

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енергија и животна средина

Број индекса: 74/2011

Катарина Н. Лазаревић

**Студија могућности производње пелета у Србији и
пројектовање постројења средњег капацитета за њихову
производњу**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Др Милун Бабић, редовни проф. -ментор**
- 2. Др Вања Шуштершич, ванр. проф**
- 3. Др Слободан Савић, ванр. проф.**

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- уведе читаоца у материју,
- опише технолошки процес (сеча дрвећа, обрада дрвета, дрвни остаци, начини производње пелета, складиштење, паковање, транспорт, продаја, стехиометријске једначине сагоревања, топлотна вредност, продукција гасова NO_x , CO_x и пепела,...,
- прикаже примере добре праксе у Европи и Србији,
- изради идејно решење постројења за прераду пелета, са свим потребним техничко-технолошким шемама,
- конструише и виртуално моделира постројење за прераду пелета средњег капацитета,
- истражи и одреди инвестициона улагања и период повраћаја инвестиције за пројектовање и изградњу постројења средњег капацитета за производњу пелета,
- изнесе одговарајуће закључке.

Препоручена литература:

- Погонски материјали, Љиљана Кузмановић, Машински факултет у Крагујевцу 1973.

Крагујевац, 2014

ментор:

Милун Ј. Бабић, редовни професор

Резиме:

Циљ је овог завршног рада је студија могућности производње пелета у Србији и пројектовање постројења средњег капацитета за њихову производњу.

У овом раду је посебна пажња посвећена технолошким поступцима пелетирања, као и пројектовању постројења за производњу пелета средњег капацитета. У уводу је описана биомаса, као и главни енергент-дрво. Током даљег рада приказан је начин производње пелета, виртуално измоделирано постројење, израчуната инвестициона улагања.

Кључне речи: Дрвена биомаса, Дрвени отпад, Пелет, Сечка, Дрвено брашно, Сушара за пиљевину, Преса за пелет.

Abstract:

The aim of this work is a study possibilities of pellet production in Serbia and plant design middle capacity to produce them.

In this paper, special attention is paid to technological methods of pelleting, as well as the design of facilities for the production of pellets middle capacity. In the introduction describes the biomass, as the main fuel- wood. During further work shows how the production of pellets, shaped him self a virtual plant, calculated investments.

Key word: Wood biomass, Wood waste, Pellet, Chopping, Wood flour, Dryer for sawdust, Press for pellet

Садржај:

1.Увод	1
1.1 Пелет– опис и основне карактеристике.....	1
1.2 Дрвени пелет	2
1.3 Предности пелета	3
2.Биомаса	4
3.Технологија производње и коришћења пелета	7
3.1 Сеча дрвета.....	7
3.2 Дрвени остаци	8
3.3 Производња и складиштење дрвене сечке	11
3.4 Начин производње пелета.....	12
3.4 Складиштење.....	18
3.5 Паковање	19
3.6 Транспорт	21
3.7 Цена пелета.....	22
3.8 Котлови на пелет	23
3.9 Сагоревање дрвета у котловима са основама стехиометрије и топлотна вредност	25
3.10 Продукција гасова	29
4.Примери добре праксе.....	32
4.1 Примери добре праксе у Србији	32
4.2 Пример добре праксе у Европи- Босна и Херцеговина	35
5.Идејно решење постројења за пелетирање.....	39
6.Моделирање.....	45
7.Улагања и економска анализа	50
8.Закључак.....	54
Литература	55

1. Увод

1.1 Пелет– опис и основне карактеристике

Пелет је производ који се добија искључиво пресовањем под великим притиском пиљевине и струготине сувог високо калоричног дрвета, а без додавања било каквих везивних средстава, са веома малом количином влаге (8%)¹. Производи се од храста, букве јасена, граба, тополе, липе и др. Цилиндричног је облика, а представља квалитетно и врло каролично гориво чијим сагоревањем настаје свега 1% пепела². Због облика и величине лако се транспортује, једноставно се пуне ложишта пећи које се користе у домовима за њихово грејање. У потпуности задовољава високе еколошке стандарде чиме нам омогућава квалитетнији живот, не угрожавајући околину и природу. Килограм пелета може произвести око пет киловат сати топлотне енергије³. Количина енергије коју добијамо горењем два килограма пелета једнака је литру ложивог уља⁴. Осим енергетске уштеде, пелети су и еколошки подобна сировина. Сагоревањем пелета ствара се иста количина CO₂ колико је дрво користило приликом свог раста⁵. Због тога се сматра да сагоревање пелета не утиче на повећање CO₂ у атмосфери. Приликом производње, припреме и транспорта пелета ствара се занемарљива количина CO₂. Пелет, насупрот горивима базираним на нафти и угљу, не садржи супстанце које су токсичне за људе и околину.

Модерна производња и прописани стандарди квалитета доприносе да пелет има уједначену горивост и константну енергију. Основна својства пелета приказана су у табели⁶.

¹<http://bs.wikipedia.org/wiki/Peletiranje>

²<http://bs.wikipedia.org/wiki/Peletiranje>

³<http://www.magnus.co.rs/pelet.htm>

⁴<http://www.magnus.co.rs/pelet.htm>

⁵<http://www.peletirke.peletmetalac.com/>

⁶<http://www.drvotehnika.info/clanci/tehnicka-svojstva-i-upotrebljivost-drveta-paulovnije-paulownia->

Узорак	Пелет од биомасе
Димензије	6.00-6.10mm L=5-30mm (95%)
Ситовна анализа	1.18% < 3.15mm
Укупна влага	7.16 %
Маса	616 kg/m ³
Јединична густина	1.210 kg/m ³
Пепео	0.53 %
Испарљиве материје	78.14 %
Горња топлотна моћ	18.370 kJ/kg
Доња топлотна моћ	17.043 kJ/kg

Табела 1. Карактеристике пелета

1.2 Дрвени пелет

Дрвени пелет је произведен из пресованог унутрашњег дрвета или пиљевине, ваљкастог је облика, ширине 6-8 mm и дужине од 10 до 30 mm. Дрвени пелети производе се под изразито високим притиском, подиже се температура дрвета и ствара природни ”лепак”, па пелети успевају да задрже облик ваљка и након хлађења.



Слика 1. Мозак дрвета направљеног од пелета

Компактност пелета је видљива и приликом транспорта, јер се појављује тек око 0,5% дрвене прашине⁷. Пелети се пресују из чисте неконтамиране дрвене пиљевине, без икаквих хемијских везивних средстава са високом топлотном концентрацијом од око 5kWh/kg или 18MJ/kg.⁸ Имају врло низак садржај влаге што омогућава врло високу ефикасност сагоревања. Користе се у пећима за грејање стамбених објеката или за производњу електричне енергије као замена за угаљ.

1.3 Предности пелета

Предност овог горива је што може да се користи на сличан начин као и течно гориво, тако што из специјаног резервоара који се поставља уз котао истиче одређена количина пелета, па није потребно, да се као код угља и дрва, на сваких пар сати поново ложи.

Искоришћеност енергије код пелета је преко 90%, док је код класичних пећи, котлова и камина на угаљ и дрва највише 70%⁹. За грејање на пелет није неопходно имати класични димњак, јер није потребан “цуг”, дим може да иде и кроз обичну цев.

Свакако, најбитнија је економска исплативост добијања топлотне енергије произведене коришћењем пелета, јер је, према садашњим ценама горива и опреме, топлотна енергија добијена сагоревањем пелета два до шест пута јефтинија него када се користе фосилна горива¹⁰.

⁷http://hr.wikipedia.org/wiki/Drveni_peleti

⁸http://hr.wikipedia.org/wiki/Drveni_peleti

⁹<http://www.drvotehnika.info/clanci/pelet-energija-iz-biomase>

¹⁰<http://www.drvotehnika.info/clanci/pelet-energija-iz-biomase>

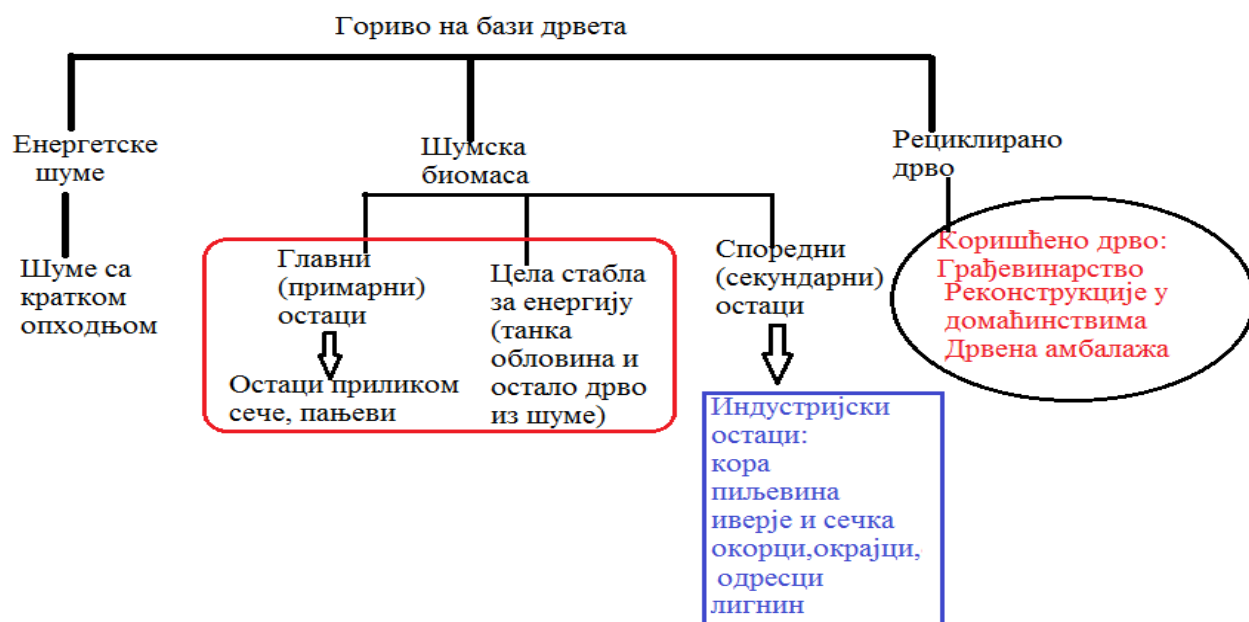
2.Биомаса

Класификација дрвене биомасе приказана је на слици 2.¹¹

Емпиријска формула биомасе је $\text{CH}_x\text{O}_y\text{N}_z\text{S}_w\text{W}_0$. То значи да биомаса садржи у себи угљеник, водоник, кисеоник, азот, сумпор и воду. Емисија CO_2 приликом сагоревања горива на бази дрвета и осталих врста горива приказана је у табели 2.

Врста горива	Емисија CO_2 у kg/kWh енергије
Гас	0,19
Мазут	0,27
Угаљ	0,29
Дрвени пелет	0,03
Дрвена сечка	0,03

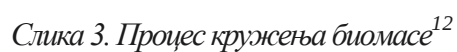
Табела 2. Емисија CO_2 приликом сагоревања



Слика 2. Класификација дрвене биомасе

¹¹https://www.google.rs/search?q=drvena+biomas&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=yCAOVNztCMmUPP7vgfgP&ved=0CAUQ_AUoAA&dpr=1

Сагоревањем биомаса се враћа у атмосферу у облику CO₂ који је у току свог животног века директно или индиректно примила из атмосфере, па се на тај начин затвара природни биохемијски циклус (слика 3.). Разлика између биомасе и фосилног горива временског је карактера.



5

Општи појам биомасе веома је широк и подразумева органску материју биљног и животињског порекла. Према проценама од укупне настале биомасе на планети Земљи искористи се мање од 4% (за храну људи и животиња, за производњу папира и картона, у енергетске сврхе- гориво, итд.)¹³.

