



III naučno-stručni simpozijum

ENERGETSKA EFIKASNOST | ENEF 2017

Banja Luka, 3 - 4. novembar 2017.

An aerial photograph showing a vast array of blue solar panels floating on a large body of water. The panels are arranged in neat, parallel rows that stretch across the horizon. A small boat is visible in the lower right quadrant of the image. The sky is a clear, bright blue with some light clouds.

ANALIZA ENERGETSKE EFIKASNOSTI PLUTAJUĆIH FOTONAPONSKIH PANELA NA AKUMULACIONIM JEZERIMA HIDROELEKTRANA

Željko Đurišić¹, Vladan Durković^{1,2}, Nebojša Arsenijević³

¹Elektrotehnički fakultet u Beogradu

^{1,2} Elektrotehnički fakultet u Podgorici

³World Bank Group – IFC, Istanbul, Turkey

Postojeći koncepti gradnje fotonaponskih elektrana



Na krovovima, komercijalnih, industrijskih i rezidencijalnih objekata



Na posebno izgrađenim konstrukcijama na zemlji

Prednosti: - pokrivanje pasivnih površina,
- proizvodnja u centru potrošnje

Mane: - male jedinične snage,
- orijentacija je definisana geometrijom krova
- slaba priključna mreža

Prednosti: - velike snage,
- kruta priključna mreža
- optimalna orijentacija

Mane: - prekrivanje korisnih površina,

Koncept plivajućih fotonaponskih sistema



Prednosti:

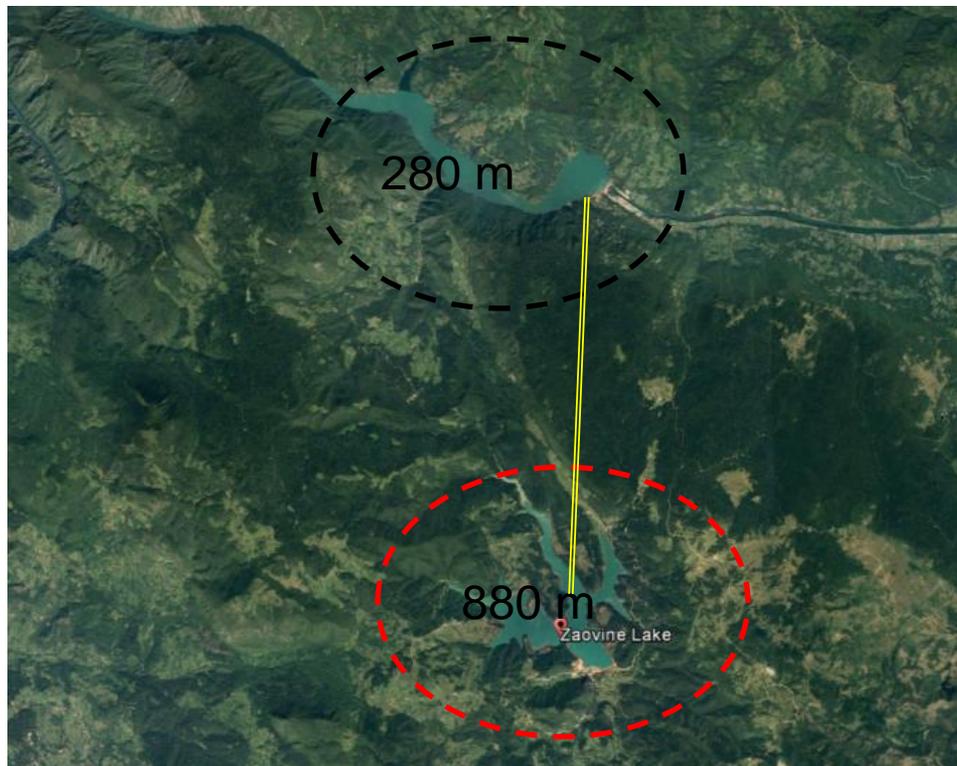
- Naktivne površine za izgradnju (veštačka akumulaciona jezera, rezervoari,...)
- Bolja efikasnost PV panela u odnosu na zemaljske konstrukcije
- Smanjenje isparavanja vode
- Usporava rast algi u vodi
- Lagane plastične konstrukcije koje se mogu reciklirati
- Smanjuje eroziju obala zbog talasa

Mane:

- Nedovoljno eksploataciono iskustvo
- Visoki investicioni i operativni troškovi

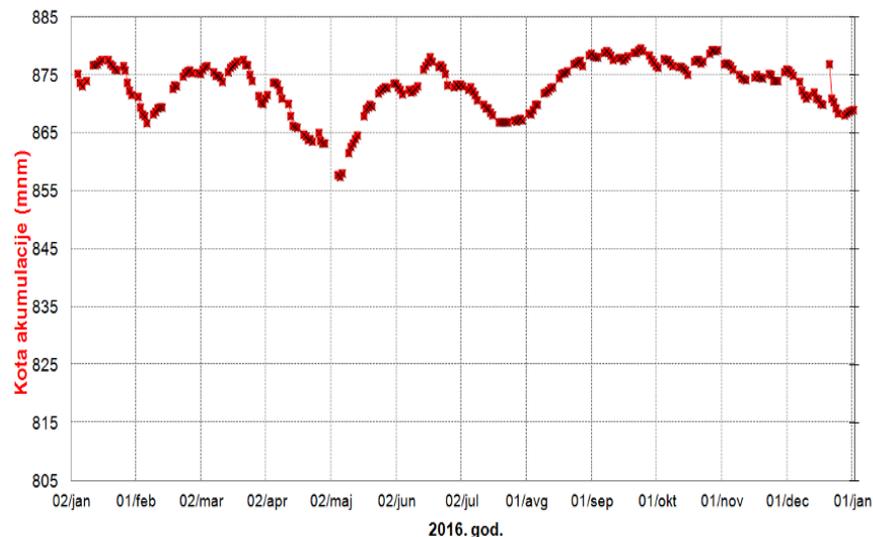
IDEJNO REŠENJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA AKUMULACIONOM JEZERU RHE BAJINA BAŠTA

