

ПРОЈЕКАТ ПАСИВНЕ ГРАДЊЕ СА ПРИМЕНОМ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ И СОЛАРНИХ СИСТЕМА**PROJECT OF PASSIVE BUILDING WITH APPLICATION OF HEAT PUMPS AND SOLAR SYSTEMS**

Младен Јеремич, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – Машинство

Кратак садржај – Предмет овог рада јесте приказ о начину градње, могућностима уштеде енергије, опису коришћених обновљивих извора енергије те количини смањења емисија штетних гасова, изградњом пасивних у односу на класичан начин градње. На почетку рада се говори о производњи енергије, њеном утицају на околину, те изградњи пасивних грађевина. Наставак приказује преглед извора енергије и детаљнији опис обновљивих извора коришћених у пасивном начину градње. Даље су дати прорачуни потрошње примарне енергије и система за њену дистрибуцију за пасивну грађевину овог пројекта. Завршни део односи се на еколошку свест о изградњи пасивних грађевина у сврху смањења потрошње енергије односно емисија штетних гасова у односу на класичан начин градње са приказаном економском анализом пројекта. На самом крају, дат је закључак.

Abstract – The subject of this paper is a description of the method of construction, the possibilities of energy saving, the description of the used renewable energy sources and the amount of reduction of harmful gas emissions, the passive construction method in relation to the classes. At the beginning of the paper, we talk about energy production, its impact on the environment, and the construction of passive buildings. The continuation shows an overview of energy sources and a more detailed description of renewable sources useful in passive construction. Further, the calculations of primary energy consumption and the system for its distribution for the passive building of this project are given. The final part refers to the ecological awareness of the construction of passive buildings in order to reduce energy consumption, i.e. emissions of harmful gases compared to the classic construction method shown by the economic analysis of the project. At the very end, a conclusion is given.

Кључне речи: Пасивна грађевина, уштеда енергије, обновљиви извори енергије.

НАПОМЕНА: Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др. Ђорђе Додер.

1. УВОД

Развојем нових технологија, растом броја становника, те њиховом активношћу, живот на планети Земљи се у последњих 50-ак година значајно променио. Све то узрокује велике потребе за енергијом, највећим уделом конвенционалне, без које се данашњи начин живота не може ни замислити.

Главни кривац насталој ситуацији је сагоревање фосилних горива које узрокује испуштање гасова са ефектом стаклене баште у атмосферу од којих је најзаступљенији CO₂ (угљен-диоксид).

Називи нискоенергетска грађевина и пасивна грађевина не означавају директно начин саме градње објекта, већ првенствено означавају потрошњу енергије за грејање.

Данас постоји пет главних категорија енергетски ефикасних кућа:

- нискоенергетске куће (low energy house)
- пасивне куће (passive house, ultra-low energy house)
- куће нулте енергије (zero energy house or net zero energy house)
- аутономне куће (autonomous building, house with no bills)
- куће са вишком енергије (energy-plus-house)

2. ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ У ПАСИВНИМ ГРАЂЕВИНАМА

Након стотина година кориштења енергије фосилних горива, данас се глобална слика мења, а обновљиви извори се све више сматрају једним од кључних фактора будућег развоја Земље.

Развој обновљивих извора енергије (посебно од ветра, воде, сунца, биомасе и геотермалне енергије) важан је због неколико разлога:

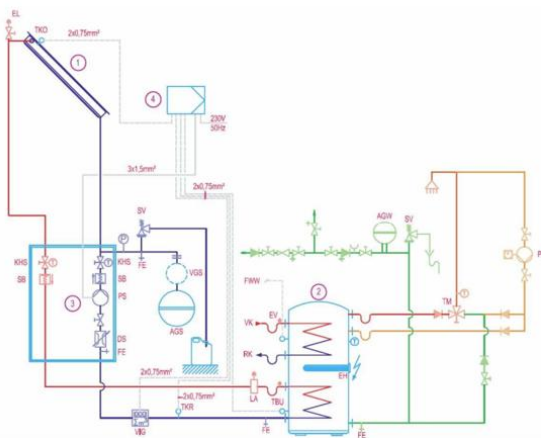
- обновљиви извори енергије имају врло важну улогу у смањењу емисије угљендиоксида (CO₂) у атмосферу
- повећање удела обновљивих извора енергије повећава енергетску одрживост система.
- очекује се да ће обновљиви извори енергије у даљој будућности постати економски конкурентни конвенционалним изворима енергије.

