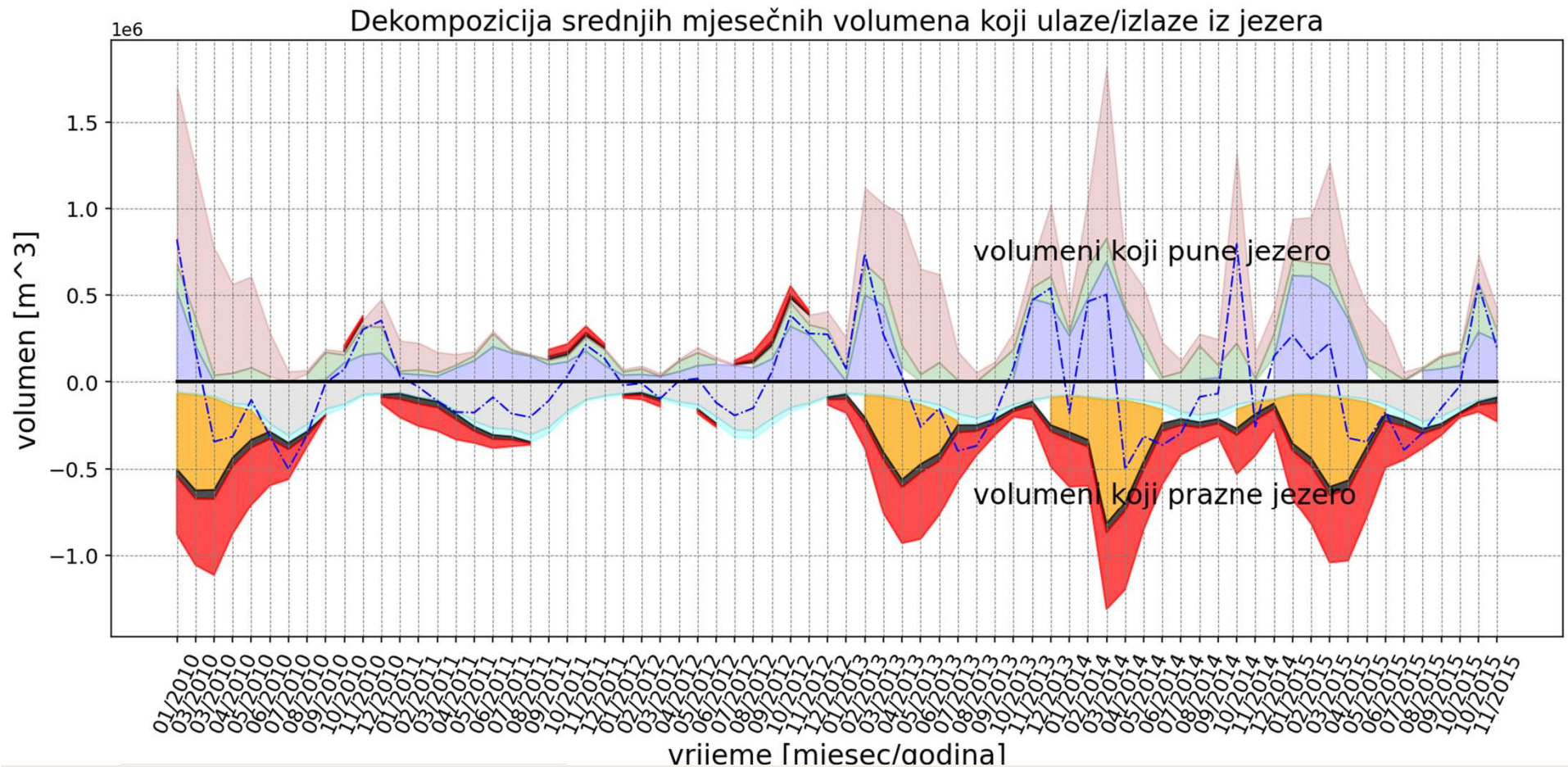
# Komparacija izmjereno/modelirano

Komparacija modelirane i izmjerene razine jezera unutar vremenske domene

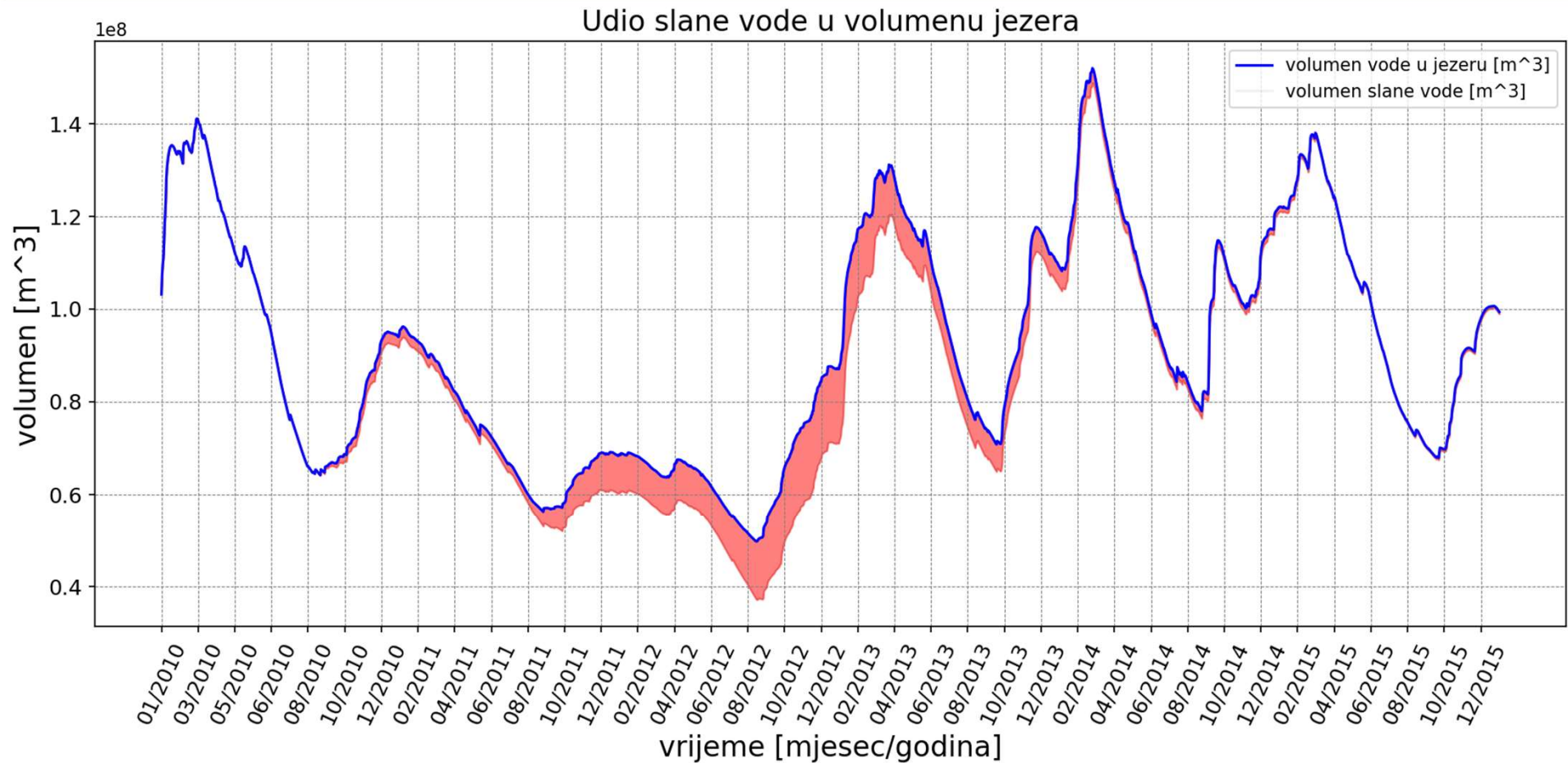


# Dekompozicija volumena

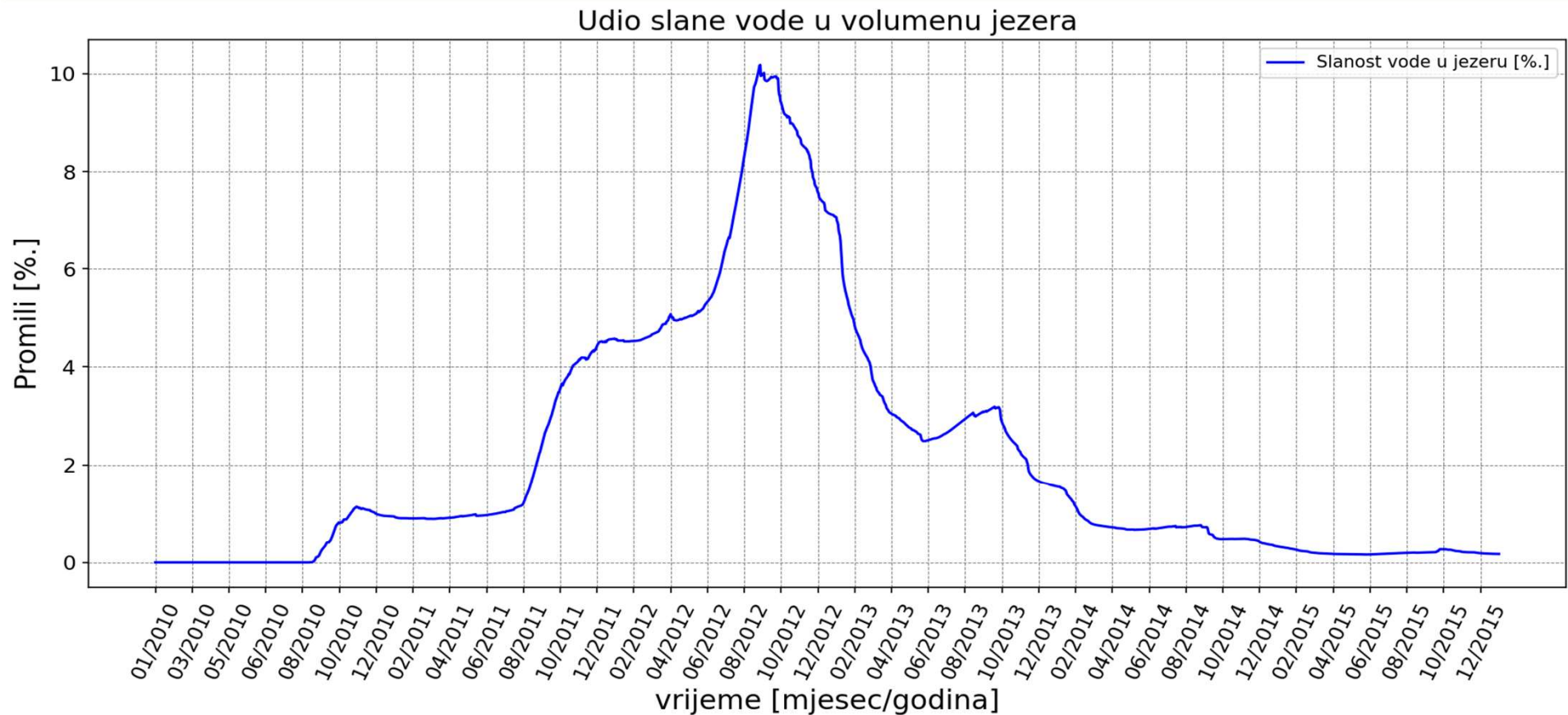
- suma volumena
- nula
- volumen vode pukotinskog sustava
- volumen vode padalina
- volumen vode površinskih dotoka
- volumen vode akumulacija
- volumen vode evaporacije
- volumen vode navodnjavanja i vodoopskrbe
- volumen vode prelijevanja zapornice (+/-)
- volumen vode poniranja iz kanala (+/-)
- volumen vode poniranja iz jezera (+/-)



