

# Przetwarzanie Biomasy

## Cz 2. ogrzewanie pomieszczeń biomasą

mgr. inż. Przemysław Makowski  
[mail: makowskiprzemek@gmail.com](mailto:makowskiprzemek@gmail.com)



# CELE PREZENTACJI:

1. Dostarczenie praktycznej wiedzy przyszłym sprzedawcą dotyczących zagadnień ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych biomasą;
2. Zdobycie praktycznej wiedzy na własny użytek, praktyczne rady.



## PLAN PREZENTACJI:

1. WSTĘP
2. PODSTAWY OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ MIEKSZALNYCH I WODY
3. WARTOŚĆ OPAŁOWA ORAZ CIEPŁO SPALANIA BIOMASY
4. PROCES SPALANIA NOŚNIKÓW ENERGII
5. PODSTAWY PRODUKCJI BIOMASY
6. KOTŁY I KOMINKI NA BIOMASĘ
7. PRZETWARZANIE BIOMASY
8. MAGAZYNOWANIE I TRANSPORT BIOMASY
9. ASPEKTY ORGANIZACYJNO-EKONOMICZNE OGRZEWANIA BIOMASĄ
10. ZASTOSOWANIE BIOMASY W KOGENERACJI
11. PODSUMOWANIE





Źródło: Musetress

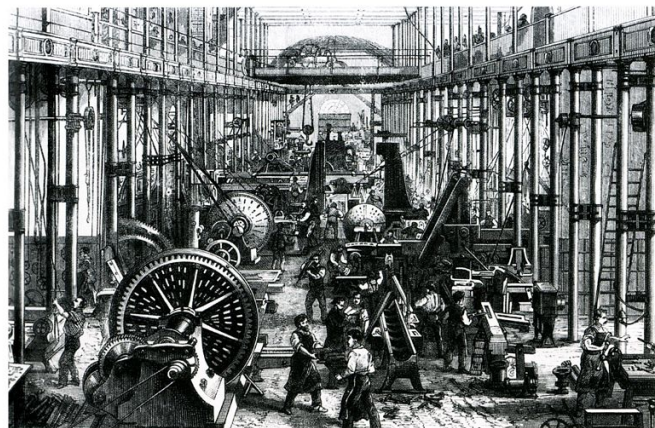


Źródło: <http://pinholeandphotodocument.blogspot.com/2012/09/biskupin-2012-cz-1.html>



Źródło: <http://www.kominek.org.pl/trendy/arttykul/zobacz/style-kominkow-portalowych.html>





Źródło: <http://historion.pl/rewolucja-przemyslowa-w-xviii-wieku-historia/>





**biomasa** to „stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, oraz ziarna zbóż nie spełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym” - rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 luty 2010 (Dz. U. Nr 34, poz. 182).

**biomasą** nazywamy każdą masę, z której zbudowane są organizmy żywe. Świat zbudowany jest z materii, która posiada swoją masę, a tą materię która buduje organizmy żywe nazywamy biomasą.





## RODZAJE BIOMASY:

### 1. Drewno i odpady drzewne:

- drewno kawałkowe;
- trociny;
- wióry;
- zrębki drzewne;
- kora;
- drewno uszlachetnione – pelety i brykiety.



### 2. Rośliny pochodzące z upraw energetycznych:

- rośliny uprawne roczne: zboża, konopie, kukurydza, rzepak, słonecznik, sorgo sudańskie, trzcina;
- rośliny drzewiaste szybkiej rotacji: topola, osika, wierzba, eukaliptus;
- szybko rosnące, rokrocznie plonujące trawy wieloletnie: miskanty, trzcina, mozga trzcinowata, trzcina laskowa;
- wolnorosnące gatunki drzewiaste.





### 3. Produkty i odpady rolnicze:

- Słoma;
- Ziarna.

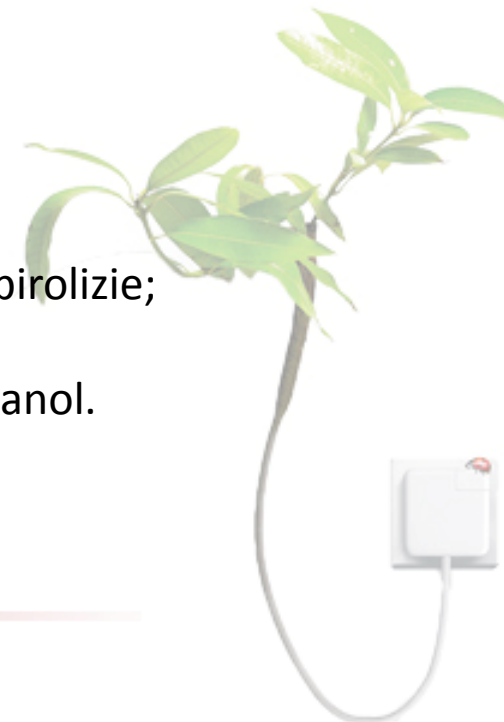


### 4. Biogaz produkowany z:

- odpadów organicznych na składowiskach odpadów;
- odpadów zwierzęcych w gospodarstwach rolnych;
- osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków.

### 5. Biopaliwa płynne:

- oleje roślinne np. olej rzepakowy;
- bioolej otrzymywany przez poddanie biomasy szybkiej pirolizie;
- biodiesel, czyli estryfikowany olej rzepakowy;
- bioalkohole, wśród których największe znaczenie ma etanol.







## Jednostki energii i mocy:

1. J (dżul) – 1000000 J = MJ (megadżul);
2. Wh (watogodzina) – 1000 Wh = kWh (kilowatogodzina);
3. cal (kaloria);
  
4. W (wat) = J (dżul)/s(sekunda).

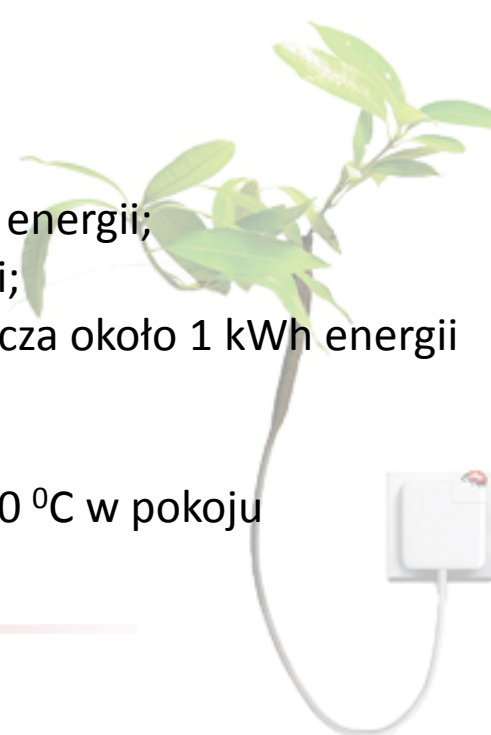
## Zależności między jednostkami energii:

1 kWh = 3,6 MJ

1 MJ = 0,278 kWh

1 cal = 4,187 J

- Świecąca żarówka o mocy 100 W działająca 10 h zużywa 1 kWh energii;
- Żelazko o mocy 2000 W w ciągu 30 minut zużywa 1 kWh energii;
- Słońce świecące przez 9 godzin na terenie Polski średnio dostarcza około 1 kWh energii na powierzchnię ziemi;
- 1 kWh umożliwia podgrzanie wiaderka wody (21,5l) o 40 °C;
- 1 kWh umożliwia np. podgrzanie samego powietrza od -20 do 20 °C w pokoju o wymiarach 5 m x 5 m x 3 m.



# Podstawy ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych i wody



**Pomieszczenia mieszkalne ogrzewane są około 7 miesięcy w warunkach klimatycznych dla Polski.**



**Woda użytkowa (do mycia, gotowania) przez cały rok.**

**Struktura zużycia energii w przeciętnym, europejskim gospodarstwie domowym:**

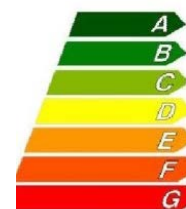
- 69% - ogrzewanie pomieszczeń;
- 15% - podgrzanie wody;
- 11% - zasilanie urządzeń elektrycznych;
- 5% - gotowanie.



Zanim zostanie podjęta decyzja o zastosowaniu biomasy do celów grzewczych w już istniejących budynkach, należałoby najpierw przeanalizować efektywność istniejącego systemu grzewczego w budynku oraz strat ciepła w budynku.

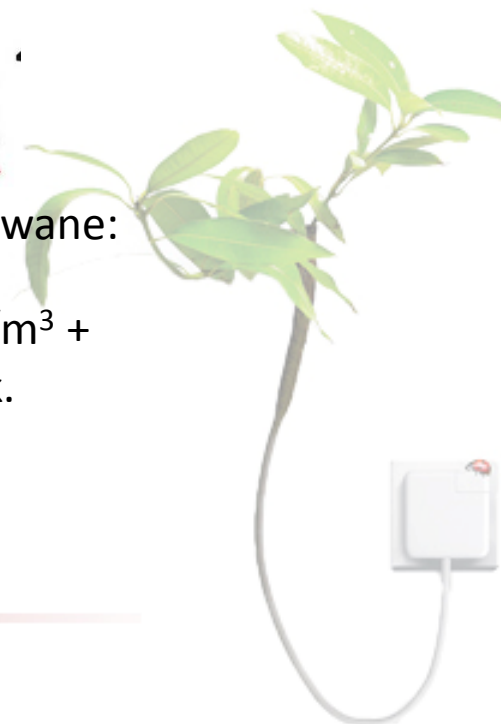
**Od 1 stycznia 2009 roku obowiązek oceny ilości całkowitej zużywanej energii (cieplnej i elektrycznej) w budynkach** tzw. świadectwa energetyczne budynków i lokali mieszkalnych.

**Budynek energooszczędny** to taki w którym zużycie energii wynosi **70-100 kWh/m<sup>2</sup>/rok**.



Wykonanie własnego audytu energetycznego nie jest skomplikowane:

(2400 m<sup>3</sup>/rok gazu ziemnego \* wartość opałowa gazu 9,7 kWh/m<sup>3</sup> + energia elektryczna 2000 kWh/rok)/180m<sup>2</sup> = 140,4 kWh/m<sup>2</sup>/rok.





W przypadku budynku nie energooszczędnego, przed decyzją o zastosowaniu biomasy do ogrzewania, powinno się:

- zadbać o **redukcję strat ciepła** np. poprzez docieplenie budynku;
- zastanowić się nad sposobem regulacji temperatury w pomieszczeniach np. rezygnując z ogrzewania całego budynku przez całą dobę z taką samą intensywnością. Ważne jest stosowanie **zbiornika buforowego** w systemie ogrzewania ułatwia to utrzymanie i regulowanie temperatury, jest to urządzenie niezbędne przy ogrzewaniu biomasą w domu jednorodzinnym. **Zbiornik buforowy powinien mieć od 100-180 litrów na kW mocy nominalnej kotła.**



Źródło: <http://www.budowlany.pl>

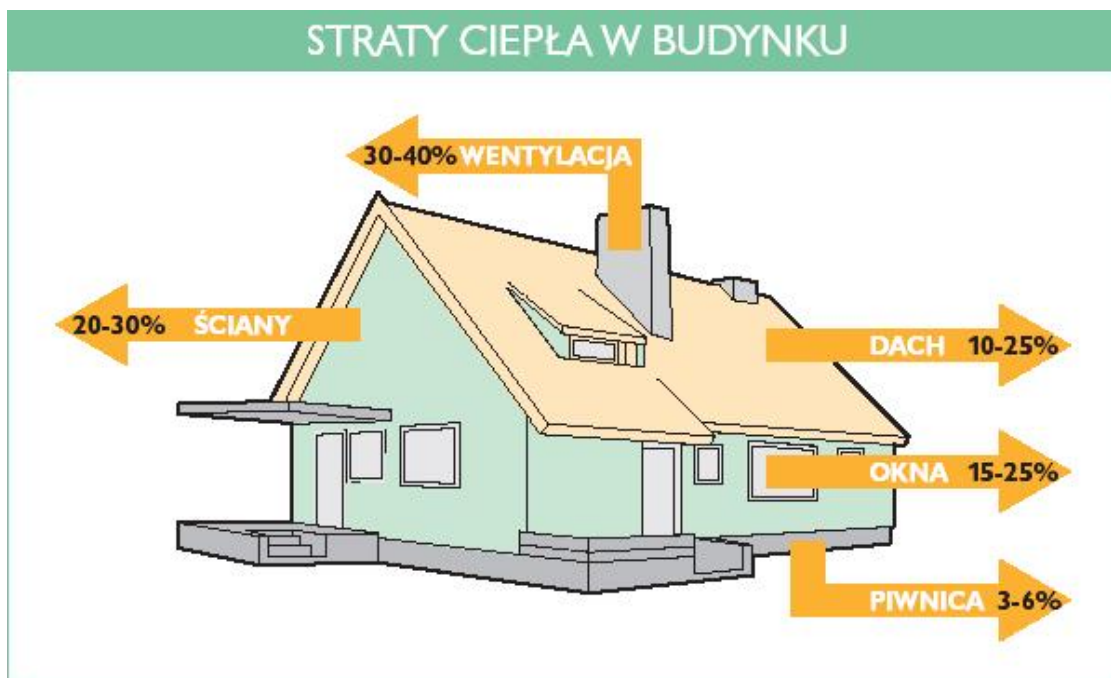


Źródło: [http://http://dga.ik.pl/katalog/wymienniki\\_i\\_zasobniki/wymienniki\\_z\\_wezownica/](http://http://dga.ik.pl/katalog/wymienniki_i_zasobniki/wymienniki_z_wezownica/)





Straty ciepła z ogrzewanych pomieszczeń spowodowane są jego **przenikaniem** (poprzez ściany, okna, drzwi, strop, podłogę), **unoszeniem** (przez nieszczelności lub kanały wentylacyjne) oraz **promieniowanie ciepłe**.



Źródło: <http://www.termhouse.com.pl/index.php?o=page,14>



Na straty ciepła przez **przenikanie** (określa je współczynnik  $U$  [ $W/m^2/K$ ]) największy wpływ ma **współczynnik przewodzenia ciepła** materiałów z których zbudowany jest dom ( $W/m/K$ ).

Wartości współczynników przewodzenia ciepła dla kilku materiałów budowlanych:

- ❖ cegła sucha:  $0,4-0,75$   $W/m/K$  (cegła mokra:  $0,7 - 1,4$   $W/m/K$ );
- ❖ pustak, cegła kratkówka:  $0,2-0,4$   $W/m/K$
- ❖ drewno suche:  $0,15 - 0,3$   $W/m/K$ ;
- ❖ wełna mineralna:  $0,035$   $W/m/K$ ;
- ❖ styropian:  $0,025-0,04$   $W/m/K$ ;
- ❖ areożele:  $0,014$   $W/m/K$ .

PŁOŃSKI W.: Buduję ciepły dom. Arkady, Warszawa 1992;



## Warunki zapewniające komfort cieplny w pomieszczeniu mieszkalnym :

- zimą temperatura w używanych pomieszczeniach powinna być w zakresie 20 – 23<sup>0</sup>C, w łazience nawet do 30<sup>0</sup>C;
- ściany, podłoga, sufit powinny mieć temperaturę podobną do powietrza, jeśli jest niższa o 3 lub 4 stopnie wtedy odczuwa się dyskomfort cieplny;
- najlepiej odczuwalnym jest rozkład temperatury w pomieszczeniu, w którym przy stopach jest 24<sup>0</sup>C, a przy głowie 19<sup>0</sup>C;
- wymiana powietrza w pomieszczeniach na jedną osobę powinna wynosić 30 m<sup>3</sup>/godzinę;





Przykładowe wyliczenie zapotrzebowania na biomasę mieszkania.

**Założenia:**

- straty energii cieplnej przez przewodzenie i promieniowanie ciepłe wymagają 2 kg drewna o wartości opałowej 4,2 kWh/kg (łącznie 8,4 kWh/kg) w ciągu godziny;
- w mieszkaniu przebywają 4 osoby, a więc objętość powietrza wentylacyjnego, wymienianego powinna wynosić 120 m<sup>3</sup>;
- różnica temperatur między powietrzem zewnętrznym (0<sup>0</sup>C) a wewnętrznym (20<sup>0</sup>C) wynosić ma 20<sup>0</sup>C;
- sprawność przesyłu energii w instalacji grzewczej - 90%, sprawność kotła – 80%;

Ilość energii potrzebnej do ogrzania 1 m<sup>3</sup> powietrza o 1 <sup>0</sup>C – 0,0002kWh.

Masa drewna konieczna do ogrzania mieszkania:

$$2kg + \frac{\left(120m^3 \cdot 0,0002 \frac{kWh}{m^3 \cdot ^\circ C} \cdot 20^\circ C\right)}{4,2 \frac{kWh}{kg}} = 2,9kg$$

$$\frac{\quad}{0,9 \cdot 0,8}$$



# Wartość opałowa oraz ciepło spalania biomasy



Biomasa różni się właściwościami od innych paliw kopalnych. W celu ich pierwszego porównania konieczne jest wprowadzenie dwóch pojęć: **ciepła spalania** (*górną wartość opałową*) oraz **wartości opałowej** (*wartość kaloryczna lub dolną wartość opałową*).

