

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енерго и еколошки менаџмент

Број индекса: 347/2010

Стефан Д. Митровић

**Системи централног грејања индивидуалног
домаћинства који користе биомасу (пелет) као
енергент
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Душан Гордић -ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Садржај

1.0 Биомаса	6
1.2 Пелет у Србији	8
1.3 ПелетуЕвропи	10
2.0 Термотехнички прорачун губитака топлоте	11
2.1 Подаци за прорачун потребне количине топлоте.....	11
2.2 Основи прорачуна	12
2.3 Губици услед пролаза топлоте кроз обухватне површине.....	12
2.4 Коефицијент прелаза топлоте k за практичну употребу	14
2.4.1 Коефицијенти k за зидове	14
2.4.2 Коефицијент k за врата и прозоре	16
2.4.3 Коефицијент пролаза топлоте за таванице и подове	17
2.4.4 Коефицијент k за кровове.....	19
2.4.5 Коефицијент проводљивости топлоте λ	20
Коефицијент проводљивости топлоте λ за материјале који су чешће у употреби се могу наћи у свим термотехничким приручницима.	20
Сви коефицијенти преноса топлоте се мењају при променама температуре па уколико су те промене од већег значаја треба их рачунати и са тим променама.	20
2.4.6 Ваздух као топлотни изолатор и провера на кондензацију влаге из њега	20
2.5 ТЕМПЕРАТУРСКИ ПОДАЦИ	22
2.5.1 Унутрашња пројектна температуре (УПТ) просторије	22
2.5.2 Спољна пројектна температура	23
2.5.3 СПТ неких већих места у Србији	24
2.5.4 Температуре у просторијама које се не загревају.....	24
2.6 Додаци на прорачунате губитке топлоте Q_0	25
2.6.1 Додатак на прекидложења	26
2.6.2 Додатак Z_a ради изједначења температуре услед хладних површина	27
2.6.3 Додатак на стране света Z_s	27
2.6.4 Додатак услед пропустљивости преградних површина. Пропустљивост прозора и врата	28
2.6.5 Додатак на угаони положај прозора Z_n	30
2.7 Прорачун укупне количине топлоте Q_h	30

2.7. 1 Упрошћен начин прорачуна. Додатак на утицај ветра Z_v	30
3.0 Основна подела конвенционалних система грејања у домаћинствима.....	32
3.1 Уређаји за локално грејање	33
3.2 Уређаји система централног грејања	36
4.0 Грејни системи који користе пелет	39
4.1 Главне оперативне карактеристике пећи на пелет	40
4.2 Пелетни котлови.....	45
4.3 Транспортери пелета	46
4.4 Резервоарзапелет	48
5.0 Могућност модификације постојећих котлова на чврста горива	49
5.1 Поступак модификације котла	50
6.0 Примери прорачуна и економска исплативост грејања на пелет	53
6.1 Уградња система грејања на пелете користећи модификовани котао и његова исплативост.....	58
6.2 Уградња система грејања на пелете користећи специјализован котао и његова исплативост.....	60
6.3 Уградња система грејања користећи пелет котао уместо гасног котла	61
7.0 Закључак	63
Литература	64

РЕЗИМЕ

Светска потреба за енергијом расте из дана у дан, како она расте расту и цене енергената. Тако да данас се људи окрећу алтернативним изворима енергије који некада нису били економски прихватљиви док данас јесу због раста цена конвенционалних енергената.

Системи централног грејања који користе пелет постају саким даном све популарнији, посебно у развијеним земљама.

Ови системи поред своје економске и еколошке значаја пружају далеко већу угодност кориснику од система који користе угља и огревна дрва.

У овом раду ће бити приказане основне једначине које се користе у пројектовању система грејања једног стамбеног објекта, одабир грејних тела, технологија коришћења пелета и анализа исплативости коришћења пелета као алтернативног горива угљу, дрвима и природном гасу.

ABSTRACT

World demand for energy is increasing day by day, as it is growing and energy prices are increasing too. So now people are turning to alternative sources of energy that once were not economically viable as they are today because of the rising prices of conventional fuels.

Central heating systems that use pellets are becoming increasingly popular with anyone on the day, especially in developed countries. These systems in addition to its economic and ecological importance provide far more comfort to user than the systems that use coal and firewood.

This paper will present the basic equations that are used in the design of the heating system of a residential building, the selection of heaters, technology using pellets and cost-benefit analysis using pellets as an alternative fuel to coal, wood and natural gas.

1.0 Биомаса

Биомаса представља живу или до недавно живу материју, биљног или животињског порекла, која се може користити као енергент. Биомаса се најчешће користи за производњу топлотне или електричне енергије док се у новије време све више користи за производњу биогорива које се може користити у моторима са унутрашњим сагоревањем као

замена нафтним дериватима. Биомаса је обновљиви извор енергије, а уопштено се може поделити на дрвну, недрвну и животињски отпад.

Дрвна биомаса се може састојати од обрађеног или необрађеног дрвета. Обрађено дрво које се користи као извор енергије настаје као отпадни материјал у стругарама или производним процесима

индустрије намештаја од дрвета у виду окрајака, piljevine i дрвене праšине. Овакво дрво није погодно за коришћење као енергент па се додатно обрађује ради добијања брикета или пелета.



Слика 1.1 Облици биомасе

Недрвна биомаса се односи на биомасу која се најчешће састоји од пољопривредних култура. Састоји се од кукурузовине, сламе и сувих остатака биља, који се може балирати а затим спаљивањем претворити у топлотну енергију, или биљних култура које су погодне као сировина у производњи биодизела. Biomasa iz životinjskog otpada se svojim većinskim delom koristi kao đubrivo a manjinski deo za proizvodnju biogasa procesom anaerobne digestije.

Табела 1.1 Енергетске вредности најзаступљенијих облика биомасе као енергента

Врста биомасе	Енергетска вредност (kJ/kg)
Биодизел	37800
Биогас	24000
Суво обло дрво (12% влаге)	14400-17400
Брикети	16000-18000
Пелети	17000-20000
Бале (слама, кукурузовина...)	Око 15000

1.1 Појам пелет и његова производња

Проблем већине енергената добијених из биомасе, као једне од алтернатива угљу, нафти и природном гасу лежи првенствено у њиховој малој енергетској густини, високом садржају влаге и хетерогености облика. Овај проблем се може смањити или чак и потпуно нестати употребом пелета јер главна одлика пелета у односу на друга горива биомасе јесте низак садржај влаге, велика густина енергије и хомогенизована величина и облик.



Слика 1.2 Пелети

Доследан квалитет горива чини пелете достојним горивом за коришћење од пећи и система централног грејања па до већих производних постројења, са делимичном аутоматизацијом код било којег од ових система. Увођење пелета на тржиште биомасе као једног хомогеног горива подстакло је развој потпуно аутоматских пећи и котлова који представљају све већу конкуренцију конвенционалним грејним системима на гас или деривате нафте. [1]

Пелет је еколошки чисто гориво које насатаје пресовањем остатка од прераде дрвета, љуске ораха, лешника, сламе, папира,... без додавања хемиских средстава и као такав нема битних разлика у квалитету од произвођача до произвођача Пелети, као гориво добили су назив по начину "паковања" при чему се растресити материјали пакују у мале ваљке. Операција се обавља помоћу великих механичких преса. Пелеткаогоривоодликује:

- могућностаутоматизованогкоришћења,
- једноставноруковањеиодржавање,
- високстепеникоришћења (идо 96,3%),
- малаколичинапепела 0,7 – 1 %,
- минималнаемисија CO₂исумпора,
- није потребно свакодневно чишћење и ложење,



Слика 1.3 дрво као енергент

- лакиједноставанзатранспортискладиштење (врећеод 15 kg и 20kg иликоличиневећеод 1t сетранспортујукамионом).

Пелет се израђује у облику малих ваљака пречника 6 до 12 mm и дужине 10 до 30 mm. Калориска моћ му је око 18 000 kJ/kg у зависности од врсте сировине од које добијен. Тако мање квалитетни пелет има калориску моћ од 17 000 kJ/kg док неке врсте пелета достижу калориску моћ од чак 20 000 kJ/kg. По калориској моћи 1 литар лож

уља еквивалентан је количини од 2 kg пелета. У пракси се из 1 kg пелета може добити око 5 kWh енергије за грејање. [2]

Конвенционална технологија пелетирања дрвета се састоји од следећих поступака: складиштења и предтретмана сировог материјала, сушења сировог материјала, процеса производње пелета, хлађења и складиштења пелета.

Процес предтретмана сировог материјала се односи на уситњавање крупнијих комада дрвене масе у одговарајућим дробилицама или млиновима. После овог процеса, материјал за пелетирање се суши принудим или природним путем до садржаја влаге између 12 и 18 %. Сушење материјала за пелетирање може се одвијати и пре поступка уситњавања што пракси није непознато.

Пелети се производе компресовањем исушеног дрвеног материјала који је прво прошао кроз дробилицу, уситнио се и добио уједначен облик. Ова дрвена маса улази у пресу где се компресује и истискује кроз матрицу, која има отворе потребне величине (у пракси су то често отвори пречника 6 или 8 mm), у крајњи производ. Висок притисак у преси узрокује да се повећа температура дрвета између 100 и 150° C, чиме се постиже ефекат „пластификације“ лигнита формирајући природан лепак који држи пелет и спречава расипање ваљкастог облика пелета док се хлади. Хлађење се врши најчешће принудним струјањем ваздуха. [3]

Запреминска маса овако добијених пелета варира у зависности од врсте материјала и величине самог пелета између 650 до 700 kg/m³. Утрошак електричне енергије за производњу пелета је од 120 до 200 Wh/kg не рачунајући енергију потребну за сушење дрвета. [4]

1.2 Пелет у Србији

Данас у Србији постоје три места где се генерише дрвени отпад занимљив са становишта производње пелета а то су: остаци у шуми после сече, пилане где се врси примарно обликовање индустриског дрвета и у постројењима или радионицама где се врши финална обрада дрвета (индустрија намештаја од дрвета и производња столарије). Према својој величини, дрвене остатке можемо поделити на: кору, крупне остатке након сечења обловине и ситни остаци



Слика 1.4 Буков пелет

(пиљевина, струготина и дрвна прашина). У пиланама од укупне количине дрвета која се преради између 50 и 65% запремине представља комерцијални производ, а остатак је дрвени отпад (табела 1.2). У зависности од квалитета остатка, да ли је кора скинута или не, остатак може да се користи за производњу дрвених плоча. У другом случају дрвени остатак се може користити као огрев. При годишњој производњи резаног дрвета од 397 000 m³ у 2006. години отпад у пиланама је износио око 480 000 m³.

У Србији постоји свега неколико великих пилања. Мале пилане обраде око 50% укупне количине дрвета која се обради у свим пиланама, и по неписаном правилу не користе остатке дрвета, онда са укупном производњом од 397 000 m³ резаног дрвета, количина отпада у малим пиланама износи 240 000 m³. Од тога струготине 68 000 m³, пиљевине 30 000 m³, крупних комада дрвета 91 000 m³ и коре 51 000 m³. Врсту продуката у малим пиланама у Србији, као и њихову количину можемо видети у табели 1.2.

Табела 1.2 Продукти малих пилања у Србији

Назив	Тврди лишћари (%)	Меки лишћари и четинари (%)
Главни производ	50	65
Крупни комади и кора	24	14
Пиљевина и струготина	18	14
Ситни комадићи и прашина	8	7
укупно	100	100

При производњи финалних дрвених производа (намештаја, прозори, врата...) количина отпада често прелази и 50%. У финалној преради дрвета, користи се осушено резано дрво. Количина остатка и отпада увелико зависи од финалног производа и примењене технологије. У табели 1.3 се могу видети удели главног комерцијалног производа и различитих остатака када се користи резано дрво.

Табела 1.3 Приказ удела отпада и финалног производа када се користи резано дрво

Назив	Удео (%)
Главни производ	35
Остаци после сечења	57
Остаци после финалне обраде	3
Шкарт	5

Као сировина за производњу пелета највећа количина дрвног остатка долази из сече дрвета у шуми и из пилања. Стога се укупна количина дрвног остатка за производњу пелета процењује на око 1 000 000 m³, а састоји се од дрвног остатка при сечи дрвета у шуми, око 600 000 m³, из пилања око 360 000 m³ (као средња вредност максималне вредности од 480 000 m³ и минимално расположивог остатка од 240 000 m³) и из осталих предузећа прераде дрвета не више од 50 000 m³.

Буква и храст су најзаступљеније врсте дрвета у шумама Србије. Око 65% укупне сече дрва цини сеча управо букве и храста. На трећем месту је сеча топола. Имајући у виду да је густина сувог дрвета букве и храста 0,58 t/m³, а тополе 0,38 t/m³, да пелети садрже око 10% влаге, онда следи да од количине дрвног отпада расположиве у 2009. Години се могло произвести око 500 000 t пелета. [5]

1.3 ПелетуЕвропи

Према недавно објављеним подацима у реномираном часопису *Biofuels, Bioproducts & Biorefining (Biofpr)*, тржиште пелета у Европи је доживело процват. У 2009. Години је била већа од 10 милиона тона у приближно 650 фабрика за производњу пелета. Као и код осталих горива, цена пелета је у у порасту.

После Европе, државе Северне Америке имају највећи произвођачки капацитет, који је порастао са 1,2 милиона тона у 2003. години на 6,2 милиона тона у 2009. години.



Узимајући у обзир на политику Европске Уније да се повећа коришћење обновљивих извора енергије и смањи емисија гасова који изазивају ефекат стаклене баште, може се са сигурношћу рећи да ће се тржиште пелета и даље развијати. Према проценама заговорника овакве политике ЕУ, до 2020. године се очекује пораст производње биомасе из дрвета (брикети и пелети) на интервал између 105 милиона тона и 300 милиона тона што би представљало увећање производње за 10 до 30 пута у наредних осам година. [6]

2.0 Термотехнички прорачун губитака топлоте

Системи за грејање и њихови уређаји треба код централних система да омогуће и довољно равномерно загревање објеката и при разноврсним јачинама и периодима хладног времена, тако да услед неког пропуста не дође до прегревања или недовољног загревања појединих просторија.