# Udio slane vode



# Udio slane vode

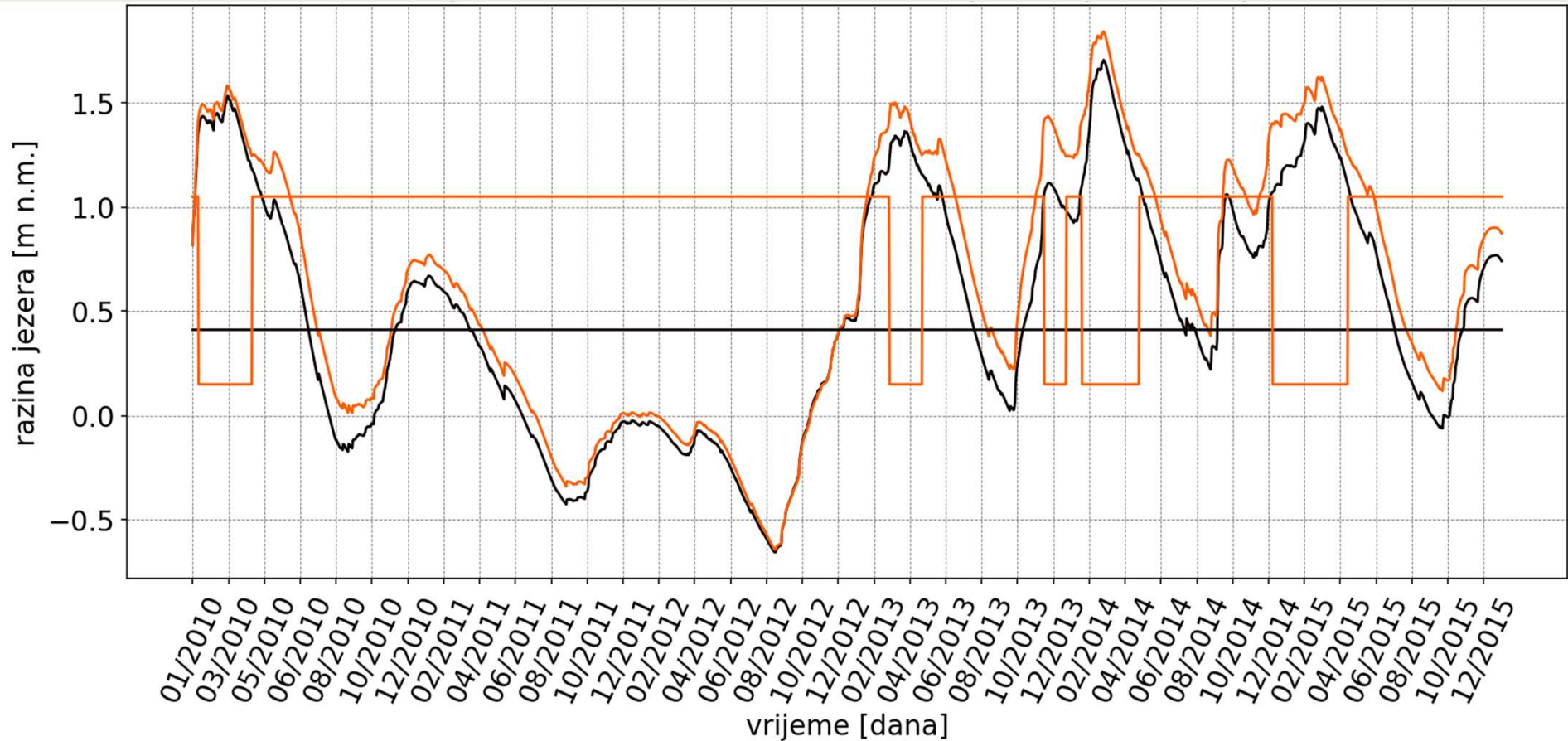


# Analizirane varijante zaštite

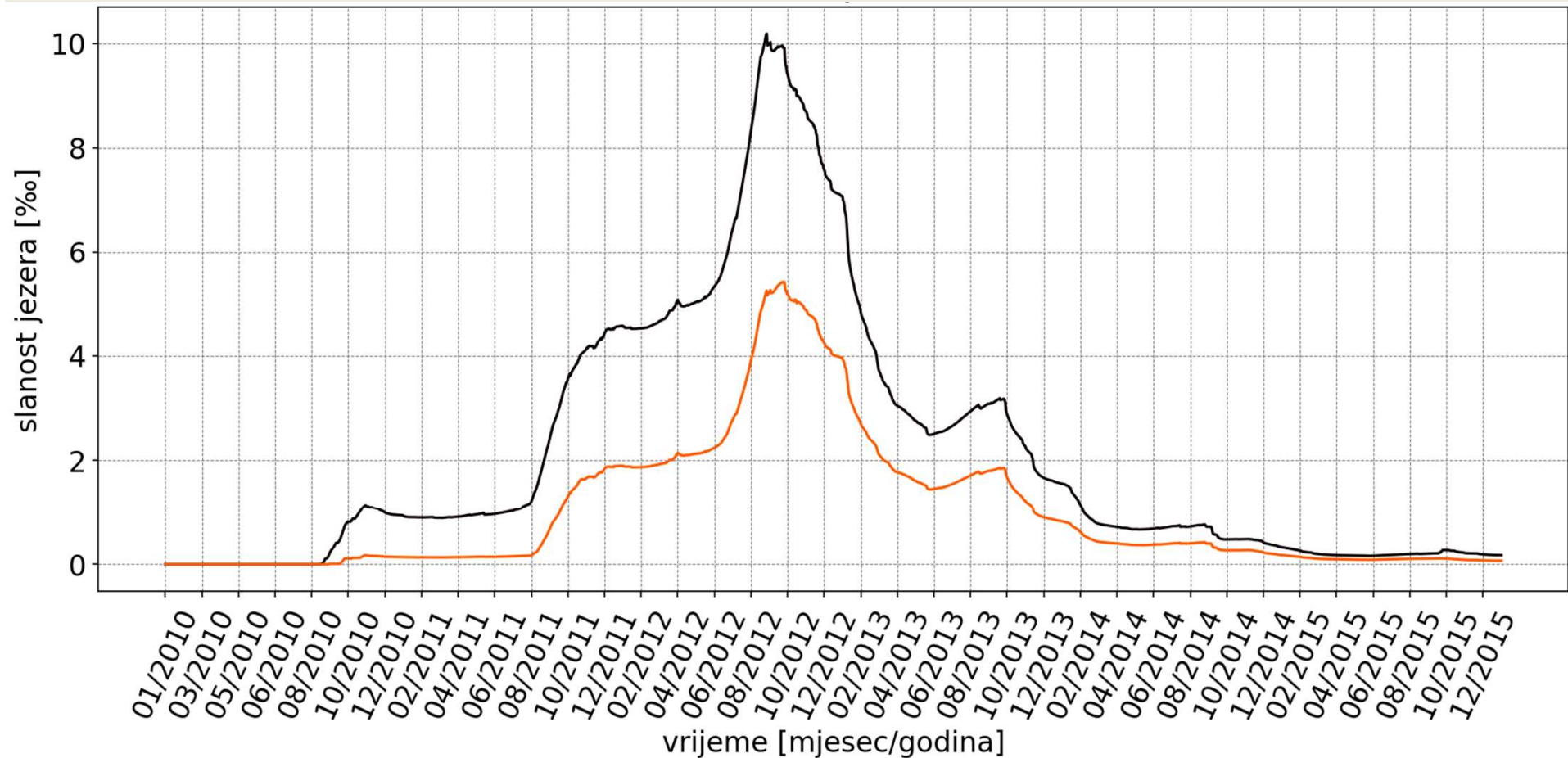
- Varijanta zapornice prema GP
- Varijanta zapornice (korekcija)
- Varijanta praga na nizvodnoj strani kanala Prosika
- Varijanta praga s jezerske strane
- Varijanta akumulacije
- Varijanta zapornice i akumulacije