**Ciepło spalania** to ilość energii potrzebna do całkowitego spalania danego paliwa oraz na podgrzanie i odparowanie wody zawartej w tym paliwie (wartość teoretyczna).

**Wartość opałowa** to ciepło spalania pomniejszone o straty na podgrzanie i odparowanie wody zawartej w paliwie (wartość użyteczna) .

Obie wartości wyraża się w ilości uzyskanej energii w odniesieniu do masy (kWh/kg, MJ/kg) lub objętości paliwa (kWh/m<sup>3</sup>, GJ/m<sup>3</sup>).

W drewnie i słomie palnymi składnikami są przede wszystkim wielocukry (polisacharydy), a właściwie węgiel i węglowodory jakie powstają podczas rozkładu składników biomasy podczas spalania.



Orientacyjne obliczenie wartości opałowej biomasy, mając ciepło spalania biomasy i zawartość wilgotności w odniesieniu do wilgotnej masy, umożliwia wzór:

$$Q_{wo} = \frac{Q_{cs}(100 - w_w) - 0,68w_w}{100}$$

$$w_w = \frac{w_s}{w_s + 100}$$

gdzie:

$Q_{wo}$  – wartość opałowa biomasy (kWh/kg),

$Q_{cs}$  – ciepło spalania biomasy (drewno 5,4 kWh/kg, słoła 5,0 kWh/kg),

$w_w$  – wilgotność w odniesieniu do wilgotnej masy (%),

$w_s$  – wilgotność w odniesieniu do suchej masy (%).



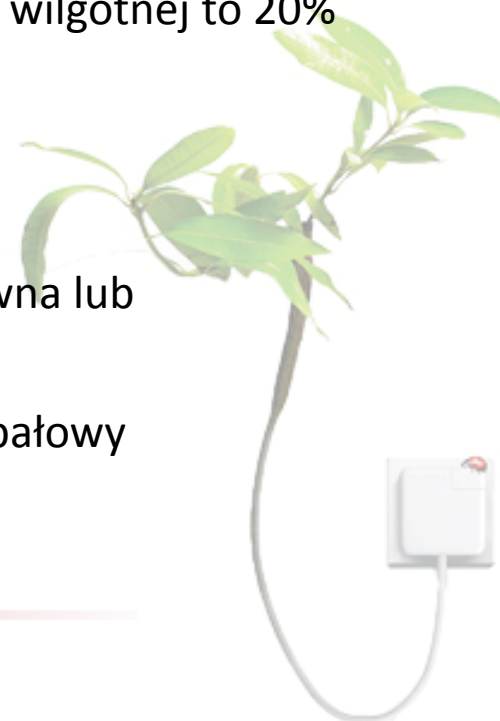
Biomasa praktycznie zawsze zawiera wodę, w mniejszych lub większych ilościach. np. świeżo ścięte drewno ma około 50% wody, a już po rocznym sezonowaniu zawartość wody spada do 25-30%.

**Zawartość wody w biomacie** określana jest w różny sposób:

1. jako **procent suchej masy [%]** ( 1 kg wody w 4 kg suchej masy to 25% wilgotności w odniesieniu do suchej masy);
2. jako **procent masy wilgotnej [%]** ( 1kg wody w 5 kg biomasy wilgotnej to 20% wilgotności odniesieniu do suchej masy);
3. jako **kilogramy wody na kilogram suchej masy (kg/kg)**.

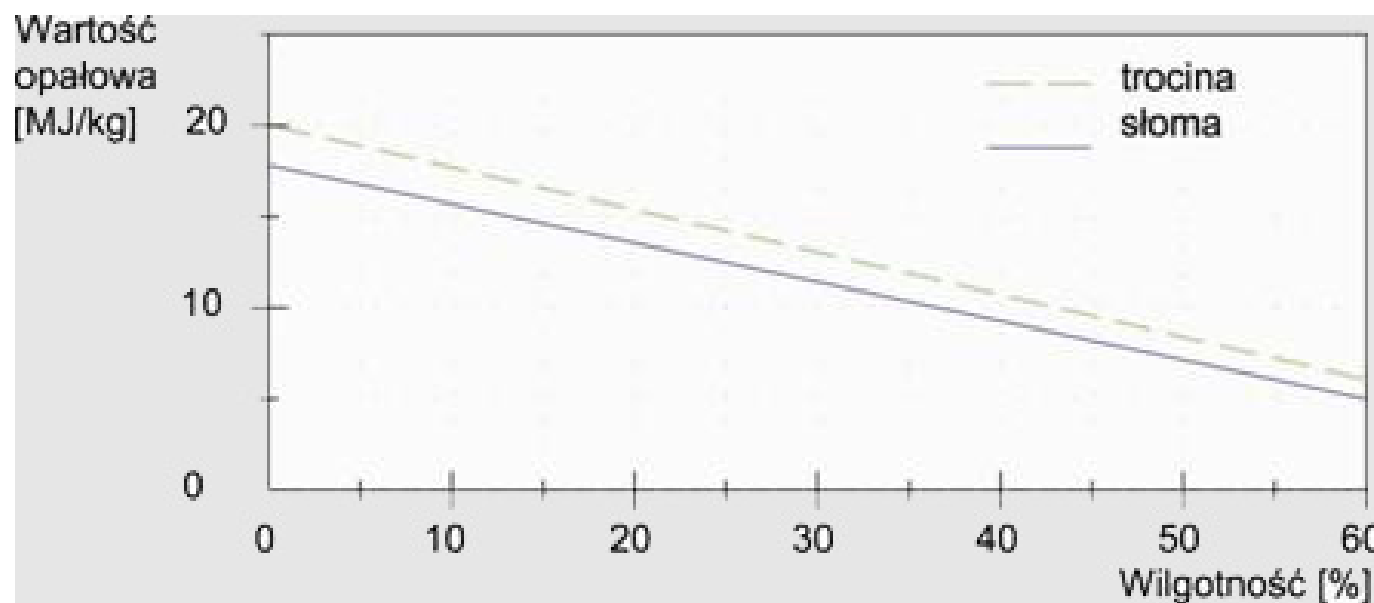
Odparowanie 1 kg wody (1 litra) wymaga zużycia 0,68 kWh energii (2,44 MJ) to tyle energii ile zawarte jest w ok. 0,16 kg drewna lub ok. 0,17 kg słomy.

Węgiel i koks zawierają znikome ilości wody, a gaz ziemny i olej opałowy nie zawierają go w ogóle.





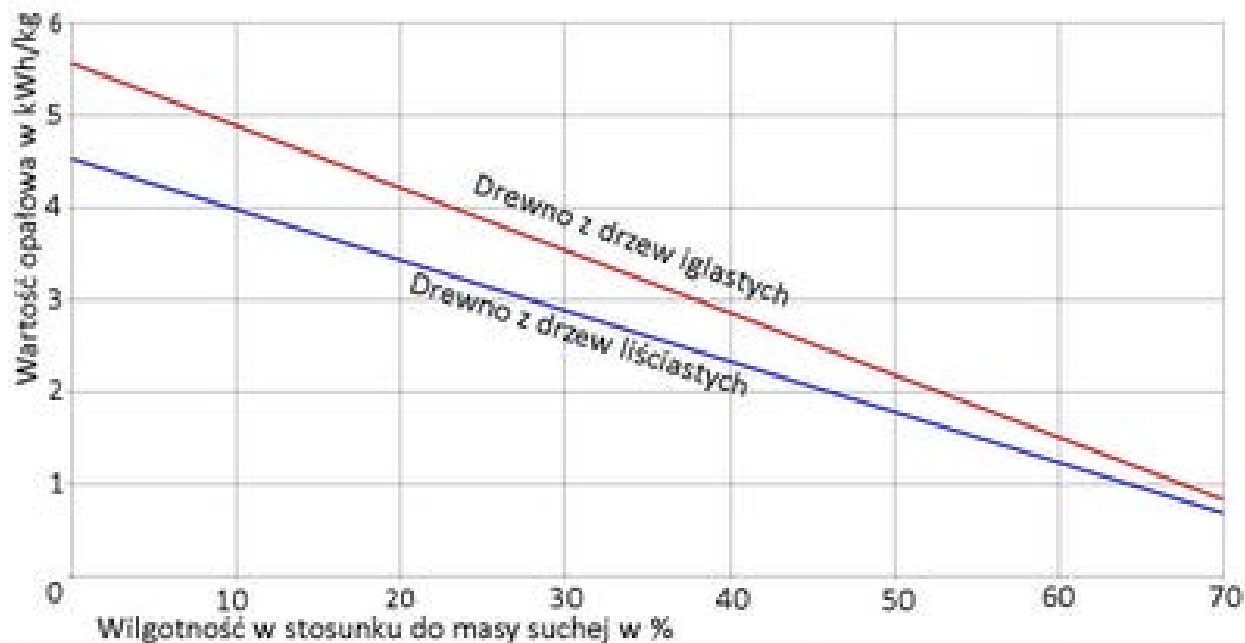
Wartość opałowa trocin i słomy w zależności od wilgotności odniesionej do Suchoj masy.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura.php>



Wartość opałowa drewna z drzew liściastych i iglastych w zależności od wilgotności odniesionej do suchej masy.



Źródło: <http://solaris18.blogspot.com/2011/08/drewno-opaowe.html>

Drewno liściaste ma większą gęstość od iglastego stąd z tej samej objętości drewna liściastego można uzyskać więcej ciepła niż ze spalania iglastego.



## Wartości opałowe różnych rodzajów biomasy:

Rodzaj biomasy	Wilgotność biomasy %	Wartość opałowa w stanie świeżym MJ·kg <sup>-1</sup>	Wartość opałowa w stanie suchym MJ·kg <sup>-1</sup>
Słoma pszenna	15–20	12,9–14,1	17,3
Słoma jęczmienna	15–22	12,0–13,9	16,1
Słoma rzepakowa	30–40	10,3–12,5	15,0
Słoma kukurydziana	45–60	5,3–8,2	16,8
Pył drzewny	3,8–6,4	15,2–19,1	15,2–20,1
Trociny	39,1–47,3	5,3	19,3
Zrębki wierzby	40–55	8,7–11,6	16,5
Pelety	3,6–12	16,5–17,3	17,8–19,6
Brykiety ze słomy	9,7	15,2	17,1
Brykiety drzewne	3,8–14,1	15,2–19,7	16,9–20,4

Rodzaj słomy	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ·kg <sup>-1</sup>
Słoma żółta	10-20	14,3
Słoma szara	10-20	15,2

Źródło: I.Niedziółka, A.Zuchniarz „ANALIZA ENERGETYCZNA WYBRANYCH RODZAJÓW BIOMASY POCHODZENIA ROŚLINNEGO” MOTROL, 2006, 8A, 232–237.







Biopaliwo	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ/kg
zrębki	20-60	6-16
pelety	7-12	16,5-17,5
słoma żółta	10-20	14,3
słoma szara	10-20	15,2
drewno kawałkowe	20-30	11-22
kora	55-65	18,5-20

Źródło: <http://www.biomasa.org/index.php?d=artykul&kat=51&art=47>

Paliwo	Wartość opałowa MJ/kg
gaz propan-butan	45
lekki olej opałowy	42
ciężki olej opałowy	40
węgiel	27
koks	25

Źródło: <http://www.biomasa.org/index.php?d=artykul&kat=51&art=47>

# Proces spalania nośników energii



Spalanie jest procesem chemicznym, w czasie którego tlen zawarty w powietrzu łączy się ze składnikami paliwa, przede wszystkim z węglem, z wydzieleniem ciepła do otoczenia.

Biomasa jak drewno czy słoma są paliwami stałymi, ale spalają się głównie w formie gazowej. Na początku procesu spalania następuje podgrzanie i odparowanie wody zawartej w biomacie. Następnie na skutek działania temperatury następuje rozkład drewna do składników gazowych, które stanowią ponad 80% spalanej masy drewna. Rozkład drewna następuje w temp.  $200^{\circ}\text{C}$  i zachodzi bez udziału tlenu, jest to tzw. piroliza. W niewielkiej odległości od drewna (polana) gazowe składniki mieszają się z tlenem z powietrza i spalają w temp nawet  $1000^{\circ}\text{C}$ . Trzeba dostarczyć odpowiednio dużo powietrza w tym etapie. Produktami prawidłowego spalania biomasy są głównie dwutlenek węgla i woda. Drewno, które nie ulegnie pirolizie zmienia się w węgiel drzewny i spala się żarząc bez płomienia w temperaturze  $500^{\circ}\text{C}$  -  $800^{\circ}\text{C}$ .



Reakcja spalania węgla:  $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Czyli aby spalić **1kg czystego węgla** (bez innych pierwiastków) **potrzeba 2,67 kg tlenu** (2 m<sup>3</sup>). W powietrzu jest 21% tlenu. Przykładowo proporcja ilości powietrza do paliwa wynosi 10:1.

W rzeczywistych warunkach żeby spalanie przebiegało prawidłowo należy dostarczyć nadmiar powietrza. Ten nadmiar określa współczynnik  $\lambda$ . Mówi on ile razy więcej powietrza trzeba dostarczyć niż wynika do ze stechiometrii reakcji. Dla biomasy optymalnie wynosi on między 1,4 – 1,6.

W przypadku gdy ilość dostarczanego powietrza będzie zbyt mała proces spalania będzie:

- wolniej zachodził,
- może zacząć powstawać niebezpieczny dla życia tlenek węgla CO,
- wytwarzał dużo popiołu pochodzącego od niepełnego spalania.

Z kolei zbyt duży nadmiar powietrza (tlenu) będzie powodował:

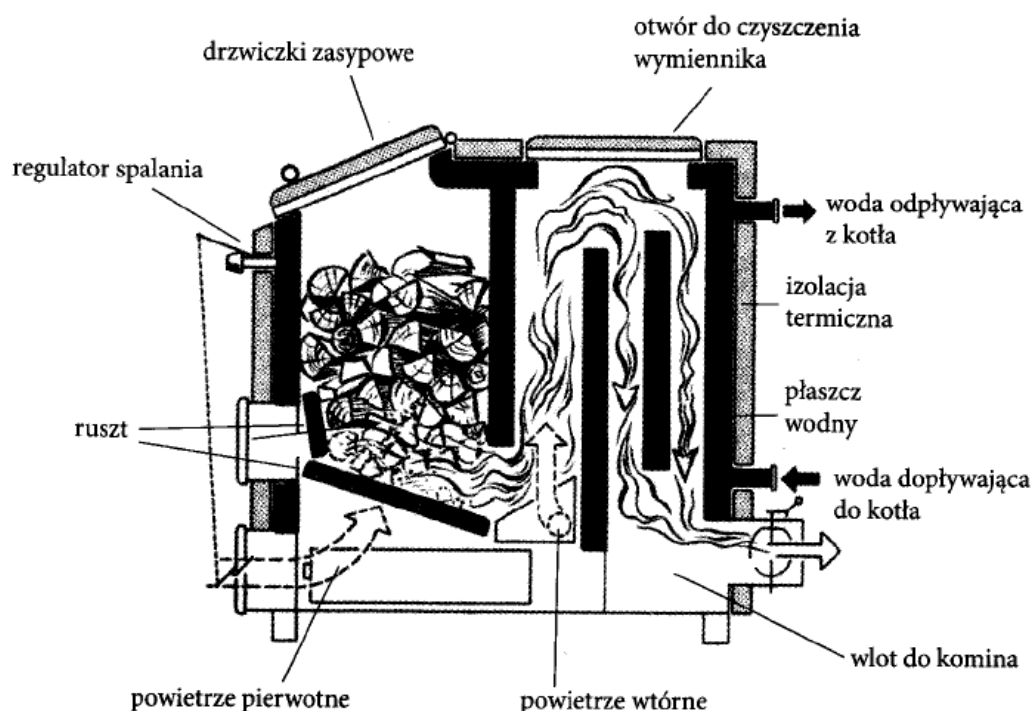
- wychładzanie kotła,
- zwiększone powstawanie NOx.

**Dobry kocioł to taki w którym regulacja ilości wytwarzanego ciepła zachodzi przez dawkowanie biomasy, a nie przez dławienie dopływu powietrza.**





Kocioł do spalania biomasy, ma większą komorę i podzieloną na dwie części, w przeciwieństwie do kotła na węgiel lub gaz ziemny, które mają pojedynczą komorę.



Źródło: T. Juliszewski „Ogrzewanie biomasą”, Poznań 2009.

