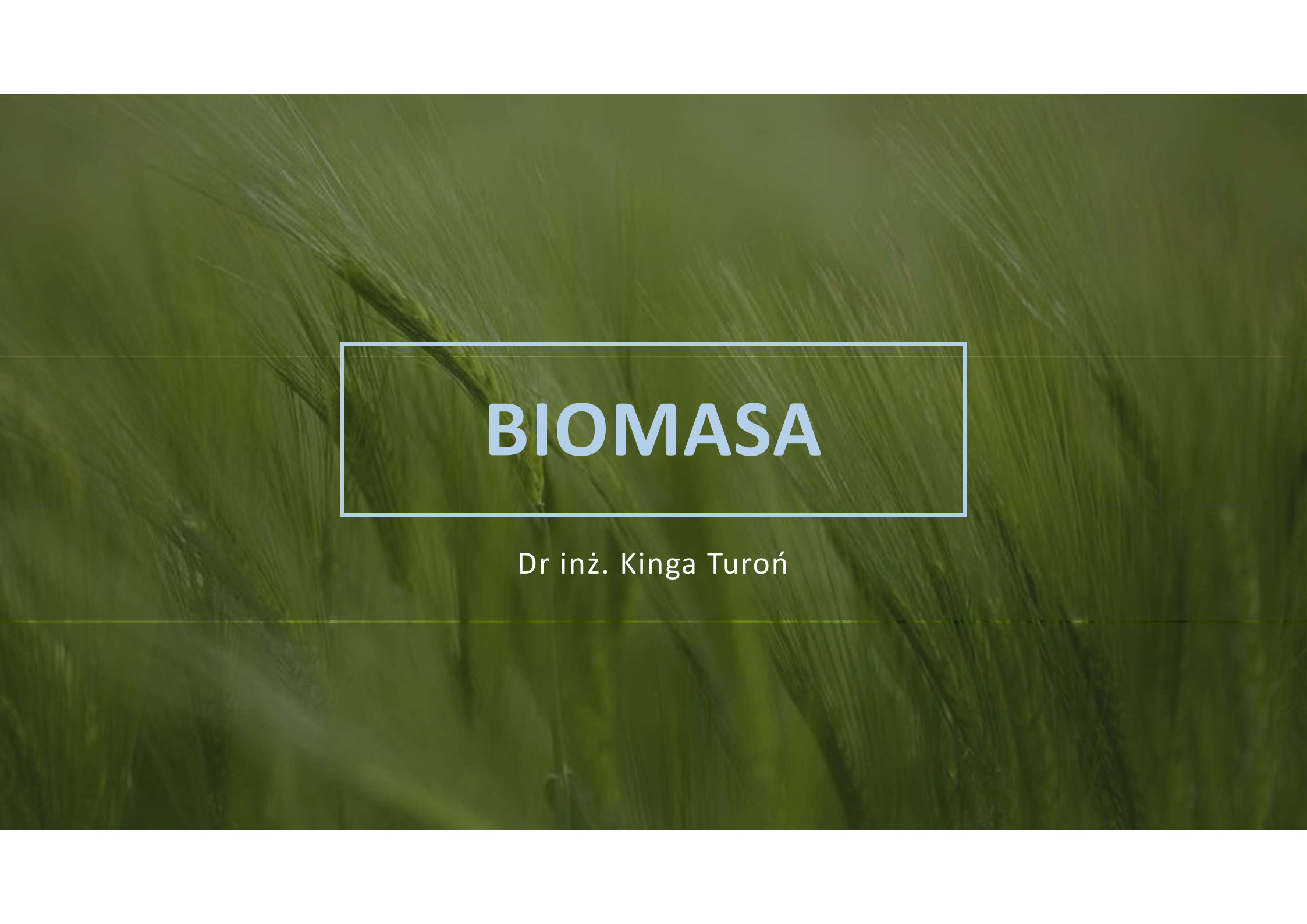




BIOMASA

Dr inż. Kinga Turoń

MASZYNY I URZĄDZENIA DO PRZYGOTOWANIA BIOMASY



MASZYNY DO POZYSKIWANIA BIOMASY DRZEWNEJ

Maszyny do pozyskiwania drewna

<https://youtu.be/pe5nzNFtvfw>

<https://youtu.be/fjLzUCJ44oc>

Produkcja zrębków

Produkcja brykietów

Produkcja pelletów

HARWESTERY

Dzieli się na:
Jednochwytakowe
i dwuchwytakowe



PREZENTACJA

FORWARDERY

Cztero -, sześć -, lub
ośmiokołowe

Wyposażone w żurawie
hydrauliczne o zasięgu 7-10m

20XX



PREZENTACJA

5

MATERIAŁ NIEOBROBIONY PRZECHODZI PRZEZ TRZY RÓŻNE FAZY:

SELEKCJA:

materiał jest dzielony na sortymenty w zależności od jego przeznaczenia (do pieca lub suszarni).

Podział ten zwykle wykonywany jest ręcznie;

CIĘCIE:

skracać drewna na odcinki od 25 do 100 cm, przez przecinanie fragmentów drewna prostopadle do jego włókien;

ROZŁUPYWANIE:

zmniejszanie średnicy fragmentów drewna poprzez stosowanie sił mechanicznych wzdłużnie do przebiegu włókien drewna.

W ZALEŻNOŚCI OD ZASTOSOWANYCH CZYNNOŚCI, MASZyny UŻYWANE DO PRODUKCJI KŁÓD DREWNA DZIELI SIĘ NA:

PIŁY:

jeśli oparte są one na pilarkach taśmowych, mogą one obrabiać średnice większe niż 40 cm i charakteryzują się niskimi stratami przy cięciu; jeśli są to piły tarczowe, mogą one obrabiać tylko mniejsze średnice, oraz mają większe straty wynikające z cięcia;

ROZŁUPIARKI (ŁUPARKI):

wyposażone są one w urządzenie rozłupujące drewno na zasadzie klina lub śruby. Urządzenia klinowe do użytku domowego mają zazwyczaj 2 lub 4 krawędzie rozłupujące, odcinki drewna są zwykle umieszczane w pozycji pionowej, a urządzenia te używają siły rozłupującej do 15 t, podczas gdy w urządzeniach typu przemysłowego, odcinki drewna są umieszczane poziomo wobec klinów lub krat, mają one do 16 krawędzi rozłupujących i nacisk do 40 - 60 ton.

KOMBAJNY (PIŁO-ROZŁUPIARKI):

istnieją modele przewoźne, ale większość takich urządzeń to urządzenia stacjonarne, które łączą w sobie dwa procesy, pozwalając na podwyższenie automatyzacji procesu produkcyjnego i jego wydajność, oraz obróbkę zarówno kłód jak i większych gałęzi. Wyposażone są w silnik elektryczny lub spalinowy o zapłonie iskrowym, (do 55 kW), mogą obrabiać pnie i kłody do długości 6 m i średnicy 60 cm, oraz mogą wytwarzać więcej niż 12 ton materiału na godzinę.⁷

**ŁUPARKA
KLINOWA
O PRACY
POZIOMOWEJ**



ŁUPIARKA STOŻKOWA



20XX

Pila łańcuchowa

koszt zakupu: 500 - 900 €
wydajność w lesie gospodarczym:
1 - 1.2 m³/h (trzebież)
2 - 2.5 m³/h (główne obalanie)
wydajność w lesie odrostowym:
0.4 - 0.7 przestrz. m³/h (warunki średn.)
0.8 - 1.8 przestrz. m³/h (warunki dobre)
zużycie paliwa na godz.: 0.6 - 1 l
(mieszanka benzyny i oleju silnikowego)
koszt godziny pracy ≈ 18 - 20 €



Traktor wraz z ładowarką

koszt zakupu traktora: 45,000 - 60,000 €
koszt zakupu ładowarki: 3000 - 4200 €
wydajność w lesie gospodarczym: 2.5 - 6 m³/h
wydajność w lesie odrostowym: 3 - 7 przestrz. m³/h
zużycie paliwa na godz.: 4 - 9 l
koszt godziny pracy ≈ 45 - 50 € (2 pracowników)



Traktor wraz z przyczepą

koszt zakupu traktora: 45,000 - 60,000 €

koszt zakupu przyczepy: 8,000 - 25,000 €

pojemność ładunkowa: 5 - 15 t

wydajność: 5 - 12 m³/h

(w zależności od odległości transportu)

zużycie paliwa na godz.: 5 - 10 l

koszt godziny pracy $\approx$ 40 - 50 €



Harvester

koszt zakupu: 300,000 - 370,000 €

max średnica cięcia: 65 - 70 cm

max średnica usuwania gałęzi: 45 - 60 cm

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 35% (na kołach)

60% (gąsienice)

(przy optymalnych warunkach podłoża)

wydajność w lesie gospodarczym: 8 - 20 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 11 - 16 l

koszt godziny pracy $\approx$ 90 - 120 €



Forwarder

koszt zakupu: 180,000 - 270,000 €

pojemność ładunkowa: 10 - 14 t

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 30 - 35%

długość pni: do 6 m

wydajność: 12-20 m³/h

(w zależności od odległości
transportu)

zużycie paliwa na godz.: 7 - 11 l

koszt godziny pracy $\approx$ 65 - 80 €



Harvester hybrydowy

koszt zakupu: 240,000 €

max średnica cięcia: 55 cm

max średnica usuwania gałęzi: 50 cm

max nachylenie pokonywanych

wzniesień: 45-50%

wydajność: 10-15 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 10 - 12 l

koszt godziny pracy $\approx$ 80 €



Skidder (ciągnik zrywkowy)

koszt zakupu: 120,000 - 150,000 €

wydajność transportu: do 3 t

max nachylenie pokonywanych
wzniesień: 20%

wydajność: 8 - 12 m³/h

(w zależności od odległości
transportu)

zużycie paliwa na godz.: 6 - 10 l

koszt godziny pracy $\approx$ 55 - 65 €



Obrabiarka montowana na traktorze

koszt zakupu traktora: 30,000 €

koszt zakupu obrabiarki: 45,000 €

max średnica cięcia: 48 cm

max średnica usuwania gałęzi: 40 cm

wydajność: 10-15 m³/h

zużycie paliwa na godz.: 4 - 5 l

koszt godziny pracy $\approx$ 35 €



Obrabiarka w oparciu o koparkę

koszt zakupu koparki: 170,000 €
koszt zakupu obrabiarki: 60,000 €
max średnica cięcia: 65 cm
max średnica usuwania gałęzi: 60 cm
wydajność: 15-40 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 15 - 17 l
koszt godziny pracy ≈ 85 €



Żuraw linowy z przewoźnym dźwigiem placowym

lekki:

koszt zakupu: 40000 - 120,000 €
max moc pociągowa: 2,000 daN
wydajność: 3 - 6 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 5 - 6 l
koszt godziny pracy ≈ 25 - 40 €

średni:

koszt zakupu: 100,000 - 220,000 €
max moc pociągowa: 5000 daN
wydajność: 3 - 12 m³/h
zużycie paliwa na godz.: 6 - 10 l
koszt godziny pracy ≈ 40 - 80 €



Zrębkwownica

małej mocy

koszt zakupu: 3,500 - 35,000 €

średnica robocza: max 20 cm

wydajność: 2 - 3 t/h

zużycie paliwa na godz.: 5 - 8 l

średniej mocy

koszt zakupu: 15,000 - 75,000 €

średnica robocza: max 30 cm

wydajność: 4 - 7 t/h

zużycie paliwa na godz.: 10 - 14 l

wysokiej mocy

koszt zakupu: 31,000 - 250,000 €

średnica robocza: > 30 cm

wydajność: 13 - 20 t/h

zużycie paliwa na godz.: 34 - 38 l

koszt godziny pracy $\approx$ 150 - 190 €



Pila do drzewa

koszt zakupu: 600 - 2,000 €

średnica robocza: 14 - 25 cm

Rozłupiarka do drzewa

koszt zakupu: 1,500 - 14,000 €

robocza długość bali: 0.3 - 4 m

Kombajn (pilo-rozłupiarka)

koszt zakupu: 7,000 - 70,000 €

średnica robocza: 25 - 60 cm

robocza długość bali: 2 - 6 m

koszt godziny pracy $\approx$ 70 - 150 €



**Ciągnik siodłowy z przyczepą
(transport bali i kłód)**

koszt zakupu ciągnika: 110,000 - 150,000 €

koszt zakupu przyczepy: 20,000 - 30,000 €

pojemność ładunkowa: 18 - 20 t

zużycie paliwa: 2.5 - 3.5 km/l

koszt godziny pracy $\approx$ 60 - 75 €



**Ciągnik siodłowy z przyczepą
(transport zrębek)**

koszt zakupu ciągnika: 100,000 - 115,000 €

koszt zakupu przyczepy: 45,000 €

pojemność ładunkowa: 20 - 22 t
(85 - 90 bulk m³)

zużycie paliwa: 2.5 - 3.5 km/l

koszt godziny pracy $\approx$ 65 - 70 €

z ładowarką dwuszczkową

koszt zakupu: 205,000 €

pojemność ładunkowa: 81 nasyp. m³

koszt godziny pracy $\approx$ 70 - 75 €



PRODUKCJA ZRĘBKÓW

Pod względem budowy rębaki można dzielić na:

- bębnowe
- tarczowe
- bijakowe

a ze względu na rodzaj napędu:

- elektryczne
- spalinowe





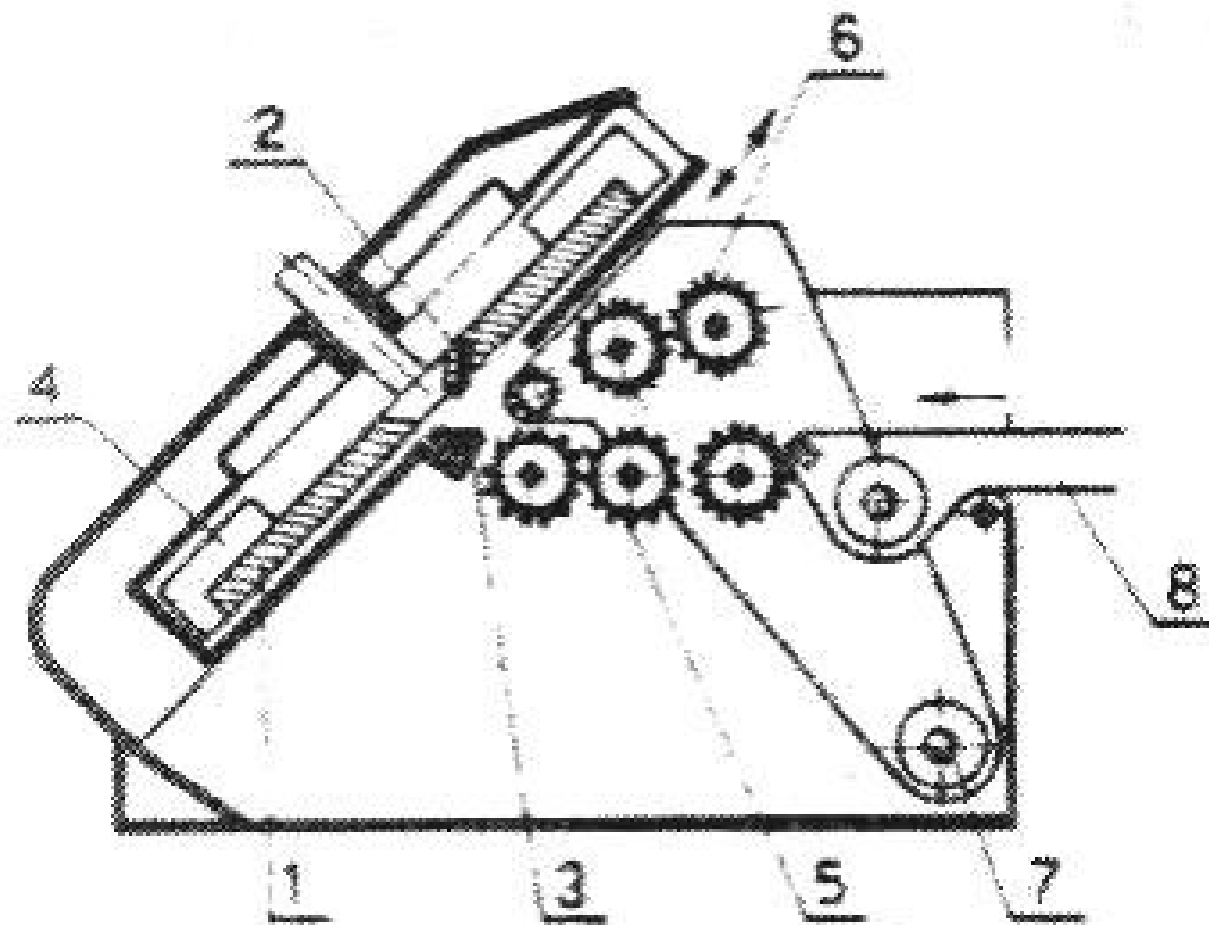
RĘBAK CIĄGNIKOWY



RĘBAK DO CAŁYCH PNI

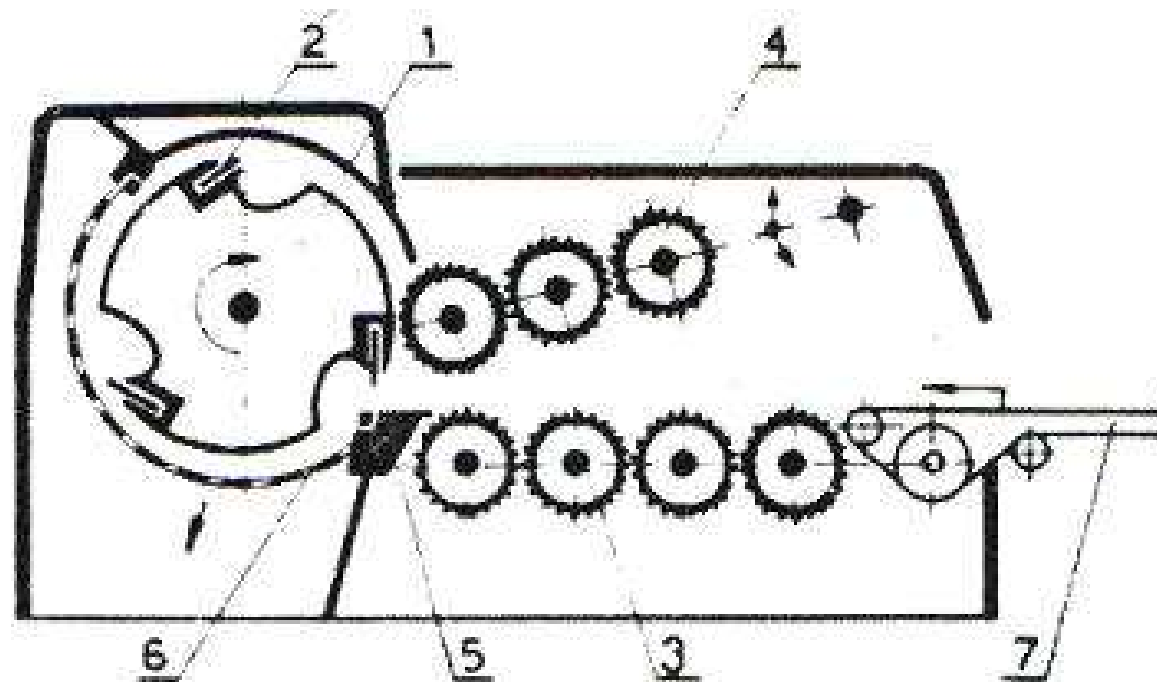
RĘBAK TARCZOWY

- 1 – tarcza nożowa,
- 2 – nóż,
- 3 – przeciwnóż,
- 4 – łopatką,
- 5 – dolny zespół walców posuwowych,
- 6 – górny, wychylny zespół walców posuwowych,
- 7 – punkt obrotu wysięgnika,
- 8 – przenośnik