Opis ciljne lokacije – jezero Zaovine



Nastalo je u periodu od 1975. do 1983. godine, kada je tok Belog Rzava pregrađen branama. Jezero je gornja akumulacije RHE „Bajina Bašta“ u Perućcu

Varijacija kote jezera Zaovine tokom 2016. godine



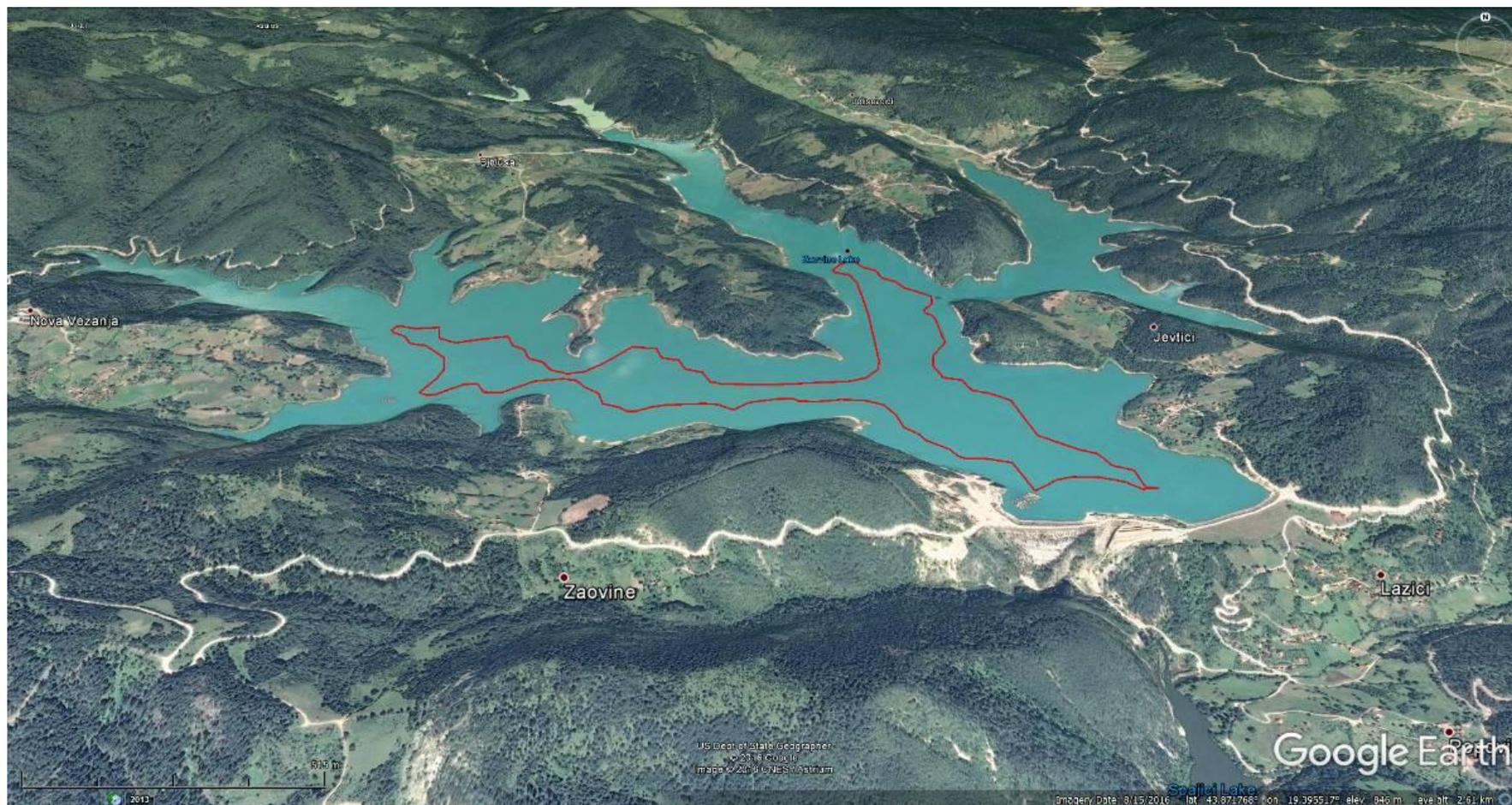
Maksimalna kота jezera Zaovine je:

882 m

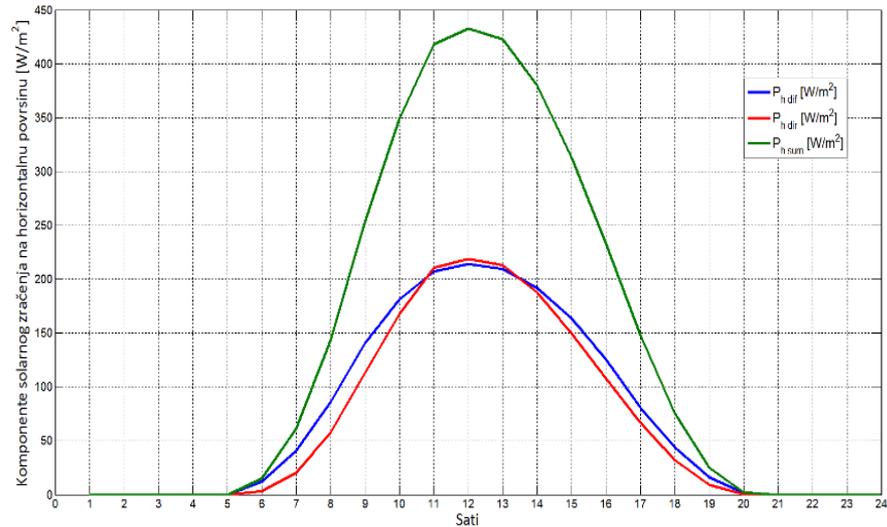
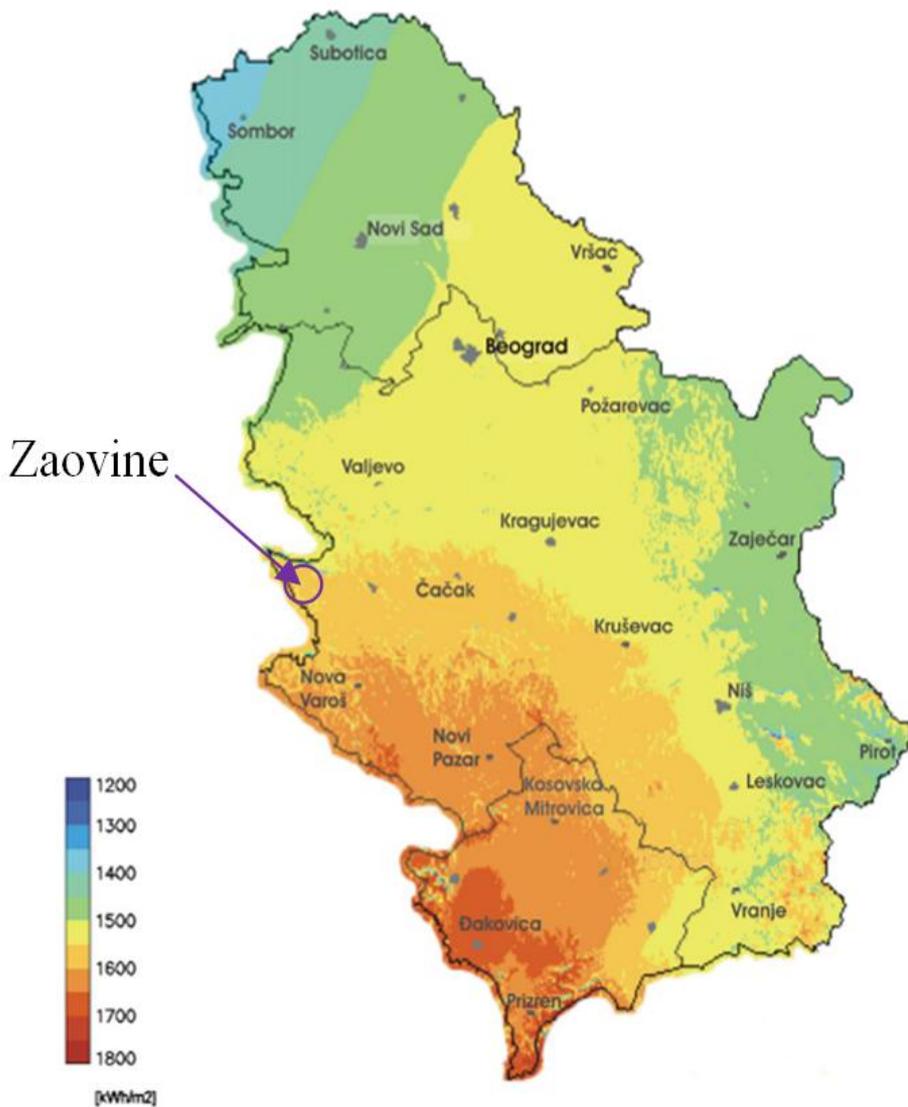
Minimalna radna kота jezera Zaovine je:

815 m

Jezero Zaovine sa naznačenom površinom pri minimalnoj radnoj koti



Solarni potencijal na ciljnoj lokaciji



Očekivana insolacija na južno orijentisanu povroš pod optimalnim nagibnim uglom je **4 kWh/m²/dan**

Optimizacija nagibnog i azimutnog ugla fotonaponskog panela

Varijanta 1: *(uobičajeno rješenje na zemaljskim konstrukcijama)*

Fiksno postavljeni PV panel, južno orijentisan, pod optimalnim nagibnim uglom

Varijanta 2: *(rješenje koje se koristi na postojećim konstrukcijama na vodi)*

Fiksno postavljeni PV panel, južno orijentisan, pod nagibnim uglom od 12° ,

Varijanta 3:

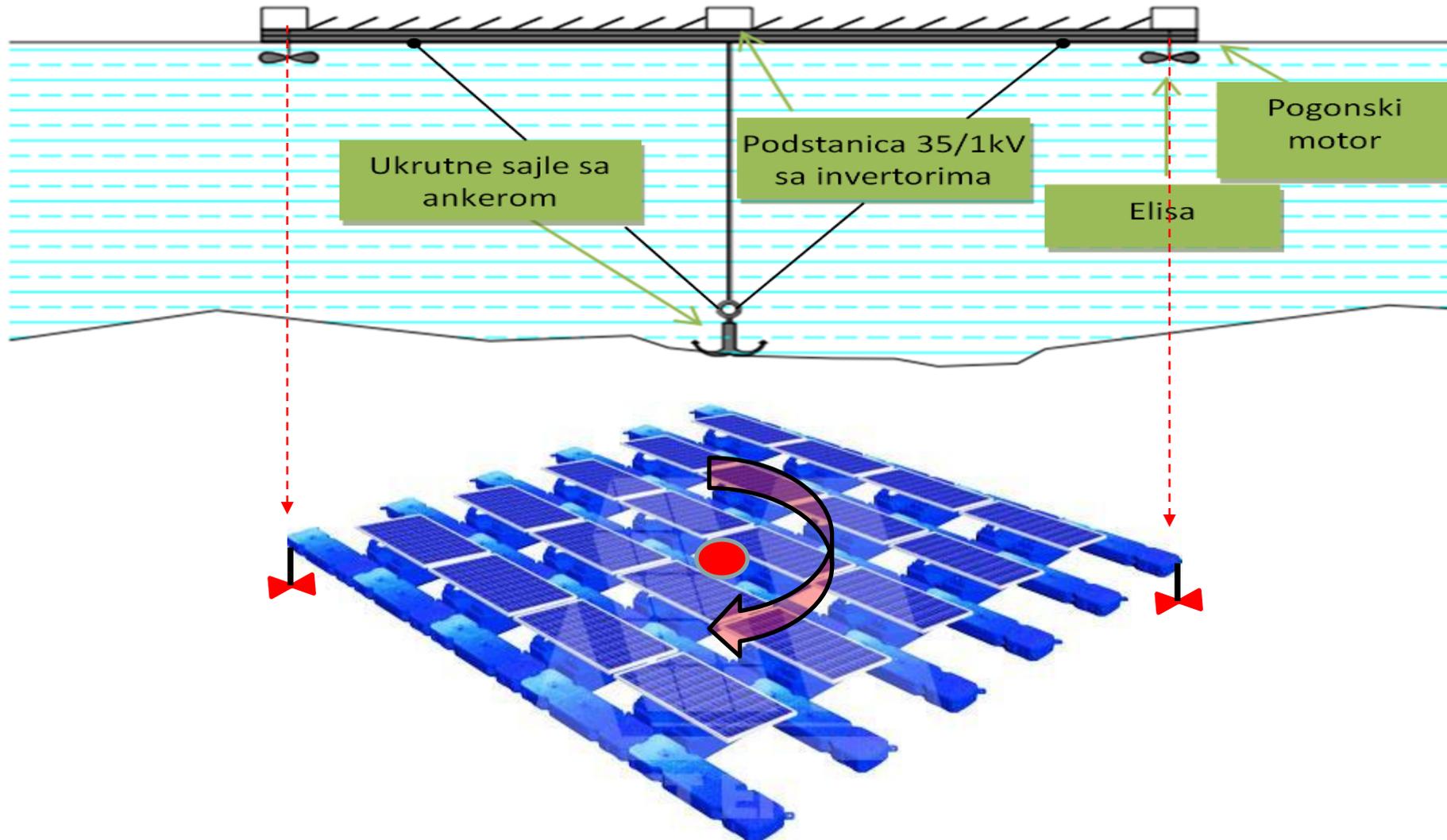
PV panel sa praćenjem azimutnog ugla i fiksnim nagibnim uglom od 12° .

Varijanta 4:

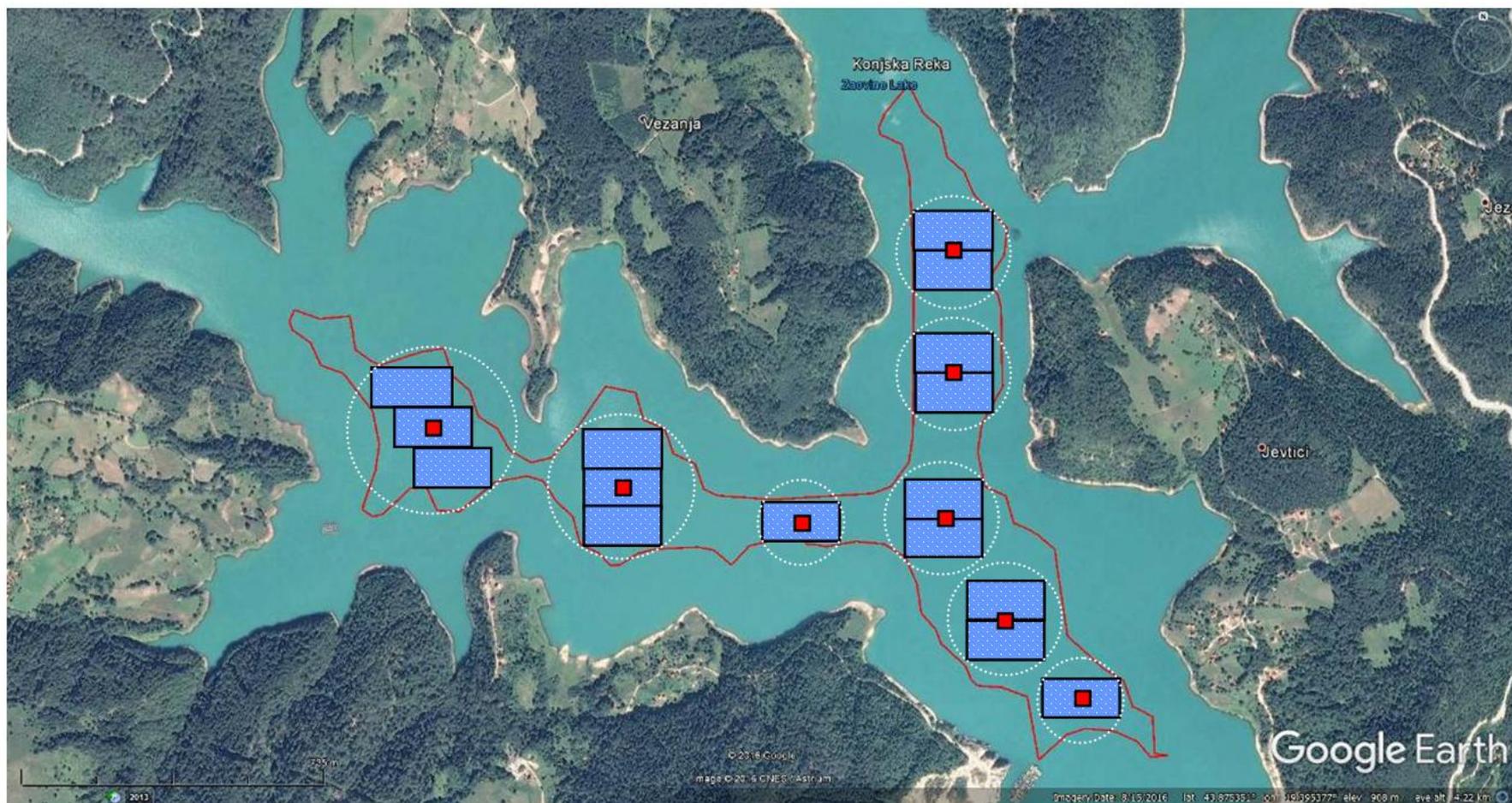
PV panel sa praćenjem azimutnog ugla i fiksnim optimalnim nagibnim uglom,

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4
Nagibni ugao [$^{\circ}$]	34	12	12	46
Praćenje azimutnog ugla	NE	NE	DA	DA
Insolacija [$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{dan}$]	3.95	3.76	3.97	4.57

Inovativno rješenje sa konstrukcijom koja omogućava praćenje azimuta sunca



Idejno rješenje plivajuće PV elektrane instalisane snage 21.7 MWp



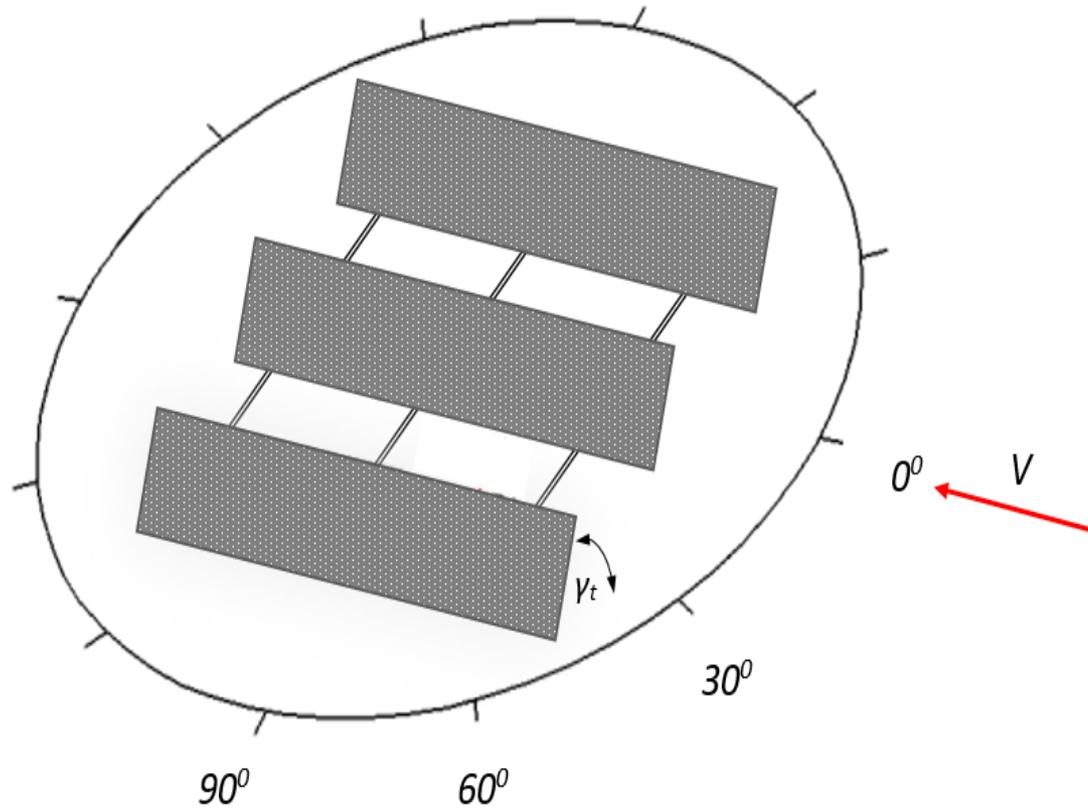
Uporedna analiza proizvodnje PV elektrane za različita varijantan rješenja