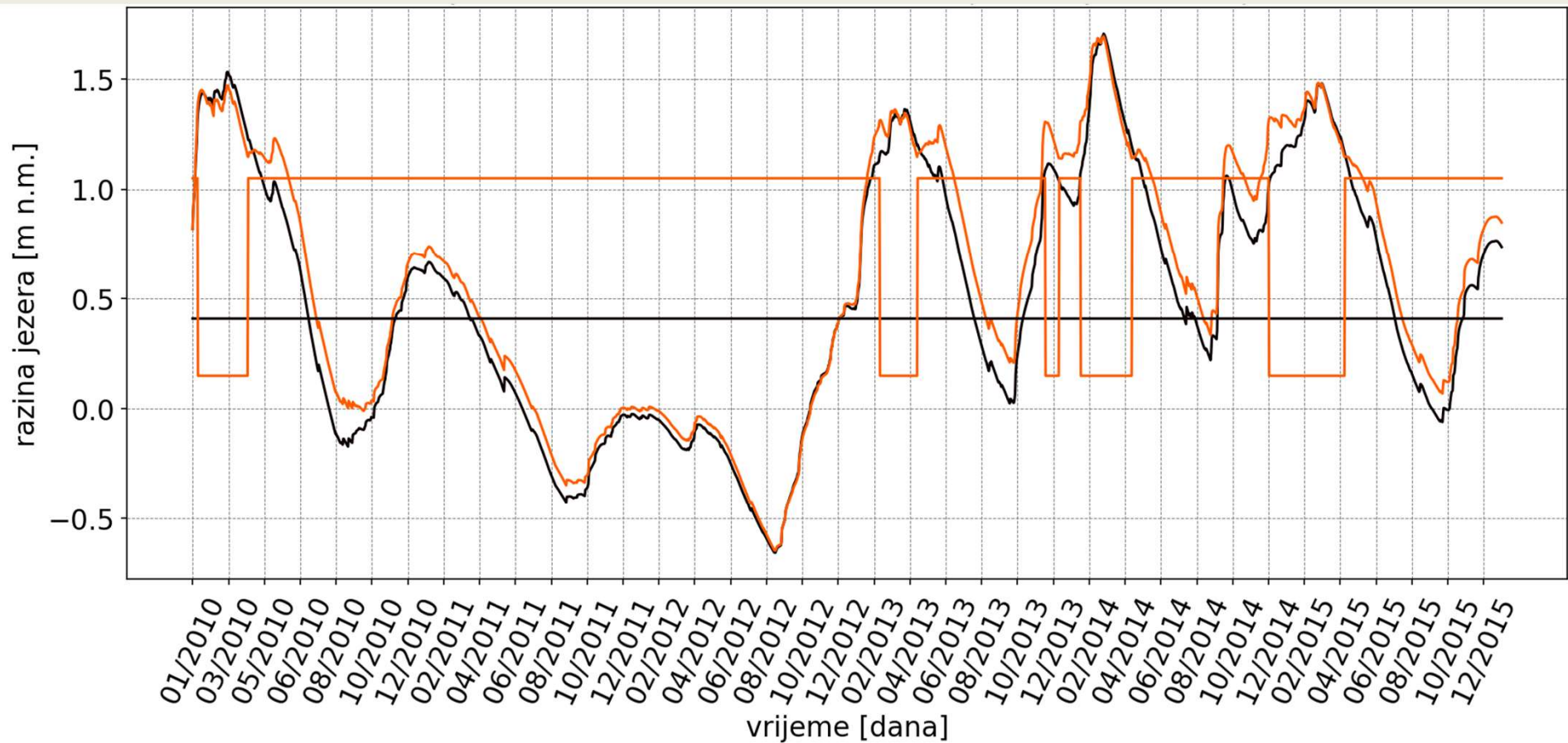
# Varijanta zapornice prema GP



# Varijanta zapornice prema