Потребна количина топлоте за загревање објеката зависи од пројектованих захтева (температура) са једне стране, а са друге од врсте, величине положаја елемената објекта и спољних временских услова. Ова количина топлоте треба да надокнади губитке који настају услед пролаза топлоте кроз обухватне површине објекта.

Губици топлоте су углавном двојаки: пролазом топлоте кроз зидове и друге обухватне површине и одвођењем топлоте (конвекцијом) промајом ваздуха кроз жељене и нежељене отворе- процепе. Са познатим и релативно тачним подацима о карактеристикама обухватних површина први губици се доста тачно израчунавају (трансмисиони губици), док прорачуни за другу врсту губитка (инфилтрациони губици) дају само приближне резултате на основу прихваћених претпоставки о утицају ветра и недовољног заптивања врата и прозора.

Ради једнообразности прорачуна губитака топлоте која је потребна за загревање објеката у појединим земљама усвојене су одређене норме (у САД ASHRAE, у Немачкој DIN).

2.1 Подаци за прорачун потребне количине топлоте

За прорачун потребне количине топлоте потребне су:

- Ситуациони план зграде, на коме треба да су означене стране света и по могућству правци удара ветра. Поред тога на овом плану треба да су уцртани положај и величине околних зграда;
- План основне зграде са уцртаним котама прозора и врата;
- Пресеци зграде са подацима о чистој висини просторија, висина од пода до пода, висине прозора и врата;
- Подаци о врсти зидова, таваница и крова, нарочито ако се тиче специјалног извођења појединих радова да би се коефицијенти пролаза топлоте могли израчунати;
- Подаци о прозорима: конструкција (једноструки, “на крило”, двоструки), материјал, величина отвора крила (или дужина процепа- фуга);

- Подаци о вратима, са или без прага; Подаци о намени просторија где треба да буде означен распоред загревања, тј. који је начин и који су додаци одређени за прорачун потребне количине топлоте.
- При мерењу зидова, подова и таваница за дужину и ширину узимају се чисте мере; за висину зидова се не узима чиста унутрасња висина већ висина од спрата до спрата (тј. спољња висина). За отворе врата и прозора узима се зидарска мера, а не мера рамова. Прорачунски резултат се заокружује на 10W за сваку просторију. 2.2

2.2 Основи прорачуна

Према утврђеним нормама постоји разлика између губитака топлоте у јединици времена Q_0 [W] и потребне количине топлоте Q_u [W] за загревање неке просторије. Q_0 представља збир свих губитака топлоте услед пролаза кроз све укључиве елементе при најнижој усвојеној спољној температури. Међутим, стварно потребна количина топлоте Q_u добија се када се израчуната величина Q_0 увећа фактором Z , којим се израчунавају утицаји на повећање губитака Q тако да је:

$$Q_u = Q_0 \cdot Z \quad (2.1)$$

Где је:

$$Z = 1 + Z_p + Z_A + Z_S \quad (2.2)$$

Ови саставни фактори који означавају додатке на нето израчунату количину топлоте Q_0 представљају:

Z_p - додаток услед прекида загревања објекта;

Z_A - додаток ради изједначења услед хладних обухватних површина;

Z_S - додаток услед положаја просторије у односу на стране света.

Потребна количина топлоте онда износи:

$$Q_u = Q_0(1 + Z_p + Z_A + Z_S)[W] \quad (2.3)$$

2.3 Губици услед пролаза топлоте кроз обухватне површине

За сваку обухватну површину једне просторије кроз коју се врши измена топлоте (или неки њен саставни део) делимични губици топлоте Q_e се рачунају према законима о прелазу топлоте за стационарно стање:

$$Q_e = k \cdot A(t_u - t_s)[W] \quad (2.4)$$

Где је:

Q_e - губитак топлоте кроз елемент зида просторије [W]

A-површина елемента [m^2]

k- коефицијент прелаза топлоте [$Wm^{-2}K^{-1}$]

t_u - унутрашња температура просторије [K]

t_s - спољна или околна температура [K]

Када би било $t_c > t_u$ онда би вредност добијена за Q_e била негативна што би значило да нема губитка, већ добитка топлоте. Укупан добитак топлоте био би збир појединачних губитака, тј.

$$Q_0 = \sum Q_e [W] (2.5)$$

Горе означену површину A може да има зид, прозор, врата, под, таваница и свака друга преграда кроз коју се врши измена топлоте. За димензије расхладних површина у прорачун за зидове се узима циста унутрашња ширина, док се за висине узима спратна мера, тј.од пода до пода следећег спрата. За врата и прозоре се такође не узима чиста површина већ унутрашње “архитектонске” мере, тј.од зида до зида. За подове и таванице се узима чиста унутрашња ширина и дужина.

При овоме, ако се једна обухватна површина просторије састоји из различитих елемената, материјала или дебљине (сто утиче на промену поменутог коефицијента пролаза топлоте k) или ако се иста обухватна површина граничи са срединама у којима су различите температуре, онда се губици топлоте за сваки такав елемент површине одвојено обрачунавају. На пример, тако се поступа ако се на зиду налазе прозори, врата или се граничи делимично са неком унутрашњом просторијом, а делимично је спољашњи део зграде, итд.

Коефицијент пролаза топлоте k, за поједине обухватне преграде може се израчунати за разне случајеве када се претходно одреде величине α , β и δ . Ово је у пракси све ређе потребно, јер за многе стандардизоване преграде постоје експериментално утврђене вредности које су приказане у табелама разних техничких приручника и уџбеника.

2.4 Коефицијент прелаза топлоте k за практичну употребу

2.4.1 Коефицијенти k за зидове

Табела 2.1 даје вредности k по DIN-у за извесне врсте зидова који су чешће у употреби.

Табела 2.1 Вредност k за зидове [$Wm^{-2}K^{-1}$]

Врста зида	Дебљина зида у cm						
Зид од опеке	12	25	38	51	64	77	90
- спољни, једнострано омалтерисан	3.0	2.1	1.6	1.3	1.08	0.93	0.81
- спољни, обострано омалтерисан	2.9	2.0	1.55	1.27	1.06	0.91	0.8
- Унутрашњи, обострано омалтерисан	2.2	1.55	1.2	1.0	0.82	0.72	0.64
- Као претходни, са ваздушном изолацијом 5-12cm		1.6	1.3	1.0	0.94	0.81	0.73
- као претходни са изолацијом од плуте или тресета са унутрашње стране дебљине:							
2 cm	1.3	1.08	0.93	0.81	0.73	0.66	0.6
3 cm	1.0	0.88	0.78	0.7	0.63	0.58	0.53
4 cm	0.82	0.74	0.66	0.6	0.56	0.5	0.48
5 cm	0.71	0.64	0.58	0.53	0.5	0.46	0.43
Зид од лакшег камена цм:	30	40	50	60	70	80	90
- спољни, једнострано омалтерисан	2.8	2.3	2.1	2.6	1.7	1.6	1.4
- спољни, обострано омалтерисан	2.7	2.3	2.1	2.4	1.65	1.5	1.4
- унутрашњи, обострано омалтерисан	2.2	2.0	2.7	2.1	1.45	1.35	1.25
Зид од тежег камена (>2600 [кгм-3])							
- спољни, једнострано омалтерисан	3.4	3.0	2.8	2.6	2.3	2.2	2.0
- спољни, обострано омалтерисан	3.3	2.9	2.7	2.4	2.2	2.1	2.0
- унутрашњи обострано омалтерисан	2.6	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.7
Бетонски зид, дебљине цм:	5	10	15	20	30	40	50
- спољни, неомалтерисан	4.9	4.2	3.6	3.1	2.6	2.1	1.9
- спољни, обострано омалтерисан	4.1	3.5	3.1	2.8	2.3	2.0	1.7
- унутрашњи, неомалтерисан	3.6	3.1	2.8	2.6	2.1	1.9	1.6
- унутрашњи, обострано омалтерисан	3.1	2.8	2.6	2.3	2.0	1.7	1.5

Армирано бетонски зид							
- спољни, неомалтерисан	5.1	4.4	3.8	3.4	2.8	2.3	2.0
- спољни, обострано	4.2	3.7	3.3	3.9	2.4	2.1	1.9
омалтерисан	3.6	3.3	2.9	2.7	2.3	2.0	1.8
- унутрашњи, неомалтерисан	3.1	2.9	2.7	2.4	2.1	1.9	1.6
- унутрашњи, обострано							
омалтерисан							
Дрвени зид дебљине цм:	2	3	5	7	10	15	20
- од дасака спољни	3.8	3.3	2.4	2.0	1.6	1.1	0.9
- исто омаљтерисан изнутра	3.4	2.9	2.2	1.9	1.5	1.1	0.9
- унутрашњи омаљтерисан	2.6	2.2	1.7	1.4	1.1	0.8	0.6

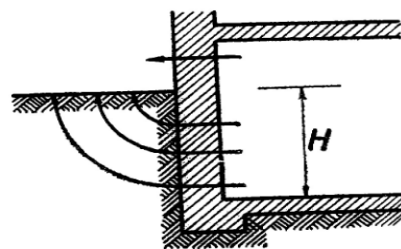
За друге врсте зидова који су ређе у употреби коефицијент k се може наћи у термотехничким приручницима.

Швајцарски прописи узимају у обзир разлику спољашњих и унутрашњих зидова при одређивању коефицијента k тако да су они различити за ове зидове истих димензија. Табела 2.2 показује неке од ових коефицијената, при чему k_s означава коефицијент за спољни, а k_u за унутрашњи зид у $[Wm^{-2}K^{-1}]$.

Табела 2.2 Вредности k_s и k_u за различите врсте зидова $[Wm^{-2}K^{-1}]$.

Врста зида			Дебљина у cm							
			6		12	20	25	30	38	51
Шупља цигла нормална малтер са обе стране			k _s	3.5	2.6	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1
			k _u	2.7	2.0	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8
			k _s	3.8	2.3	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1
			k _u	2.9	2.1	1.6	1.4	1.9	1.1	0.8
			k _s	3.7	3.0	2.3	2.1	1.9	1.6	1.3
			k _u	2.8	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
само за спољне зидове										
зид од природног			cm	30	40	50	60	70	80	90
кречњака			k _s	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5
Лаке унутрашње преграде cm: -Гипсане плоче k _u -Paneli od drvene vune k _u -Drvene daske k _u	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			2.9	2.7	2.4	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8
			2.9	1.6	1.4	1.3	1.6	1.1	0.9	0.8
			2.1	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9

За укопане делове зидова просторија које се делимично налазе под земљом (сутерени) коефицијенти k се смањују у зависности од висинске разлике нивоа H земље и пода укопане просторије (слика 2.1). Табела 2.3 показује смањење номиналне вредности k за сваки метар дубине.



Слика 2.1 Схематски приказ укопаног дела просторије

Табела 2.3 Номиналне вредности коефицијента k по укопаном метру

H (m)	k - номинална вредност [$Wm^{-2}K^{-1}$]	0.6	1.2	1.8	2.3	2.9
1	k - смањена вредност	0.52	0.9	1.4	1.9	2.3
2	„	0.46	0.8	1.2	1.7	2.0
3	„	0.4	0.7	1.1	1.4	1.8
4	„	0.35	0.6	0.9	1.2	1.5
5	„	0.29	0.5	0.7	0.9	1.2

2.4.2 Коефицијент k за врата и прозоре

Табела 2.4 Вредности k за врата и прозоре [$Wm^{-2}K^{-1}$]

Врата:		
-спољна дрвена	4.0	
-спољна метална	6.4	
-балконска стаклена једнострука	5.2	
-балконска стаклена двострука	2.9	
-унутрашња	2.9	
Спољни прозори:	Дрвени	Метални
-једнострано застакљени	5.8	7.0
-двоструко застакљени (размак 6 мм)	3.3	4.0
-двоструко размакнути (размак 12 мм)	2.9	3.7
-‘крило на крило’	3.0	3.5
-двокрилни прозор	2.8	3.3
-светларник једноставан споља	7.0	
-светларник двоструки споља	3.5	
-излози (према изложености ветру)	7.0 до 8.0	
-прозори од удубљеног стакла	2.9	
Унутрашњи прозори:		

-једноструки	3.5
-двоструки	2.3
-према тавану , једноструки	4.0
-према тавану, двоструки	3.5

2.4.3 Коефицијент пролаза топлоте за таванице и подове

За подове, таванице и кровове, који су у најчешћој примени, k налази се у табели 2.6. За исту конструкцију пода тј. таванице, коефицијент k је већи при пролазу топлоте навише или боље речено при пролазу према хладнијој средини (кроз таваницу) него при пролазу наниже (за пролаз кроз под). Ако се пролаз топлоте врши кроз под према хладнијој просторији (нпр. подрум) онда се вредности k узимају као пролаз навише. За грубе прорачуне у овом случају могу се узети следећи коефицијенти пролаза топлоте k за под/таваницу:

	ПРОЛАЗ ТОПЛОТЕ [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	
	навише	наниже
За дрвени под	1.2	1.3
ЗА“хладни” под (бетон)	1.8	1.4

Међутим, за тачније прорачуне коефицијент k треба узимати према одређеној међуспратној конструкцији. У табели 2.6, уколико је коефицијент k дат у виду разломка, број у броиоцу означава k за пролаз одоздо навише (кроз таваницу), а у имениоцу за пролаз одозго наниже (кроз под).

