

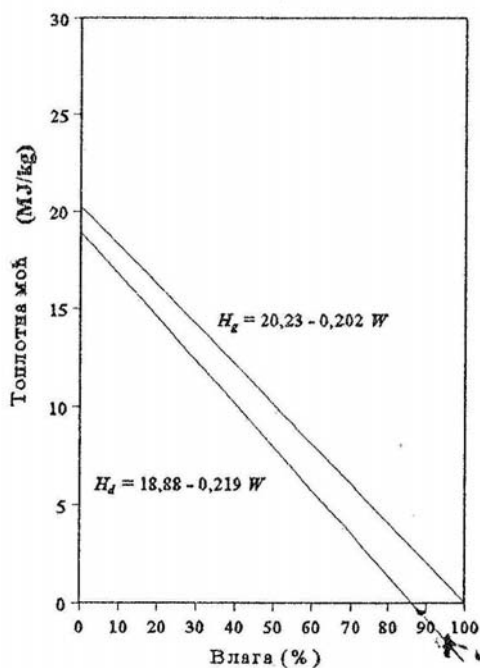
## 5 БИОМАСА

### 5.1 Дрво

Дрвена маса конвертује око 1% Сунчевог зрачења. Од укупне количине ове биомасе може се користити као гориво око 75%, јер се део налази у лишћу, корену, гранчицама и пањевима.



Слика 5.1



Слика 5.2

Структура суве масе дрвета састоји се у основи из целулозе ( $C_6H_{10}O_5$ ) и лигнина сложеног једињења угљеника, водоника и кисеоника), а у малим количинама налази се смола, восак, масноће, беланчевине, танин и минералне примесе. Састав органске масе дрвета мало се разликује зависно од врсте дрвета и може се представити општим саставом:

$$C_o=50\%, \quad H_o=6\%, \quad O_o=43\%, \quad N_o<1\%$$

У дрвету практично нема сумпора, па се дати састав сведен на органску масу може сматрати и саставом сведеним на чисту гориву масу. Садржај пепела апсолутно сувог горива је незнатан (1-2%), а с обзром на топлівост пепела је лако топлів. Садржај воде код дрвета у природи је у границама од 45 до 65%, а при складиштењу на ваздуху у периоду до 2 године смањује се на 18-20%.

Структура дрвета се битно разликује у радијалном и подужном правцу (Слика 5.1), што значајно утиче и на процес сушења, као и на карактеристике дрвета у различитим термохемијских процесима.

Као последица практично непромењеног састава органске масе дрвета, топлотна моћ је приближно стална и износи 18,4 MJ/kg.

Садржај воде знатно смањује топлотну моћ: за радну масу дрвета израчунава се према обрасцу Kirsh-a (Кирша):

$$H_{dr}=18,4-0,209W_r, \text{ MJ/kg}$$

Значајне карактеристике дрвне биомасе су:

- Специфична тежина – бездимензиона вредност, представља однос густине воде (на 4°C) и дрвне биомасе (у сувом стању). Специфична тежина је 1,5.
- Густина: однос масе и запремине дрвне биомасе.
- Насипна густина – физичко својство насутог материјала (биомасе). Однос масе и укупне запремине насутог материјала.

Врсте горива добијеним од дрвне биомасе су:

- огревно дрво (цепанице)
- сечка
- остаци од прераде дрвета
- брикети
- пелети.

## Огревно дрво

Огревно дрво представља најстарији вид горива који је коришћен у различитим врстама пећи и котлова. С обзиром да се огревно дрво може на различите начине испоручивати до крајњих потрошача, користе се и различите мерне јединице за количину и то:

- пуни кубни метар ( $m^3$ ) – представља запремину коју у потпуности испуњава дрво, односно представља запремину дебла
- просторни метар кубни (просторни  $m^3$ ) - јединица мере која се користи за уредно сложене цепанице (најчешће се означава као  $pm$ )
- насипни метар кубни (насипни  $m^3$ ) – представља запремину коју заузимају цепанице, укључујући и међупростор између њих (најчешће се означава као  $nm$ ).

У свету, последњих година посебна пажња посвећује се класификацији и развоју стандарда који дефинишу квалитет различитих врста горива од биомасе. За огревно дрво дефинисана је подела према величини, односно према дужини цепаница (Слика 5.3).



Слика 5.3

## Сечка

Сечка (Wood chips) је уситњена дрвна биомаса дефинисане величине комада (дужина 5-50 mm, релативно мала дебљина), добијена коришћењем оштрих алата (ножеви). Код сечке разликују се две карактеристичне димензије (дужина и ширина), док је дебљина сечке релативно мала у односу на претходне (Слика 5.4).



Слика 5.4

Сечка према начину добијања може бити:

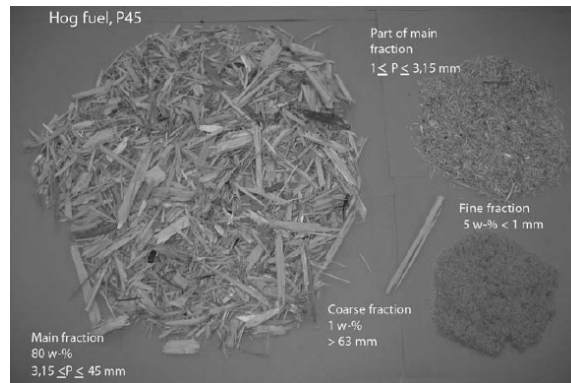
- сечка из индустријске прераде: дрвна сечка настала као спопредни производ у индустрији прераде дрвета, са кором или без ње
- сечка од дрвета из шуме: дрво из шума у облику дрвне сечке.

Ова врста горива је погодна за сагоревање у индустријским котловима, јер има уједначен квалитет и могућ је континуирани довод горива, што омогућава потпуну аутоматизацију процеса сагоревања. Процес производње сечке од дрвне биомасе је није значајно „енергетски захтеван“ и у том смислу ова

врста горива има одређену предност у односу на пелете, посебно за примену у индустријским котловима.

## Остаци од прераде дрвета

Остатке од прераде дрвета представљају комаде дрвета различите величине и облика који настају при дробљењу или ситњењу дрвета тупим алатима (Слика 5.5).