GP

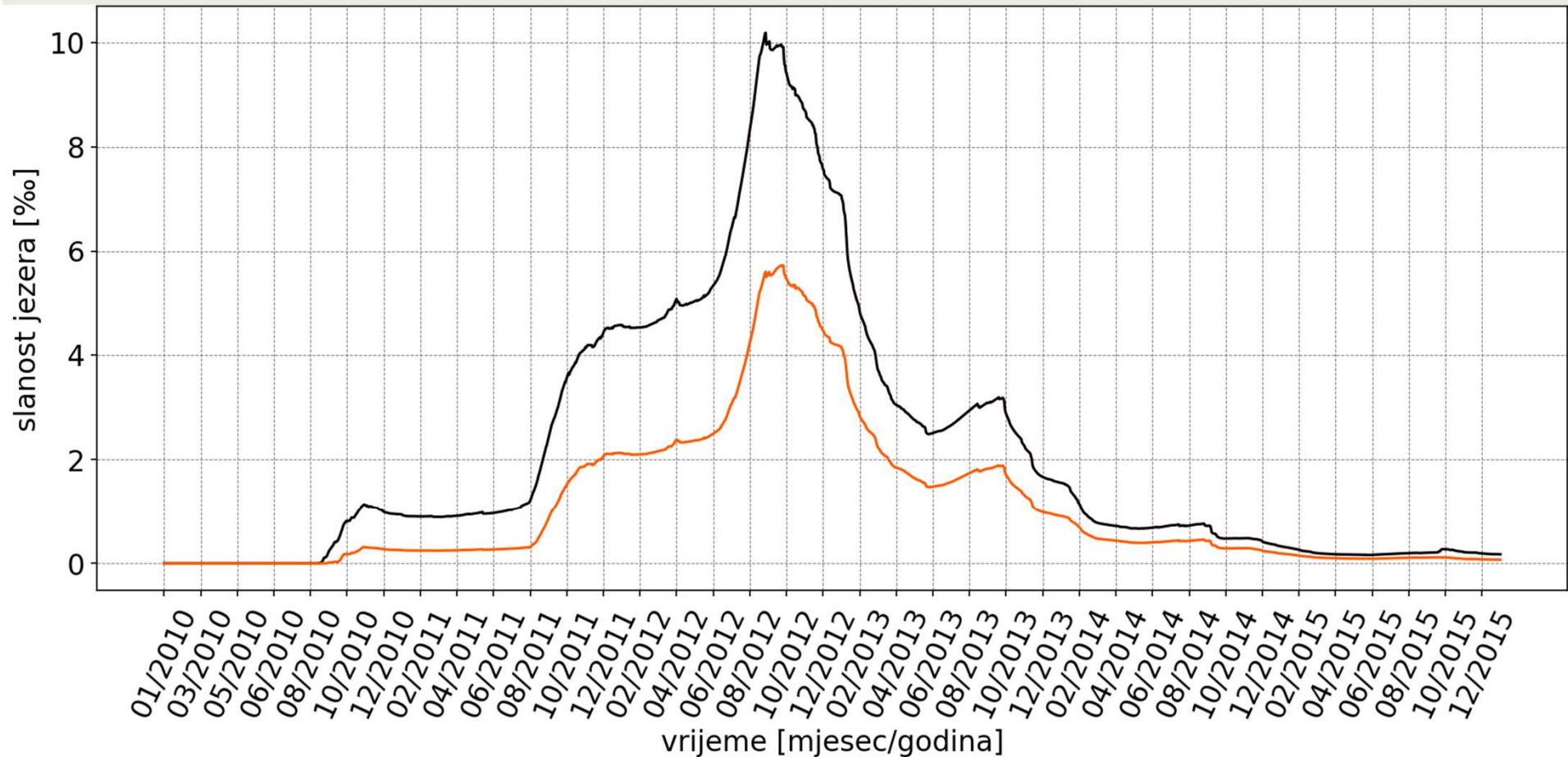


# Varijanta zapornice (korekcija)