Ако примењена међуспратна конструкција, кроз коју се прорачунавају топлотни губици, осетно одудара од оних у датим табелама, онда се коефицијент пролаза топлоте за њих мора израчунати према датој формули:

$$\alpha = \frac{Q_h}{A(t_p - t_f)} \quad (2.6)$$

При овоме коефицијент прелаза топлоте α узети из следеће табеле 2.5:

Табела 2.5 Коефицијент α за међуспратне конструкције

За унутрашње стране вертикалних преграда, прозора, врата, зидова	Коефицијентпролазатоплоте α α [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]	Отпорпролазатоплоте α^{-1} α^{-1} [$\text{W}^{-1}\text{m}^2\text{K}$]
	$\alpha_u = 8$	$\frac{1}{\alpha_u} = 0.125$

За таванице и подове	$\alpha_u = 8$	$\frac{1}{\alpha_u} = 0.125$
За таванице и подове	$\alpha_u = 6$	$\frac{1}{\alpha_u} = 167$
За спољашње стране вертикалних преграда	$\alpha_s = 23$	$\frac{1}{\alpha_s} = 0.043$

Инексиозначава се коефицијент прелаза топлоте односи на унутрашњу (топлију) страну просторије, индексна спољну.

Табела 2.6 Вредност $k [Wm^{-2}K^{-1}]$ за таванице односно подове

1. Проста таваница од дрвених греди, покривена даскама ::			
а) дебљина даске	2.5cm	2.44/1.98	
б) дебљина даске	3.5cm	2.09/1.69	
в) дебљина даске	6.0cm	1.49/1.29	
2. Таваница од дрвених греди дебљине 2,6 cm, са покривачем од дасака дебљине 3,5cm, са доње стране оплата од 1,8 cm покривена малтером:			
-међупростор испуњен песком од	10cm	0,80/0,71	
-међупростор испуњен шљаком од	10cm	0,62/0,57	
3. Таваница од армираног бетона, без облоге, са завршним слојем цемента:			
а)debljina	7,5cm	3,49/2,56	
б) debljina	10cm	3,26/2,44	
в) debljina	15cm	2,74/2,21	
г) debljina	20cm	2,56/2,09	
4. Таваница од армираног бетона, са убаченом изолацијом од пресоване струготине (иверица), са завршним слојем цемента:			
Дебљина армирано-бетонске плоче [cm]	Дебљина изолационе плоче [mm]		
	15	25	35
5,5	2,56/1,98	1,86/1,51	1,51/1,34
10	2,44/1,86	1,75/1,45	1,45/1,28
15	2,09/1,75	1,63/1,40	1,34/1,22
20	1,98/1,69	1,51/1,69	1,23/1,16
5. Таваница од армираног бетона, са убаченом изолацијом од плуте са завршним слојем цемента:			
Дебљина армирано-бетонске плоче [cm]	Дебљина изолационе плоче [mm]		
	5	10	15
7,5	2,56/1,98	1,98/1,69	1,63/1,40
10	2,44/1,86	1,86/1,20	1,57/1,34
15	2,09/1,75	1,75/1,51	1,45/1,28
20	1,98/1,69	1,63/1,40	1,40/1,22

6. Монтажна ребраста међуспратна конструкција, испуњана шупљим блоковима, дебљине изнад 12 cm, са завршним слојем са доње стране. Одозго је постављен:			
под од дрвених дасака на гредицама	паркет на битумену	кисолит, терацо, плочице, пластика	цементни завршни слој
1,28/1,14	1,96/1,63	2,23/1,86	2,42/1,98
7. Монолитна ребраста међуспратна конструкција, испуњена шупљим блоковима, са завршним слојем са доње стране, дебљине изнад 20 cm. Одозго поплочана као под 6.			
1,09/0,99	1,57/1,34	1,75/1,49	1,86/1,57
8. Ситноребраста и полумонтажна међуспратна конструкција, са завршним слоје са доње стране, дебљине 30 cm. Одозго је поплочана као под 6.			
0,93/0,86	1,22/1,11	1,35/1,20	1,42/1,26
Уколико се испод таваница налазе изразито пролазне просторије, ове коефицијенте треба повећати за око 5 %.			
9. Под бетонски на земљи			2,33
10. Под дрвени преко гредица на земљи, са шупљином			1,28

2.4.4 Коефицијент k за кровове

Табела 2.6 наставак, вредности k за кровове [$Wm^{-2}K^{-1}$]

1. Кровови без оплате:		
1) цреп или таласасти лим на летвама без заптивања	11,63	
2) цреп са летвама са заптивеним спојницама	5,82	
3) стакло, једноставно, 3-5 mm, заптивене спојнице	5,82	
2. Кровови са једноставном оплатом преко рогова, дрвена оплата 2,5 cm без прореда:		
1) Цреп на летвама без заптивања	2,79	
2) Тер-папир, лим или шкриљац	2,44	
3) Са додатком плоча од плуте дебљине 2 cm, или сличне изолације	1,16	
3. Кровови са оплатом испод рогова, покривени црепом, лимом и сл. без заптивених спојница:		
1) Оплата од дасака 2,5 cm дебљине са међупростором од рогова	3,14	
2) Оплата од гипсаних плоча дебљине 5 cm	3,14	
4) Оплата од дасака 2,5cm дебљине са		

међупростором испуњеним шљаком	1,75	
4. Кровови са оплатом изнад и испод рогова са ваздушним међупростором, покривени црепом, лимом, кровном хартијом или шкриљцем. Даске за оплату 2,5 cm дебљине:		
a) Унутрашња оплата рабиц са слојем од 1,5cm	1,57	
b) Унутрашња оплата од дасака 1,5 cm дебљине са малтером	1,40	
c) Унутрашња оплата од гипсаних плоча 5 cm дебљине	1,35	
d) Унутрашња оплата од тресетних или плутаних плоча одозго омалтерисаних 2 cm дебљине	0,93	
5. Равни армирано-бетонски кровови, покривени кровном хартијом :		
Дебљина бетонске плоче у cm	голи	Са додатком терака или плочица
7	4,19	3,49
10	3,72	3,26
15	3,26	2,79

2.4.5 Коефицијент проводљивости топлоте λ

Коефицијент проводљивости топлоте λ за материјале који су чешће у употреби се могу наћи у свим термотехничким приручницима.

Сви коефицијенти преноса топлоте се мењају при променама температуре па уколико су те промене од већег значаја треба их рачунати и са тим променама.

2.4.6 Ваздух као топлотни изолатор и провера на кондензацију влаге из њега

Топлотна проводљивост ваздуха је веома ниска, па се он често користи као топлотни изолатор испуњавајући простор између две преграде. У оваквом случају не ради се о обичном спровођењу топлоте већ о прелазу, нарочито када дебљина ваздушног слоја постаје релативно велика. У пракси да би се избегао прорачун прелаза топлоте од једног зида на други примењује се тзв. “еквивалентни” отпор спровођења. За овај отпор може послужити следећа табела:

Табела 2.7 Вредности “еквивалентног” отпора провођења у зависности од дебљине зида

Дебљина ваздушног слоја [cm]:	1	2	5	10	15
За вертикалне слојеве и за хоризонталне, код којих се пренос врши одоздо на више [$Wm^{-2}K^{-1}$]:	0,16	0,21	0,23	0,23	0,22
За хоризонталне слојеве код којих се пренос врши одозго наниже [$Wm^{-2}K^{-1}$]:	0,20	0,23	0,24	0,24	0,28

Многи материјали и после сушења зграде задржавају извесну количину влаге. Због ове појаве, а и уопште, треба преконтролисати да ли ће у некој просторији доћи до кондезације влаге на унутрашњим површинама зидова, прозора и др. Где постоје услови да се повећа влажност ово треба јос строжије имати у виду. Ради овога треба одредити тачку росе, тј. температуре када наступа кондезација. Тачка росе се одређује из “i-x” дијаграма. Затим треба израчунати унутрашњу температуру расхладних површина и ако је она већа од температуре која одговара тачки росе за одговарајућу просторију, онда неће доћи до кондезације влаге. Међутим, у супротном случају треба вршити ревизију у циљу повећања унутрашње температуре. Температура унутрашње површине зида се израчунава помоћу релација:

$$Q_u = k(t_u - t_s) \quad [W] (2.7)$$

$$Q_u = \alpha (t_s - t_z) \quad [W] (2.8)$$

Где је: t_z - температура зида

t_u - унутрашња температура просторије

t_s - спољна температура

2.5 ТЕМПЕРАТУРСКИ ПОДАЦИ

2.5.1 Унутрашња пројектна температуре (УПТ) просторије

Ако се посматра изолована просторија у којој је ваздух у стању мировања са стабилизованом температуром и околни зидови средње температуре t_z а како је раније речено да се температуре угодности налазе у границама од 15° до 25° C при релативној влажности од 35% до 70%, може се усвојити да је

$$t_p = \frac{t_u + t_z}{2} \quad (2.9)$$

тј. температура просторије је једнака средњој температури ваздуха и преградних зидова просторије у унутрашњој страни. Ова температура t_p назива се још и осећајна температура јер изражава мерило температуре при којој се човек осећа угодно. Идеално би било да је $t_v = t_z$, што би се могло догодити у благим летњим данима стабилне температуре између 23° и 25° C при мирном ваздуху. Иначе је у температурском распону ваздуха од 15° до 25° C обично $t_z = t_u - (2-3^\circ)$ када се пренос топлоте (флукс) врши кроз преградне зидове према хладнијој средини.

У просеку се усваја да је приближно $t_p = 20^\circ$ C, а то је средња унутрашња пројектна температура (УПТ). У неким земљама се раније усвајала већа УПТ (САД 22° C) а у неким мања (Велика Британија 18° C), то је зависило од стандарда, навика, климе, начина грађења... У данасње време услед енергетске кризе тенденције су свуда да се УПТ смањи на што мању могућу меру. Унутрашња температура се мери у средини просторије на 1,5 m висине од пода при чему треба елиминисати утицај зрачења.

УПТ од 20° C, или друго усвојена треба да одговара угодности лица која бораве у тој просторији без физичке активности. Међутим она мора бити прилагођена могућности терморегулације присутних особа, тј. треба водити рачуна о њиховом броју, активностима итд. Такође се могу предвидети ниже температуре за просторије у којима се људи задржавају мање времена. Због овога су за УПТ усвојене норме за различите просторије и активности. У табели 2.8 изложене су УПТ од којих се поједине налазе у ЈУС стандарду.

Табела 2.8 УПТ за одређене просторије

Просторије у једној кући	УПТ [20° C]
Просторије за боравак, спаваће собе, трпезарије	+20
Кујне	+18
Предсобља, ходници, степеништа без прозора, WC	+15
Степеништа са прозорима без спољних врата	+10 do +15
Купатила са или без WC	+22 do +24
Ветробрани	+5 do +10

2.5.2 Спољна пројектна температура

СПТ је најнижа спољна температура која се усваја за прорачун. Инсталација грејања мора довољно загревати просторије током хладних периода. Свакако да ова најнижа температура није она која је икада забележена као минимална при најнеповољнијем стицају околности. То се не може очекивати као честа и систематска појава (подударане најниже температуре, најјачег ветра и густа облачност). Бас и када би се поновио такав случај, за краће време се то कंपезује нешто топлотном акумулацијом зграде а нешто форсираним ложењем.

Постоје различити начини за одређивање СПТ. Немачке норме предвиђају средњу вредност апсолутног годишњег минимума за дужи низ година (15, 20 и више). Руски научник Чаплин даје овај практичан образац:

$$SPT=0,4t_{hm}+0,6t_{min}(2.10)$$

Гдеје:

t_{hm} -

средњатемпературанајхладнијегмесецаугодиниапсолутнаминималнатемпературеуодређеномместу

t_{min} -

средњатемпературанајхладнијегмесецаугодиниапсолутнаминималнатемпературеуодређеномместу

У САД се препоручује да се за СПТ не узима виша температура од најниже температуре забележене у последњих десет година повећане за 8°C.

За груби прорачун потрошње топлоте у неком објекту , поред количине топлоте потребне за дневно загревање, користи се још и број дана периода грејања. Рачуна се да грејање треба започети када средња спољашња температура падне испод +12°C и да га треба одржавати све док се ова температура не стабилизије изнад +12°C. Поред статистичког податка о средњој дневној спољној температури, она се може без осетне грешке рачунати по следећем обрасцу:

$$t_m = \frac{t_7+t_{14}+2t_{21}}{4}(2.11)$$

Где су t_7 , t_{14} и t_{21} температуре читане у 7, 14 и 21 часа. Овако постигнута тачност показује грешку од највише 0.2°C.

2.5.3 СПТ неких већих места у Србији

Tabela 2.9 Спољне пројектне температуре, $\theta_{H'e}$ [$^{\circ}\text{C}$], за места у Републици Србији[7]

МЕСТО	$\theta_{H'e}$	МЕСТО	$\theta_{H'e}$
Банатски Карловац	-13,2	Копаоник	-20,1
Београд	-12,1	Лесковац	-17,4
Бечеј	-15,8	Лозница	-13,7
Ваљево	-14,4	Ниш	-14,5
Врање	-15,3	Нови Сад	-14,8
Вршац	-15,4	Пећ	-18,1
Велико Градиште	-14,1	Пожега	-18,3
Димитровград	-15,8	Призрен	-18,4
Зајечар	-17,5	Приштина	-19,8
Златибор	-16,0	Сјеница	-23,7
Зрењанин	-14,8	Сомбор	-15,1
Кикинда	-15,3	Сремска Митровица	-15,0
Краљево	-14,7	Сурчин - Београд	-13,0
Крушевац	-16,2	Црни Врх	-18,5
Крагујевац	-15,0	Ћуприја	-15,2

2.5.4 Температуре у просторијама које се не загревају

Поред спољних зидова, кроз које се топлота губи услед нижих температура изван зграде, постоје и унутрашњи зидови којима су преграђене просторије које се не загревају или им је температура нижа од суседних, па се топлотни губици који произилазе из ових температурних разлика морају прорачунати. Уколико нису нарочито одређене, температуре појединих мање загреваних или незагреваних просторија се могу наћи следећој табели 2.10:

Табела 2.10 Пројектне температуре мање загреваних или незагреваних просторија

При спољашњој температури у °C	-6	-9	-12	-15	-18	-21
Поткровље:						
Кров са $k < 2$	0	0	-3	-6	-9	-12
$k = 2$ до 5	0	-3	-6	-9	-12	-15
$k > 5$	-3	-6	-9	-12	-15	-18
Суседне просторије које су окружене:						
-спољним ваздухом без сопствених врата, подрумске просторије	+1	+9	+6	+6	+3	+3
-спољним ваздухом са спољним вратима (ходници, пролази, степениште)	+4	+3	0	0	-3	-3
-земља испод пода просторије			+6	+5	+4	+3
-земља са стране просторије			0	-1	-2	-3
Суседне зграде са грејањем у непосредном додиру:						
-са централним	+15					
-са пећима	+10					
Котларнице	+20					
Котларнице са промајом због аутоматских горионика са течним или гасовитим горивима	+15					

НАПОМЕНА: *Топлотни добици при прорачуну губитака*

При прорачуну губитака топлоте треба узети у обзир евентуалне добитке. То може бити од произведене топлоте услед многобројних лица, машина, апарата или неке друге суседне просторије са вишом температуром.