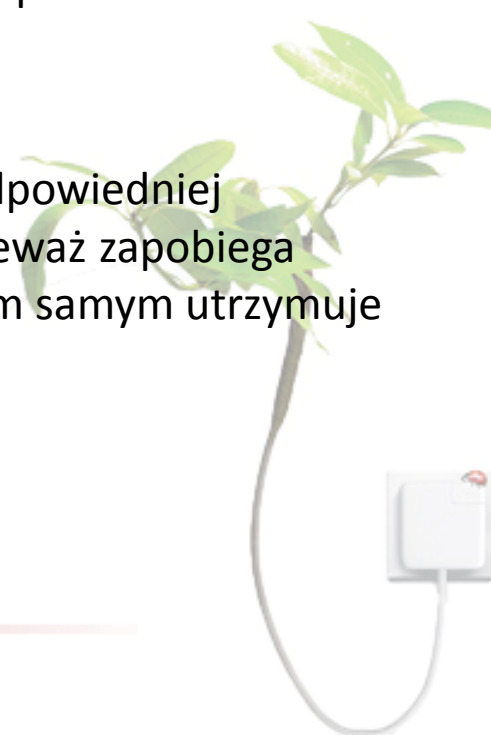


**W czasie spalania 1 kg drewna** zużywane jest nawet **ok. 10 m<sup>3</sup> powietrza**. Konieczne jest pobieranie tego powietrza z zewnątrz i musi być podgrzane (do ok. temp. 225 °C).

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

**Wymiana ciepła** uzyskanego w kotle zachodzi poprzez wymiennik ciepła instalacji grzewczej budynku. Dla kotłów o mocy 20-25 kW pojemność wodna wynosi ok. 50l-60l. Jeśli instalacja grzewcza jest wyłączana okresowo, to za każdym razem trzeba podgrzać wodę zanim zacznie oddawać ciepło do pomieszczeń ( ciepło właściwe wody ok.  $c_w = 0,001 \text{ kWh/kg/}^\circ\text{C}$ ).

Należy dbać o całkowite spalanie biomasy poprzez dostarczanie odpowiedniej ilości powietrza oraz o spalanie biomasy o małej wilgotności, ponieważ zapobiega się wtedy osadzaniu sadzy na ściankach (rurkach) wymiennika i tym samym utrzymuje się sprawność kotła na wysokim poziomie.



Podczas spalania biomasy uwalniane są do atmosfery oprócz CO<sub>2</sub> także inne szkodliwe gazy. Jest to związane z obecnością pewnych pierwiastków w składzie biomasy.

Już 150 mm deszczu może zmniejszyć zawartość chloru 10-krotnie, a sodu 6-krotnie.

	Węgiel kamienny	Słoma	Miskant olbrzymi	Drewno bukowe	Wierzba	Ślaziowiec petemi
Zawartość wilgoci, %	2,8	10,6	7,6	—	8,49	—
Zawartość części lotnych <sup>1)</sup> , %	34,7	74,4	78,2	83,2	75	83,5
Popiół <sup>1)</sup> [%]	8,25	6,1	4,9	0,34	2,77	5,43
Stała masa palna <sup>1)</sup> , %	57,1	19,9	17	16,5	22,23	—
<b>Analiza elementarna, %<sup>1)</sup></b>						
Węgiel	72,48	47,4	50,7	48,7	48,76	47,82
Wodór	5,64	4,5	4,4	5,7	5,78	6,15
Azot	1,28	0,4–0,8	0,08–0,51	0,13	1,26	0,133–0,21
Sierka	0,94	0,05–0,11	0,04–0,26	< 0,05	0,07	0,018
Chlor	0,128	0,4–0,73	0,15–0,25	< 0,1	0	0,016
Tlen	11,1	40,4	39,1	45	44,2	40,38
C/H	12,87	10,53	11,52	8,54	8,44	7,77
<b>Analiza popiołu (udział w % zaw. w popiele)</b>						
SiO <sub>2</sub>	43,7	56,2	70,6	15,2	50,23	6,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,7	1,2	1,1	2,65	2,01	0,57
TiO <sub>2</sub>	0,97	0,06	0,06	0,26	0,12	0,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,2	1,2	1,0	3,8	3,47	1,45
CaO	5,8	6,5	7,5	37,3	23,81	81,24
MgO	3,8	3,0	2,5	8,5	4,56	4,81
SO <sub>3</sub>	5,7	1,1	1,7	3,0	2,22	0,22
Na <sub>2</sub> O	0,86	1,3	0,17	3,0	0,85	0,76
K <sub>2</sub> O	3,22	23,7	12,8	8,6	11,97	4,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	4,4	39,1	45,0	—	—
Temp. mięknięcia popiołu [°C]	1380	1140	1170	1420	1200	1370
<b>Pierwiastki śladowe, mg/kg popiołu</b>						
Sb	< 20	< 20	< 20	< 20	—	—
As	103	32	< 30	< 30	—	—
Ba	1250	90	70	1080	—	—
Pb	950	45	< 30	185	2,91	60,14
Cd	1,3	3	0,5	1,2	719	13,51
Cr	299	58	< 30	495	0,33	12,16
Co	78	< 20	< 20	95	—	—
Cu	844	85	< 30	1530	3,8	58,45
Ni	432	45	< 30	605	2,01	190,2
Hg	< 5	< 5	< 5	< 5	0,03	1,01
Se	< 30	< 30	< 30	< 30	—	—
V	53	28	38	84	—	—
Zn	1720	125	226	550	135,96	232,16

Źródło: Tomasz Golec, Instytut Energetyki, Zakład Procesów Ciepłych, *Współspalanie biomasy w kotłach energetycznych*, „Energetyka” – 7-8/2004



## Wielkość emisji zanieczyszczeń oraz średni procent redukcji szkodliwych gazów przy spalaniu słomy w projektowanej elektrociepłowni o mocy 2MW.

	Wielkość emisji w przypadku spalania słomy [t]	Wielkość emisji w przypadku spalania węgla [t]	Średnia szacowana redukcja zanieczyszczeń [%]
CO <sub>2</sub>	<b>0</b> (7049)	<b>6200,4</b>	<b>100%</b>
CO	89,4	335,2	73%
NO <sub>2</sub>	80,2	108,6	26%
SO <sub>2</sub>	12,2	45,6	73%
Popiół ogółem	202,5	303,6	33%

Źródło: Opracowanie własne.

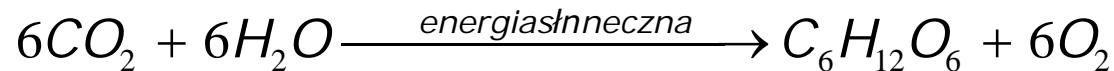




# Podstawy produkcji biomasy



Biomasa powstaje dzięki procesowi fotosyntezy, czyli reakcji syntezy dwutlenku węgla i wody przy udziale energii słonecznej.

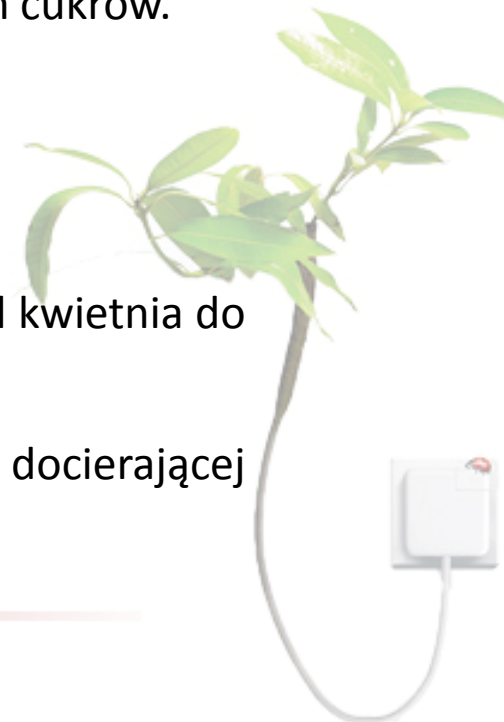


Fotosynteza zachodzi dzięki obecności chlorofilu w tkankach roślin. Chlorofil absorbuje promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące od Słońca i zmienia ją w energię wiązań chemicznych tkanki roślinnej przede wszystkim cukrów.

Przyjmuje się, że w Polsce do 1 m<sup>2</sup> powierzchni dociera rocznie ok. 1000 kWh.

Rośliny mogą tą energię pochłaniać przez ok. 7 miesięcy w roku (od kwietnia do października).

Biomasa gromadzi zaledwie setną część (ok. 1%) energii słonecznej docierającej do powierzchni uprawnej roślin.



Biomasę przeznaczoną na cele energetyczne można podzielić na dwie kategorie:

1. biomasa z roślin uprawianych na cele energetyczne tzw. **rośliny energetyczne**;
2. Biomasa odpadowa z upraw polowych, leśnych, sadowniczych lub przetwórstwa (np. drewna).

W czasie wzrostu rośliny wytwarzają część nadziemną (łodygi, liście, gałęzie, pnie) i część podziemną (korzenie). Jest to tzw. **plon biologiczny**. Do celów energetycznych wykorzystuje się część nadziemną (nie całą). Efektywnie wykorzystuje się tylko część, która jest zbierana tzw. **plon użytkowy**.

**Plon użytkowy jest zależny od:**

- gatunku uprawianej rośliny;
- warunków glebowo-klimatycznych.

Zmienność pozyskania biomasy może się zmieniać od 0,2 kg – 3 kg z 1 m<sup>2</sup>.



Ilość ciepła jaką można pozyskać z biomasy zależy od jej składu chemicznego. Najwięcej energii zawierają tłuszcze (oleje roślinne), trochę mniej białka, jeszcze mniej węglowodany (sacharydy). Każda z tych grup może być wykorzystana do ogrzewania. Zatem ciepło można uzyskać ze spalania tłuszczów roślinnych (oleje) i zwierzęcych (tłój), białek (resztki zwierzęce) i węglowodanów (głównie z celulozy). Najwięcej części energii pozyskuje się w tej chwili ze spalania drewna i słomy.

Rośliny energetyczne uprawiane są na wieloletnich lub jednorocznych plantacjach. Uprawa na wieloletnich plantacjach odbywa się w **jednorocznej** lub **wieloletniej rotacji**, tzn. rośliny drzewiaste lub zielne, ścina się, a z pozostałej części nadziemnej i korzeni, roślina odrasta ponownie.



W Polsce najbardziej popularną rośliną drzewiastą jest **wierzba krzewiasta** (zwana też **wierzba energetyczną**). Jej polon może nawet sięgać 100 t/h ( po 3 latach uprawy rotacyjnej, wilgotność ok. 50%). W przeliczeniu na sucha masę plon ten kształtuje się średnio na poziomie 8-20 t/ha. Z takiego plonu można uzyskać nawet ponad 100 000 kWh. Plon użytkowy wierzby energetycznej z 1 m<sup>2</sup> powierzchni uprawy stanowi równowartość ok. 0,5-1,1 kg węgla lub ok. 0,3-0,9 m<sup>3</sup> gazu ziemnego.

Aby zebrać rośliny drzewiaste konieczny są specjalistyczne urządzenie do ścinania i rozdrabniania pni i gałęzi.

Inne rośliny szybko wzrastające, które mogą być wykorzystane w Polsce do spalania w kotłach to **topola**, **olcha** oraz **robinia akacjowa**.



Rośliny zielne do celów energetycznych można podzielić na cienkoźdźbłowe (np. trawy łąkowe) i gruboźdźbłowe (np. miskantus). Wartość opałowa roślin zielnych wynosi ok. 4 kWh/kg.

Gatunek	Plon (t s.m./ha)	Wilgotność przy zbiorze
Trzcina pospolita	13–17	zależna od terminu zbioru
Trawy łąkowe (kostrzewa, życica)	ok. 6	świeżo po skoszeniu ok. 80%, po wysuszeniu ok. 20%
Miskantus (miskant)	8–15	może przekraczać 40%, choć na ogół – przy zbiorze późną zimą lub wczesną wiosną – wynosi od 15 do 23%
Malwa (ślazowiec) pensylwański	7–12	ok. 20%
Topinambur	10–16	część nadziemna, tj. łodygi roślin, o wilgotności ok. 24%
Rdestowiec	6–20	nawet do 45%

Źródło: T. Juliszewski „Ogrzeanie biomasą”, Poznań 2009.



Biomasa odpadowa jest produktem ubocznym uprawy biomasy, można ją również spalać.

Najlepsza i najbardziej popularna jest **słoma zbóż chlebowych**. Plon z hektara wynosi tu ok. 2-6 tony. Wilgotność przy zbiorze kombajnem wynosi od 12-22%, a wartość opałowa Wacha się w granicach 3,3 – 4,1 kWh/kg. Tona słomy o wartości opałowej ok. 3,9 kWh, może być substytutem ok. 0,54 t węgla, ponad 400 m<sup>3</sup> gazu ziemnego lub ok. 400 l oleju napędowego.

Słomę zbóż chlebowych zagęszcza się bezpośrednio na polu formując bele od 130 kg/m<sup>3</sup> (małogabarytowe o wymiarach np. 0,42 x 0,42 x (0,8-1,2 m)) do 180 kg/m<sup>3</sup> (wielkogabarytowe nawet o wymiarach 1,2 x 1,3 x 2,4 m). Pojedyncza bela małogabarytowa o wadze 10 kg ma wartość opałową ok. 6 kg węgla. Pojedyncza bela wielkogabarytowa o wadze 200 kg ma wartość opałową ok. 110 kg węgla. Bele wielkogabarytowe mogą mieć masę nawet do 500 kg.



Do celów grzewczych może być wykorzystane, również **drewno odpadowe z lasów**. Szacuje się, że w Polsce z lasów można by pozyskać 25 % biomasy na cele energetyczne. Gdyby obecnie zasadzić las drewno odpadowe z tego lasu mogło by być wykorzystane dopiero za co najmniej 30 lat.

Drewno odpadowe powstaje też w **tartakach i stolarniach**, są to głównie **trociny i wióry** oraz z **sadów**.

Inne rodzaje biomasy takie jak **osady ściekowe** lub **odpady komunalne** pochodzenia organicznego, mogą być spalane w kotłach specjalnie przystosowanych z kontrolą emisji spalin ze względu na ich szkodliwość i toksyczność.







# Kotły i kominki



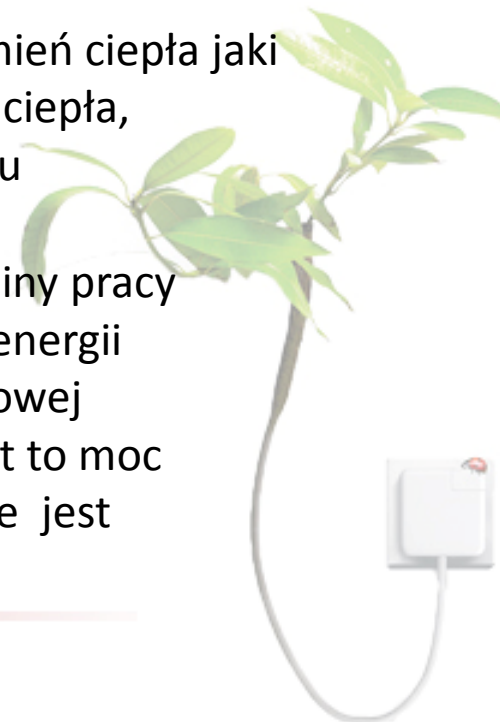
**Kotły grzewcze** (potocznie piece) służą do;

- spalania paliwa ( w palenisku);
- przekazywania uzyskanego ciepła do układu grzewczego ( lub zbiorników ciepłej wody) poprzez wymiennik ciepła.

**Podstawowe parametry kotła to:**

- moc cieplna – zwykle podawana w kilowatach (kW) określa strumień ciepła jaki może być wytworzony w procesie spalania. Poprzez przewodzenie ciepła, konwekcje i promieniowanie strumień przekazywany jest do układu grzewczego.

Na przykład, jeśli kocioł ma 10 kW mocy cieplnej to w ciągu 1 godziny pracy uwolnione zostaje 10 kWh energii (36 MJ). Wytworzenie tej ilości energii teoretycznie wymaga spalania ok. 2,4 kg drewna ( o wartości opałowej 4,2 kWh/kg) lub 2,5 kg słomy ( o wartości opałowej 4 kWh/kg). Jest to moc uzyskiwana w palenisku ( nie w sieci grzewczej). Najlepsze spalanie jest wtedy, gdy kocioł pracuje z pełną mocą.



**Moc cieplna kotła** określana jest przede wszystkim przez wielkość komory spalania oraz możliwą ilość dostarczanego paliwa i powietrza. Parametry te ustala producent. Ustala on też rodzaj spalanego paliwa w danym kotle.

- **sprawność kotła** – to ilość energii jaka jest możliwa do przekazania z kotła do układu grzewczego w stosunku do ilości energii w nim produkowanej. Sprawność 0,8 oznacza, że 80% energii kocioł może przekazać do układu grzewczego, z kolei 20% jest tracone na skutek usuwania spalin na zewnątrz i tzw. strat kominowych. Współczesne kotły osiągają sprawność ponad 90%.

