SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek

Zavod za elektroenergetiku



Projektiranje električnih instalacija, rasvjete i postrojenja

Projektiranje fotonaponske elektrane u programskom paketu PV SOL

Izv.prof.dr.sc. Zvonimir Klaić Zorislav Kraus, dipl.ing. Željko Jeršek, mag.ing.el.

Student:_____

Osijek,2020.

Programski paket PV SOL premium daje korisnicima mogućnosti poput dizajniranja i vizualizacije integriranih krovnih i samostojećih sunčanih elektrana snage do 3 MW. Jednostavna 3D navigacija izbornika podijeljena je na šest dijelova pogleda na teren, pogled na objekt, pokrivenost modula, montažu modula, konfiguraciju modula i plan kabela.

Klimatski podaci mogu se jednostavno odabrati putem interaktivne karte ili ih ručno odabrati za pojedino područje. U nekoliko jednostavnih koraka dolazi se do lokacije objekta, položaja i izgleda krova i drugih predradnji prije nego se krene u konfiguraciju modula. Kada se dimenzioniranje krova završi vrši se pozicioniranje krovnih prozora, dimnjaka, antena i sl. Pokrivenost krovne površine s maksimalno mogućim brojem modula izvodi se automatski ili ručno odabirom prekrivenih područja. Softver omogućuje optimizaciju sustava preko strujno – naponske karakteristike za svaki vremenski korak simulacije, kao i dijagram toka energije za cijeli sustav, uključujući i sustav pohrane (baterije i električna vozila).

Softver omogućuje različite simulacije, primjerice:

- Simulacija u satnoj i minutnoj rezoluciji,

- Simulacija s baterijskim sustavima i električnim vozilima,
- Simulacija fotonaponskih sustava izvan mreže (engl. Off Grid),

- Planiranje fotonaponskih sustava s vlastitom potrošnjom / viškom napajanja, opcionalno s baterijama.

Izbor unosa fotonaponskih modula može se izvesti na slijedeće načine:

- Određivanje broja modula i vizualizaciju područja modula pomoću fotografije,

- Automatsko postavljanje modula bilo kog krova u 2D okruženju,

- Planiranje fotonaponskog sustava u 3D okruženju.

Optimalna procjena i prikaz rezultata omogućuje:

- Detaljnu analizu profitabilnosti s povratom ulaganja, razdobljem povrata investicije, itd.

- Dokumentaciju projekta koja se može konfigurirati i izvesti: naslovna stranica, pregled, itd.

- Detaljne rezultate simulacije.

Uvod u PV SOL

Prije samog početka potrebno je ići na *New Project*, te u *Project Data* upisati broj projekta, ime projekta, projektanta itd.

Zatim se izabere tip sustava Type of System iz padajućeg menija.

System Type, Climate and Grid



I definiraju se klimatski podaci Climate Data za državu i lokaciju.

Climate Data			
Country		Location	
Croatia		 ✓ Osijek 	 V V
Latitude	45° 32' 41" (45,54°)	Annual sum of global irradiation	1327 kWh/m²
Longitude	18° 40' 36" (18,68°)		
Time zone	UTC+1	Annual Average Temperature	12,3 °C
Time Period	1991 - 2010		
Resolution	Hourly	Simulation Parameters	

Odabire se sustav:

ACMains	
ிற் Enter	
Voltage (N-L1)	230 V
Number of Phases	3-phase
cos φ	1
Maximum Feed-in Power Clipping	No

Nakon toga definira se potrošnja *Consumption*, Pritiskom na *Add consumption*, otvara se padajući meni.

Consumption			
	NAME		
	Add consumption ▼		
	Load profiles / individual appliances		
	Montrily/annual consumption for het metering		

Izabere se Load profiles / individual appliances

I otvori se :



Izborom na tipku *Load profiles (from measured values)*, otvori se izbornik te se izabere odgovarajući profil potrošnje.