Слика 5.5

## Пелети

Пелети од биомасе представљају савремени облик претходно припремљене чврсте биомасе који се користе у процесима сагоревања (савременим пећи и котлови мале снаге за грејање у домаћинствима, већи индустријски котлови и котлови у енергетским постројењима). Основна предност пелета је велика густина у поређењу са другим необрађеним облицима чврсте биомасе. Тиме се отклања један од најзначајнијих недостатка биомасе као горива, мала енергетска густина, услед чега се смањују трошкови руковања, складиштења и транспорта.

Пелети од биомасе су цилиндричног облика пречника 6 – 10 mm и дужине 10 – 30 mm. У поређењу са чврстим фосилним горивима пелети имају знатно мањи садржај пепела и влаге, већи садржај горивих испарљивих материја и топлотну моћ на нивоу мрког угља. Због постојаног и дефинисаног квалитета, као и због униформности облика и величина пелети од биомасе омогућавају континурани начин довођења горива, што омогућава потпуну аутоматизацију процеса и олакшава употребу оваквог чврстог биогорива.

Са друге стране процес производње пелета од биомасе је изузетно „енергетски захтеван“ у смислу да је потребно уложити велику количину енергије у технолошким процесима млевења, сушења и сабијања.

Као сировина за производњу пелета од биомасе може се користити практично било који облик чврсте биомасе, без обзира на порекло и карактеристике. Међутим, управо од избора сировине зависи технолошки процес (млевења, сушења и сабијања). Од изузетног је значаја за поступак пелетирања да сировина поседује дефинисан садржај влаге и одговарајућу гранулацију, како би се добио производ задовољавајућег квалитета. Тако на пример сировине са већим садржајем влаге и сировине коју чине крупнији комади захтевају утрошак више енергије у процесу производње у циљу интензивнијег сушења и уситњавања. Из тог разлога као најчешће коришћена сировина за производњу пелета се користи дрвна пиљевина која настаје као нуспроизвод у индустрији прераде дрвета и индустрији намештаја. Најчешће коришћене сировине за производњу пелета од биомасе су:

- четинарско и листопадно дрво,
- кора дрвета,
- енергетске биљке,
- остаци из пољопривредне производње.

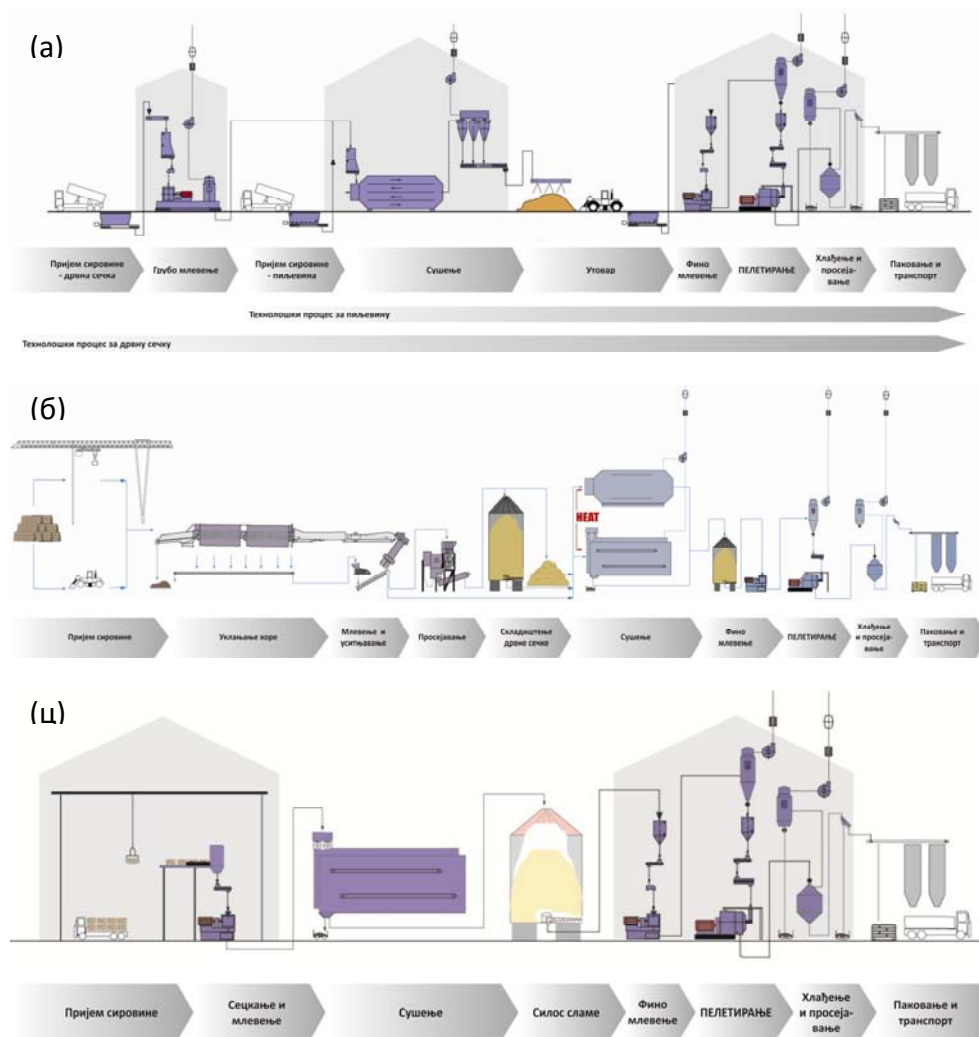
## Поступак производње пелета

Поступак производње пелета од биомасе започиње избором сировине за њихову производњу. С обзиром да постоји велики број врста и облика сировина различитих физичко-хемијских карактеристика, за сваку од њих неопходно је дефинисати одговарајуће претходне припремне радње, које се односе на специфичности при транспорту, складиштењу и руковању у постројењима за производњу пелета. Шематски приказ различитих технолошких процеса производње пелета од биомасе у зависности од врсте сировине приказани су на Слици 5.6.

У општем случају поступак производње пелета састоји се од механичко-технолошких процеса који се могу груписати у три целине:

- Припрема сировине;
- Пелетирање;
- Обрада после производње.