RĘBAK BĘBNOWY

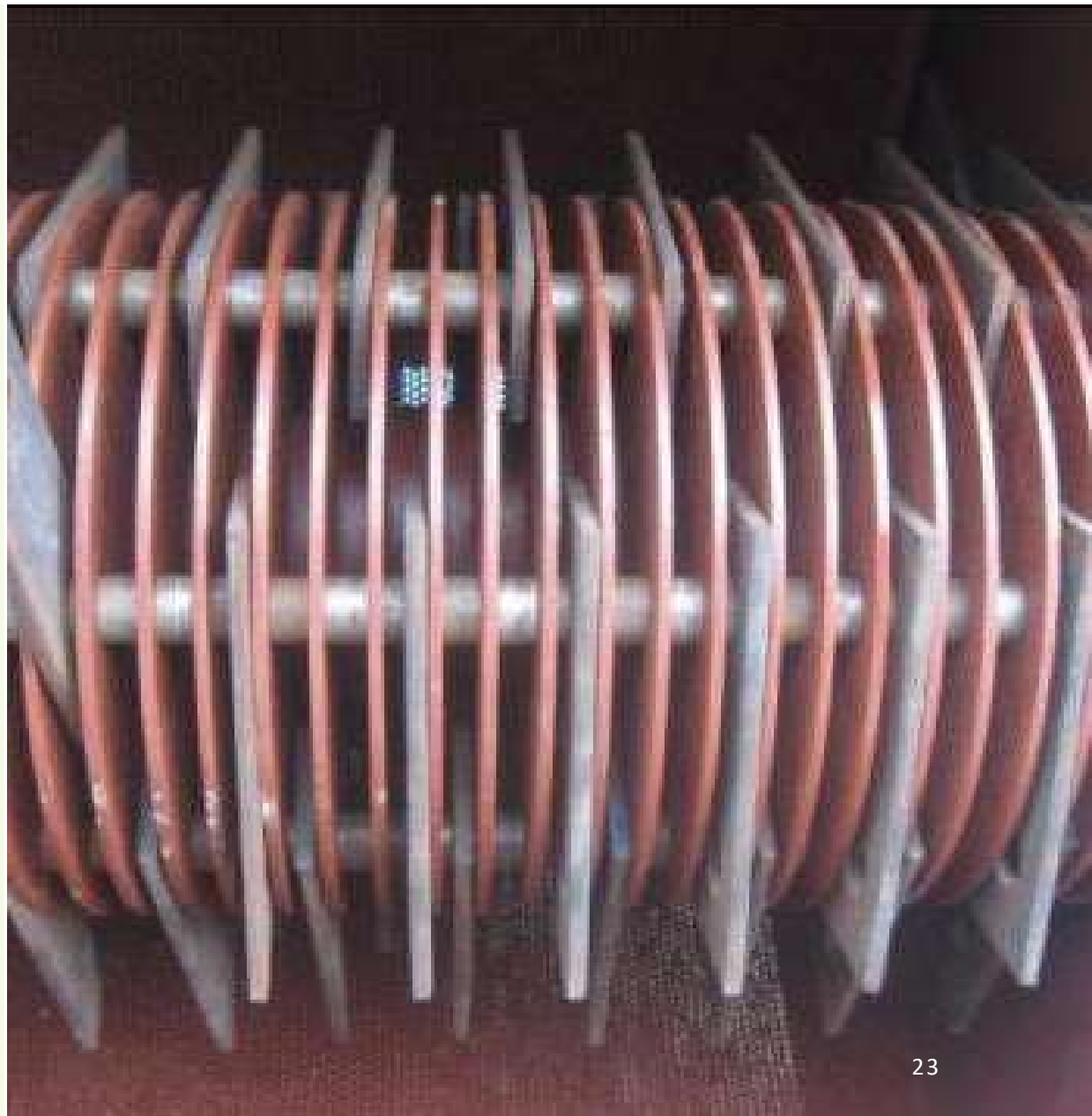
- 1 – wał/bęben nożowy,
- 2 – nóż,
- 3 – stały zespół walców posuwowych,
- 4 – wychylny zespół walców posuwowych,
- 5 – przeciwnóż,
- 6 – sito,
- 7 – przenośnik.



RĘBAK BIJAKOWY



Gardziel rębaka bijakowego



PRODUKCJA BRYKIETÓW



Brykiet z drewna



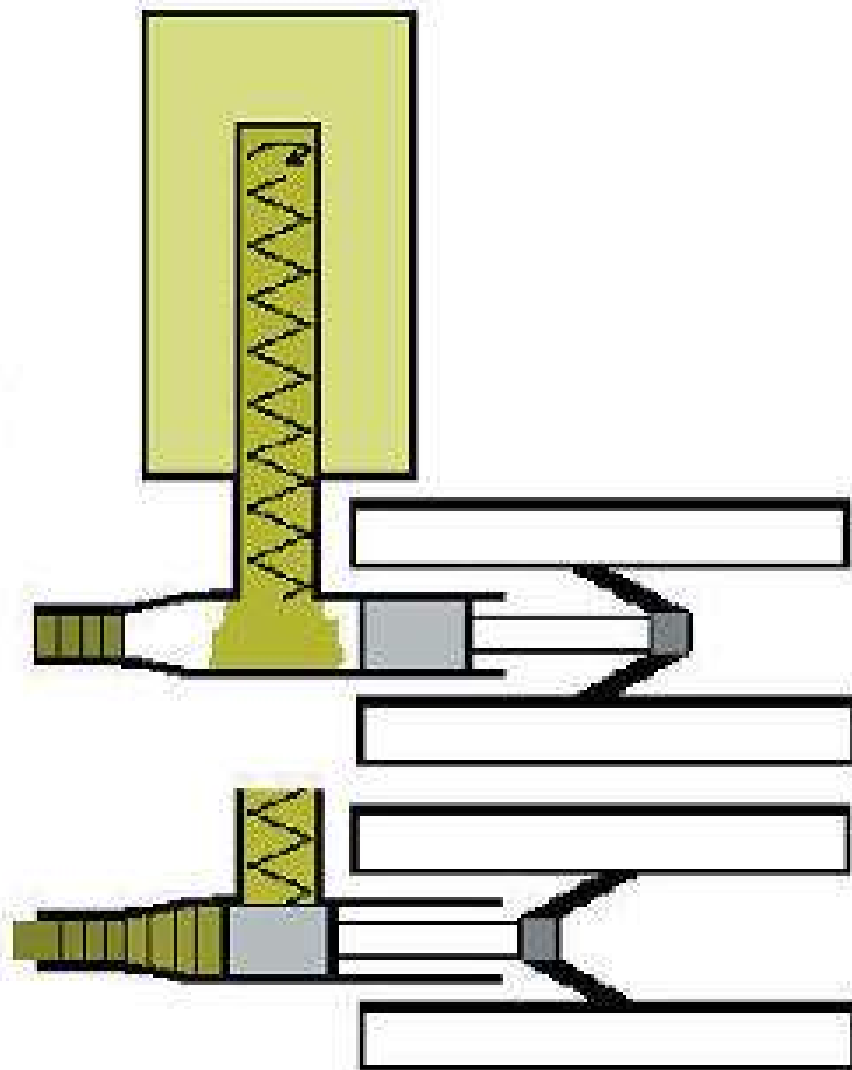
BRYKIET ZE SŁOMY PIERŚCINIOWY

BRYKIECIARKI



Maszyny do brykietowania można ogólnie podzielić na:

- tłokowe,
- ślimakowe,
- hydrauliczne.



BRYKIECIARKI TŁOKOWE

CYKLE PRACY

U góry zadawanie materiału
przez ślimak do komory
zgniotu

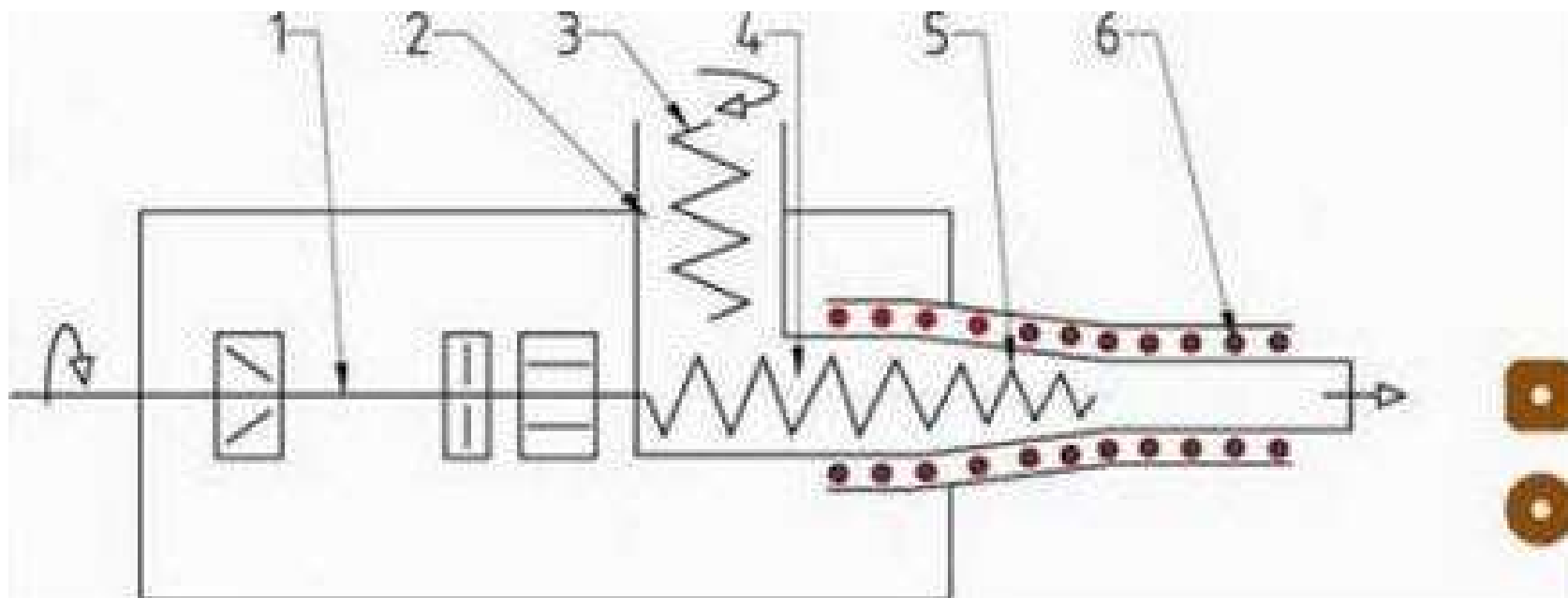
U dołu - prasowanie brykietu.



BRYKIECIARKA TŁOKOWA

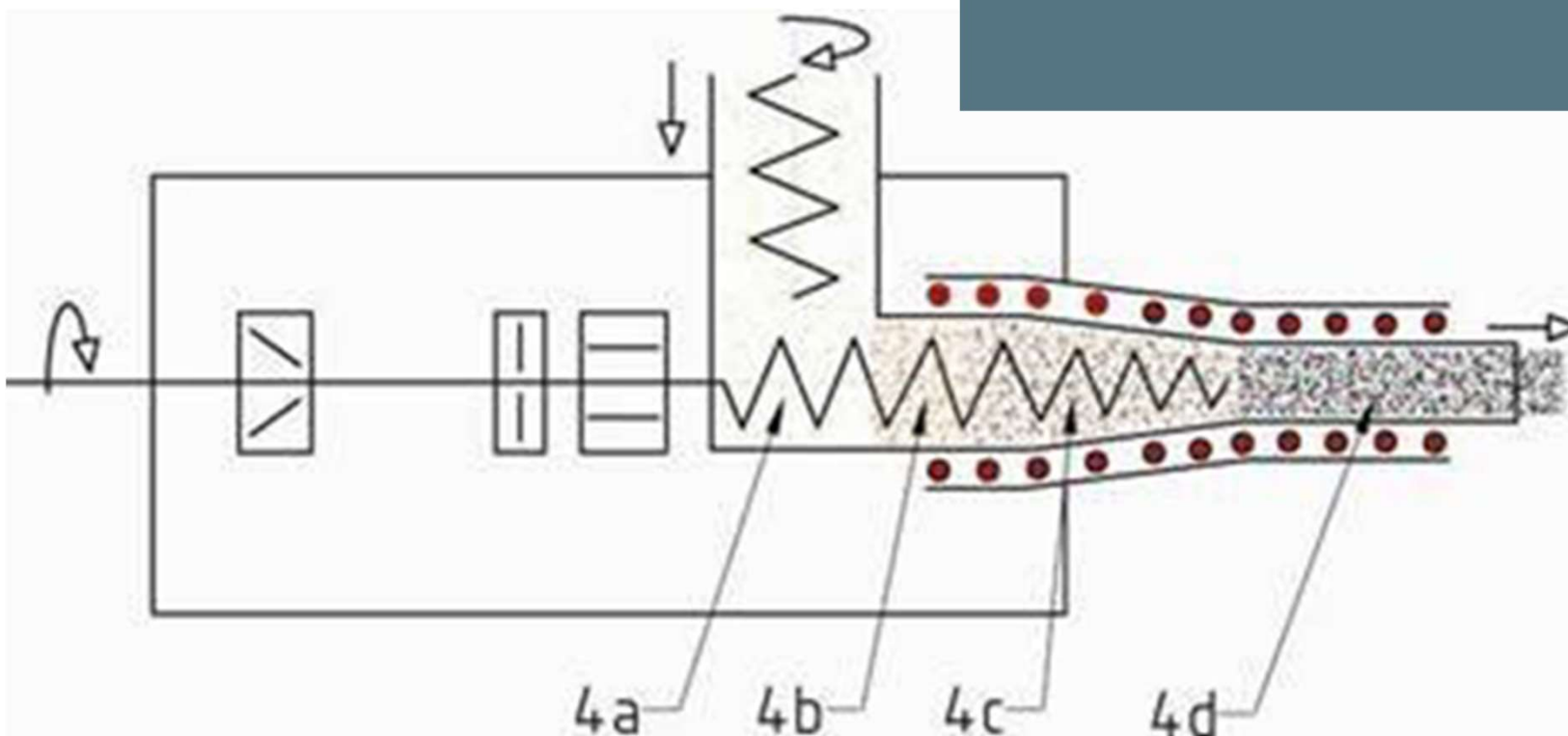
BRYKIECIARKI ŚLIMAKOWE

- 1 – układ łożyskowania
- 2 – komora podająca
- 3 – ślimak podający
- 4 – komora zagęszczająca
- 5 – ślimak prasujący.
- 6 – grzałka



SCHEMAT PRACY BRYKIECIARKI ŚLIMAKOWEJ

4a – strefa podawania i odpowietrzania
4b – strefa zagęszczania,
4c – strefa wstępnego prasowania,
4d – strefa brykietowania

