



BIOMASA

Kinga Turoń

**SPALANIE I INNE
METODY
TERMICZNEGO
PRZETWARZANIA
BIOMASY**

SPALANIE BEZPOŚREDNIE BIOMASY

Zastanawiając się nad wyborem kotła musimy wziąć pod uwagę:

- Paliwo, którym będziemy palić w naszym kotle.
- Rodzaj kotła.
- Gabaryty kotła.
- Przekrój i wysokość komina.



DOBÓR

Dobór odpowiedniej mocy.

Musimy zwrócić uwagę na:

powierzchnię budynku

stopień docieplenia

straty wentylacyjne

rodzaj instalacji

$$Q = V \times q \text{ [W]}$$

Q – orientacyjne zapotrzebowanie na moc cieplną w [W],

V – kubatura budynku [m^3]

q – współczynnik zapotrzebowania na moc cieplną budynku w odniesieniu do 1 m^3 kubatury ogrzewanej.

DOBÓR

$$Q = V \times q \text{ [W]}$$

Przykład:

Budynek o powierzchni 150m^2 i kubaturze ogrzewalnej $V=480\text{m}^3$.

Wariant I budynek słabo izolowany: $q=30 \text{ W/ m}^3$

$$Q = 30 \times 480 = 14400\text{W}$$

$$Q_k = 1,15 \times 14400 = 16560\text{W} = 16,56 \text{ kW}$$

$$Q_k = 1,15 \times Q$$

Wariant II budynek średnio izolowany: $q= 22 \text{ W/ m}^3$

$$Q = 22 \times 480 = 10560\text{W}$$

$$Q_k = 1,15 \times 10560 = 12144\text{W} = 12,144 \text{ kW}$$

Q_k - moc kotła

Wariant III budynek bardzo dobrze izolowany: $q= 15 \text{ W/ m}^3$

$$Q = 15 \times 480 = 7200\text{W}$$

$$Q_k = 1,15 \times 7200\text{W} = 8280\text{W} = 8,28 \text{ kW}$$

PODZIAŁ KOTŁÓW NA BIOMASĘ

RETORTOWE

Z PALNIKIEM
SZUFLADOWYM

Z PALNIKIEM
WRZUTOWYM

Z PALNIKIEM
RUROWYM

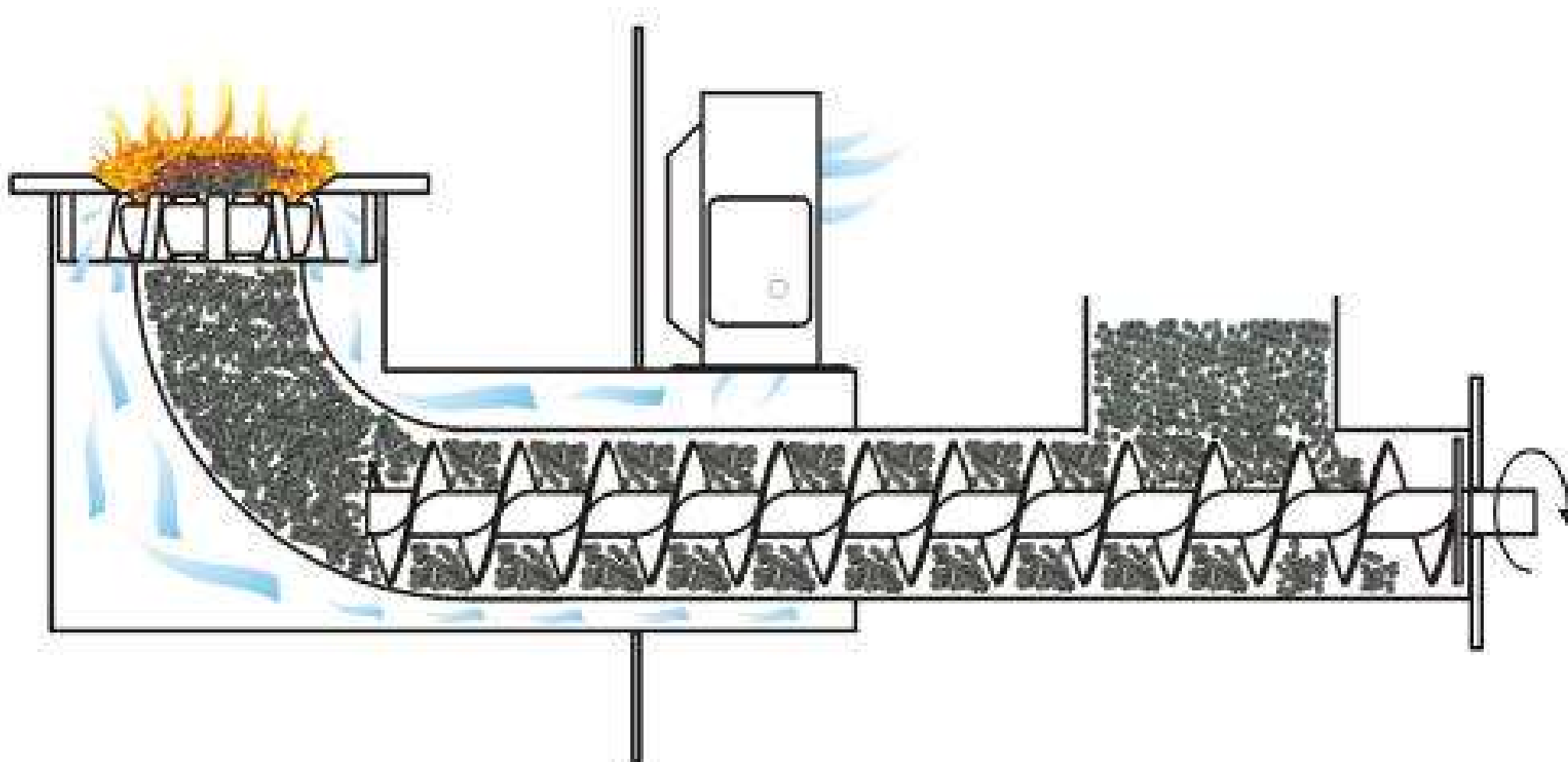
ZE SPALANIEM
GÓRNYM

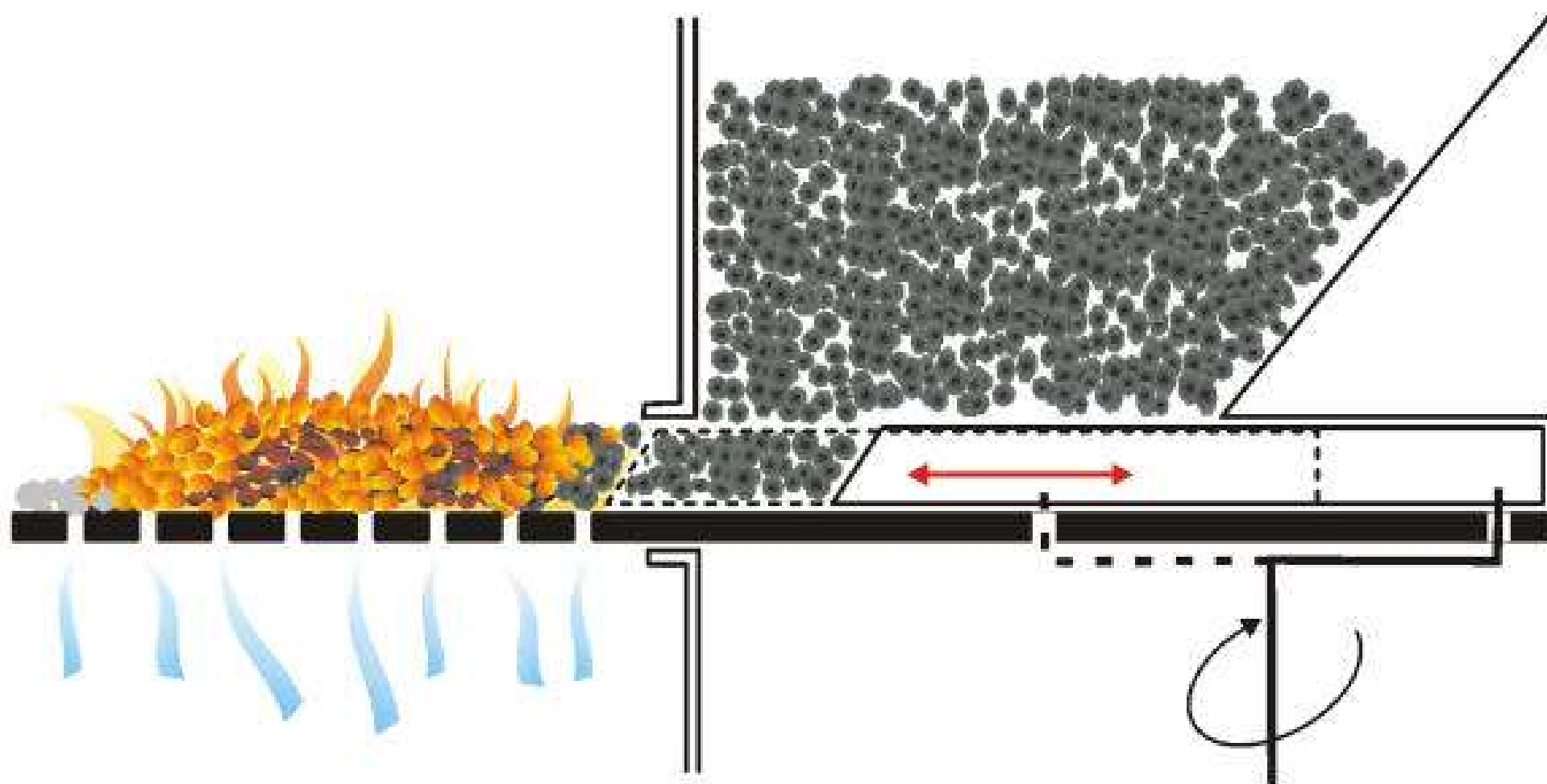
ZE SPALANIEM
DOLNYM

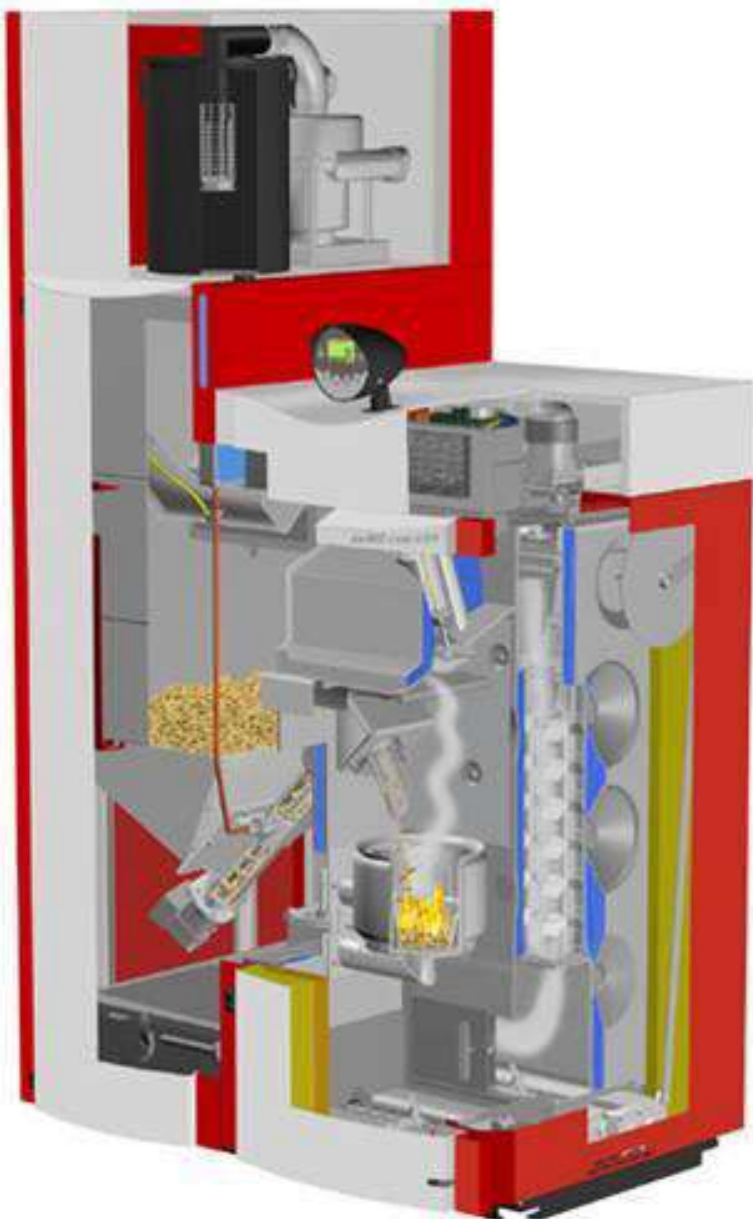
ZE ZGAZOWANIEM
DREWNA

WSADOWE

Z PODAJNIKIEM

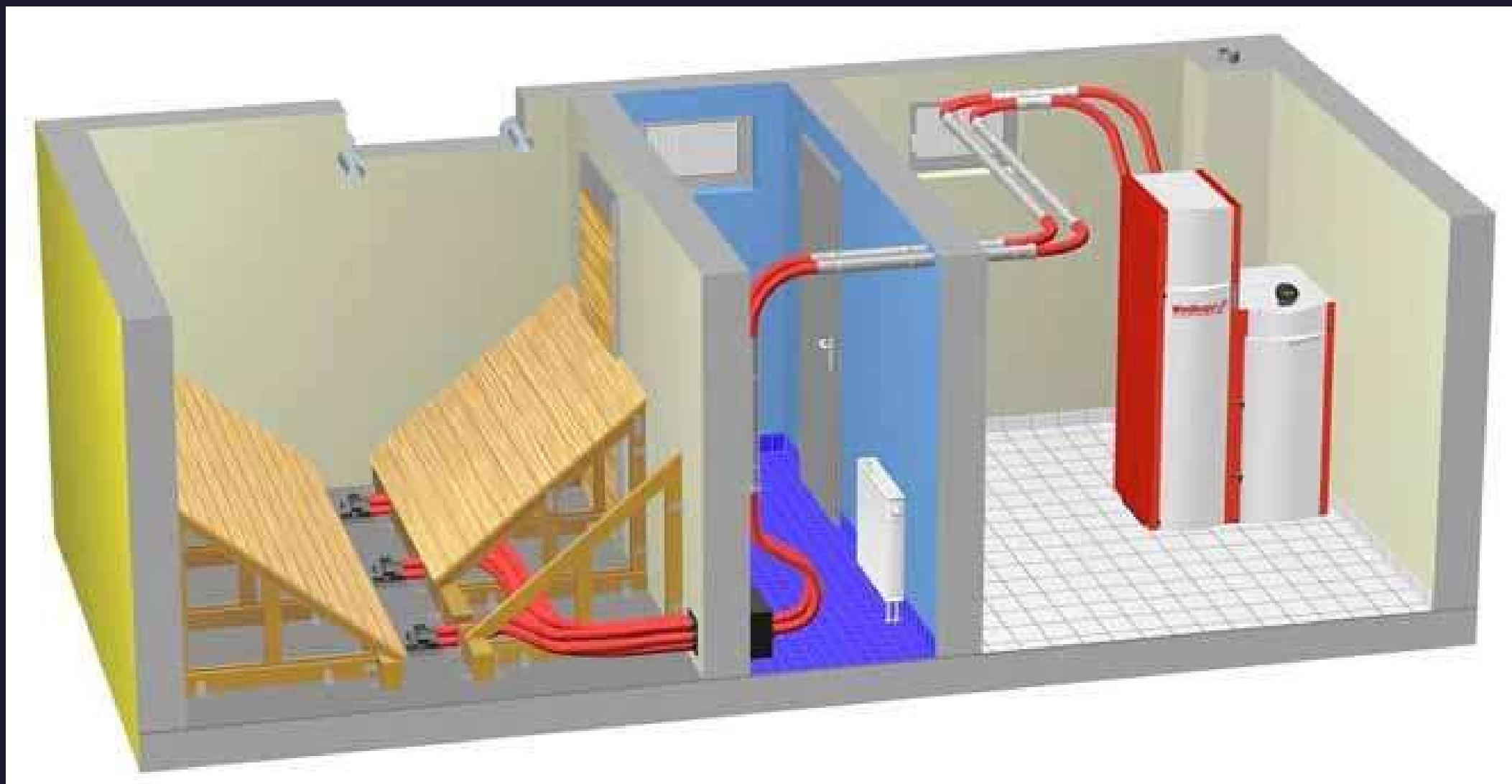






KINGA TURÓN







Kocioł z palnikiem
tubowym lub
rynnowym
z automatycznym
podajnikiem paliwa.