Różnica 5% w sprawności dla dwóch kotłów o mocy 20 kW daje różnicę 1 kW traconej energii co przekłada się na konieczność spalania ok. 0,2 kg drewna więcej w ciągu godziny, a ciągu miesiąca to nawet 144 kg drewna więcej.



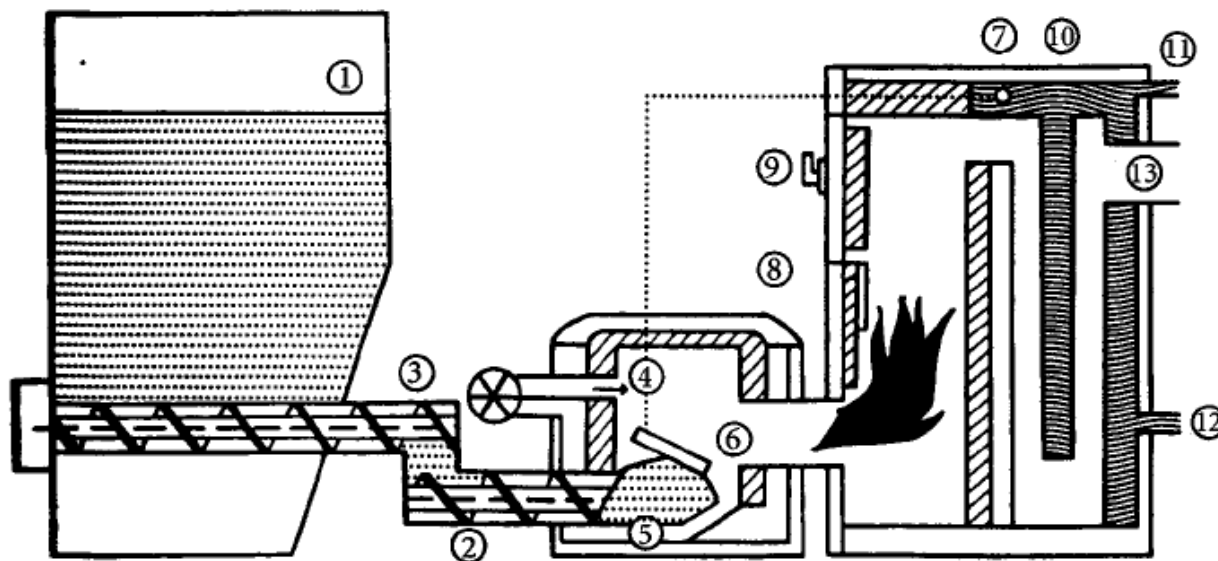
## Typowe błędy popełniane podczas spalania biomasy w kotłach:

- **dławienie dopływu powietrza do paleniska** ( aby zmniejszyć intensywność spalania), co powoduje: dymienie z komina(czarny dym), osadzanie produktów niepełnego spalania na wymienniku, powstawanie dużej ilości popiołu oraz powstawanie tlenku węgla;
- **spalanie biomasy o zbyt dużej wilgotności** (powyżej 20%), co daje podobne skutki jak przy dławieniu powietrza.





## Kocioł na zrębki drzewne zasobnikiem:



1 – zasobnik zrębków

2 – ślimak zasilający

3 – zabezpieczenie przed  
płomieniem wstecznym

4 – powietrze pierwotne

5 – powietrze wtórne

6 – strefa spalania

7 – termostat

8 – szamot

9 – drzwi zapasowe

10 – wymiennik ciepła

11 – odpływ wody

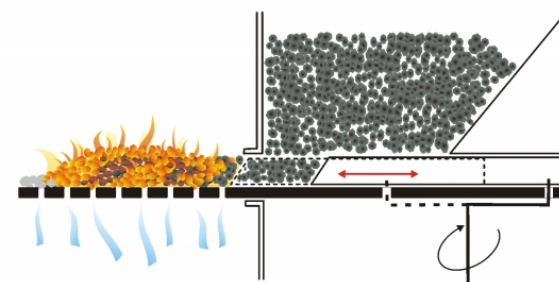
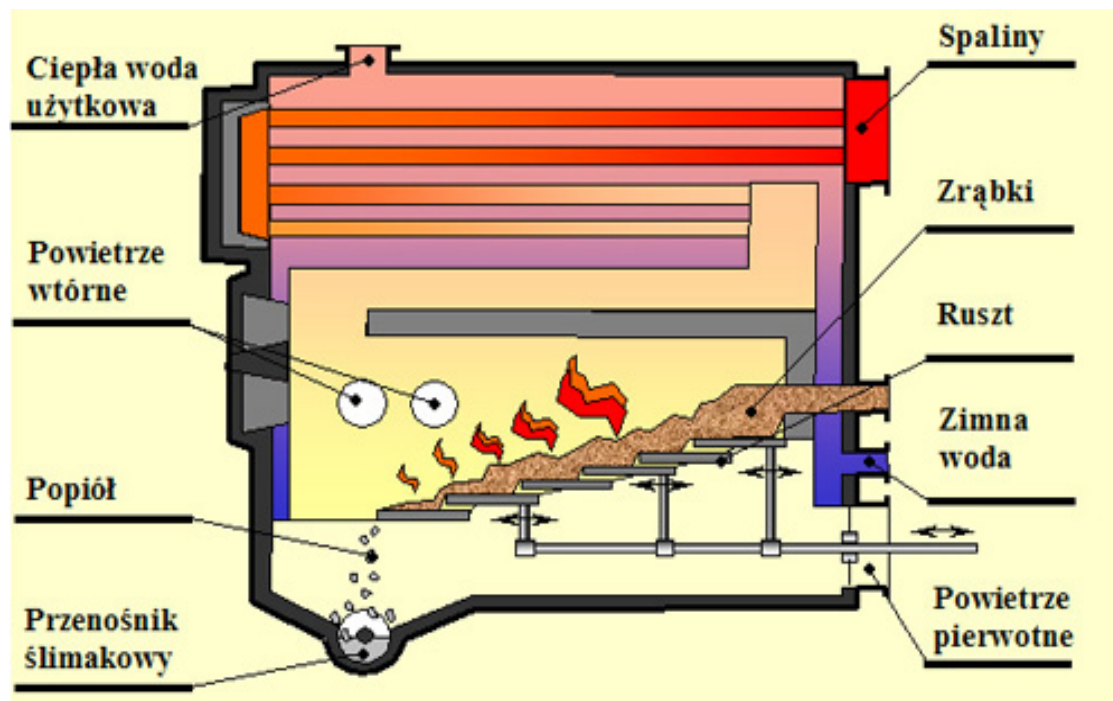
12 – powrót wody

13 – króciec wylotowy

Źródło: T. Juliszewski „Ogrzewanie biomasą”, Poznań 2009.



## Kocioł do spalania drewna typu TROMATIC z ruchomym rusztem schodkowym



Źródło: <http://zawijan.wordpress.com/poradnik-uzytownika/kotly-retortowe/>

Źródło: <http://konkursben.fpegda.pl/ben/index.php?biomasa,38>



## Kotły wsadowe na słomę.

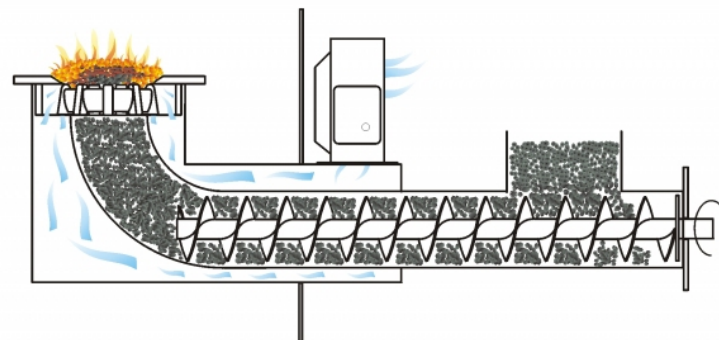
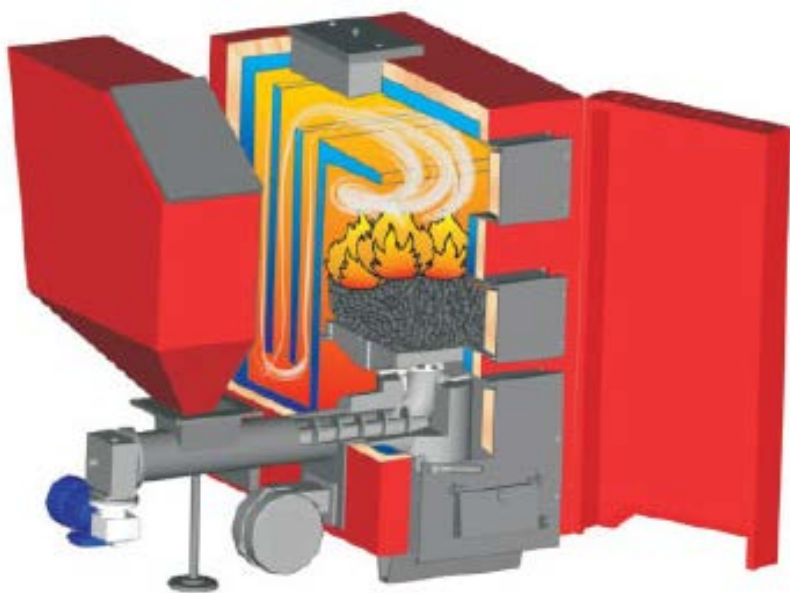


Źródło: <http://www.ekozok.pl/ekom>.





## Kocioł retortowy do spalania pelletów, trocin oraz zrębków.



Źródło: <http://zawijan.wordpress.com/poradnik-uzytownika/kotly-retortowe/>

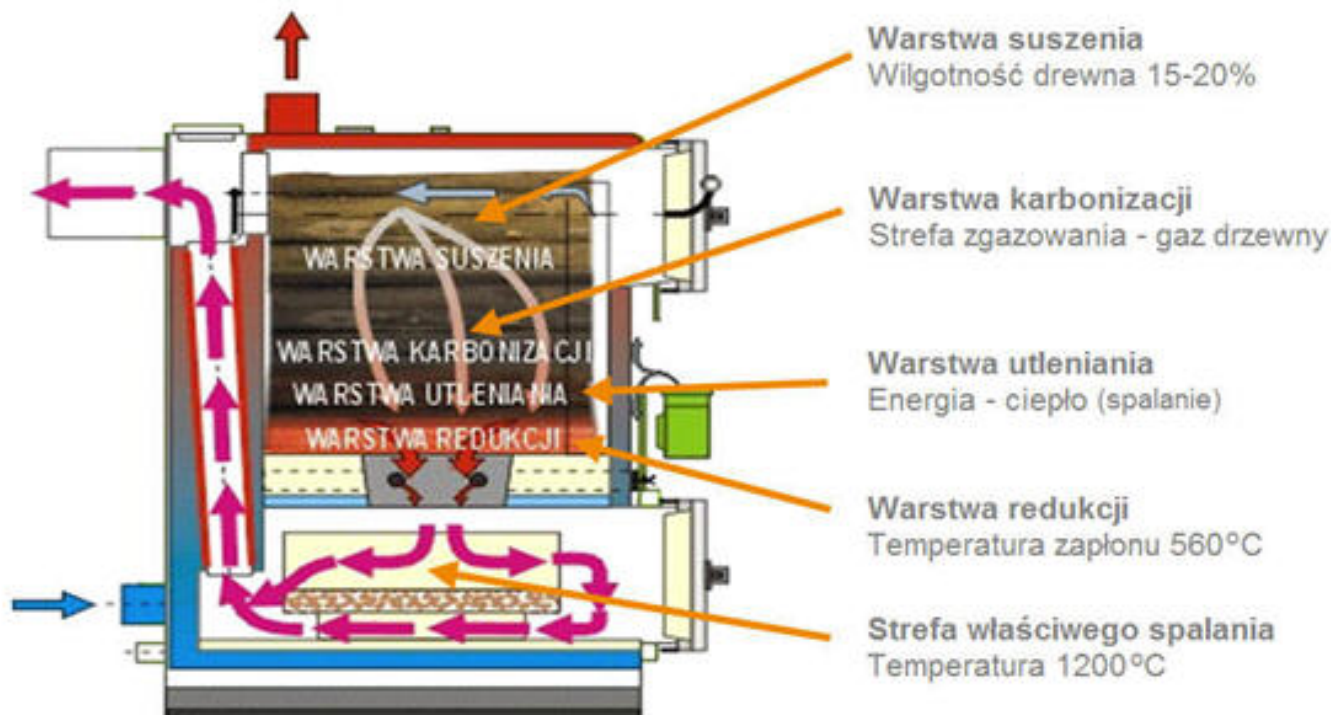
Źródło: <http://www.termo24.pl/systemy-grzewcze/110-kot%C5%82y-na-biomas%C4%99.html>







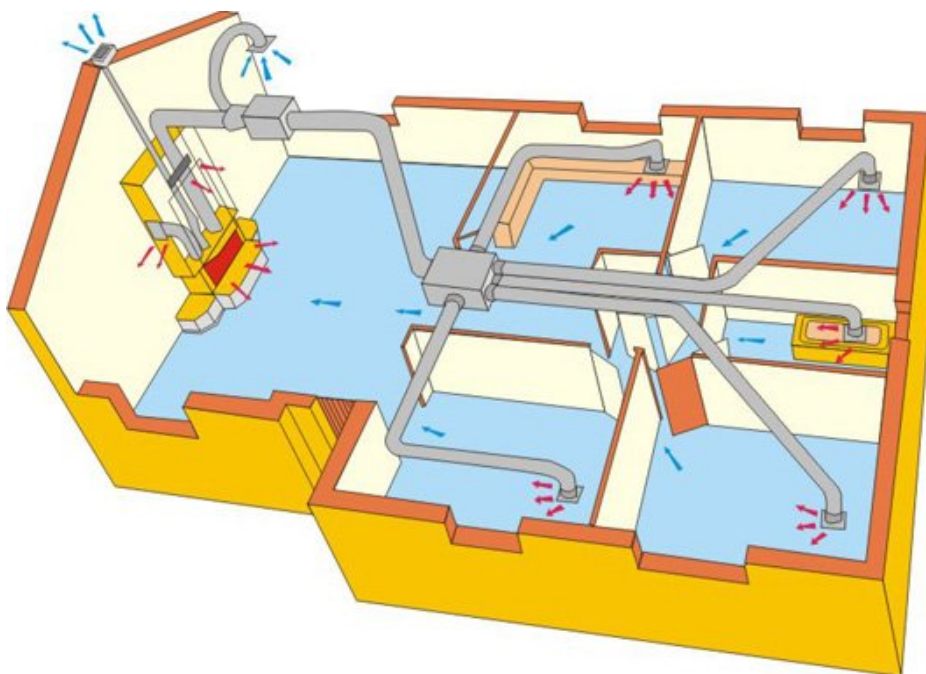
## Kotły zgazowujące drewno



Źródło: <http://www.baron.com.pl/technika-all.php?page=23>

Co raz większą rolę w ogrzewaniu odgrywają **kominki**, często wyposażone w **wymienniki ciepła powietrzne lub wodne**. Wodne oddają ciepło do instalacji grzewczej lub do instalacji wody użytkowej. Powietrzne rozprawdają ciepła poprzez kanały powietrzne po całym domu. Wymagają one specjalnych filtrów ,ponieważ wraz z powietrzem unoszone są cząstki pyłu.