2.6 Додаци на прорачунате губитке топлоте Q_0

Ови додаци, када се установе а које треба додати прорачунатим губицима топлоте за све просторије зависи од карактеристике самог објекта, дневног трајања ложења, потребног изједначавања услед хладних површина и положаја објекта у односу на стране света.

Као термичка карактеристика једне просторије по нормама се узима средња топлотна пропустљивост свих обухватних површина. Што је она већа, мања је топлота што долази од граничних површина, величине прозора, слабе изолације и др.; ако је ова вредност мања, онда је обрнут случај. Ова карактеристична величина назива се 'D-вредност' и рачуна се по обрасцу:

$$D = \frac{Q_0}{A_u(t_u - t_s)} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] (2.12)$$

Где је :

A_u - укупна површина свих обухватних преграда, тј. спољних зидова са прозорима, унутрашњих зидова са вратима, подова и таваница [m^2]

Q_0 - губитак топлоте просторије [W]

Ако се топлота губи само кроз спољне зидове, онда се израз може и овако представити:

$$D = \frac{k_m A_s (t_u - t_s)}{A_u (t_u - t_s)} = k_m \frac{A_s}{A_u} (2.13)$$

Где је :

A_s - збир површина кроз које се губи топлота тј. спољни зидови заједно са отворима, прозорима и вратима у њима

K_m - средњи коефицијент пролаза топлоте спољне површине

Као што се види за специјалан случај када је губитак топлоте само кроз спољне површине или ако је кроз унутрашње занемарљив, овај израз добија простији облик и зависи само од средње вредности K_m и односа спољних и свих обухватних површина.

2.6.1 Додатак на прекидложења

Ако се ложење у одређеним интервалима ограничава или сасвим прекида за поново подизање температуре потребно је довођење топлоте привремено појачати. Ради подизања равномерног загревања код оваквих случајева треба изменити величину грејних површина, за разлику од непрекидног грејања. Ова измена зависи још и од топлотних особина зграде. Ово се постиже додатком Z_p који се код непрекидног загревања не додаје.

Према томе, да ли је и колико времена предвиђено за прекидање загревања објекта, разликујемо три начина :

- Непрекидно загревање или са смањењем за време ноћи ;
- 8-12-о часовни прекиди на дан ;
- 12-16-о часовни прекид ложења на дан.

Додатак Z_p растесатрајањем прекида, авезањеза D-вредносту обрнутој сразмери.

Поступак према коме ће моћи да се примени један од ова три случаја као меродавни јесте начин загревања за време средине зимских температура.

Први начин се препоручује за зграде за становање, болнице, обданишта, домове старца и сл.; други за робне куће, трећи начин за школе са једном сменом, за фабрике са једном сменом.

2.6.2 Додатак Z_a ради изједначења температуре услед хладних површина

Осећај угодности особа у некој површини не зависи само од температуре ваздуха већ и од температуре околних граничних површина. У том погледу повољније је уколико су просторије са дебљим и мањим зидовима и мањим прозорима него са танким и великим зидовима и великим прозорима. Тако исто повољније су просторије опкољене зградама са три стране од просторија на слободном углу. Средња температура се такође одржава и код 'D вредности', јер она зависи од средњег коефицијента k спољних површина и односа величине спољних површина према целокупним обухватним површинама. Вредност D јетакођемерилоизадодатак Z_a .

Табела 2.10 Додатак Z_a узависностиод D-вредностиизмеренеу %

D	0-0.26	0.27-0.43	0.44-0.60	0.61-0.76	0.77-0.91	0.92-1.05	1.06-1.19	1.20-1.32
Z_a %	2	4	6	8	10	12	14	16

2.6.3 Додатак на стране света Z_s

Вредности додатака које зависе од оријентације објеката према странама света и треба их уврстити у прорачун, могу се извести из табеле 2.11. Ако просторија има само један слободни спољни зид, онда је његов положај у односу на стране света меродаван. Исто тако ако је просторија на углу, положај симетрале угла зграде је меродаван за однос страна света. Уколико ова симетрала пада неодређено између две стране света, узима с неповољнија у прорачун. За зграде са три или четири слободна зида треба узети највеће додатке. За заклоњене елементе зграде (узана дворишта, светларници) овај додатак отпада.

Табела 2.11 Додатак на стране света Z_s [%]

Страна света	J	JZ	Z	SZ	S	SI	I	JI
Додатак	-5	-5	0	+5	+5	+5	0	-5

2.6.4 Додатак услед пропустљивости преградних површина. Пропустљивост прозора и врата

Услед недовољног заптивања дуж ивица прозора и врата врши се природно проветравање просторија струјањем ваздуха чија јачина зависи од разлике температуре и притиска између спољне атмосфере и унутрасње просторије. Ово струјање је незнатно кад је ваздух у мирном стању, тј. кад је без ветра али се оно изразито потенцира налетима нарочито бочног ветра. Количина ваздуха који овом приликом продире зависи од угла ветра и ефикасности заптивања свих процепа и како је речено разлике температуре и притиска спољњег и унутрашњег ваздуха. Налет ветра је најнеповољнији ако је уперен на зид са отворима. У овом погледу су неповољније зграде на отвореном простору него зграде у редовима или станови један уз други на једном спрату.

Као основна карактеристика специфичности зграде у вези положаја, околине и начина градње служи карактеристика зграде H_k . Отпори код струјања ваздуха обухваћени су карактеристиком просторије R_p . Ако се код H_k узме још у обзир и масена количина топлоте ваздуха и једним додатком Z_n за угаоне просторије, може се потребна количина топлоте Q_p изгубљене услед промаје израчунати уз следећу једначину:

$$Q_p = \Sigma(aL)R_p H_k (t_u - t_s) Z_u \quad (2.14)$$

Где је:

$\Sigma(aL)$ -пропустљивост прозора и врата на промају

a - специфична пропустљивост ваздуха

Z_n - фактор додатка за угаону просторију ако су прозор и врата са обе стране угаоног зида

Ако је a пропустљивост ваздуха једног прозорског процепа или процепа врата по метру дужине при одређеној разлици Δt онда је при најнеповољнијем удару ветра у прозоре и врата са појединачним дужинама процепа (ивица), L , пропустљивост изражена са $\Sigma(aL)$.

Код угловних просторија код којих су са обе стране угла спољни зидови и прозори, R су са највећом пропустљивошћу ваздуха. Величина L представља укупну дужину фуга на једном прозору или вратима. Тако је код једнокрилних прозора и врата величина L једнака њиховом обиму, али код двокрилних се повећава за једну висину.

Ако пројектом није одређена врста врата и прозора, онда с из табеле 2.12 може прелиминарно прорачунати према величини прозора и броју крила однос ω_0 , који представља однос дужине фуга и површине прозора A :

$$\omega_0 = \frac{L}{A} \quad (2.15)$$

Табела 2.12 Однос дужине спојница L према површини прозора односно врата A за претходно одређивање ($\omega_0 = L/A [m^{-1}]$).

	Висина прозора или врата [m]	ω_0
Прозори без обзира на број крила	0.50	7.2
	0.63	6.2
	0.75	5.3
	0.88	4.9
	1.00	4.5
	1.25	4.1
	1.50	3.7
	2.00	3.3
	2.50	3.0
Врата и прозорска врата:		
-двострука	2.50	3.3
-једнострука	2.10	2.6

Величина карактеристике просторије R_p

Ова величина која је изражена као функција односа A_p/A_v , где A_p означава укупну површину прозора и врата изложених притиску ветра, а A_v укупну површину врата на супротној страни од ветра, дата је у табели 2.13. Код употребе клизних врата (шибера) може се узети да је $R_p=1$.

Табела 2.13 Карактеристика просторије R_p

Однос површина	Дрвени и пластични прозори		Челични и метални прозори		R _p
	Унутрашња врата		Унутрашња врата		
	Заптивена добро	Заптивена лоше	Заптивена добро	Заптивена лоше	
A _p /A _v	<1.5	<3	<2.5	<6	=0.9
A _p /A _v	1.5 do 3	3 do 9	2.5 do 6	6 do 20	=0.7

Карактеристика зграде H_k

Ова величина је дата у табели 2.14. Она зависи од положаја зграде према удару ветра. Могу се узети три случаја : заштићен положај, слободан положај и нарочито изложен положај (на узвишицама и сл.).

Табела 2.14 Карактеристика зграде H_k

Подручје	Куће у низу	Појединачне куће
Нормално		
Заштићен положај	0.28	0.40
Изложен положај	0.48	0.68
Нарочитоизложен положај	0.70	0.98
Ветровито		
Заштићен положај	0.48	0.68
Изложен положај	0.70	0.98
Нарочитоизложен положај	0.95	1.31

2.6.5 Додатак на угаони положај прозора Z_n

Овај коефицијент се односи само на прозоре и врата која се додирују и налазе на два спољна зида који чине један угао зграде. За овај случај је $Z_n=1,0$.

2.7 Прорачун укупне количине топлоте Q_h

Укупна количина топлоте која се губи у просторији неког објекта а коју треба надокнадити загревањем према изразу (3.1), када се примени прорачун додатака услед пропустљивости од ветра износи :

$$Q_h = Q_u + Q_p = Q_0(1 + Z_D + Z_S) + Q_p \quad [W] \quad (2.16)$$

2.7.1 Упростићен начин прорачуна. Додатак на утицај ветра Z_v

Цео поступак за налажење допунске количине топлоте Q_p услед пропустљивости промаје из претходног става, може се упростити увођењем једноставног додатка услед утицаја ветра Z_v , који треба применити према табели Т-26. Ово се нарочито препоручује за све једноставније објекте; прелиминарне прорачуне где се не захтева велика тачност.

Овде се под ‘врста просторије’ подразумевају следећи случајеви:

- Случај I: просторије ограда не са три стране;

- Случај II: просторијенауглусапрозоримаиливратиманаједном спољњемзиду;
- Случај III: просторијенауглусапрозоримаиливратиманаобаспољњазида;
- СлучајIV : просторије са прозорима на спољним зидовима који леже један према другом.

Ако је зграда слободна са свих страна онда повећање овог додатка добијају само просторије окренуте између праваца север-исток. Изузетно отворен положај имају зграде поред отвореног мора и на узвишењима, за које се онда прорацн врси по специјалним условима.

Заклоњен положај има просторија коју заклон надвишава најмање 2/3 одстојања између њега и просторије.

Укупна количина топлоте износиће:

$$Q_h = Q_0(1 + Z_D + Z_S + Z_v)[W] \quad (2.17)$$

Ако су у питању солитери са седам и више спратова, онда губитак топлоте добијене прорачуном показаним начином треба повећати како следи :

- За спратове изнад 7. до 12. за 20%;
- За спратове изнад 12. до 20. за 30%;
- За спратове изнад 20. до 27. за 40%;
- За спратове изнад 28. и даље за 50%.

Приближни прорачун потребне количине топлоте

За прелиминарне предрачунае губици топлоте једне зграде могу се приближно прорачунати по следећем обрасцу:

$$Q_h = 80A_s + 28A_0 \quad [W] \quad (2.18)$$

Где је :

A_s - укупна површина спољњих зидова зграде (заједно са прозорима)

A_0 - укупна површина основезграде

После добијеног одређеног задатка, најпре треба ради прорачуна губитка топлоте, испитати све услове на основу којих се усвајају поједини додаци и одредити коефицијент прелаза топлоте за све преградне површине. Утврђују се стране света, најнеповољнији правац ветра за сваку просторију и сви спољни отвори (врата, прозори и др.) чије дужине спојница се узимају у обзир ради налажења односа $\omega_0 = l/a$.

Усвајањем пропустљивости фуга а прорачунава се $\Sigma (al)$. Треба узети у обзир спојнице на свим вратима и прозорима који су у питању, без обзира да ли се нека од њих не предвиђа за отварање. [8]

3.0 Основна подела конвенционалних система грејања у домаћинствима

Системи грејања могу бити локални или централни. Локални системи су они системи код којих се топлотни извор налази у просторији коју треба загревати. Негде се исти извор може користити и за загревање још неке оближње просторије без допунских уређаја.

Централни системи су они системи код којих се загревање врши преношењем топлоте посредством флуида, радијатора и додатних уређаја у више просторија, цео објект или више објеката.

3.1 Уређаји за локално грејање

Најједноставнији облик грејања данас је помоћу пећи различитих врста. Пећ сагоревањем горива производи топлотну енергију која се преко површине пећи преноси на околни ваздух конвекцијом и директно зрачењем. Пећи се разликују према материјалу од којег су направљени (металне, каљиве,...) и према гориву или енергији коју користе (дрва, угаљ, нафта, гас, струја,...).