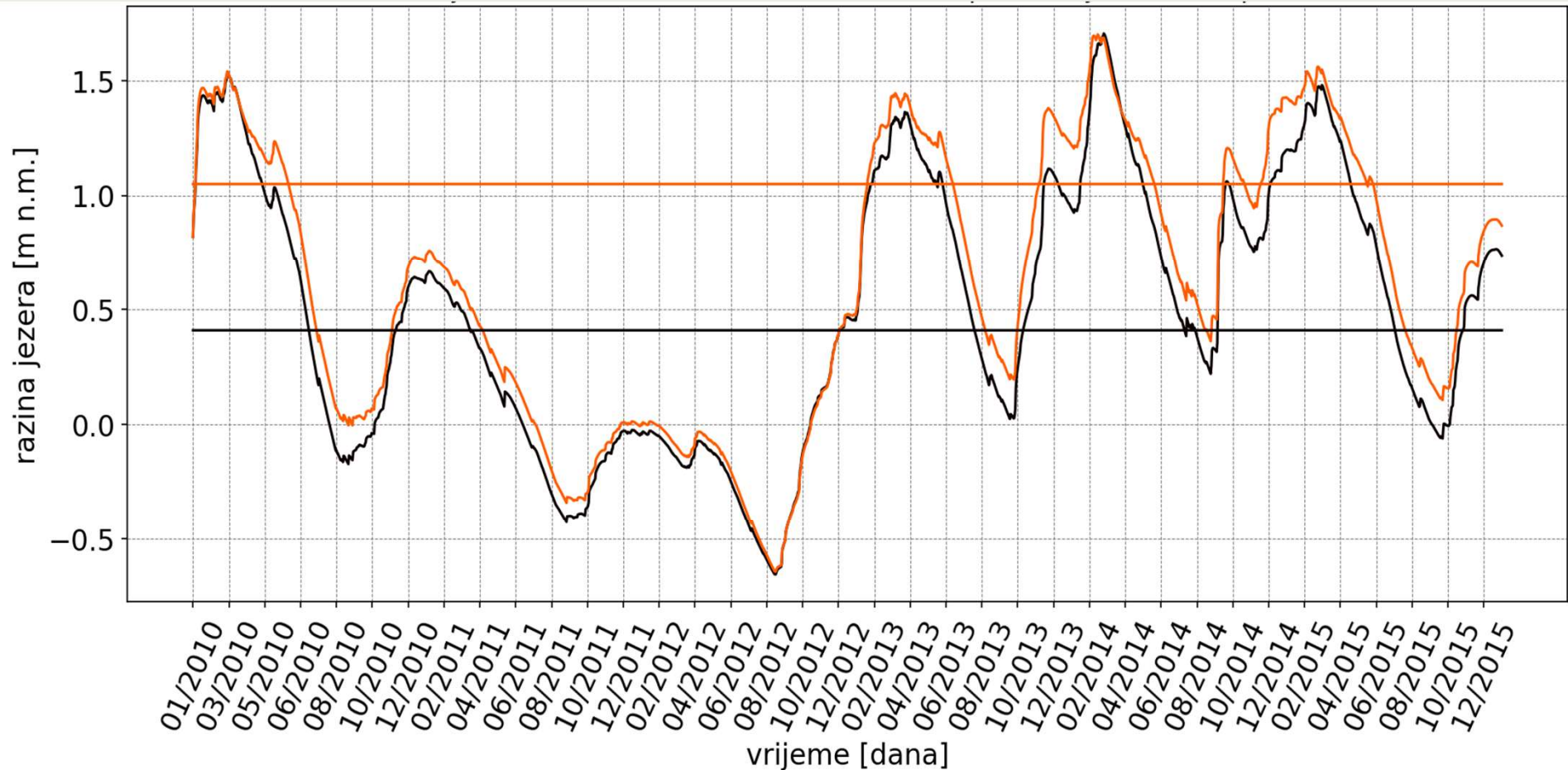




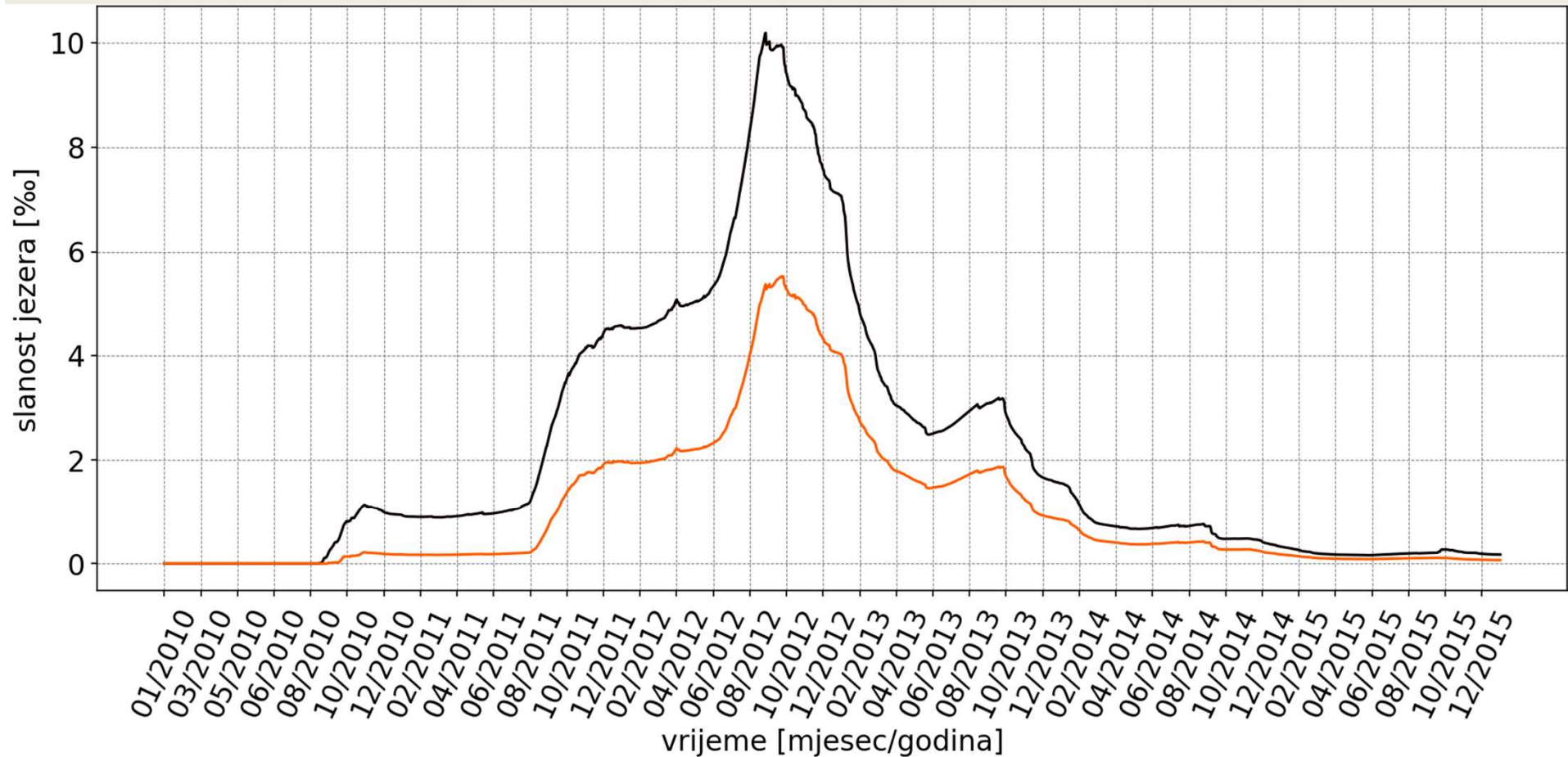
# Varijanta zapornice (korekcija)