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 4
Nagibni ugao [°]	34	12	12	46
Praćenje azimutnog ugla	NE	NE	DA	DA
Insolacija [kWh/m ² /dan]	3.95	3.76	3.97	4.57
Godišnja proizvodnja elektrane [GWh]	27.03	25.71	27.19	31.25
Faktor iskorišćenja snage [%]	14.18	13.49	14.26	16.40

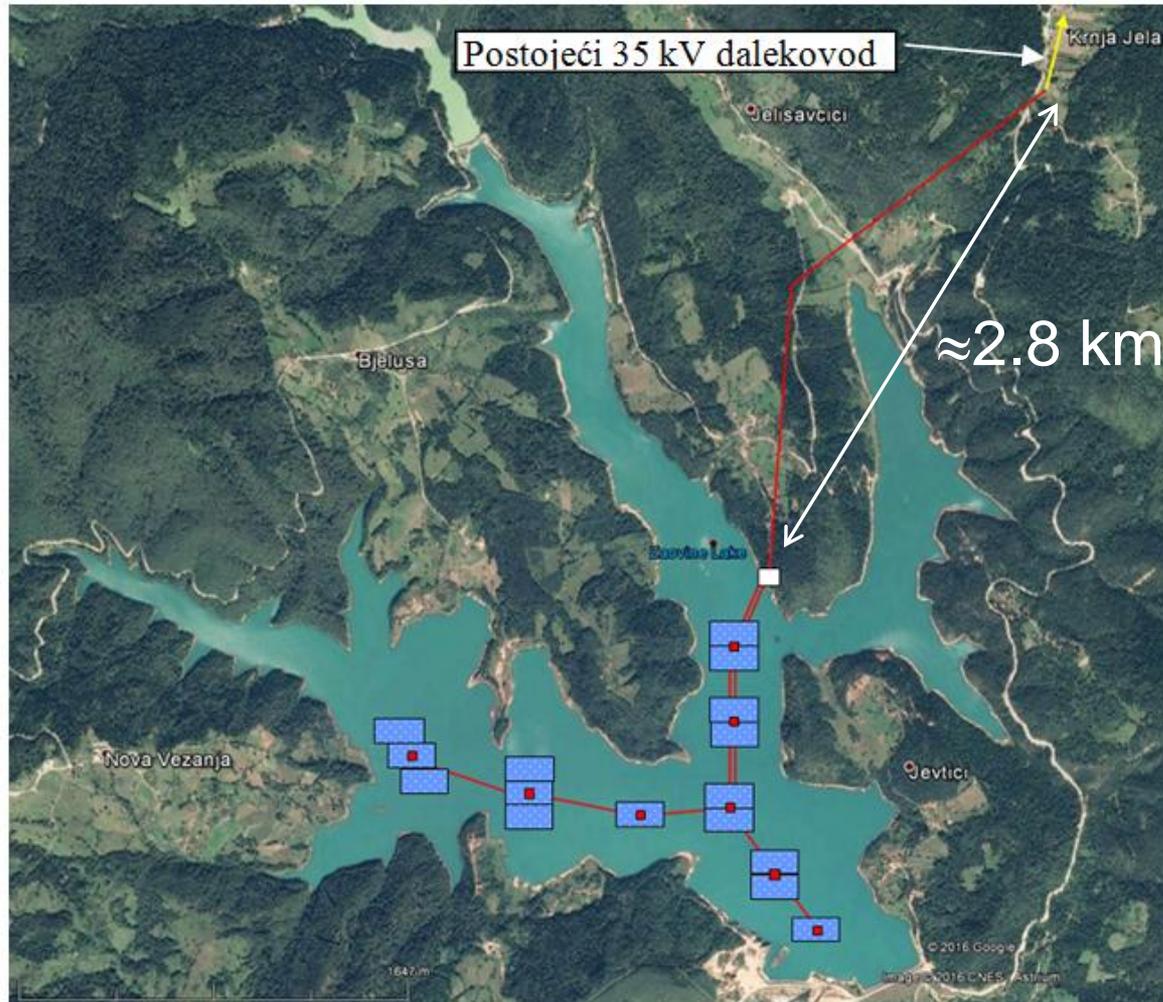


- Predloženo rješenje daje oko 21% veću proizvodnju od standardnog rješenja sa fiksnim nagibnim uglom
- Veći nagibni ugao omogućava manje gubitke usled sniježnih padavina
- Sistem zakretanja panela omogućava smanjenje mehaničkih naprezanja pri vjetrovitom vremenu