Камини

Ватра у камину је постала од најстаријег ложишта, тј. од отвореног огњишта. Користи се данас само још у земљама са благом зимском климом, нарочито у Енглаској. Грејање се углавном врши путем зрачења. Степен корисности камина је веома мали, око 20 до 30%. Трошкови извођења су мали али је потребно велико опслуживање. Користе се понекад и у декоративне сврхе, отворени са једне, две, три или са свих страна. У новије време се изводе и камини модерних облика са гвозденом решетком са регулацијом сагоревања одоздо, сакупљачем пепела као и коришћењем отпадне топлоте гасова сагоревања у циљу повећања топлотног учинка.



Каљеве пећи

Каљеве пећи се одликују тиме што у простору за сагоревање сагоревањем горива брзо произведу топлоту, једном или

двапут дневно (у времену од 15 минута до сат времена). Тако настала топлота димних гасова у великој маси пећи се акумулише, и полако у току дана одаје се околини. Каљеве пећи су, дакле, термоакумулационе пећи. У старим становима су веома распрострањене. Због својих великих грејних површина стварају благу, пријатну топлоту, нарочито у близини пећи. Могућност регулисања је ипак лоша, па је одавање топлоте неравномерно и разлике у температури у самој просторији су знатне. Заузимају велики простор. Степен корисности је око 65 до 75%. Понекад су пожељне из архитектонских разлога, а од тренутка поскупљења енергије и из разлога уштеде енергије (секундарно грејање).

Гвоздене пећи

Карактеристично је за гвоздене пећи да гориво у пећи према жељеном капацитету грејања, може мање или више лагано да изгори подешавањем количине ваздуха за сагоревање. Оне су зато веома подесне за краткотрајни погон, као и за трајно ложење. Зато су при истом капацитету лакше или мање често преносиве. При томе је њихова температура виша, тако да одају више топлоте зрачењем. И код њих је такође недостатк неједнако грејање просторија.упркос конкуренцији угља и гаса, гвоздене пећи на чврста горива ипак још увек имају одређено место на тржишту. Поред других побољшања, разлог томе ја аутоматика која



Слика 3.3 Гвоздена пећ

представља олакшавање за опслуживање и истовремено спречава прегревање као и гашење ватре. Користе се често само у декоративне сврхе (ливено гвожђе) као допунско грејање.

Појединачни гасни грејачи

Гасно грејање последњих година је добијало све већи значај, због веће понуде земног гаса. Гасне пећи налазе све више своје место у грејању стамбених просторија, канцеларијских просторија, школа, продавница, итд. Нарочито се



користи гасно појединачно грејање, првенствено за доградњу у старим зградама.

Посебно је повољно гасно грејање и са већом ценом за краткотрајно грејање школских просторија, чекаоница, купатила, кухиња, сала за конференције, изложбених хала, хотелских просторија и др.

Слика 3.4 Гасни грејач

Предности гасног грејања су:

- Лако руковање, нарочито ако је регулисање аутоматско;
- Брзо загревање;
- Чисто је у раду;
- Стална спремност;
- Нема држања залиха;
- Лако установљавање трошкова грејања гасним бројилом;
- Нема димњака код гасних пећи на спољним зидовима;
- Плаћање горива тек после потрошње;
- Нема загађења ваздуха.

Према врсти гаса разликују се једногасни уређаји за једну врсту гаса (фамилију гаса), вишегасни уређаји за две врсте гаса и свегасни уређаји за све врсте гасова, нпр.градски гас, земни гас, пропан/бутан.

Електрични уређаји за грејање просторија

Електрично грејање просторија може да се врши на следећи начин:

Директно грејање код кога се електрична енергија непосредно претвара у топлотну енергију. Оно се због високих цена електричне енергије употребљава често као додатно или грејање у прелазном периоду, а у појединим северним земљама, као у Француској, веома често и за потпуно грејање просторија.

Акумулационо грејање, код кога акумулациона маса прима топлоту преко јефтине енергије ноћу и дању је полако одаје. Јефтину ноћну енергију испоручују електродистрибуције за за снабдевање електричном енергијом пошто она повећава минимално оптерећење мреже ноћу без додатних напора. Овај начин



Слика 3.5 ТА пећ

грејања, који је подесан за читаве станове и куће последњих година је у својој примени ограничен. Допуштен је само при смањеном оптерећењу ноћу и то до одређених граница.

Грејање топлотном пумпом. Ангажовање електричне енергије при коришћењу топлотне пумпе износи приближно 35 до 45% енергије која се користи при електро отпорном грејању за исто одавање топлоте, чиме се постиже већа уштеда. Осим тога, према искуствима стеченим последњих година, електрична енергија је у кризама сигурнија него уље и земни гас пошто се електрична енергија добија из природних носилаца енергије као што је мрки угаљ и лигнит. Међутим, потребни су знатно већи инвестициони трошкови.

Посебне предности електричног грејања су:

Мало рада у опслуживању, чисто у раду, нема загађења, нема стварања залиха горива, лако се мери, могућ директан обрачун корисника са електродистрибуцијом, једноставно снабдевање енергијом, без водова за гас, врелу воду или даљински вод.

3.2 Уређаји система централног грејања

Централно грејање се карактерише тиме што за просторије које треба грејати постоји само једно место за ложење, често у подруму, а топлота која се ту развија разводи се у поједине просторије посредством носиоца топлоте. Као носиоци топлоте користе се вода, пара или ваздух тако да су централно грејање дели на топоводно, парно и ваздушно грејање.

Предности централног грејања:

- смањен број ложишта и димњака,
- смањено загађивање околине,
- нема преношења горива и пепела у становима,
- велика економичност и искоришћења горива,
- потребно мало места за грејна тела,
- мало посла на опслуживању.

Недостаци:

- потребно мерење за расподелу трошкова грејања већег броја станова,
- већи трошкови али већа и угодност,
- губици енергије при дистрибуцији топлоте.

У индивидуалним домаћинствима се користи пре свега топоводно централно грејање.

Основне групе опреме и уређаја система централног грејања јесу :

- за трансформацију енергије горива у топлотну енергију,
- за преношење и развођеје топлоте,
- грејна тела .

У прву групу спадају све врсте котлова и бојлера, у другу системи разводних мрежа (цевоводи), а у трећу грејна тела – радијатори. Свака од ових група има и своје помоћне делове, арматуре и др.

У котловима се налази преносни топлотни флуид (вода или водена пара), а загревање се врши помоћу чврстих, течних или гасовитих горива.

Топловодногрејање

Топловодногрејањерадисатопломводомдомаксималневредностиод 110 °Скаоносиоцемтоплоте. Водакојасезагреваукотловима, крозцевневодовеседоводиугрејнатела, хладисаодавањемтоплотеивраћапоновоукотлове, одаклекружнитокпочињеизнова. Разликују се:

- према сили која обезбеђује циркулацију воде (гравитационо и пумпно),
- према врсти енергије (грејање чврстим горивом, уљем, гасом или електричном енергијом),
- према вези са атмосфером (отворен и затворен систем)

Топловодно грејање је нашло најширу примену у централним системима у индивидуалним домаћинствима и то пре свега затворени и отворени пумпни системи.

Пумпно топоводно грејање

Циркулација воде се постиже помоћу пумпе. Предности оваквог система су:

- брже загревање и мања инертност,
- боље централно и локално регулисање, лако мешање разводне и повратне воде,
- јефтинија цевна мрежа због мањих пречника,
- мањи губици топлоте услед тањих цеви,
- мања зависност од начина постављања цевовода.

Раније је често била прихватљива највиша температура разводног вода од 90°C. Данас се пак ради уштеде енергије прорачун заснива на максималним температурама од 65 до 75°C.

Ширење воде се прихвата преко отвореног или затвореног (мембранског) експанзионог суда .

Недостаци пумпног топловодног грејања су:

- скупље одржавање,
- зависност од снабдевања електричном енергијом,
- стална потрошња електричне енергије.

Котао на чврста горива

У односу на уљне и гасне котлове, ови котлови имају мањи значај јер данас не испуњавају потребне мере у односу на заштиту животне околине а и са обзиром на улагање мање су економични. Међутим, пажњу заслужују заправо са аспекта боље снабдевености угљем и огревним дрвима на дужи рок у поређењу са гасом и уљем.

Данас су у употреби два типа котла на чврста горива, ливени чланкасти котлови и челични котлови. За потребе грејања индивидуалних домаћинстава користе се пре свега челични котлови. Степен корисности ових котлова се креће у границама од 60 до 80%.

Мали и средњи челични котлови који се користе у индивидуалним домаћинствима раде по принципу прогоревања слично гвозденим пећима са отвором за пуњење и доњим или горњим сагоревањем. По правилу имају вертикалне канале, да би могли да раде и са ниским димњаком.

Прстенсто-чланкасти котао састоји се од више концентричних двоструких цилиндара у којима је вода. У средини је отвор за пуњење и доње сагоревање.



Слика 3.6 Котао на чврста горива

Котлови са уљним или гасним горионцима

Ложење на уље или гас доживело је последњих година стални развој, што се односи на горионике као и на котлове. У односу на раније врсте израде, нове котловске конструкције од ливеног гвожђа или челика су много савршеније. Нарочито је могуће да се котлови користе са минималним температурама воде а да се не појави корозија услед кондензације сумпорне киселине из димних гасова. Ово се постиже помоћу посебних слојева на зидовима котла, или подизањем температуре на њимаизнад тачке росе грејних гасова уз помоћ конструктивних мера, или материјалом котла. Тиме се знатно умањују губици при зрачењу и погонској спремности, нарочито код малих котлова.



Слика 3.7 Гасни/уљани
котао

Гасни или уљани котлови се не разликују пема начину израде, тако да сада сваки уљани котао може да ради са гориоником на гас. Степен корисности ових котлова се креће од 84 до 92%.

Карактеристике централног грејања са уљним или гасним ложиштем су:

- изванредна могућност регулисања грејног погона и тиме економичност система,
- могућност програмирања,
- једноставно руковање,
- стална спремност за погон.[9]

4.0 Грејни системи који користе пелет

У наредном делу овог рада биће описани системи у индивидуалним домаћинствима који користе пеллет као гориво. Биће приказана разлика између пећи и котлова на пелет (као и разлике између грејног система на пелет у односу на друге конвенционалне грејне системе). Главна особина овог система ће бити описана као иначин рада свих компоненти.

Пелетне пећи као на слици 4.1 се укључују и искључују притиском на дугме или окретањем прекидача. Оне се могу програмирати, термостатички контролисати и тако производити ефикасно и за животну средину прихватљиву топлотну енергију. Први прототипови ових пећи су се развијали у земљама Скандинавског полуострва и Северној Америци од осамдесетих година. Данас се производи широк спектар ових пећи,



Слика 4.1 Пелетна пећ

пре свега за тржиште Европе и Северне Америке. Главне предности ових пећи у односу на конвенционалне пећи на дрва или угаљ су угодност коју пружају и чистоћа. Мане пелетних пећи су висока цена пелета и потреба за електричном енергијом за рад вентилатор и неких механизма аутоматског ложења. Једна од кључних погодности пелетних пећи јесте њихово гориво (пелет) као чист извор енергије.

Треба напоменути да неке пелетне пећи могу издувати загрејан ваздух уз помоћ вентилатор а не само одавати топлоту конвекцијом и зрачењем преко загрејаних металних површина (што је случај код конвенционалних пећи). Металне површине кућишта пећи на пелет су релативно хладне.

Пећи на пелет се пре свега користе за загревање једне просторије. Међутим, понекад могу загревати и више просторија. Најефикаснији начин за загревање више просторија јесте коришћење пећи са котлом.

4.1 Главне оперативне карактеристике пећи на пелет

У овом одељку ће бити описани главни делови једне пећи на пелет. Многи од ових делова се могу наћи и код котлова на пелет.

Резервоар за пелет

Већина пећи на пелет има резервоар за пелет (где се пелет складишти пре уласка у горионик) уграђен на горњем делу пећи. Резервоар се пуни пелетом ручно уколико нема аутоматског система пуњења. Ови резервоари су дизајнирани у облику левка ради коришћења гравитационе силе за довођење пелета до завојне пумпе која води пелет до самог горионика. Резервоари за пелет су довољно велики да могу

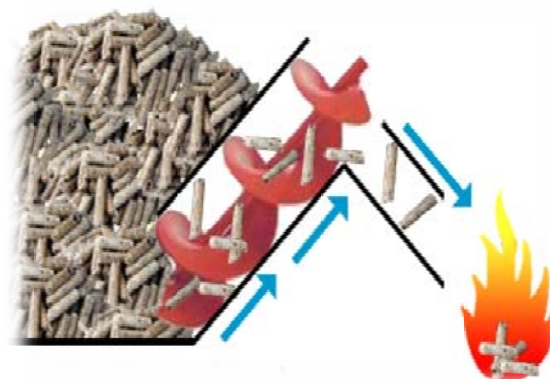
складиштити пелет за један до два дана.



Слика 4.2 Резервоар за пелет

Доводнацевзапелет

Доводнацев за пелет дозвољава проток пелета од резервоара до горионика. Овај проток је регулисан једним видом завојне пумпе која се налази у цеви. У случају да постоји неко екстерно складиште пелета додатни транспортер пелета је потребан да се пелет доведе до пећи или котла. Једна од предности пелета је да се може ефикасно газдовати топлотном енергијом простом регулацијом протокапелетадогорионика.