Према директиви ЕУ број 2003/30 ЕС од 08.05.2003., члан 2 БИОМАСА је биоразградива фракција производа, отпада и остатака из пољопривреде, шимарства и дрвне индустрије, као и биоразградиве фракције из комуналног и индустријског отпада чије је коришћење у енергетици допуштено, у складу са одговарајућим прописом из области заштите животне средине¹⁴.

Биомаса се јавља у:

- чврстом (пелетирана биомаса),
- течном (биодизел, биоетанол, биометанол) и
- гасовитом агрегатном стању (биогаз, депонијски гас).

Биомаса се стално троши и обнавља, у циклусу кружења материје и протицања енергије у природи. Човек својим активностима, повећава количину биомасе која кружи у животној средини.

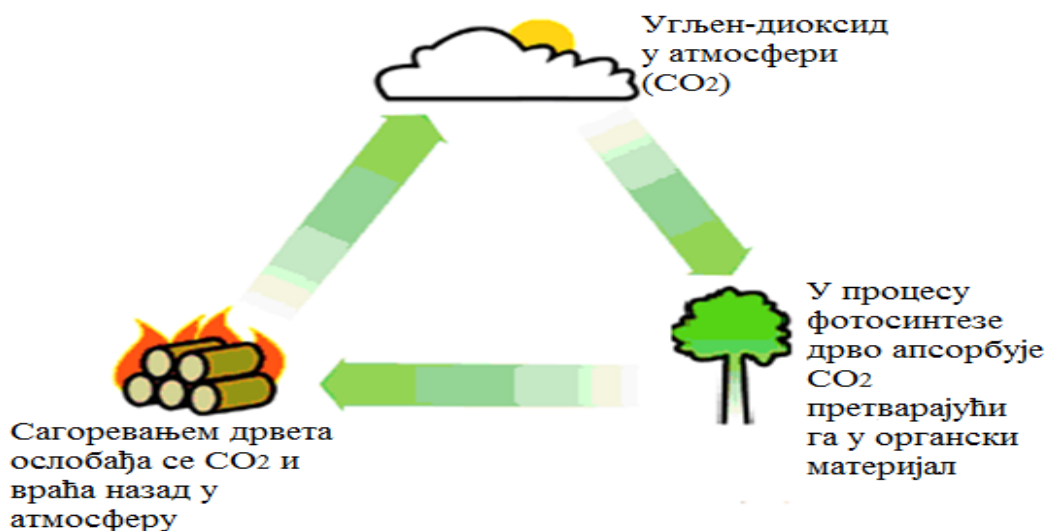
¹³<http://sh.wikipedia.org/wiki/Biomasa>

¹⁴<http://solarna.unecopn.org/biomasa.html>

3.Технологија производње и коришћења пелета

3.1 Сеча дрвета

Шуме у Србији покривају површину од 1,98 милиона ha, што представља око 25,6% укупне територије Србије¹⁵. Када је периодична сеча дрвећа мања или једнака расту дрвећа и шума, употреба дрва не доприноси повећању CO_2 у атмосфери. Главни састојци дрвета су целулоза (око 50%), лигнин (око 25%), смоле, боје, етарска уља, масти, минералне материје и вода. Као што је то раније речено, количина CO_2 која се ослободи сагоревањем дрвета је приближно једнака количини CO_2 које дрво искористи из атмосфере у току раста и једнака количини која би се ослободила приликом природног процеса распадања у шуми. За разлику од тога, употреба фосилних горива узрокује значајан раст количине CO_2 у атмосфери. Иако се произведе једнака количина енергије, количина CO_2 која се испусти у атмосферу при употреби нафте или гаса је отприлике 20 пута већа од оне која се испусти коришћењем дрва, дрва емитују много мање свакодневног CO_2 ¹⁶.



Слика 4. Приказ «кружења» CO_2 у атмосфери у току раста и сагоревања дрвета

¹⁵ http://www.rbkolubara.rs/dokumenta/ekologija/obnovljivi%20izvori/Sumski%20otpad_Vazno.pdf

¹⁶ https://www.google.rs/search?q=drva+emituju+ugljen+dioksid&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=oq0QVJ3GFMmGywOI3IDQCA&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=kruzenje+ugljenika+u+prirodi

3.2 Дрвени остаци

Запремина уобичајно неискоришћених делова дрвета, који садрже кору, танке гране и пањеве износи око 42% од укупне запремине дрвне масе дрвета.¹⁷ То значи да, према садашњој сечи дрвета, у шуми обично око 1,1 милион m^3 дрвног остатка, то јест дрвног отпада, остаје након сечења¹⁸. Ови остаци су различити по величини и облику.

Што се тиче квалитета биомасе, ови остаци (слика 5) могу се користити као извор енергије, а неки могу бити искоришћени за производњу дрвених плоча.

Дрво сакупља енергију Сунца. Сагоревањем дрво ослобађа енергија Сунца скупљену у току процеса фотосинтезе. Дрво је извор енергије која је обновљива: коришћење фосилних горива (угаљ, нафта, гас) значи брзо искоришћење енергетских ресурса којима је потребно милионима година да се обнове. Дрво се сматра обновљивим извором енергије због тога што се може вратити у природу и поново обновити у временском раздобљу које је у складу са људском потребом. На слици 5. се може видети дрвени отпад после сече шуме.



Слика 5. Дрвени остаци

¹⁷http://www.rbkolubara.rs/dokumenta/ekologija/obnovljivi%20izvori/Sumski%20otpad_Vazno.pdf

¹⁸https://www.google.rs/?gws_rd=ssl#q=drveni+ostatak

Дрвена сечка

Пошто се јавља као једна од основних сировина за производњу пелета, у овом одељку ће бити дат посебан осврт на тзв. сечку.

Сечка је енергент који се добија уситњавањем дрвета на ситне комаде тако да може бити коришћена у аутоматским котловима за грејање индивидуалних кућа, стамбених објеката, јавних установа итд. Добија се најчешће уситњавањем огревног дрвета, крупног и ситног остатка из шуме, дрвног остатка из процеса прераде дрвета као и дрвета из паркова, дрвореда и сл. Дрвена сечка представља економичан начин коришћења дрвета као енергента из разлога што се може користити као гориво са релативно високим садржајем влаге око 20%. Манипулација дрвеном сечком је релативно једноставна и не захтева озбиљнија улагања у опрему и уређаје за њен транспорт. Због својих карактеристика најчешће се користи као енергент за котлове од 50 kW до неколико мегавата.



Основне карактеристике сечке су:

топлотна моћ: $\sim 3,8 \text{ kWh/kg}$,

густина: $\sim 200 \text{ kg/m}^3$,

влажност: $\sim 20\%$.

Слика 6. Изглед дрвене сечке

Квалитет сечке је врло битан за поуздан рад котлова. Квалитет одређује врста материјала, димензије и влажност.

Сировина за производњу сечке потиче из:

- шумарства (цела стабла, грањевина, остаци приликом сече, пањеви),
- прераде дрвета (остаци из пиланске прераде дрвета, окрајци, окорци, одресци итд.),
- рециклираног дрвета.

Атро тона представља тежину апсолутно сувог дрвета (садржај воде 0%)¹⁹. При овој влажности дрво има максималну енергетску вредност. То значи да тада купац кроз цену дрвне сечке плаћа енергију, а не воду. Практичан начин обрачуна испоруке и плаћања дрвне сечке дат је на следећем примеру: Нето тежина дрвне сечке букве је 5 500 kg, а њена измерена влажност 30% (значи 70% представља чиста дрвна маса). Енергетска вредност 1 kg дрвета букве влажности 0% износи 5,0 kWh/kg (извор: Аустријска Агенција за Енергију). У конкретном примеру купац је купио следећу количину енергије:

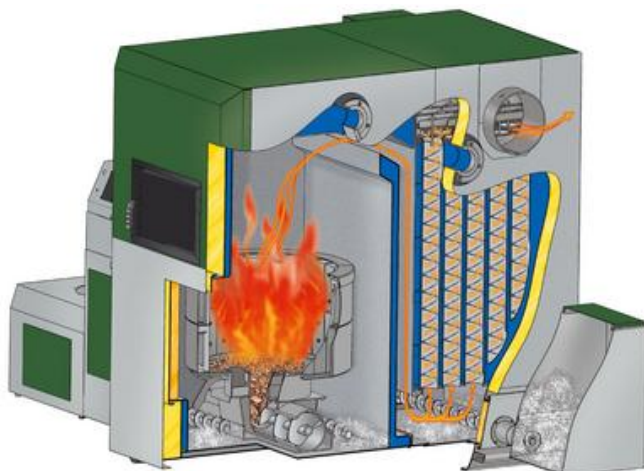
$$5500 \text{ kg} * 0,7 = 3.850 \text{ атро kg} * 5,0 \text{ kWh/kg} = 19250 \text{ kWh}.$$

Имајући у виду начин обрачуна атро тежине и енергије дрвне сечке то су и њене цене знатно више у односу на цене дрвне сечке која се испоручује и обрачунава са одређеним процентом влажности.

Проценат пепела: до 1% препоручује се употреба дрвеног пелета као енергента за котлове до 100 kW снаге. Стандарди квалитета за сечку и пелет постоје у Европи. Поуздан и стабилан квалитет је од кључног значаја за експлоатацију. Квалитет је посебно битан код пелета. Због тога су израђени и усвојени стандарди који прописују карактеристике, класе квалитета, начине и поступке испитивања и њихово пуштање у промет.

Котлови на дрвену сечку или пелет имају снаге које се најчешће крећу у следећим границама 220-450 kW. На слици 7 приказан је један такав котлоу, који представља једно од најкомпактнијих постројења на биомасу на тржишту.

¹⁹http://herzmediaserver.com/data/_www/srb/brosure/herz_biomasa.pdf

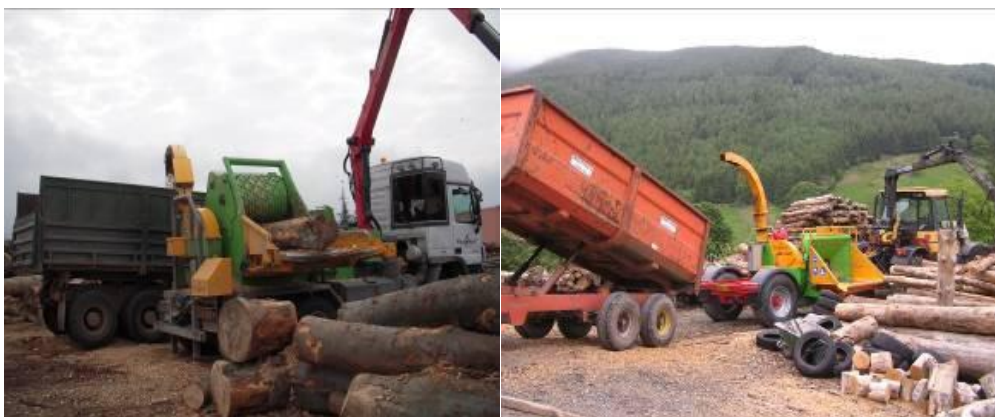


Слика 7. Изглед котла на пелет и сечку Bio Matic

3.3 Производња и складиштење дрвене сечке

У зависности од полазног материјала, производња дрвене сечке обавља се, углавном, на месту или у близини на коме се тај материјал налази (слика 8). Основни разлози за овакав приступ су економске природе.

За производњу дрвене сечке из шумских остатака користе се најчешће покретне дробилице са сопственим или погоном од неке прикључне машине (трактор).



Слика 8. Покретна дробилица са сопственим погоном(лево) и погоном на тракторску осовину (десно)

Тако произведена дрвена сечка транспортује се, углавном, у камионским или у тракторским приколицама до складишта, а камионима-контејнерима до великих топлана и других потрошача (фабрика плоча на бази дрвета). Уколико је дрвена сечка произведена од полазног материјала чија је влажност била испод 25%, она се складишти у затвореним складиштима (слика 9) (уз повремено мешање и проветравање), а ако је произведена од полазног материјала чија је влажност била изнад 25% она се складишти у полузатвореним складиштима (слика 10).