Сваки од наведених технолошких процеса се састоји од низа механичко технолошких операција које имају за циљ да на одговарајући начин припреме сировину за процес пелетирања, као и да добијени производ након производње стабилизују и омогуће његово паковање и складиштење на одговарајући начин.



Слика 5.6 Технолошки процеси производње пелета од биомасе за различите сировине [12]

(а) дрвна сечка и пилевина (б) цело дрво и чепанице (ц) слама и остаци пољопривредне производње

### Припрема сировине

Припрема сировине представља групу механичко-технолошких процеса која обухвата уситњавање (млевење или сечење), сушење и кондиционирање сировине. У зависности од изабране сировине

могуће је обављање само појединих процеса припреме, што утиче на укупан утрошак енергије поступка производње пелета.

Уситњавање сировине је механичка операција смањења величине комада, у циљу добијања одговарајуће гранулације која је потребна за добијање производа у складу са стандардом квалитета. Уобичајена вредност величине комада сировине износи око 4 mm (за производњу пелета пречника 6 mm), при чему се она може постићи механичким операцијама млевења или сечења у зависности од врсте и облика сировине.

Уколико се врши уситњавање енергетских брзорастућих шума или цепаница дрвета за производњу пелета, неопходно је најпре овакву сировину исећи, а затим самлети у млину. Механичка операција сечења представља смањење величине комада сировине, који су знатно већи у односу на комаде добијене млевењем. Тиме се постиже мања потрошња енергије, него ако би се вршило њихово директно млевење.

Оно што је важно напоменути у процесима уситњавања сировине се, без обзира да ли се врши њено млевење или сечење, повећава потрошња енергије са повећањем садржаја влаге у сировини. Из тог разлога је за сваку сировину посебно, неопходно извршити анализу редоследа операција уситњавања и сушења како би се повећала енергетска ефикасност процеса производње.

Квалитет сабијања сировине у процесу производње пелета зависи од силе трења између материјала матрице пресе за пелетирање и сировине која се користи за производњу. На интензитет ове силе осим материјала од кога је израђена матрица и врсте сировине, значајно утиче и садржај влаге у сировини. Из тог разлога је изузетно важно да садржај влаге у сировини буде 8 – 13 %  $m/m$  (w.b.), како би се остварила одговарајућа сила трења и на тај начин добио пелет задовољавајуће чврстоће уз оптималну потрошњу енергије. Уколико је сировина сувише влажна, потребно је обавити процес сушења пре уситњавања сировине. Сушење сировине пре процеса пелетирања се обавља на два начина:

- природним сушењем материјала,
- принудним сушењем материјала.

Природно сушење материјала сировине представља најједноставнији облик сушења, при чему се сировина распросте по равној површини и окреће с времена на време, чиме се омогућава успостављање равнотежне влаге између влажног материјала и околног ваздуха. На овај начин се врши одстрањивање грубе влаге из сировине и обично се суше слама и целе биљаке.

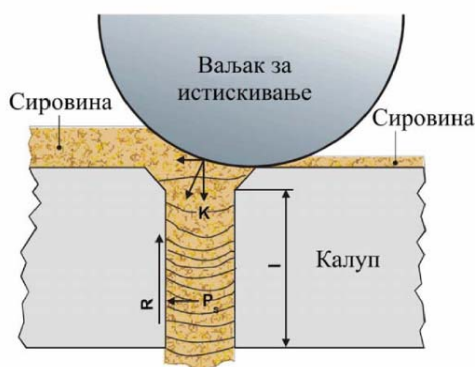
Принудно сушење материјала сировине представља технолошки процес одстрањивања влаге из сировине које се обавља у посебним уређајима - сушарама.

У случајевима када се за производњу пелета користи сировина која у себи садржи мању количину влаге од прописане, неопходно је извршити кондиционирање сировине у циљу повећања садржаја влаге. Кондиционирање сировине се обавља распршивањем воде или паре по сировини, при чему се захтева да процес минимално траје од 10 до 20 минута како би се омогућило продирање влаге у материјал.

Осим повећања садржаја влаге кондиционирање сировине паром омогућава и регулацију температуре сировине, која је такође важна за процес пелетирања. Ово је нарочито важно за дрвну сировину због лигнина који представља природно везивно средство. У процесу кондиционирања сировине, могу се додавати (уколико је то

предвиђено) одговарајући адитиви и везивна средства који олакшавају процес пелтирања.

Пелетирање представља механичку операцију сабијања припремљеног материјала сировине кроз одговарајућу матрицу у циљу формирања пелета. Поступак формирања пелета се обавља у посебним пресамa за пелетирање и приказан је на Слици 5.7. Сировина за производњу, се помоћу пужног транспортера доводи до коморе за мешање. Из коморе за мешање доводи до матрице и у танком слоју распоређује по њему. Ротирањем ваљка за истискивање по површини матрице, материјал се утискује (упресује) у отворе на њему. Приликом поновног ваљања новог слоја сировине преко матрице, ваљак утискује нову количину материјала која омогућава да се постојећи материјал у отворима истисне. Ово истискивање материјала из отвора на матрице, омогућава формирање облика пелета. Помоћу ножева за одсецање тако добијени производ се одсеца да би се добила одговарајућа дужина пелета.



Слика 5.7. Поступак формирања пелета

## Торификовани пелети

Торификација је процес који може да побољша карактеристике биомасе. Ова технологија обухвата термички предтретман лигноцелулозних материјала са циљем да се добију квалитетнија горива. Основни циљ процеса торификације је смањење садржаја кисеоника из коначног производа.

Процес торификације је био познат још 1930. године у Француској, али број публикација са резултатима је био релативно мали. Последњих година, истраживања овог процеса су обновљена и све је више истраживања посвећено овој проблематици.

Процес торификације се одвија на релативно ниским температурама, у опсегу од 200-300 °C и то на атмосферском притиску и без присуства кисеоника. Процес торификације може се поделити у више фаза. У процесу торификације настају гасовити, течни и чврсти продукти. Основне фазе процеса су:

- Почетно загревање – загревање биомасе до температуре када почиње испаравање влаге
- Предсушење: на 100 °C хигроскопска (слободна) влага испарава и то на константној температури.
- Сушење: температура се повећава до 200 °C и физички везана влага (конституциона) испарава. Може доћи и до испаравања неких лакших фракција волатила.
- Торификација: у овој фази одвија се најважнији део процеса. Започиње када температура достигне 200 °C и завршава се када се температура са претходно



дефинисане максималне температуре поново врати на 200 °C. Температура торификације се дефинише као максимална температура на којој се одвија процес разлагања и најзначајнији губитак масе.