Слика 4.3 Пролаз пелета кроз доводну цев

Горионик

Горионици за пелет могу бити различитих величина али су изненађујуће мали. Произвођачи у Скандинавским земљама производе компактне горионике који се могу користити као засебне јединице при преради одговарајућих пећи или котлова на чврста или течна горива. Њихов основни дизајн се састоји из горионе плоче за сагоревање малих количина пелета и вентилатора који доводи ваздух ради побољчања сагоревања. Пелети падају на гориону плочу, доводе хоризонтално или како је код већине котлова доводе одоздо на гориону плочу. Код хоризонталног и довођења одоздо, користи с завојна пумпа која доводи пелет догорионика. При ложењуодозго пелет пада у горионик што спречава настанак повратне ватре до резервоара јер су у овом случају резервоар и горионик физички одвојени. Падањем пелета у горионик се омогућује прецизно достављање пелета али се том приликом омета процес сагоревања узрокујући стварање више пепела и других честицаа него код



Слика 4.4 Горионик за пелет

система са завојном пумпом. Када се пелет запали, он гори на горионој плочи типичним жутим пламеном. Температура горионе плоче се обично одржава на око 150°C, што је довољно да се штетни гасови пошаљу у комору за сагоревање. Већина горионика захтева једномесечно чишћење..

Коморасасагоревање

Коморе за сагоревање су потребне да би се обезбедило добро сагоревање пелета. За ово је предвиђена комора у свакој пећи и котлу ради оптимизирања следећа три фактора :

- ефективна турбуленција ваздуха (за добро мешање гасова),
- Потребна температура,
- Довољно времена за обнављање процеса



Слика 4.5 Комора за сагоревање

Облик ових комора варира од простих релативно неефикасних кутија до цилиндричних комора повезаних са великим бројем водова хладног и топлог ваздуха или неким софистицираним размењивачима топлоте. Циљне температуре у комори за сагоревање се налазе у распону од 800°C до 1000°C. температура које су значајно ниже од ових могу узроковати да несагорели угљоводоници напусте комору кроз димњак у спољну атмосферу. Овако се смањује ефикасност грејног система, може доћи до оштећења котла и димњака и загађења ваздуха.

Уређаји за паљење пелета

Већина пећи и котлова на тржишту имају и аутоматски електрични систем паљења пелета. Неке од простијих пећи су дизајниране да се мануално потпаљује пелет али већина ипак долази са електричним паљењем.

Пећи које захтевају мануелно паљење су често веома лаке за употребу. Прво се шака или шоља пелета постави на горионик. Затим се уз помоћ неке запаљиве течности (алкохол или парафин) упали пелет.

Код пећи и котлова са аутоматским паљењем додат је мали електрични елемент који се налази код горионика и њиме се управља обичним ON/OFF прекидачем који се налази на спољњем делу кућишта пећи са осталим контролама.

Посуда за пепео

Количина пепела код пећи и котлова на пелет је знатно мања него код осталих пећи и котлова на чврста горива због суве и компактне природе пелета као и због ефикасности технологије сагоревања пелета. Скоро увек, ове посуде, се налазе испод горионика. У зависности од експлоатације пећи или котла, посуде за пепео се празне сваких две до четири недеље. Неки од сложенијих котлова имају уграђен аутоматски систем компресовања пепела чиме се омогућује већи временски размак између два пражњења посуде.



Слика 4.6 Посуда за пепео

Усисна грана за ваздух

Усисна грана за ваздух доводи спољни ваздух до горионика ради поспешивања сагоравања пелета. Приликом паљења и загревања пелета овај ваздух је веома важан да се подигне температура сагоревања довољно за ослобађање гасова из загрејаних и тињајућих пелета. Неки котлови и пећи користе природно струјање ваздуха док неки софистициранији модели користе принудно струјање ваздуха уз помоћ вентилатора. При принудном струјању ваздуха долази до потпунијег сагоревања и самим тим је емисија штетних гасова веома ниска.

Издуви топлот ваздуха

Неке пећи на пелет имају могућност издувавања топлот ваздуха. Цеви топлот ваздуха загревају ваздух у комори за сагоревање а затим га избацују у спољашњу средину уз помоћ вентилатора. Уколико пећ садржи и котао, ове цеви пролазе преко или кроз размењивач топлоте.

Вентилатор за топао ваздух

За циркулисање топлот ваздуха користе се мали вентилатори снаге 150W или мање.



Њихова функција представља издување топлог ваздуха из пећи.

Слика 4.7 Вентилятор

Аутоматизација и контроле

Различити нивои аутоматизација и софистицираних контрола се могу наћи код пелетних пећи и котлова. Најчешће се срећу ON/OFF дугме и нека врста термостатичког контролног прекидача за регулацију производње топлотне енергије (контролисањем потрошње пелета и ваздуха за сагоревање користећи фабричке програме и режиме радасауграђеним сензорима).



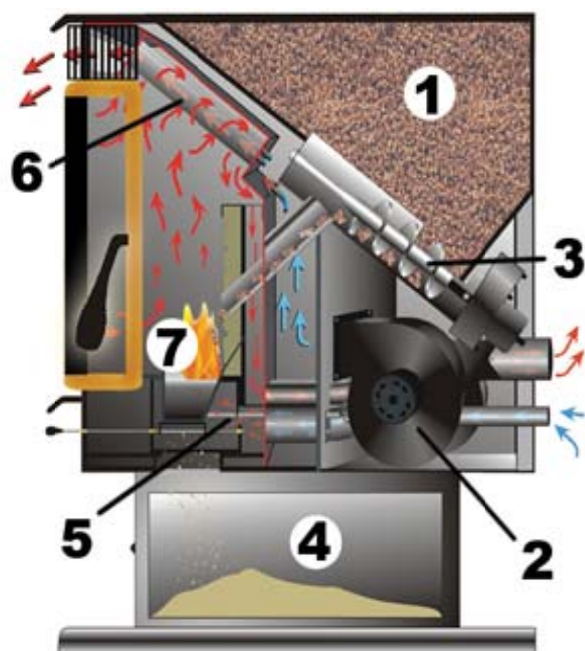
Слика 4.8 Аутоматска контрола пелетних пећи

Пелетне пећи и котлови нису потпуно аутоматизовани попут електричних или гасних пећи и котлова јер захтевају пуњење резервоара пелетом и чишћење пепела у неком тренутку. Софтвер који мери температуре, има временске контроле, прати концентрације димних гасова и координира сигурносне уређаје може се наћи у скупљим варијантама пећи и котлова. Коморе за сагоревање могу бити направљени од нерђајућег челика, силицијум-карбида или ватросталне опеке. Силицијум-карбид је најскупљи материјал али је отпоран на ошљакавање и корозију. Нерђајући челик је прилично отпоран до ватростална опека је нешто скупља и има тенденцију стварања шљаке.

Пећиса котлом

У пећима где постоји уграђен и котао, вентилятор за издување топлог ваздуха ће имати на располагању између 20% и 60% произведене топлоте за дистрибуцију. Остатак ће отићи на котао а одатле путем цеви централног система распоређене на радијаторе, подно грејање или бојлер. Величина размењивача топлоте у пелетним пећима и котловима одређује да ли ће систем садржати сигурносни вентил и експанзиону посуду.

На слици 4.9 је приказана једна оваква пећ са основним деловима.



1. Пелет у резервоару пећи
2. Вентилатор за издување топлог ваздуха
3. Завојна пумпа
4. Посуда за пепео
5. Уређај за аутоматско паљење пепећи (уколико га пепећ садржи)
6. Размењивач топлоте
7. Гориона глава (решетка)

Слика 4.9 Пресек пећи са котлом

4.2 Пелетни котлови

За разлику од пелетних пећи, котлови поред поменутих основних делова и система садрже још и:

- размењиваче топлоте,
- цев за пренос топлоте енергије флуидом,
- софистицираније контроле, сензоре и програме режима рада,
- спремиште за пелете у виду спољњег резервоара или силоса,
- транспортер за пелет

Данас најквалитетнији котлови долазе из Аустрије од познатих произвођача попут K^öb, ÖkoFen, KWB i Fröling. Треба напоменути да пелетне пећи и котлови ових произвођача имају репутацију еквивалентну Roll-Royces-у аутомобилској индустрији. Поред Аустријских произвођача квалитетне котлове и пећи производе фабрике из Скандинавских земаља.

За разлику од већине Скандинавских система који користе



Слика 4.10 Пелетни котло



простије контроле и базирани су на хоризонталним каналима за загревање ваздуха, већина Аустријских произвођача практикује системе са вертикалним цевима. Овакав приступ Скандинавских произвођача је заснован на традицији модификовања котлова на течна горива за употребу пелета. У суштини, долази до замене горионика у котловима на течна горива са одговарајућим горионцима за пелет.

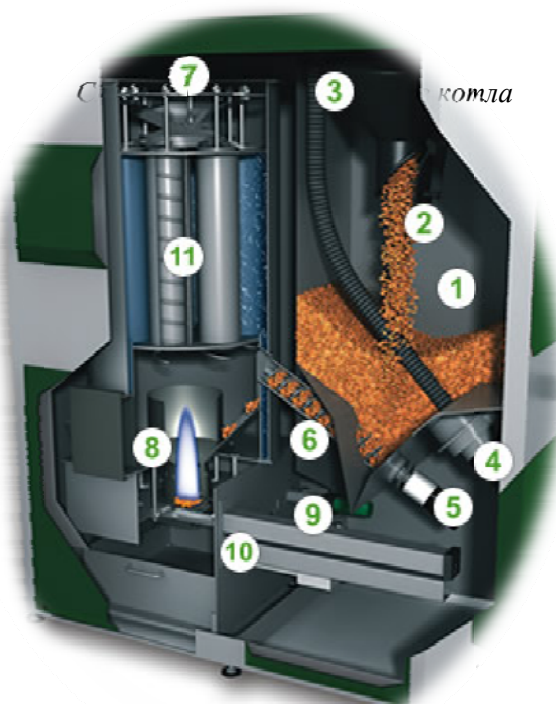
Слика 4.11 Систем чишћења цеви за загревање ваздуха

Аустријски котлови у већини случајева користе вертикалне цеви као размењиваче топлоте са аутоматским чистачима пепела и чађи у облику опруга уграђених у цеви. Ови чистачи могу бити пројектовани и за мануелно чишћење док се у све већем броју случајева оне покрећу малим електромоторима чиме се постиже потпуна аутоматизација процеса чишћења.

’Ложење одоздо’ је чест метод испоруке пелета до горионика у мањим котловима који се често користе у индивидуалним домаћинствима. Температуре на горионој плочи се одржавају идеално на око 150°C током сагоревања. Да би се избегло акумулирање пепела који се ствара на температурном интервалу од 200°C до 250°C , неки произвођачи попут КWB-а користе ротационе чистаче пепела на горионој плочи и тако омогућавају веће температуре за сагоревање. Иако је 150°C идеална температура за прву фазу гасификације, секундарно сагоревање производи навише топлоте. Због тога произвођачи циљају температуре изнад 500°C а пожељно је да оне буду у опсегу од 800°C до 900°C да би се осигурала максимална гасификација.

На слици 4.12 је приказан један пелетни котао са основним деловима.

1. Резервоар за пелет
2. Отвор за мануелно пуњење резервоара пелетом
3. Сепаратор
4. Цев за довод пелета из спољњег резервоара
5. Мотор који погони завојну пумпу
6. Завојна пумпа
7. Ламбда сонда
8. Комора за сагоревање
9. Уређај за аутоматско паљење
10. Сензор сагоревања
11. Самочишћући размењивач топлоте



4.3 Транспортери пелета

Постоје два главна начина транспорта пелета од резервоара или силоса до котла а то су:

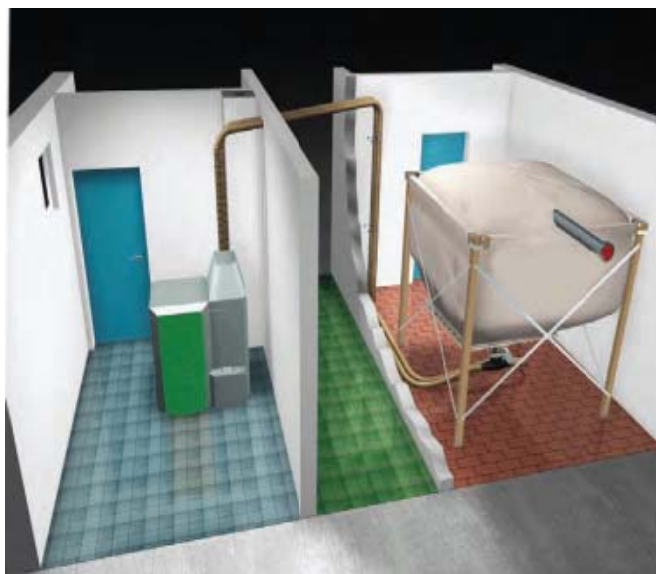
- пренос вакуумском сукцијом
- пренос завојном пумпом

Оба система доводе пелет до котла, или тачније до резервоара котла или директно на малу завојну пумпу (у ређим случајевима) у котлу која води пелет директно у горионик.

Пренос вакуумском сукцијом

Максимална препоручена раздаљина за пренос пелета овим системом јесте 20м. Мања раздаљина је увек пожељна. Овим системом пелет бива просто усисан из резервоара или силоса и пренесена цевоводом до котла. Важно је да цев нема превише кривина ради избегавања запушавања цеви пелетом.

Овакав систем преноса пелета је прикладан у ситуацији када је резервоар за пелет ван зграде са котлом (или у другој згради).



Слика 4.13 Изглед једног система за пренос пелета вакуумском сукцијом

Пренос пелета завојном пумпом

Механизам за пренос пелета завојном пумпом је најчешће коришћен и најекономичнији систем данас. Главни недостаци овог система јесте дужина радног кола па резервоар мора бити близу котла. Постоје и варијанте када завојна пумпа пролази кроз зид у другу просторију уколико се резервоар налази у једној а котао у другој просторији.



Слика 4.14 Изглед једног система за пренос

4.4 Резервоарзапелет

Већина пелетних котлова ће користити неку врсту резервоара или силоса за складиштење већих количина пелета. Могиће је користити и неку врсту подземног силоса што је пожељно ако се котао налази у подруму. Било да је у питању резервоар или силос, пожељно је да буде пројектован тако да може садржати довољну количину пелета за целу грејну сезону. Овако се може спустити цена грејања јер је набавка пелета једном годишње.