Pozicioniranje PV panela pri jakom vjetru



Idejno rješenje priključenja PV elektrane na elektroenergetski sistem



Uticaj PV elektrane na smanjenje ispravanja jezera Zaovine



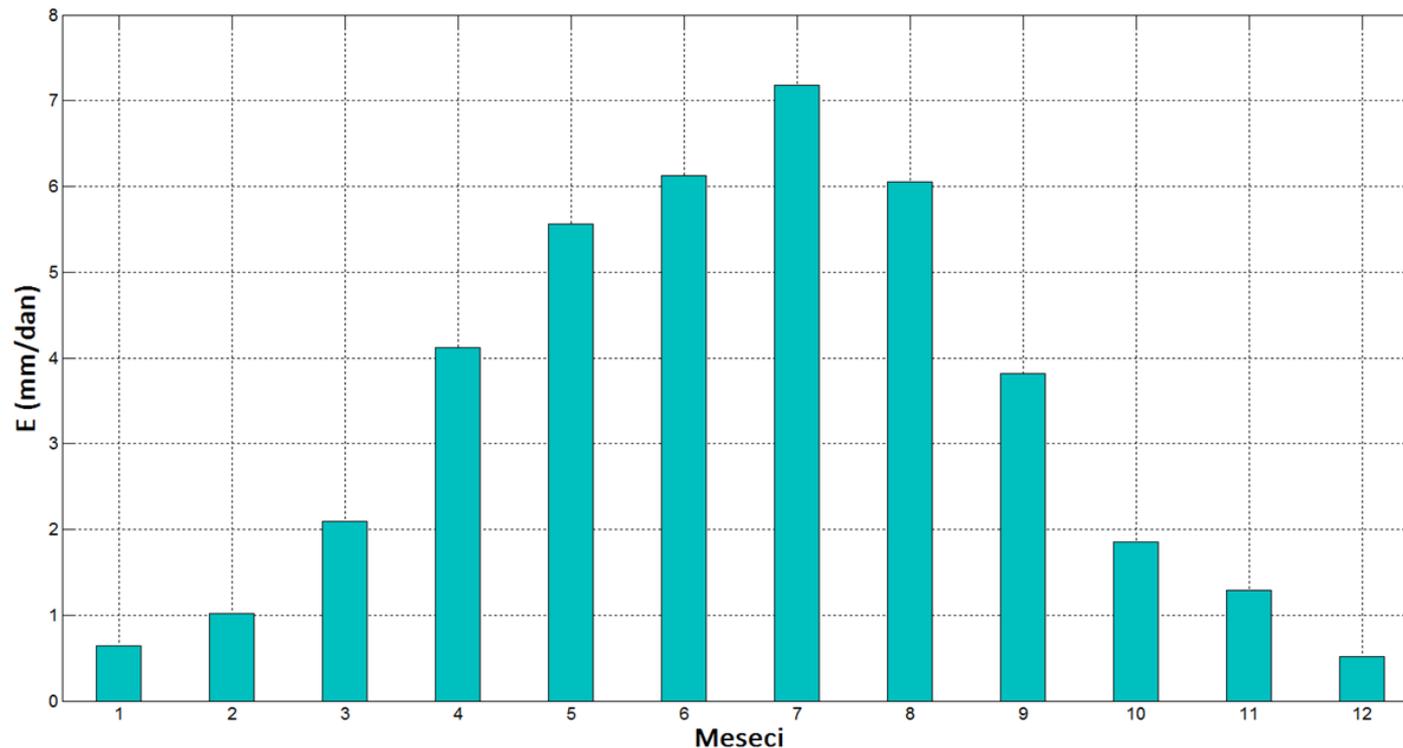
Matematički model za proračun isparavanja vode sa otvorene površine

$$E_0 \approx 0.051(1 - \alpha)R_s \sqrt{T + 9.5} - 2.4 \left(\frac{R_s}{R_A} \right)^2 + 0.052(T + 20) \left(1 - \frac{RH}{100} \right) (a_U - 0.38 + 0.54U)$$

Ulazni meteorološki parametri za prosječan dan u toku svakog mjeseca

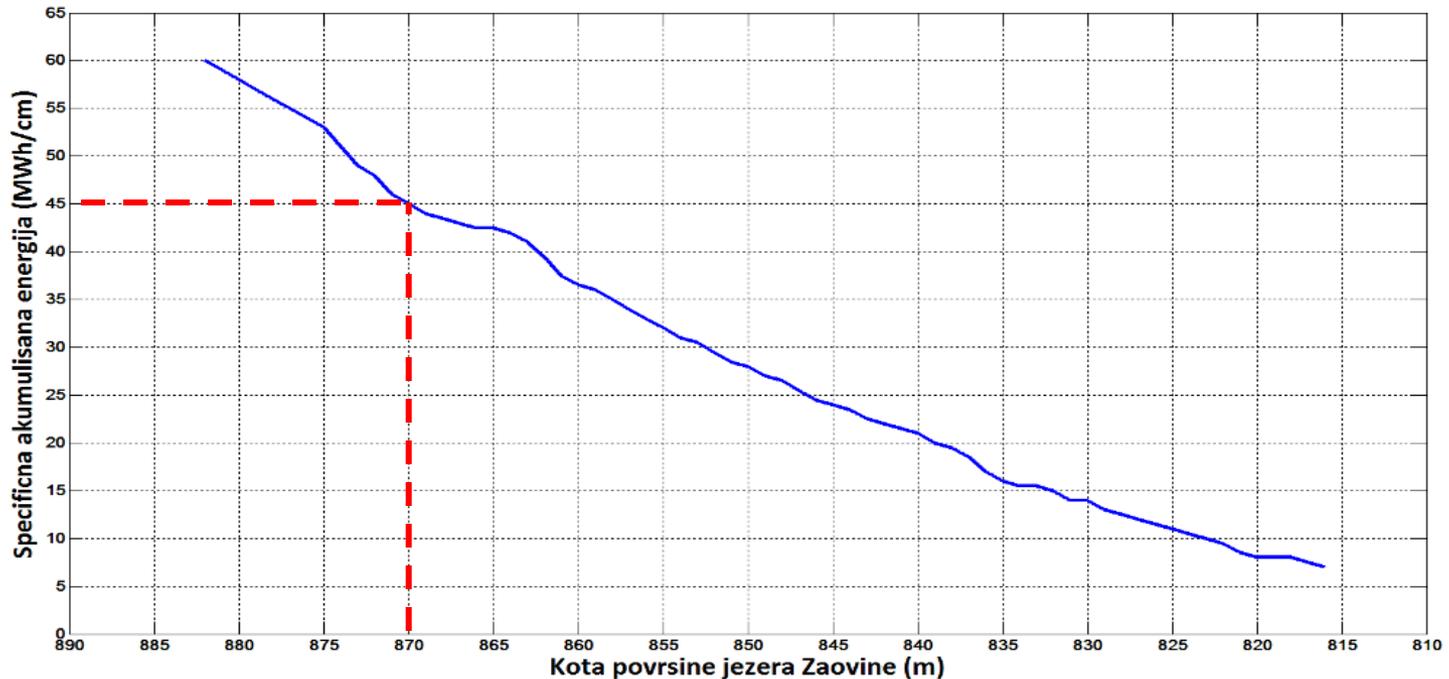
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T _{MAX} (°C)	2.8	3.7	6.1	16	19	20.7	26.3	25.9	20.6	13.4	11.3	5.6
T _{MIN} (°C)	-3.9	-4.1	-1.3	0	9.2	10.9	15	15.1	11.3	5.9	1.8	-3.6
RH (%)	84	82	79	70	68	73	63	66	73	86	71	84
n (h)	72	103	129	197	209	242	338	277	183	122	148	131
U (m/s)	2	1.2	1.5	2	1.1	1.0	1.1	1.3	1.1	1.2	1.4	1.5

