

# ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

## „ Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије - ХРП- ЛАБ“

### Аутори техничког решења

- Проф. Др Милорад Бојић, ред. проф, Машински факултет у Крагујевцу
- Проф. Др Ненад Марјановић, ред. проф, Машински факултет у Крагујевцу
- Др Лукић Небојша, ред. проф., Машински факултет у Крагујевцу
- Др Милан Деспотовић, ван. проф., Машински факултет у Крагујевцу
- Др Вања Шуштерчић, ван. проф., Машински факултет у Крагујевцу
- Др Весна Марјановић, доцент, Машински факултет у Крагујевцу
- Др Мирко Благојевић, доцент, Машински факултет у Крагујевцу
- МрТарановић Драган, асистент, Машински факултет у Крагујевцу

### Наручилац техничког решења

- Euro Heat - Крагујевац
- Пројекат ресорног министарства НПЕЕ 271003

### Корисник техничког решења

- Euro Heat - Крагујевац
- Машински факултет Крагујевац - Лабораторија за термодинамику и термотехнику

### Година када је техничко решење урађено

- 2006.

### Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство, енергетика

## **1. Опис проблема који се решава техничким решењем**

Соларна енергија се обично користи за добијање топлоте или електричне енергије. Веома често је потребно добити и користити и топлоту и електричну енергију истовремено па се због тога развијају хибридни пријемници соларне енергије (ХП). Међутим додатни разлог је јер такви уредјаји омогућавају да се потпуније искористи Сунчева енергија која пада на површину Соалрних пријемника.

Коришћење енергије сунца је веома актуелно како у Европи тако и у свету, међутим код нас још увек није узело пуно маха. Ово је један од покушаја коришћења соларне енергије ради добијања електроенергије и топлоте.

Сматра се да је количина соларне енергије која је на располагању на земљиној површини 20 хиљада пута већа него потребе за електро енергијом. Постоје озбиљни разлози зашто је допринос соларних електрана снабдевању света електро енергијом тако незначајан. Неки од њих су веома велики габарит електрана, њихова ниска осетљивост на дифузно зрачење, потреба тачног праћења сунца са великом количином покретних делова, значајни трошкови одржавања и слаб развој тржишта што све зависи од претходно споменутих ограничења.

Овај уређај развијен је као лабораторијски прототип који треба да покаже колика је могућност концентрисања соларног зрачења и његовог коришћења за производњу електричне енергије и топлоте.

## **2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења**

Научни радници UNESCO-вог Chair у Сверуском Истраживачком Институту за Електрификацију у Пољопривреди који води професор Д. Стребков пројектовали су хибридне системе соларних концентратора. Системи су веома високе ефикасности.

Циљ развоја соларног модула је повећање ефикасности искоришћења соларне енергије и смањење цене добијене топлотне енергије, а такође и израда ефективних соларних уређаја уграђених у фасаде и кровове зграда ради њиховог обезбеђења електричном енергијом, топлотом, врућом водом ...

## **3. Суштина техничког решења**

Циљ је развој хибридног соларног пријемника за добијање топлоте и електро-. Такође се идентификују најоптималнија решења за ХП. При овоме се инсистира на што већој енергетској ефикасности, еколошкој одрживости, економији извођења и коришћења те конструкције у различитим експлоатационим условима у Србији. Превиђено је да се демонстрира исплативост рада ових технологија и утицати на њихову пенетрацију како код грађанства тако и у привреди.

При развој хибридног Соларног пријемника прво су сагледане могућности конфигурација прототипа хибридног соларног пријемника. Дошло се до закључка да се прототип може

остварити у четири конфигурација: SPVA, PVA, SVPA и PA. Те различите конфигурације хибридних пријемника имају различит положај употребљених стакала, фото-ћелијског панела и апсорбера. Као прототипови урађене су две конфигурације и то типа SPVA и SVPA. У прототиповима користи се специјална врста фотоћелијских панела - бифацијални соларни панел. Апсорбер се прави од специјално обликованог алуминијумског профила и биће истих димензија као фотоћелијски панел.