Неки произвођачи праве и уграђују своје флексибилне резервоаре за складиштење пелета од 450 килограма до 7 тона. Овакви резервоари не зависе од система преноса пелета (пренос завојном пумпом или вакуумском сукцијом). Ови резервоари се могу и ручно изградити али се мора водити рачуна о компатибилности са системом за пренос пелета.[10]



Слика 4.15 Флексибилни резервоар за пелет

5.0 Могућност модификације постојећих котлова на чврста горива

Уколико у домаћинству већ постоји грејна инсталација са одговарајућим котлом на чврста горива много је практичније и економски исплативије да се он модификује тако да може да користи пелет као примарни енергент. Предност овакве модификације јесу мањи инвестициони трошкови и подизање ефикасности постојећег котла док мане представљају немогућност коришћења другог енергента осим пелета као и постижање високе ефикасности коју имају специјализовани котлови за коришћење пелета. Примера ради, пелетни котлови фирме ÖkoFen снаге до 25 kW могу достићи ефикасност од чак 96,3% док модификовани котлови у зависности од своје конструкције могу постићи максималну ефикасност која се креће у интервалу од 80 до 88%. Добра страна оваквих котлова је то своју максималну ефикасност могу постићи као и специјализовани пелетни котлови са свега 10 % оптерећења.[11]



Слика 5.1 Модификовани котло са резервоаром за пелете

На домаћем тржишту се могу наћи пелетни сетови различитих произвођача за модификацију котлова на чврста горива. Стога треба пре било какве уградње ових сетова проверити да ли је пелетни сет компатибилан са котлом који се модификује као и колико се том модификацијом добија или губи.

Пелетнисеттребадасадржи:

- гориониказапелете (саинтегрисаномрегулацијом),
- дозатор (пуж),
- резервоар запремине 140 dm³
- врата за монтажу пелет горионика

5.1 Поступак модификације котла

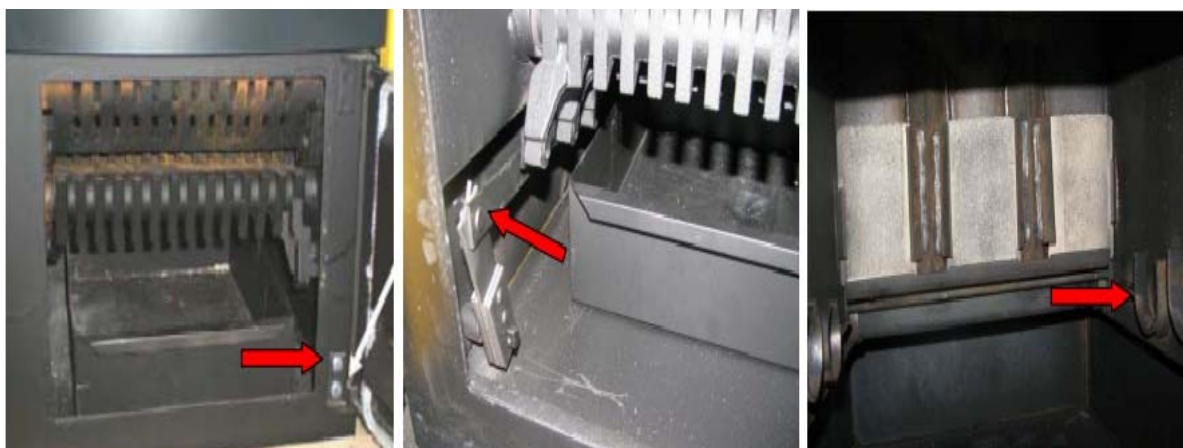
Поступак модификације котлова који се користе у индивидуалним домаћинствима је устаљен и састоји се из неколико корака:

Скидање старих врата котла и уклањање решетки из ложишта се врши на следећи начин:

КОРАК 1: Одвртањем два шрафа на доњој шарки (слика 5.1.а), и смицањем са горње шарке демонтирати доња врата.

КОРАК 2: Скидањем осигурача на зглобном механизму (слика 5.1.б), ослободите покретну ливену решетку.

КОРАК 3: Скинути ливене решетке са фиксних лежишта (слика 5.1.в) и извадити све решетке из котла.



а б в
Слика 5.1 Поступак уклањања старих врата са котла

Затим се монтирају специјално направљена врата (КОРАК 4) на која се може монтирати пелет горионик (КОРАК 5).



Слика 5.2 Изглед монтираних модификованих врата и инсталираног пелет горионика

КОРАК 6: Извршите електро повезивање на горионику и електро-орману (слика 5.3.а).

КОРАК 7: Демонтирајте регулатор промаје, у његов тоболац монтирајте редукцију са $\frac{3}{4}$ '' на $\frac{1}{2}$ '' и поставите NTC сензор (слика 5.3.б).

КОРАК 8: Монтирајте предњу маску горионика Постављање резервоара са пелет на одговарајућу позицију (слика 5.3.в).



а

б

в

Слика 5.3 Изглед корака 6, 7, и 8

Монтирање пужног преносника пелета на резервоар и његово повезивање са гориоником:

КОРАК 9: Поставите резервоар за пелете непосредно поред котла.

КОРАК 10: Пужни механизам спровести кроз дихтунг (слика 5.4.а и 5.4.б).

КОРАК 11: Спустити пужни механизам до најниже тачке резервоара (слика 5.4.в).

КОРАК 12: Напуните резервоар са пелетима.



а б в
Слика 5.4 монтирање пужног преносника и резервоара за пелете

КОРАК 13: Флексибилним цревом повежите пужни механизам са гориоником. Флексибилну цев скратите тако да пелет има слоодан пад од врха пужа до горионика (слика 5.6.а).

КОРАК 14: Извршите подешавања на аутоматици, почетно пуњење пужног механизма и пуштање котла на пелете у рад (слика 5.6.б и 5.6.в). [11]



а б в
Слика 5.6 Монтажа флексибилног црева и подешавање аутоматике

Степен корисности модификованих котлова увелико зависи од уграђеног пелет сета и саме конструкције котла али је по правилу већи од немодификованог котла.

6.0 Примери прорачуна и економска исплативост грејања на пелет

Као пример у овом раду ће се користити неизолована стамбена кућа са приземљем и једним спратом површине 90 m². Прорачун губитака топлоте је рађен у програмском пакету Nanibalsoft 4.0 по стандарду DIN 4701 из 1983 године. Након уношења одговарајућих почетних података попут спољне пројектне температуре, топлотних добитака, карактеристике зграде и сл, приступа се додељивању карактеристика преграда и отвора. Затим се приступа позиционирању тих истих преграда и отвора у одговарајуће просторије (уколико су у питању спољне преграде, њихова позиција у односу на стране света), као и додељивање одговарајућих пројектних температура у просторије. Након унесених свих потребних података, програм врши израчунавање губитака топлоте и даје два типа извештаја:

Први извештај представља комплетан преглед губитака топлоте по просторијама који се могу видети у следећим табелама:

1 - Dnevna soba											
Tun=20 C		h=2.4 m		P=24.5 m2		V=58.8 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf		Qinf	
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3		W	
SP1	S	1	8.39	1.31	38	418					
PR4		1	0.88	2.9	38	97	4.6	0.3		32	
SP1	I	1	18.55	1.31	38	923					
SP1	J	1	7.51	1.31	38	374					
PR1		1	1.76	2.8	38	187	7.6	0.3		53	
UN1		1	7.67	1.17	5	45					
UVR		1	1.6	2.9	5	23	0	0		0	
UN1		1	9.27	1.17	-4	-43					
Zss=0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=2024	KD=0.8		Qin=	53	
q'=95 W/m2		q''=39 W/m3		Qin/Qt=0.02		Qt=2267			Quk=	2320	

2 - Hodnik 1											
Tun=15 C		h=2.4 m		P=7 m2		V=16.8 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf	Qinf		
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3	W		
SP1	J	1	2.9	1.31	33	125					
Pr3		1	2.4	7	33	554	6.2	0.3	38		
SP1	Z	1	7.67	1.31	33	332					
VR		1	1.6	5.2	33	275	5.6	0.3	34		
UN1		1	7.67	1.17	-5	-45					
UVR		1	1.6	2.9	-5	-23	0	0	0		
UN1		1	5.3	1.17	-9	-56					
Zss=-0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=1162	KD=0.81	Qin=	72		
q'=180 W/m2		q''=75 W/m3		Qin/Qt=0.06		Qt=1185		Quk=	1257		

3 - Kupatilo											
Tun=24 C		h=2.4 m		P=7 m2		V=16.8 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf	Qinf		
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3	W		
SP1	S	1	5	1.31	42	275					
PR2		1	0.3	7	42	88	2.2	0.3	17		
UN1		1	9.27	1.17	27	293					
UN1		1	5.3	1.17	9	56					
UN1		1	9.27	1.17	4	43					
Zss=0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=755		KD=0.41	Qin=	17	
q'=123 W/m2		q''=51 W/m3		Qin/Qt=0.02		Qt=846			Quk=	863	

4 - Spavaca soba 1											
Tun=20 C		h=2.4 m		P=9 m2		V=21.6 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf	Qinf		
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3	W		
SP1	S	1	9.27	1.31	38	461					
SP1	I	1	6.19	1.31	38	308					
PR1		1	1.76	2.8	38	187	7.6	0.3	53		
UN1		1	7.95	1.17	5	47					
KROV	HOR	1	10.5	2.44	38	974					
Zss=0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=1977	KD=0.97	Qin=	53		
q'=252 W/m2		q''=105 W/m3		Qin/Qt=0.02		Qt=2214		Quk=	2267		

5 - Spavaca soba 2											
Tun=20 C		h=2.4 m		P=12 m2		V=28.8 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf	Qinf		
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3	W		
SP1	I	1	10.6	1.31	38	528					
SP1	J	1	7.51	1.31	38	374					
PR1		1	1.76	2.8	38	187	7.6	0.3	53		
UN1		1	10.6	1.17	5	62					
KROV	HOR	1	14	2.44	38	1298					
Zss=-0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=2449	KD=0.97	Qin=	53		
q'=213 W/m2		q''=89 W/m3		Qin/Qt=0.02		Qt=2498		Quk=	2551		

6 - Spavaca soba 3											
Tun=20 C		h=2.4 m		P=17.5 m2		V=42 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf		Qinf	
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3		W	
SP1	S	1	13.25	1.31	38	660					
SP1	Z	1	9.27	1.31	38	461					
SP1	J	1	11.49	1.31	38	572					
PR1		1	1.76	2.8	38	187	7.6	0.3		53	
UN1		1	7.67	1.17	5	45					
UVR		1	1.6	2.9	5	23	0	0		0	
UN1		1	17.5	1.17	23	471					
KROV	HOR	1	17.5	2.44	38	1623					
Zss=0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=4042	KD=1.33		Qin=	53	
q'=262 W/m2		q''=109 W/m3		Qin/Qt=0.01		Qt=4527			Quk=	4580	

7 - WC											
Tun=15 C		h=2.4 m		P=4 m2		V=9.6 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf		Qinf	
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3		W	
SP1	S	1	5	1.31	33	216					
PR2		1	0.3	7	33	69	2.2	0.3		13	
UN1		1	6.62	1.17	-5	-39					
UN1		1	6.62	1.17	-5	-39					
UN1		1	5.3	1.17	0	0					
KROV	HOR	1	10.6	2.44	33	854					
Zss=0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=1061	KD=0.78		Qin=	13	
q'=300 W/m2		q''=125 W/m3		Qin/Qt=0.01		Qt=1188			Quk=	1201	

8 - Hodnik 2											
Tun=15 C		h=2.4 m		P=9 m2		V=21.6 m3		R=0.9		H=0.68	
Ozn	Orij		Pov	K	dt	Qo	Lf	PRf	Qinf		
			m2	W/m2K	C	W	m	m3/hPa2/3	W		
SP1	Z	1	5.27	1.31	33	228					
VR		1	1.6	5.2	33	275	5.6	0.3	34		
Pr3		1	2.4	7	33	554	6.2	0.3	38		
SP1	J	1	2.9	1.31	33	125					
Pr3		1	2.4	7	33	554	6.2	0.3	38		
UN1		1	14.57	1.17	-5	-85					
UN1		1	5.3	1.17	0	0					
KROV	HOR	1	9	2.44	33	725					
Zss=-0.05		Zd=0.07		Ze=1		Qo=2376		KD=1.38	Qin=	110	
q'=282 W/m2		q''=117 W/m3		Qin/Qt=0.05		Qt=2424			Quk=	2534	

Други извештај представља упроштен облик првог извештаја са збирним губутком топлоте за цео објект:

R. br.	Naziv	tun	Pov	q'	q''	Qt	Qin	Quk
		C	m ²	W/m ²	W/m ³	W	W	W
1	Dnevna soba	20	24.5	95	39	2267	53	2320
2	Hodnik 1	15	7	180	75	1185	72	1257
3	Kupatilo	24	7	123	51	846	17	863
4	Spavaca soba 1	20	9	252	105	2214	53	2267
5	Spavaca soba 2	20	12	213	89	2498	53	2551
6	Spavaca soba 3	20	17.5	262	109	4527	53	4580
7	WC	15	4	300	125	1188	13	1201
8	Hodnik 2	15	9	282	117	2424	110	2534
			90			17149	424	17573

На основу ова два извештаја и губитака топлоте који они показују, може сеизвршити избор одговарајућих грејних тела по просторијама:

Табела 5.1 Избор грејних тела и њихова цена на тржишту

Назив просторије	Грејно телоВ/Д [mm]	Снага грејног тела [W]	Цена грејног тела [€]
Дневна соба	Радијатор пан. 600/1200	2369	60
Ходник 1	Радијатор пан. 600/600	1349	33
Купатило	Радијатор пан. 600/400	1000	25
Спаваћа соба 1	Радијатор пан. 600/1200	2369	60
Спаваћа соба 2	Радијатор пан. 900/800	2699	65
Спаваће соба 3	Радијатор пан. 600/2000	4598	95
WC	Радијатор пан. 600/600	1349	33
Ходник 2	Радијатор пан. 900/800	2699	65
		18432	436

Изабрана грејна тела условљавају и бирање одговарајућег котла или пећи са котлом. Треба напоменути да из искуства треба бирати котао 20% веће снаге од укупне снаге грејних тела што би у нашем случају значило котао чија је називна снага прелази 22120 W. Цене котлова потребне снаге варирају од произвођача до произвођача тако да ћу као пример у овом раду користити котао произвођача Алфаплам модел централ 23BNRAM који задовољава тражене услове овог примера (називна снага од 23,3 kW) и чија цена износи 56000 РСД односно 475 €.