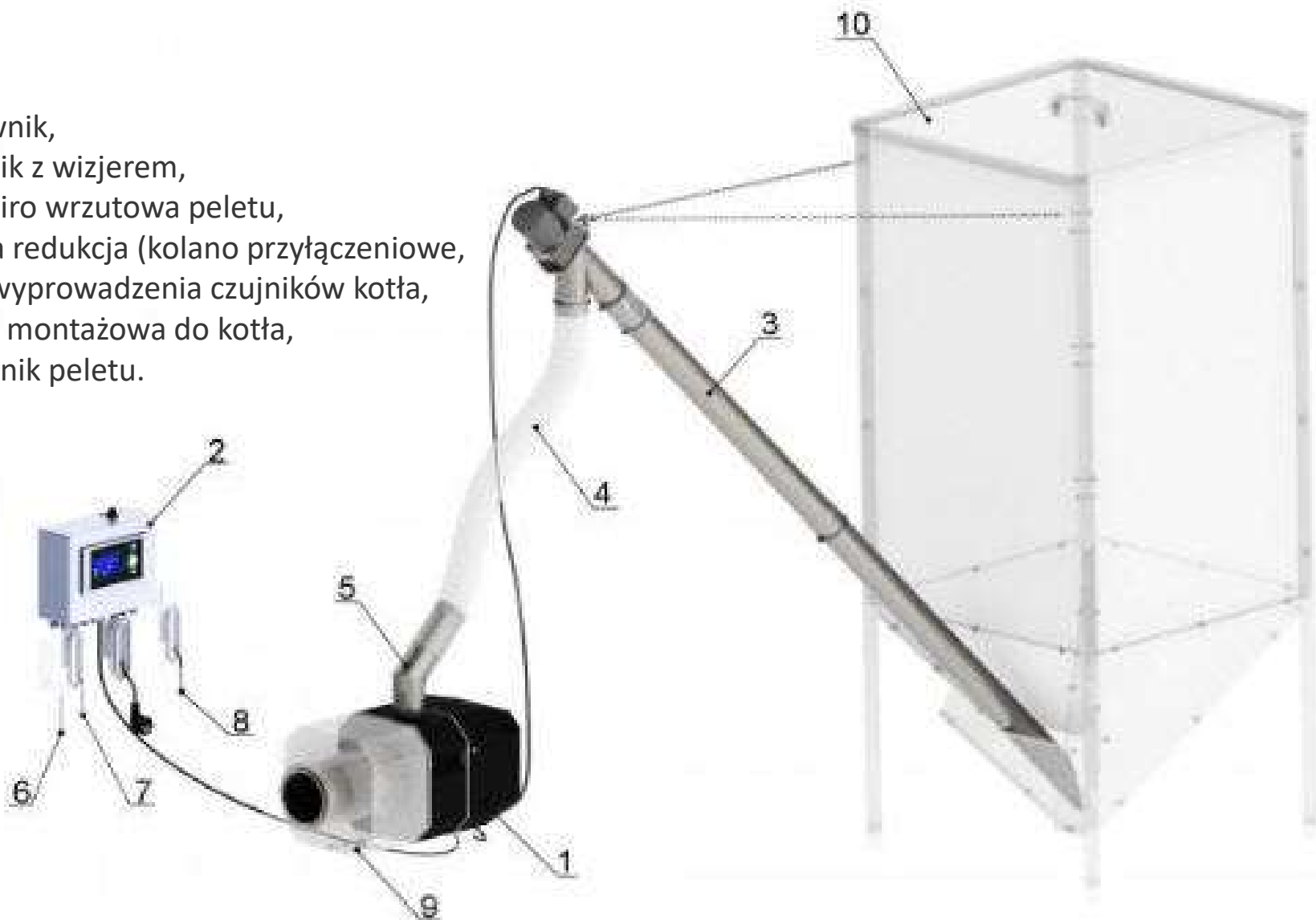
06.02.2024

PALNIK OBROTOWY



06.02.2024

- 1-palnik,
2- sterownik,
3-podajnik z wizjerem,
4-rura spiro wrzutowa peletu,
5-kątowa redukcja (kolano przyłączeniowe,
6, 7, 8 - wyprowadzenia czujników kotła,
9-flansa montażowa do kotła,
10-zasobnik peletu.



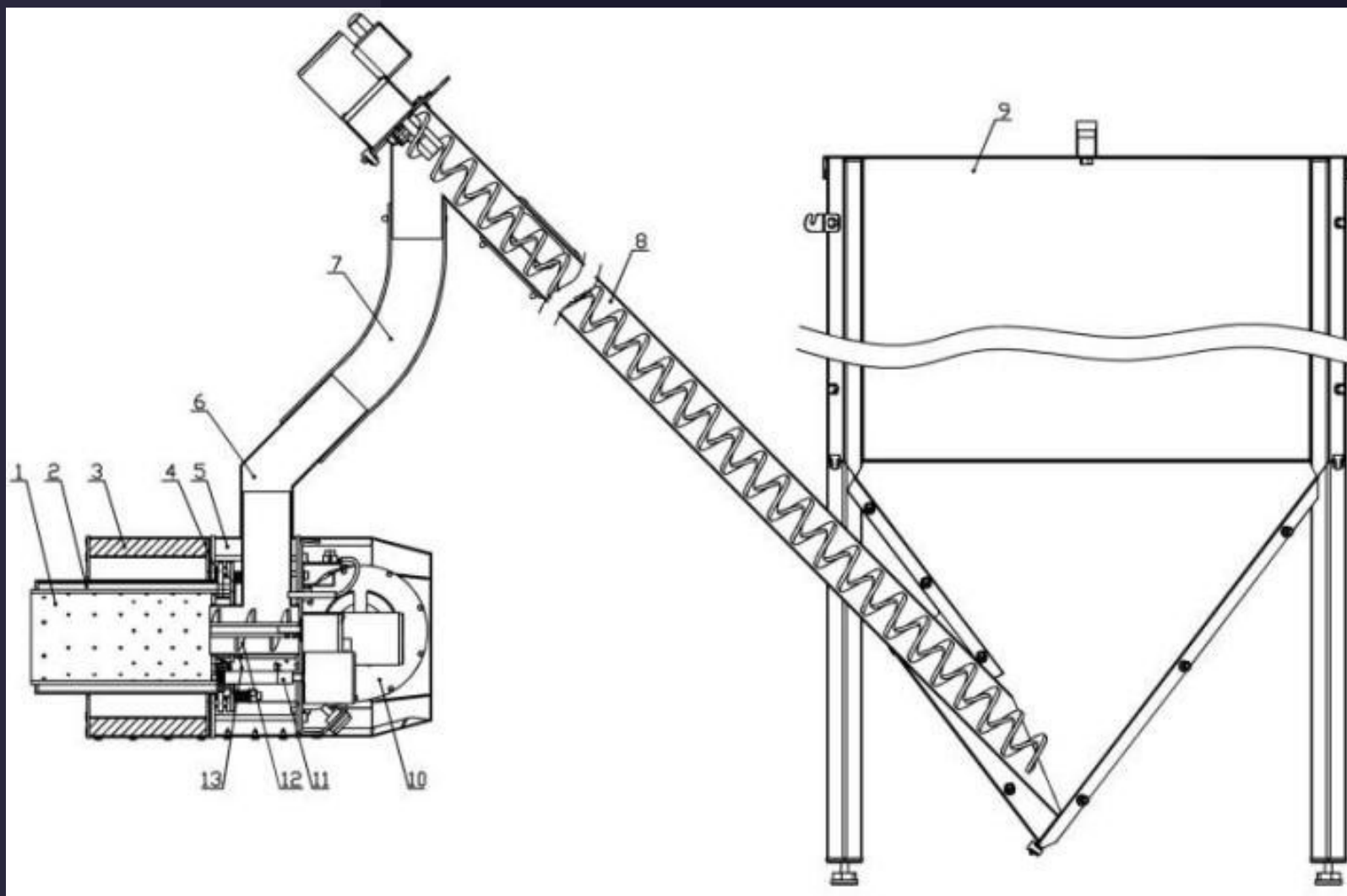
PALNIK OBROTOWY

Palnik powinien być zasilany wyłącznie paliwem o następujących właściwościach:

Frakcje	granulat
Średnica	$6\pm 1\text{ mm}$, $8\pm 1\text{ mm}$
Długość	3,15mm - 40 mm
Ilość pyłu	$\leq 1\%$
Gęstość nasypowa	$\geq 600\text{ kg/m}^3$
Wilgotność	$\leq 10\%$
Wartość opałowa	16,5÷19 MJ/kg
Popiół	$\leq 0,7\%$

PALNIK OBROTOWY

1. Obrotowa komora spalania
2. Komora napowietrzająca obrotowa
3. Izolacja termiczna (opcja)
4. Łożysko komory napowietrzającej i komory spalania
5. Komora nadmuchowa
6. Kolano przyłączeniowe zasilania pelletem
7. Łącznik rurowy elastyczny - stapialny
8. Podajnik paliwa z zasobnika zewnętrznego
9. Zasobnik zewnętrzny paliwa (opcja)
10. Wentylator
11. Mechanizm obrotu komory spalania
12. Podajnik paliwa do komory spalania (stoker)
13. Zapalarka



06.02.2024

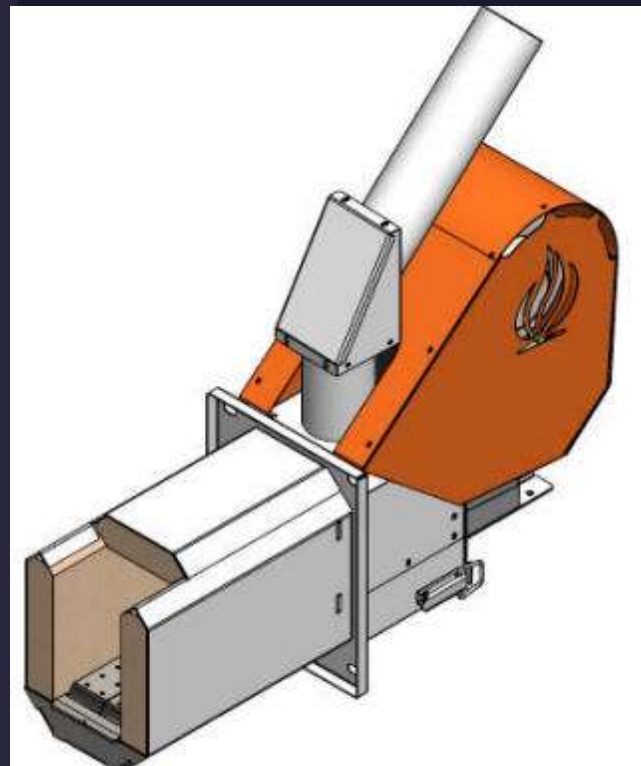
DR INŻ. KINGA FORC

13

PALNIK SCHODKOWY



06.02.2024



PALNIK RETOScroll

Palnik z retortą śrubową III generacji jest połączeniem cech tradycyjnego palnika retortowego oraz palnika obrotowego z napędem mechanicznym

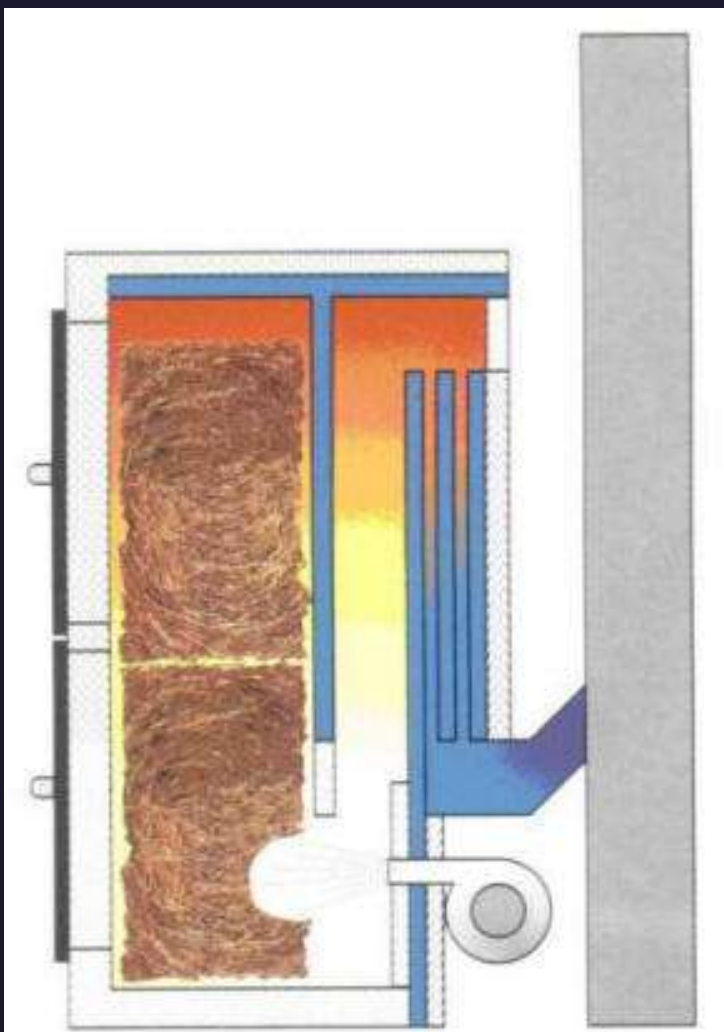


KOCIOŁ NA SŁOMĘ

Kotły na słomę montuje się przeważnie na terenach wiejskich, ponieważ jest tam bliski dostęp do paliwa.