💟 New 👻 🛛 💿 Delete	
	^
BDEW commercial load profile (G1)	
BDEW load profile business (G2)	
BDEW load profile business (G3)	
BDEW load profile business (G5)	
BDEW load profile business (G6)	
→ BDEW load profile agriculture (L0)	
→ → BDEW load profile agriculture (L2)	
	~

Za karakterističan slučaj izabran je profil 2 – person household with 2 children. Dobiveni profil je slijedeći



3D planiranje

Izabere se krov s dvije strehe *Building with Gabled Roof* i upišu se vrijednosti. Prozor se otvara dvoklikom na objekt i krov objekta.

Mode:Complex - Building 01	? ×	
Storeys Attic Storeys		
Ground Floor Insert Width: Remove 10,000 m		
Height: Depth: 12,000 m 9		
✓ Adapt all to Floor Plan		
Storeys		
Position [x;y] x = 0,000 m y = 0,000 m $\alpha = 180,00^{\circ}$ $\overline{x + 1}, \overline{x}$ w	e Close	
Mode:Complex 👻 Building 01	? ×	
Storeys Attic Storeys		la la secola de la compañía de la secola 🦉
Attic Storey1 Insert Width:	Indination changes Height O Shift	
Remove 10,000 m +	Shift of Width: 0,000 m → + + + + ✓ Centered	
11,00 m 11,00 m	Roof Pitch, Left:	
3,000 m 0,000 m	Shift of Depth:	
	4,500 m Roof Pitch, In Front:	
	33,69°	
Options Note: you have entered roo overall dimensions of the af	of overhangs. Check the fected roof areas!	
Attic Storeys		
Position [x;y] x = 0,000 m y = 0,000 m Orientation $\alpha = 180,00^{\circ}$ 1100000000000000000000000000000000000	Close	

		~~~~	지 않는 것 같은 것 같은 것 같은 것	
	Mode: Complex	- Building 02	?	×
	Storeys Attic S	toreys		
	Ground Floor 💌			
	Insert	Width:		
	Remove	8,000 m		
	Height:	Depth:		
	4,000 m	5,977 m 🗣		
	Options			
	Adapt all to Floo	r Plan		
	Desition (www)	Storey	3	_
	x = -14,000  m	$\alpha = 180,00^{\circ}$		
	y = 0,000 m	**		
		5	Close	
	Mode: Complex	Building 02	?	×
-	Mode: Complex	Building 02	?	×
	Mode: Complex Storeys Attic Sto	Building 02	?	×
	Mode: Complex Storeys Attic Sto Attic Storey1 💌	Building 02 preys	? Indination changes ◉ Height ◯ Shift	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1	Building 02 preys Width: 8,000 m	? Inclination changes ● Height ⓒ Shift Shift of Width:	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1	Building 02 breys Width: 8,000 m	? Inclination changes ● Height ○ Shift Shift of Width: 0,000 m ······ ✓ Centered	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1 - Insert Remove	Building 02 breys Width: 8,000 m 9	? Inclination changes Height Shift Shift of Width: 0,000 m Centered Roof Pitch, Left:	×
	Mode: Complex Storeys Attic Sto Attic Storey1 Insert Remove Height:	Building 02  preys  Width:  8,000 m   Depth:	? Inclination changes ● Height ● Shift Shift of Width: 0,000 m → → → → ♥ Centered Roof Pitch, Left: 9,000 → → → → →	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1  Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m	✓ Building 02  preys  Width: 8,000 m  Pepth: 0,000 m  P	? Inclination changes Height Shift Shift of Width: 0,000 Centered Roof Pitch, Left: 90,00° Shift of Depth: 5,977 Centered	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1  Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m	Building 02           breys           Width:           8,000 m           Depth:           0,000 m	? Indination changes ● Height ● Shift Shift of Width: 0,000 m ······ ♥ Centered Roof Pitch, Left: 90,00° ······ Shift of Depth: 5,977 m ····· ♥ Centered Roof Pitch, In Front:	×