Слика 9. Затворено складиште



Слика 10. Отворено складиште сечке

3.4 Начин производње пелета

Главни процеси у фабрици пелета су:

- пријем сировине- истовар из камиона или железничког вагона;
- складиштење-систем треба да омогући оптимално складиштење за даље манипулације;
- чишћење- пре млевења, сировина пролази кроз сита и магнетни одвајач како би се уклониле нечистоће као што су камење и метални предмети;
- транспорт-систем за интерни транспорт може бити хоризонталан и вертикалан;
- млевење-оно је неопходно у случају ако сировина није пиљевина или дрвена сечка са димензијама мањим од дозвољене горње границе за дату пресу, обично око 3mm, али у сваком случају мањи од пречника пелета;

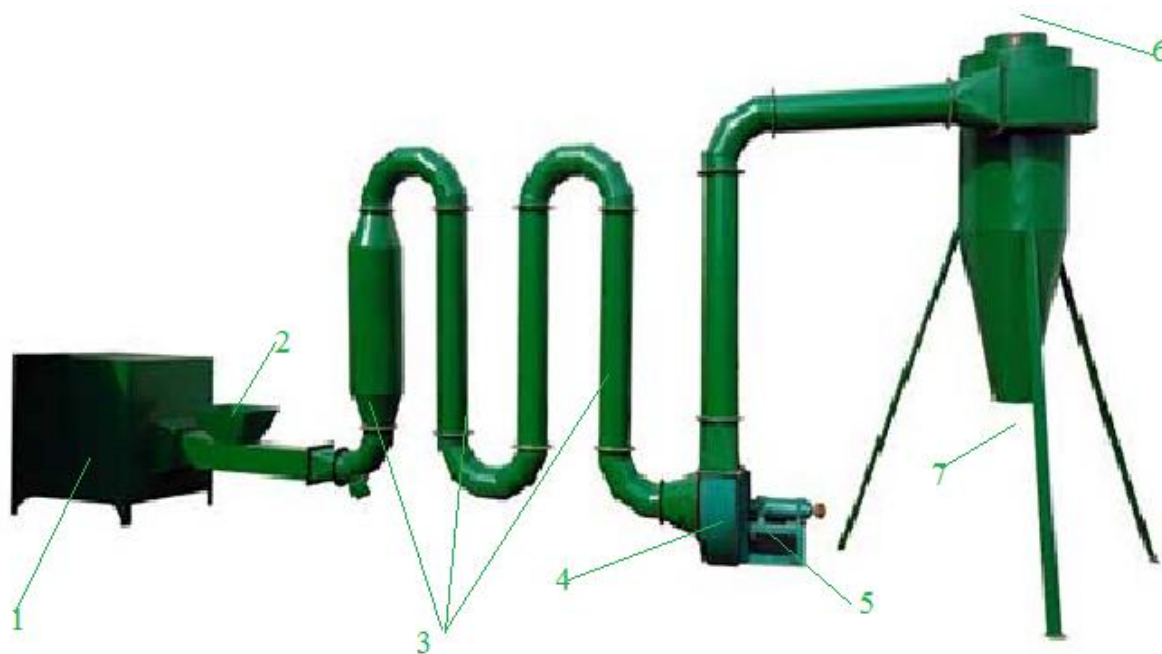
- термичка припрема-сировина претходно припремљена на одговарајућу величину, пиљевина и дрвена прашина се греју,обично паром,на температуру од 200 °C, како би се из дрвета ослободио лигнин који касније служи као везивно средство;поред тога сировина мора бити осушена тако да садржај воде не буде виши од 20%, а онда може ићи у пресу;
- млевење и сушење може бити комбиновано, то јест изведено заједно, ако је неопходно сушење; у млиновима са сушењем се истовремено суши и меље дрвени остатак; млевени дрвени остатак се лакше суши а, такође се суви дрвени остатак лакше меље; честице дрвеног остатка после млевења треба да су једнаке величине и једнаког садржаја воде;што је вода у пелетима хомогенија, то су они дуже отпорни на лом и мрвљење; за сушење се обично користи топао ваздух, а као гориво се користи расположиви дрвени остатак;
- прављење пелета-пелети се праве у пресама под великим притиском;припремљена сировина за прављење пелета се ставља у пресу; процес пресовања се изводи ваљцима који млевену дрвену масу која се ставља у добош са малим рупама на кружном зиду истискују кроз те рупе; типичан добош (матрица са рупицама) приказан је на слици 11, а са леве стране слике је цилиндрични ваљак који се котрља унутар добоша и истискује пелет;
- хлађење пелета-одвија се под одговарајућим условима како би се добили квалитетни пелети;
- паковање-линија за паковање припрема пелет за даљи транспорт;
- утовар-на камион или железнички вагон.

Линије за производњу пелета су средњег капацитета најчешће од 5.000 до 10.000 t/годишње, а полазна сировина за њихову производњу је најчешће дрвени остатак из прераде дрвета или производње других производа од дрвета. У земљама са развијеним тржиштем пелета, фабрике за њихову производњу су лоциране најчешће близу других фабрика прераде дрвета како би се смањили трошкови транспорта сировине. Као полазна сировина за производњу дрвеног пелета најчешће се користи пиљевина, струготина, ситни и крупни дрвени остаци. Без обзира о којој врсти дрвеног остатка се ради исти се најпре мора очистити од нечистоћа и евентуалног садржаја метала, песка и ситног камења. Тако припремљен материјал улази у сам процес производње који се састоји од неколико фаза.



Слика 11. Ваљак и добош

Прва фаза- уситњена дрвена сечка која се налази у складиштима допрема се у силос за влажни материјал. Из силоса влажног материјала дрвена сечка одлази у сушару на сушење до нивоа влажности од 13-13,5% при уласку у преоцес пресовања²⁰. У пракси је заступљен велики број сушара (слика 12).



Слика 12. Сушара за пиљевину:1-горионик;2-улаз пиљевине; 3-цеви;4-турбина; 5-електромотор; 6-излазни гасови; 7- излаз за осушену пиљевину²¹

Тако осушен материјал допрема се затим на посебне млинове где се додатно уситњава до нивоа дрвеног брашна(слика 13), а затим одлази у силос сувог материјала. Из силоса сувог материјала дрвено брашно се допрема до једног миксера у коме се налази влагомер који контролише влажност материјала, и једна пумпа која дозира воду уколико је измерена влажност испод 13%²². Пре уласка на пресу дрвено брашно пролази кроз један дозатор у коме му се додају веома мале количине скроба (кукурузно брашно) ако се исти користи као додатно везивно средство. Из дозатора дрвено брашно одлази у пресу у којој се налази матрица са цилиндричним отвором чији пречник зависи од жељеног пречника дрвених пелета (слика14.)

²⁰<http://www.mlinostroj.si/rs/linije-za-proizvodnju-peleta.html>

²¹https://www.google.rs/search?q=susara+za+piljevinu&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=AilOVPLhFI3mPKm4gZgD&ved=0CAcQ_AUoAA&dpr=1

²²<http://www.mlinostroj.si/rs/linije-za-proizvodnju-peleta.html>



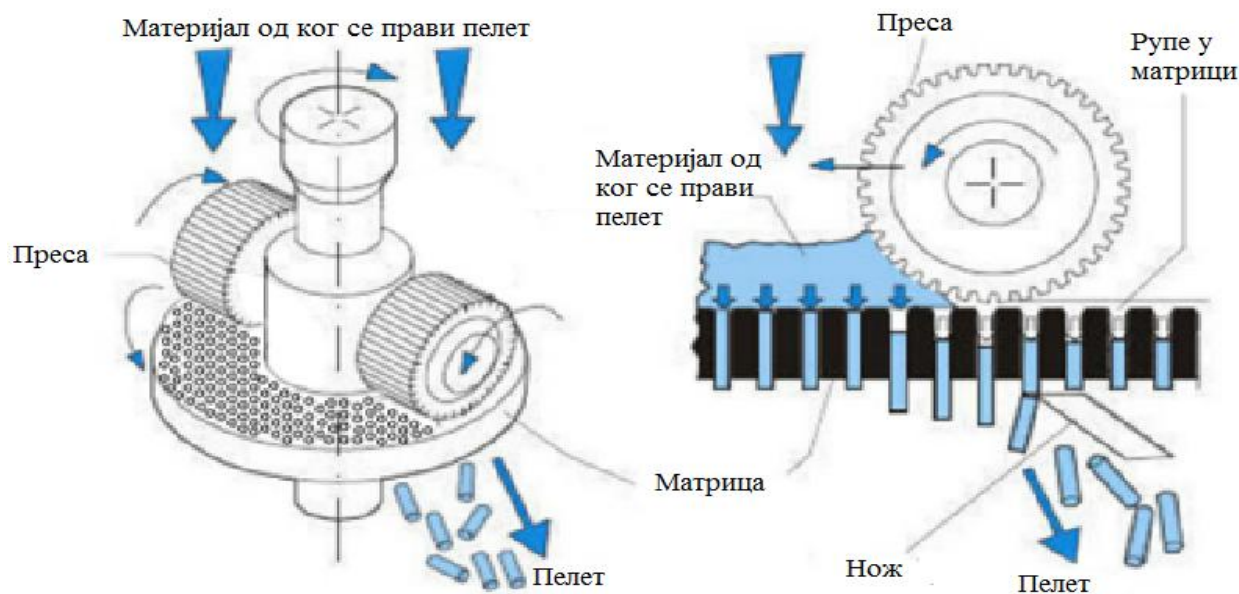
Слика 13. Изглед припремљене сировине(дрвено брашно)



Слика 14. Матрица са отворима

У пресама, под веома високим притиском, дрвено брашно се сабија и кроз отворе на матрицама излази пелет цилиндричног облика (слика 15), пречника од 6 mm који се користи за домаћинства или 8-12 mm ако се производи за индустрију. На изласку из матрице налазе се ножеви који пелет одсецају на жељену дужину, најчешће од 10-30mm.²³

²³<http://www.portal-srbija.com/prodaja-proizvodnja-peleta/eko-pellets>



Слика 15. Преса за пелет (ваљци котрљају око матрице и излази пелет)

С обзиром да је температура на матрицама пресе између 80 и 90°C то се улазна влажност дрвног брашна са 13-13,5% у њима спушта до коначних 8-10%²⁴. Уколико би улазна влажност била нижа квалитет и компактност дрвених пелета би био доведен у питање због немогућности адекватног сабијања пресушеног дрвног брашна с обзиром на чињеницу да се дрвени пелети најчешће производе од чистог дрвета без било каквих адитива и са једним природним везивним средством кога поседује дрво, а то је лигнин који се налази у дрвеним влакнима. Само у изузетним случајевима дрвном брашну се може додати природни скроб, као што је кукурузни скроб у малом проценту да би се побољшао процес везивања честица и тиме повећала компактност дрвених пелета.



Слика 16. Готов производ (пелет)

²⁴Управљање логистиком производње, Универзитет Сингидунум Београд, 2010

3.4 Складиштење

За складиштење пелета треба, одприлике, места као и за резервоаре лож уља, значи једна мања подрумска просторија, наравно зависно од потрошње. Код висине просторије од 2 до 2,20 m треба површина од 1,5 m² по тони потрошње. На пример, ако треба 5 тона пелета, онда треба подрумска просторија од 7,5 m².²⁵ Наравно постоји и могућност складишта пелета и у подземне контејнере или силосе који се налазе ван грађевине, на пример у гаражи (слика 17). Али ако је подрум мали, постоји могућност пуњења два пута годишње, што је доста чест случај и код леж уља.



Слика 17. Простор за складиште пелета

²⁵http://www.frigan.hr/frigan/cms_view.asp?articleID=70

3.5 Паковање

На слици 18 приказана је једна линија за паковање дрвних пелета. Техничке карактеристике тог постројења дате су у табели 3.