#### 4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

У оба прототипа користиће се специјална врста фотоћелијских панела - бифацијални соларни панел типа MSWb 40(12)/24. Његове главне карактеристике по којима се разликује од конвенционалних фотоћелијских модула су да је транспарентан тј. пропушта део инфрацрвеног сунчевог зрачења, и има два лица тј. његове обе стране (предња и задња) реагују на светлост и претварају светлосну енергију у електричну енергију. На предњој страни бифацијалног модула, соларне ћелије су заштићене стаклом које је отпорно на удар док су са задње стране заштићене транспарентним заштитним филмом. На својој предњој страни, соларне ћелије реагују на сунчево зрачење више него на задњој и производе дупло више електроенергије. Димензије панела и неке од електро енергетских карактеристика овог панела су дате у Табели 1.

Табела 1 Димензије и параметри електричне енергије бифацијалног фотоћелијског панела MSWb 40(12)

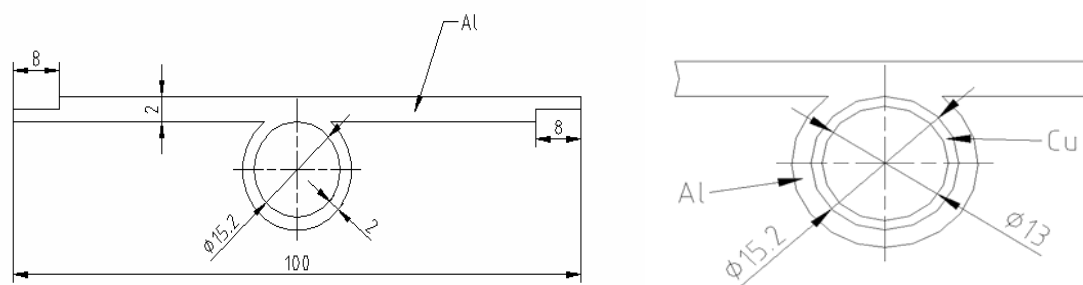
Димензије		Параметри струје	Напред	Позади
Дужина	598 мм	Снага $\pm 5\%$	40 W	24 W
Ширина	587 мм	Називна јачина струје Имп	2.35 A	1.41 A
Висина кућишта	38 мм	Називан напон Вмп	17 В	17 В
		Номиналан напон	12 В	12 В
Број ћелија (конфигурација)	36 (40x90)	Струја кратког споја Исц	2.70 A	1.75 A
Тежина [кг]	4.0 кг	Напон отвореног кола Воц	21.6 В	21.2 В

Апсорбер је истих димензија као одговарајући фотоћелијски панел. Његове карактеристике су дате у Табели 2. Апсорбер се прави од специјално обликованог алуминијумских профила који је приказан на слици 1а, а бакарне цеви се убацују у цевни простор у алуминијумском апсорберу као што је приказано на слици 1б. Цевни регистар од бакра, који се налази у апсорберу, састоји се из 6 паралелних цеви које полазе из једног и враћају се у други заједнички сабирник.

Табела 2 Карактеристике апсорбера пројектованог соларног пријемника

Карактеристике	Вредности	Карактеристике	Вредности
Димензије	598x587мм	Изолација	Минерална вуна <sup>2</sup>
Нето површина	0,351м <sup>2</sup>	Доња заштитна плоча	Ал лим дебљине 0,5 мм
Тежина	9.25 кг	Садржај флуида	0,538 литара
Апсорбер	А1 профил <sup>1</sup>	Прикључци	Ф15, Ф18 или Ф22
Покривач	Стакло 3мм	Коефицијент апсорпције	0,95
Рам- Ал профил	дебљине 2мм	Коефицијент рефлексције	0,14
Хидраулични круг	Цу цев Ф15/13	Степен искоришћења	0,78
Сабирник- бакарна цев	Ф22/20	Век трајања	40 година

<sup>1</sup>Al профил је специјално обликован и електрохемијски пресвучен селективном превлаком  
<sup>2</sup>Минерална вуна тврдо пресована пресвучена Al рефлектујућом фолијом



Слика 1 а) Попречни пресек једног од елемената апсорбера  
 б) детаљ апсорбера (Cu цев је увуцена у Al цев)

Могуће је направити прототип хибридног Соларног пријемника у четири конфигурације: SPVA, PVA, SVPA и PA које се међусобно разликују по положају употребљеног стакла, фотоћелијског панела и апсорбера. Конфигурације су описане у Табели 3.