Mogą one ogrzewać zarówno domki jednorodzinne, jak i chlewnie, szklarnie, suszarnie, a nawet szkoły i urzędy gminy

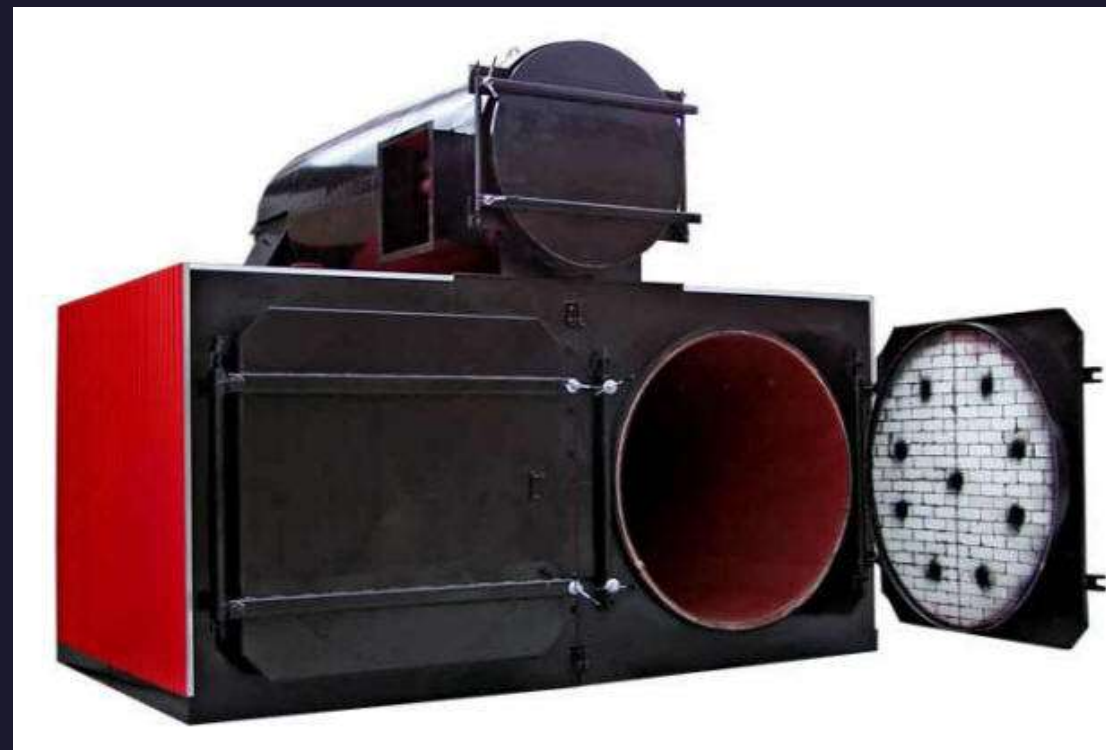




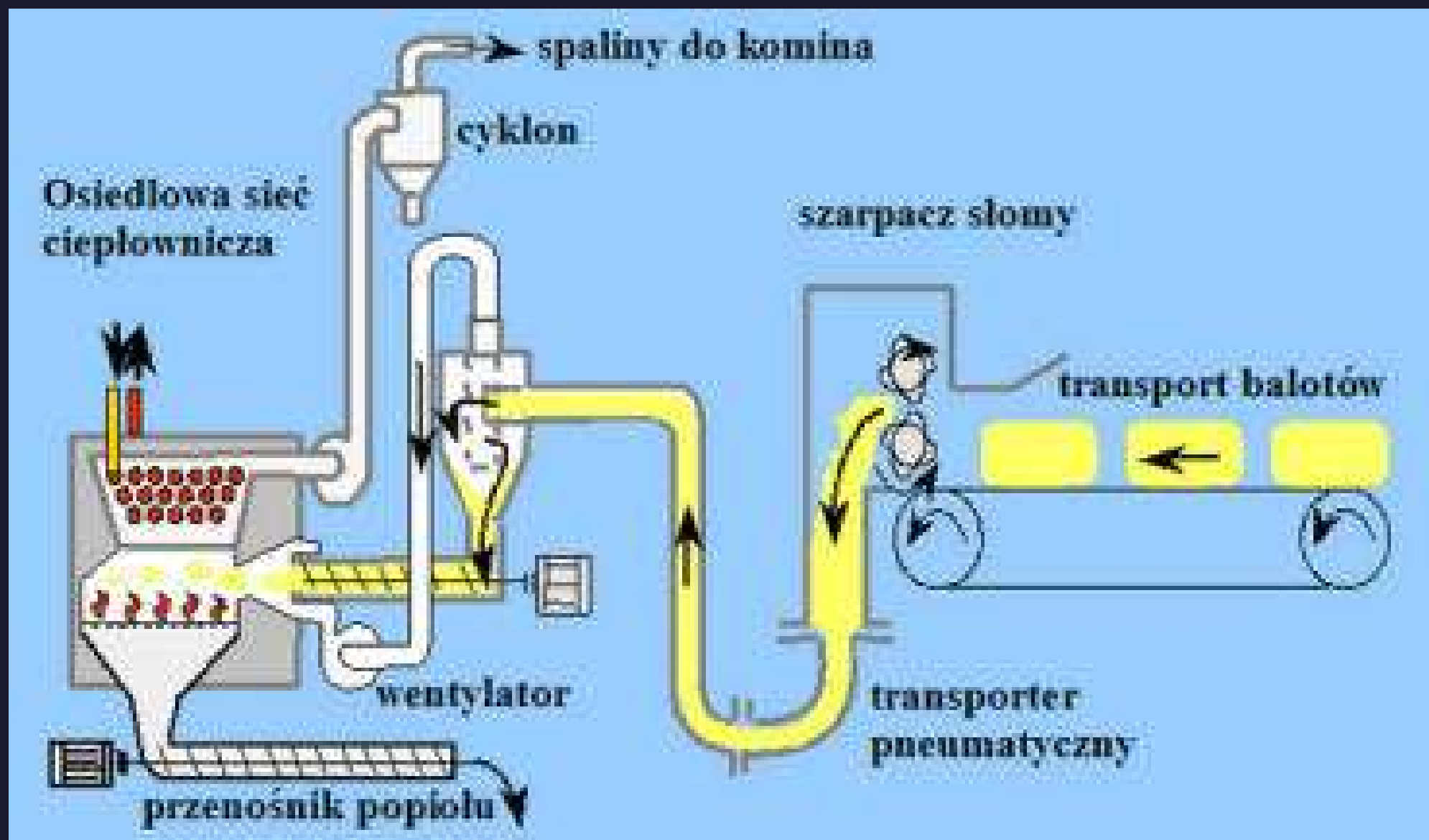
Kocioł spalający kostki ze słomy

06.02.2024

Kocioł z systemem cygarowym
spalający baloty ze słomy



DR INŻ. KINGA TUROŃ



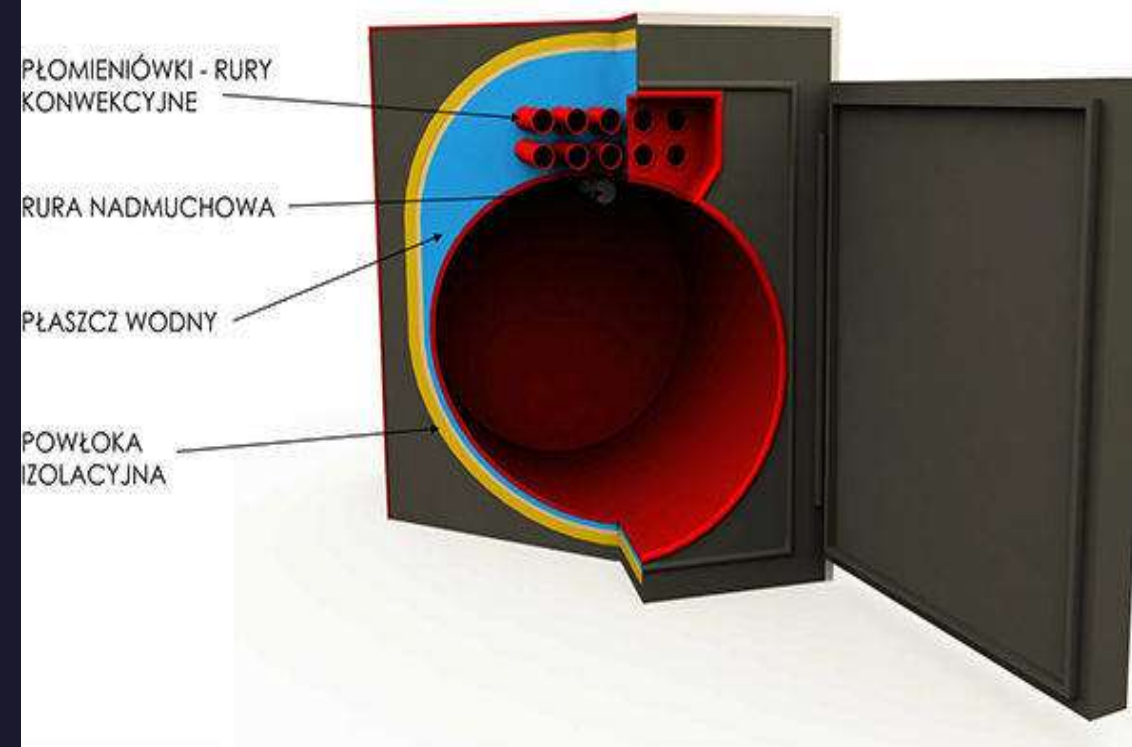


06.02.2024



DR INŽ. KINGA TURON

21



KOTŁY ZE ZGAZOWANIEM DREWNA

Kotły ze zgazowaniem drewna są nowoczesną i wydajną konstrukcją wśród kotłów na biomasę. Osiągają sprawność na poziomie 90% zbliżając się pod tym względem do starszych konstrukcji kotłów gazowych.



FAZY PROCESU SPALANIA:

SUSZENIE DREWNA

– zachodzi w górnej części kotła, drewno w tej fazie podgrzewane jest przez spaliny i oddaje wilgoć

ZGAZOWANIE DREWNA

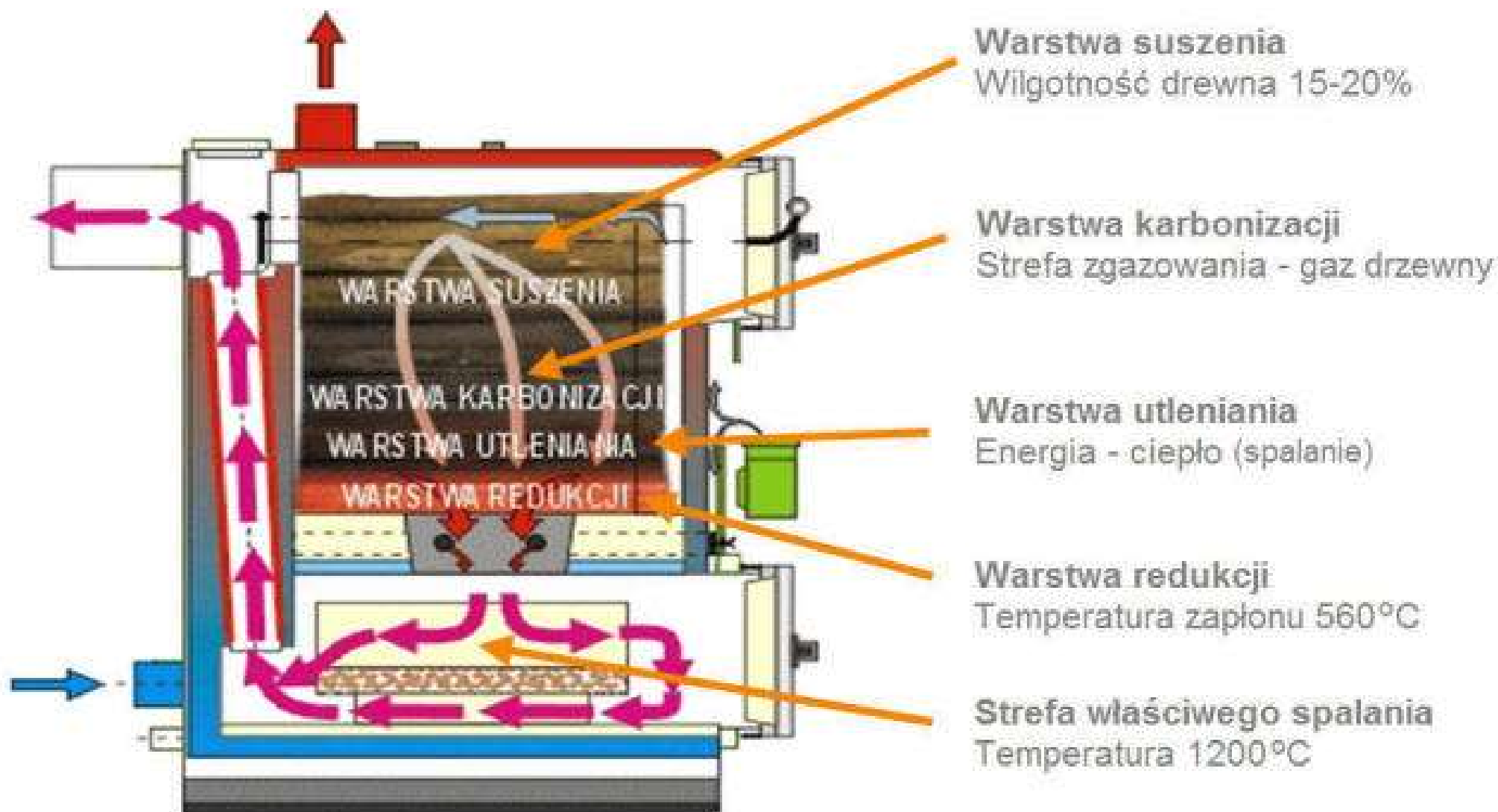
– środkowa strefa kotła, wysuszone drewno w wyniku dalszego podgrzewania ulega termicznemu rozkładowi z wydzielaniem gazu drzewnego, odbywa się to przy ograniczonym dopływie powietrza (proces pirolizy)

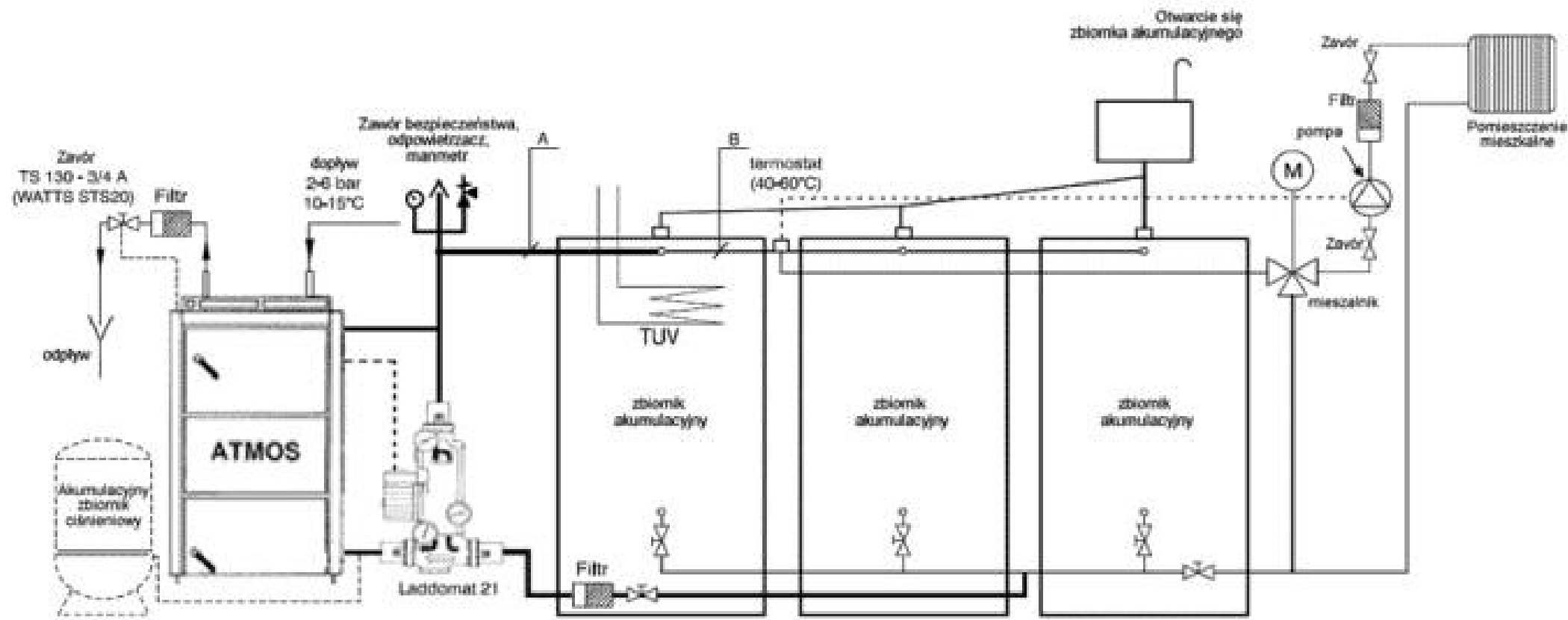
SPALANIE GAZU

wytworzony gaz drzewny spala się na specjalnym ruszcie ceramicznym w dyszy do której doprowadzane jest powietrze wtórne, palenie odbywa się z góry na dół, temperatura w tej strefie kotła przekracza 1000°C,

DOPALANIE DREWNA

– pozostałe po zgazowaniu części palne drewna (węgiel drzewny) dopalane są w komorze popielnika, spaliny opuszczające kocioł są niemal wolne od części stałych.