Обновљиви извори енергије на земљи потичу од три главна примарна извора:

- од распадања изотопа у дубини земље (геотермелна енергија и сл.)
- од гравитационог деловања планета (енергија морских мена и сл.)
- од термонуклеарних конверзија на сунцу (Сунчева и енергија ветра)

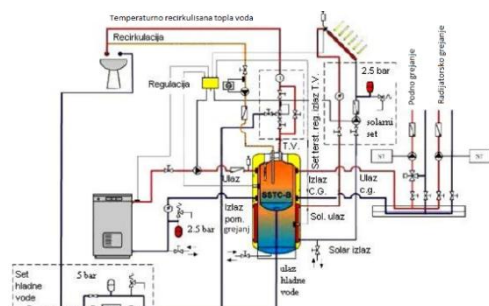
Начини коришћења сунчеве енергије се могу поделити на пасивне, активне и оне за производњу ел. енергије.

Сунчева енергија се активно прикупља уз помоћ соларних колектора, у нашим крајевима првенствено у сврху загревања ТПВ и у мањој мери грејања простора. Соларни колектори се уграђују у склопу соларног система (Слика 2.4.).



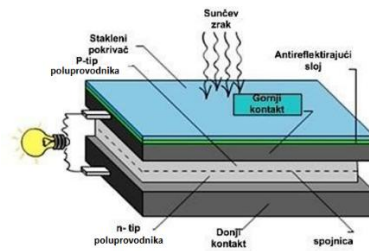
Слика 2. 4. Соларни систем за припрему ТПВ [4]

Уз припрему топле потрошне воде соларни системи се користе и за грејање простора у виду нискотемпературног система грејања као што је подно или зидно грејање. Системи који су намењени и за загревање ТПВ и за грејање простора захтевају већу површину колектора и већу запремину резервоара



Слика 2. 10. Шематски приказ система соларног грејања и припреме ТПВ [4]

Фотонапонске ћелије су заправо полупроводнички елементи који директно претварају енергију Сунчевог зрачења у електричну енергију. Ако затворимо струјни круг између соларног колектора и неког потрошача, нпр. светиљке, струја ће протећи и потрошач ће бити снабдевен ел. енергијом, односно наша светиљка ће засветлити (слика 2.13.).



Слика 2. 13. Принцип рада фотонапонске ћелије [2]
Топлотне пумпе су уређаји који доводе енергију (топлотну), са нижи на виши температурни ниво, уз додатну енергију (рад), левокретним кружним процесом са одговарајућим медијумом.

За свој рад захтевају два топлотна резервоара:

- топлотни извор: простор или медијум ниже температуре од којег се топлота одводи.
- топлотни понор: простор или медијум више температуре којем се топлота доводи.

2.1. Топлотне пумпе земља-вода:

Температура Земље током године је прилично једнолична, на око 2 m износи од 7 до 13 °C, па представља добар резервоар топлоте. Та се топлота може искористити постављањем земних хоризонталних колектора и вертикалних сонди (слика 2.21.).

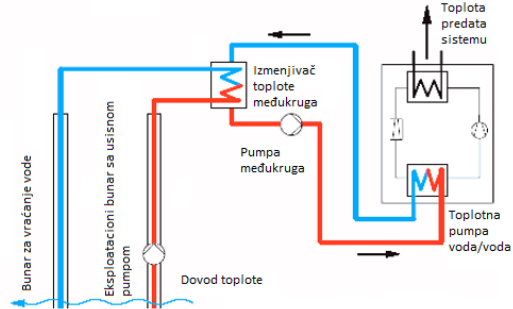


Слика 2. 21. Искоришћење земљине топлоте (вертикалне сонде и хоризонтални колектори) [2]

2.2. Топлотне пумпе вода-вода:

Температура подземних вода креће се од 7 до 12 °C током целе године па је погодна као резервоар топлоте за топлотне пумпе.

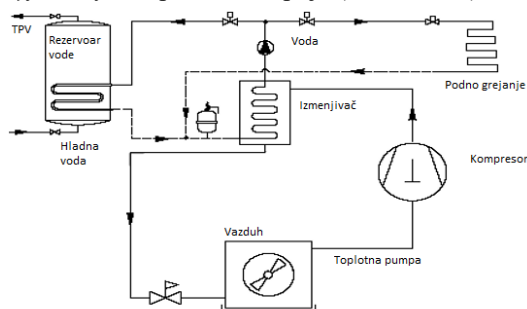
Вода се из експлоатационог бунара доводи до измењивача топлоте међукруга (противструјни), где се топлота воде преноси на медијум међукруга (расолина-вода), тако „загрејан“ медијум се доводи у испаривач где се загрева вода у секундарном кругу топлотне пумпе (слика 2.22.)