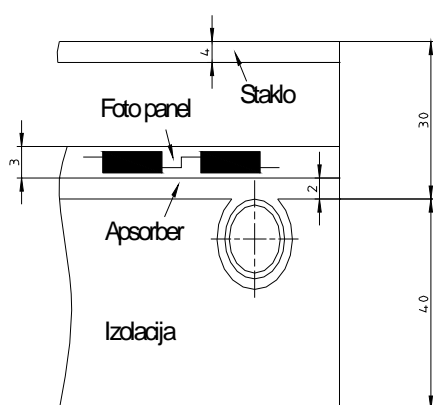
Табела 3 Пут сунчевог зрака до апсорбера кроз хибридни панел при разним варијантама његове израде

Медијум	SPVA <sup>+</sup>	PVA*	SPVA <sup>+</sup>	PVA*
	ПВ/Т <sub>Н</sub> =С,ПВ	ПВ/Т <sub>Н</sub> =ПВ	ПВ/Т <sub>Н</sub> =1	ПВ/Т <sub>Н</sub> =0
1	Стакло	ПВ панел	Стакло	ПВ панел
2	Ваздух	Ваздух	Ваздух	Апсорбер
3	ПВ панел	Апсорбер	ПВ панел	
4	Ваздух		Апсорбер	
5	Апсорбер			

<sup>+</sup> Реализовани уређаји

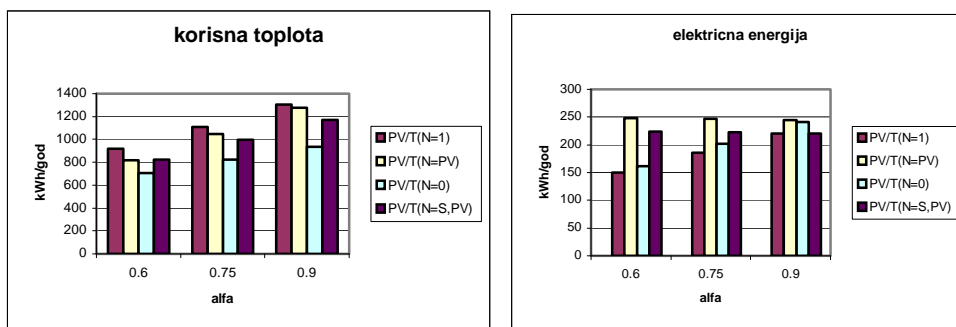
\*Уређаји који могу да се направе тако што се при испитивању склони покривно стакло

Током рада реализована су два пријемника и то: један типа SPVA, и други типа SVPA. Реализован прототип типа SPVA приказан је на Слици 2а и 2б. Ови типови соларних пријемника су предмет истраживачких разматрања током израде овог пројекта.



Слика 2 Хибридни пријемник SVPA: (а) Схема пресека и (б) реализован прототип

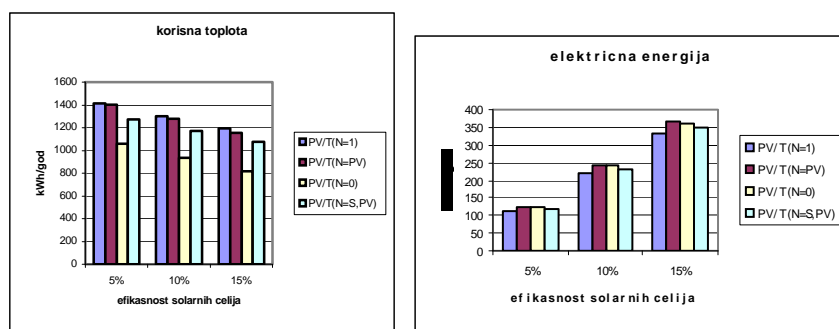
Анализа рада ХП на годишњем нивоу дат је на следећим сликама



Slika 3 Zavisnost korisne toplote i električne energije od koeficijenta apsorpcije (alfa)