ZABEZPIECZENIA KOTŁÓW NA BIOMASĘ

ZABEZPIECZENIA

Główne zagrożenia

Nadmierny wzrost ciśnienia

Cofanie się płomienia

Nadmierny wzrost temperatury w instalacji

Niezupełne spalanie

Zatkanie podajnika paliwa

„zimny” rozruch kotła

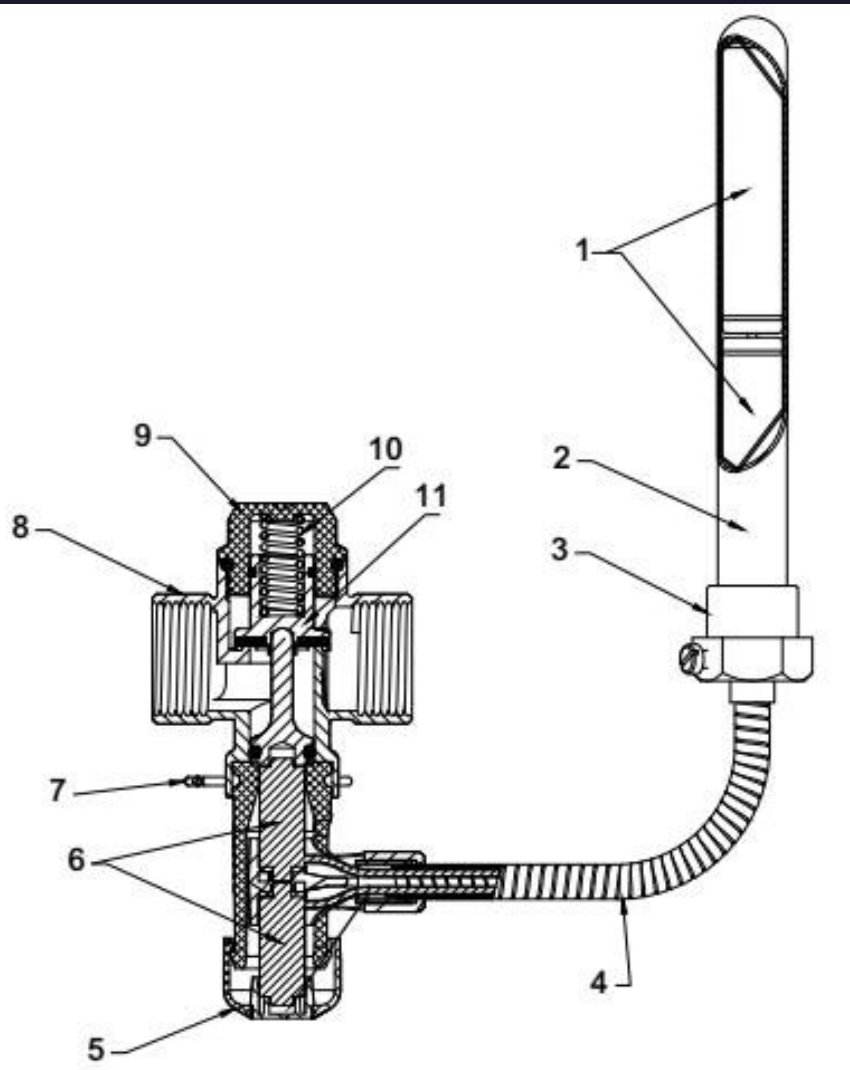
Brak wody w kotle

ZABEZPIECZENIE PRZED NADMIERNYM WZROSTEM CIŚNIENIA

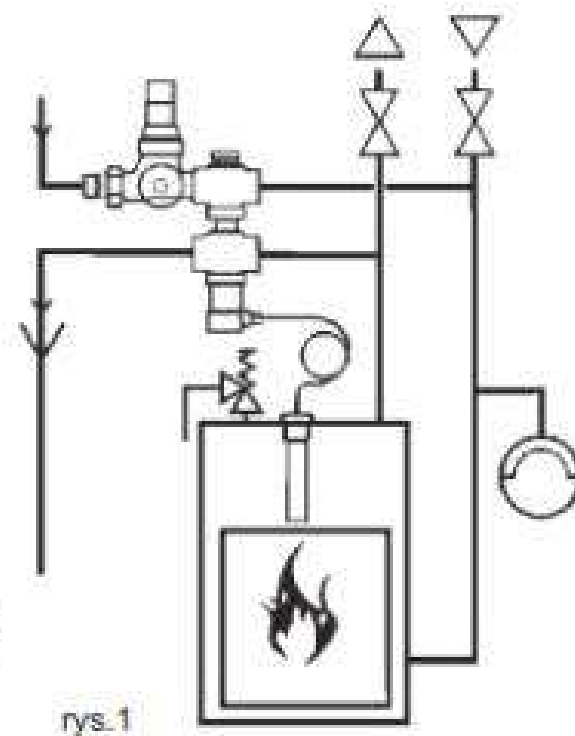
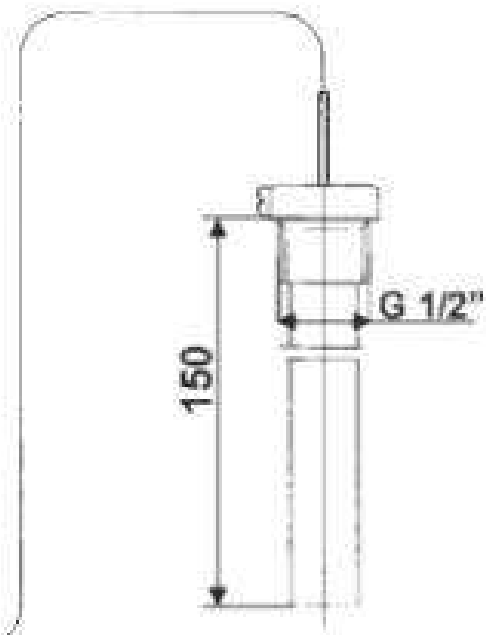
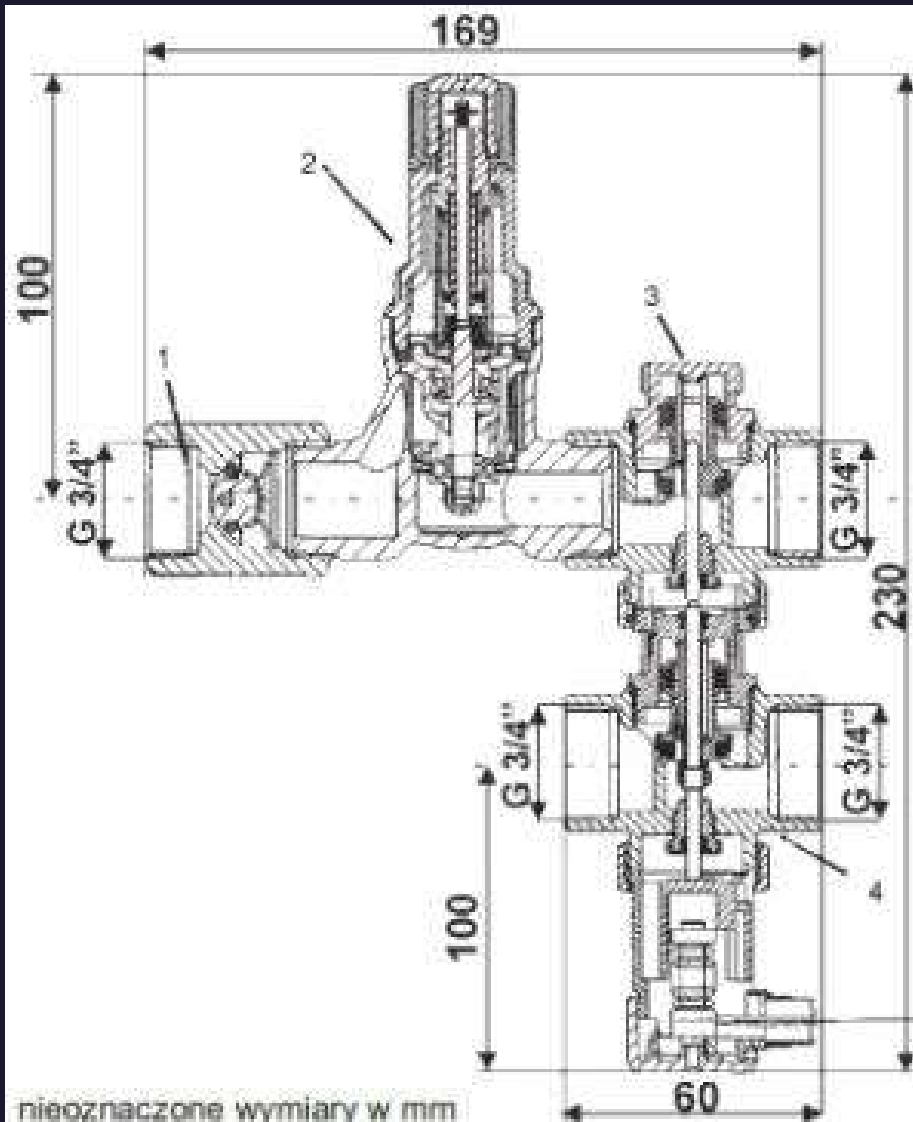
Zawory STS wyposażone są w sondę pomiarową, z czujnikiem termicznym połączoną z elementem wykonawczym za pomocą kapilary. Sonda posiada gwint zewnętrzny (zwykle 1/2") umożliwiający zamocowanie w części wodnej kotła.



ZAWÓR STS



1. Sonda pomiarowa z podwójnym czujnikiem termostatycznym
2. Osłona sondy pomiarowej
3. Gwint przyłączeniowy sondy pomiarowej
4. Osłona kapilary
5. Przycisk ręcznego wyzwalania spustu
6. Mieszki rozszerzalne
7. Zawleczka blokująca część termostatyczną
8. Korpus zaworu
9. Korek spustowy
10. Sprężyna dociskowa grzyba zaworu
11. Grzyb zaworu
12. Fabryczne oznaczenie nastawy temperatury na przycisku