- Хлађење: торификовани производ се хлади испод 200 °C до претходно дефинисане температуре (собна температура).

## 5.2 Упоредне карактеристике горива од дрвне биомасе

Упоредне карактеристике горива добијених од дрвне биомасе приказане су у Табели 5.1.

Табела 5.1

Чврста биогорива са малим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (нпр. пелети).			<p>Смањење:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техничких операција (напора) за производњу чврстог биогорива</li> <li>- потребне механизације у ланцу снабдевања</li> <li>- производње и прихода произвођача чврстог биогорива</li> <li>- расположивих продајних места</li> <li>- могућности коришћења у постројењима за термохемијску конверзију великих капацитета.</li> </ul>
Чврста биогорива са средњим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (сечка).			
Чврста биогорива са великим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (огревно дрво).			<p>Повећање:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- трошкова транспорта</li> <li>- варијација у квалитету горива</li> <li>- осетљивости на услове складиштења</li> <li>- потребне техничке опреме у постројењима за термохемијску конверзију.</li> </ul>

## 5.3 Пољопривредна биомаса

У пољопривредну биомасу (пољопривредне остатке) која може да се користи у енергетске сврхе убрајају се:

- остаци у ратарству - остаци од пољопривредних усева: пшеница, јечам, кукуруз, раж, сунцокрет, соја, уљана репица
- остаци у сточарству – течни стајњак
- остаци у воћарству и виноградарству и примарној преради воћа (орезивање воћњака, орезивање винове лозе, замена стабала воћака и чокота лоза).

При разматрању могућности коришћења пољопривредне биомасе неопходно је извршити процену потенцијала. Потенцијал се може дефинисати на више начина и то:

- теоријски потенцијал - укупна количина биомасе која може да се произведе на годишњем нивоу по сировини или отпаду/остатку/нус-производу. Овај потенцијал се израчунава на основу података о коришћеном земљишту и приносу сваке од сировина на земљишту на коме се узгаја,
- технички потенцијал - овај потенцијал узима у обзир и друге могућности коришћења пољопривредне биомасе (заоравање, простирка и за исхрану стоке и др.) и на основу свих расположивих података одређује се технички потенцијал који је мањи у односу на теоријски потенцијал.

Основни проблеми у коришћењу пољопривредне биомасе у енергетске сврхе су:

- релативно велика запремина у односу на масу
- мала запреминска топлотна моћ
- пропадање кроз решетку ложишта.

С обзиром на наведене недостатке пољопривредне биомасе, за коришћење у енергетске сврхе користе се погоднији облици (бале, брикети, пелети).

Коришћење биомасе у енергетске сврхе подразумева читав низ операција које претходне коначној примени:

- убирање
- утовар на превозно средство
- транспорт
- истовар и складиштење
- припрему за примену (сагоревање или производњу других врста горива).

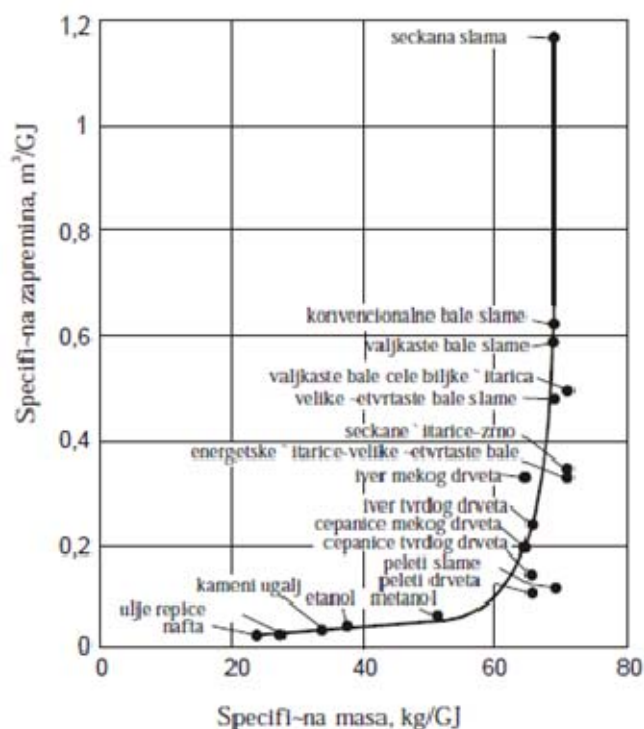
Ови поступци се разликују у зависности од врсте пољопривредне биомасе, а чак и за исту врсту биомасе поступци се могу разликовати.

Општа карактеристика пољоприврних остатака је њихова релативно велика запремина у односу на масу („складишна запремина“), па тиме и мала запреминска топлотна моћ (Слика 5.7). Густина биомасе значајно утиче на цену манипулације, транспорта и складиштења, па се због тога врши пресовање пољопривредне биомасе (бале, брикети, пелети).

Технологија сагоревања биомасе је најстарија и највише коришћена технологија. За коришћење пољопривредне биомасе у процесима сагоревања посебно су значајне следеће карактеристике:

- доња топлотна моћ – посебно је неповољна мала запреминска топлотна моћ, па се за решавање овог проблема обавезно врши сабијање биомасе (бале, брикети, пелети)
- садржај влаге – биомаса са високим садржајем влаге има дужи период сушења, теже се пали, спорије сагорева, потребно веће ложиште и др.





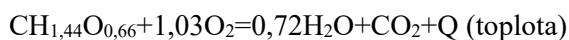
Слика 5.7

Последњих година производња пелета од пољопривредне биомасе постаје предмет све већег интересовања и то из следећих разлога:

- недовољне количина дрвне биомасе за енергетске потребе
- велике расположиве количине пољопривредна биомаса
- једноставнијег коришћење пољопривредне биомасе у облику пелета (већа механичка чврстоћа, лакши транспорт, боље сагоревање са мањом емисијом штетних материја) .