Слика 18. Постојење за паковање пелета од 15kg у PVC вреће²⁶

Дозатор	вибрациони
Капацитет	150-300 паковања на сат
Тежине паковања	5 -15kg
Величине вреће	450x650mm
Прикључни напон	3x220 V, 50 Hz
Притисак ваздуха	6 bar
Капацитет усипника	300 l/min
Потрошња ваздуха	70 l
Број радника	1
Габарити машине	1500x2010x4540
Тежина машине	1500 kg

Табела 3. Техничке карактеристике машине

²⁶https://www.google.rs/search?q=susara+za+piljevinu&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=AilOVPLhFI3mPKm4gZgD&ved=0CAcQ_AUoAA&dpr=1#q=masina+za+pakovanje+peleta

Паковање се може вршити и у вреће (слика 19) од 1050 kg, или палете (слика 20).



Слика 19. Врећа за паковање пелета



Слика 20. Палете за паковање пелета

3.6 Транспорт

Пелети се до места коришћења транспортују великим камионима (слике 21 и 22). По жељи купца пакују се у палете или џамбо вреће (од 1050kg). Постоје камиони који транспортују велике количине неупакованог пелета. Камиони су носивости 10т.



Слика 21. Виљушкар пакује палет у камион.



Слика22. Вреће спаковане у камион

Пелет се из spremника, кроз металне канале, помоћу ротирајућих спирала, гура до котла. Ова техника позната је деценијама. Она је настала у току развоја пољопривредне технике и користила се на пољопривредним газдинствима за транспорт хране стоци.

Спирале транспортују пелет директно од складишта до горионика котла. Мењањем брзине обртања спирала тачно се дозира количина пелета, а он се пали и расипа уз контролу и управљање коришћењем модерне микропроцесорске регулације. Могућност одабира различитих врста спирала на тржишту омогућава решење за сваки захтев. Тако се пелет може складиштити у великим количинама у складиште па одатле транспортовати до мањег силоса или подземног резервоара и даље до мањег резервоара поред самог котла како би коначно стигли до места сагоревања у самом котлу.

3.7 Цена пелета

Цене пелета током године значајно осцилују и зависе од потражње на тржишту, која је највећа у месецима непосредно испред зимског периода, а најмања одмах након престанка сезоне грејања. То неповољно утиче на произвођаче, који у периодима тзв. „мртве” сезоне на различите начине покушавају да стимулишу потрошаче за куповину пелета, укључујући и значајна смањења цена, бесплатан превоз и друге погодности.

Цена пелета прве класе износи 215€, 25 370 дин. (са PDV-ом) по једној тони, а упоредни приказ дат је у табели 4.

Упоредни трошак грејања објекта површине 200 kW за једну грејну сезону, (1 EUR=118 RSD)			
Врста грејања	Јединица мере	Трошак	
		дин.	евро
Угаљ	тона	153 400,00	1 369,64
Дрва	m ³	184 229,22	1 644,90
Лож уље	l	460 112,40	4 108,15
Термо-акумулациона пећ	kWh	547 565,49	4 888,98
Дрвени пелет	тона	109 200,00	975

Табела 4. Упоредне цене горива

Ради сликовитије илустрације могу се навести следећи подаци о предностима коришћења пелета²⁷:

- 2 kg пелета $\approx$ 1l уља за ложење;
- 1,85 kg пелета $\approx$ 1m³ земног природног гаса;
- 650 kg пелета заузима 1m³ простора;
- 3 m³ пелета $\approx$ 1 000 l уља за ложење;
- потрошња пелета 1kg/h $\approx$ 5 kW снаге.

У пракси, претходни подаци показују да 2 kg пелета енергетски замењују $\approx$ 1l лож уља, односно $\approx$ 1m³ природног гаса.

3.8 Котлови на пелет

Котлови на пелет (слика 23 и 24) су конструисани искључиво за погон на пелет и имају оптимални фактор искоришћења чак до 95%. Котлови који су намењени за сагоревање свих врста дрвених производа имају далеко мањи фактор искоришћења и више емисије штетних гасова.

Предност коришћења котла на пелет управо се и заснива на чињеници да се на његовим коришћењем задржава комфор ложења идентичан ономе на уље или гас и да му је у потпуности аутоматизован рад, и да обезбеђује врло квалитетно сагоревање са малим емисијама штетних гасова.

Производња пелета од пољопривредних отпадака, као што је нпр. жито или слама, већ се тестира, међутим, ови материјали, углавном приликом сагоревања имају велики удео пепела на крају сагоревања а, такође и велики удео једињења као што је сумпор и хлор. Гасови који настају сагоревањем оваквих материјала не смеју тако загађени бити испуштени у атмосферу.

²⁷<http://proizvodnja-peleta.com/o-peletu/zasto-koristiti-pelet/>

С друге стране, постоје котлови који имају два одвојена ложишта тако да се једно може ложити искључиво са пелетом, док се друго може користити за друге врсте енергената укључујући и дрва, тако да у случају испада било које од те две варијанте, увек постоји могућност нужног погона система грејања.

Нормирани пелети од чистог дрвета су, свакако, оптимални грејни енергент као замена уљу или гасу, док се други енергенти у котлу који је намењен искључиво за пелете не смеју користити.



Слика 23. Котло на пелет

Која количина пелета треба за ложење? Свакако да је за давање одговора на ово питање врло битна изолованост објекта, као и код сваког другог система грејања. Са једноставном рачуницом (2kg пелета = 1 литар лож уља = 1m^3 гаса) долазимо брзо до жељеног резултата колико пелета треба за ложење, узевши у обзир досадашњу потрошњу горива на сопственом објекту. Пример: Ако је корисник имао досадашњу годишњу потрошњу лож уља од $2\,500$ литара (отприлике $2\,500\text{ m}^3$ гаса), томе би одговарала

произведена енергија од око 25 000 kWh. А у случају замене грејања уз помоћ пелета, потрошња би према овом податку била 5 тона пелета годишње.



Слика 24. Котло са леве и силос са пелетом са десне стране

3.9 Сагоревање дрвета у котловима са основама стехиометрије и топлотна вредност

Сагоревање је хемијска оксидација дрвета која ослобађа енергију у облику топлоте. Процес сагоревања се одвија у три фазе, у зависности од температуре²⁸:

- испаравање воде: на 100°C дрво почиње да губи влажност;
- пиролиза: на 100-105°C почиње испаравање угљених хидрата у дрвету; дрво мења структуру и његова порозност се повећава (угљен);
- сагоревање испаривих компонената: на 500-600°C испариве компоненте (гас), које представљају 75% горива почињу да сагоревају; изнад 800-900°C већина енергије је ослобођена у облику топлоте.

²⁸<http://sr.wikipedia.org/sr/Sagorevanje>

Дрво се састоји од следећих једињења:

- угљеника 50%,
- кисеоника 43%,
- водоника 6%,
- азота 1%.

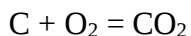
Хемијски састав дрвета чине:

- целулоза 40-50%,
- хемицелулоза 24-33%,
- лигнина 20-35%,
- пратећи материјали (скроб, шећер, смоле, боје, отрови) 3-4%²⁹.

Сагоревање дрвета је завршено када су све компоненте реаговале са ваздухом и када су изгореле. Циљ је да се у ложишту максимизује ефикасност напред наведених процеса и да се ограниче губици енергије у облику гасова који не достигну сагоревање.

Сагоревање је процес претварања хемијске енергије горива у топлотну енергију. При довољној количини кисеоника сагоревање је потпуно, а као продукти процеса сагоревања јављају се угљен-диоксид, сумпор-диоксид, вода, азот. Сагоревање је непотпуно ако кисеоника нема у довољној количини, а у продуктима сагоревања налазе се и супстанце које могу да горе (угљен-моноксид, угљоводоници, угљеник и водоник у облику чађи)³⁰.

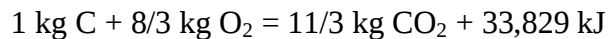
Потпуно сагоревање угљеника:



²⁹ <http://sume.unecopn.org/svojstva.php>

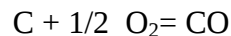
³⁰ Погонски материјали, Љиљана Кузмановић, Машински факултет у Крагујевцу, 1973

Квантитативно значење:

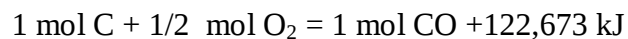


За потпуно сагоревање 1 kg угљеника потребно је 8/3 kg кисеоника и при томе настаје 11/3 kg угљен-диоксида и 33, 829 kJ топлоте.

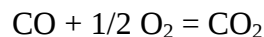
Непотпуно сагоревање угљеника:



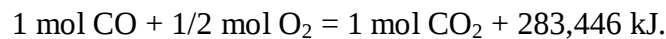
односно:



Угљен-моноксид је сагорива материја и у присуству кисеоника сагорева према:



односно:



Сагоревањем угљеника у две фазе имамо, у првој фази 1 mol угљеника сагоревањем даје 1 mol CO и 122,673 kJ, а у другој фази 1 mol CO сагоревањем даје 1 mol CO₂ и 283,446 kJ. Ове две количине топлоте сабране дају приближну вредност за количину топлоте добијену потпуним сагоревањем угљеника у CO₂.

Топлотна моћ

Количина топлоте добијена сагоревањем горива назива се топлотна моћ горива, изражава се у kJ/kg (kcal/kg) за чврста и течна горива и представља апсолутну вредност, или се изражава у kJ/Nm³ (kcal/Nm³) за гасовита горива и представља релативну вредност топлотне моћи.

Између релативне и апсолутне вредности топлотне моћи постоји однос:

$$H_{\text{rel}} [\text{kJ/Nm}^3] = \rho [\text{kg/Nm}^3] * H_{\text{abs}} [\text{kJ/kg}]$$

где је ρ - густина гориве материје.

Разликујемо два вида топлотне моћи: топлоту сагоревања (H_s) и топлотну вредност (H_i).

Топлота сагоревања (H_s) представља количину топлоте, која се добија потпуним сагоревањем јединице масе горива, при чему треба да буду задовољени следећи услови:

- да се продукти сагоревања угљеника и сумпора налазе у гасовитом стању у облику угљен-диоксида и сумпор-диоксида, а да при томе не настане сагоревање азота,
- да су продукти сагоревања доведени на температуру коју је гориво имало на улазу у процес,
- да се вода у продуктима сагоревања налази у течном стању.

Топлотна вредност (H_i) представља количину топлоте, која се добија потпуним сагоревањем јединице масе горива, при чему треба да буду задовољена прва два услова, као код топлоте сагоревања, а вода треба да се у продуктима сагоревања налази у парном стању.

3.10 Продукција гасова

Као што је раније речено, пелети су CO₂- неутралани. Пелети спадају у обновљиве изворе енергије код сагоревања пелет не производи штетне гасове у току сагоревања, те се сматра једним од ретких «апсолутно» природних, сигурних и здравих енергената.

Као и остала дрвена биомаса, пелети знатно мање загађују ваздух и околину од фосилних горива, јер имају мање од дозвоњених граничних вредности емисије CO, NO_x и прашине.

Угљеник (C) је основни састојак гориве масе. При потпуном сагоревању 1 kg угљеника издваја се 33,829 kJ топлотне енергије.

Азот (N) условно улази у састав гориве масе, јер не учествује у сагоревању, па је и непожељан у горивима.

Коефицијент емисије угљен-диоксида (KE_{CO2}) је коефицијент који показује колико се угљен-диоксида ослобађа сагоревањем одређене врсте горива, по јединици тако добијене количине топлоте. Израчунава се на следећи начин:

$$KE_{CO_2} = 3,67 \text{ gC/H}$$

где су:

gC-садржај угљеника у гориву (бездимензиони број kg/kg);

H- топлотна моћ горива (горња или доња топлотна моћ) у јединици MJ/kg;

3,67- коефицијент стехиометрије једначине сагоревања угљеника.