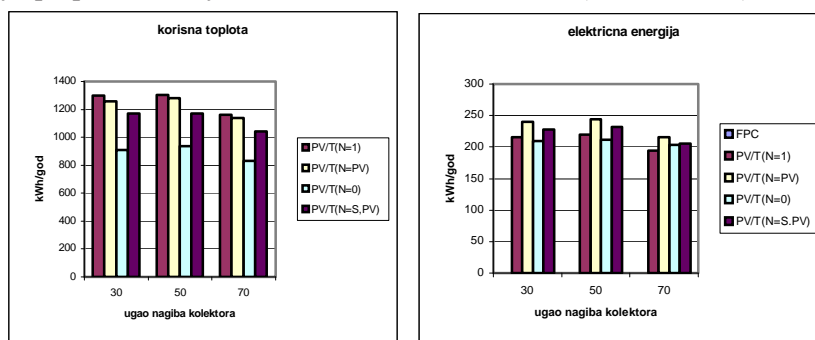
Наиме, уколико се фотоћелијски панел налази на апсорберу, тада се повећањем коефицијента апсорпције повећава и количина произведене електричне енергије. Ако фотоћелијски није на апсорберу, произведена електрична енергија скоро да и не зависи од коефицијента апсорпције.

Разматране су три вредности степена ефикасности фотоћелојског панела (5%; 10%; 15%). Резултати су приказани на слици 4. Очигледно је да што је већи степен ефикасности, пријемник током године даје мању количину топлоте, већу количину електричне енергије док добијена укупна енергија остаје на истом нивоу.



Slika 4 Zavisnost korisne toplote, i električne energije od stepena efikasnosti fotoćelijskog panela

Анализирана су три различита угла нагиба испитиваних ХП (30°; 50°; 70°).



Slika 5 Zavisnost korisne toplote i električne energije od ugla nagiba

Резултати су приказани на слици 5. Види се да постоји угао нагиба за који добијамо максималну количину топлоте и електричне енергије. Оптимални угао нагиба пријемника за Крагујевац (44° географске ширине) је 54° што и показују обављена истраживања у оквиру овог рада.

У табели 6 дате су базне вредности конструкцијских параметара за испитивани ХП.

Табела 6 Вредности базних параметра хибридног равног соларног пријемника

Параметри пријемника		Параметри пријемника	
Површина пријемника (m <sup>2</sup> )	2	Коефицијент апсорпције апсорбера	0.92
Коефицијент емисије апсорбера	0.90	Температурски коефицијент фотоћелијског панела (%/°C)	0.40
Коефицијент емисије стакла	0.88	Фактор ефикасности пријемника	0.90
Коефицијент проводјења топлоте изолације (W/Km)	0.023	Ефикасност фотоћелиског панела	0.10
Дебљина изолације (mm)	50		

На Машинском факултету, у Центру за Грејање, Климатизацију и Соларну инсталиран је уређај



Слика 12 Инсталирани хибридни пријемник

## 5 Литература

1. Bojić i ostali, Hibridni solarni prijemnici: realizacija i merenja, Masinski fakultet u Kragujevcu, Univerzitet u Kragujevcu, 2006.
2. Bojić i ostali, Tehnoekonomske analize investicija u hibridne solarne kolektore, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2006.
3. Bojic, M., Prikaz Projekta Development and investigation on hybrid solar collector for heat and electricity generation, Apstrakt na engleskom, MNZZS, 2005.
4. Bojić, M., Taranović, D., Demonstraciono postrojenje hibridnog solarnog ravnog prijemnika, Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene, Crnogorska akademija nauka i umetnosti, Budva, 6-7.10. 2005.
5. Bojić, M., Blagojević, M., Janković, R., Analiza rada različitih hibridnih solarnih prijemnika na godišnjem nivou, Alternativni izvori energije i budućnost njihove primene, Crnogorska akademija nauka i umetnosti, Budva, 6-7.10. 2005.
6. Bojić, M., Šušterčić, V., Janković, R., Toplotna efikasnost hibridnog i običnog ravnog solarnog prijemnika u zavisnosti od njihovih konstrukcijskih parametara, Zbornik Radova na CD Romu, Energetika, Efikasnost, Tehnologija, 12ti simpozijum termičara Srbije i Crne Gore, Soko Banja, 18-21.10.2005.
7. Bojić, M., Despotović, M. Razvoj hibridnog ravnog solarnog prijemnika, Zbornik Radova na CD Romu, Energetika, Efikasnost, Tehnologija, 12ti simpozijum termičara Srbije i Crne Gore, Soko Banja, 18-21.10.2005.