## 6 САГОРЕВАЊЕ БИОМАСЕ

Сагоревање биомасе је најраспрострањенији начин њеног коришћења и представља сложен физичко-хемијски процес који се може приказати на следећи начин:

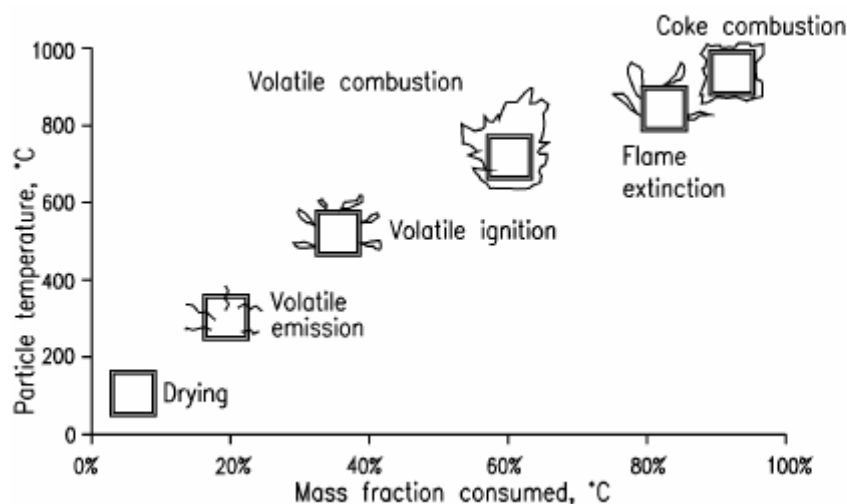


при чему је  $\text{CH}_{1,44}\text{O}_{0,66}$  је приближна хемијска формула за биомасу. У овом процесу хемијски везана енергија биомасе претвара се у топлотну енергију.

У општем случају при сагоревању чврстих горива, укључујући и биомасу, разликују се четири карактеристична периода у процесу сагоревања (Слика 6.1):

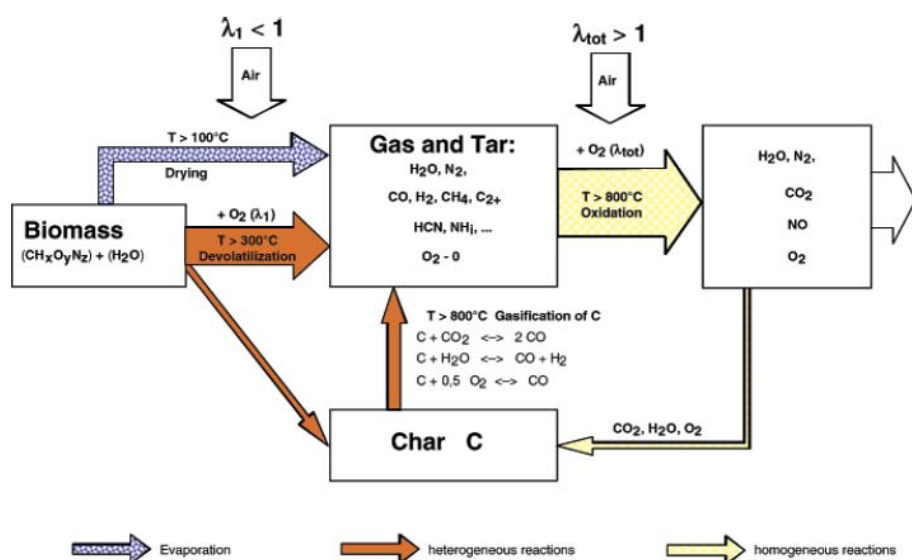
- I период – период закашњење паљења волатила (горивих испарљивих материја) - временски период од увођења горива у ложиште до појаве видног паљења горивих испарљивих материја; у току ове фазе издвајају се највећим делом гориве испарљиве материје, мешају са ваздухом образујући смешу погодну за паљење
- II период – период сагоревања волатила (горивих испарљивих материја) - временски период од тренутка паљења горивих испарљивих материја до краја сагоревања горивих испарљивих материје
- III период – период закашњења паљења коксног остатка
- IV период – период сагоревања коксног остатка - временски период од почетка па до краја сагоревања коксног остатка.

Приликом оваквог разматрања одвијања процеса сагоревања чврсте биомасе (чврстих биогорива) треба нагласити да је наведена подела условна и да се не могу повући јасне границе између појединих фаза сагоревања. Период закашњења паљења је увек могуће јасно одредити као период од уношења горива у ложиште до појаве видљивог пламена. Од тренутка појаве видљивог пламена, процес сагоревања се континуално одвија и често се за време сагоревања горивих испарљивих материја јавља почетак сагоревања коксног остатка, тако да III фаза уопште не постоји.



Слика 6.1: Фазе сагоревања биомасе

Фаза сагоревања волатила је фаза која је најдоминантнија због велике количине горивих испарљивих материја које се налазе у биомаси. Како брзину сагоревања у општем случају одређује брзина најспорије фазе, то онда, при сагоревању чврсте биомасе (чврстих биогорива), брзину сагоревања одређује брзина сагоревања коксног остатка. Сагоревање чврсте супстанце, представља најсложенији вид сагоревања уопште – хетерогено сагоревање везано за низ физичко-хемијских промена.

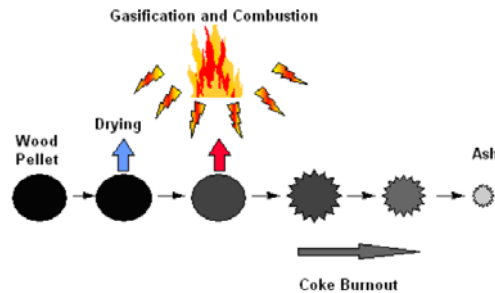


Слика 6.2: Фазе сагоревања биомасе

Процес сагоревања биомасе одвија се кроз истовремено одвијање хомогених и хетерогених хемијских реакција. Најважније фазе процеса сагоревања су (Слика 6.2):

сушење - процес почиње на температурама изнад 100 °C и у условима у којима је најчешће  $\lambda < 1$ ;

- деволатилизација - процес почиње на температурама изнад  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  и током процеса термичког разлагања настају гасовити волатили ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NH}_3$  и др.), тер и чврсти остатак – коксни остатак;
- сагоревање гасовите фазе (сагоревање волатила) – процес сагоревања се одвија на температурама изнад  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при  $\lambda > 1$ , хомогене хемијске реакције и
- сагоревање коксног остатка - процес сагоревања се одвија на температурама изнад  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при  $\lambda > 1$ , хетерогене хемијске реакције. У хемијским реакцијама учествују делимично и продукти настали током сагоревања волатила.