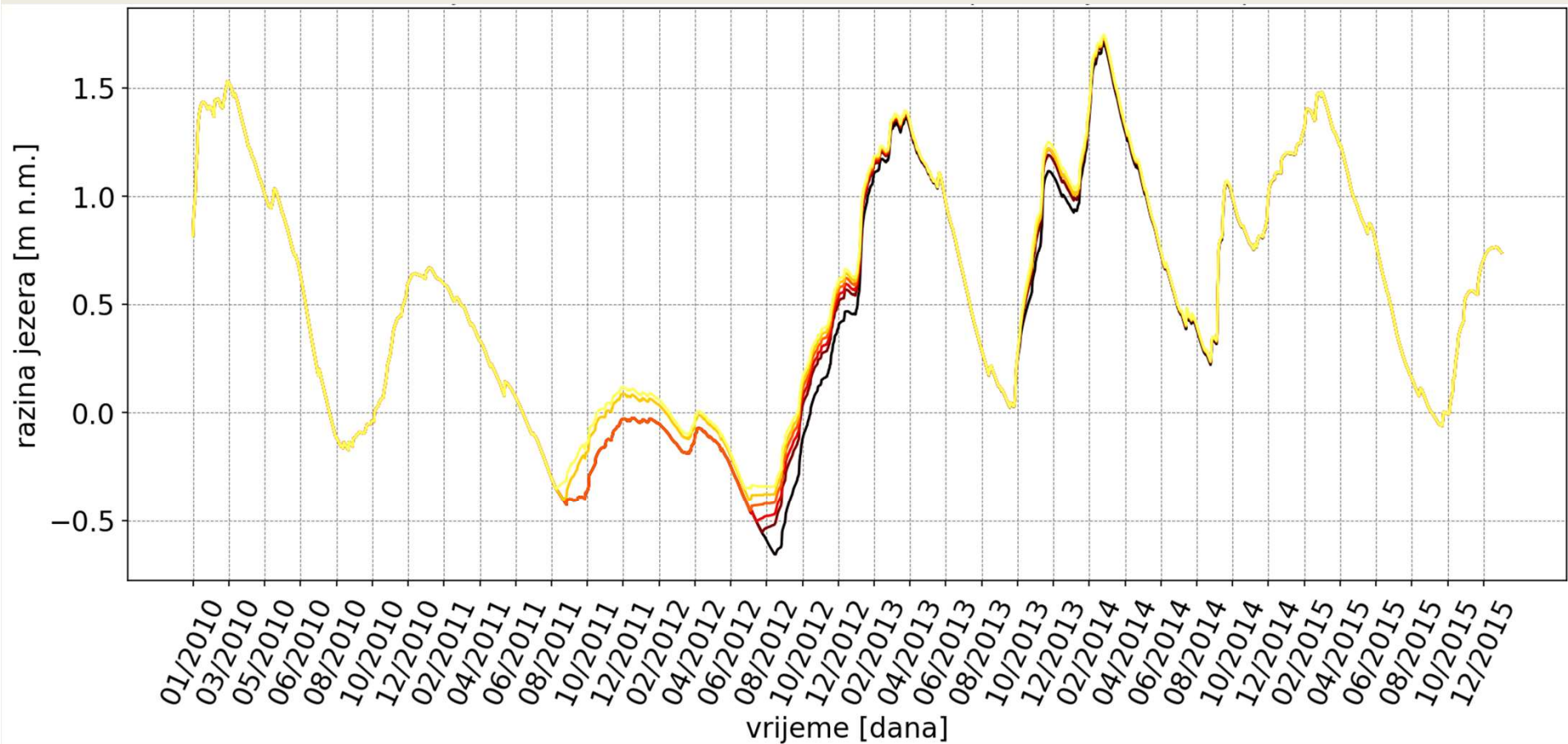
# Varijanta praga na nizvodnoj strani



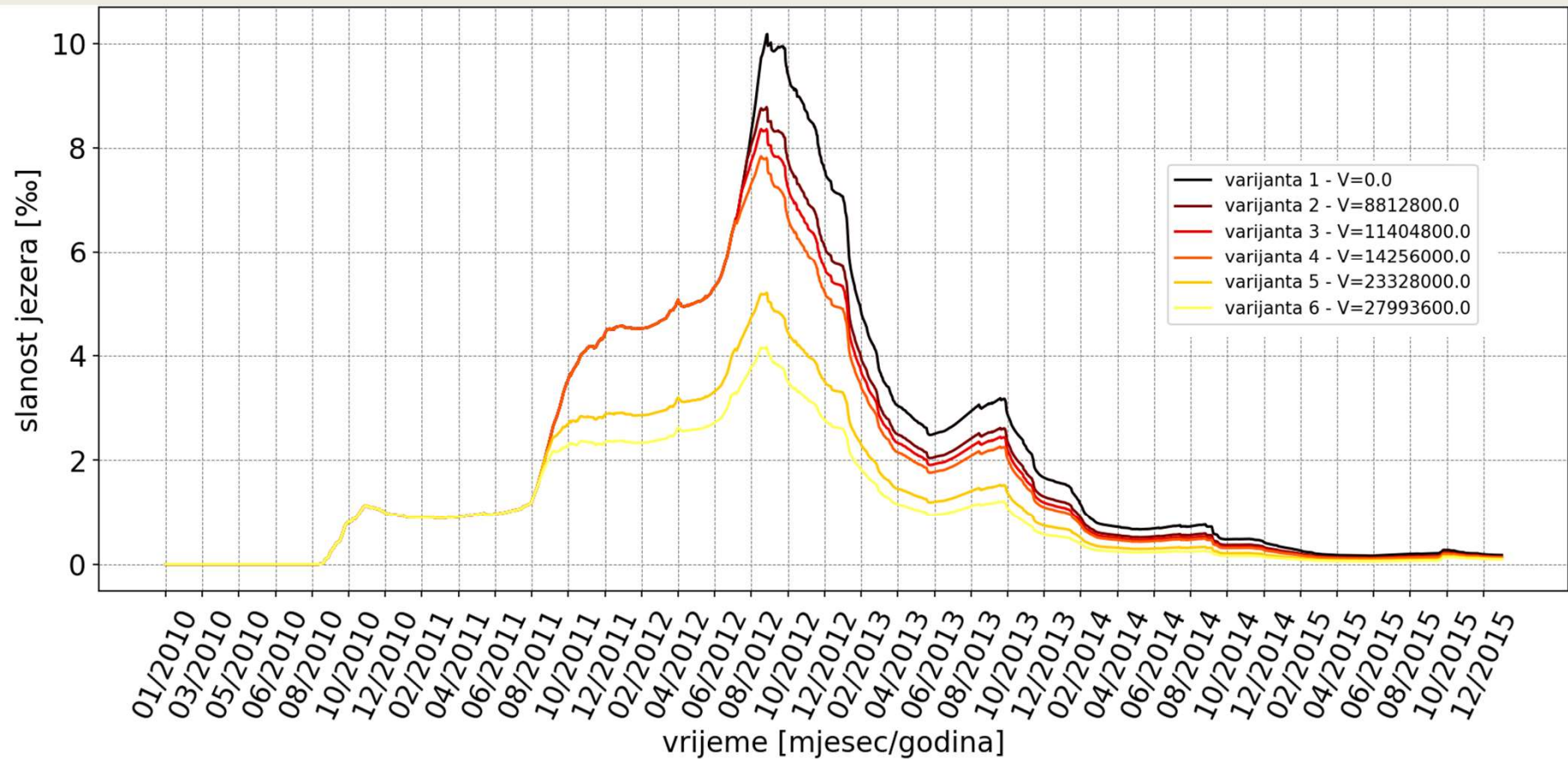
# Varijanta praga na nizvodnoj strani



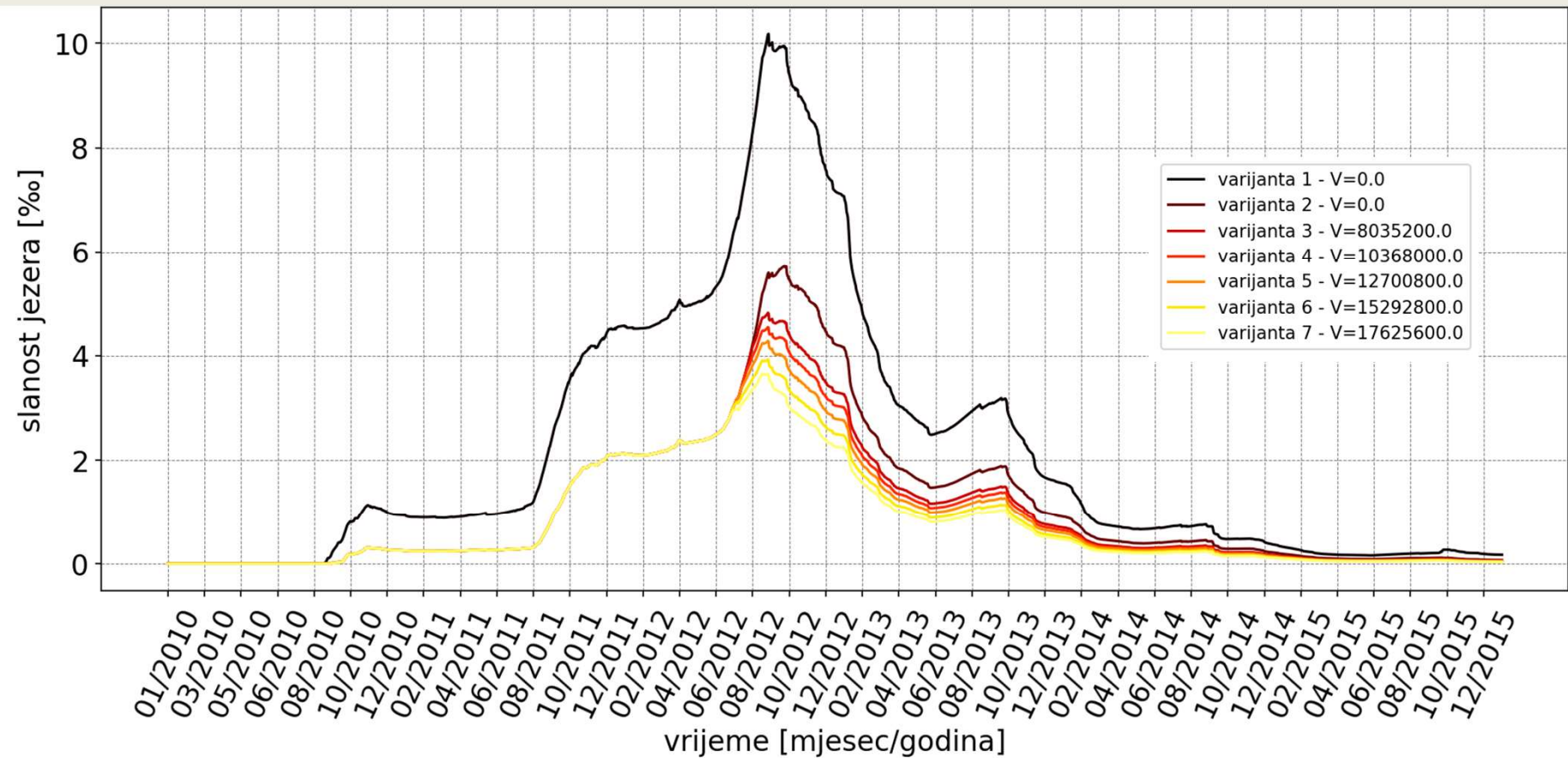
# Varijanta akumulacije



# Varijanta akumulacije



# Varijanta zapornice i akumulacije



# Zaključci

- Problematika zaslanjivanja Vranskog jezera izuzetno je kompleksna te je bilo potrebno izraditi numerički model za postojeće stanje, koji se koristio u svrhu analiziranja varijantnih rješenja.
- Izrađeni numerički model dobro opisuje postojeće stanje te se može koristiti u svrhe predikcija utjecaja pojedinih varijantnih rješenja na stanje u jezeru.
- Analizirana su različita varijantna rješenja te su definirani ekvivalentni zahvati koji postižu slično smanjenje slanosti, te ujedno zadovoljavaju uvjet evakuacije velikih voda.



Hvala Vam na pažnji