Слика 2. 22. Принцип рада топлотне пумпе, вода/вода, применом експлоатационог бунара [1]

2.3. Топлотне пумпе ваздух-вода:

Највећи и најприступачнији огревни резервоар топлоте за топлотне пумпе представља околни ваздух. Оребрени измењивач топлоте са принудном циркулацијом ваздуха користи се за измену топлоте између ваздуха и радне материје (слика 2.23.).



Слика 2. 23. Принципа рада топлотне пумпе ваздух/вода [1]

3. ПРОРАЧУН

Прорачун је израђен према норми СРПС ЕН 13790 која описује прорачун годишње месечне потрошње енергије за грејање и хлађење.

Овде ћемо приказати прорачунате вредности месечних трансмисионих и вентилационих топлотних губитака објекта с обзиром на спољну и унутрашњу пројектну температуру, искоришћење принудне механичке вентилације са регенерацијом путем рекуператора. За вентилацију је претпостављено 0,5 измена ваздуха по сату. [3]

ТРАНСМИСИОНИ ГУБИЦИ						
Површине	A	k	H _{TRAN.}	t _{eks.}	t _{int.}	Φ _{TRAN.}
	m ²	W/m ² K	W/K	°C	°C	W
Спољни зид	184,65	0,11	20,44	-18,00	21,00	797,35
Кров	125,00	0,13	16,83	-18,00	21,00	656,39
Под	117,00	0,13	15,72	-18,00	21,00	613,26
Балкон	22,51	0,14	3,21	-18,00	21,00	125,37
Остакљења	33,72	0,82	27,65	-18,00	21,00	1078,37
Спољна врата	2,40	1,00	2,40	-18,00	21,00	93,60
			86,26			3364,33

Таблица 3.10. Трансмисиони губици објекта

ВЕНТИЛАЦИОНИ ГУБИЦИ								
ρ	c _p	n	V _A	V	V _{int.}	U _{вент.}	H _{вент.}	Φ _{VENT.}
kg/m ³	J/kgK	h-1	m ³ /(h m ²)	m ³	m ³ /h	m ³ /h	W/K	W
1,20	1005,00	0,50	1,20	470,83	235,41	47,08	94,64	322,099

Таблица 3.11. Вентилациони губици објекта

Добици од унутрашњих извора зависе од активности које се обављају унутар објекта, колико особа борави у простору, као и у зависности од рада различитих уређаја и сл., али се за просек узима вредност од око 5 W/m² површине пода. [3]

У табlici 3.13. приказане су прорачунате вредности добитак топлоте од сунчевог зрачења по месецима за целу годину.

ГОДИШЊИ – МЕСЕЧНИ ДОБИЦИ ТОПЛОТЕ				
Месец	Q _{ms}	Q _{mt}	Q _{dob.}	Q _{dob.}
	kWh	kWh	kWh	MJ
Јануар	525,59	730,92	1256,51	4523,44
Фебруар	663,16	660,19	1323,35	4764,04
Март	985,87	730,92	1716,80	6180,47
Април	874,95	707,35	1582,29	5696,26
Мај	233,57	730,92	964,49	3472,17
Јун	229,68	707,35	937,03	3373,29
Јул	252,59	730,92	983,51	3540,64
Август	244,69	730,92	975,62	3512,22
Септембар	233,27	707,35	940,61	3386,20
Октобар	227,90	730,92	958,83	3451,78
Новембар	483,66	707,35	1191,01	4287,62
Децембар	313,08	730,92	1044,00	3758,42
ГОДИШЊЕ	5268,00	8606,04	13874,04	49946,55

Таблица 3.13. Годишње вредности унутрашњих добитак од сунца

3.1. Годишња енергија за грејање:

У табlici 3.14. приказане су месечне вредности енергије за грејање објекта добијених према вредностима губитак и добитак топлоте.