	Mode: Complex	Building 02	? Inclination changes ● Height ● Shift Shift of Width: 0,000 m → → → ♥ Centered Roof Pitch, Left: 90,00° → → → → Shift of Depth: 5,977 m → → → ■ Centered Roof Pitch, In Front: 5,00° ♀ → → →	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1  Attic Storey1  Remove Height: 0,523 m Options	Building 02           breys           Width:           \$,000 m           Depth:           0,000 m	? Inclination changes ● Height ● Shift Shift of Width: 0,000 m → → → → ♥ Centered Roof Pitch, Left: 90,00° → → → → → Shift of Depth: 5,977 m → → → ↑ ■ Centered Roof Pitch, In Front: 5,00° ♀ → → → →	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m Coptions Roof Overhang	✓ Building 02  preys  Width: 8,000 m   Depth: 0,000 m	? Inclination changes ● Height ● Shift Shift of Width: 0,000 m ······ ♥ Centered Roof Pitch, Left: 90,00° ······ Shift of Depth: 5,977 m ······ ■ Centered Roof Pitch, In Front: 5,00° •·····	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1  Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m Coptions Roof Overhang	Building 02       breys       Width:       8,000 m       Depth:       0,000 m	? Inclination changes Heigh Shift Shift of Width: 0,000 Centered Roof Pitch, Left: 90,00° Centered Shift of Depth: 5,977 Centered Roof Pitch, In Front: 5,00° Centered	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1  Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m Options Roof Overhang	Building 02  Dereys  Width: 8,000 m   Depth: 0,000 m   Attic Store	Inclination changes <ul> <li>Height</li> <li>Shift</li> </ul> Shift of Width:           0,000 m <ul> <li>Image: Centered</li> <li>Roof Pitch, Left:</li> <li>90,00°</li> <li>Image: Centered</li> </ul> Shift of Depth: <ul> <li>S,977 m</li> <li>Image: Centered</li> <li>Roof Pitch, In Front:</li> <li>S,00°</li> <li>Image: Centered</li> </ul>	×
	Mode: Complex Storeys Attic Storey1 Attic Storey1 Insert Remove Height: 0,523 m Options Roof Overhang Position [x;y] x = 114 000 m	Building 02       breys       Width:       \$,000 m       Depth:       0,000 m       \$,000 m       Attic Store       Orientation       \$ = 180.00°	? Inclination changes ● Heigh ● Shift Shift of Width: 0,000 m ····· ♥ Centered Roof Pitch, Left: 9,000 ····· ♥ Centered Shift of Depth: 5,977 m ··· ♥ ···· ♥ Centered Roof Pitch, In Front: 5,00° • • ···· ♥	×
	Mode: Complex         Storeys       Attic Storey1         Attic Storey1       ▼         Insert       ▼         Remove       ■         Height:       0,523 m         0,523 m       ■         Options       ■         Roof Overhang       ■         Position [x;y]       x = -14,000 m         x = 0.000 m       ▼	Building 02 breys Width: 8,000  m $9Depth:0,000  m$ $9Attic StoreCrientation\alpha = 180,00^{\circ} w$	YS Inclination changes Inclination changes Inclination changes Shift of Width: 0,000 ······· ✓ Centered Roof Pitch, Left: 90,000 ······· Shift of Depth: 5,977 m ······ Centered Roof Pitch, In Front: 5,000 ······ YS	×

Isto tako napravi se i za pomoćni objekt (garažu).

Nakon dizajniranja krovova na objektima potrebno je postaviti na krov dimnjak, krovne prozore i slične stvari koje se mogu naći na krovu.

Klikom na *Object view* može se krenuti s postavljanjem. Klikom na dimnjak otvori se vrsta dimnjak kojeg se može izabrati i jednostavno se pozicionira na krov.

Chim	ney 01 ?