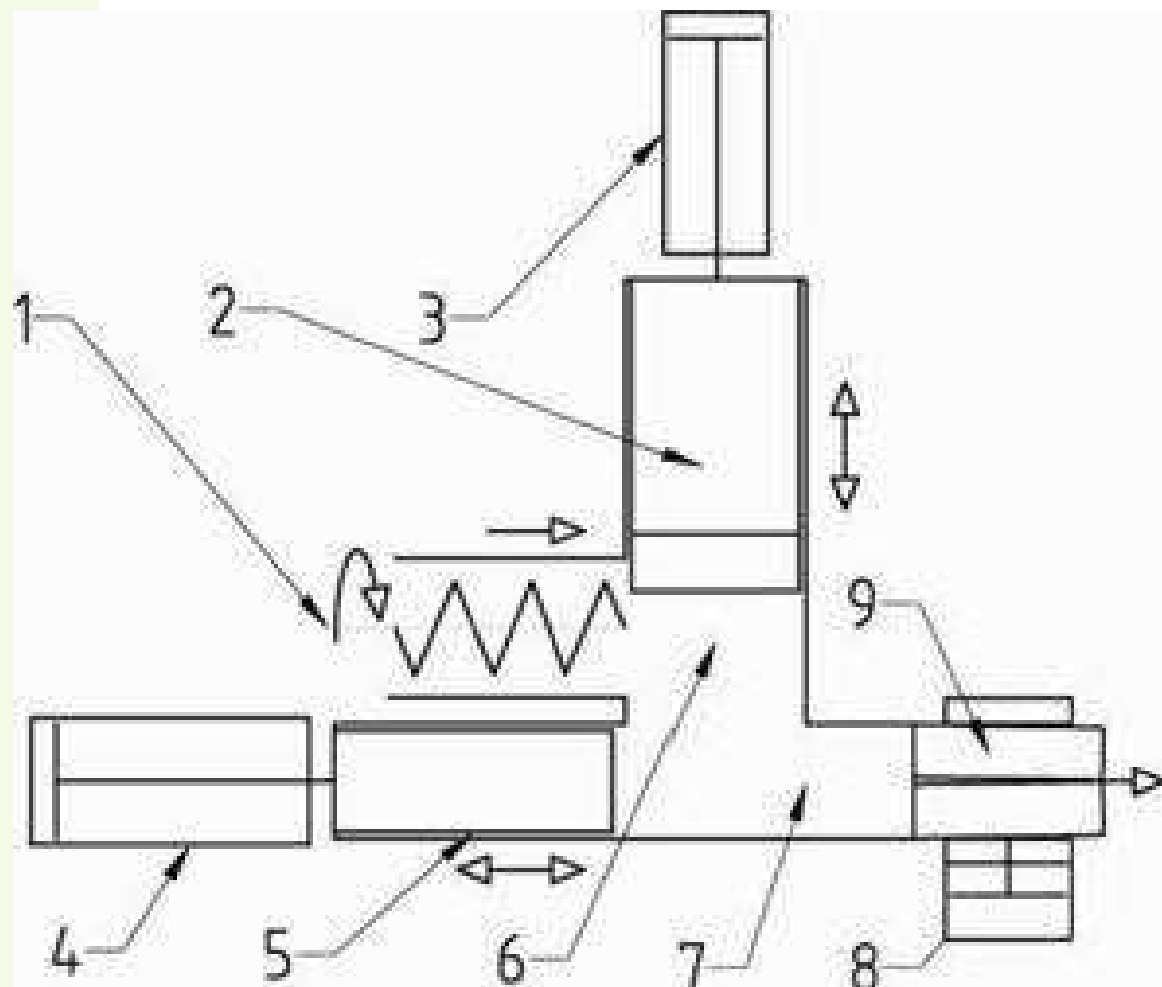




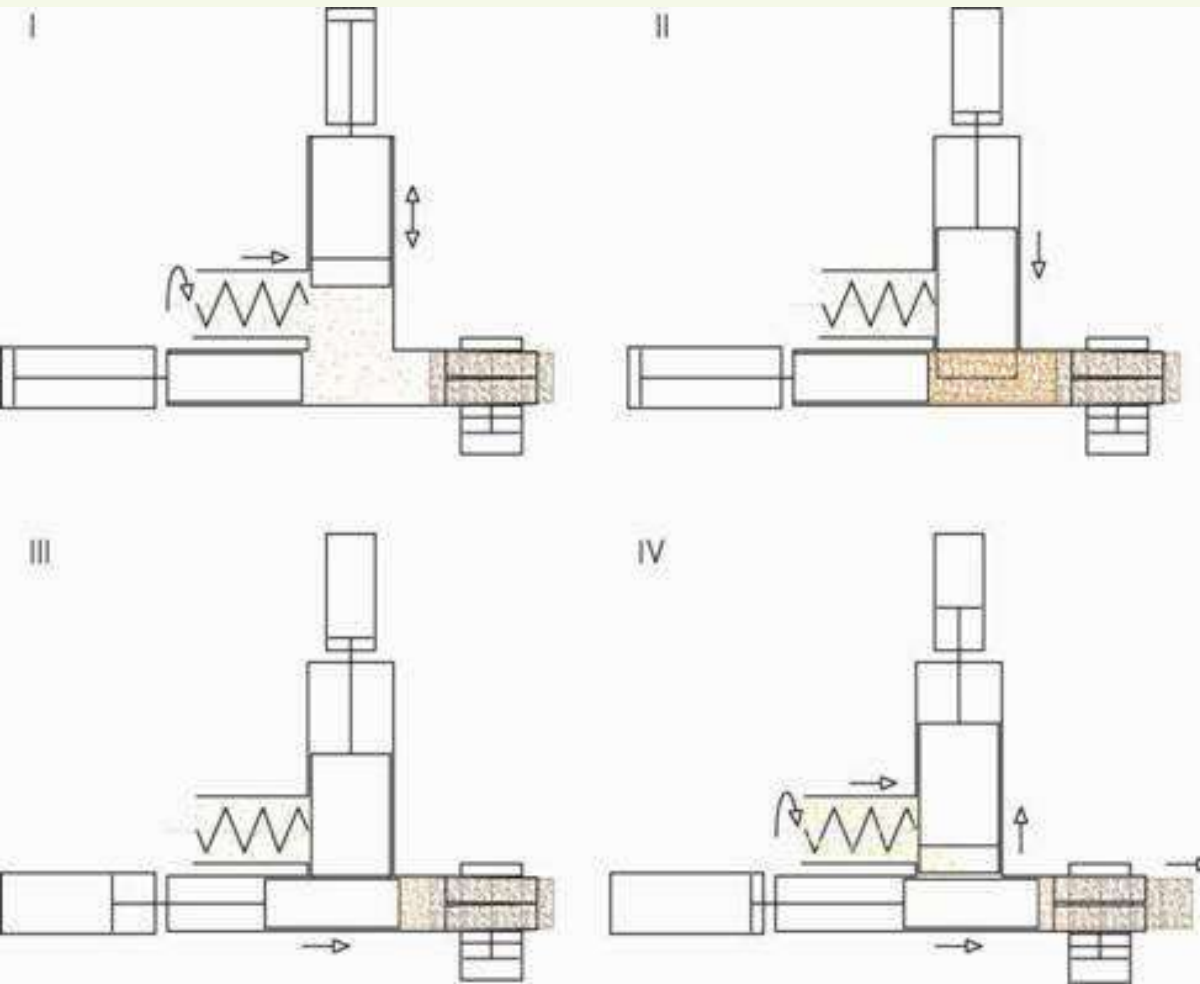
BRYKIECIARKA ŚLIMAKOWA

BRYKIECIARKI HYDRAULICZNE

- 1 – mechanizm podający
- 2 – stempel zagęszczający
- 3, 4, 8 – siłowniki hydrauliczne
- 5 – stempel prasujący
- 6 – komora zagęszczająca
- 7 – komora prasująca
- 9 – mechanizm regulacji oporu prasowania



CYKL PRACY BRYKIECIARKI HYDRAULICZNEJ



I - mechanizm podający (1) napełnia komorę zagęszczającą (6) i prasującą (7) materiałem,

II – siłownik hydrauliczny (3) przesuwą stempel (2) w dolne położenie, powodując zamknięcie komory prasującej (7) i wstępne zagęszczenie brykietowanego materiału,

III – siłownik hydrauliczny przesuwą stempel prasujący (5), który z kolei napiera i prasuje materiał znajdujący się w tulei w kierunku poprzednio sprasowanego materiału,

IV – po osiągnięciu zakładanego ciśnienia brykietowania (najczęściej do 100 MPa) siłownik hydrauliczny, mechanizmu regulacji oporu prasowania (9), pozwala na przepchnięcie brykietowanego materiału w kierunku wylotu w celu zwolnienia miejsca na następną operację prasowania.

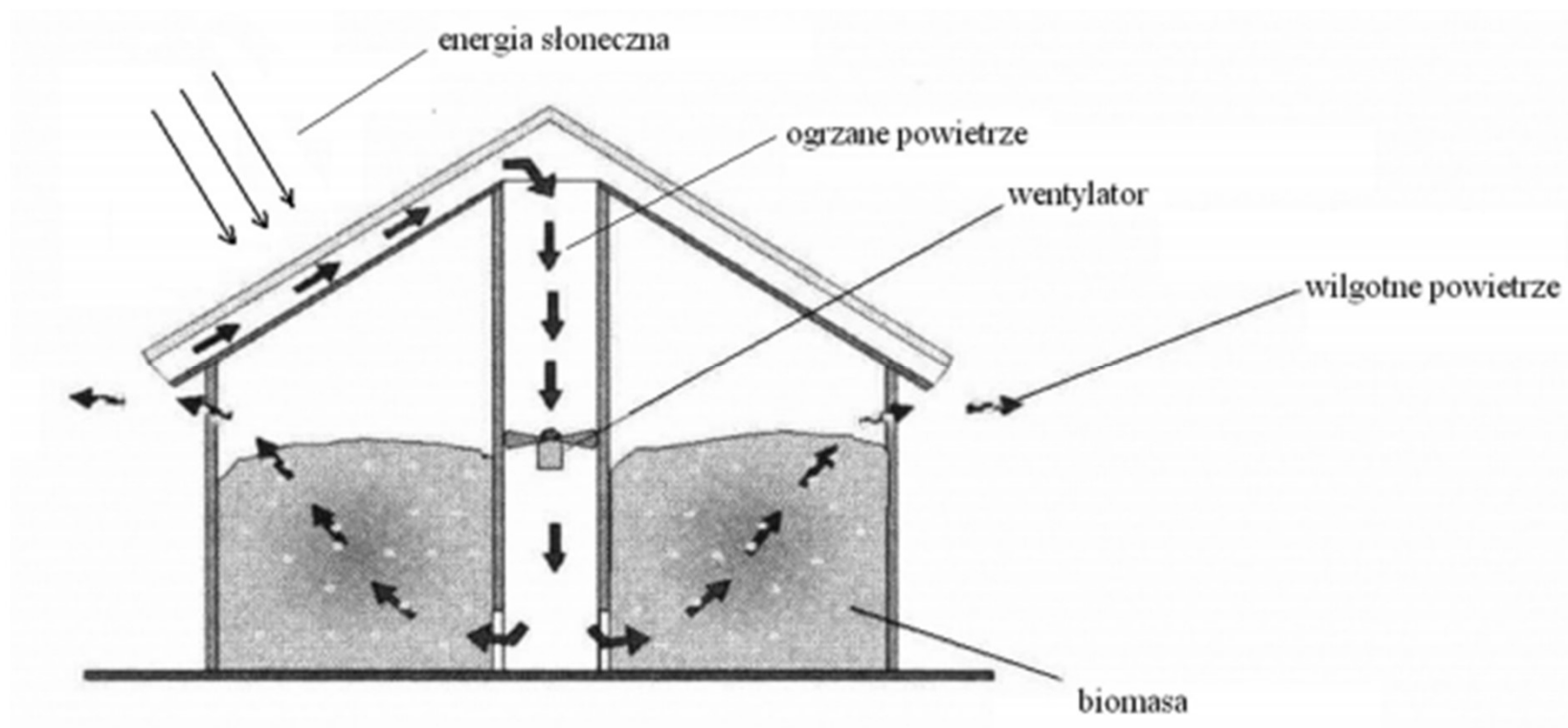


Model brykieciarki	typ	Wydajność [kg/h]	Wymiary brykietu	Moc silnika [kW]	Waga [kg]
BL-System (PHU Mikrom)					
Junior	hydrauliczna	30-50	ø50/60 mm	5,5	680
A6	jw.	35-70	ø60/60-300 mm	7,5	700
A6 PLUS	jw.	40-80	ø60/60-300 mm	10	760
A 100N	jw.	60-100	ø65/60-300 mm	10	1000
ASKET					
Biomasser	ślimakowa	do 85	ø70 ciągly	4,2	240
Alchemik					
APT 65	hydrauliczna	100	ø65	7,5	-
APT 80	jw.	220-250	ø80	11	-
APTW	jw.	350	105x60x80	22	-
APTWJ	jw.	350	ø80	22	-
GROSS Apparatebau GmbH					
GP60	hydrauliczna	60-80	ø50	7,5	820
GP80	hydrauliczna	80-100	ø50	7,5	870
GP100	jw.	100-120	ø60	7,5	1000
GP150	jw.	120-160	ø70	7,5	1050
WAMAG S.A.					
BT 86MA	tłokowa	Max. 300	ø50	18,5	3000
Brodpol PPH					
BK 60	tłokowa	400-700	ø60-62	18,5-22	1900
WEIMA					
TH 200	hydrauliczna	30-50	ø50	5,5	-
TH 300	hydrauliczna	50-80	ø70	7,5	-
Wektor					
BT-60	tłokowa	Do 700	ø60/200 mm	19	-

Przegląd modeli brykieciarek

SUSZENIE BIOMASY

**SUSZENIE
Z WYKORZYSTANIEM
ENERGII SŁONECZNEJ**



Proces suszenie biomasy przy wykorzystaniu energii słonecznej



SUSZARNIA SŁONECZNA BIOMASY W ŻŁOCZEWIE

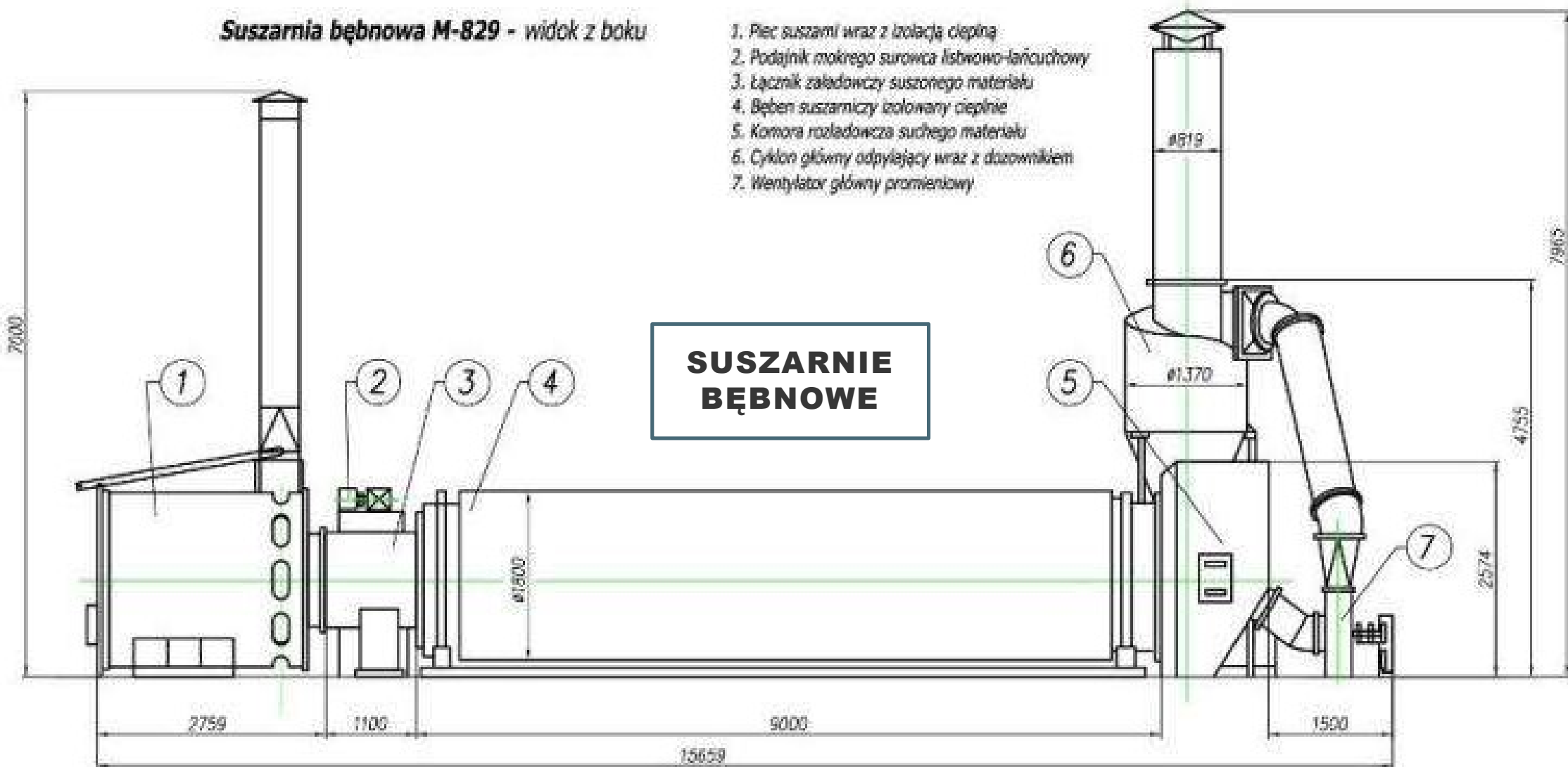


SUSZARNIA SOLARNA W ZŁOCZEWIE

Suszarnia bębnowa M-829 - widok z boku

1. Piec suszarni wraz z izolacją cieplną
2. Podajnik mokrego surowca listwowo-łańcuchowy
3. Łącznik załadowniczy suszonego materiału
4. Bęben suszarniczy izolowany cieplnie
5. Komora rozładownicza suchego materiału
6. Cyklon główny odpylejający wraz z dozownikiem
7. Wentylator główny promieniowy

SUSZARNIE BĘBNOWE

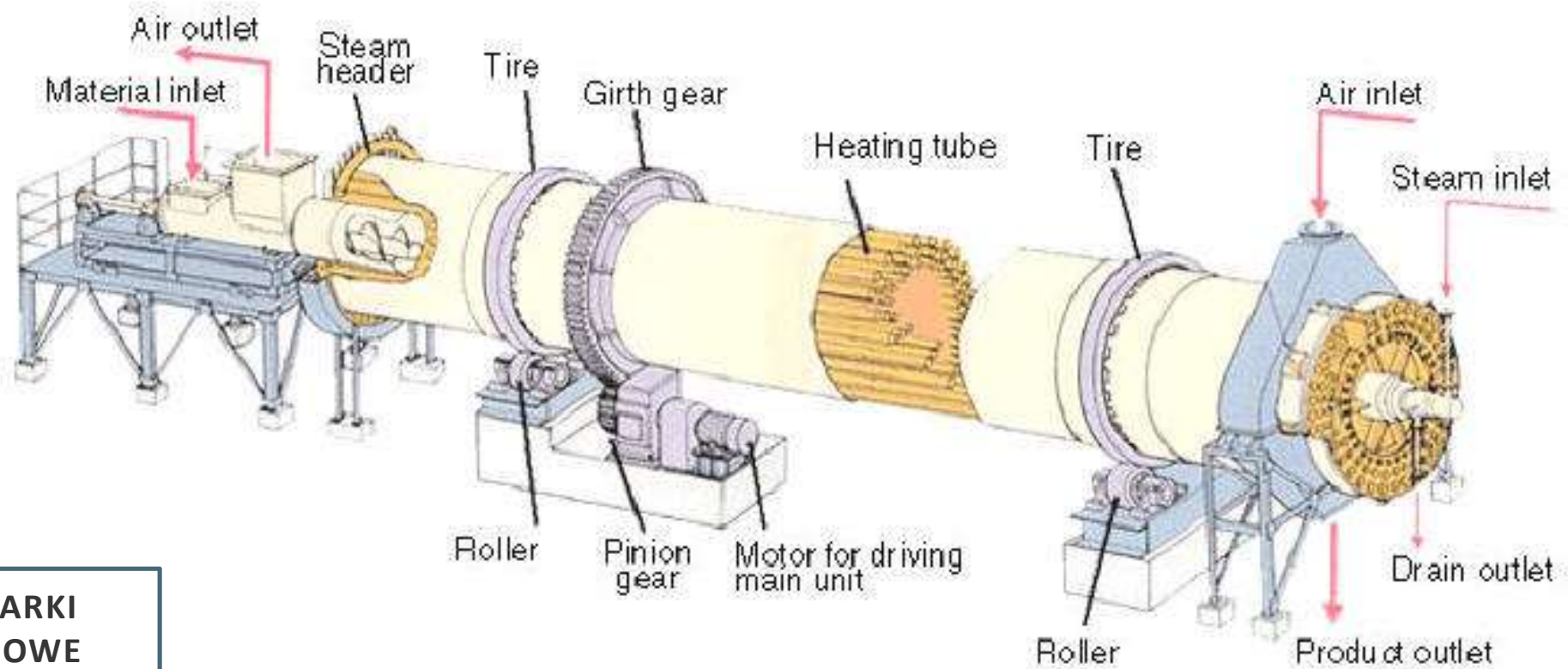




PREZENTACJA

Wydajność nominalna suszarni przy suszeniu trociny czy innych biomas o wilgotności początkowej 45-50 % i końcowej 15 %	1000 kg/h
Ilość odparowanej wody	1100 kg/h
Moc cieplna pieca	max 1000 kW
Maksymalna temperatura powietrza suszącego na wejściu bębna	600-650 °C
Średnie zużycie opału:	
węgiel kamienny lub paliwo o kaloryczności zbliżonej do węgla	200 kg/h
wysoko kaloryczny brykiet z trocin	250-300 kg/h
gaz ziemny GZ-50	110-120 m ³ /h
olej opałowy	95 l/h
Łączna moc elektryczna zainstalowana	17 kW
Łączna masa suszarni wraz z izolacją szamotową	16500 kg