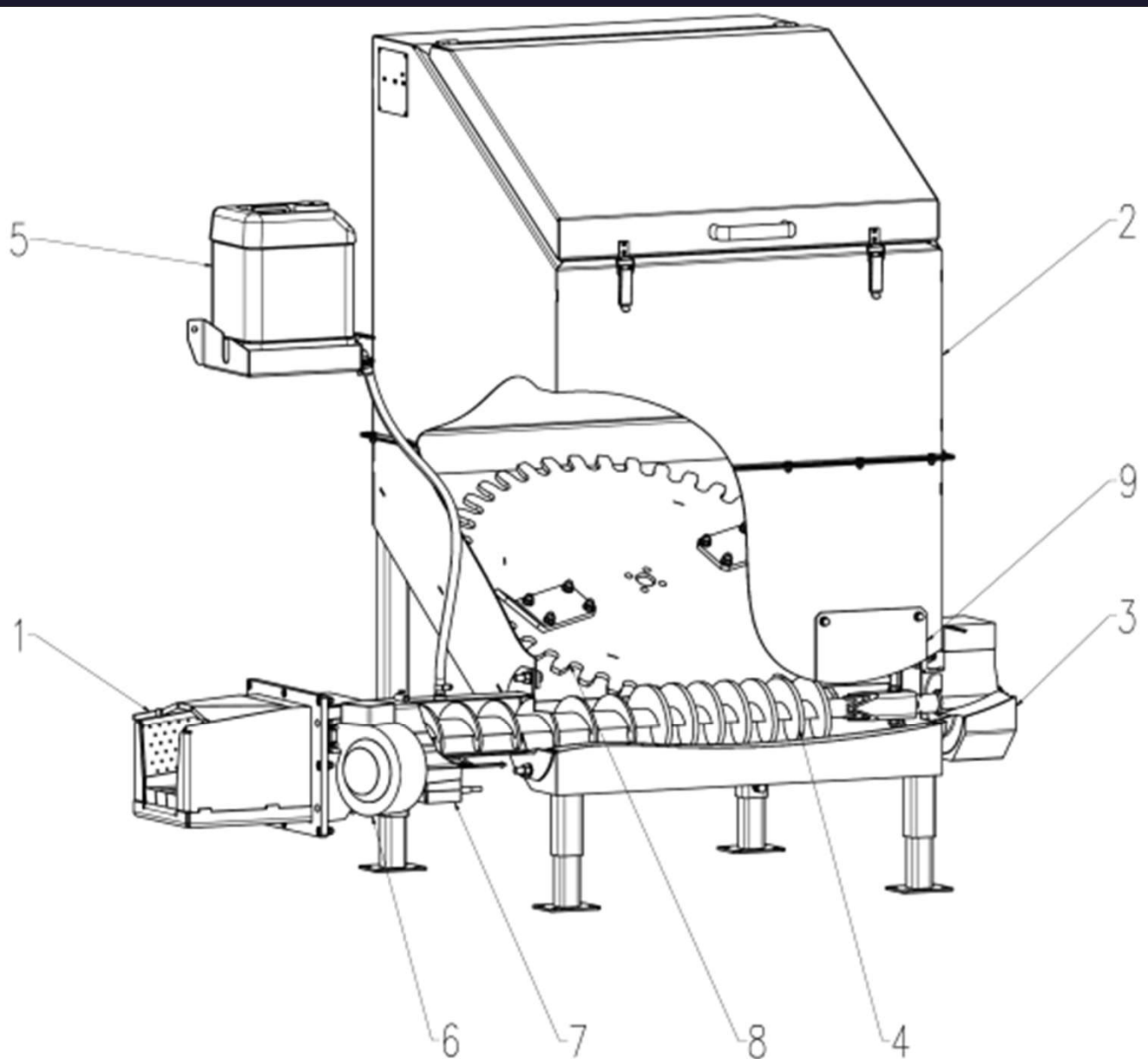


**ZABEZPIECZENIE PRZED
COFNIĘCIEM PŁOMIENIA**

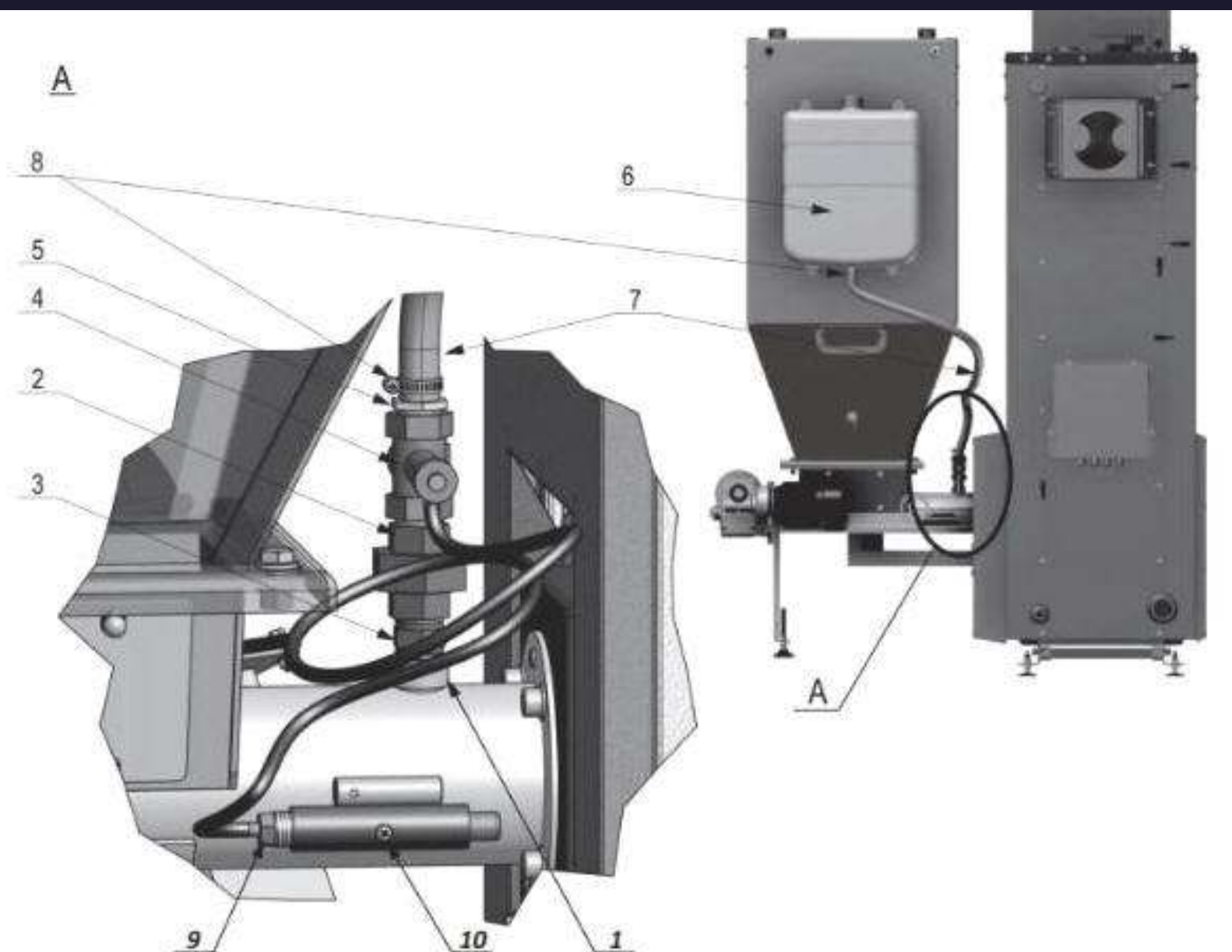


Zbiornik z wodą
do schładzania
podajnika

06.02.2024



- 1 – głowica żeliwna 20kW,
- 2 – zbiornik paliwa,
- 3 – motoreduktor - wałek,
- 4 – wał ślimakowy,
- 5 – system przeciwpożarowy,
- 6 – dmuchawa,
- 7 – siłownik napędowy rusztu,
- 8 – koło zruszające,
- 9 – otwór rewizyjny.



System strażak
z zaworem
termicznym
BVTs
i czujnikiem
temperatury

ZABEZPIECZENIE PRZED NADMIERNYM WZROSTEM TEMPERATURY

W kotłach z podajnikiem jest to najczęściej tzw. zabezpieczenie **STB** które polega na automatycznym wyłączeniu pracy podajnika i wentylatora nadmuchowego do czasu wychłodzenia wody. System STB może być pojedynczy lub podwójny. W drugim rozwiązaniu wykonywany jest osobno dla sprzętu (STB sprzętowe – tzn. wyłączanie pracy wentylatora i podajnika) i osobno dla sterownika kotła (STB analogowe – po przekroczeniu temp. $+95^{\circ}\text{C}$ całkowicie wyłącza proces spalania, wymaga ręcznego resetowania).

ZABEZPIECZENIE PRZED NIEZUPEŁNYM SPALANIEM

Stanowi je tzw. „sonda lambda”, sonda ta umieszczana jest w przewodzie kominowym i mierzy poziom tlenu w spalinach, jeśli jest go za mało, wysyła sygnał do wentylatora nadmuchowego zwiększając dopływ powietrza. Uzyskuje się dzięki temu optymalne spalanie i najwyższą sprawność kotła.

06.02.2024



DR INŻ. KINGA FORON

36

ZABEZPIECZENIE PRZED ZATKANIEM PODAJNIKA PALIWA

Czujnik zbliżeniowy
w kotle na pellet

Czujnik
pojemnościowy

Śluza



Dioda LED

Rura podajnika

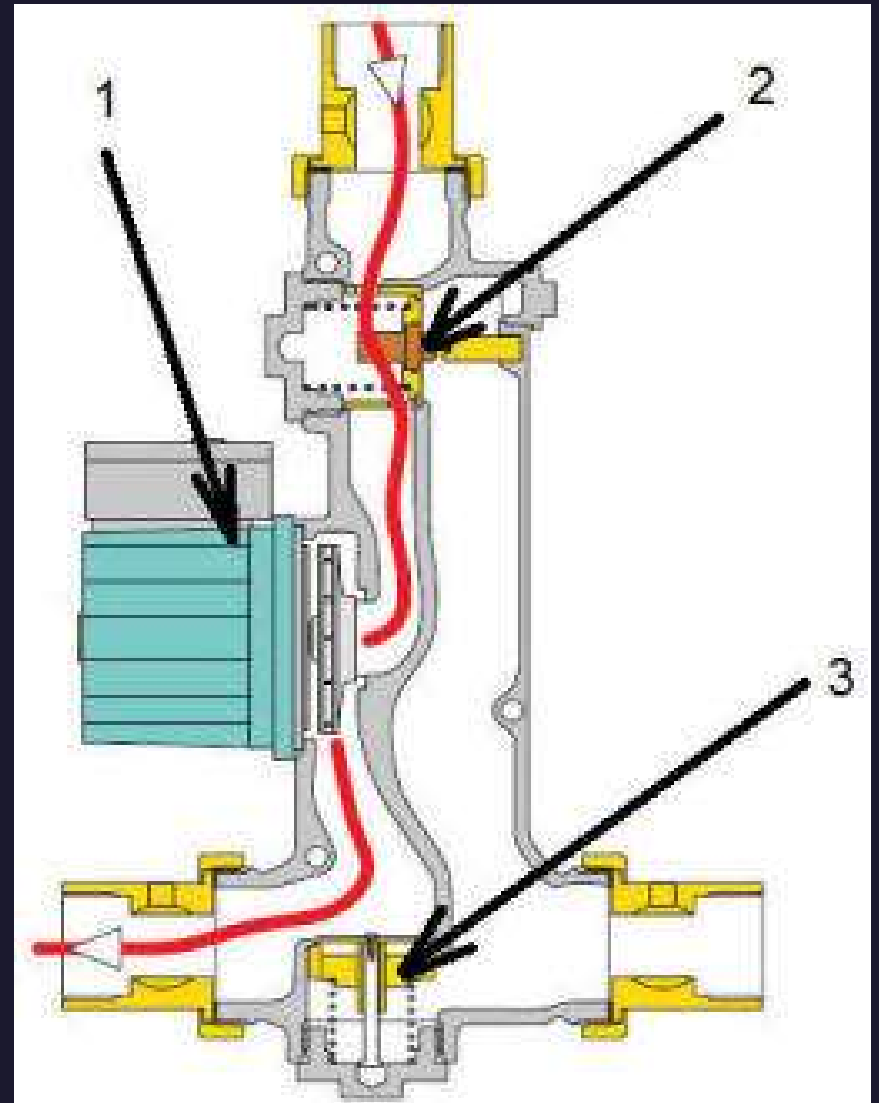
DR INŻ. KINGA TURON

06.02.2024

37

ZABEZPIECZENIE PRZEZ ZIMNYM ROZRUCHEM

Laddomat zamocowany pomiędzy kotłem a zasobnikiem ciepła.
1- pompa, 2 zawór termostatyczny, 3 zawór zwrotny



**WSPÓŁSPALANIE
BIOMASY Z WĘGLEM**
(co-firing)

METODY WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM

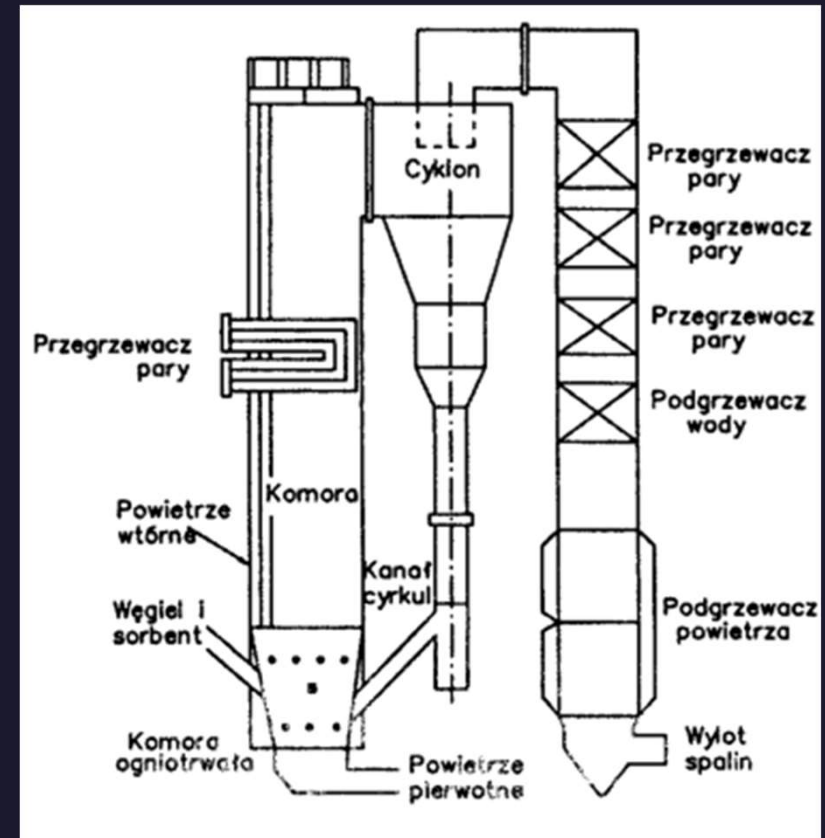
Bezpośrednie współspalanie biomasy

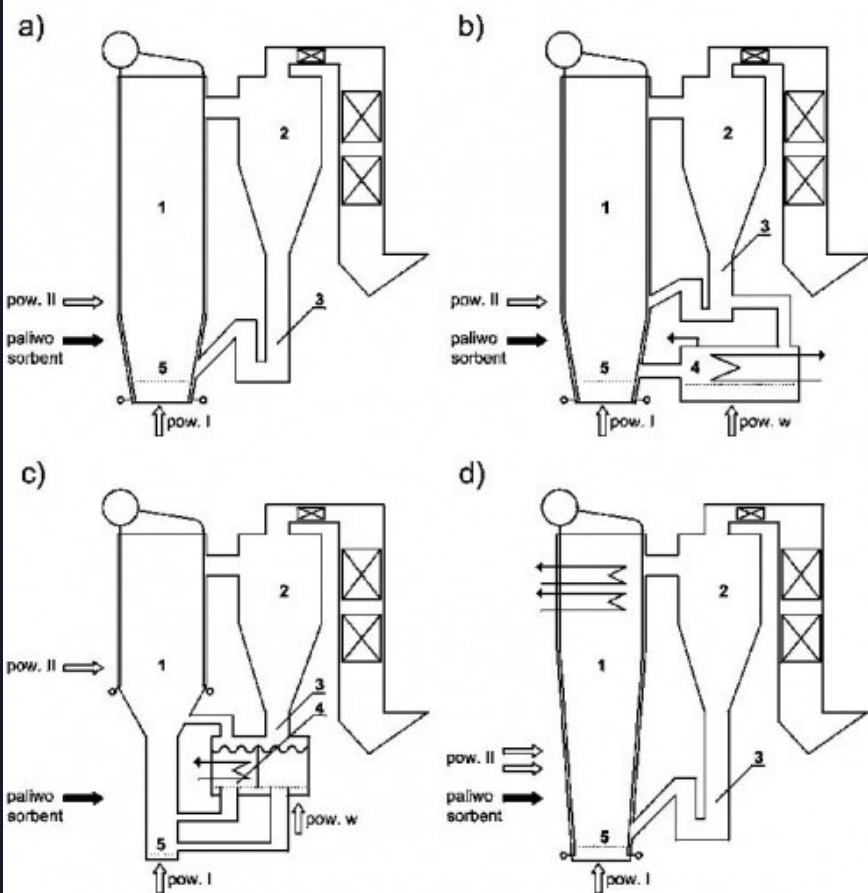
Pośrednie współspalanie

Współspalanie w układzie równoległym

RODZAJE KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO SPALANIA I WSPÓŁSPALANIA BIOMASY

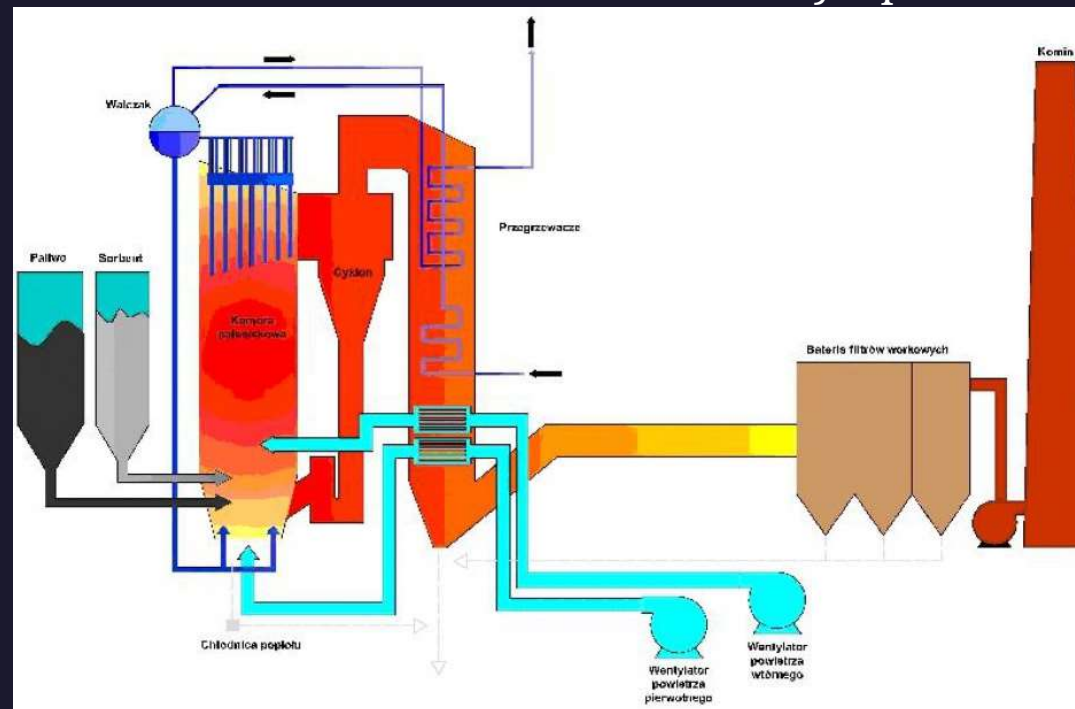
- kotły fluidalne
- kotły pyłowe
- kotły rusztowe