Количина емитованог CO₂ при сагоревању неког горива, директно зависи од три фактора:

- количине потрошеног горива,
- садржаја угљеника у том гориву,
- потпуности сагоревања угљеника.

Овако израчунат коефицијент узима у обзир само тзв. директну емисију, тј. ону из процеса сагоревања, занемарујући емисију из процеса производње. Тако израчунати коефицијент се може знатно разликовати, што је посебно значајно код биогорива.

Оксиди азота, који се уобичајено означавају NO_x , последњих година доспели су у центар пажње, с обзиром да су идентификовани као узрочници многих нежељених појава.

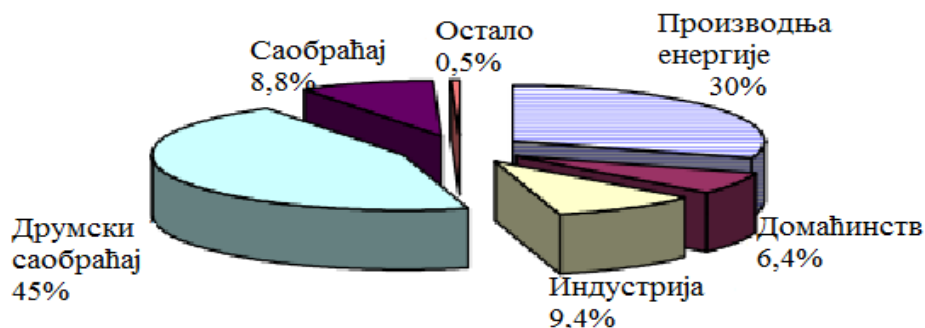
Њихово штетно дејство везује се за:

- утицај на здравље људи,
- смањење видљивости и стварање фотохемијског смога (последица реакција NO_x са органским материјама у присуству сунчеве светлости,
- разарање озона у вишим слојевима атмосфере,
- стварање штетног озона у нижим слојевима атмосфере,
- стварање киселих киша.

С обзиром на утицај на животну средину и здравље најзначајнији оксиди азота су:

- NO - азотмоноксид,
- NO_2 - азотдиоксид,
- N_2O - азотсубоксид.

Заједнички се означавају NO_x . Преко 90% оксида азота емитованих услед процеса сагоревања чини азотмоноксид NO , док остатак чини азотдиоксид NO_2 . Међутим, како се азотмоноксид NO у атмосфери конвертује у азотдиоксид, већина прописа из области заштите животне средине третира све оксиде азота као NO_2 . Азотсубоксид N_2O је познат као гас стаклене баште, који доприноси глобалном загревању, али је такође идентификован као чинилац који утиче на разарање озонског омотача. Срећом, мале количине азотсубоксида се емитују процесима сагоревања. Штетност азотових оксида је у томе што утиче на настајање озона (O_3) који штетно делује на здравље људи. Структура NO_x настала као последица људских активности приказана је на слици 25.



Слика 25. Структура NO_x настала као последица људских активности³¹

Честице

Потпуним сагоревањем дрвене биомасе настају честице летећег пепела и аеросоли. Ове честице су највећи еколошки проблем при сагоревању а посебно у ложиштима малог учинка, јер се не користи никакав систем ни мере за њихово уклањање. Честице које настају опасне су за људско здравље и у најмањим концентрацијама. Аеросоли су штетнији од летећег пепела, због тога што садрже тешке метале, као што су бакар, кадмијум, жива, арсен, хром. Главна мера за смањење емисије честица је филтрирање димних гасова, које се спроводи једино код ложишта већег учинка³².

³¹ <http://www.rgf.rs/predmet/RO/VII%20semestar/Sagorevanje/Predavanja/12Ekologija%20sagorevanja.pdf>

³² https://bib.irb.hr/datoteka/620554.Petar_Krhen_-_Energetsko_iskoritanje_umske_biomase_u_Hrvatskoj.pdf

4.Примери добре праксе

4.1 Примери добре праксе у Србији

Овде ћемо као пример добре праксе за коришћење пелета навести фабрика **ALM PELLETS d.o.o**, чији су подаци дати у табели 5.

Назив:	ALM PELLETS d.o.o
Адреса	Смиље Бујаковић 105Б, Ушће, 36 000 Краљево, Србија
Телефон:	+381-(0)62-332-344
Стовариште Београд:	+381-(0)65-9801-773
Email:	informacije@pelet-srbija.net

Табела 5. Подаци за фабрику ALM PELLETS d.o.o, која је изабрана да послужи као пример добре праксе за производњу и коришћење пелета у Србији

Фабрика је почела са радом 2010. године у месту Прогорелици код Краљева, са опремом која је увезена из Шведске, а пелет производи и користи по шведским стандардима.Познато је да је у Шведској квалитет производње пелета веома висок, што даје сигурност да је функционисање постројења у овој фабрици на високом техничко-технолошком нивоу.

Постројења и производња пелета су 2012.године су из ове фабрике пребачене у у производни погон ове фирме који се налази у Ушћу, такође код Краљева.

ALM PELLETS d.o.o производи пелет искључиво од дрвене биомасе (пиљевине, сечке), што даје посебан квалитет. Корисници од 2010.године су и даље њихови клијенти!

Производни процес у овој фабрици следи уобичајен технолошки процес, у току кога, након пресовања пиљевине, тј. изласка пелета из машине која га производи по шведском стандарду он мора да прође два тресача прашине, и то један после хладњака у коме се пелет хлади да би могао да се пакује у PVC џакове пошто је температура на

изласку из машине 90°, а други тресач прашине се налази на самој пакерици тако да пелет нема прашине у џаковима (слика 26).



Слика 26. Пелет од дрвета спакован у PVC џакове

Пелет се продаје преко целе године.

Фабрика се налази у делу Србије у којем, углавном, расте квалитетно дрво као што су буква, храст, орах, па пелет производе од тих врста дрвета. Пошто производи пелет од тврдог дрвета, калорична моћ тог пелета је изизетно велика 18 000 kJ/kg, а додавање пелета у горионик треба подесити да се врши, не на уобичајениј 14 секунди, већ сваких пелет 20 секунди³³.

Пошто се у овој фабрици не меље дрво у чијој кори постоје силикати, пелет који производи ова фирма не ствара шљаку која запушава горионике, што корисници посебно цене, јер не ствара потребу за честим одржавањем и чишћењем котлова.

Машина која производи пелет у овој фабрици (слика 27) је марке BIOPRESS 450, а сушара је данске производње капацитета 500 kg на сат, док је пакерица шведске производње. Део постројења у овој фабрици приказан је на слици 28.

³³ http://novamedia.rs/showCompany/23311/alm-pellets-d_o_o



Слика27. Машина која производи пелет



Слика28. Део фабрике за пелет

Транспорт пелета из фабрике врши се на адресу купаца, камионима са истоварном рампом (слика 29), тако да купцу истоварају пелет у двориште, па није приморан да поручену количину мора да истовари у што краћем року да би ослободио камион. Фабрика

има организован превоз на територији Београда, Лазаревца, Чачка, Краљева, Крагујевца, Рашке,Новог Пазара,Тутина.

Камиони које поседује ова фабрика су носивости 10t па је испорука веома брза. Најбржа је за поруџбине које се односе на количине које обухватају комплетан капацитет једног камиона. За мање поруџбине фабрика везује два или више купаца на истом правцу, да би цена производа била што мања, што унеколико продужава време испоруке.



Слика 29. Транспорт палета на адресу купаца

4.2 Пример добре праксе у Европи- Босна и Херцеговина

Производња пелета у Босни и Херцеговини(БиХ) је, с обзиром на шумовитост ове територије и дугогодишњу окренутост доброг дела привреде на експлоатацију шумских богастава, прилично развијена.

БиХ је земља богата различитим изворима енергије, а поред осталих и шумама, те у то експлоатацији шумског дрвета и његовој преради бележи значајне успехе. Једна од успешних иницијатива је и производња дрвеног пелета од пиљевине и дрвене сечке (слика 30), при чему се већина производа пласира на тржиште Европске уније где државе субвенционишу куповину овог ефикасног и чистог материјала за огрев.

Производити еколошки прихватљив и економски исплатив извор енергије сан је многих земаља и компанија. Након што се осигурају почетна инвестицијска средства, редовна набавка сировине и пласман на тржиште, производња пелета омогућује повећање енергетске сигурности регије и запошљавање значајаног броја радника, што је за сваку државу у Европи од велике важности.



Слика 30. Пелет произведен у БиХ

Управо Босна и Херцеговина, која има силне развојне проблеме, покушава и засад успева да оствари позитивне резултате у области производње пелета. Користећи, при том, дрвну масу која остаје, и која се не користи у даљој фази обраде дрвета.

Више од 18 босанскохерцеговачких компанија претвара ту бескорисну масу у пелет који успешно продају на тржишту Европске уније.

Једна од фирми у БиХ која се бави производњом пелета јесте и фабрика пелета "Eragon". Отворена је као резултат италијанске инвестиције и поседује капацитете производње од 4t по сату, а запошљава око 30 радника. Укупна инвестиција, укључујући набавку савремених машина, коштала је 3,5 милиона евра, и већина производње намењена је страном тржишту.

Истовремено у БиХ постоје и компаније које производе машине које су неопходне за производњу и коришћење пелета. Метална индустрија Кован из Грачанице бави се производњом котлова на пелет, а с обзиром на то да имају ознаку "СЕ" своје производе пласирају у Европу. Такође, производе погоне за производњу дрвеног пелета.

БиХ поседује значајне капацитете који у потпуности задовољавају потребе компанија за производњу пелета, коришћењем пелета у домаћинствима, или у другим установама, те се може третирати као пример као европске државе са добром праксом у интегралном приступу производњи пелета.

Европска унија представља најважније тржиште за босанскохерцеговачке произвођаче пелета, али је и глобално највеће тржиште ових производа. Извештај USAID-а о тржишту пелета наводи да је тржиште ЕУ подељено у три сегмента:³⁴

- тржиште пелета за производњу електричне енергије (Холандија, Белгија, Уједињено Краљевство);
- тржиште пелета за грејање (Немачка, Аустрија, Италија, Ирска) и
- комбинована тржишта (Данска, Шведска)

³⁴ <http://novovrijeme.ba/proizvodnja-peleta-u-bih-ekoloski-prihvatljivo-ekonomski-isplativo/>

Контакт:

Адреса: Винка Шамарлића 12

71 210 Илиџа Сарајево- Босна и Херцеговина

Телефон/Фах

+387 33 762 215

+387 33 762 665

+387 33 762 217

Email:

- Управа management@ekapija.ba
- Уредник urednik@ekapija.ba
- Продаја prodaja@ekapija.ba
- Финансије finansije@ekapija.ba
- Тендери tenderi@ekapija.ba
- Маркетинг marketing@ekapija.ba
- Запослење hr@ekapija.ba

5.Идејно решење постројења за пелетирање

Техничко решење омогућава да се изврши процес пелетирања дрвног отпада. Процесом пелетирања биомасе повећава се специфична маса сировине чиме се растресита дрвна биомаса преводи у облик које је оптималан с аспекта сагоревања и ослобађања топлоте. Процесом пелетирања се решава проблем отпадне биомасе производњом обновљивог извора енергије.

Пелетирање дрвног отпада је поступак пресовања кроз отворе на матрици претходно припремљене сировине (биомасе), под дејством притисних ваљака, у комаде пречника $6\div 10$ mm и дужине $15\div 30$ mm. Пречник и дужина пелета зависе од пречника отвора на матрици и дебљине матрице, односно од дужине цилиндричног дела отвора у коме се формира пелет.