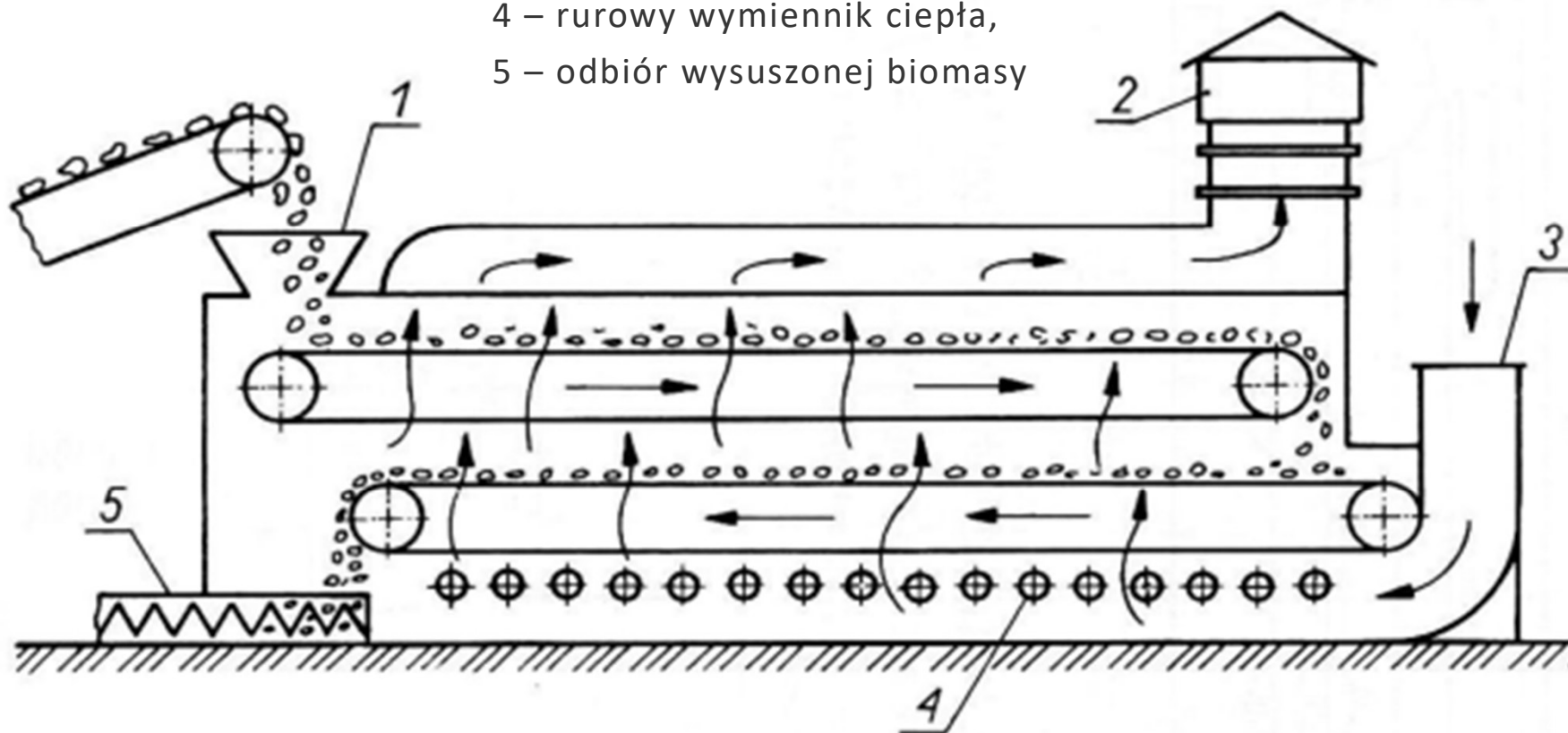
**SUSZARKI
BĘNOWE
POŚREDNIEGO
DZIAŁANIA**

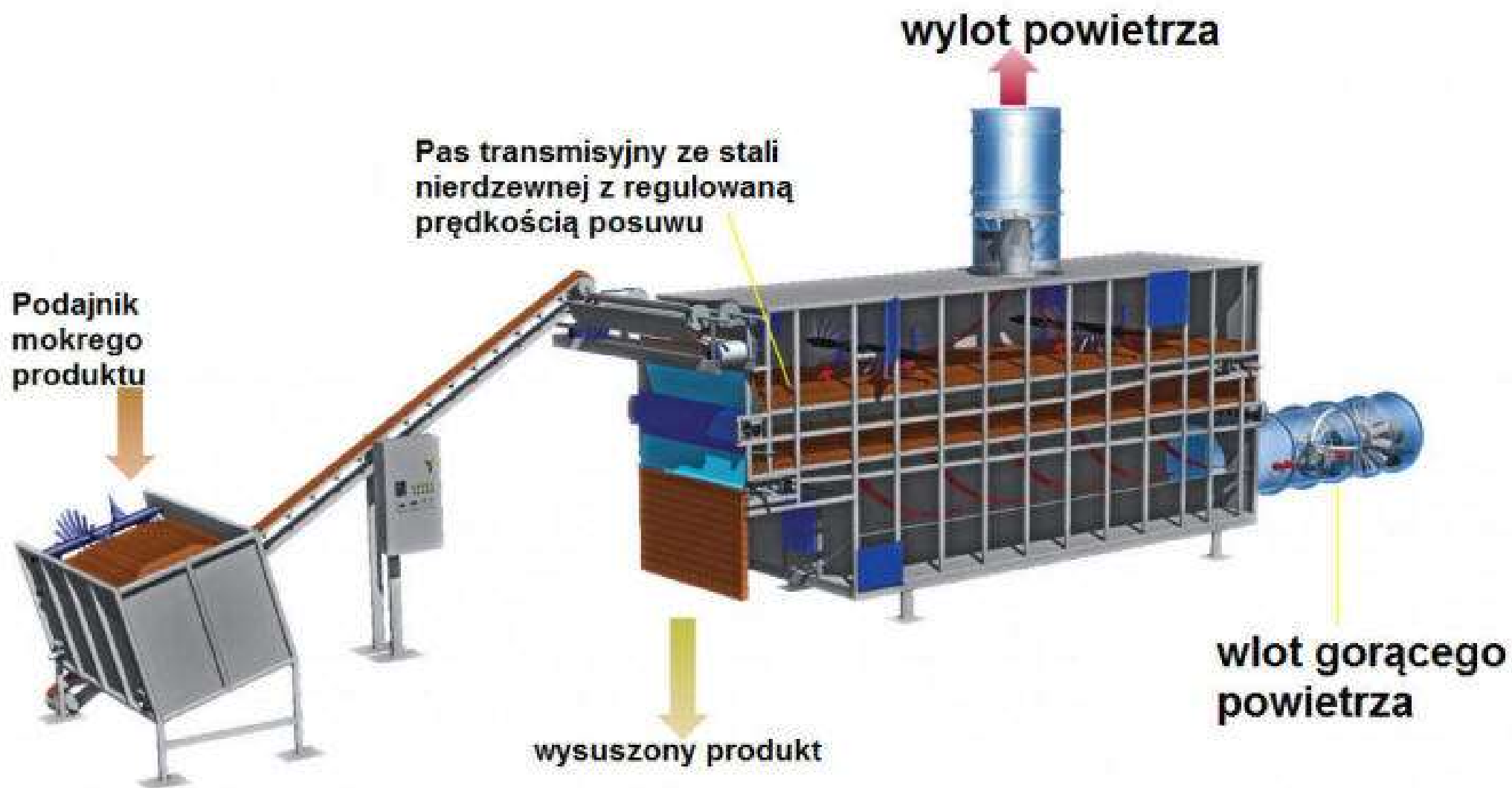


Suszarka bębnowa pośredniego działania z wymiennikiem ciepła parowym.

SUSZARNIE TAŚMOWE TROCIN I ZRĘBKI

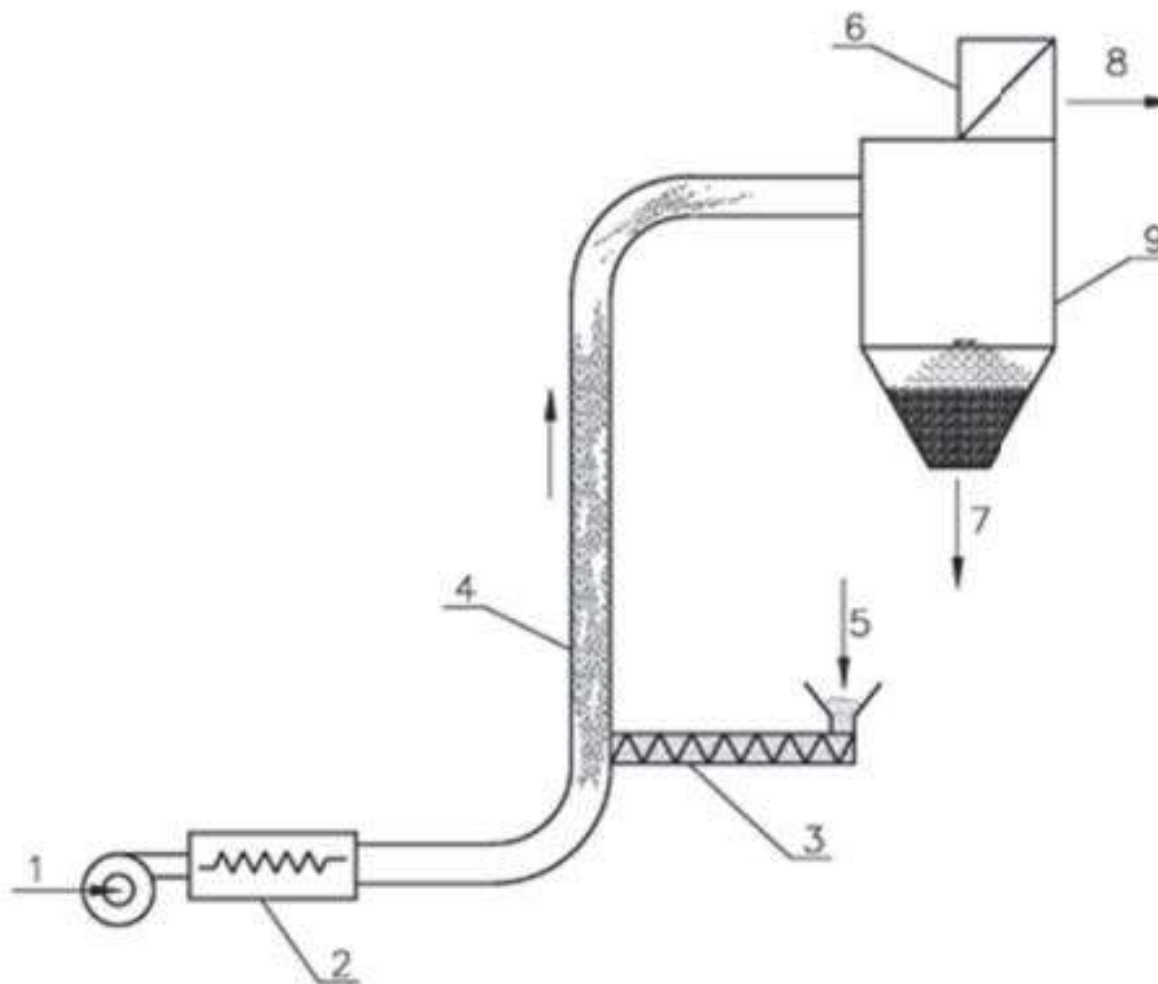
- 1 – zasyp surowca,
- 2 – komin,
- 3 – dopływ powietrza,
- 4 – rurowy wymiennik ciepła,
- 5 – odbiór wysuszonej biomasy





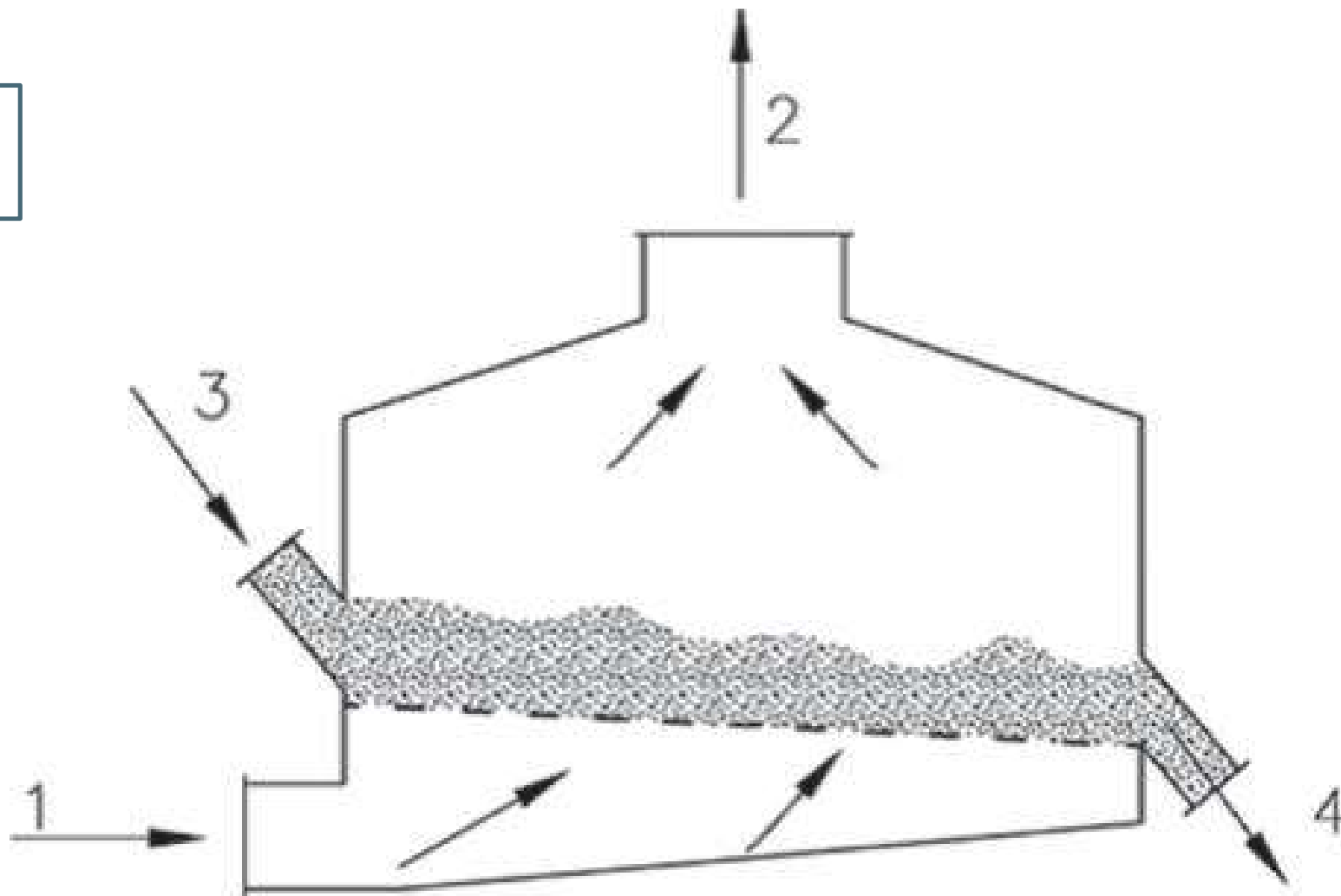
SUSZARNIE PNEUMATYCZNE (STRUMIENIOWE)

- 1 – dopływ powietrza,
- 2 – nagrzewnica,
- 3 – przenośnik ślimakowy,
- 4 – rurociąg suszący,
- 5 – dopływ czynnika wilgotnego,
- 6 – filtr,
- 7 – odbiór materiału,
- 8 – odprowadzenie powietrza,
- 9 – zbiornik materiału

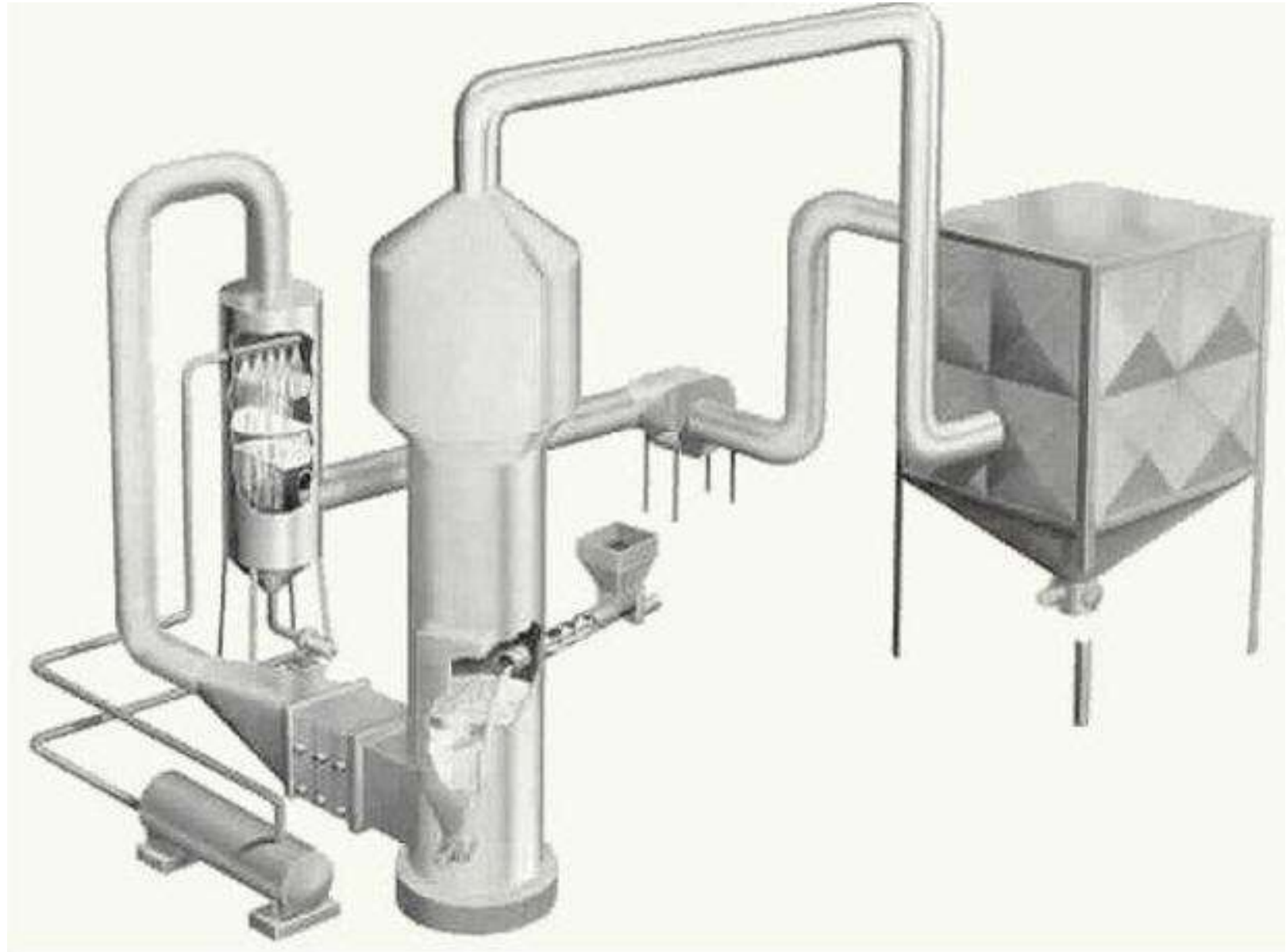


SUSZARNIE FLUIDALNE

1 – doprowadzenie
czynnika suszącego,
2 – odprowadzenie
czynnika suszącego,
3 – doprowadzenie
materiału
wilgotnego,
4 – odprowadzenie
materiału wilgotnego



**SUSZARKA
FLUIDALNA**

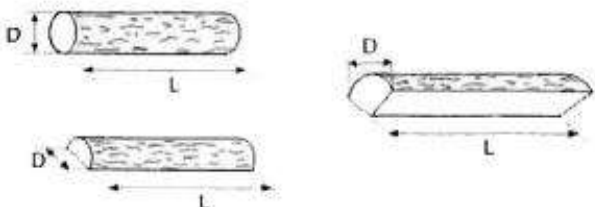


SUSZENIE DREWNA KAWAŁKOWEGO

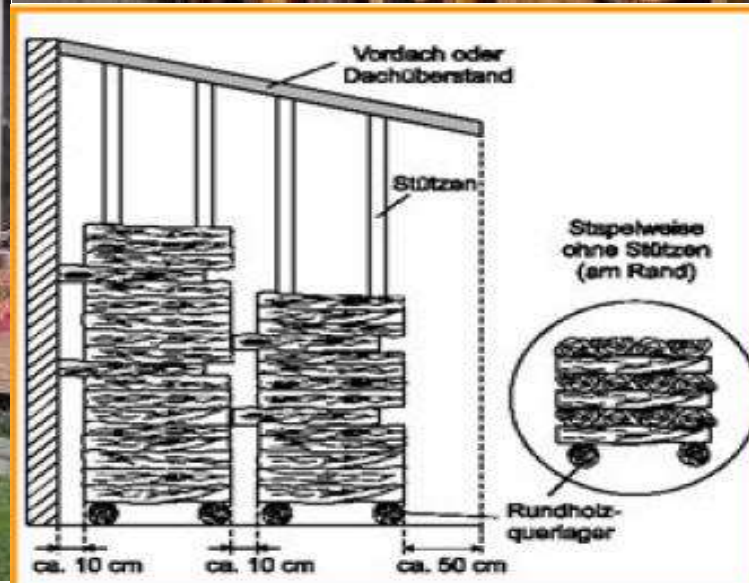
Drewno kawałkowe może być sezonowane bezpośrednio w lesie (zwykle całe kłody), na placu lub w magazynie biomasy pod zadaszeniem.