### Instalacja grzewcza z kominkiem powietrznym

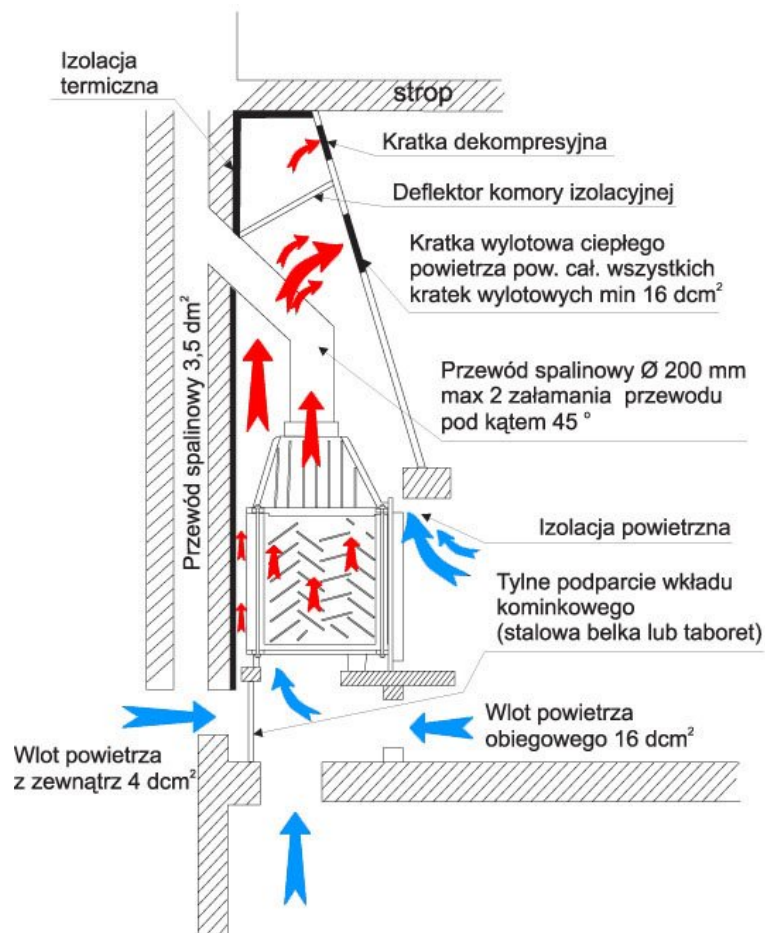


Źródło:<http://www.kominki.ostrowiec.pl/?id=46>





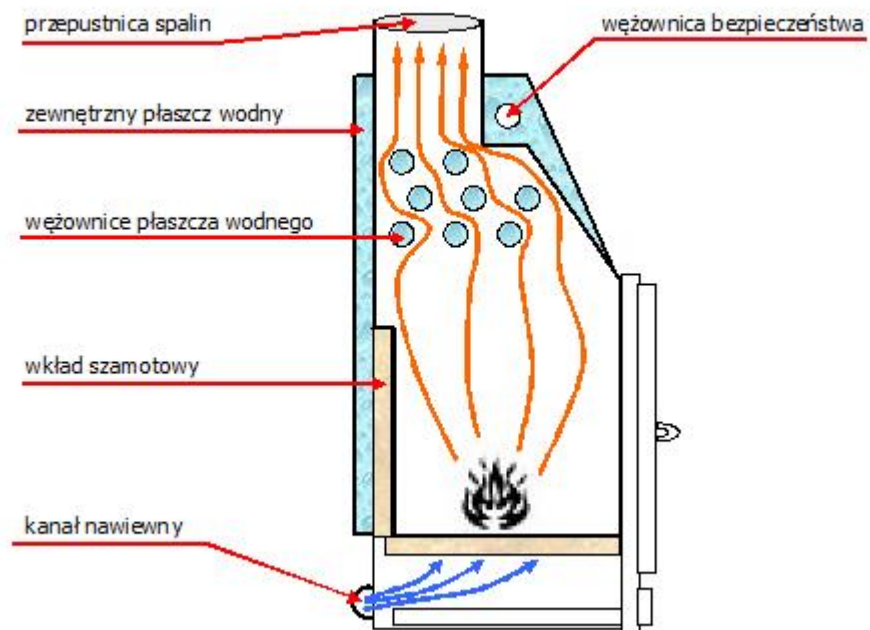
## Kominiek powietrzny schemat montażowy



Źródło: <http://www.kominki.ostrowiec.pl/?id=46>



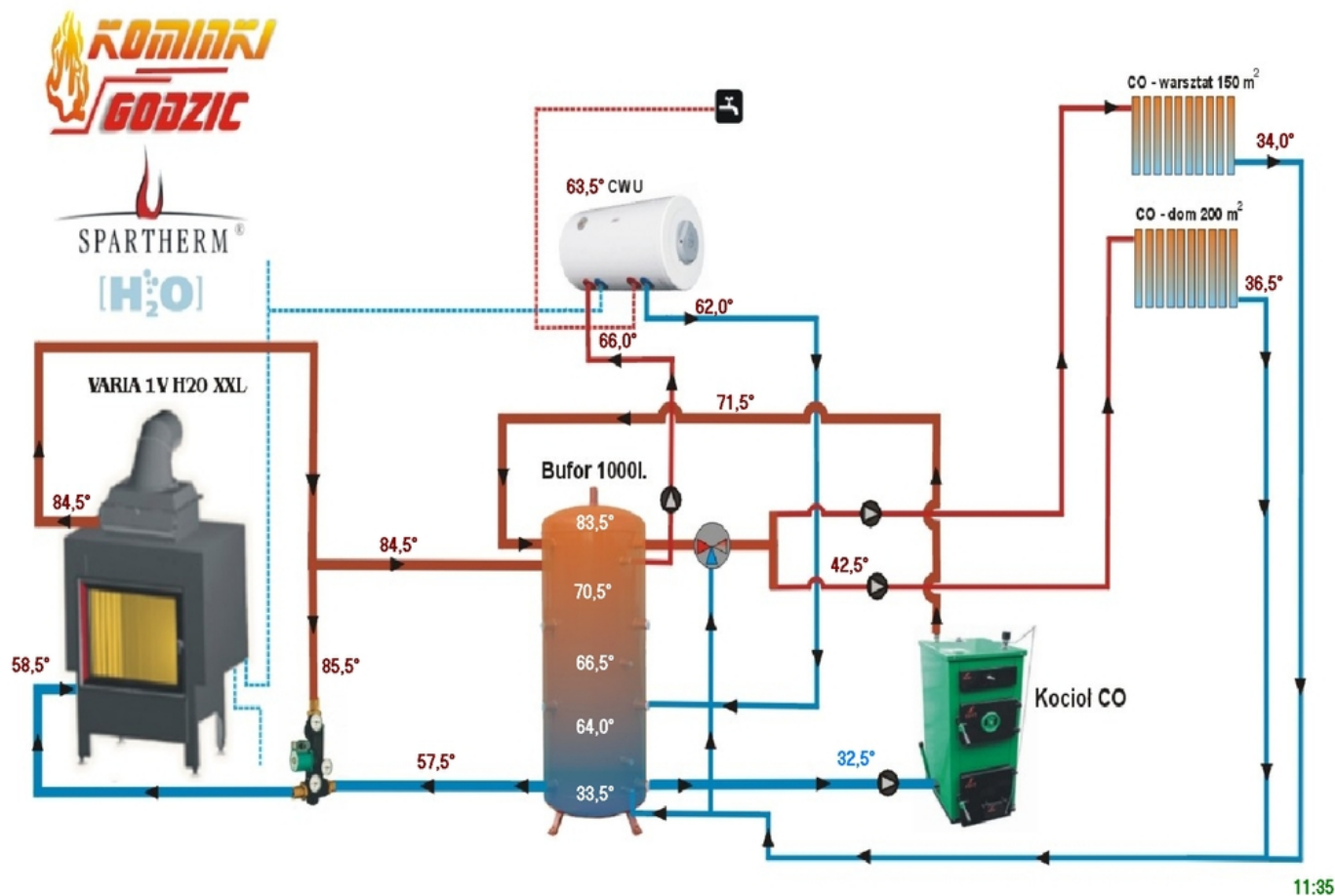
## Biomasa



Źródło: <http://regiodom.pl/porta1/installacje/ogrzewanie/kominki-z-płaszczem-wodnym-ogrzewanie-eleganckie-ekologiczne-i-tanie>

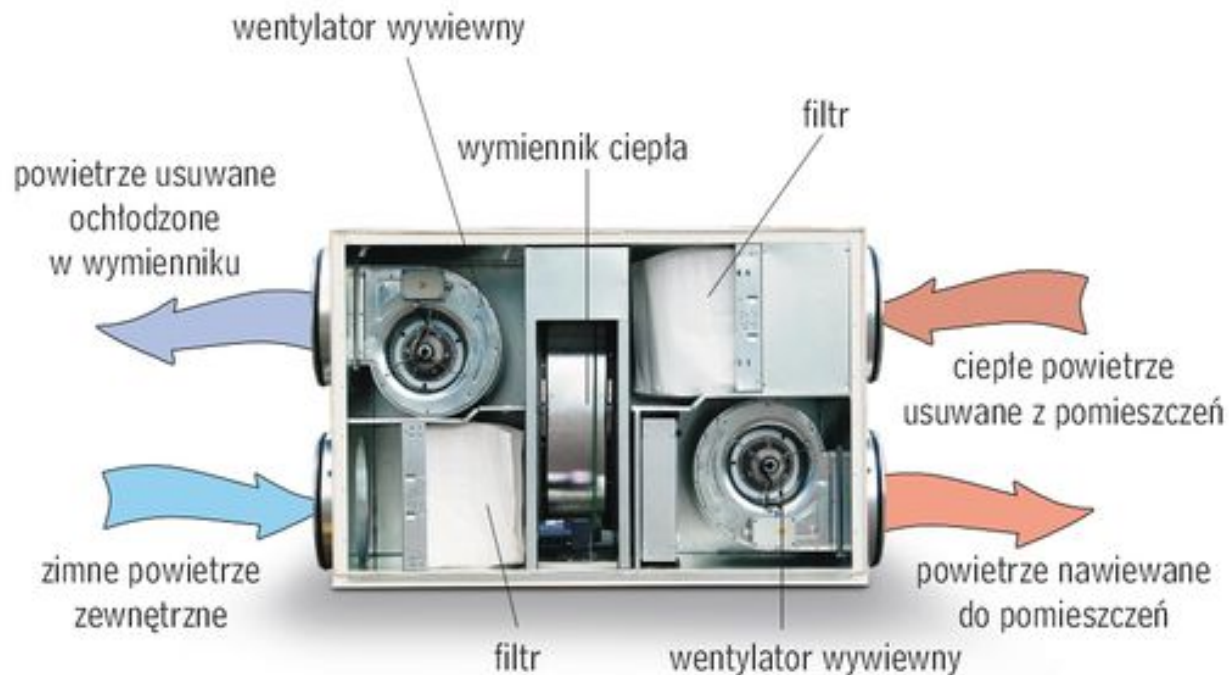


## Instalacja c.o i c.w.u z kominkiem z płaszczem wodnym



Źródło: <http://kominki-godzic.sklep2.pl/kominek-wodny-inf-33.html>

## Budowa i zasada działania rekuperatora



Źródło: [http://www.budujemydom.pl/component/option,com\\_content/task,specialblogcategory/act/view/id,84/Itemid,42/](http://www.budujemydom.pl/component/option,com_content/task,specialblogcategory/act/view/id,84/Itemid,42/)





# Przetwarzanie biomasy



**Przetwarzanie biomasy ma na celu** dostosowanie jej właściwości do konstrukcyjnych wymagań kotłów i kominków, tak by miały pożądaną sprawność i moc cieplną.

Biomasa nieprzetworzona jest tylko surowcem jak ropa naftowa i dopiero przetworzona staje się wartościowszym paliwem.

**Przetwarzanie biomasy najczęściej powoduje** zmniejszenie wilgotności, usunięcie niektórych pierwiastków, zagęszczenie energii w jednostce objętości oraz ułatwia automatyzację zasilania kotła.





**Słoma zbóż** zaraz po skoszeniu może zawierać nawet 30 % wilgotności co pozwala na uzyskanie ok. 3 kWh/kg energii. Przy wilgotności 12% ilość możliwej do pozyskania energii wynosi ok. 4 kWh z 1 kg masy.

Świeżo ścięta słoma nosi ona potocznie nazwę **słomy „żółtej”**. Oprócz znacznej zawartości wody zawiera ona w sobie chlor i pierwiastki alkaliczne.

Słoma „żółta” pozostawiona na polu przez kilka miesięcy jest poddawana, działaniu deszczu, słońca i wiatru, zmienia się w **słomę „szarą”**. Jest ona pozbawiona w dużej mierze pierwiastków powodujących korozję i powstawanie żużlu. Najczęściej ma ona mniejszą zawartości wody niż słoma „żółta” ( liczy się tu moment zbioru) oraz większą wartość opałową ok. 4,3 kWh/kg ( 15,5 MJ/kg).



Słomę zagęszcza się przez prasowanie, formując bele o masie 130 – 180 kg w jednym metrze sześciennym objętości.

**Prasowanie** wymaga zastosowania ciągników i maszyn (pras) do zagęszczania słomy. Wymaga to zużycia **ok. 7 – 30 kWh energii na 1000 kg sprasowanej słomy**. Wielkość nakładów energetycznych zależy od wydajności ciągnika i prasy, zazwyczaj nakłady nie przekraczają 1% energii zawartej w sprasowanej słomie.



Źródło: <http://www.cwanek.rolnicze24.pl/dolnoslaskie/uslugi-agrotechniczne/uslugi-rolnicze/prasowanie-siana-i-slomy.html>



**Miskantus** czy **malwa pensylwańska**, gdy zbierane jest zimą zawierają ok. 25% wody. Podczas zbioru tych roślin w okresie wegetacji wilgotność przekracza nawet 40% i taka biomasa nie nadaje się do spalania.

**Miskantus**



**Malwa pensylwańska**



Do zbierania tych roślin, najlepiej w okresie zimy, nadają się siewkarnie polowe.



**Siewkarnia polowa Claas Jaguar**



**Świeżo ścięte drewno (np. wierzba energetyczna)** zawiera ok. 50% wody i wymaga tzw. sezonowania (suszenia). Suszenie pędów wierzby energetycznej najlepiej przeprowadzać w stojących wiązkach i dopiero później **zrębkować**, mimo większych nakładów energetycznych na zrębkowanie suchych pędów. Unika się wtedy zagrzewania się pędów i ich gnicia – dzieje się tak wtedy gdy suszy się Wilgotne, nieprzewietrzone zrębki.

Nakłady energetyczne na zrębkowanie zwykle nie przekraczają 1% energii Zawartego w drewnie. Do zrębkowania używa się rębarek.



Rębarka do gałęzi SKORPION



**Brykietowanie (peletowanie)** jest procesem, w którym rozdrobniony materiał (słoma, drewno) poddawany jest działaniu dużego ciśnienia (powoduje to podniesienie temperatury materiału. Podwyższona temperatura w materiałach celulozowych (drewno, słoma itp.), powoduje uplastycznienie cząstek materiału i łączenie zewnętrznych warstw poszczególnych elementów między sobą. Po ustaniu działania wysokiego ciśnienia materiał zachowuje swoje nowe cechy (kształt, ciężar właściwy, własności mechaniczne).

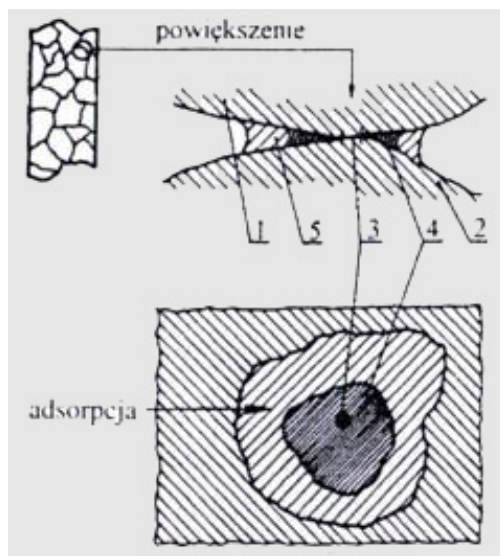
**Paliwa pochodzenia roślinnego poddane procesowi brykietowania posiadają następujące zalety w stosunku do paliw w swojej pierwotnej postaci:**

- zmniejszenie objętości magazynowanego i transportowanego paliwa,
- mniejsze ryzyko pożaru,
- brak ryzyka zamarzania,
- zmniejszenie chłonności wilgoci podczas magazynowania,
- ujednoczenie właściwości paliwa,
- łatwość automatyzacji (dozowania) podczas procesów spalania,
- duża wartość opałowa,
- mała zawartość popiołu i szkodliwych spalin,
- uzyskanie konkurencyjnego surowca energetycznego.