Током процеса пелетирања при екструзији³⁵ материјала кроз отворе на матрици долази до повећања температуре биомасе услед трења између зидова отвора и третиране сировине. Услед повећања температуре долази до делимичне промене агрегативног стања сировине и излучивања лигнина из дрвне масе. Лигнин се понаша као везивно средство и обезбеђује стабилност облика пелета и након престанка деловања силе пресовања. Већина произвођача система за пелетирање користе концепцијско решење са обртном цилиндричном матрицом чија је оса обртања у хоризонталној равни. Погон матрице у наведеном случају остварен је преко двостепених каишних или једностепених/двостепених зупчастих редукторских преносника. Поједини произвођачи користе концепцијска решења са равном матрицом, чија се оса обртања налази у вертикалној равни, при чему се притисна сила ваљака остварује преко хидрауличног подсистема. Наведена техничка решења одликује компликована констукција, ниска компактност и отежан приступ у току процеса сервисирања и редовног одржавања.

³⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Extrusion>

Суштина решења

Реализовано техничко решење система за пресовање дрвног отпада засновано концепцијском решењу са обртном цилиндричном матрицом чија је оса обртања у вертикалној равни.

Подсистем за пренос снаге заснован је на планетном редуктору са двојним сателитом чиме је постигнута висока компактност конструкције.

За разлику од досадашњих решења наведеног система сличне концепције, погон машине и преносник снаге смештени су при дну машине чиме је знатно повећана њена стабилност током рада. Поред повећања стабилности машине, на наведени начин омогућен је и једноставан приступ извршним органима машине, чиме се у многоне олакшава њено одржавање и подешавање зазора између притисних ваљака и матрице. У односу на тренутно доступна решења познатих светских произвођача, развијено техничко решење дакле карактеришу већа компактност конструкције, побољшана стабилност и мањи период застоја у раду због олакшањог подешавања зазора између матрице и притисних ваљака.

Карактеристике предложеног решења су:

- капацитет пелета 0,8 t/h,
- потрошња електричне енергије 30 kWh,
- напон напајања 240 V,
- сервисни интервал од 6 000 часова.

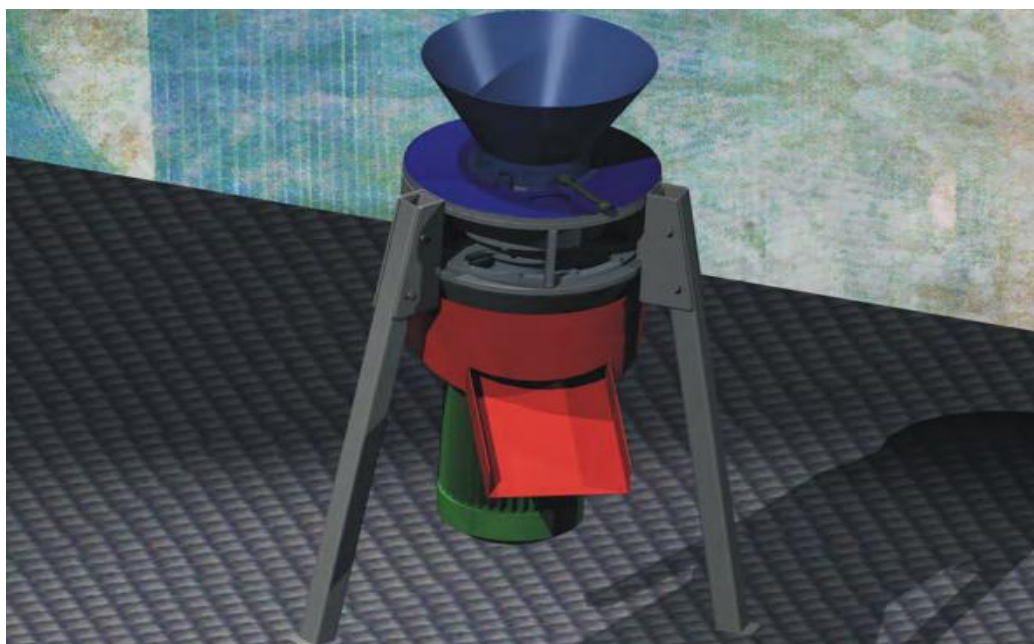
Улазни материјал се током процеса пелетирања загрева до температуре од 80 °C до 90 °C, при чему излучивање лигнина почиње на температури од 70 °C. Приликом процеса пелетирања сила пресовања остварује притисак који је довољан за запреминско сабијање материјала на густину већу од 1000 kg/m³, и савлађивање отпора трења материјала о зидове 4 отвора матрице. За густину пелета од 1,0 g/cm³ и температуру пресовања од 80 ÷ 90 °C, сила пресовања по једном отвору матрице је $F \geq 3,63 \text{ kN}$.

На основу до сада спроведених истраживања закључено је, да би пелет имао одређени квалитет, потребно да број обртаја матрице буде $n \approx 150 \text{ min}^{-1}$. На основу изабраних конструкционих мера функционалних делова машине и броја обртаја матрице теоријски капацитет машине је $Q = 1500 \text{ kg/h}$. Због теоријске идеализације процеса пресовања, евентуалних застоја у раду машине и конструкционих разлога планирани капацитет машине је $Q = 800 \text{ kg/h}$. Техничко решење се може користити и у сеоским домаћинствима али и у индустријским постројењима које се баве прерадом дрвне масе.

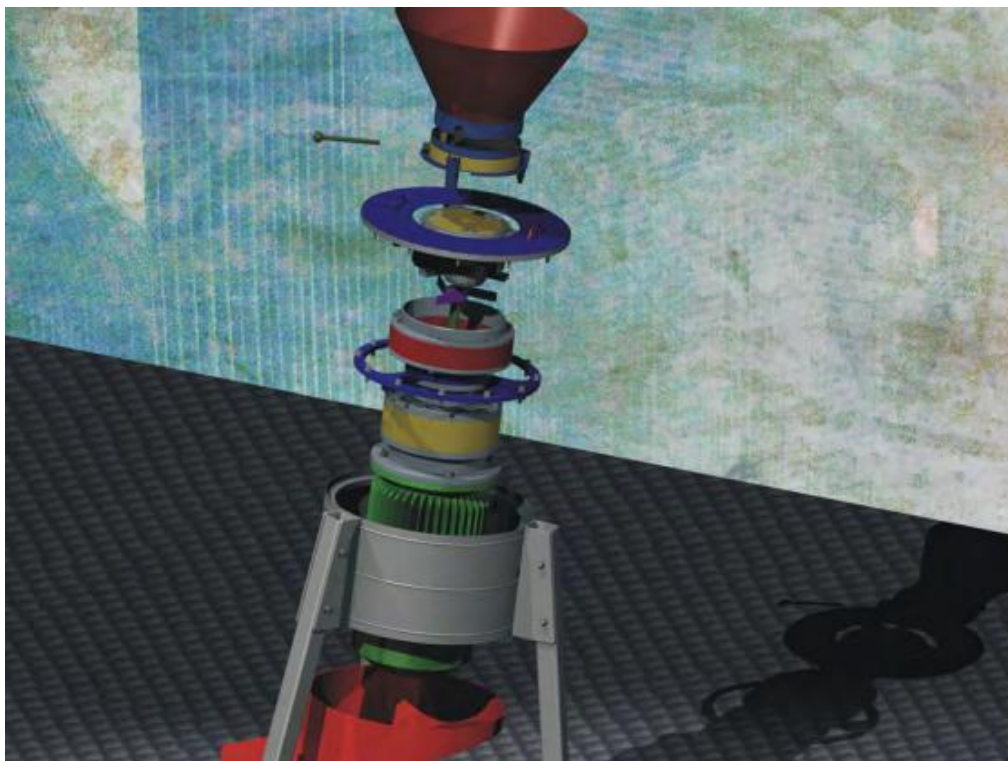
Детаљан опис техничког решења

Током процеса пројектовања водило се рачуна о погодности констукције за испитивање прототипа, омогућавањем брзог и лаког приступа извршним органима машине.

Тродимензионални модел машине (слике 31, 32, 33 и 34) настао током процеса пројектовања машине за пелетирање дрвног отпада и искоришћен је за израду радионичке документације која је служила као полазна тачка за разраду технологије израде елемената прототипа.



Слика 31. 3D модел машине за пелетирања^[36]



Слика 32. „Exploded” 3D модел машине за пелетирања^[36]

Прописани су поступци израде за све елементе, при чему су елементи разврстани у три групе:

- елементи израђени од танких лимова,
- витални елементи машине и
- остали елементи машине за пелетирање.

Технологија израде елемената прилагођена је малосеријској производњи што је у складу са очекиваном потражњом за машинама у региону.



Слика 33. Планетни преносник уграђен у базни подсклоп машина^[36]

Радни материјал слободним падом доспева на дно левка одакле га пераја доводе до левка на дозатору. Од положаја ручице дозатора зависи количина материјала који преко левка слободно пада у зону пресовања. Обртањем матрице долази до релативног котрљања ваљака по матрици и истискивања материјала кроз рупе на матрици. Под дејством центрифугалне силе долази до откидања пелета на одговарајућу дужину. Пелети под дејством силе земљине теже затим падају на дно решета одакле клизе до излаза из машине. Испод излаза решета налази се прихватни отвор транспортног система који транспортује пелет у систем за хлађење.



Слика 34. Коначни изглед пелет пресе³⁶

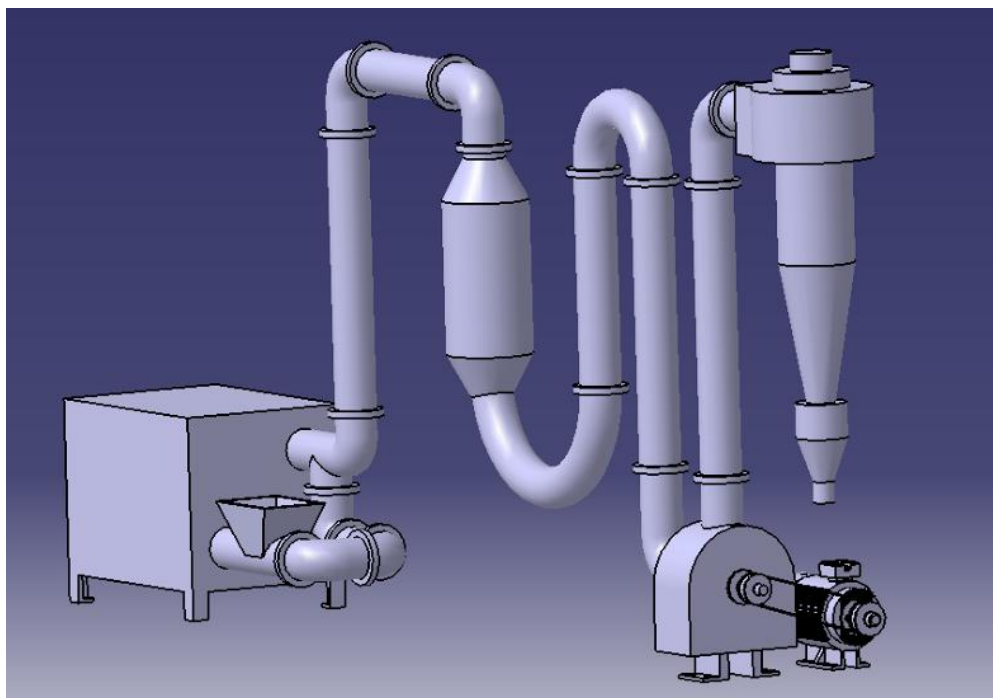
Развијено конструкционо решење задовољава све услове дефинисане профилем производа, а многи захтеви су и превазиђени. Омогућен је брз и лак приступ свим виталним деловима система а сама конструкција је веома погодна за испитивање на прототипу. Развијено конструкционо решење не заостаје за конструкционим решењима водећих светских произвођача система за пелетирање дрвног отпада.