**SPECYFIKACJA
DREWNA
KAWAŁKOWEGO**

NORMATYW	Forma handlowa	KŁODY DREWNA
	Wymiary Długość (L) Grubość (D) (maksymalna średnica pojedynczego fragmentu)	
	P200- L ≤ 200 e D < 20 (drewno rozpałkowe) P200 L ≤ 200 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P250 L ≤ 250 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P330 L ≤ 330 ± 20 e 40 ≤ D ≤ 110 mm P500 L ≤ 500 ± 40 e 60 ≤ D ≤ 200 mm P1000 L ≤ 1000 ± 50 e 60 ≤ D ≤ 200 mm P1000 + > 1000 (rzeczywista wartość musi być przedstawiona, oraz należy określić wartość D)	
	Wilgotność (M) M20 ≤ 20% Oven-ready log M30 ≤ 30% Seasoned in the storage M40 ≤ 40% Seasoned in the forest M65 ≤ 65% Fresh, after cut in the forest	
	Drewno Należy podać czy jest to gatunek drewna szpilkowego czy liściastego, lub ich mieszanka.	

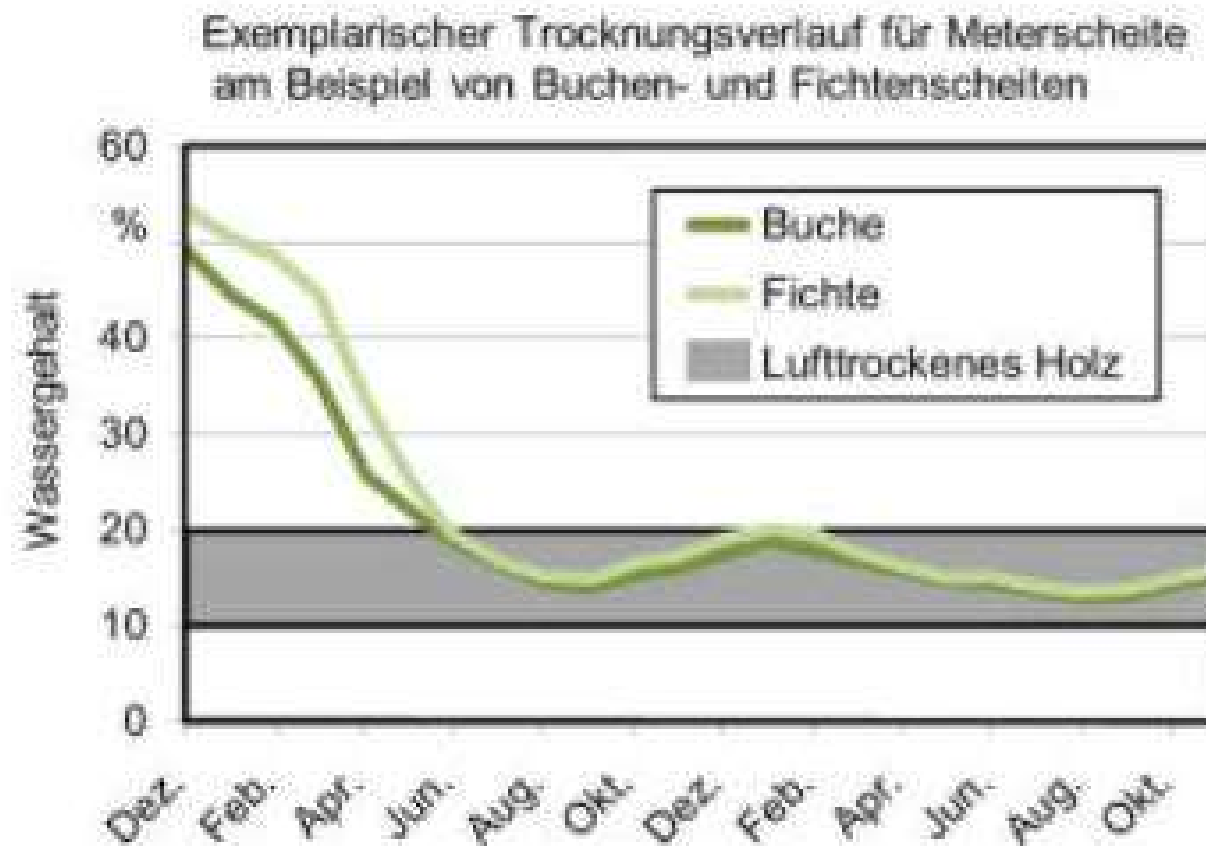






JAK PRZEBIEGA SEZONOWANIE DREWNA?

20XX



Wykres utraty wilgotności przez drewno bukowe (buche) i świerkowe, jodłowe (fichte)

PREZENTACJA

53

PRZECHOWYWANIE DREWNA

Podłoże utrzymane w
stanie suchym

Wolny dostęp do
powietrza i słońca

Minimalna odległość
między stosami 10 cm

Szczeliny wentylacyjne

Wstępne ogrzanie drewna
w kotłowni



MAGAZYNOWANIE BIOMASY

Normy i rozporządzenia

Polska nie wypracowała własnych norm odnośnie peletów, dlatego posługujemy się tutaj głównie normami europejskimi, niemieckimi i austriackimi. Na dzień dzisiejszy (10.2016) obowiązują w naszym kraju następujące normy dotyczące biopaliw:

PN-EN ISO 16559:2014-09 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Terminologia, definicje i określenia

PN-EN ISO 16993:2015-05 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Przeliczanie wyników oznaczeń na różne stany

PN-EN ISO 17225-1:2014-07 Wersja polska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 1: Wymagania ogólne

PN-EN ISO 17225-2:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 2: Klasy peletów drzewnych

PN-EN ISO 17225-3:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 3: Klasy brykietów drzewnych

PN-EN ISO 17225-4:2014-07 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 4: Klasy zrębków drzewnych

Normy i rozporządzenia (c.d.)

PN-EN ISO 17225-5:2014-08 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 5: Klasy drewna kominkowego

PN-EN ISO 17225-6:2014-08 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 6: Klasy peletów nieдрzewnych

PN-EN ISO 17225-7:2014-08 Wersja angielska. Biopaliwa stałe -- Specyfikacje paliw i klasy -- Część 7: Klasy brykietów nieдрzewnych

PN-EN ISO 17828:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Określanie gęstości nasypowej

PN-EN ISO 17831-1:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Oznaczanie wytrzymałości mechanicznej

peletów i brykietów -- Część 1: Pelety

PN-EN ISO 17831-2:2016-02 Wersja angielska Biopaliwa stałe -- Oznaczanie wytrzymałości mechanicznej

peletów i brykietów -- Część 2: Brykiety

Brak jest norm dotyczących składowania paliw, w przypadku peletu można posługiwać się normami austriackimi w tym:

- ÖNORM M 7135 – Drewno prasowane w postaci naturalnej lub kora w postaci naturalnej – granulaty i brykiety – wymagania oraz dokumentacja testowa
- ÖNORM M 7136 - Drewno prasowane w postaci naturalnej – Zapewnienie jakości granulatu drzewnego w zakresie logistyki transportu oraz magazynowania
- ÖNORM M 7137 - Drewno prasowane w postaci naturalnej – Granulat drzewny – Wymagania dotyczące przechowywania granulatu u odbiorcy końcowego

**NORMA ÖNORM
M 7135**

Wartość kaloryczna	> 18MJ/kg
Siarka	<0,04%
Azot	<0,30%
Chlor	<0,02%
Średnica	4mm<D<10mm (6 mm)
Ścieranie/Trwałość	<2,3%
Spoiwa (środki wiążące)	< 2% (tylko naturalne)

NORMA ÖNORM M 7136

Ogólne wymagania

- dokumentacja
- zgodność produktu

Wymagania dotyczące magazynowania okresowego

- dostawa
- przechowywanie
- załadunek pojazdów transportowych – oddzielenie drobnych cząstek

Wymagania dotyczące pojazdów transportowych dostarczających granulaty do odbiorców finalnych

- zabezpieczenie przed wilgocią
- naciski mechaniczne w instalacji załadowniczej
- instalacja odprężająca
- minimalna długość giętkiego przewodu zasilającego

NORMA ÖNORM M 7137

Miejsca przechowywania paliwa:

- piwnice
- silosy
- zbiorniki podziemne
- zbiorniki wolnostojące

Kryteria standaryzacji:

- zabezpieczenie przed zawilgoceniem
- instalacje
- przepisy przeciwpożarowe
- złącza zasilające i rozprężające

OBLICZANIE WYMAGANEJ OBJĘTOŚCI BIOMASY

PIERWSZĄ CZYNNOŚCIĄ PRZY PROJEKTOWANIU MAGAZYNU JEST OBLICZENIE MINIMALNEJ OBJĘTOŚCI PALIWA DLA ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA CIEPŁA W BUDYNKU. OBLICZENIA TAKIE SĄ ZAWSZE PRZYBLIŻONE Z UWAGI NA WIELE CZYNNIKÓW JAK:

- WILGOTNOŚĆ PALIW
- STOPIEŃ ICH ROZDROBNIENIA
- KSZTAŁT POSZCZEGÓLNYCH CZĄSTEK, ITP.

OBJĘTOŚĆ

METR SZEŚCIENNY (KUBICZNY)

jest używana
w odniesieniu
do objętości, która
jest całkowicie
wypełniona drewnem

METR PRZESTRZENNY

odnosi się do objętości
zajmowanej przez
drewno, jak również
powietrza
wypełniającego
przestrzeń pomiędzy
jego partiami

METR SZEŚCIENNY ZŁOŻONY

używana do mierzenia
objętości kłoców i bali
drewna dokładnie
złożonego w stosie

METR SZEŚCIENNY NASYPOWY

jest jednostką
objętości używaną
do pomiaru objętości
kłoców i bali drewna
oraz najczęściej
zrębków drewna

MASA

Jednostkami masy używanymi w relacji do paliw drzewnych są kilogram i tona metryczna. Poniżej podano listę jednostek miary objętości i masy, które są powszechnie używane w handlu paliwami drzewnymi.

Jednostka miary			
tona	kilogram	metr sześcienny drewna złożonego	metr sześcienny drewna luzem
t	kg	m ³ drewno złożone	m ³ luzem
kłody drewna zrębki pelety i brykiety		kłody drewna	kłody drewna zrębki

STOSUNEK OBJĘTOŚCI DO MASY

Do wyrażenia stosunku objętości do masy paliw drzewnych używane są trzy różne jednostki miary.

GĘSTOŚĆ WZGLĘDNA

wartość niewymiarowa
pochodząca ze
stosunku pomiędzy
wagą i objętością wody
(przy temperaturze 4°C)
a substancji drzewnej

GĘSTOŚĆ MASY

stosunek pomiędzy wagą a objętością
masy drzewnej (masy porowatej)
składającej się z różnych substancji
oraz wypełniającej jej próżni (naczyń
włosowatych) wypełnionych
powietrzem i/lub wodą

GĘSTOŚĆ NAŚYPOWA

w odniesieniu do pryzm
paliw drzewnych (kłód,
kłoców oraz zrębek), które
tworzą próżnię pomiędzy
fragmentami drewna,
których wielkość zależy od
kształtu i wielkości tych
fragmentów.

ZAWARTOŚĆ WILGOCI

Drzewa iglaste średnia wartość zawartości wilgoci (M) 13%

Gatunek	Zawartość wody [kg/m ³]	Gatunek	Zawartość wody [kg/m ³]
Świerk norweski	450	cyprysowate	600
Jodła srebrna	470	sosna pinia	620
Sosna limba	500	modrzew	660
Jedlica	510	sosna nadmorska	680
Sosna zwyczajna	550	cis	700
Sosna czarna	560	sosna alepska	810

Źródło: Giordano 1988.

ZAWARTOŚĆ WILGOCI

Drzewa liściaste średnia wartość zawartości wilgoci (M) 13%

Gatunek	Zawartość wody [kg/m³]	Gatunek	Zawartość wody [kg/m³]
Wierzba	450	Hackberry – Celtis	720
Topola biała	480	jesion	720
Topola czarna	500	jesion mанны	720
Olsza szara	520	złotokap	730
Olsza włoska	550	klon polny	740
Olsza czarna	560	buk	750
Kasztan	580	dąb bezszypułkowy	760
Wiśnia	600	robinia akacyjowa	760
Wiąz	620	dąb szypułkowy	770
Bez	620	jarząb	770
Brzoza	650	grab pospolity	800
Lipa	650	chmielograb	820
Orzech laskowy	670	dąb turecki	900
Klon jaworowy	670	drzewo oliwne	920
Klon	670	dąb ostrolistny	940
Orzech włoski	700	dereń	980

Źródło: Giordano 1988.

Średnia gęstość drewna suszonego piecowo

Drzewa	Gatunek	Gęstość drewna suchego [kg/m³]
Iglaste	sosna czarna	560
	modrzew	550
	sosna zwyczajna	510
	jedlica	470
	świerk norweski	430
	jodła srebrna	410
	sosna limba	400
Liściaste	grab pospolity	750
	dąb turecki	740
	robinia akacyjowa	730
	buk	680
	dąb	670
	jesion	670
	wiąz	640
	brzoza	640
	klon	590
	orzech laskowy	560
	lipa	520
	brzoza	520
	olcha	490
	topola osika	450
	topola	410

Źródło: ÖNORM (Austriacki Instytut Norm – Österreichisches Normungsinstitut) B 3012.

GĘSTOŚĆ NASYPOWA

Gęstość nasypowa biomasy ułożonej i luzem

Paliwa drzewne	Wilgotność (M) [%]	Gatunek	Gęstość nasypowa [kg/nasypowy m³]
Kłody drewna (33 cm w stosie)	15	buk	445*
		świerk i jodła	304*
Zrębki drewna	30	buk	328
		świerk i jodła	223
Kora drzew iglastych	15		180
Trociny			160
Wióry			90
Pelety			620-650
Biomasa rolnicza			
Bele słomy	15	miskant	140
Biomasa obornika		miskant	110
Ziarno		pszenżyto	750

* kg/m³ przestrzenny
Źródło: Hartmann 2007.

Przelicznik objętościowy dla bali i zrębek

Asortyment	Bale [m ³]	Kłody długości 1 metra [przestrz. m ³]	Kłody drewna porąbane		Zrębki	
			ułożone [przestrz. m ³]	luzem [nasypowy m ³]	drobne (G30)	średnie (G50)
					[nasypowy m ³]	
1 m ³ bali	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0
1 przestrz. m ³ kłody dł. 1 m	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)
1 przestrz. m ³ kłody porąbanych	0,85	1,2	1	1,7		
1 nasyp. m ³ kłody porąbanych	0,5	0,7	0,6	1		
1 nasyp. m ³ drobnych zrębków leśnych (G30)	0,4	(0,55)			1	1,2
1 nasyp. m ³ średnich zrębków leśnych (G50)	0,33	(0,5)			0,8	1

Uwaga: 1 tona zrębek G30 o wilgotności (*M*) 35% odpowiada ok. 4 nasyp. m³ zrębkom świerka oraz 3 nasyp. m³ zrębkom buku.

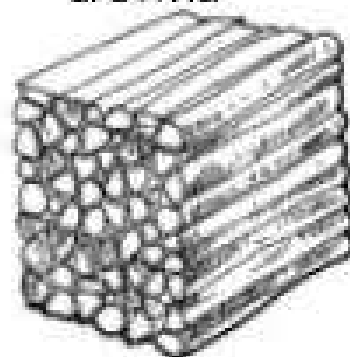
Źródło: ÖNORM M7132, M7133, Jones i in. 2005.

1 m³ bali



=

1,4
przestrzenne m³
odcinków (kłód)
1 metrowych
drewna



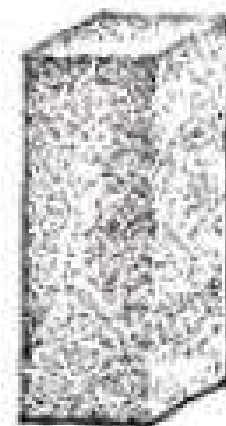
=

2 nasypowe m³
porąbanego drewna
opałowego



=

3 nasypowe m³
średnich zrębków
leśnych (G50)



Gatunek	Drewno okrągłe [m³]	Okrągłe dłuższe [przestrz. m³]	Kłody dł. 1m [przestrz. m³]	Porąbane kłody 33 cm [przestrz. m³]	Porąbane kłody 33 cm [nasyp. m³]
W odniesieniu do 1 m³ drewna okrągłego z korą					
Buk	1,00	1,70	1,98	1,61	2,38
Świerk	1,00	1,55	1,80	1,55	2,52
W odniesieniu do 1 m³ drewna okrągłego					
Buk	0,59	1,00	1,17	0,95	1,40
Świerk	0,65	1,00	1,16	1,00	1,63
W odniesieniu do 1 przestrz. m³ ułożonych kłód					
Buk	0,50	0,86	1,00	0,81	1,20
Świerk	0,56	0,86	1,00	0,86	1,40
W odniesieniu do 1 przestrz. m³ porąbanych kłód 33 cm, ułożone					
Buk	0,62	1,05	1,23	1,00	1,48
Świerk	0,64	1,00	1,16	1,00	1,62
W odniesieniu do 1 m³ nasypowego porąbanych kłód 33 cm, luzem					
Buk	0,42	0,71	0,83	0,68	1,00
Świerk	0,40	0,62	0,72	0,62	1,00

Źródło: Hartmann 2007.