8. Bojić, M, Despotović, M., Čukić, R., Janković, R. Analyses of installation parameters to performances of hybrid solar collectors (Analiza uticaja parametara instalacije na performanse hibridnih solarnih prijemnika) (in Serbian), Proceedings of XXXVI international congress in heating, refrigeration, and air conditioning, Belgrade, SMEITS, pp. 124-128 (2005).
9. M.Bojić, Development and investigation on hybrid plane collector for heat and electricity generation (Razvoj i ispitivanje hibridnog ravnog prijemnika sunčeve energije za toplotno i električno pretvaranje), Power point presentation, Conference Renewable Energy Sources in Serbia - possibilities, development and financing, Beogradsko sedište Privredne komore Srbije, Resavska 13-15, Beograd, 22. dec. 2005.



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
ПРИМЉЕНО. 19 MAY 2010

Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
	01-1/1484-1		

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Крагујевцу број 01-1/1128-14 од 22. 04. 2010. године именовани смо за рецензенте техничког решења "Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије - ХРП-ЛАБ" аутора Проф. Др Милорад Бојић, ред. проф, Проф. Др Ненад Марјановић, ред. проф, Др Лукић Небојша, ред. проф., Др Милан Деспотовић, ван. проф., Др Вања Шуштерчић, ван. проф., Др Весна Марјановић, доцент, Др Мирко Благојевић, доцент, Тарановић Драган, асистент. На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

## ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење "Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије - ХРП-ЛАБ" аутора Проф. Др Милорад Бојић, ред. проф, Проф. Др Ненад Марјановић, ред. проф, Др Лукић Небојша, ред. проф., Др Милан Деспотовић, ван. проф., Др Вања Шуштерчић, ван. проф., Др Весна Марјановић, доцент, Др Мирко Благојевић, доцент, Тарановић Драган, асистент, реализовано 2006 године, приказано је на 7 страница формата А4, писаних Times New Roman фонтом, једноструким проредом, садржи 12 слика. Састављено је следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења
3. Суштина техничког решења
4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже) и
5. Литература.

Техничко решење припада области Машинство, енергетика.

Наручилац техничког решења је Euro Heat - Крагујевац или Техничко решење је реачизовано у оквиру рада на пројекту ресорног министарства НПЕЕ 271003.

Основна полазна идеја за ово техничко решење прихваћена је и објављена у зборницима радова неколико међународних конференција. Примена предложеног техничког решења реализована (очекивана) је у предузећима Euro Heat - Крагујевац домаће индустрије, мада постоји интерес и страних компанија.

## МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења "Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије - ХРП-ЛАБ" асистент су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења. Ово техничко решење (Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије) се састоји из апсорбера на коме је залепљен фотонапонски панел. Апсорбер и фотонапонски панел су заједно смештени у колекторској кутији која је са свих страна изолована помоћу минералне вуне док је са стране фотонапонског панела постављено стакло. Сунчево зрачење пролази кроз стакло и пада на фотонапонски панел где се део око 14% претвара у електро енергију. Остатак



енергије сунчевог зрачења претвара се у топлоту и одводи водом која пролази кроз апсорбер Хибридног Соларног колектора. Уређај не мења свој положај током рада.

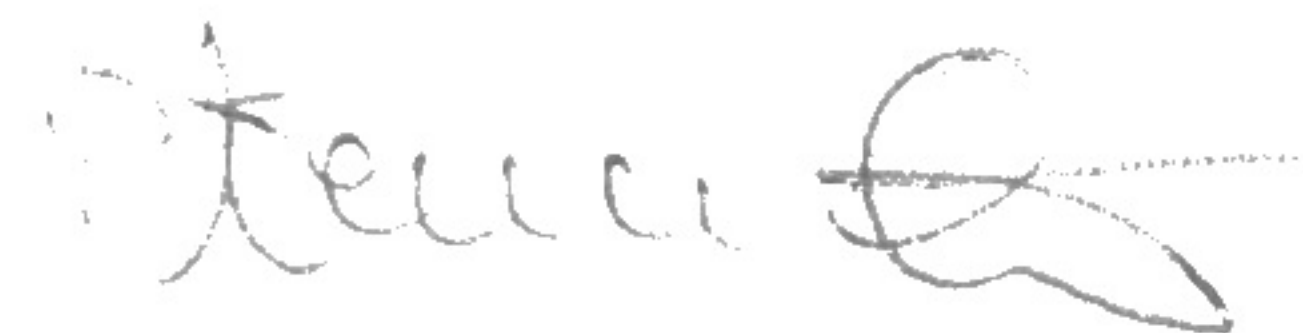
Техничко решење овог уређаја је реализовано и проверен његов рад дужи времена у пратичним условима када су добијени очекивани резултати. Очекује се производња овог уређаја у компанији Еуро хеат у Крагујевцу у блиској будућности. Са задовољством предлажемо да се решење "Хибридни равни пријемник Сунчеве енергије - ХРП-ЛАБ" прихвати као ново техничко решење.