³⁶ http://www.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_7_copy4.pdf

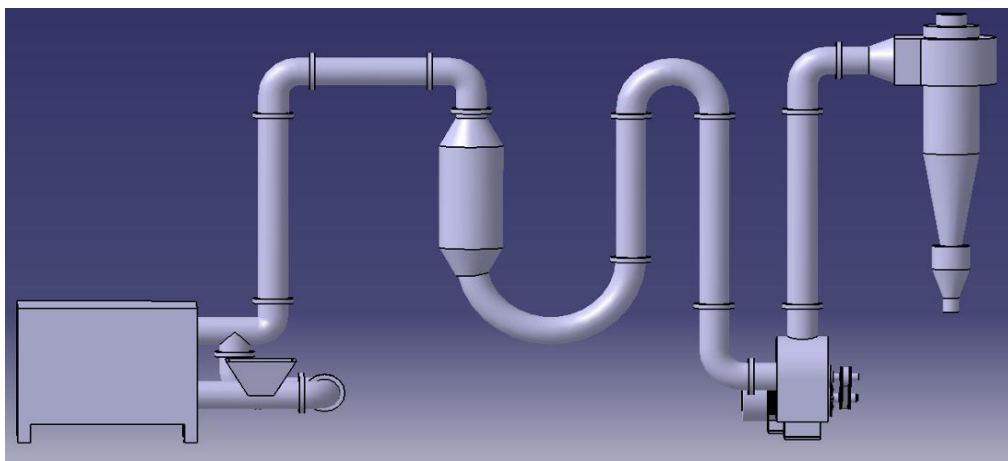
6.Моделирање

Виртуално моделирање постројења за производњу пелета средњег капацитета (слика 35-) је рађено у програмском пакету Catia V5R19.

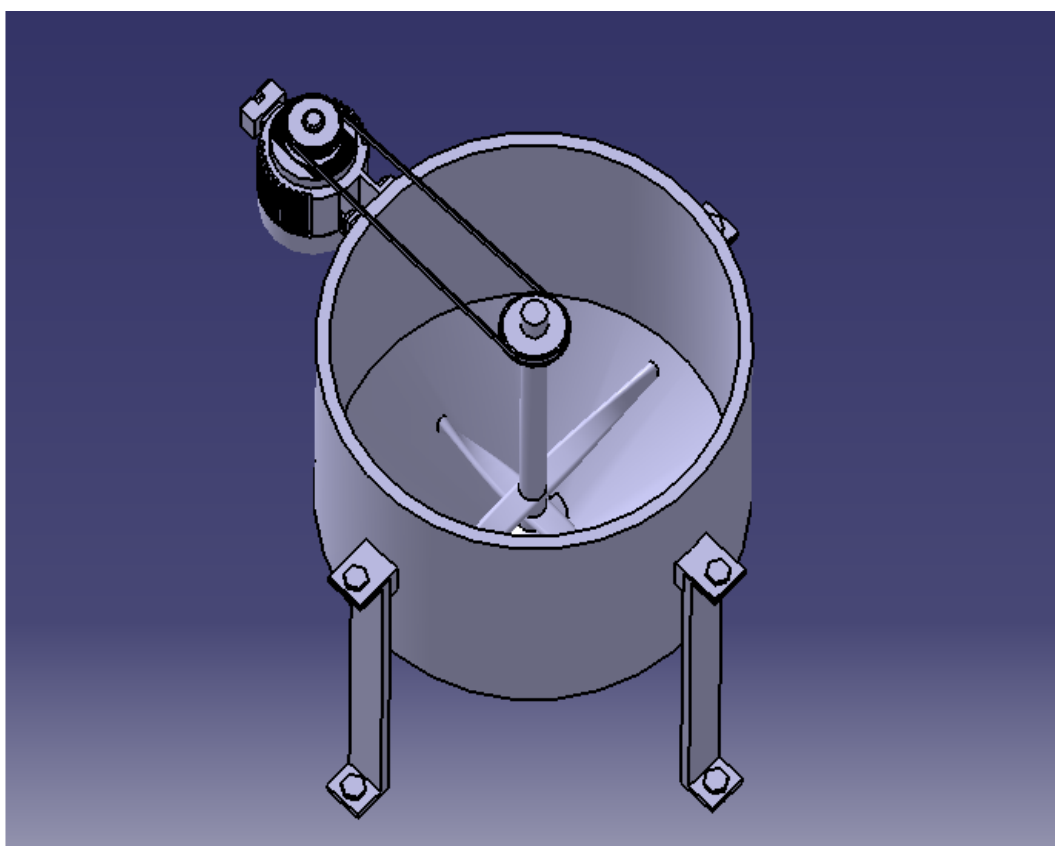
CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interaction Application, српски - рачунарско вођена тродимензионална интерактивна примена) је рачунарски програм за тродимензионално рачунарско пројектовање и техничко конструисање. Аутор програма је компанија Dassault Systemes.