Bottom Surface Width: Depth: Height: 1,200 m	Refine Form         Top Surface         Width:         ♀         0,200 m         Depth:         ♀         0,300 m         Shift of Width:         ¬         0,000 m         Shift of Depth:         ¬         0,000 m         ✓ Centered         Shift of Depth:         ¬         0,000 m         ✓ Centered
Position [x;y]	Chimney

Slično se radi i s krovnim prozorom.

Izabere se krovni prozor i prevuče se na krov.

🔯 Edit "Skylight ? ×
Width: 1,000 m Height:
Position [x;y]
x = 2,500  m $y = 1,6 m$ Cancel

Prozor istih dimenzija jednostavno se kopira i pozicionira na željeno mjesto.

∑ Edit "Skylight ? ×	
Width:	-
W S Height: 1,800 m	
Position $[x;y]$ x = 7,500  m y = 1,6 m Cancel	

Prije postavljanja modula u okolini objekata treba postaviti moguća zasjenjenja od drveća.

Izabere se *Terrain View*, te vrsta drveća i postavi se u okolini objekata. Klikom na stablo mogu se mijenjati njegove dimenzije.

	Deciduous Tr	ee 01	? ×	
	Tree crown Height: 	Tree trunk Diameter: 0,300 m		
	Deciduo	ous Tree		
Po x y	sition [x;y] = 6,000 m = 10,000 m	CI	lose	

Može izabrati i drugačija vrsta stabla.

Control	Conifer 01	? ×	
Tree crown Height: 	0 m 0 m 0 m y [01]:	Tree:	
	Conifer		
Position [x;y] x = -5,000 m y = 10,000 m		Close	
	Conifer	02	? ×
	Conifer Tree crown Height: 	02 - Height Tree 10,000 m	? ×
	Conifer Free crown Height: 	02 Height Tree 10,000 m Tree trunk Diameter: 9	? ×
	Conifer Free crown Height: 	02 Height Tree 10,000 m Tree trunk Diameter: 0,30	? ×
	Conifer Free crown Height: 	02 Height Tree 10,000 m Tree trunk Diameter: 9	? × ::

<u> </u>	🛦 Conifer 0	)3 <b>? ×</b>
0	Tree crown Height: Diameter: Centre of Gravity [01]:	Height Tree: 10,000 m Tree trunk Diameter: 9 0,300 m
	Co Position [x;y] x = -27,000 m y = 0 m	Close

Slijedeće je postavljanje modula na krovove objekata. Izabere se *Module Coverage*, zatim vrsta modula na *Select / Edit Reference Module*. Tada se izabere *New Module*. Izabrani modul je LG Electronics Inc, LG350N1K-V5 i klik na OK. Modul se može postaviti horizontalno i vertikalno. Izabrano je horizontalno. Ispunjavanje površine modulima, može se raditi pojedinačno, grupno (*Fill Area*) ili automatski (Cover). Horizontalni i vertikalni razmak između modula je 2 cm.



Na krovu garaže pokazati će se postavljanje FN modula na fiksne nosače podešene pod odgovarajućim (optimalnim ) kutom za područje Osijeka.

Izabere se *Module Mounting*, zatim vrsta modula na *New Assembbly System*, izabere se isti modul LG350N1K-V5, te se postavi horizontalno tako da ukupan nagib bude 34°.



Klikom na OK potvrđuju se upisane vrijednosti. Tada se izabere broj horizontalnih modula u redu u izborniku *Number of horizontal Modules*. Pritiskom na tipku *Cover the Mounting Surface*, automatski se postave FN moduli i po potrebi pozicioniraju.



Za odgovarajuću snagu instaliranih FN modula izabere se odgovarajući izmjenjivač (*Inverter*).

U *Module Configuration* izabere se druga ikonica *Configure module areas together* te se označe



I klikom na Configure module areas together dobiva se slijedeće:

## Inverter

Onfigure module areas together	5ª 🗃
✓ Building 01-Roof Area South + B	Building 02-Roof Area South

Klikom na *New Inverter* kreće izbor izmjenjivača. Stavi se kvačica u *Polystring Configuration* i izabere se izmjenjivač po snazi FN elektrane. Može se uzeti i izmjenjivač manje snage od ukupne snage elektrane.

r	Suggest Configuration (using <u>Selection</u> ) - Inverters: Suitable: 1 / Selection: 1	