## Schemat ideowy połączenia dwóch cząstek brykietu



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura2.php>

- 1, 2 – cząstki zagęszczonego materiału
- 3 – powierzchnia szepiania cząstek
- 4 – ciecz zawarta w materiale
- 5 – ciecz dodana



## **Brykiety opałowe przyjmują różnorodne wymiary w zależności od technologii wytwarzania. Najczęściej mają kształt:**

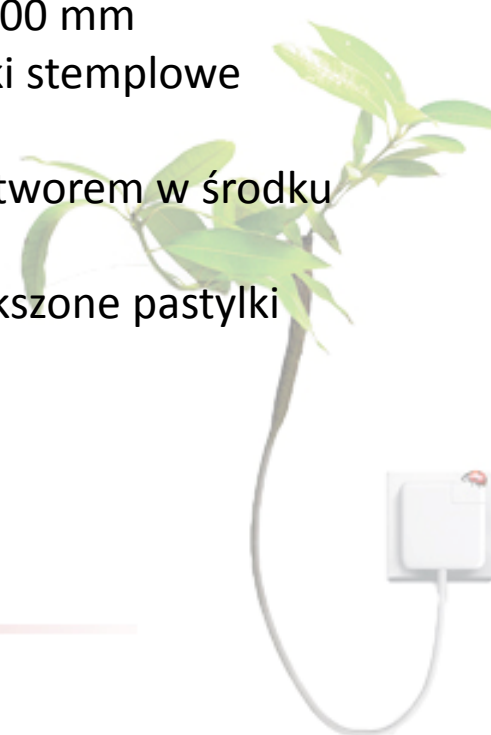
- walca o średnicy od kilku do kilkunastu mm (tzw. pelety) o przypadkowej długości nie przekraczającej 40 mm – powstają na prasach rotacyjnych,



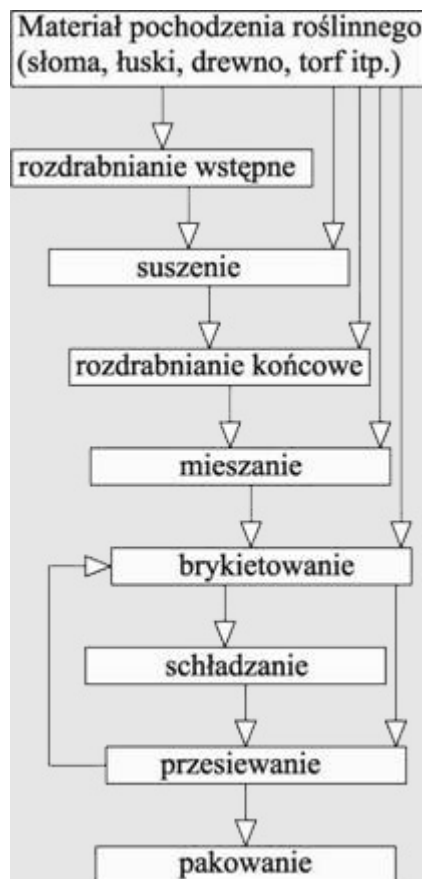
- walca o średnicy od 30 do 100 mm o długości przypadkowej do 300 mm (brykieciarki stemplowe mechaniczne), lub regularnej (brykieciarki stemplowe hydrauliczne),

- prostopadłościanu o czterech, sześciu i ośmiu bokach czasem z otworem w środku (brykieciarki ślimakowe lub hydrauliczne),

- bryły o różnorodnych obłych kształtach przypominających powiększone pastylki (prasy walcowe i pierścieniowe).



## Proces produkcji brykietów składa się z wielu operacji



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura2.php>

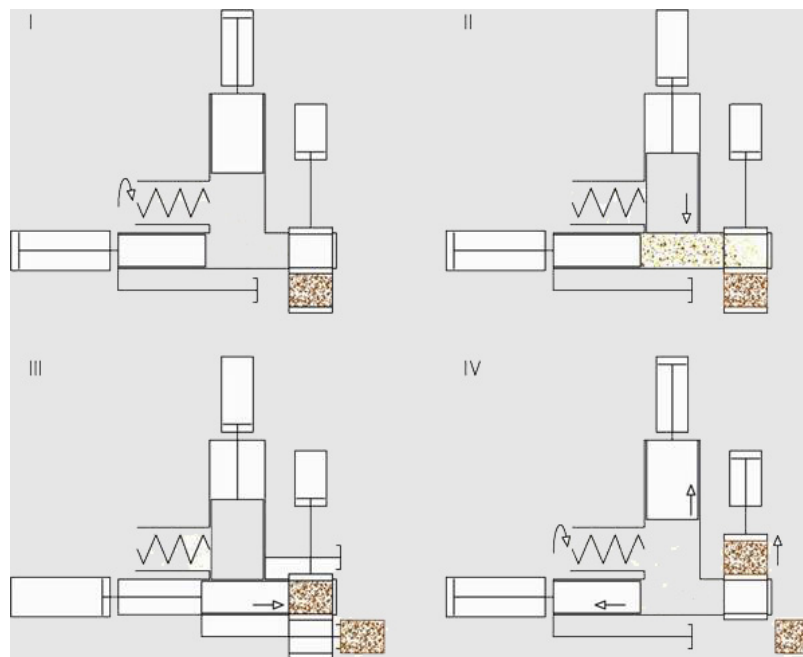






## ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE PRAS BRYKIETUJĄCYCH

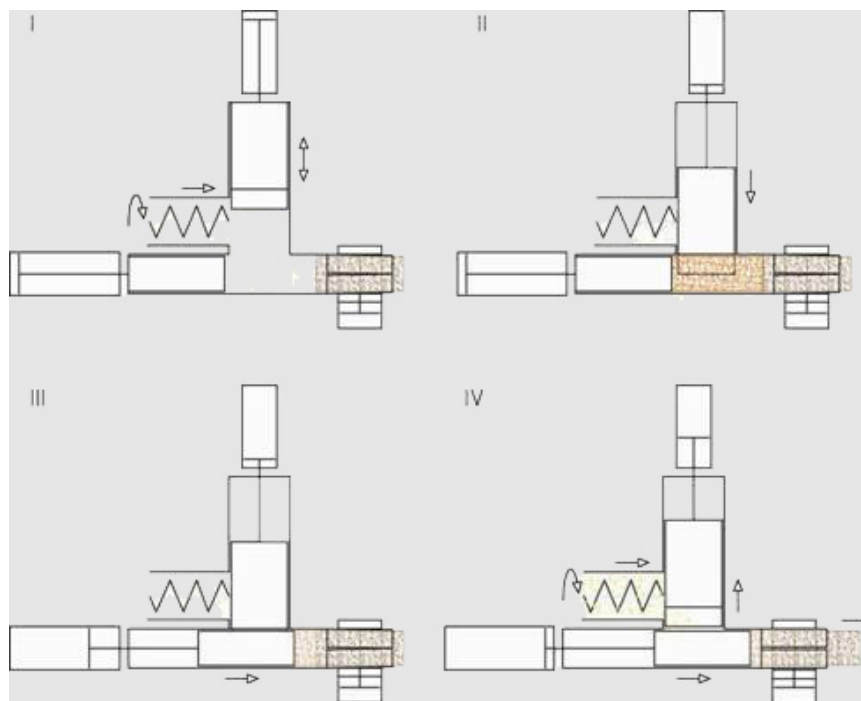
1. **Brykociarka stemplowa, hydrauliczna z komorą zamkniętą** – brykiety o większych wymiarach (objętość rzędu 500-4000 dm<sup>3</sup>). Ich wydajność waha się od 200 do 400 kg/h. Mała wydajność i skomplikowany mechanizm zamykania i otwierania komory są głównymi ich wadami. Do zalet należy zliczyć małą energochłonność procesu brykietowania.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>



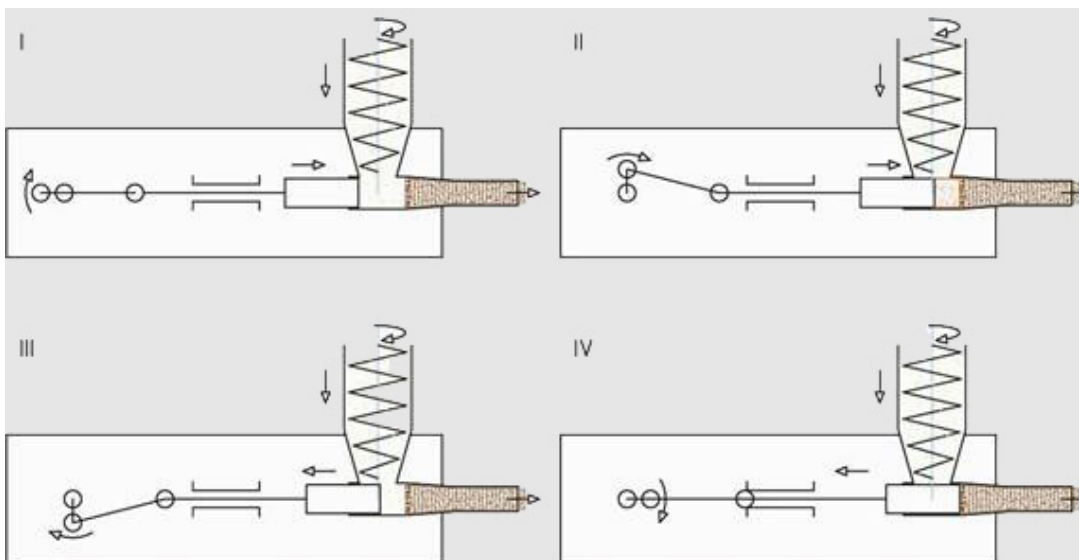
**2. Brykociarka stemplowa, hydrauliczna** – wytwarza brykiety cylindryczne o warstwowej, łamliwej budowie. Średnica waha się od 50 do 100 mm, a długość rzadko osiąga dwukrotność średnicy. Ze względu na ograniczenia hydrauliki, wydajność tych maszyn rzadko przekracza 300 kg/h. Znajdują zastosowanie przy przetwarzaniu odpadów drzewnych najczęściej stolarniach.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>



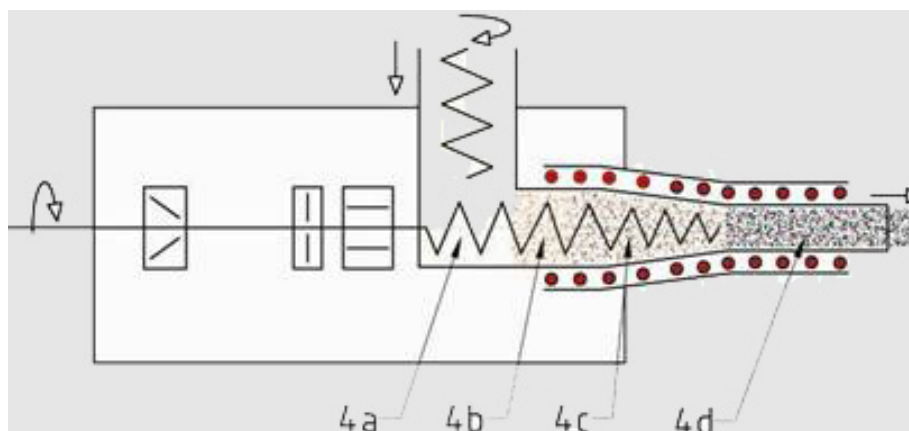
- 3. Brykociarka stemplowa, mechaniczna, korbowodowa –** wytwarza brykiety cylindryczne, o średnicy od 40 do 120 mm i długości do 300 mm. Wydajność tego rodzaju brykociarki od 150 do 2500 kg/h i dużym ciśnieniem prasowania (do 200 MPa). Brykiety, ze względu na impulsową pracę stempla, posiada warstwową strukturę. Powoduje ona, że brykiety dość łatwo ulegają rozwarstwianiu i kruszeniu. Cechy te predysponują to paliwo do przemysłowego wykorzystania w kotłowniach o średniej i dużej mocy.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>



4. **Brykociarka ślimakowa** – brykiety o najróżniejszych przekrojach, najczęściej okrągłych, ale i sześćcio i ośmiokątnych, z otworem w środku o średnicy około 60 mm, a długość jest regulowana przez cięcie bądź łamanie. Pracują pod ciśnieniem przekraczającym 100 MPa i w temperaturach nierzadko przekraczających 200° C.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>

*4a – strefa podawania i  
odpowietrzania*

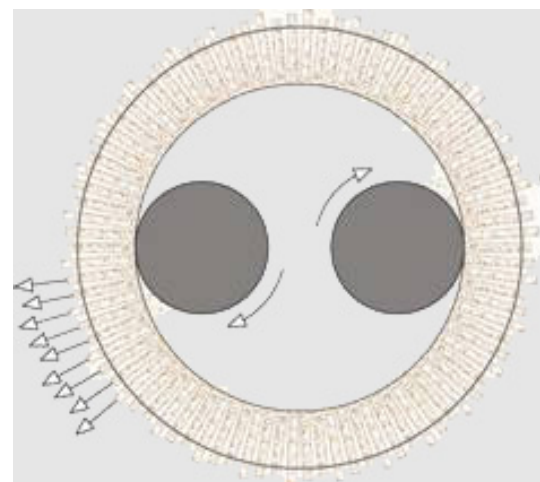
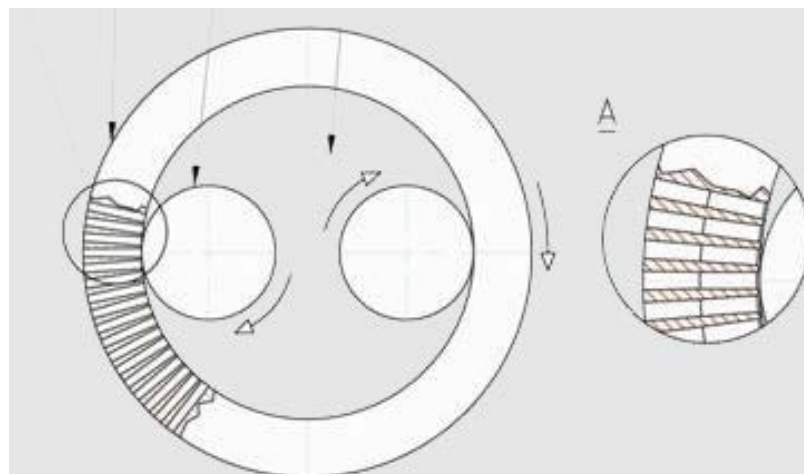
*4b – strefa zagęszczania*

*4c – strefa wstępnego  
prasowania*

*4d – strefa  
brykietowania*



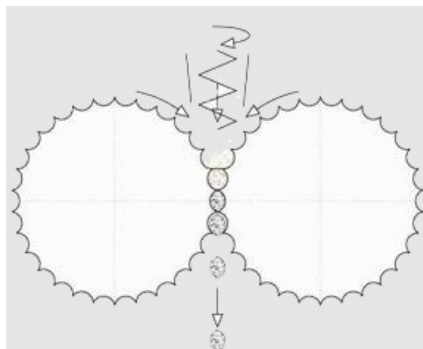
5. **Brykociarka rotacyjna, tzw. pelecziarka** – brykiet w postaci tzw. peletów (małych brykietów) o średnicy od kilku do kilkunastu mm. Technologia ta doskonale sprawdza się przy prasowaniu drobno rozdrobnionych materiałów lignocelulozowych (drewno, słoma). Wymaga jednak bardzo dokładnego rozdrobnienia materiału, w którym nie mogą występować żadne zanieczyszczenia.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>

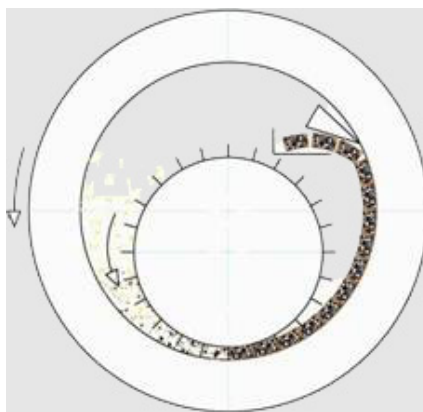


## 6. Brykociarka walcowa – duża wydajność (liczona w tonach) i sprawność tego rodzaju brykociarek.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>

## 7. Brykociarka pierścieniowa.



Źródło: <http://www.stravis.pl/lektura4php>



**Brykietowanie** słomy lub rozdrobnionego drewna wymaga więcej energii niż prasowanie i zrębkowanie.

Wydajność dużych brykietciarek wynosi nawet do 500 kg brykietu na godzinę i wymaga zastosowania silników o mocy nawet 50 kW.

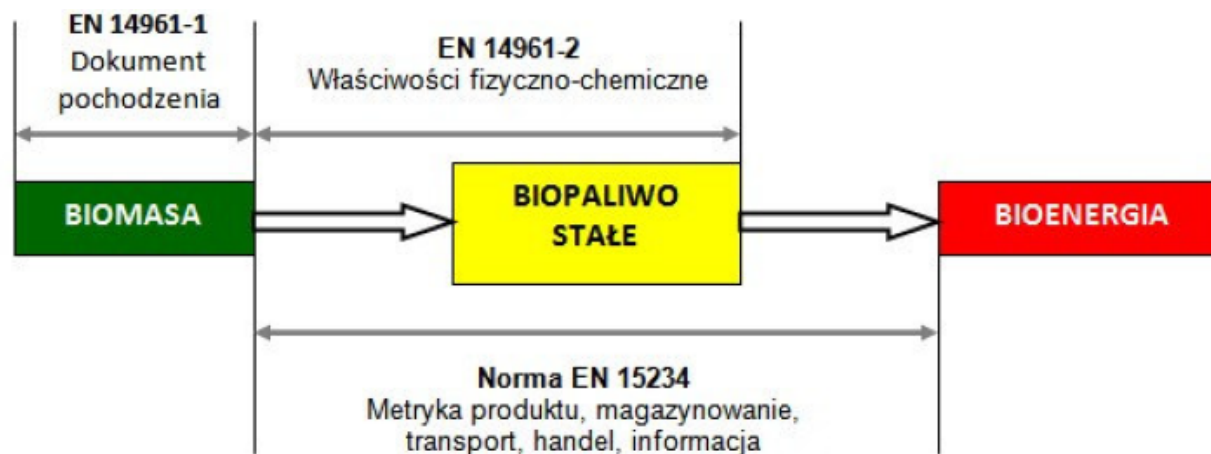
Nakłady energetyczne na brykietowanie, uwzględniając ilość energii zawartej w brykietach (ok. 5 kWh/kg), wynoszą do 2,5%.