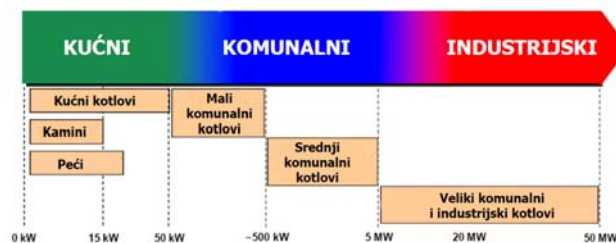
Слика 6.3: Фазе сагоревања пелета од биомасе

Време одвијања сваке од наведених фаза зависи од величине комада чврсте биомасе, карактеристика биомасе, температуре и услова сагоревања. Приказ сагоревања пелета од биомасе дат је на Слици 6.3.

При сагоревању малих комада (честица) биомасе постоји јасно разграничење између процеса сагоревања волатила и сагоревања коксног остатка. Приликом пројектовања уређаја за сагоревање (пећи, котлови) за ову врсту горива, потребно је узети у обзир садржај волатила (80-85 %). За сагоревање великих комада биомасе, карактеристични периоди сагоревања се међусобно преклапају у одређеном степену. Међутим, током сагоревања огревног дрвета, одређено раздвајање појединих периода сагоревања током времена могуће је уочити, посебно у случајевима када не постоји аутоматско довођење огревног дрвета у ложиште.

### Подела уређаја за сагоревање

У општем случају, постоје различити критеријуми за поделу уређаја за сагоревање. Најчешће се користи подела у зависности од снаге ложног уређаја (пећ, котло), што истовремено дефинише и намену (домаћинства, комунални системи, индустрија, енергетски котлови). Подела уређаја за сагоревање у зависности од снаге уређаја приказана је на Слици 6.4.



Слика 6.4: Подела уређаја за сагоревање

Сви уређаји за сагоревање, без обзира на снагу и конструкцију, морају да обезбеде захтеване карактеристике које се односе на:

- енергетске карактеристике (називна топлотна снага, степен корисности);
- еколошке карактеристике (емисија  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , честице);
- функционалне карактеристике (у зависности од врсте ложног уређаја: за котлове – температура воде у разводу, температура воде у поврату, разлика температуре у разводу и поврату, ,

температура у спремнику за гориво, температуре ручица, температура у пећници за штедњак итд.).

Истовремено, потребно је обезбедити да све захтеване карактеристике буду испуњене у различитим режимима рада и то: номинална и редуктована топлотна снага. Уређаји за сагоревање треба да буду поуздани у раду, при чему не сме да дође до појаве зашљакивања ложишта. Могућност лаког и једноставног опслуживања, такође, треба да буде обезбеђена.

Биомаса се најчешће користи за добијање топлотне енергије и то:

- мали и средњи уређајима за сагоревање - пећи и котлови на огревно дрво, пећи на пелет, горионици на пелет - снаге до 50 kW,
- котлови средње снаге – котлови за сагоревање сечке, пиљевине, пољопривредне биомасе - мали и средњи комунални котлови – снаге до 500 kW (мали) и снаге до 5 MW (средњи)
- котлови велике снаге – индустријски и енергетски котлови – снаге веће од 5 MW.

Мали и средњи уређаји за сагоревање првенствено се користе за добијање топлоте и могу се употребљавати за (Табела 6.1):

- директно загревање - пећи које ослобађају топлоту у простору у коме је пећ постављена. Стандардима није предвиђено да буду снаге веће од 50 kW, а многи уређаји који припадају овој групи имају снагу и мању од 10 kW;
- индиректно загревање - котлови за централно грејање једног или више стамбених или пословних објеката, као и котлови за даљинско грејање. Мањи котлови раде са водом као радним флуидом, док већи котлови могу да производе и пару која се, такође, користи за загревање. Европским стандардима су дефинисани котлови на чврста горива за примену у домаћинствима снаге до 50 kW и већи котлови номиналне снаге до 300 kW);
- кување - уређаји намењени за употребу у домаћинствима или у пословним објектима у којима се припрема храна често и често се изводе у комбинацији са директним/индиректним загревањем простора;
- декорацију простора (камини).

У неким случајевима, један уређај може имати вишеструку употребу, нпр. штедњак, поред своје основне функције (кување), врши и загревање простора у коме се налази (директно загревање), а може имати и уграђен размењивач топлоте преко ког би се обезбеђивала топлота за неки мањи систем централног грејања (индиректно загревање).

Табела 6.1: Области примене загревних уређаја на чврста горива и подела према номиналној снази

Намена	Уређаји за домаћинство (kW)	Комунални/индустријски уређаји		
		мали (kW)	средњи (MW)	велики (MW)
Директно загревање	20 - 35	< 50	-	-
Индиректно загревање	< 50	< 300	0,3 - 0,5	5 - 20
Кување	< 50	< 300	-	-
Декорација	20 - 35	< 50	-	-
Индустријски процеси	-	< 300	0,3 - 0,5	5 - 20

Уређаји за сагоревање пелета од биомасе, као што је већ наведено, се према критеријуму топлотне снаге могу поделити на:

- уређаје мале снаге (номиналне снаге до 100 kW),
- уређаје и системе средње снаге (номиналне снаге од 100 kWth до 1000 kW),
- уређаје и енергетске системе велике снаге (преко 1000 kW).

### Пећи на пелет

Пећи на пелет представљају ложне уређаје који служе за загревање просторије у којој се налазе, уз помоћ загрејаног ваздуха који се избацује вентилатором из пећи (Слика 6.3). У оваквим пећима постоји уграђен резервоар за гориво из кога се гориво аутоматски уноси у ложиште. Количина горива у резервоару је довољна за рад пећи од неколико дана, у зависности од конструкције резервоара и режима рада пећи. Аутоматизација рада оваквих пећи је могућа захваљујући уграђеном електронском контролеру који уз помоћ сензора управља читавим системом.