Rezultati proračuna ispravanja vode sa jezera Zaovine



- Procijenjeno ispravanje vode sa jezera Zaovine je oko 1,36 m/godišnje
- Izgradnja fotonaponske elektrane bi smanjila ispravanje za oko 10%

Procijenjeni gubici proizvodnje RHE Bajina Bašta usled ispravanja

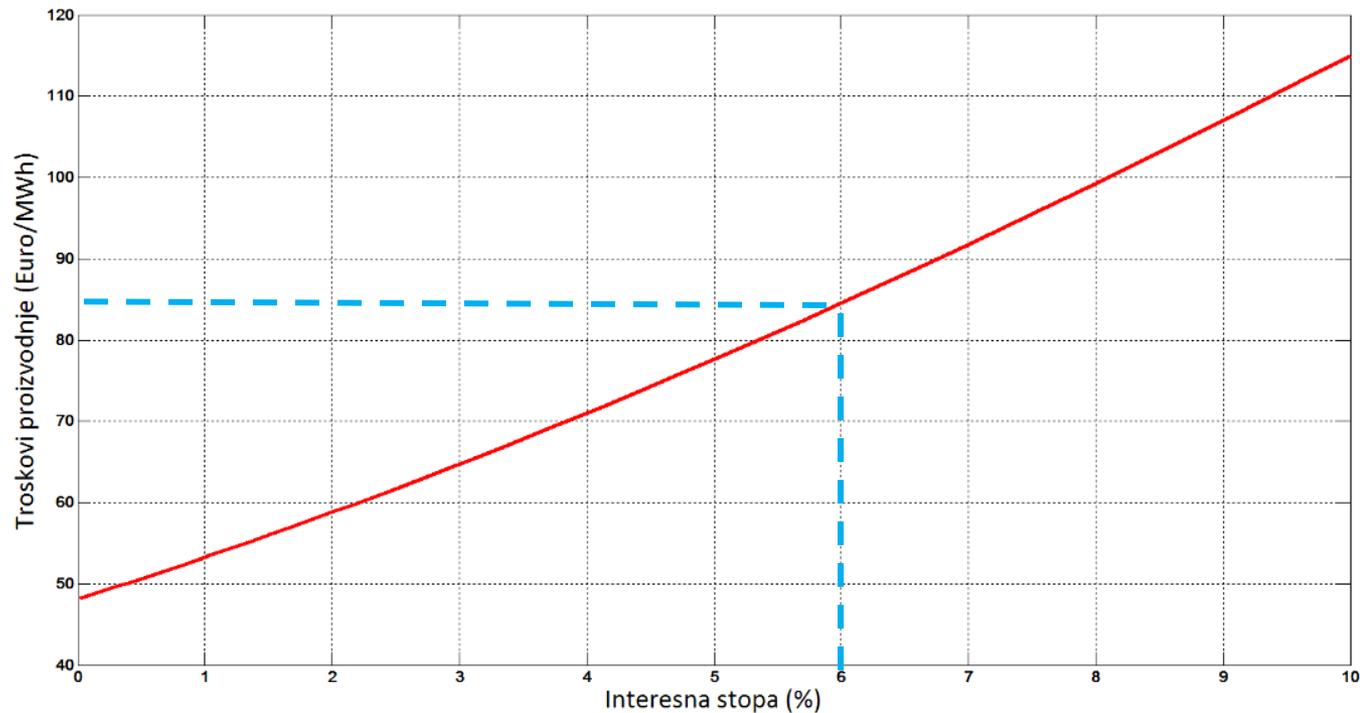


- Ukupni godišnji gubici proizvodnje zbog ispravanja su oko **5500 MWh/god.**
- Izgradnja PV elektrane bi povećala proizvodnju RHE B. Bašta za oko **560 MWh/god**

Ekonomska analiza projekta

Procijenjeni ulazni parametri za proračun ekonomičnosti projekta

Godišnja proizvodnja elektrane [MWh]	31250
Investicioni troškovi [€/MW _p]	1.3 mil.
Operativni troškovi [€/MWh]	10
Period eksploatacije [godina]	25
Raspoloživost elektrane [%]	95



HVALA NA PAŽNJI !