Energia do zagęszczania biomasy pochodzi zwykle od konwencjonalnych paliw, których ceny rynkowe wzrastają. Koszty przetwarzania biomasy to, także zakup maszyn i urządzeń, ich amortyzacja, koszty napraw i przeglądów, ubezpieczeń, personelu i innych. Wszystko to wpływa na koszty biomasy, a więc czym mniej przetworzona biomasa tym mniejsze koszty energii zawartej w biomacie.



Do 2010 roku w Polsce nie było norm definiujących właściwości przetworzonej biomasy ( m.in. brykietów i peletów z drewna bądź słomy). W Europie tylko Austria, Szwecja i Niemcy miały opracowane częściowo takie normy.

W roku 2010 i 2011 opracowano normy Europejskie (EN) dotyczące właściwości biomasy dzieląc ją na odpowiednie klasy jakości.



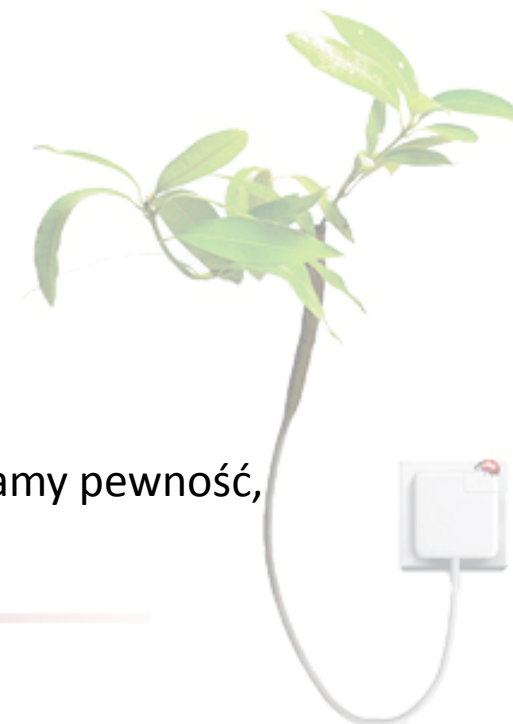
Źródło: Prezentacja. E.Wach „Nowe europejskie normy produkcji pelet”, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A.,2010.



Można w tych normach znaleźć m.in. właściwości pelet i brykietów z podziałem na klasy i warunki jakie muszą spełniać dotyczące :

- wymiarów,
- gęstości usypową,
- zawartości wody,
- zawartości popiołu,
- wartości opałowej,
- zawartości siarki,
- zawartości azotu,
- zawartości chloru,
- zawartości dodatków,
- wytrzymałość mechaniczna
- zawartość małych ziaren,
- temperatura topnienia popiołu.

Należy się domagać od dostawców spełniania tych norm wtedy mamy pewność, że dostajemy paliwo o określonych właściwościach.



# Magazynowanie i transport biomasy



Biomasa wykorzystywana do celów grzewczych powinna być gromadzona w miejscu spalania. Ilość tej biomasy powinna być taka by wystarczyła na cały okres grzewczy (w Polsce ok. 7 miesięcy) lub do kolejnej dostawy.

Biomasa ma znacznie mniejszą **gęstość usypową** niż inne stałe paliwa, np. węgiel. Gęstość usypowa to masa w odniesieniu do zajmowanej objętości w stanie luźnym.

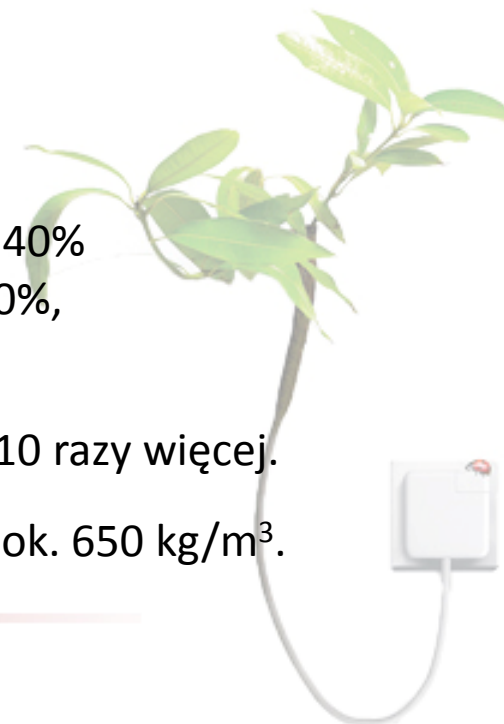
#### Przykładowo gęstość drewna:

- grabu: ok. 800 kg/m<sup>3</sup>;
- dębu: ok. 690 kg/m<sup>3</sup>;
- buk: ok. 670 kg/m<sup>3</sup>;
- brzozy: ok. 630 kg/m<sup>3</sup>.

Gęstość usypowa zrębków z tych gatunków drewna wnosi ok. 30% - 40% gęstości drewna pełnego. Ułożone polana to 70-80 %, trociny 20%-30%, wióry ok. 15%, a gałęzie to 25-30% gęstości drewna pełnego.

Słoma luzem ma gęstość usypową ok. 10-15 kg/m<sup>3</sup>, sprasowana ok. 10 razy więcej.

Brykiety lub pelety (słomiane lub drewniane) mają gęstość usypową ok. 650 kg/m<sup>3</sup>.



## Gęstość usypowa i wartość opałowa w odniesieniu do masy i objętości dla różnych Rodzajów paliw.

Rodzaj paliwa	Gęstość usypowa (kg/m <sup>3</sup> )	Wartość opałowa	
		kWh/kg	kWh/m <sup>3</sup>
Węgiel kamienny	ok. 850	7,46	6341
Olej opałowy	ok. 840	11,77	9887
Słoma	130–180	4,0	520–720
Zrębki	150–400	4,2	630–1680
Drewno kawałkowane	380–640	4,2	596–2688

Źródło: T. Juliszkeski „Ogrzeanie biomasą”, Poznań 2009.

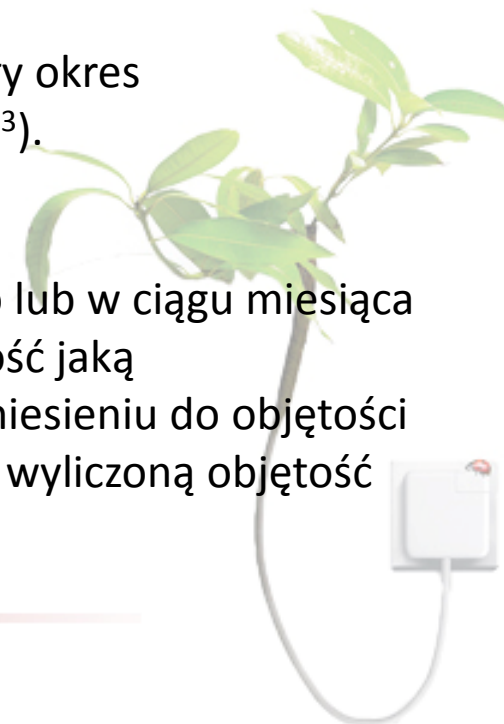


## Zgromadzenie zapasu biomasy na cały okres grzewczy wymaga większych powierzchni magazynowych niż w przypadku węgla, koksu czy oleju opałowego.

Dla domu jednorodzinnego około 200 m<sup>2</sup> potrzeba około 3 – 5 ton węgla, aby ogrzać go przez cały rok. Węgiel ten zajmuje 3,5-6 m<sup>3</sup> objętości i może być zmagazynowany w pomieszczeniu o kubaturze około 10 m<sup>3</sup>. W przypadku oleju opałowego, potrzeba by było ok. 2-3 m<sup>3</sup> na potrzeby tego domu.

Jeśli chciałoby się ogrzać ten dom słomą sprasowaną to zapas na cały okres grzewczy wymagał by około 10-krotnie większej objętości (ok. 100 m<sup>3</sup>).

Mając ilość zużywanej energii np. w ciągu całego okresu grzewczego lub w ciągu miesiąca (o największym zapotrzebowaniu na ciepło) możemy obliczyć objętość jaką będzie zajmowało paliwo, oczywiście znając wartość opałową w odniesieniu do objętości dla tego paliwa. Powierzchnię magazynową obliczamy powiększając wyliczoną objętość paliwa o 10-20%.



Przeprowadzając obliczenia powierzchni magazynowej należy wziąć pod uwagę różnicowanie biomasy pod względem **wartości opałowej i gęstości usypowej**.

W budynkach typu szkoła, ośrodek zdrowia czy zakład produkcyjny, w których do ogrzewania wymagana jest duża ilość biomasy zgromadzenie tak dużej ilości paliwa często nie będzie możliwa. Wymagało by to budowania dodatkowych dużych pomieszczeń magazynowych co z pewnością nie jest opłacalne ekonomicznie.

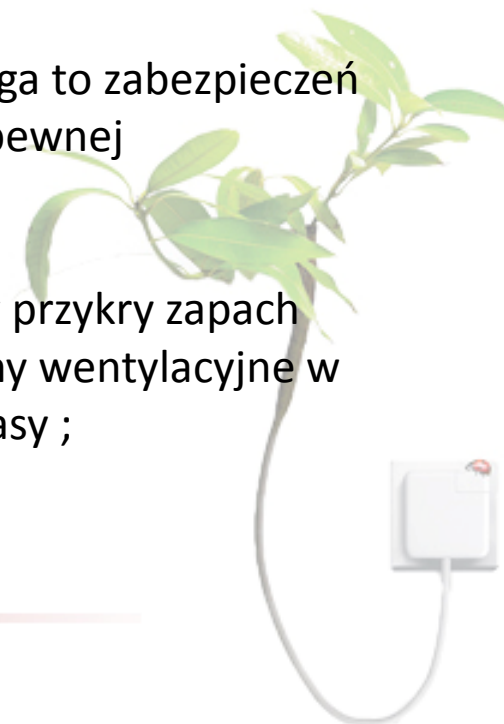
W celu zaopatrzenia budynków w tak duże ilości biomasy podpisuje się umowy na stałe dostawy z producentami biomasy na opał. Należy jednak posiadać pewne pomieszczenia magazynowe pozwalające zabezpieczyć dostawy na kilka dni w razie nieoczekiwanych trudności z dostawą przez producentów.



Biomasę należy magazynować co najmniej **pod zadaszeniem**, a najlepiej całkowicie osłoniętą (z dobrym systemem wentylacyjnym), ponieważ łatwo ona pochłania wodę. Niekiedy w przypadku wilgotnej sprasowanej słomy lub drewna w kawałkach, warto nie osłaniać powierzchni bocznych, tylko stosować sam dach, ponieważ więcej wiatr sprzyja osuszaniu tej biomasy i zapobiega gniciu.

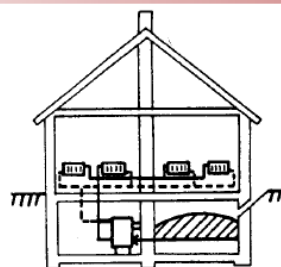
**Inne właściwości biomasy**, które powodują konieczność zastosowania innych pomieszczeń magazynowych niż w przypadku węgla czy koksu, to:

- bardziej łatwopalna niż inne konwencjonalne paliwa stałe – wymaga to zabezpieczeń przeciwpożarowych w magazynach, powinny one znajdować się w pewnej odległości od zabudowań (20 m) i dróg publicznych (30 m);
- ulega mikrobiologicznemu rozkładowi (gniciu) – czemu towarzyszy przykry zapach i podniesienie temperatury, aby temu zapobiegać stosuje się systemy wentylacyjne w pomieszczeniach magazynowych oraz okresowe przerzucanie biomasy ;
- może być siedliskiem gryzoni.

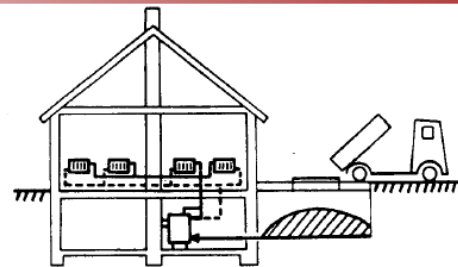




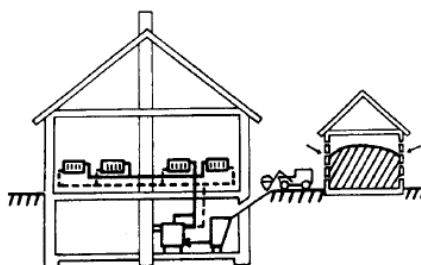
## Sposoby magazynowania biomasy



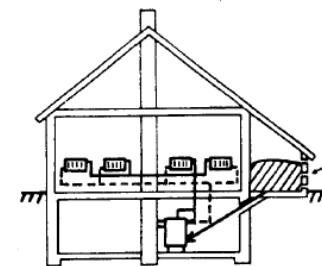
w piwnicy



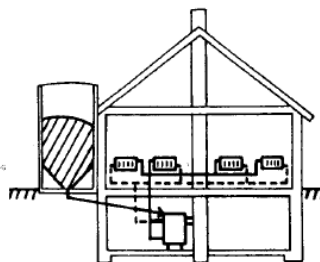
w podziemnym składowisku



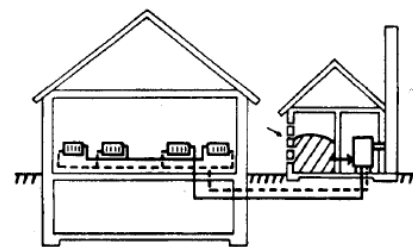
w przewietrzanej szopie



w przybudówce



w silosie



w oddzielnej kotłowni

Źródło: T. Juliszewski „Ogrzewanie biomasą”, Poznań 2009.





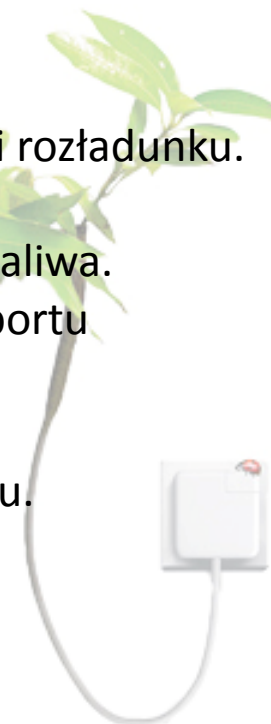
Biomasa może być transportowana na różne sposoby. Wybór formy transportu zależy od rodzaju, postaci ilości biomasy, a także od odległości do miejsca docelowego i wymagań indywidualnych. Przed wyborem środka transportu, pod uwagę powinny zostać wzięta ilości emisji CO<sub>2</sub> podczas transportu tony surowca/kilometr.

### Sposoby transportu biomasy:

- **samochód ciężarowy (z przyczepą typu wywrotka)** -dobrze nadaje się do transportu zrębków, brykietów z biomasy, niektórych produktów przemysłowych, pozostałości z produkcji rolniczej i leśnej, itp.;
- **ciągnik ze specjalną naczepą** – do transportu beletów słomy;
- **cysterna** - pojazd do przewozu ziarna;
- **pojazd do transportu drewna** - zwykle wyposażony jest w dźwig do załadunku i rozładunku.
- **zbiorniki i samochody ciężarowe do ich przewozu odpowiednio** - mogą być wykorzystywane do transportu biomasy, jak również jako przenośne magazyny paliwa.
- **transport kolejowy** - do przewozu dużych ilości surowca. Odpowiedni do transportu biomasy do instalacji współspalania lub spalania dedykowanego biomasy.

**Statki** - na duże odległości, jeśli nie jesteśmy ograniczeni ramami czasowymi.

**Transport rurociągami** - rzadki rodzaj transportu. Jest on w fazie ciągłego rozwoju.





# ASPEKTY ORGANIZACYJNO-EKONOMICZNE OGRZEWANIA BIOMASĄ



**Biomasa powszechnie uchodzi za tanie paliwo.** W istocie 1 t słomy czy drewna jest tańsza od 1 t węgla czy 1000 l oleju opałowego. Jednak trzeba wziąć pod uwagę fakt, że z jednostki masy biomasy uzyskamy mniej energii niż z jednostki masy węgla czy oleju opałowego. Więc porównując koszt zakupu biomasy do węgla, oleju czy gazu, należy porównywać cenę energii zawartej w biomacie.

**Oprócz kosztów paliwa dla użytkownika istotne są również następujące czynniki:**

- **pewność i niezawodność dostaw cen biomasy w najbliższym okresie i w wieloletniej perspektywie** – co raz większe zainteresowanie biomasą, ograniczona możliwość produkcji biomasy z jednostki powierzchni, niekorzystne warunki atmosferyczne, choroby, szkodniki, konkurencja dużych odbiorców;
- **możliwość wytworzenia z biomasy zakładanej ilości ciepła w sezonie grzewczym** – odpowiedniej klasy znormalizowana biomasa, mająca odpowiednią jakość.