Месец	Q _{H.tr}	Q _{H.vz}	Q _{H.bl}	Q _{H.sol}	Q _{H.int}	Q _{H.m}	γ _H	η _{g.s}	α _{rad.H}	Q _{H.rad}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	-	-	-	kWh
МЕСЕЧНО										
Јануар	1463	201	1664	526	731	1257	0,76	0,838	1	611
Фебруар	1125	172	1297	663	660	1323	1,02	0,737	1	321
Март	1059	187	1246	986	731	1717	1,38	0,616	1	188
Април	634	400	1033	875	707	1582	1,53	0,572	1	127
Мај	347	298	644	234	731	964	1,50	0,582	1	83
Јун	143	61	203	230	707	937	4,61	0,215	1	2
Јул	39	46	85	253	731	984	11,58	0,086	1	0
Август	96	50	146	245	731	976	6,66	0,150	1	0
Септембар	323	189	512	233	707	941	1,84	0,498	1	44
Октобар	680	429	1109	228	731	959	0,86	0,796	1	346
Новембар	1056	152	1207	484	707	1191	0,99	0,750	1	315
Децембар	1309	190	1499	313	731	1044	0,70	0,860	1	601
УКУПНО										2638
Q _{H.g} "	kWh/m ² a год									13,42

Таблица 3.14. Годишња потребна енергија за грејање објекта

3.2. Годишња енергија за хлађење:

У табlici 3.16. приказане су месечне вредности енергије за хлађење објекта добијених према вредностима губитак и добитак топлоте.

Месец	Q _{C.tr}	Q _{C.vz}	Q _{C.bl}	Q _{C.sol}	Q _{C.int}	Q _{C.m}	γ _C	η _{g.s}	α _{rad.C}	Q _{C.rad}
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	-	-	-	kWh
МЕСЕЧНО										
Јануар	1463	201	1664	526	731	1257	0,8	0,7	1	
Фебруар	1125	172	1297	663	660	1323	1,0	0,8	1	
Март	1059	716	1775	986	731	1717	1,0	0,8	1	
Април	634	400	1033	875	707	1582	1,5	1,0	1	479
Мај	347	298	644	234	731	964	1,5	1,0	1	274
Јун	143	404	547	230	707	937	1,7	1,0	1	363
Јул	39	309	348	253	731	984	2,8	1,0	1	632
Август	96	334	431	245	731	976	2,3	1,0	1	536
Септембар	323	189	512	233	707	941	1,8	1,0	1	408
Октобар	680	429	1109	228	731	959	0,9	0,8	1	
Новембар	1056	152	1207	484	707	1191	1,0	0,8	1	
Децембар	1309	190	1499	313	731	1044	0,7	0,7	1	
УКУПНО										2692
Q _{C.g} "	kWh/m ² a год									13,7

Таблица 3.16. Годишња потребна енергија за хлађење објекта

4. ЕКОНОМСКО-ЕКОЛОШКА АНАЛИЗА

У таблицама 6.3. и 6.4. приказане су вредности потрошње примарне енергије за објекат овог пројекта, израђене по стандарду класичне градње и конвенционалног система са гасом као енергентом за грејање и припрему ТПВ, исте оријентације са двоструким ПВЦ остакљењима, истих димензија,

енергетског броја за грејање од 66 kWh/m² годишње, те дајемо поређење са вредностима за пасивну кућу овог пројекта на основу чега добијамо износ годишње уштеде.

Потрошња енергије							
Месец	ТПВ kWh	Системи		Е.л. уређаји kWh	Трошкови енергије		
		Грејање kWh	Хлађење kWh		Уређаји РСД	Системи РСД	Укупно РСД
Јан	376	3658		581	32151	4631	36782
Феб	340	2465		525	22356	4184	26540
Мар	376	1364		581	13868	4631	18498
Апр	364	600	206	562	9325	4479	13804
Мај	376	38	387	581	6384	4631	11015
Јун	364	0	866	562	9803	4479	14282
Јул	376	0	1757	581	17000	4631	21631
Авг	376	0	1115	581	11883	4631	16514
Сеп	364	26	440	562	6615	4479	11094
Окт	376	473		581	6767	8400	15167
Нов	364	1987		562	18737	4479	23217
Дец	376	3450		581	30493	4631	35124
Укупно	4428	14061	4771	6840	185382	58285	243667