Слика 6.3. Пећ на пелет

### Котлови на пелет са спољним гориоником

Котлови на пелет представљају део система централног грејања и служе за загревање више просторија или објеката. У овим ложним уређајима сагоревањем пелета од биомасе се ослобађа топлота која се предаје води која струји кроз систем цеви и преноси до грејних тела у загреваним просторијама. Код котлова на пелет са спољним гориоником сагоревање се обавља у горионику који је постављен изван котла, при чему у котао улазе само загрејани продукти сагоревања који преко размењивачких површина предају топлоту води у котлу. На Слици 6.4 приказана је конструкција једног оваквог котла.



Слика 6.4. Котао на пелет са спољним гориоником

### Котлови на пелет са уграђеним гориоником

Код котлова на пелет са уграђеним гориоником, котао и горионик чине целину, а процес сагоревања пелета се обавља у ложишту котла (Слика 6.5). Продукти сагоревања пре изласка у димњак прелазећи преко размењивачких површина предају топлоту води у котлу. Степен корисности оваквих котлова је већи уколико је пут продуката сагоревања од ложишта до димњака дужи.



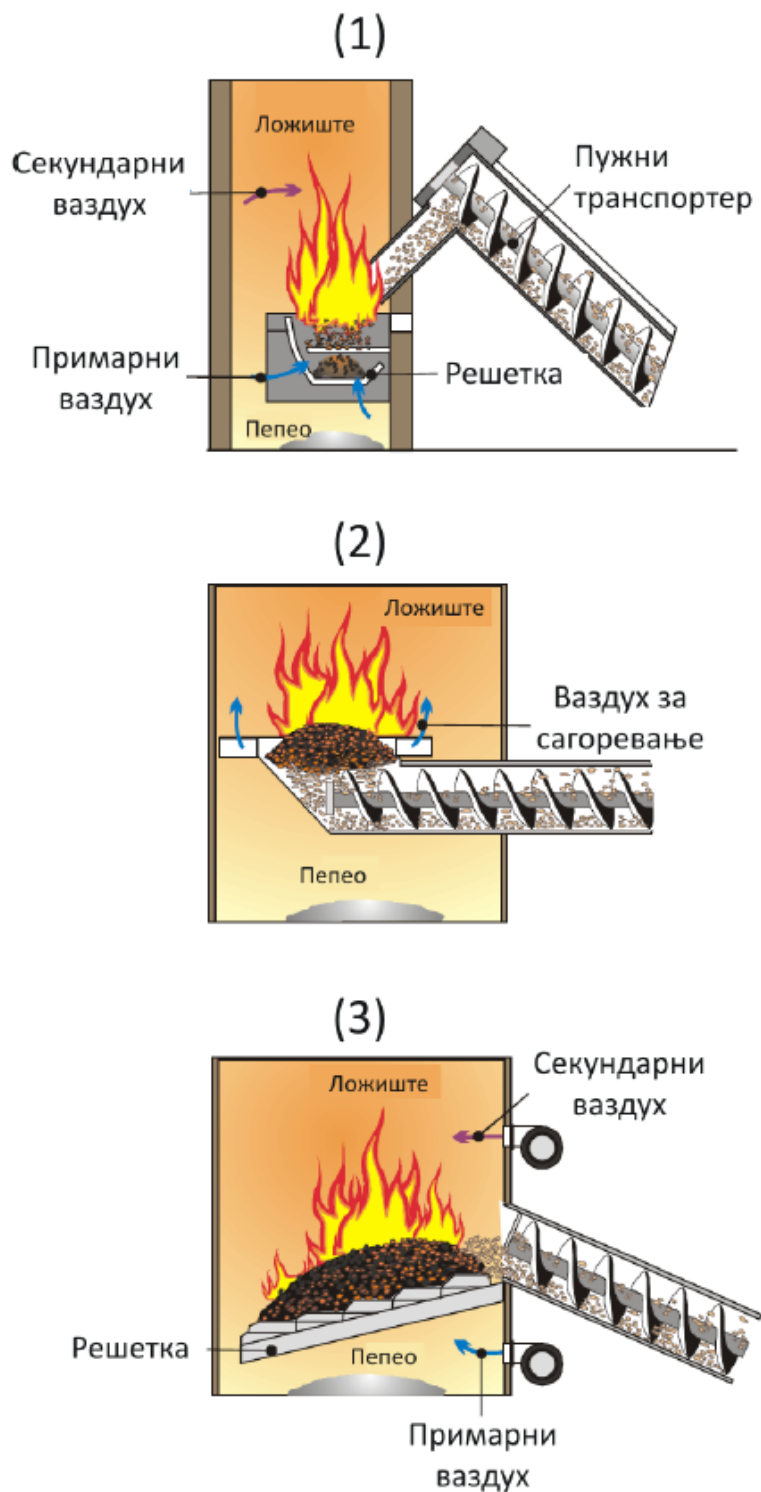
Слика 6.5. Котао на пелет са уграђеним гориоником

### Подела према начону довода горива

У зависности од начина довода горива у ложиште уређаји мале снаге за сагоревање пелета од биомасе, као што је приказано на Слици 6.6, се могу поделити на:

- уређаје са доводом горива од горње стране (1),
- уређаје са доводом горива са доње стране (2),
- уређаје са доводом горива са бочне стране (3).





Слика 6.6. Начин довода горива у уређајима за сагоревање пелета [9]

### Уређаји са доводом горива са горње стране

Код котлова за сагоревање пелета код којих се гориво доводи са горње стране пелети се уносе у канал за убацивање у ложиште помоћу пужног транспортера, и слободно падају на решетку на постојећи слој жара. Пепео пропада кроз решетку у пепељару која се налази испод ње. Овакав тип котлова омогућава унос тачно одређене количине горива у зависности од топлотног оптерећења котла, тако да само одређена количина пелета, која зависи од топлотног оптерећења, пада на слој жара на решеци.