**JEDNOSTKI
MIAR
ENERGII**

Przeliczniki które warto znać

1 kWh	= 860 kcal	= 3,600 kJ (3,6 MJ)
1 MJ	= 239 kcal	= 0,278 kWh
1 kcal	= 4,19 kJ	= 0,00116 kWh
1 toe	= 41,87 GJ	= 11,63 MWh

Paliwa	Wartość kaloryczna netto (wartości średnie)	
	MJ	kWh
Olej opałowy bardzo lekki	36,17 MJ/l (42,5 MJ/kg)	10,00 kWh/l (11,80 kWh/kg)
Olej opałowy lekki	38,60 MJ/l (41,5 MJ/kg)	10,70 kWh/l (11,50 kWh/kg)
Gaz ziemny*	36,00 MJ/m ³	10,00 kWh/m ³
LPG**	24,55 MJ/l (46,30 MJ/kg)	6,82 kWh/l (12,87 kWh/kg)
Węgiel	27,60 MJ/kg	7,67 kWh/kg
Koks 40/60	29,50 MJ/kg	8,20 kWh/kg
Lignit (brykiety)	20,20 MJ/kg	5,60 kWh/kg
1 kWh (energia elektryczna)	3,60 MJ	1,00 kWh
1 kg drewna (M = 20%)	14,40 MJ/kg	4,00 kWh/kg

* 1 kg = 5,8 l (20°C, 216 bar)

** 1m³ LPG = 4 l = 2 kg

Źródło: Jonas i in. 2005.

Przy pominięciu sprawności kotła można stosować następujące przeliczniki

1000 litrów oleju opałowego	≈	5-6 nasyp. m ³ kłód drewna liściastego
		7-8 nasyp. m ³ kłód drewna iglastego
		10-15 nasyp. m ³ zrębek drewna
		2,1 t peletów

Możemy się też tutaj posłużyć wzorem:

$$V = \frac{Q_{co} + Q_{cwu}}{\rho_n \cdot W_u \cdot \eta}$$

Gdzie:

V - objętość paliwa w [m³]

Q_{co} - roczne zapotrzebowanie ciepła w budynku w [kWh/a]

Q_{cwu} - roczne zapotrzebowanie z tytułu przygotowania ciepłej wody [kWh/a]

ρ_n - gęstość nasypowa paliwa w [kg/m³]

W_u - wartość opałowa paliwa w [kWh/kg]

η - sprawność kotła

MAGAZYNY PELETU

Magazyny peletu można ogólnie podzielić na:

- wewnętrzne
- zewnętrzne (nadziemne i podziemne)

Usytuowanie magazynu

Magazyny peletu muszą uwzględniać wymagania pojazdów dostawczych. Należy pamiętać, że maksymalny zasięg węży do ładowania peletu nie przekracza 30m. Wąż nie powinien być też w czasie ładowania naprężony. Pojazdy muszą mieć zapewnioną drogę dojazdową o szerokości minimum 3m. Bramy wjazdowe powinny mieć nadproża nie niższe niż 4m.



CYSTERNA DO TRANSPORTU PELETU



Ochrona przed wilgocią

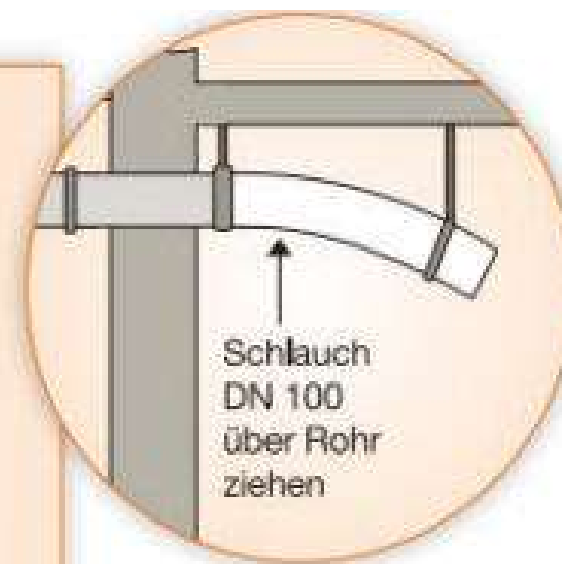
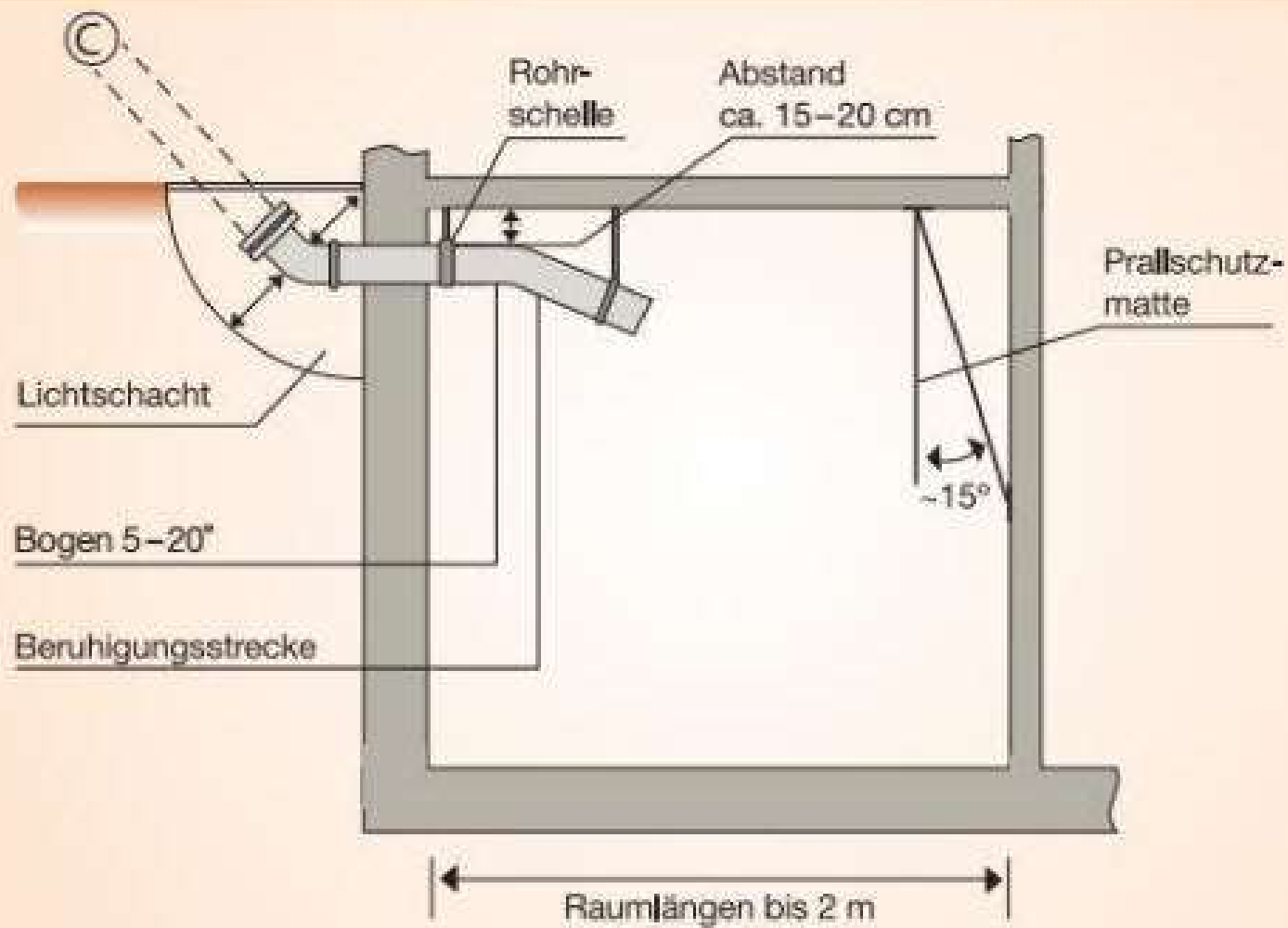
Podczas napełniania magazynu i przechowywania, magazyn nie może być narażony na przenikanie wilgoci. Otwory do napełniania muszą być zabezpieczone przez zamocowanie na końcówkach przewodów specjalnych, szczelnych zaworów. Końcówki zaworów muszą przy tym pasować do węży samochodów dostawczych. W Polsce stosuje się zwykle zawory STORZ o wielkości 100mm, ale spotyka się też średnice 75mm i 110 mm.