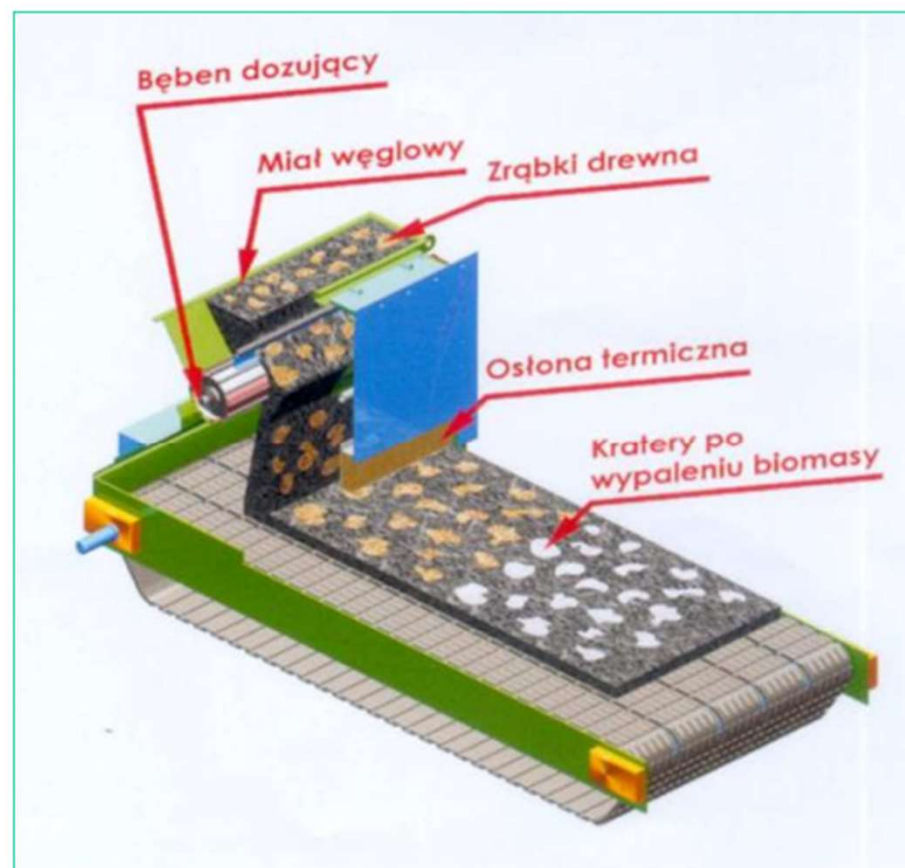
- 1 - komora paleniskowa,
 2 - cyklon,
 3 - układ nawrotu z zamknięciem syfony,
 4 - wymiennik ciepła,
 5 - ruszt.

Ahlstrom Pyropower

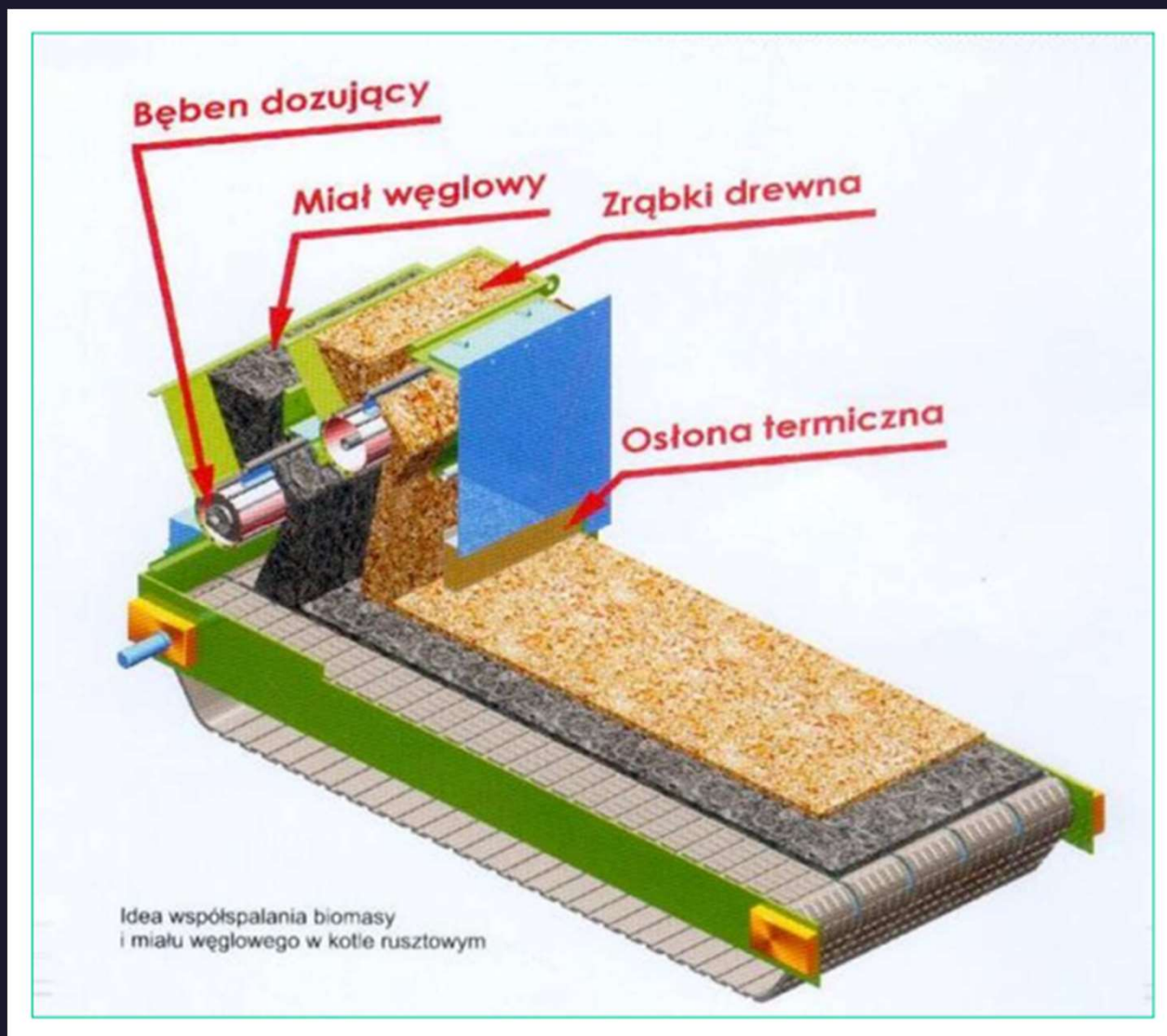


Wpółspalanie biomasy z węglem w kotłach rusztowych

- problemy z dozowaniem powietrza pod ruszt

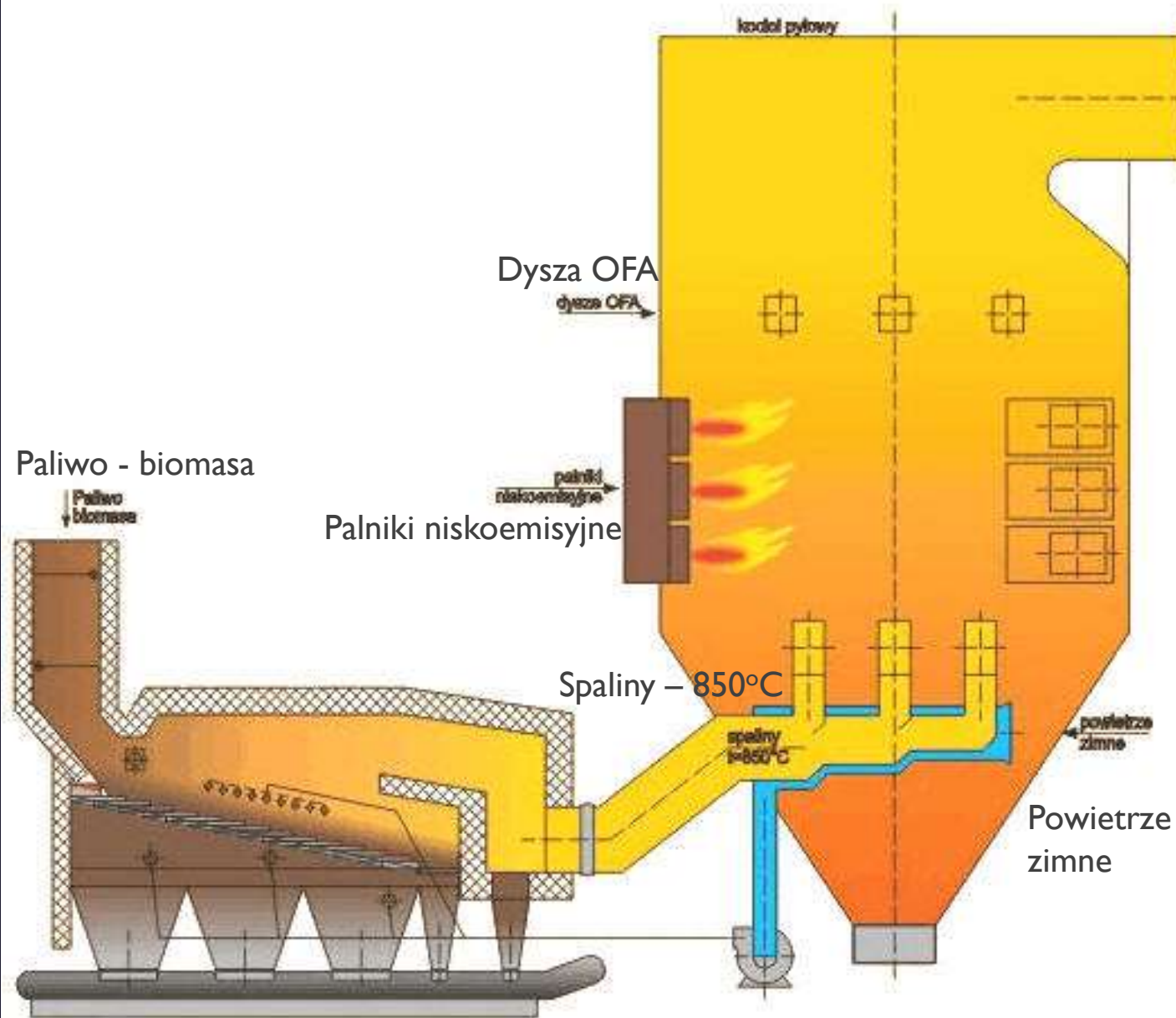


proponowane rozwiązanie



SYSTEMY WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM W KOTŁACH PYŁOWYCH

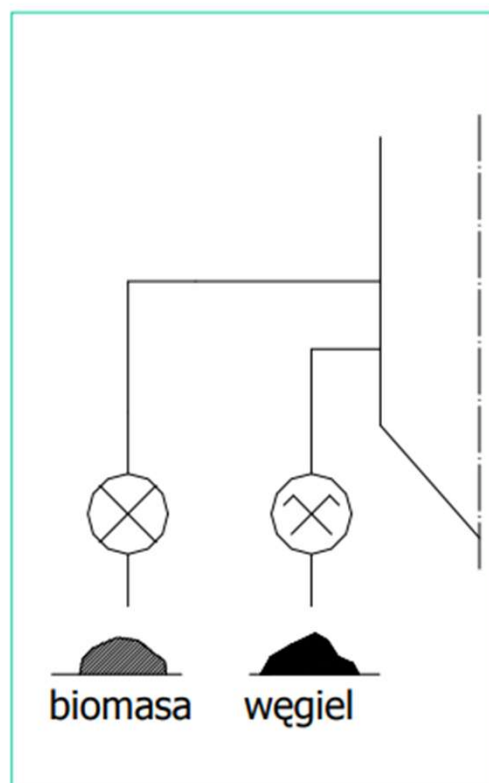
KOCIOŁ PYŁOWY



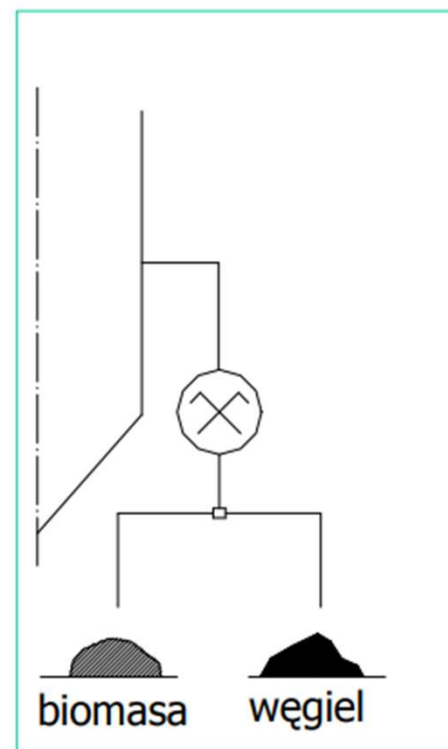
Systemy współspalania biomasy z węglem w kotłach pyłowych

1. Zainstalowanie ruchomego rusztu w leju żużlowym kotła pyłowego dla spalania biomasy.
2. Mielenie biomasy z węglem w młynach węglowych i podanie mieszanki do kotła (z ang. *blending*).
3. Podawanie rozdrobnionej biomasy (trocin) w strumieniu powietrza do paleniska odrębnymi dyszami.
4. Wtrysk zawiesiny rozdrobnionej biomasy w wodzie lub w oleju przez palniki olejowe do kotła.
5. Spalanie biomasy w specjalnym, wstępnym palenisku i podawanie spalin do kotła.
6. Zgazowanie biomasy i spalanie gazu generatorowego w palenisku pyłowym jako dodatkowego paliwa.