С обзиром на оригиналност и сложеност конструкције, успешну реализацију и позитивне резултате у испитивању предлажемо да се ово техничко решење категоризује као индустријски прототип.

датум, 18.05.2010. у Крагујевцу

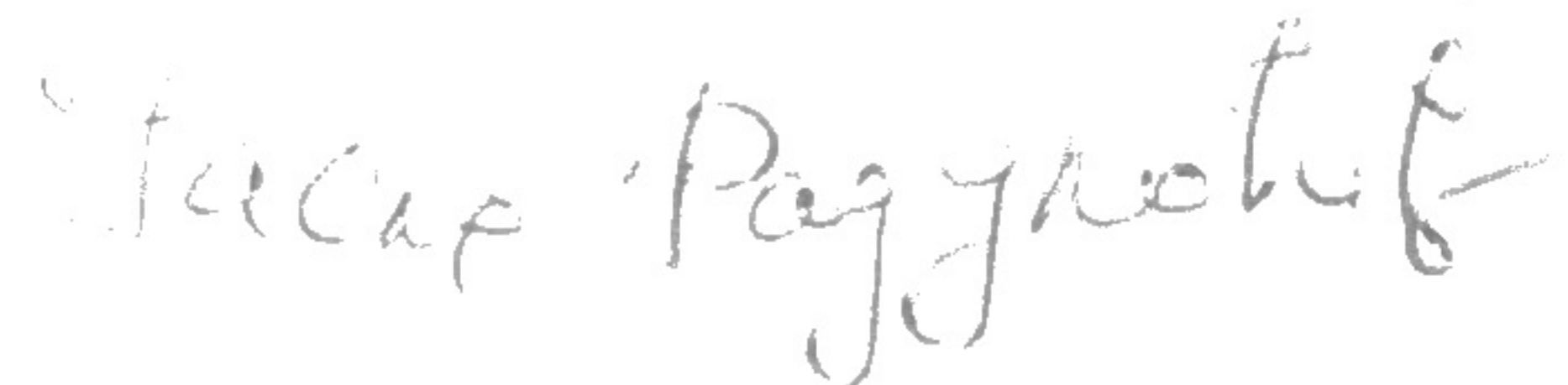
Др Радивоје Пешић, ред.проф.

име и презиме, титула



Др Јасна Радуловић, ван.проф.,

име и презиме, титула







Универзитет у Крагујевцу  
Машински факултет у Крагујевцу  
Број : **ТР-29/2010**  
10. 06. 2010. године  
Крагујевац

Наставно-научно веће Машинског факултета у Крагујевцу на својој седници од 10. 06. 2010. године на основу члана 200. Статута Машинског факултета, донело је

## **О Д Л У К У**

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Хибридни равни пријемник сунчеве енергије ХРП – лаб“, аутора **Др Милорада Бојића, Др Ненада Марјановића, Др Небојше Лукића, Др Милана Деспотовића, Др Вање Шуштершич, Др Весне Марјановић, Др Мирка Благојевића и Мр Драгана Тарановића.**

Решење припада класи **М85**, према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, ("Сл. гласник РС", бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Радивоје Пешић, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу**
2. **Др Јасна Радуловић, ванредни професор, Машински факултет у Крагујевцу**

Достављено:

Ауторима

Архиви

ДЕКАН МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Др Мирослав Бабић, ред. проф.