WYMAGANIA PRZY NAPEŁNIANIU SIŁOSA

zastosowanie na otworze wyrzutowym powietrza rury
o swobodnym wypływie

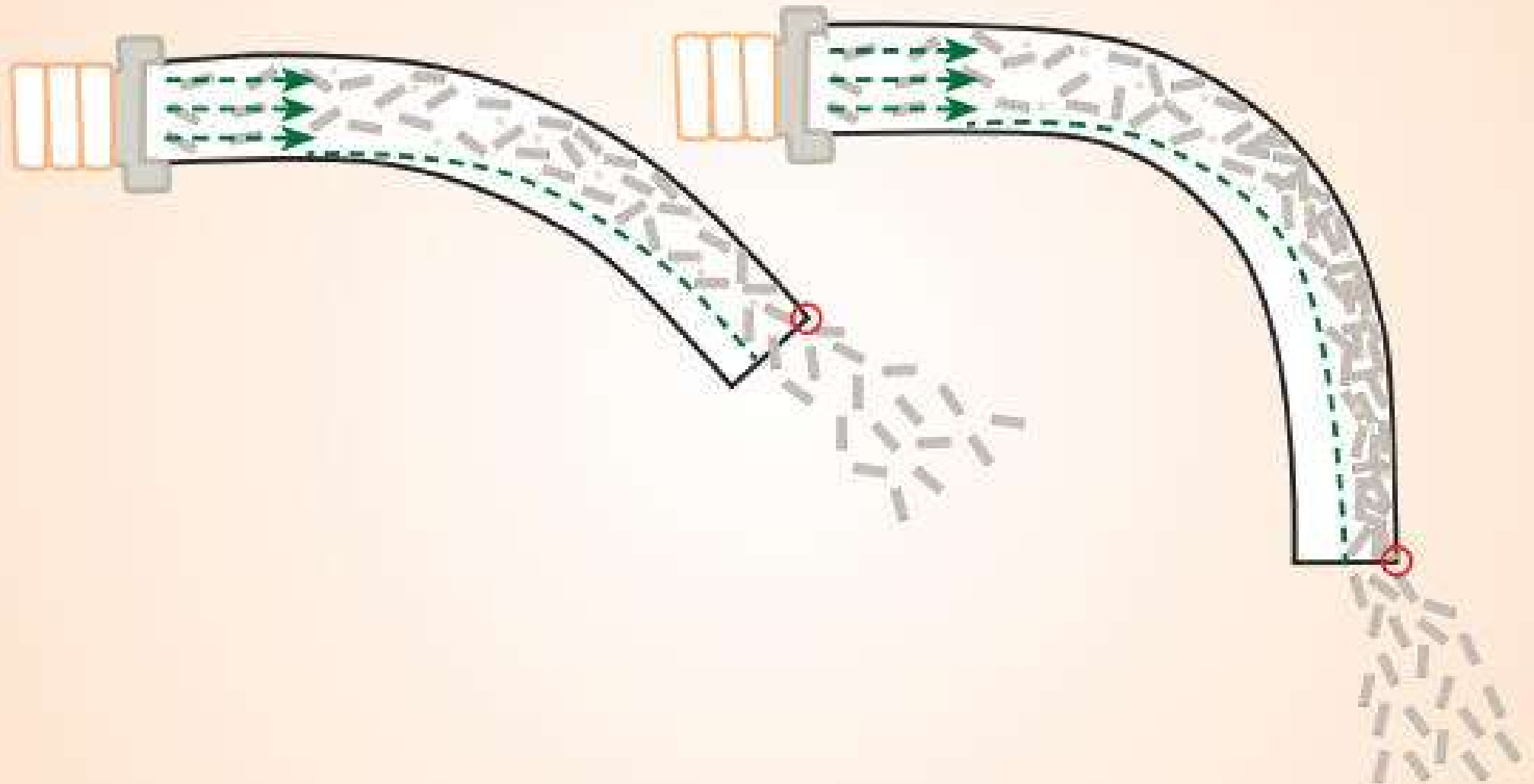


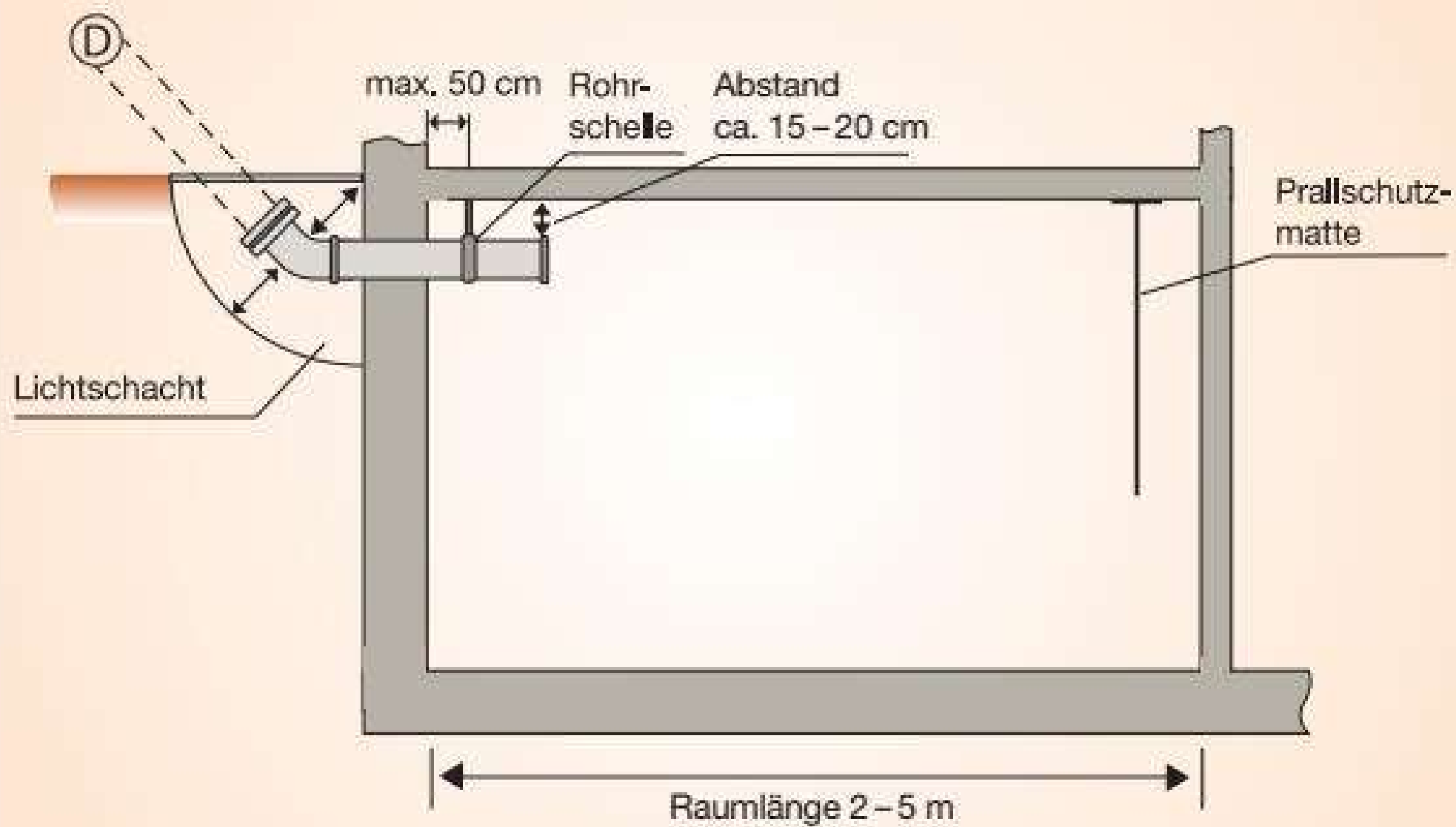


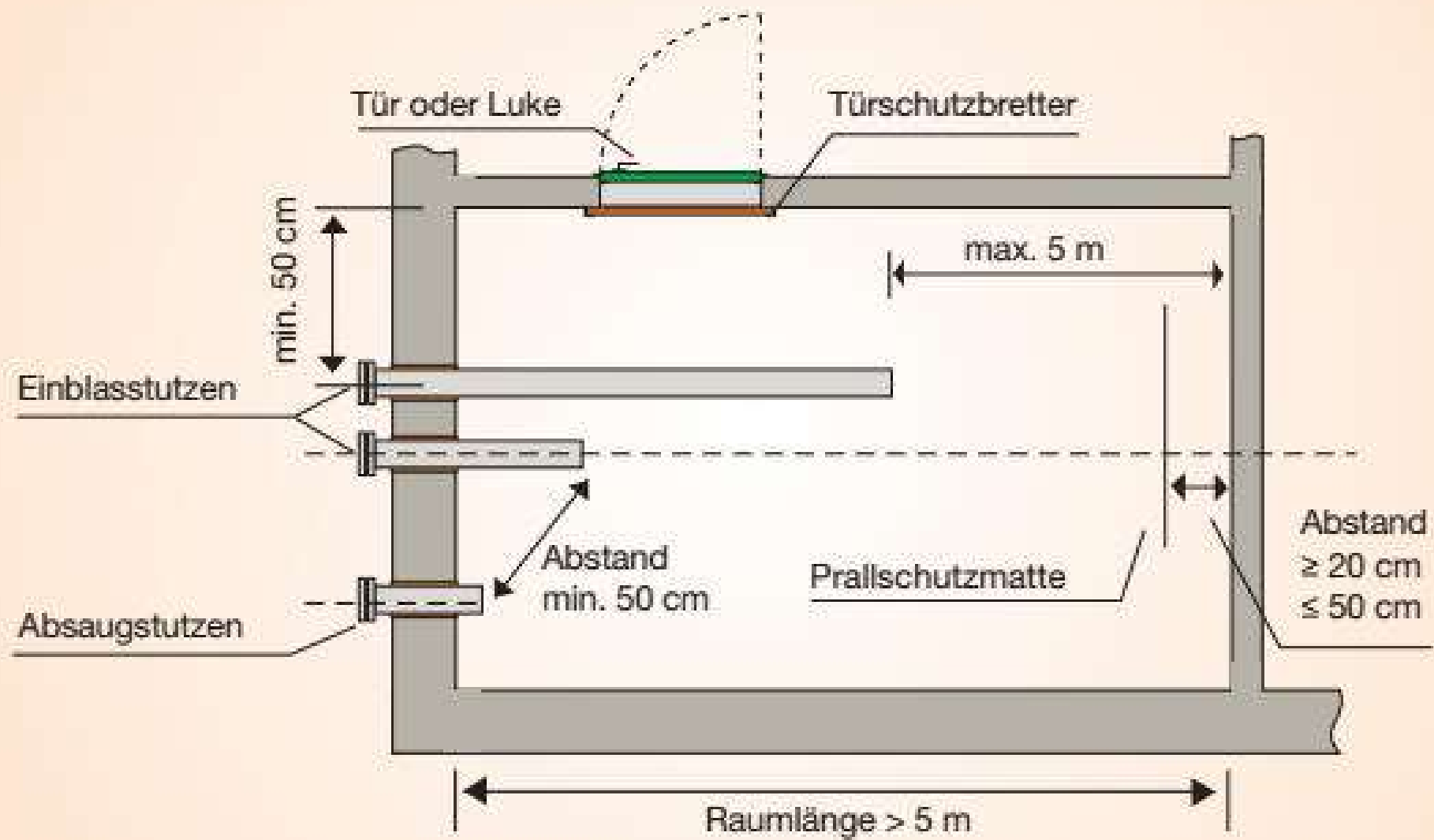


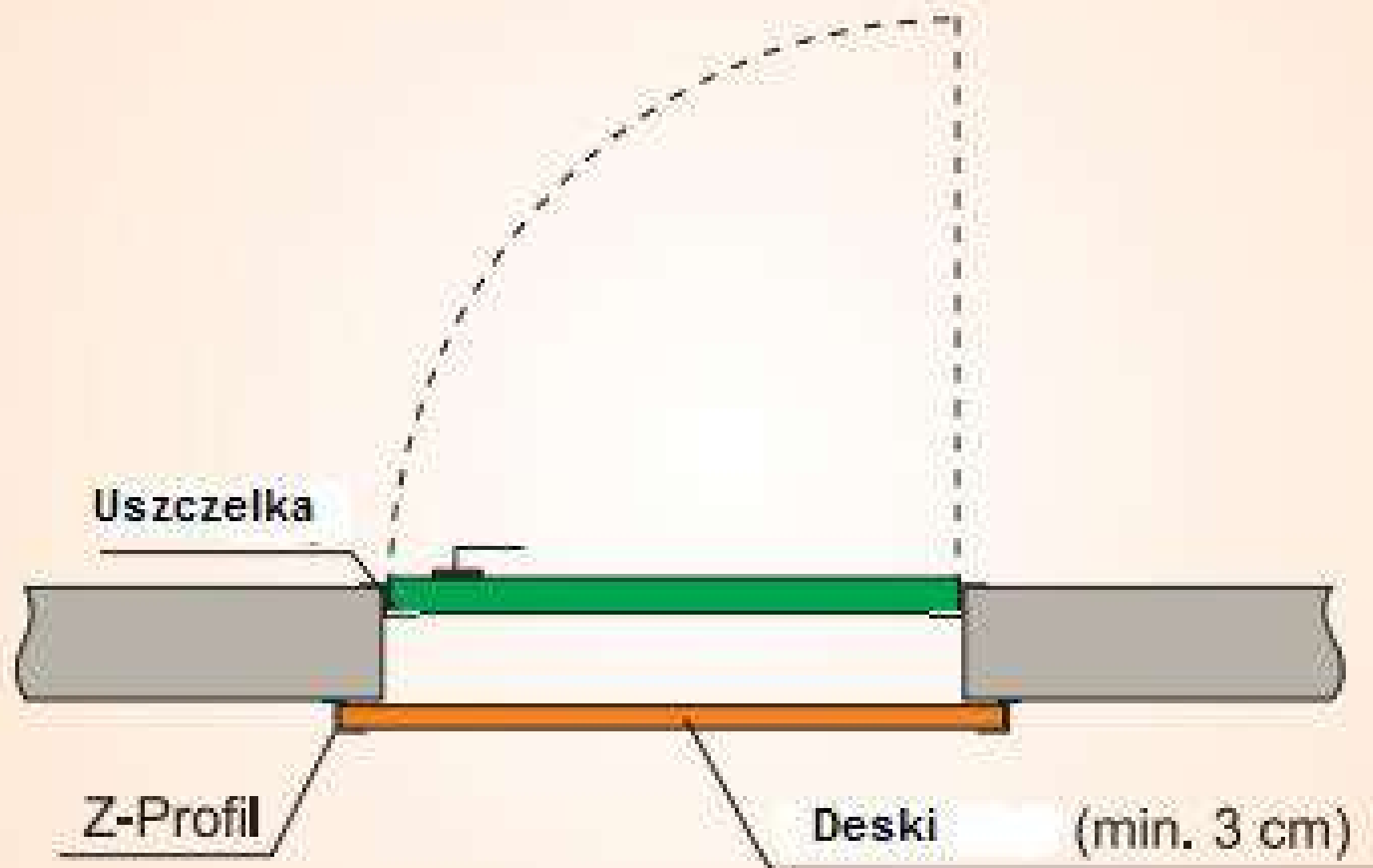
45°-Bogen

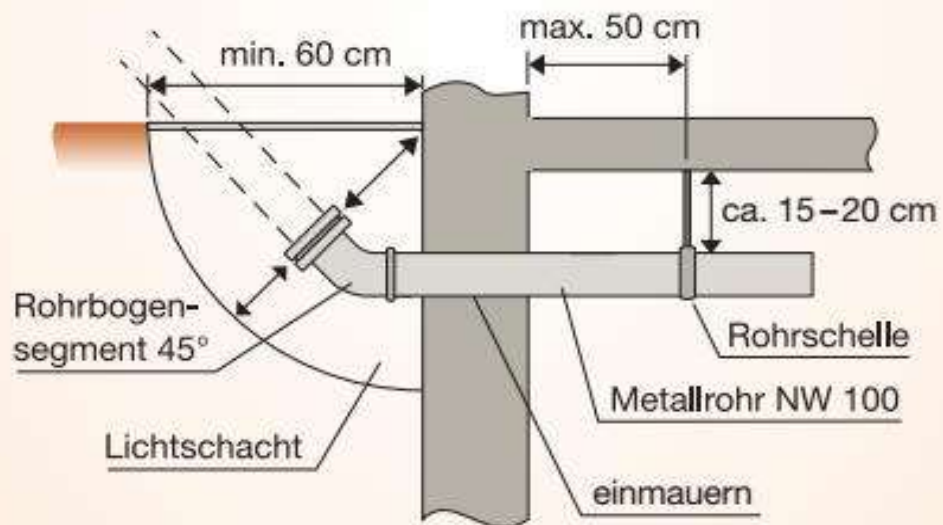
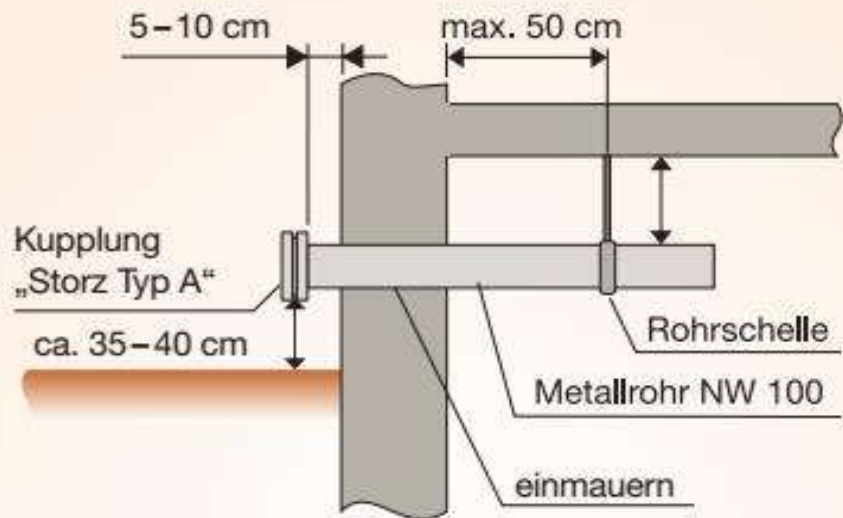
90°-Bogen



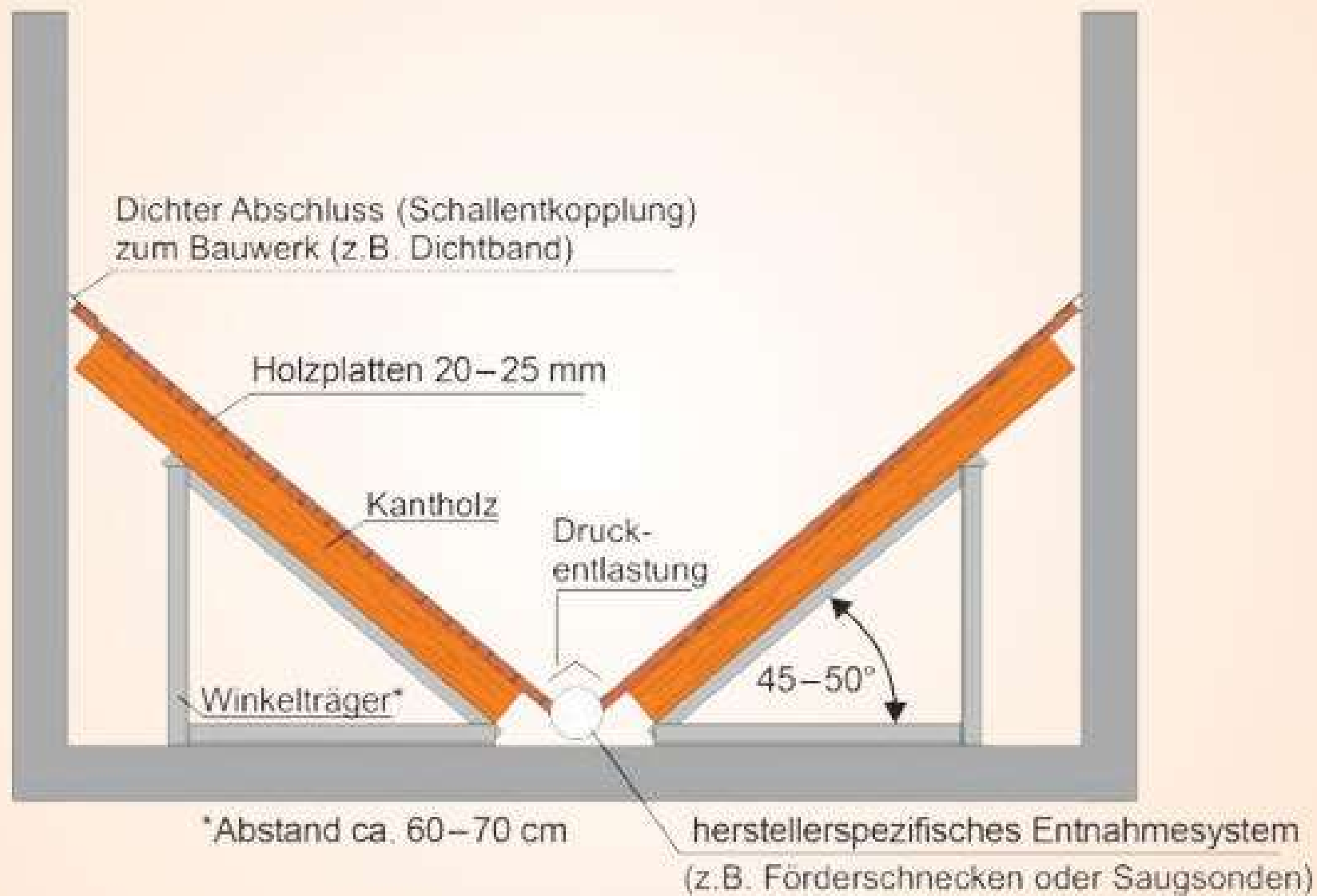




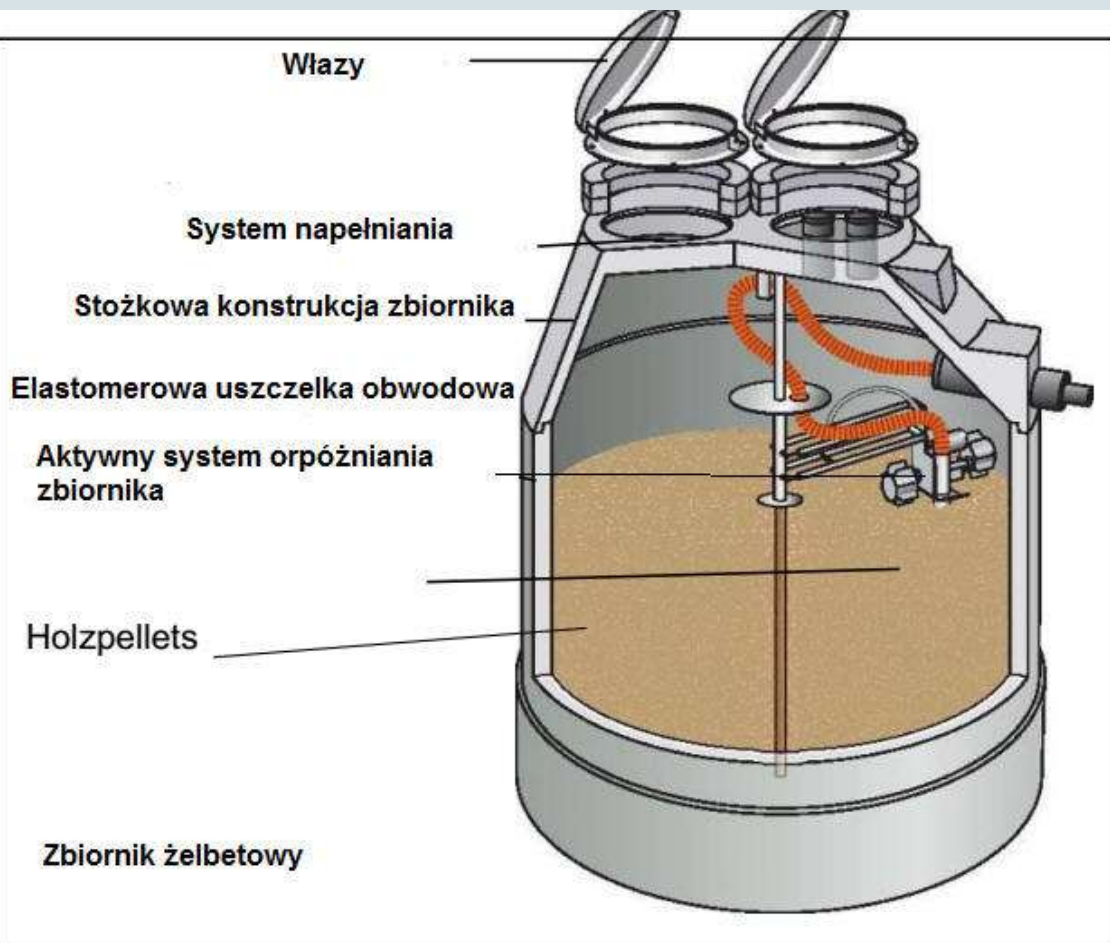




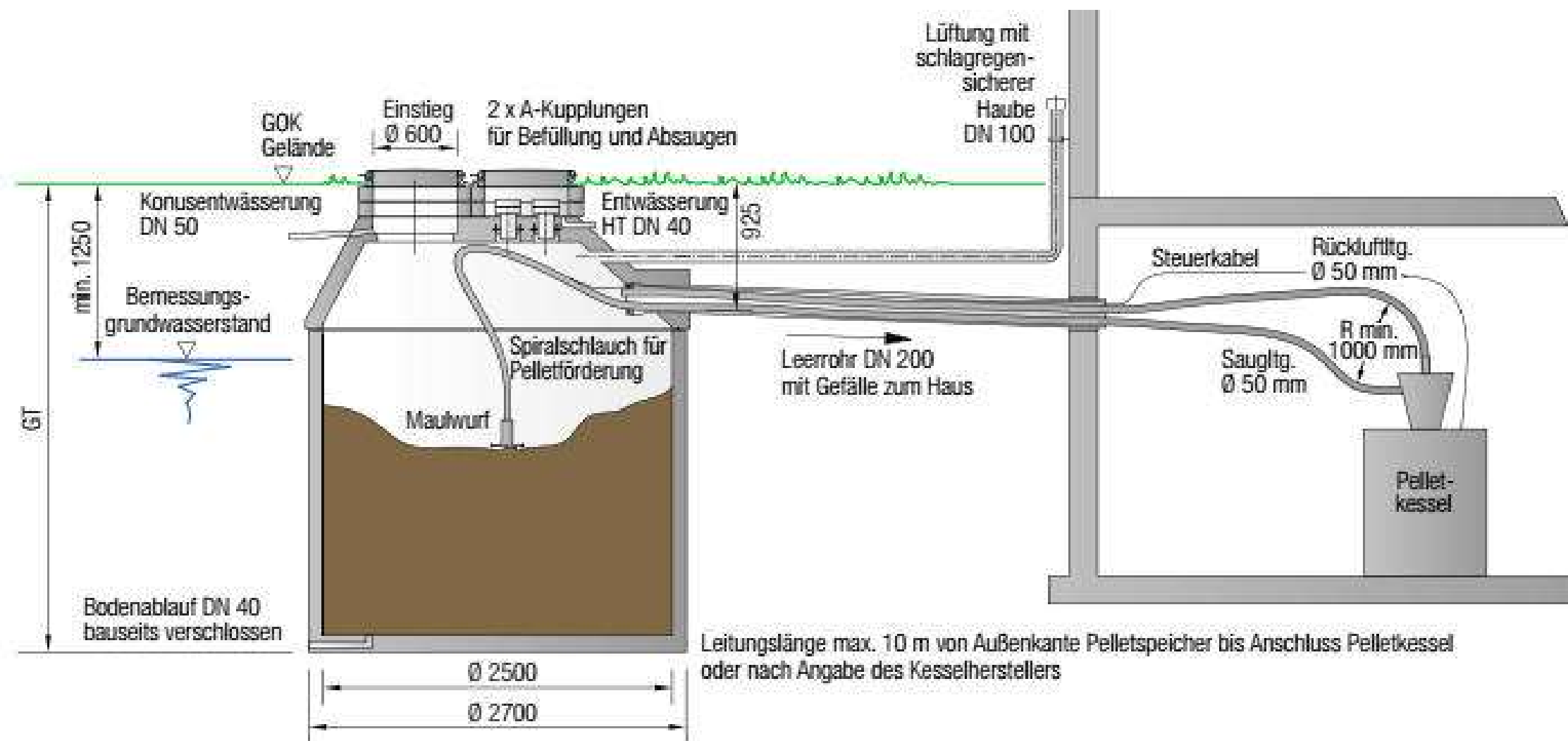
Jeśli istnieje potrzeba umieszczenia przewodów na dużej wysokości, to nie należy przekraczać 2m od poziomu terenu, a same głowice zwrócić w dół dla ułatwienia przyłączenia węży.