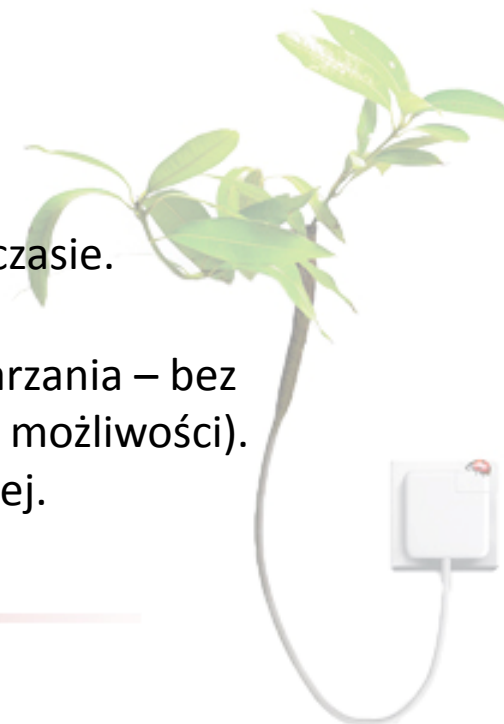


## Producenci biomasy w kosztach produkcji muszą uwzględnić:

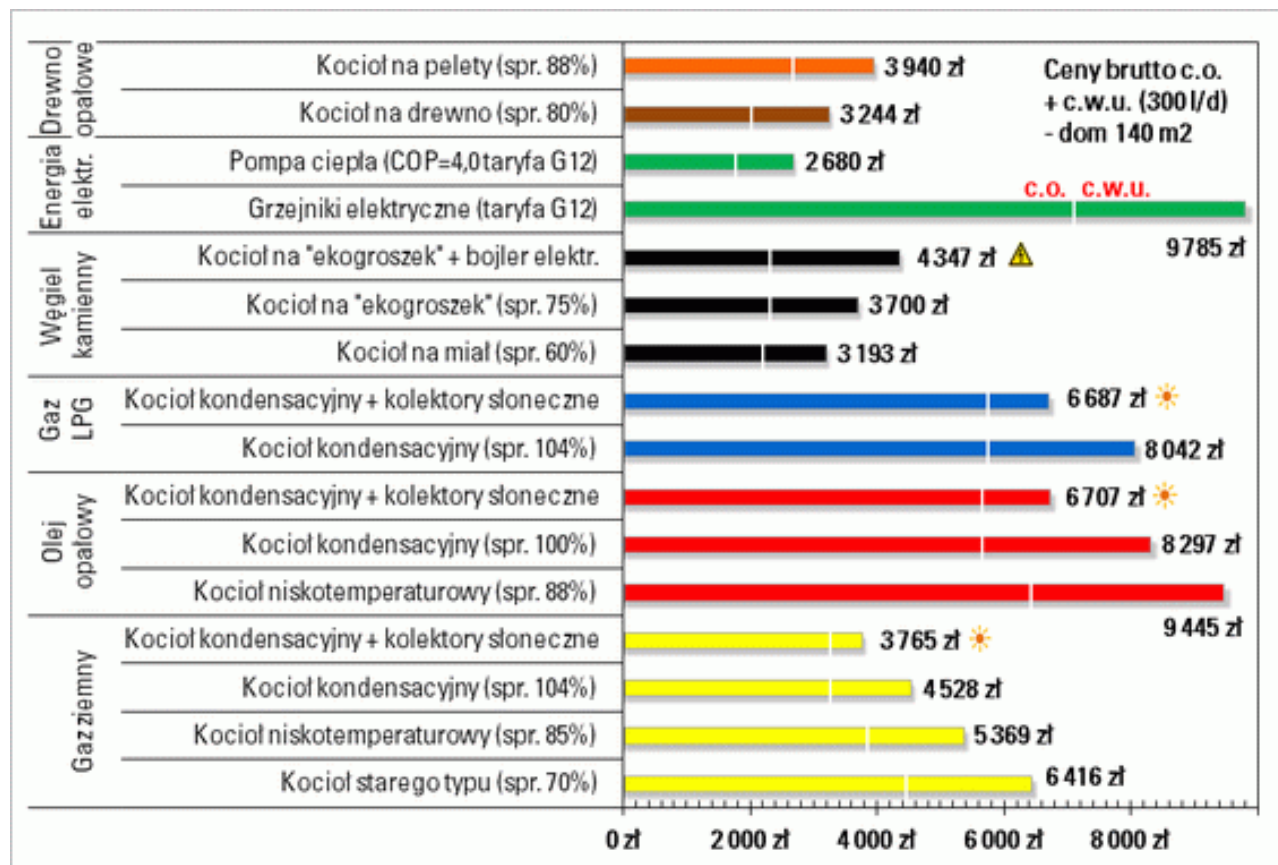
- koszty paliw konwencjonalnych (benzyny, ropy);
- koszty prądu elektrycznego,
- podatku gruntowego,
- założenia plantacji,
- koszty uprawy i nawożenia,
- transportu z pola do miejsca spalania ( nieopłacalny na odległości większe niż 30 km),
- przetwarzanie,
- pracy.

Należy sprawdzić ile będzie kosztowała biomasa w danym miejscu i czasie.

Biomasę należy wykorzystywać raczej lokalnie – w miejscu jej wytwarzania – bez transportu na duże odległości i jak najmniej przetworzoną ( w miarę możliwości). Szacuje się, że koszt biomasy w peletach to ok. 25% ich ceny rynkowej.



Porównanie kosztów ogrzewania domu o powierzchni 140 m<sup>2</sup>, z uwzględnieniem podgrzewania ciepłej wody użytkowej w ilości 300 litrów/dzień



Źródło: [http://www.elektrocal.pl/o\\_firmie\\_Referencje\\_kotly.html](http://www.elektrocal.pl/o_firmie_Referencje_kotly.html)



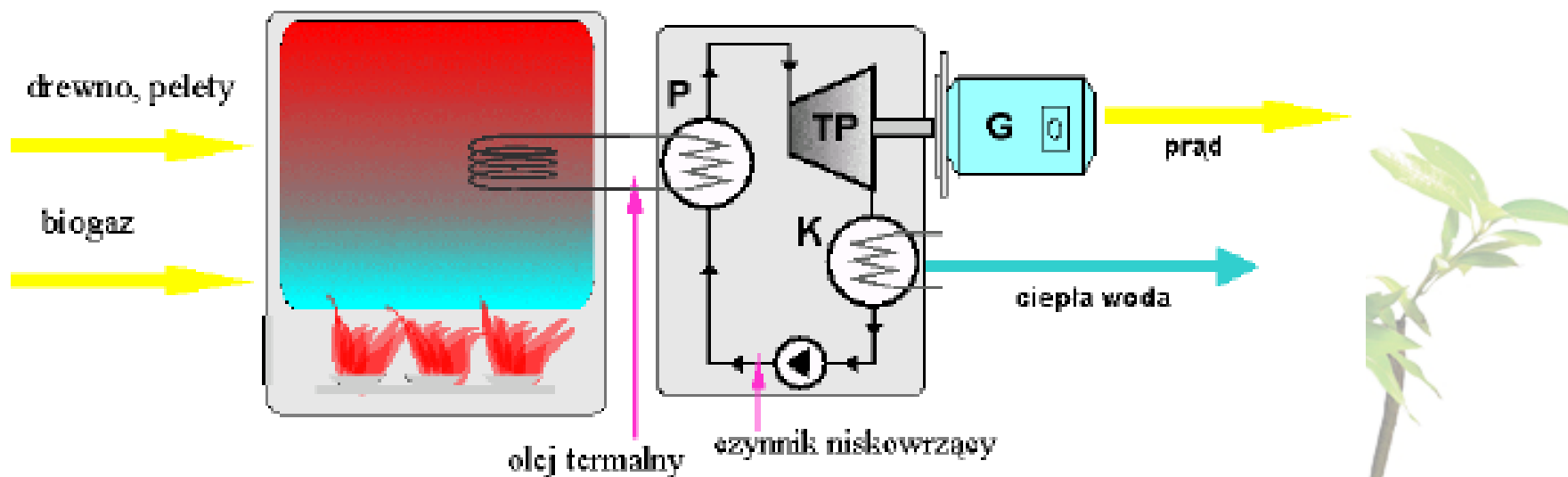


# ZASTOSOWANIE BIOMASY W KOGENERACJI

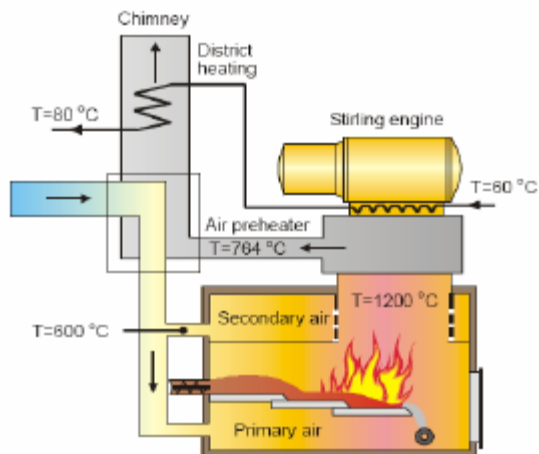
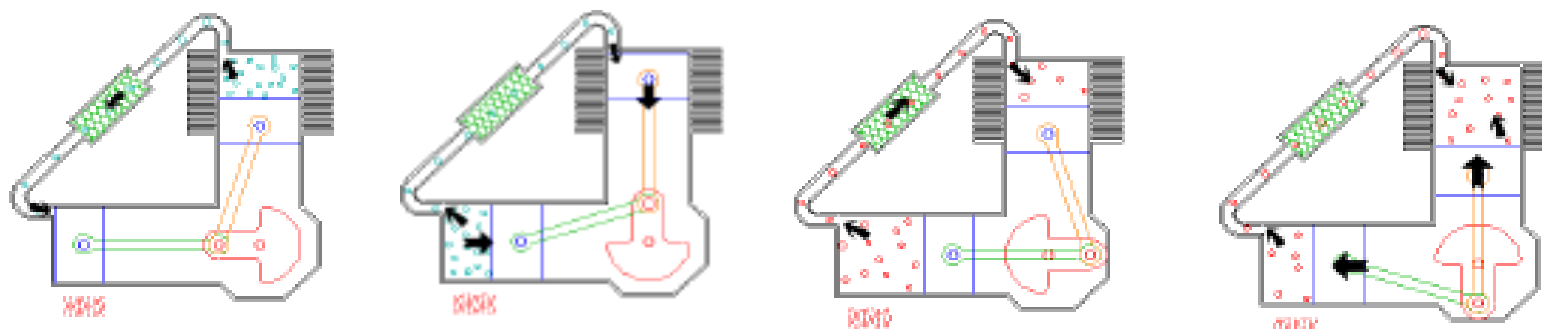


**Kogeneracja (CHP)** – to jednoczesne wytwarzanie w procesie technologicznym energii Elektrycznej oraz użytkowej energii cieplnej w elektrociepłowni.

Siłownia kogeneracyjna w obiegu parowym ORC;  
P – parownik, TP – turbina parowa, K – kondensator, G – generator.



Źródło: J.Kiciński, P.Lampart „Siłownie kogeneracyjne energetyki rozproszonej skojarzone z układami produkcji paliw z biomasy”, 2010.



Źródło: K.Sroka „Kogeneracja w małych i średnich systemach ciepłowniczych”, Targi INSTALACJE 2010.







# PODSUMOWANIE



*Biomasę ponownie zaczyna wykorzystywać się jako źródło energii. Powraca się coraz częściej do czasów, gdy domy ogrzewane były spalaniem drewnem.*

*Analiza wad i zalet biomasy, powinna być punktem wyjścia dla każdego, kto zamierza podjąć decyzję o ogrzewaniu biomasą własnego domu czy innego większego obiektu.*

*W większości przekazów medialnych, artykułach lub książkach podkreśla się tylko zalety biomasy, zapominając o wadach. Jest to często przyczyną zniechęcenia właścicieli domów, zarządców szkół, ośrodków zdrowia czy budynków administracji gminnej.*

***Dlatego powinno się:***

- decyzje o wykorzystaniu biomasy do ogrzewania podejmować samemu, po wcześniejszej analizie wszystkich okoliczności,*
- nie należy uważać biomasy za zawsze tanie paliwo.*



*Dyskusyjne decyzje związane ze spalaniem biomasy:*

- 1. zalecenie wykorzystania biomasy do produkcji energii elektrycznej w dużych elektrociepłowniach,*
- 2. współspalanie biomasy z węglem,*
- 3. transport biomasy na duże odległości powyżej 30 km,*
- 4. dotacje do upraw energetycznych ( w Polsce już nie ma ich od 2009).*

*Biomasa do celów energetycznych powinna być stosowana tylko lokalnie – w miejscu jej wytwarzania.*

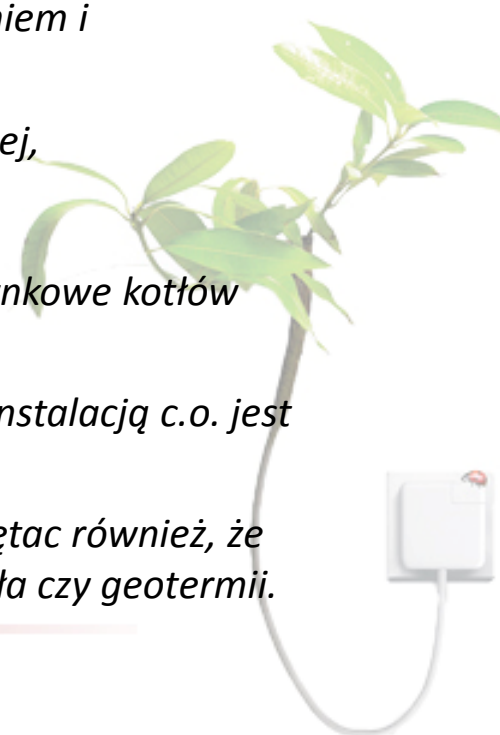
*Samozapatrzenie energetyczne wsi i rolnictwa wydaje się logiczne – po co wywozić biomasę ze wsi, a dostarczać tam węgiel czy olej opałowy.*





## ***Praktyczne rady jakie powinny poprzedzać podjęcie decyzji o ogrzewaniu biomasą:***

- 1. przy gotowym budynku sporządzić audyt energetyczny budynku,*
- 2. przeliczyć masę (węgla, koksu) lub objętość (gazu ziemnego, oleju opałowego) na masę i objętość różnych rodzajów biomasy,*
- 3. obliczyć koszt uzyskania energii cieplnej (w kWh lub GJ) z biomasy, a nie koszt zakupu biomasy,*
- 4. w kosztach inwestycji uwzględnić – rozłożone na 15-20 lat – koszty zakupu kotła (kominka), jego instalacji w tym podłączenie z centralnym ogrzewaniem i modernizacji pomieszczeń magazynowych,*
- 5. ocenić ryzyko dostawy biomasy do ogrzewania w perspektywie wieloletniej,*
- 6. dobór kotła i jego instalację należy zlecić doświadczonej firmie,*
- 7. przyjrzeć się działaniu kotłów (kominków) na biomasę, przejrzeć oferty rynkowe kotłów (kominków),*
- 8. wysokosprawny kominek na drewno z płaszczem wodnym połączonym z instalacją c.o. jest uzasadnioną inwestycją, szczególnie w okresie wiosny i jesieni,*
- 9. biomasę należy traktować jako jedno z alternatywnych OZE, trzeba pamiętać również, że energię ciepłą można pozyskać z kolektorów słonecznych, pompach ciepła czy geotermii.*



## LITERATURA:

1. T. Juliszewski „Ogrzewanie biomasą”, PWRiL, Poznań 2009.
2. R. Tytko „Odnawialne źródła energii.Wybrane zagadnienia (wyd. 3), Wydawnictwo Deko, Kraków 2008.
3. A. Grzybek, P. Gradziuk, K. Kowalczyk „Słoma. Energetyczne paliwo” Wydawnictwo Wieś Jutra Sp. z.o.o., Warszawa 2001.
4. I. Niedziółka, A. Zuchniarz „Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego”, *MOTROL*, 2006, 8A, 232–237.
5. Przewodnik po Normach Dotyczących Ogrzewania Biomasą - Zapewnienie jakości i niezawodności dostaw biomasy wykorzystywanej na cele energetyczne. Opracowanie: COMITATO TERMOTECNICO ITALIANO ENERGIA E AMBIENTE – CTI.
6. J.Kiciński, P.Lampart „Siłownie kogeneracyjne energetyki rozproszonej skojarzone z układami produkcji paliw z biomasy”, 2010.
7. K.Sroka „Kogeneracja w małych i średnich systemach ciepłowniczych”, Targi INSTALACJE 2010 - prezentacja.
8. E.Wach „Nowe europejskie normy produkcji pelet”, Bałtycka Agencja Poszanowania Energii S.A.,2010. – prezentacja
9. <http://www.stravis.pl/>