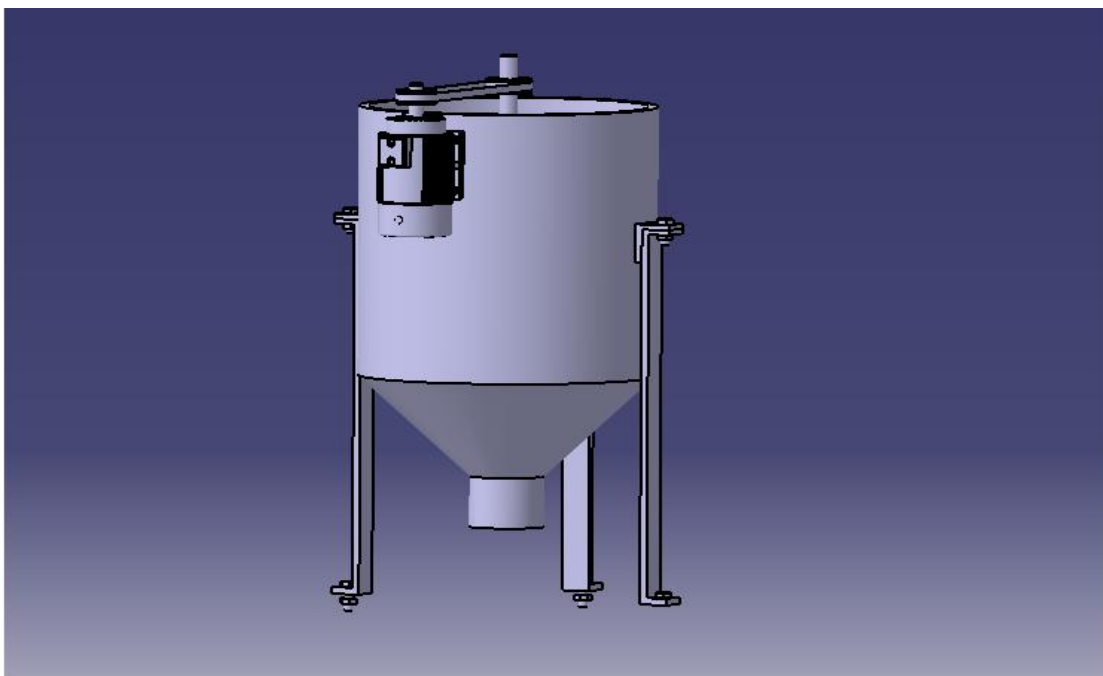
Слика 35. Изглед сушаре за пиљевину



Слика 36. Поглед 1 на сушару за пиљевину

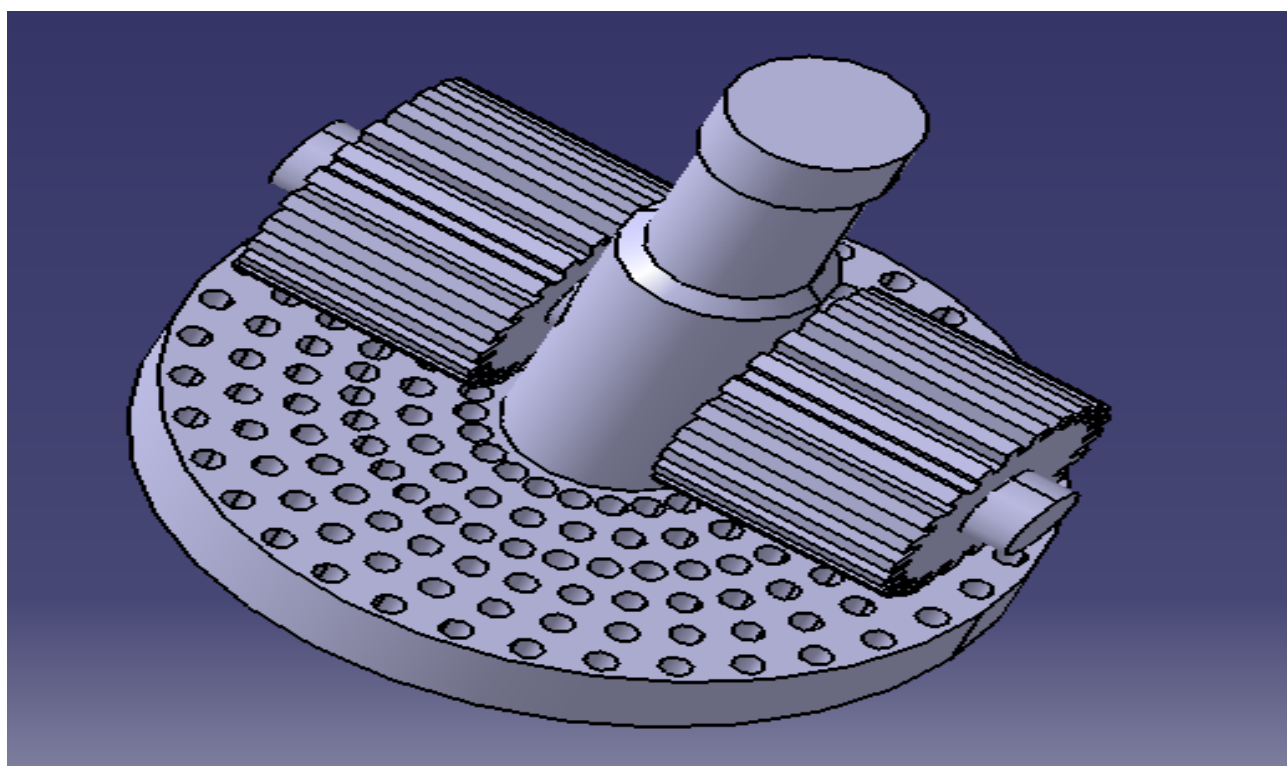


Слика 37. Машина за млевење пиљевине поглед 1

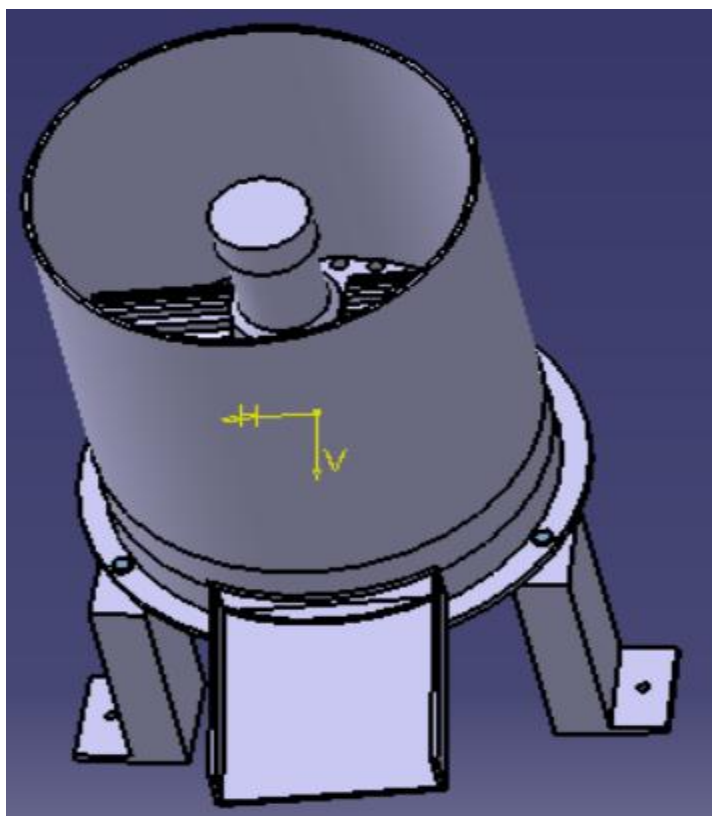


Слика 38. Машина за млевење пиљевине поглед 2

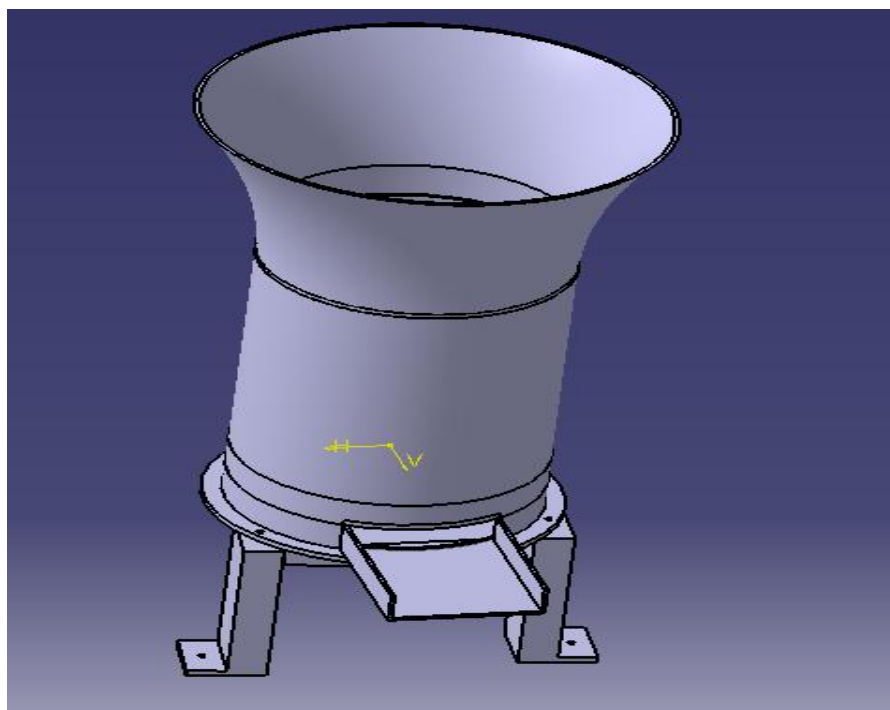
На сликама су приказани делови пресе (слика 39, 40, 41).



Слика 39. Матрица са два ваљка



Слика 40. Преса поглед 1



Слика 41. Преса поглед 2



Слика 37. 3D Објект у коме треба да буде смештено постројење за пелетирање

7. Улагања и економска анализа

Оперативни трошкови при производњи пелета састоје се од:

- трошкова набавке дрвног остатка,
- трошкова енергије (електричне и топлотне),
- трошкова за плате, одржавање и осигурање.

Удео појединих трошкова је приказан на слици 38.

Ако, на пример, фабрика пелета добија дрвни остатак од ЈП Србијашуме по просечној цени од 15 €/t, што спада у ниже цене из њиховог ценовника, онда највећи удео у оперативним трошковима има трошак на набавку сировине (51%). Пошто максимална цена дрвног остатка који нуди ЈП Србијашуме износи 25 €/t, онда удео трошкова дрвног остатка може бити знатно већи.



Слика 38. Удео појединих трошкова

Трошкови горива су на другом месту по важности међу оперативним трошковима. Процес сушења и млевења дрвног остатка, као припремна фаза при производњи пелета, захтевају електричну енергију за млевење, као и топлотну енергију за сушење. Преса као главна машина при производњи пелета, захтева, такође, електричну енергију за свој погон.

Ако је цена дрвног остатка мала, онда трошкови енергије могу порасти преко 50% од укупних трошкова погона.

Цене машина потребне за производњу приказане су у табели 6.

Укупне цене машина	
Сушара	4 500€
Преса	2 600€
Мешалица	3 000€
Укупно	10 100€

Сушара је стационарна (проточна) капацитета 400 kg/h, горионик јачине 30 kW ради уз потрошњу горива 2,7 l на сат. Сушара кошта 4 500 €.³⁷

Преса за пелет; Пелетирка PP260, 15 kW снаге мотора. Равна матрица 260 mm, капацитета 220-300 kg/h, број ваљака 2. Преса кошта 2 600 €³⁸.

Мешалица серије FSJ, капацитета 500 kg/h, снаге 15 kW. Мешалица кошта 3 000 €.

Табела 6. Цене машина

Цене грађевинског материјала потребне за изградњу постројења приказане су у табели 6.

Бр.	Грађевински материјал	Јединица	Количина	Цена по комаду(дин)	Износ (дин)	Износ (евро €)
1	Шљунак, темељ, подови	m ²	24	2575	61 800	523 €
2	Цигла за зидање	kom	3600	7	25 200	213 €
3	Цемент	kg	2000	36	72 000	610 €
4	Гвожђе	kg	200	52	10 400	88 €
5	Комплетна грађа за кров	m ³	20	20000	400 000	3 390€
6	Цреп	kom	700	34,5	24 150	204 €
7	Дрвени Прозори	m ²	2	5959	19 795	153 €
8	Радна снага	/	5	10 000	50 000	423 €
9	Остали трошкови	/			57 500	487 €
10	Укупно:				671 644	6 191€

Табела 7. Цене грађевинског материјала

³⁷ <http://www.kupujemprodajem.com/Susara-za-piljevinu-8061707-oglas.htm>

³⁸ <http://www.goglasi.com/search?q=masina+za+pelet>

Почетна улагања су 25 900 €, то подразумева:

- машине за производњу 10 100 €,
- грађевински материјал 6 200 €,
- набавка пиљевине (у старту $400 \text{ t} * 15 \text{ €} = 6 000 \text{ €}$),
- остали трошкови 3 000 €.

Плате радне снаге: 270 € по раднику месечно, 6 радника * 270 € = 1620 € месечно.

Гориво: Само сушара потроши 1 680 € месечно горива (Euro Dizel)³⁹ + 1 000 € за остале потребе. Укупно 2 680 € месечно.

Електрична енергија по тони пелета износи 5,2 €⁴⁰.

Месечна производња пелета у постројењу средњег капацитета износи 144 000 kg или 144 t пелета. Цена пелета је 140 €/t, тако месечно износи $144 \text{ t} * 140 \text{ €/t} = 20 160 \text{ €}$.

Месечна потрошња у еврима	
Радна снага	1 700 €
Гориво	3 000 €
Пиљевина	6 000 €
Ел. Енергија	900 €
Остали трошкови	2 000 €
Укупно	13 600 €

Табела 8. Месечна потрошња

³⁹ https://www.google.rs/?gws_rd=ssl#q=cene+goriva+srbiya

⁴⁰ <http://www.primar-ngbf.rs/images/studija%20izvodljivosti.pdf>

На крају месеца прорачун је следећи:

Пелет од продаје 20 160 €, потрошња 13 600 €, зарада за месец дана 6 560 €. Оваква зарада се остварује у идеалним условима продаје, месецима када је грејна сезона.

На годишњем нивоу се произведе 3 460 t пелета. Ако се прода 60% производа цена је 290 640 €. Потрошња на годишњем нивоу износи 284 880 €.

На крају можемо закључити да се уложене инвестиције и улагање у саму производњу пелета могу исплатити за годину дана.

8.Закључак



Слика 39 . Пелет-будућност Србије

Србија се тренутно налази на самом почетку у погледу производње и масовније употребе пелета и других облика дрвне биомасе за еколошку производњу енергије. У том смислу, у циљу дефинисања политике и предузимања будућих активности на развоју тржишта производа на бази дрвне биомасе, без обзира да ли се ради о државним институцијама или компанијама које се баве производњом и прометом, корисно је сагледати искуства других и на основу тога донети одговарајуће одлуке и мере које ће усмерити даљи развој тржишта.

У раду смо могли видети технолошки процес производње пелета (обрада дрвета, начин производње пелета, складиштење, паковање, транспорт, продаја, једначине сагоревања, продукција гасова), примере праксе производње пелета, идеално решење пресе за пелет, модели машина за производњу пелета, инвестиције, и трошкови постројења и производа.

Овај завршни рад ми је омогућио да проширим своја знања о пелету, и самој производњи. Постројење за производњу пелета средњег капацитета представља једну грану која ће се јако развијати у будућности. Где ће свако домаћинство користити пелет за огрев.

Литература

- [1] Погонски материјали, Љиљана Кузмановић, Машински факултет у Крагујевцу, 1973.
- [2] <http://bs.wikipedia.org/wiki/Peletiranje> (Приступљено сајту 12. 07. 2014.)
- [3] <http://www.magnus.co.rs/pelet.htm> (Приступљено сајту 12. 07. 2014.)
- [4] <http://www.peletirke.peletmetalac.com/> (Приступљено сајту 13. 07. 2014.)
- [5] http://hr.wikipedia.org/wiki/Drveni_peleti (Приступљено сајту 20. 07. 2014.)
- [6] <http://www.drvotehnika.info/clanci/pelet-energija-iz-biomase> (Приступљено сајту 20. 07. 2014.)
- [7] https://www.google.rs/search?q=drvena+biomas&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=yCAOVNztCMmUPP7vgfgP&ved=0CAUQ_AUoAA&dpr=1 (Приступљено сајту 20. 07. 2014.)
- [8] https://www.google.rs/search?q=biomasa&sa=X&biw=1366&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ei=gx4OVJ_hMKag7AaPzYDoAQ&ved=0CCoQsAQ (Приступљено сајту 20. 07. 2014.)
- [9] <http://solarna.unecopn.org/biomasa.html> (Приступљено сајту 20. 07. 2014.)
- [10] http://www.rbkolubara.rs/dokumenta/ekologija/obnovljivi%20izvori/Sumski%20otpad_Vazno.pdf (Приступљено сајту 3. 08. 2014.)
- [11] https://www.google.rs/?gws_rd=ssl#q=drveni+ostatak (Приступљено сајту 3. 08. 2014.)
- [12] <http://www.pelet-srbija.net/> (Приступљено сајту 3. 08. 2014.)
- [13] http://www.frigan.hr/frigan/cms_view.asp?articleID=70 (Приступљено сајту 5. 08. 2014.)
- [14] https://www.google.rs/search?q=susara+za+piljevinu&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=AiIOVPLhFI3mPKm4gZgD&ved=0CAcQ_AUoAA&dpr=1#q=masina+za+pakovanje+peleta (Приступљено сајту 5. 08. 2014.)
- [15] <http://proizvodnja-peleta.com/o-peletu/zasto-koristiti-pelet> (Приступљено сајту 9. 08. 2014.)
- [16] <http://praksa.info/proizvodnja-peleta-u-bih-ekoloski-prihvatljivo-ekonomski-isplativo> (Приступљено сајту 9. 08. 2014.)

- [17] <http://sr.wikipedia.org/sr/Sagorevanje> (Приступљено сајту 7. 09. 2014)
- [18] <http://sume.unecopn.org/svojstva.php> (Приступљено сајту 7. 09. 2014)
- [19] <http://www.rgf.rs/predmet/RO/VII%20semestar/Sagorevanje/Predavanja/12Ekologija%20sagorevanja.pdf> (Приступљено сајту 10. 09. 2014)
- [20] http://www.masfak.ni.ac.rs/uploads/articles/www2_7_copy4.pdf (Приступљено сајту 10. 09. 2014.)
- [21] <http://www.kupujemprodajem.com/Susara-za-piljevinu-8061707-oglas.htm>
(Приступљено сајту 14. 09. 2014.)
- [22] https://www.google.rs/?gws_rd=ssl#q=cene+goriva+srbiya (Приступљено сајту 14. 09. 2014.)