Systemy bezpośredniego współspalania biomasy z węglem w kotłach

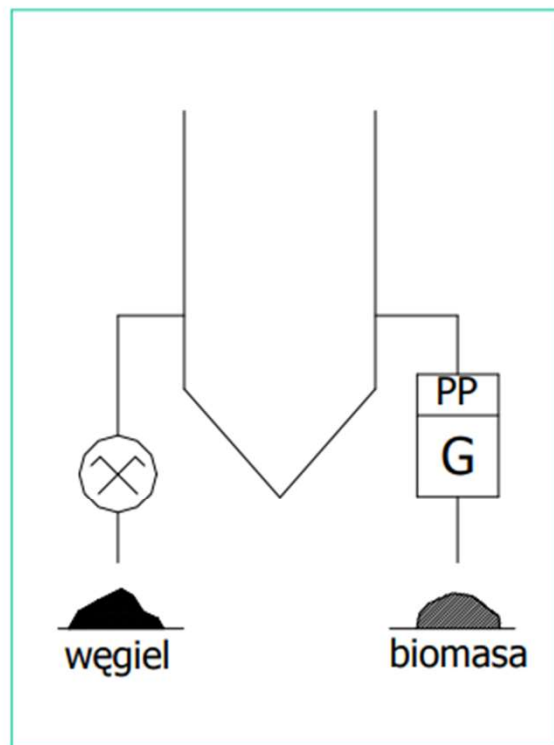


Przemiał bezpośredni

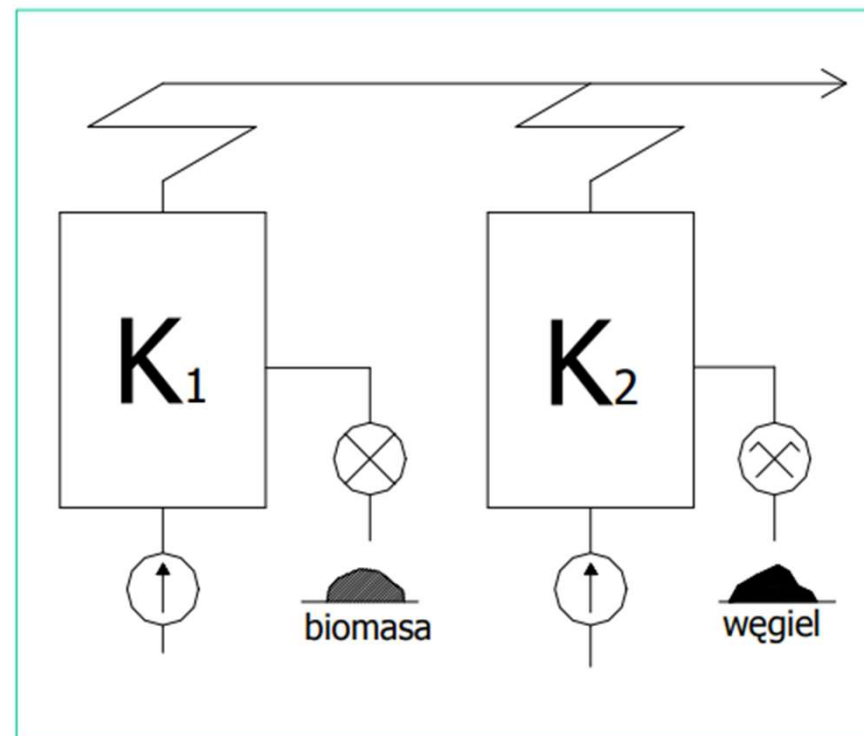


Przemiał biomasy z węglem

Systemy pośredniego współspalania biomasy z węglem w kotłach



Dobudowa gazogeneratora



Układ równoległo-hybrydowy

Trendy rozwoju technologii współspalania biomasy z węglem w energetyce zawodowej

1. Wstępne mieszanie biomasy z węglem (blendowanie).
2. Niski udział biomasy w mieszance z węglem ($< 10\%$).
3. Wykorzystanie istniejących układów nawęglania do podawania mieszanek węgla z biomasą do kotła.

Droga do komercyjnego wykorzystania biomasy w elektrowniach węglowych

1. Uzyskanie certyfikatu na współspalanie biomasy z węglem.
2. Wybór systemu współspalania biomasy z węglem.
3. Zabezpieczenie nowych stanowisk pracy przed zagrożeniem pożarowym i wybuchowym.
4. Zabezpieczenie dostaw biomasy dla zapewnienia spalania co najmniej dla jednego kotła.

Biomasa do współspalania w kotłach energetycznych wg. źródła pochodzenia

1. Odpady drzewne (trociny, pył szlifierski, pelety...)
2. Odpady z przemysłu papierniczego (kora, ...)
3. Drewniane odpady budowlane (drewno porobiórkowe,...)
4. Odpady rolnicze (słoma brykietowana,...)
5. Importowane odpady z produkcji oleju z oliwek lub oleju palmowego.
6. Ciekłe biopaliwa (oleje odpadowe, gliceryna, ...)

Kategorie biomasy do współspalania w kotłach energetycznych

- Trociny i pyły, które mogą być bezpośrednio współspalane bez obróbki wstępnej,
- Zrębki, brykiety i materiały speletyzowane, które wymagają mielenia lub współmielenia z węglem.
- Materiał zbalotowany wymagający specjalistycznego układu paliwowego.
- Ciekła biomasa mogąca być substytutem ciężkiego oleju opałowego.

WSPÓŁSPALANIE BIOMASY Z WĘGLEM – WSPÓŁMIELENIE (co-milling)

Dlaczego wspólny przemiał biomasy z węglem dominuje w elektrowniach?

1. Brak infrastruktury do spalanie biomasy w skali występującej w energetyce zawodowej.
2. W młynie następuje także homogenizacja biomasy i węgla.
3. Niechęć w infrastrukturę do spalania i współspalania w biomasy w energetyce zawodowej.

Współspalanie biomasy z węglem wstępnie wymieszanych

- 1. Mieszanka biomasy z węglem może być przygotowana wstępnie (na placu) i dostarczana do kotła przez układ nawęglania.**
- 2. Mieszanka biomasy z węglem może być przygotowana w czasie nawęglania kotła przez dodawanie biomasy do węgla na taśmociąg.**
- 3. Maksymalny udział biomasy w mieszance z węglem nie przekracza wówczas 10% (15%).**
- 4. Ograniczenie udziału biomasy w mieszance wynika z działania młynów węglowych.**

Przemiał mieszanek biomasy z węglem

- 1. Zdolność przemiałowa młynów na węgiel kamienny zależy istotnie od właściwości przemiałowych węgla.**
- 2. Większość typów biomasy nie ma zdolności przemiałowej w młynach węglowych.**
- 3. Zdolność przemiałowa młyna jest czynnikiem ograniczającym udział biomasy w mieszance biomasy z węglem.**
- 4. Drugim ograniczeniem udziału biomasy w mieszance biomasa/węgiel jest woda w wilgotnej biomacie wpływającej na bilans cieplny młyna.**

WSPÓŁSPALANIE BIOMASY Z PYŁEM WĘGLOWYM PRZEZ ODRĘBNE PALNIKI

Współspalanie biomasy w kotłach pyłowych przez odrębne palniki

- **Modyfikacja kotłowych lub przemysłowych palników pyłowych.**
- **Instalacja nowych palników (biomasowych) na ścianie przedniej lub tylnej kotła.**

Modyfikacja palników pyłowych do współspalania biomasy w kotłach pyłowych

- Obniżyć temperaturę powietrza pierwotnego w przewodzie transportu biomasy.
- Zmodyfikować przewody powietrza wtórnego, żeby odpowiadały też potrzebom spalania dodatkowego strumienia paliwa (biomasy).
- Problemem jest lokalizacja nowych palników – ich oddziaływanie na padziąłanie palników pyłowych i osiagi kotła.
- Brak jest doświadczeń z zastosowaniem palników biomasowych w kotłach pyłowych.
- To złożone i kosztowne przedsięwzięcie.

NIEKTÓRE PROBLEMY EKSPLOATACYJNE WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM

Problemy eksploatacyjne współspalania biomasy z pyłem węglowym

1. Pogorszenie jakości przemiału i wydajności młynów.
2. Zwiększenie straty kominowej (pogorszenie sprawności kotła do 0,5%)
3. Wzrost zagrożenia pożarowo-wybuchowego w instalacji nawęglania
4. Wzrost zagrożenia korozyjnego dla powierzchni ogrzewalnych kotłów.
5. Wzrost udziału części palnych w popiele lotnym

Problemy z przemiałem biomasy z węglem

1. Występuje tendencja do gromadzenia się biomasy w młynie (pożary i wybuchy).
2. Pogorszeniu ulega jakość przemiału węgla.
3. Obniżeniu ulega wydajność młyna.
4. Obniżeniu ulega temperatura mieszanki na wylocie z młyna.

Efekty współspalania biomasy (< 10%) z węglem w kotłach pyłowych

1. Jeżeli przemiał jest zadowalający, wówczas spalania mieszanki biomasy z węglem jest poprawne, nawet jeśli jest mokra.
2. Duży udział wilgoci w biomacie powoduje wzrost strumienia spalin, ale doświadczenie pokazuje, że wpływ ten jest niewielki (ok. 0,5%).

Zagrozenie bezpieczeństwa wynikające ze współpalania mieszanek biomasy z węglem

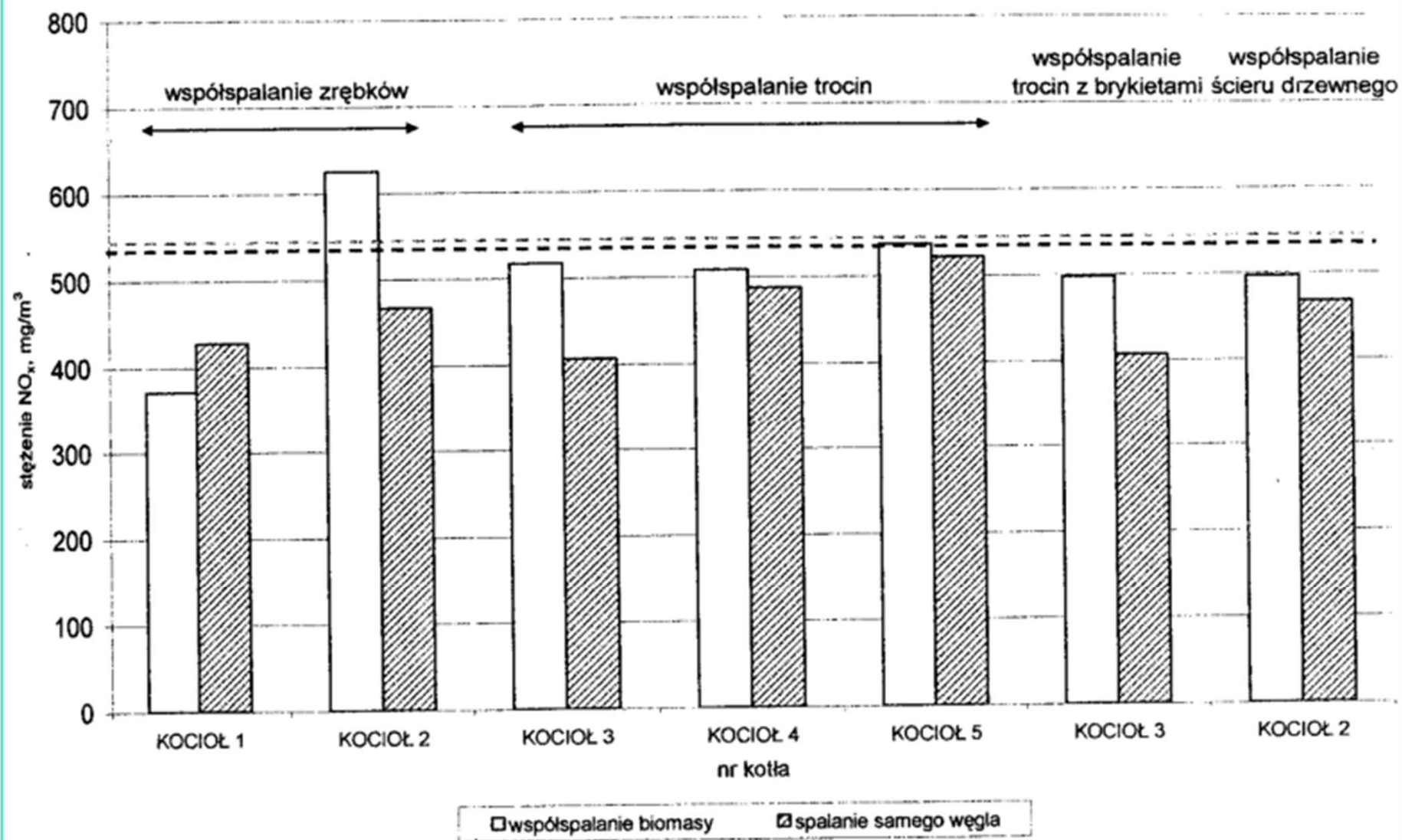
1. Biomasa zawiera wiele (do 90%) części lotnych, które zaczynają wydzielać się już od temperatury 180 °C. Z tego powodu należy: a) zmodyfikować procedury uruchamiania i odstawiania młynów, b) ograniczyć temperaturę powietrza pierwotnego.
2. Rozdrobniona biomasa reaguje znacznie szybciej niż węgiel kamienny zagrażając cofnięciem się płomienia do przewodu pyłowego i wybuchem/pożarem.
3. Biomasa ulega szybciej samogrzaniu stwarzając zagrożenia pożarowe w młynie.

EMISJE ZANIECZYSZCZEŃ PODCZAS WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM

Emisja NO_x i SO_2 przy współspalaniu biomasy z węglem w kotle pyłowym



Wpływ udziały słomy w strumieniu paliwa
na emisję zanieczyszczeń z kotła pyłowego



Emisje innych zanieczyszczeń przy współspalaniu węgla i biomasy

Przy współspalaniu biomasy z węglem w małych kotłach (rusztowe) problemem jest emisja:

- tlenku węgla (ponad 10 tys. ppm co odpowiada 1% obj. CO)
- WWA (wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych)

Duża emisja tlenku węgla wynika z dużej zawartości części lotnych w biomacie typu: drewno i słoma. Znaczenie ma też zawilgocenie węgla.

Spalanie drewna charakteryzuje się dużą emisją WWA.

KOROZJA I SZLAKOWANIE PODCZAS SPALANIA BIOMASY

Problemy wywołane spalaniem i współspalaniem biomasy w kotłach

1. Korozja chlorkowa (słoma).
2. Tworzenie się osadów na powierzchniach konwekcyjnych.
3. Spiekanie i aglomeracja popiołów (defluidyzacja złoża fluidalnego).