Након изабраног котла и грејних тела треба усмерити пажњу на преостале делове једног грејног система индивидуалног домаћинства. То су пре свега

експанзиони суд, разводне цеви, сигуросни и радијаторски вентили, пумпа, манометар и термометри.

Табела 5.2 Избор сталепреме централног грејања и њихова цена

Назив	Комада	Појединачна цена [€]	Збирна цена [€]
Експанзиони суд 35 l	1	30	35
Сигуросни вентил 5/4 "	2	10	20
Радијаторски вентил 1/2 "	8	6	48
Испусна славина 1/2 "	2	3,5	7
Пумпа 5/4 "	1	90	90
Манометар 0-4 bar	1	3	3
Термометар 0-120°C	2	4	8
			211

У табели 5.3 се може видети потребна дужина одговарајућих цеви увећана за 20% (у пракси се често утроши до 20 % цеви више од оне дужине која се налази на пројектном цртежу) као и цена цеви по дужном метру за одговарајући пречник и потребан новчани издатак за њих. У пракси се најчешће користе бакарне цеви.

Табела 5.3 Избор топлотних цеви и њихова цена

Пречник цеви	Потребна дужина [m]	Цена по дужном метру [€]	Укупна цена [€]
Ø 15mm	19	3.4	64.6
Ø 18mm	12	3,8	45.6
Ø 22mm	30	4,5	135
Ø 28mm	13	6	78
Ø 35mm	23	8	184
			507.2

Цена монтаже једног грејног система попут овог се данас креће око 30 € по грејном телу. Треба напоменути да монтажа котла се рачуна као 3 грејна тела и у ову цену је урачуната цена пројекта, рад мајстора и потрошан материјал попут шrafoва, гаса за заваривање итд...

Цена извођења радова на овом пројекту би износила 330 € тако да би цела инвестиција за уградњу једног оваког система грејања износила 1959.2 €.

6.1 Уградња система грејања на пелете користећи модификовани котлао и његова исплативост

Уколико једно домаћинство жели да користи пелета као енергент за грејање, онда постоје две опције како то да ураде. Прва је коришћење пелет котлова а друга је модификација постојећег котла на чврста горива да користи пелете. Друга опција је економичнија инвестиција али мана ове модификације је што се не може постићи она ефикасност котла коју имају пелет котлови.

Цена модификовања котла на чврста горива увелико зависи од произвођача пелет сетова као и цене монтаже истих која варира од мајстора до мајстора који се тиме баве. Тако цена једног пелет сета снаге до 24 kW који би одговарао котлу који смо користили у предходном примеру можемо видети у следећој табели:

Табела 5.4 цена делова пелет сета

Назив	Цена [€]
Горионик за пелете, Ferrolli SUN P7, са интегрисаном регулацијом, дозатор(пуж)	895
Резервоар запремине 140 литара	140
Врата за монтажу горионика	110
	1145

Уградња оваквог једног пелет сета се креће од 125 до 155 € у зависности од мајстора и котла који се модификује тако да ова инвестиција не би требало да прелази 1300 €.

Да би видели да ли се једна оваква инвестиција исплатила морамо знати потрошњу пелета у једној грејној сезони. Узимајући у обзир да се да се из праксе зна да у нашем примеру се потроши 4 тоне угља колубара топлотне моћи 7500 kJ/kg и 6 просторних метара огревног дрвета топлотне моћи од 14000 kJ/kg при влажности дрвета од 20% можемо употребити следећи формулу за израчунавање потрошње пелета у једној грејној сезони:

$$m_u \cdot H_u \cdot \mu_u + m_d \cdot H_d \cdot \mu_d = m_p \cdot H_p \cdot \mu_p \quad (5.1)$$

Гдеје:

m [kg] – маса енергента

H [kJ/kg] – топлотна моћ енергента

μ – ефикасност котла

Индекси u , d , p означавају угаљ, дрва, пелет респективно.

Пре коришћења ове формуле, морамо одредити масу дрвета и ефикасности котлова. Просторни метар дрва садржи 70% масе једног кубног метра пуног дрвета. Храст са процентом влажности од 20% има густину од 650 kg/m^3 тако да за грејање се у овом систему користи маса од 2730 kg дрвета. [12] и [13]

Ефикасност котла који смо користили у примеру, према речима произвођача износи 60 % без промене да ли се ради о угљу или огревном дрвету. Модификацијом котла ефикасност котла расте на 83 % и остаје константна преласком капацитета од 10 %.

Топлотна моћ пелета варира од 17000 до 20000 kJ/kg у зависности од квалитета. На нашем тржишту је најзаступљенији буков пелет топлотне моћи од 18000 kJ/kg.

Пошто имамо све потребне податке можемо израчунати масу пелета за једну грејну сезону и она износи 2648 kg.

Цена угља колубара износи 63 €/t док је цена просторног метраогревног дрвета 35 €, тако да издаци за огрев за једну грејну сезону, уколико се користи котао на чврста горива, износи 462 €. Цена пелета код нас износи 170 €/t (у ЕУ се цена пелета овог квалитета креће од 130 до 150 €/t) па би би нас грејање на пелет по грејној сезони коштало 450 € без превозних трошкова енергента. Пошто је разлика од само 12 € по грејној сезони отплатни рок овакве инвестиције јако дуг.

Табела 5.5 Табларни приказ исплативости модификовања котла на чврста горива

	Цена инвестиције [€]	Цена горива по грејној сезони [€]
Котао на чврста горива	0	462
Модификовани котао који користи пелет	1300	450

Пошто је разлика од само 12 € по грејној сезони отплатни рок овакве инвестиције јако дуг.

6.2 Уградња система грејања на пелете користећи специјализован котлао и његова исплативост

Уколико би у грејни систем уградили пелет котлао уместо котла на чврста горива, имали би ефикаснији котлао али би имали и већу инвестицију. Цена одговарајућег пелет котла са 93 % ефикасности износи 2300 €. Са овим котлом трошило би се 2364 kg пелета цена те количине пелета би износила 402 €.

Једина разлика између система грејања који користе пелете и система грејања који користе угљен и гас је енергетска вредност горива. Имајући то у виду, као и мању цену потрошеног енергента у систему пелет котла, приликом прорачунавања исплативости система грејања на пелете треба као инвестициони трошкове узети саму разлику уцени уградње ова два система, тј. разлику уцени ова два котла. У нашем случају та разлика износи 1835 €.

Табела 5.6 Табларни приказ инвестиционих трошкова и трошкова рада система који користе пелете односно чврста горива као енергент

	Цена котла [€]	Цена горива по грејној сезони [€]
Котлао на чврста горива	475	462
Пелет котлао	2300	402

Тако да би разлика по грејној сезони износила 60 € што би представљало отплатни рок од 31 грејну сезону.

6.3 Уградња система грејања користећи пелет котлао уместо гасног котла

Последњих година за потребе грејања у Србији све више се користе гасни системи грејања. Сваке године све је више насеља са могућношћу прикључивања домаћинства на гасни вод. Међутим, цене природног гаса расте из године у годину па се доводи у питање економичност оваквог система грејања за потребе једног домаћинства.

Пошто су нам цена пелет котла и утрошених пелета познати, морамо сада пажњу окренути ка уградњи гасног система.

Пре уградње једног гасног котла треба прво обезбедити гасни прикључак чија је цена устаљна од 770 € са малим варијацијама у цени од 10 до 20 € у зависности од места и овлашћених фирми које прикључују домаћинства на гасовод.

Цене гасних котлова увелико варирају у зависности од снаге, произвођача и конструкционих решења. На тржишту Србије најчешће се могу наћи гасни котлови реномираних произвођача попут „Berreta“, „Vaisman“ и „Junkers“. Постоје и произвођачи гасних котлова са нешто приступачнијим ценама попут Fondital-a.

За потребе овог рада узећемо као пример неколико гасних котлова због разлике у њиховој цени и квалитету:

- Гасни котлао произвођача „Fondital“ и модел „Panarea“ снаге 23,7 kW и степена корисности од 90,6 % је један од јефтинијих на тржишту. Цена овог гасног котла износи 470 €.
- Гасни котлао произвођача „Berreta“ и модел „MTNMINUTEJ 24 C.A.I“ снаге 24 kW и степена корисности од 92,8 %. Цена овог гасног котла је 91500 динара односно око 775 €.
- Гасни котлао произвођача „Viessmann“ и модел „Vitopend 100-WWH1D“ снаге 24 kW и степена корисности од 92,8 %. Цена овог гасног котла је 910€.

На основу Решења Владе Републике Србије Број 312-8083/2011-1 од 01. новембра 2011. године, примењују се нове цене природног гаса. Нова цена гаса за домаћинства износи 41,70 дин/м³, а за системе даљинског грејања 37,93 дин/м³. На наведене цене обрачунава се ПДВ по стопи од 8%. Тако да цена гаса са ПДВ-ом износи 45,03 дин/м³ за домаћинства односно 40,96 дин/м³ за системе даљинског грејања.

Пошто су нам све цене познате, потребно је још одредити потрошњу гаса за једну грејну сезону. Користимо формулу 5.1 и добијамо потрошњу од 1310 м³ гаса. Треба напоменути да поменути гас има 33338 kJ/м³ при температури од 15°C и притиску од 1,01325 bar.

Са ценом од гаса од 45.03 дин/м³ годишње би се издвајало 59000 динара за утрошени гас, односно око 500 €уколико би се користио гасни котлао произвођача „Fondital“. Нешто мање гаса би се утрошило са гасним котловима произвођача „Berreta“ и „Viessmann“, односно 1280 м³. Годишње би се издвајало 57650 динара односно 490 €.

Табела

5.6 Табларни приказ инвестиционих трошкова и трошкова рада система којим користе пелет односно природни гас енергент

	Цена котла [€]	Цена горива по грејној сезони [€]	Разлика у инвестицији [€]	Отплатни рок [грејних сезона]
Гасни котао „Fondital“ са прикључком на гасовод	1240	500	1060	11
Гасни котао „Berreta“ са прикључком на гасовод	1545	490	755	8,5
Гасни котао „Viessmann“ са прикључком на гасовод	1680	490	620	7
Пелет котао	2300	402	/	/

7.0 Закључак

Енергетска криза која постаје све интензивнија трошењем светских нафтних резерви. Потребно је наћи алтернативу за фосилна горива која полако али сигурно нестају. Нека од ових алтернативних горива услед пораста цена енергената могу бити економски исплативија и еколошки прихватљивија од конвенционалних енергената.

Такво једно гориво представљају и пелети јер и поред своје високе цене могу бити конкуретни угљу, огревним дрвима природног гасу. Дванајвећа проблема при коришћењу пелета представља скупа технологија њихове употребе у виду почетних инвестиција уградње пелетних система и висока цена производње пелета у Србији. За производњу једне тоне пелета потребно је нешто мање од 2 m³ дрва док за производњу тоне пелета се утроши 5 € за електричну енергију. Производни процес једне тоне пелета не би требало да кошта више од 100 €. Цене пелета у ЕУ су веома различите у зависности од државе, негде су јефтинији док негде могу бити и дупло скупљи у односу на цене у Србији.

Први проблем ће се решити временом јер грејни системи који користе пелете из дана у дан постају јефтинији. Други проблем се може решити пореским олакшицама за произвођаче пелета који производе пласирају на домаће тржиште или субвенцијама за потрошаче пелета чиме би се подстакло коришћење пелета у Србији. Услед веће потражње на домаћем тржишту дошло би до отварања нових конкурентних производних погона што би умањило веома високу цену пелета.

Литература

- [1]- The Pellet Handbook The Production and Thermal Utilisation of Pellets *Ingwald Obernberger and Gerold Thek*
- [2]- http://www.etazgrejanje.com/etaz_info.php?tmpl=faq&faqcat=20
- [3]- http://www.pelletprocess.de/?page_id=18&lang=en
- [4]- BRIKETIRANJE I PELETIRANJE BIOMASE Brkić M, Janić T
- [5]- STUDIJA OPRAVDANOSTI KORIŠĆENJA DRVNOG OTPADA U SRBIJI, Energy Saving Group
- [6]- <http://biomassmagazine.com/articles/5437/report-analyzes-european-pellet-markets>
- [7]- ПРАВИЛНИК О ЕНЕРГЕТСКОЈ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА, ("Сл. гласник РС", бр. 61/2011)
- [8]- GREJANJE I KLIMATIZACIJA SA PRIMENOM SOLARNE ENERGIJE Zrnčić S, Čulum Ž
- [9]- ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА Рекнагел, Шперенгер, Шрамек, Чеперковић
- [10]- Wood Pellet Heating Systems, The Earthscan Expert Handbook for Planning, Design and Installation *Dilwyn Jenkins*
- [11]- http://totpromet.rs/media/pdf/Noviteti_2011Kotlovi%20na%20cvrsto_gorivo_sa_PELET_GORIONIOM.pdf
- [12]- http://peletiranje.co.rs/pdf/Energija_u_preradi_drveta-1.pdf
- [13]- <http://www.eps.rs/Lat/Article.aspx?lista=Sitemap&id=84>