Таблица 6.3. Потрошња и трошкови енергије класичног начина градње

Месец	Системи			Е.л. уређаји kWh	ЕНЕРГИЈА Укупно kWh	Разлика енергије kWh	Трошкови енергије РСД
	ТПВ kWh	Грејање kWh	Хлађење kWh				
Јан	376	3658	0	582	4616	4500	35865
Феб	340	2465	0	525	3330	3330	26540
Мар	376	1364	0	582	2322	2324	18522
Апр	364	600	206	563	1733	1736	13836
Мај	376	38	387	582	1383	1385	11038
Јун	364	0	866	563	1793	1795	14306
Јул	376	0	1757	582	2715	2716	21647
Авг	376	0	1115	582	2073	2074	16530
Сеп	364	26	440	563	1393	1395	11118
Окт	376	473	0	582	1431	1432	11413
Нов	364	1987	0	563	2914	2853	22738
Дец	376	3450	0	582	4408	4025	32079
Укупно					30111	29565	235633

Таблица 6.4. Смањење потрошње и трошкова енергије путем пасивне градње

На основу годишње потрошње енергије добијене су вредности у таблицама 6.5. и 6.6. за количине емисија CO₂ пасивне и класичне градње на основу којих долазимо до вредности смањења од 9.125 t CO₂ годишње пасивним начином градње

Потрошена енергија					Добитак kWh	Разлика kWh	Емисије CO ₂ kg
Месец	ТПВ kWh	Грејање kWh	Хлађење kWh	Уређаји kWh			
Јан	40	153	0	492	685	569	116
Феб	17	80	0	446	544	744	44
Мар	2	47	0	498	546	1094	
Апр	0	32	120	485	517	1241	
Мај	0	21	68	503	524	1505	
Јун	0	0	91	488	488	1531	
Јул	0	0	158	505	505	1679	
Авг	0	0	134	503	503	1505	
Сеп	0	11	102	486	497	1647	
Окт	9	87	0	496	591	957	
Нов	39	79	0	476	595	533	62
Дец	65	150	0	491	706	323	383
Σ НС	172	659	674	5868	6699	13329	561

Таблица 6.5. Количине емисија CO₂ пасивне градње

Емисије CO ₂				
Месец	ТПВ kg	Грејање kg	Хлађење kg	Уређаји kg
Јануар	99	966	0	223
Фебруар	90	651	0	201
Март	99	360	0	223
Април	96	159	79	216
Мај	99	10	148	223
Јун	96	0	332	216
Јул	99	0	673	223
Август	99	0	427	223
Септембар	96	7	169	216
Октобар	99	125	0	223
Новембар	96	525	0	216
Децембар	99	911	0	223
Укупно	1171	3713	1828	2623

Таблица 6.6. Емисије CO₂ класичног начина градње

5. ЗАКЉУЧАК

Овим смо радом показали како се, градњом и коришћењем савремених пасивних и ниско

енергетских грађевина односно начином њиховог пројектовања, извођењем али и коришћењем обновљивих извора, добија најбољи однос између екологије и енергетске ефикасности.

Пасивне куће применом соларних система и топлотних пумпи као главним изворима енергије уз јако добру изолацију и остакљење, правилном локацијом и оријентацијом троше врло мало енергије, односно „штеде“ и уједно увелико смањују штетне емисије, пре свега CO₂, као најзаступљенијег гаса са ефектом стаклене баште и смањују истоимени ефекат који је последица дугогодишњег коришћења-сагоревања фосилних горива. Прорачунима губитака и добитака добијамо потребну количину топлотне енергије за грејање која је у оквиру граница за пасивне куће те према томе пројектујемо потребне системе.

Даљим прорачунима показали смо да пасивна кућа „троши“ знатно мање енергије од класичне па тако мање угрожава природу.

Дакле, пасивна градња задовољава два главна услова енергетске ефикасности, минимални трошак енергије и угрожавање природе, уз све строжије мере у погледу потрошње енергије и испуштања штетних емисија у природу.

6. РЕФЕРЕНЦЕ

[1] Рецкнагел, Шпренгер, Шрамек, Чеперковић, „Грејање и климатизација“, Врњачка Бања, 2004
[2] Бранислав Живковић, Зоран Стајић, „Мали термотехнички приручник“, СМЕИТС Београд, 2011.
[3] ***, Енергетске перформансе зграда - Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора, СРПС ЕН ИСО 13790:2010, 2010. Година
[4] Званични сајт компаније “Rehau”, www.rehau.com, доступно у септембру 2024. године

Кратка биографија:



Младен Јеремић, рођен је у Шапцу 1994. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства – Термоенергетика одбранио је 2024. год.