CHECK	VALUES	POWER
	CONFIGURATION: Building 01-Roof Area South + Building 02-Roof Area South	
×	1 x Fronius International FRONTUS Symp 12.5-3-M V 🕅	12.6 kWp
	Type of Operation: MPP 1, MPP 2	
√	MPP 1: 2 Strings x 12 Modules in series  Building 01-Roof Area South	
	⊕ Add Row	
<	MPP 2: 1 Strings x 12 Modules in series 🔹 Building 02-Roof Area South 💌	
	① Add Row	
	New Inverter	
Module Ar	eas:	Configured
	Building 01-Roof Area South 24 x i LG350N1K-V5 = 8,4 kWp	24 PV Modules
	Building 02-Roof Area South 12 x 🕕 LG350N1K-V5 = 4,2 kWp	12 PV Modules
Options:	Check System	
	Configuration Limits	
	Choose inverters only from Favorites	

•	ОК	Cancel

Kada se ispod opcije Check pojave zelene kvačice izmjenjivač je pravilno izabran.

Provjera izbora radi se na opciji Check System. Ukoliko su vrijednosti u zelenom području izmjenjivač je pravilno izabran. Žuto područje je područje tolerancije, dok crveno područje znači da izmjenjivač nije dobro izabran.

Configuration Check						—	$\Box$ $\times$	
<ul> <li>Building 01-Roof A</li> <li>FRONIUS Symp 1</li> </ul>			Ourrent under STC: 29,4				Max. Input Current: 43,5	
✓ MPP 1 ✓ MPP 2	Current in A		25	30	35	40	45	
		_		Factor: 100,8				
	Sizing Factor in 76	o	90	100 110	120	130	140	
	PV Generator Power in kWp	12,6						
	AC apparent power max. in kVA	12,5						
	AC Active Power in kW (cos $\phi$ = 1)	12,5						
					Legend:	Design Tolera Restric	nce Range ted Range	
							Close	

Cable Plan, shema spajanja kabela može se raditi ručno i automatski.

# Izbor kabela Izmjenjivač (Inverter) – elektroenergetska mreža

AC Cable (FRONIUS Symo 12.5-3-M)				
from meter to inverter (one-way)	15 m	6 mm² ~	Copper v	]
Circuit symbols integrated in the inverter	Name	Info	Symbol	o Add
Circuit symbols after inverter	Name	Info	Symbol	o Add
	Fuse	Edit	- €	
	Circuit Breaker	B 25A	- <u>+</u> - 😮 T	

# Izbor kabela na DC strani

-

DC topology per MPP tracker								
Select MPP Tracker	1	$\sim$						
Number of strings in the PV array		2						
Max. Number of Inputs on the Tracker		6						
Connecting strings by using	None	$\sim$						
String Cables (MPP Tracker 1)								
String Cable (2x Go-and-return)	40 m		4 mm² ~		Copper 🗸 🗸			
Circuit symbols String Cable	Name		Info	Symbol		o	Add	
DC topology per MPP tracker								
DC topology per MPP tracker	2	~						
DC topology per MPP tracker Select MPP Tracker Number of strings in the PV array	2	~ 1						
DC topology per MPP tracker Select MPP Tracker Number of strings in the PV array Max. Number of Inputs on the Tracker	2	~ 1 6						
DC topology per MPP tracker Select MPP Tracker Number of strings in the PV array Max. Number of Inputs on the Tracker Connecting strings by using	2 None	~ 1 6 ~						
DC topology per MPP tracker Select MPP Tracker Number of strings in the PV array Max. Number of Inputs on the Tracker Connecting strings by using String Cables (MPP Tracker 2)	2 None	~ 1 6 ~						
DC topology per MPP tracker Select MPP Tracker Number of strings in the PV array Max. Number of Inputs on the Tracker Connecting strings by using String Cables (MPP Tracker 2) String Cable (1x Go-and-return)	2 None 20 m	✓ 1 ✓	4 mm ² ~		Copper v			

# Izgled sheme

# Plans and parts list

#### Shema



Na izborniku *Presentation* daje se izvješće kompletne izvedene situacije, uz naglasak da u ovom dijelu projektiranja nije obrađena tehno-ekonomska analiza pa te podatke iz izvješća ne treba uzimati u obzir.