Składniki biomasy powodujące problemy korozyjne i szlakowanie

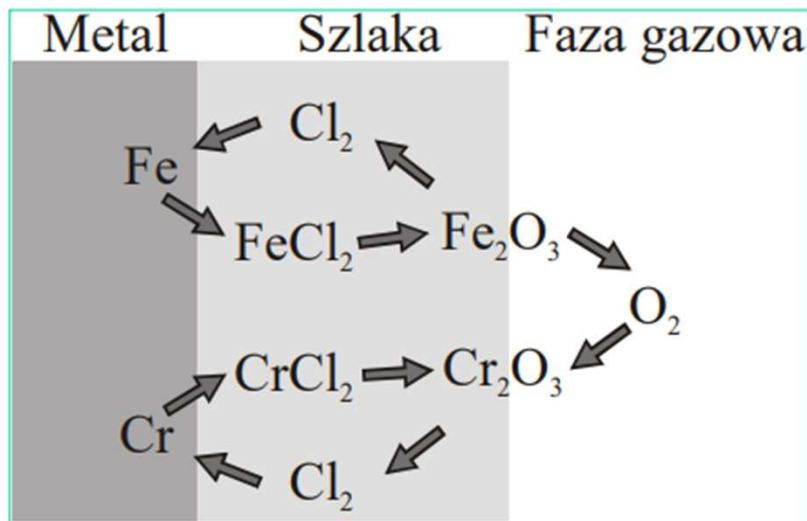
Składniki biomasy stwarzające problemy eksploatacyjne:

- znaczny udział chloru (słoma, trawa)
- znaczny udział metali alkalicznych (drewno, słoma, trawa)

Porównanie właściwości popiołów ze spalania biomasy i węgla

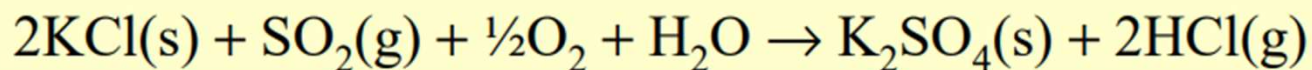
Paliwo	Udział K_2O , %	Temperatura	
		mięknienia, °C	plynięcia, °C
Słoma jęczmienna	40,3	730–800	1283
Węgiel kamienny	2,2	1050–1200	1427

Korozja chlorowa podczas spalania biomasy

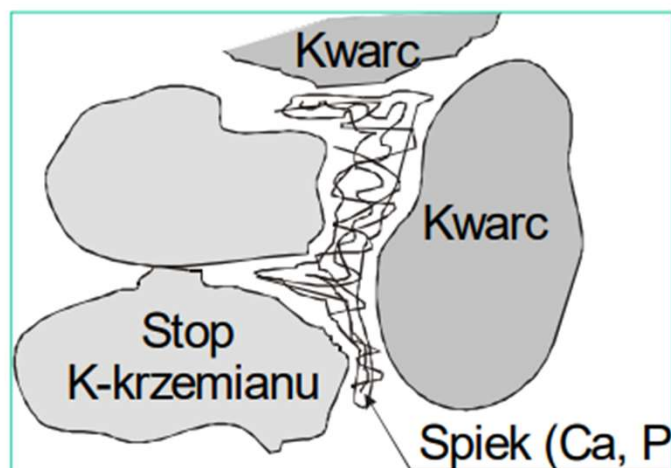


Mechanizm chemiczny korozji chlorowej powierzchni stalowych

Zachodząca w osadzie reakcja siarkowania chlorku potasu z udziałem SO_2 ze spalin powoduje wyzwolenie gazowego chloru, który *atakuje* żelazo i chrom w stali



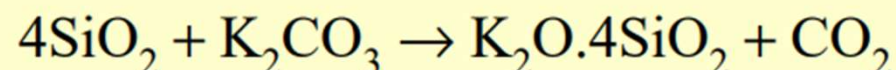
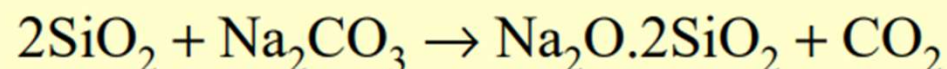
Defluidyzacja złoża fluidalnego



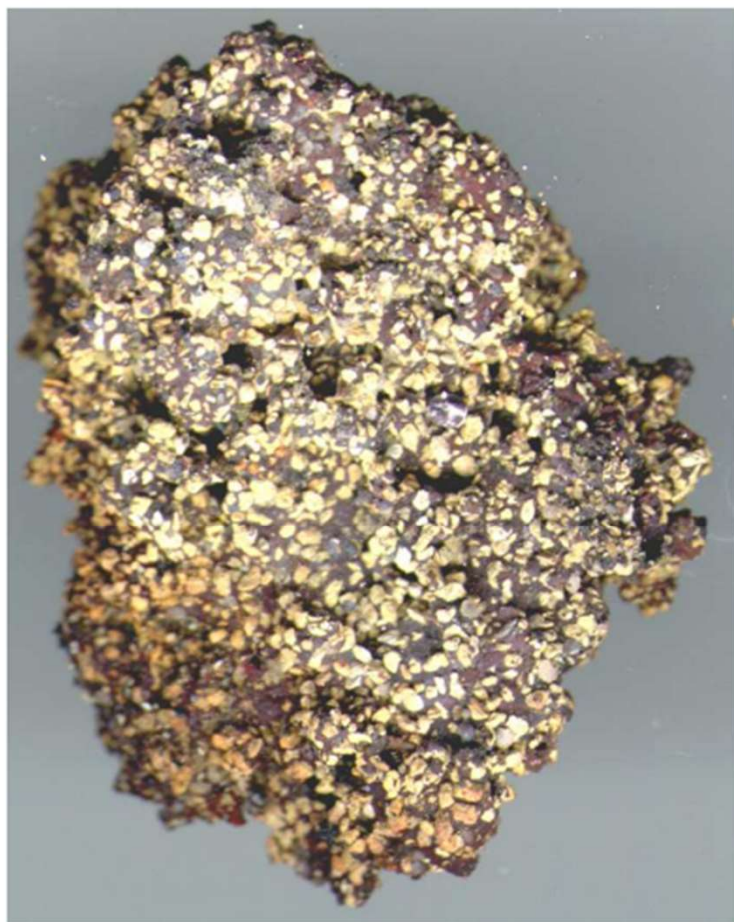
Aglomeracja materiału złoża z udziałem popiołu ze spalania biomasy

Eutektyki

Piasek (kwarc, SiO_2): temperatura topnienia 1450°C temperatura złoża $800\text{--}900^\circ\text{C}$, ale obecne w popiele ze spalania biomasy tlenki i sole metali alkalicznych reagują z SiO_2



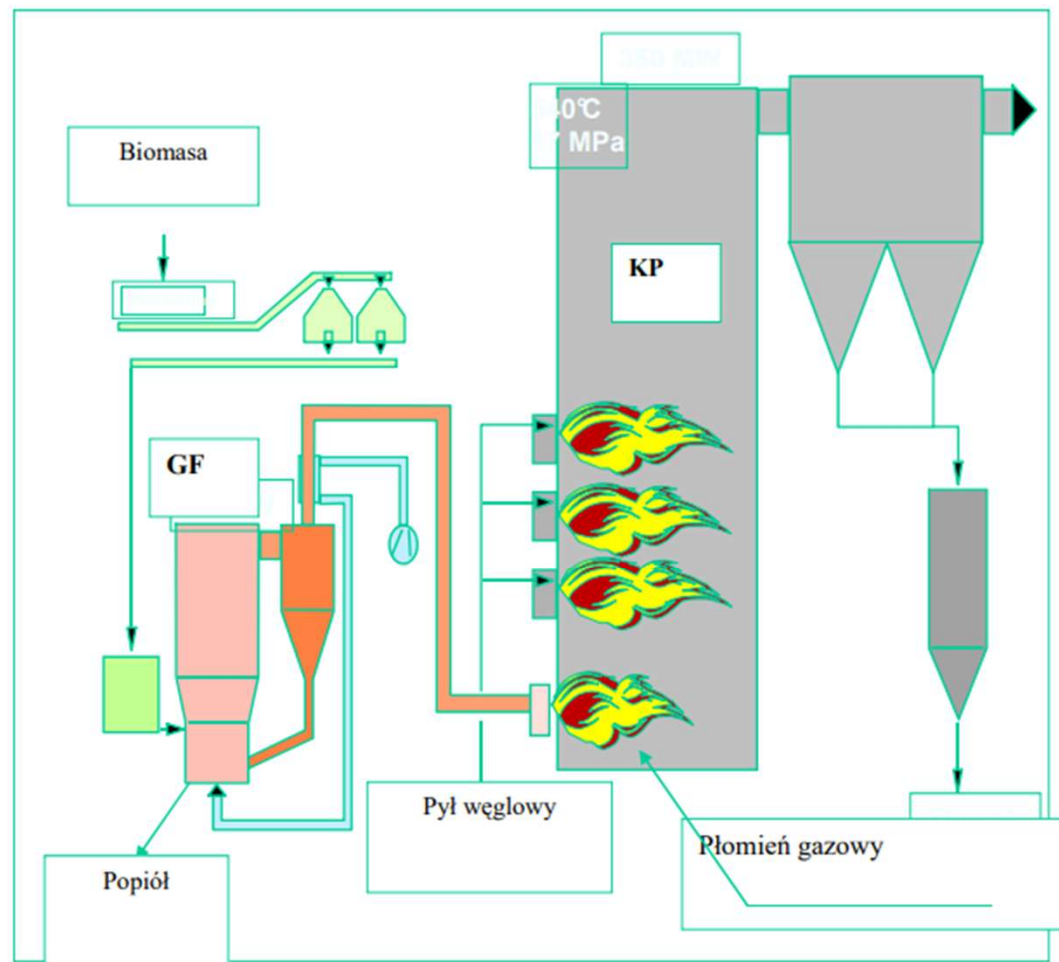
Spiekanie się złoża fluidalnego



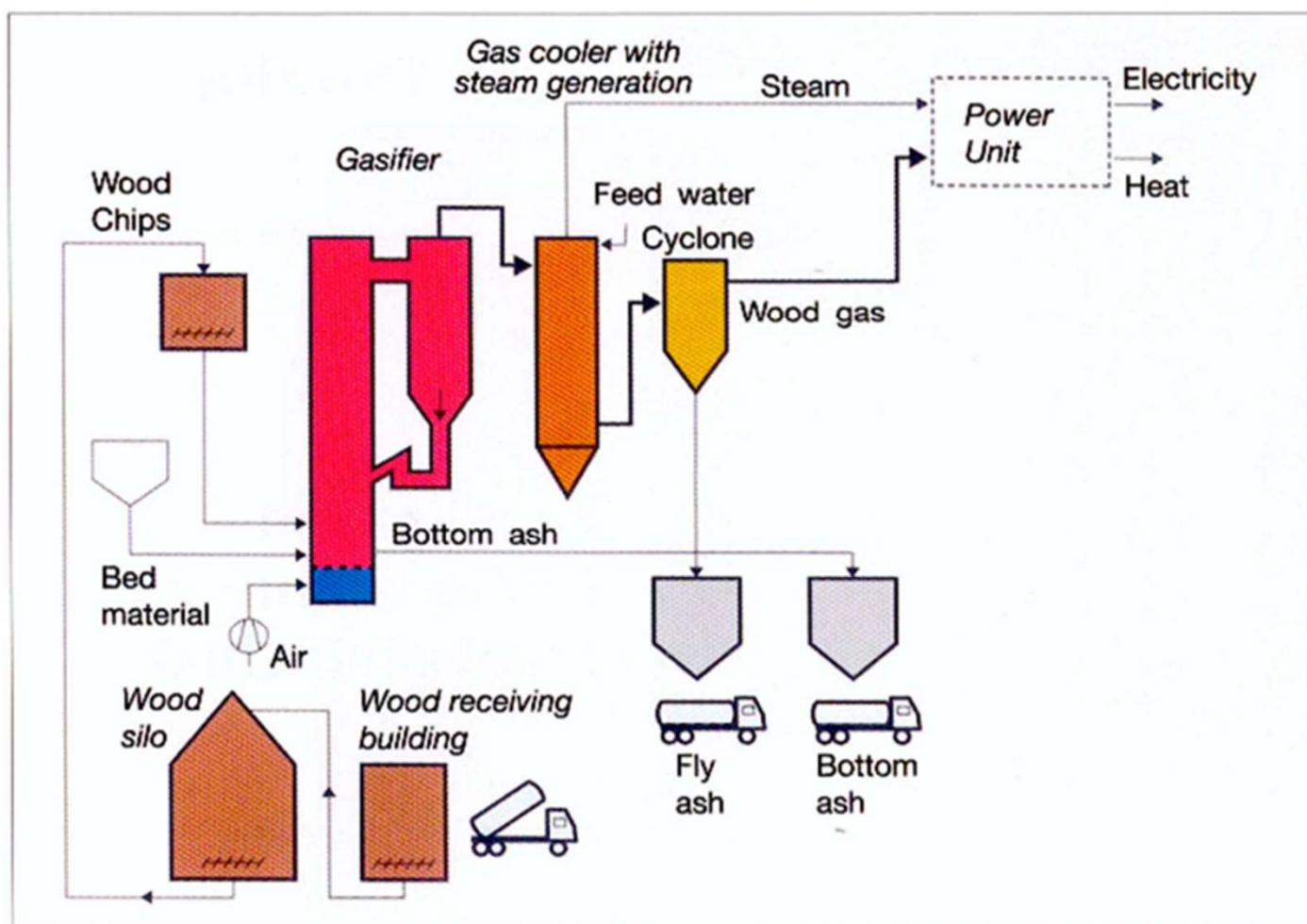
Spalanie węgla brunatnego ze
słomą rzepakową

ZGAZOWANIE BIOMASY dla WSPÓŁSPALANIA W KOTŁACH PYŁOWYCH

Zgazowanie odpadów drzewnych dla zasilania kotła pyłowego (Finlandia)



Zgazowanie drewna poużytkowego dla zasilania kotła pyłowego (600 MW_e Amer/Holandia)



Parametry procesu (Amer/Holandia)

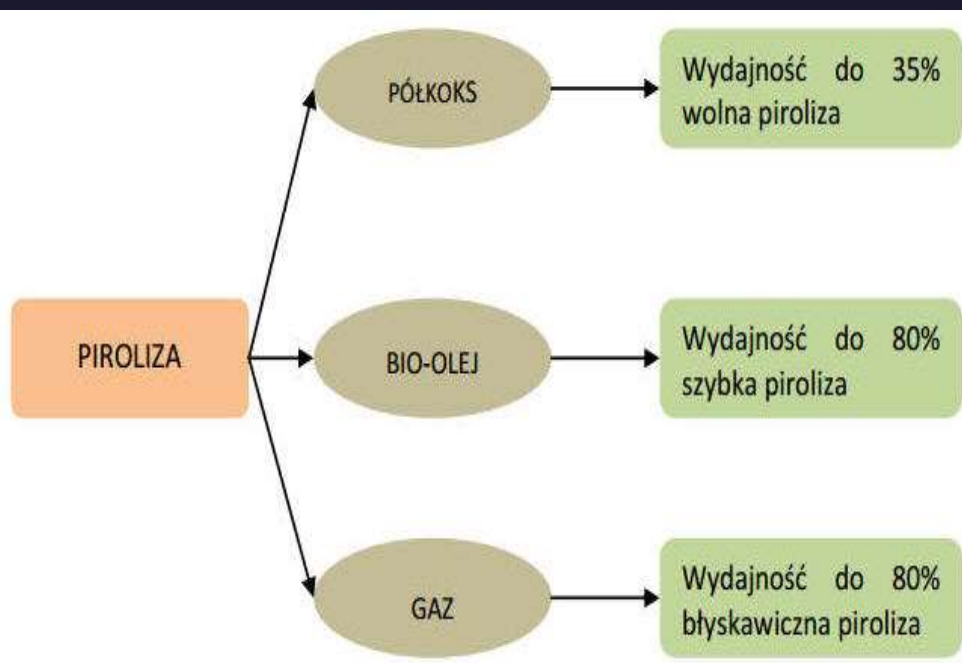
Parametr	Jednostka	Wartość
Strumień masy drewna	kg/s (t/h)	6 (ok.25)
Strumień masy powietrza	kg/s	6,43
Wartość opałowa drewna	MJ/kg	14,13
Strumień masy syngazu	kg/s	12,19
Strumień masy popiołu lotnego	kg/s	0,24
Strumień popiołu dennego	kg/s	0,39
Moc cieplna w strumieniu paliwa	MW	84,76
Moc cieplna w strumieniu syngazu	MW	73,35

Parametry gazu (Amer/Holandia)

H ₂	11.1
CO	13.4
CO ₂	14.9
CH ₄	4.4
C ₂ H ₆	0.27
C ₃ H ₂ + C ₂ H ₄	1.51
C ₆ H ₆	1.2
H ₂ S	0.02
N ₂	51.4
A _r + O ₂	0.6
H ₂ O	26.4 vol%
Fly ash (incl. 50 w% C)	10.5 g/m _o ³
LHV	5.550 MJ/m _o ³

PIROLIZA BIOMASY

W zależności od szybkości pirolizy produktem końcowym może być paliwo stałe, ciekłe lub gazowe.



Warunki procesu	Konwencjonalna piroliza	Szybka piroliza	Błyskawiczna piroliza
Temperatura [°C]	300 – 700	600 – 1000	800 – 1000
Szybkość nagrzewania [°C/s]	0,1 – 1	10 – 200	≥1000
Czas przebywania w temperaturze końcowej [s]	600 – 6000	0,5 – 5	<0,5
Rozmiar cząstek [mm]	5-50	<1	pył

Dziękuję za uwagę

Kinga Turoń