### Уређаји са доводом горива са доње стране

У ложним уређајима код којих се гориво доводи са доње стране (који се још називају котлови са перфорираном плочом) пужни додавач хоризонтално уноси гориво у доњи део котла испод перфориране хоризонталне плоче на којој се врши сагоревање пелета, одакле се потискује нагоре. Примарни ваздух за сагоревање се уводи у ложиште са стране и кроз отворе плоче. Пепео се сакупља на ивицама плоче, и пада у кутију за пепео (пепељару) која је смештена испод.

### Уређаји са доводом горива са бочне стране

Код котлова са доводом горива са бочне стране, за разлику од осталих конструктивних решења, гориво се уноси у ложиште са бочне стране уз помоћ хоризонталног пужног додавача. Примарни ваздух се обезбеђује са горње и доње стране слоја жара. Пепео који се сакупља на ивицама пужног додавача пада у пепељару која се налази испод. Утицај пепела на слој жара је нешто израженији него код уређаја са доњим доводом, али не толико значајан као код довода горива са горње стране.

### Уређаји средњих и већих снага

Подела уређаја средњих и већих снага за сагоревање биомасе може се извршити и према условима у којима се врши сагоревање (технологија сагоревања) и то:

- котлови са сагоревањем у флуидизованом слоју
- котлови са сагоревањем на решетки
- котлови са сагоревањем у лету.

За сваку од наведених технологија сагоревања постоји неколико варијантних решења која зависе од максималне величине комада (честица) за сагоревање, начина дозирања биомасе и др. Примена наведених технологија сагоревања биомасе приказана је у Табели 6.2. Предности и недостаци различитих технологија сагоревања приказане су у Табели 6.3 [3].

Табела 6.2

Технологија сагоревања	Примена
Сагоревање у флуидизованом слоју	<ul style="list-style-type: none"> <li>- у зависности од врсте флуидизованог слоја може се користити за различите снаге (до <math>1 \text{ MW}_{\text{th}}</math> – межурасти флуидизовани слој, до <math>30 \text{ MW}_{\text{th}}</math> – циркулациони флуидизовани слој)</li> <li>- биомаса различите гранулације</li> <li>- биомаса са повишеним садржајем влаге и пепела</li> <li>- могућност коришћења биомасе у мешавини са другом врстом горива</li> </ul>
Сагоревање на решетки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- непокретна решетка (до <math>1 \text{ MW}_{\text{th}}</math>)</li> <li>- покретна решетка (до 10 и више <math>\text{MW}_{\text{th}}</math>)</li> <li>- биомаса са повишеним садржајем влаге и пепела</li> <li>- важна дистрибуција ваздуха по попречном пресеку решетке</li> </ul>
Сагоревање у лету	<ul style="list-style-type: none"> <li>- погодна технологија за велика постројења</li> <li>- неопходно довољно уситњено гориво (скуп процес)</li> <li>- могућност коришћења биомасе у мешавини са другом врстом горива</li> <li>- потребно је регулисати температуру сагоревања како не би дошло до топљења пепела</li> </ul>

Табела 6.3

Предности	Недостаци
Сагоревање у флуидизованом слоју	
Ниска емисија NO <sub>x</sub> , велика флексибилност врсте горива и гранулације, висок степен корисности, могућност смањења емисије SO <sub>x</sub>	Високо трошкови одржавања, могућност стварања наслага, повећана ерозија измењивачких површина
Сагоревање на решетки	
Ниски инвестициони трошкови, ниски трошкови одржавања, мали садржај несагорелог у пепелу	Мала флексибилност у раду у погледу врсте биомасе, мањи степен корисности због већег вишка ваздуха, нехомогени услови у зони сагоревања
Сагоревање у лету	
Добра контрола процеса сагоревања, висок степен корисности, ниска емисија NO <sub>x</sub>	Скупа припрема горива, лоша флексибилност при промени квалитета горива, неопходна опрема за смањење емисије прашкастих материја (летећи пепео), могућност лепљења пепела на измењивачке површине

За сагледавање могућности коришћења биомасе у различитим постројењима, потребно је узети у обзир различите параметре и то (Табеле 6.4 и 6.5):

- снага постројења
- број сати рада постројења у току године
- потребан број возила за допрему потребне количине биомасе до постројења
- потребну површину земљишта за производњу потребне количине биомасе.

Табела 6.4

Облик	Максимална величина комада	Систем дозирања	Технологије сагоревања
Растресито стање	< 5 mm	Директно убацивање, пнеуматски транспорт	Сагоревање у лету, циклонска ложишта, флуидизовани слој
	< 50 mm	Пужни дозатор	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
	< 100 mm	Дозатори са вибрацијом	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
	< 500 mm	Коса раван	Сагоревање у лету, сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Уситњене бале	< 50 mm	Опрема за уситњавање, пнеуматско дозирање или пужни дозатор	Сагоревање у лету, сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Бале	бале	Хидраулички дозатор	Сагоревање на решетки
Пелети	< 30 mm	Пужни дозатор	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Брикети	< 120 mm	Коса раван	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој

Табела 6.5

Врста постројења	Снага постројења/Број сати рада постројења	Потребна количина биомасе (t суве биомасе/год.)	Потребан број возила за допрему потребне количине биомасе до постројења	Потребна површина земљишта за производњу потребне количине биомасе (% у оквиру посматраног радијуса)
Топлана – мале снаге	100-250 kW <sub>th</sub> 2.000 h	40-60	3-5/год.	1-3 % у радијусу од 1 km
Топлана – велике снаге	250 kW <sub>th</sub> -1 MW <sub>th</sub> 3.000 h	100-1.200	10-140/год.	5-10 % у радијусу од 2 km
Електрана са комбинованом производњом – мале снаге	500 kW <sub>e</sub> -2 MW <sub>e</sub> 4000 h	1.000-5.000	150-500/год.	1-3 % у радијусу од 5 km
Електрана са комбинованом производњом – средње снаге	5-10 Mw <sub>e</sub> 5.000 h	30.000-60.000	5-10/дан	5-10 % у радијусу од 10 km
Електрана – велике снаге	20-30 Mw <sub>e</sub> 7.000 h	90.000-150.000	25-50/дан и ноћ	2-5 % у радијусу од 50 km