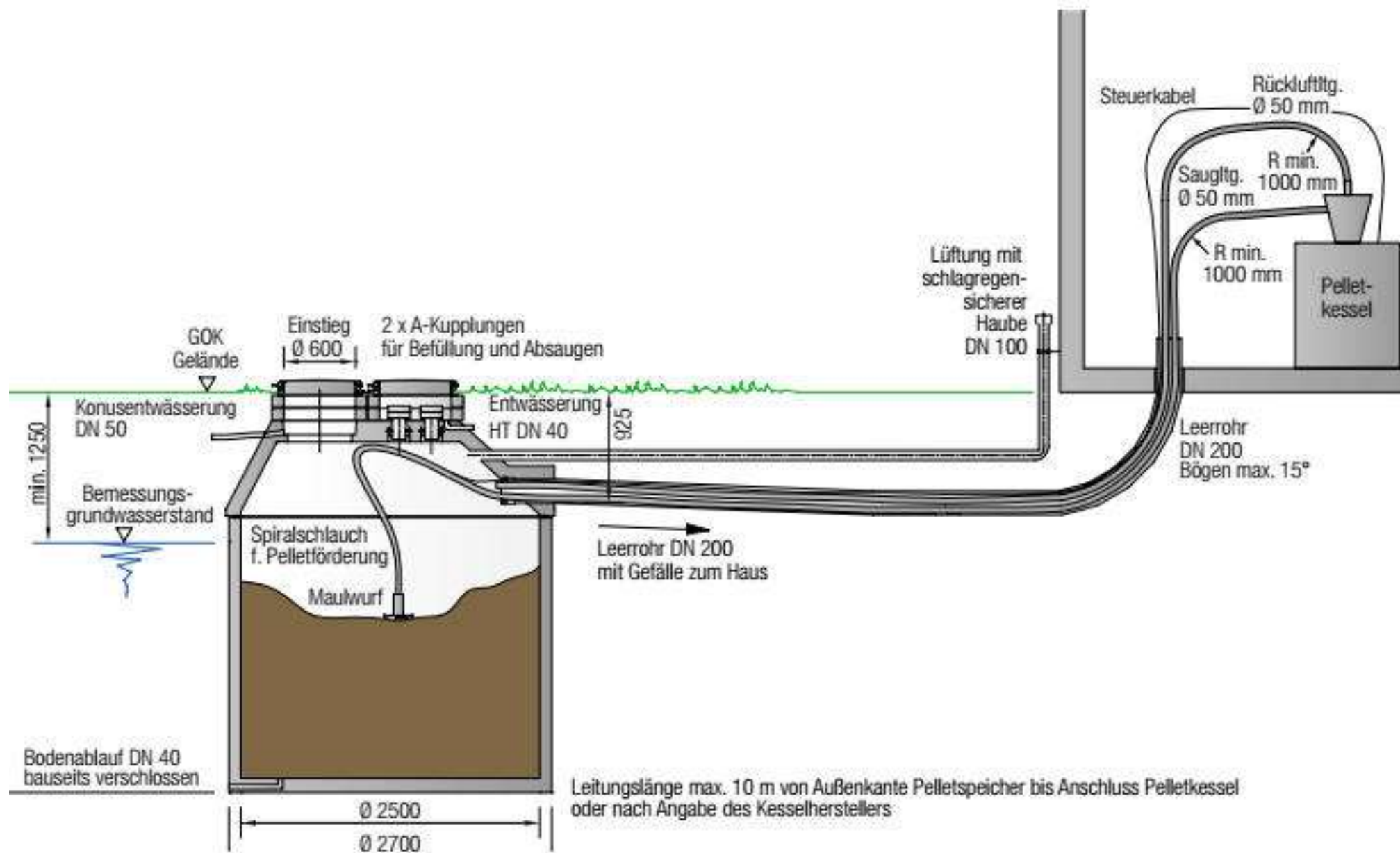


MAGAZYNY ZEWNĘTRZNE PODZIEMNE

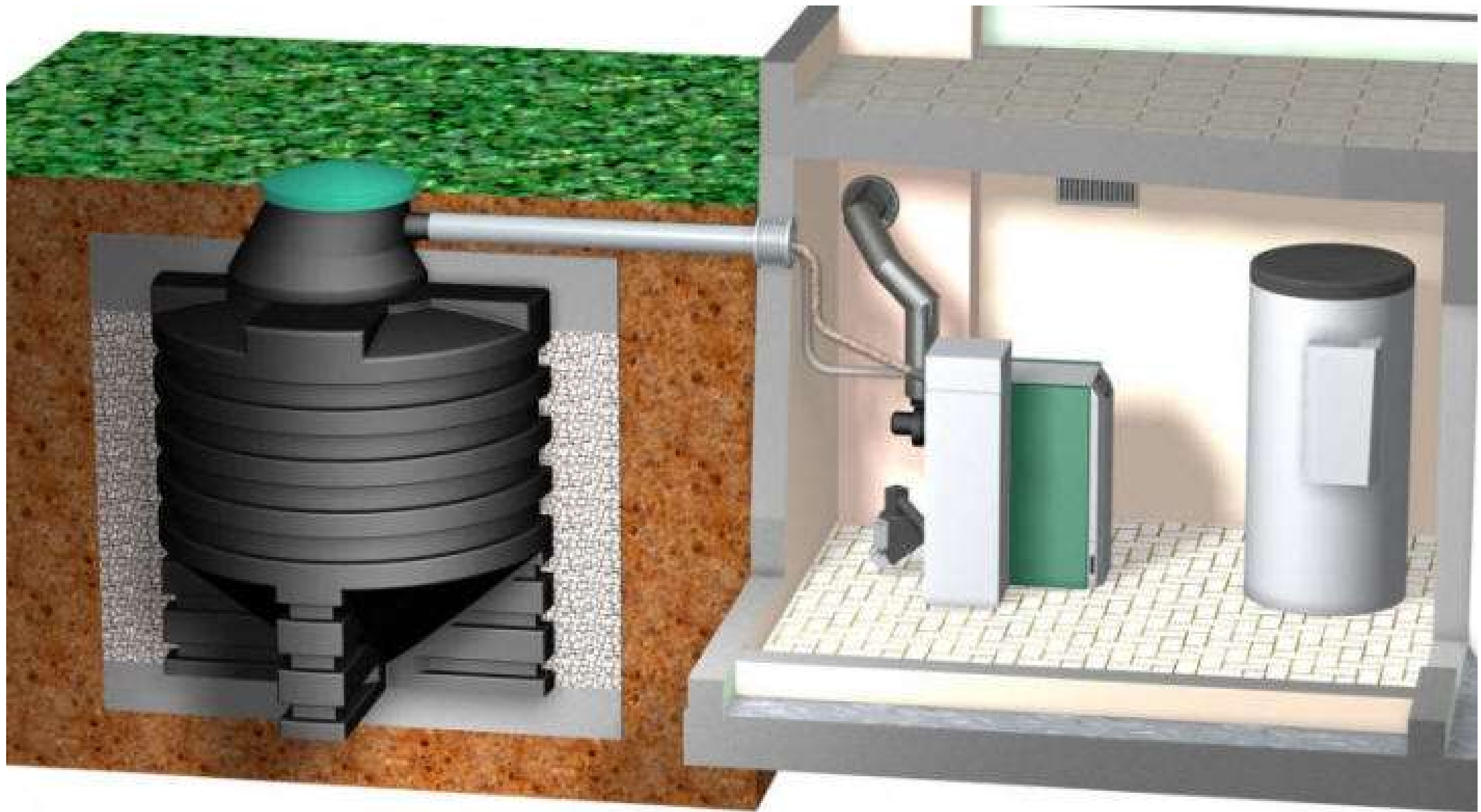


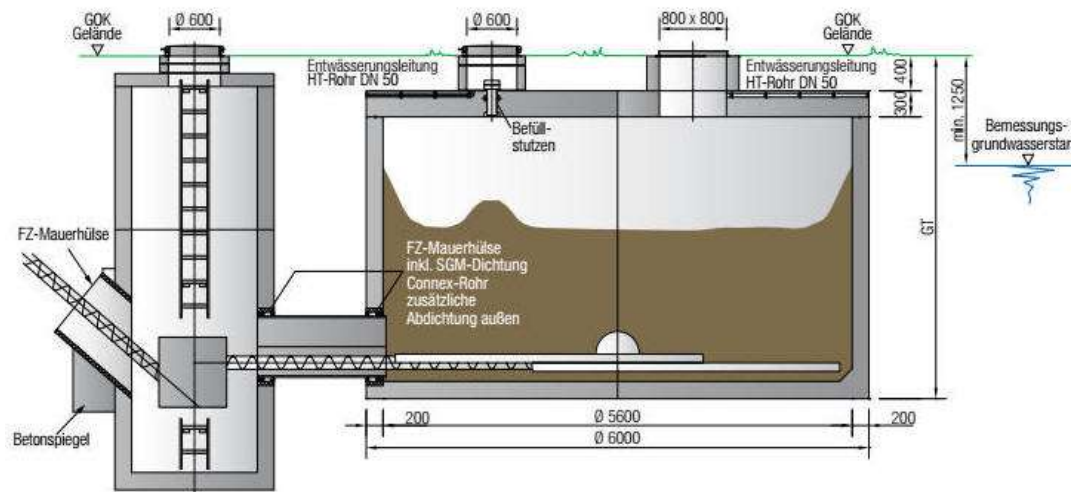
System Maulwurf-3000 ozn.: 1- przyłącze do węża ssącego, 2-kabel YSLY 7x1, 3-koła transportowe, 4-włot peletu, 5-łuk do zaczepienia haka transportowego, 6-zgarniacz, 7-konstrukcja rurowa, 8-suwak, 9-przłącznik zmiany ruchu, 10-pokrywa węża, 11-obrotnica z krzywką



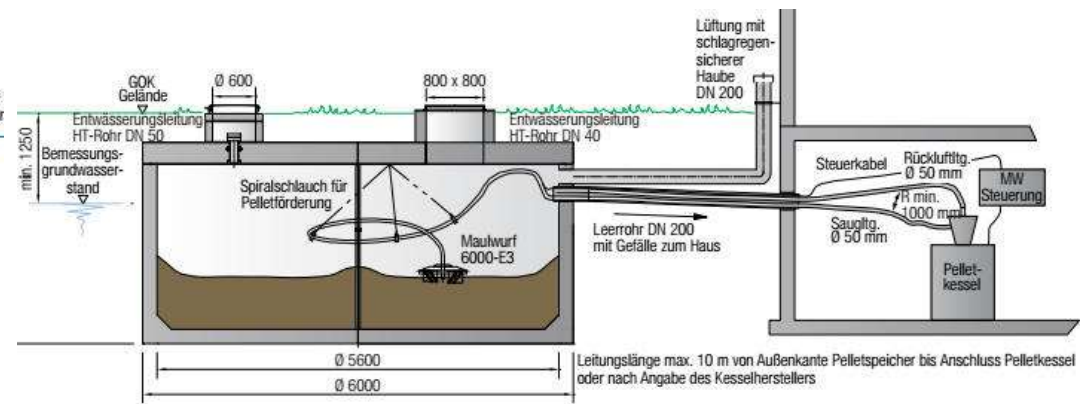




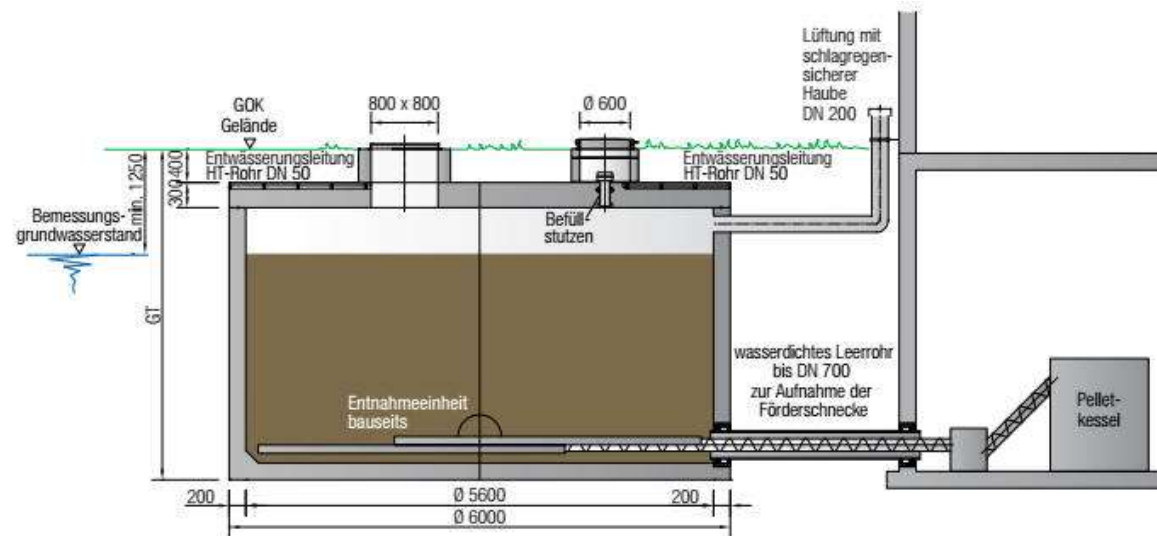
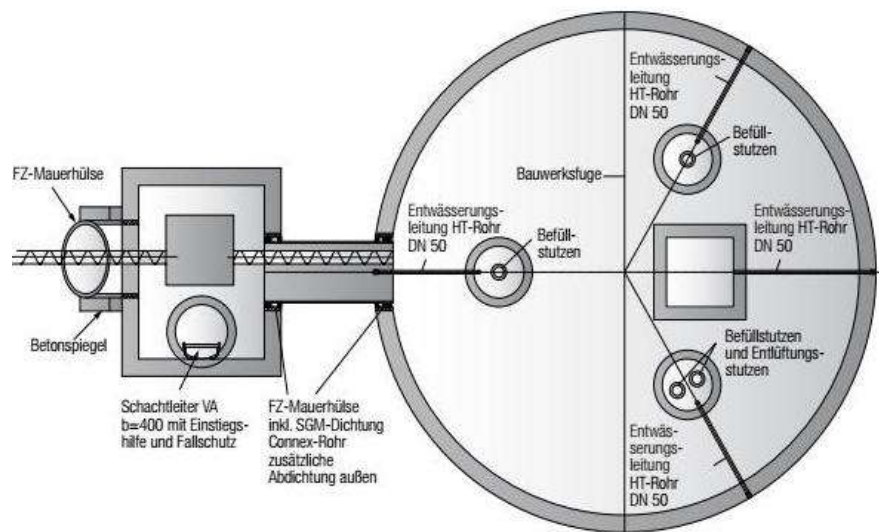




Mall-Rechteckschacht



Mall-Pelletspeicher ThermoPel



SYSTEMY TRANSPORTU PELETU

PNEUMATYCZNY

ŁĄCZONE

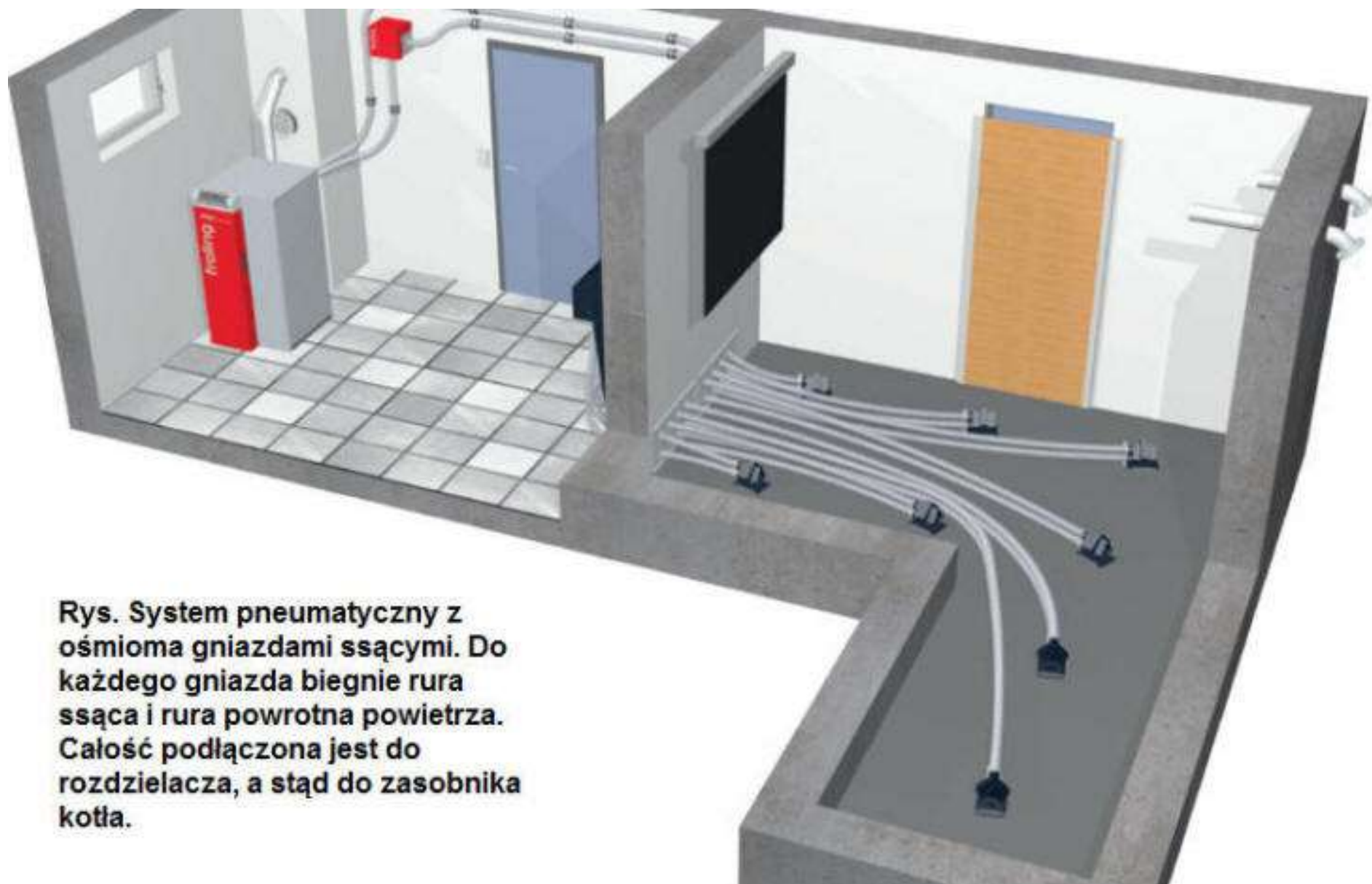
ŚLIMAKOWY

AKTYWNE

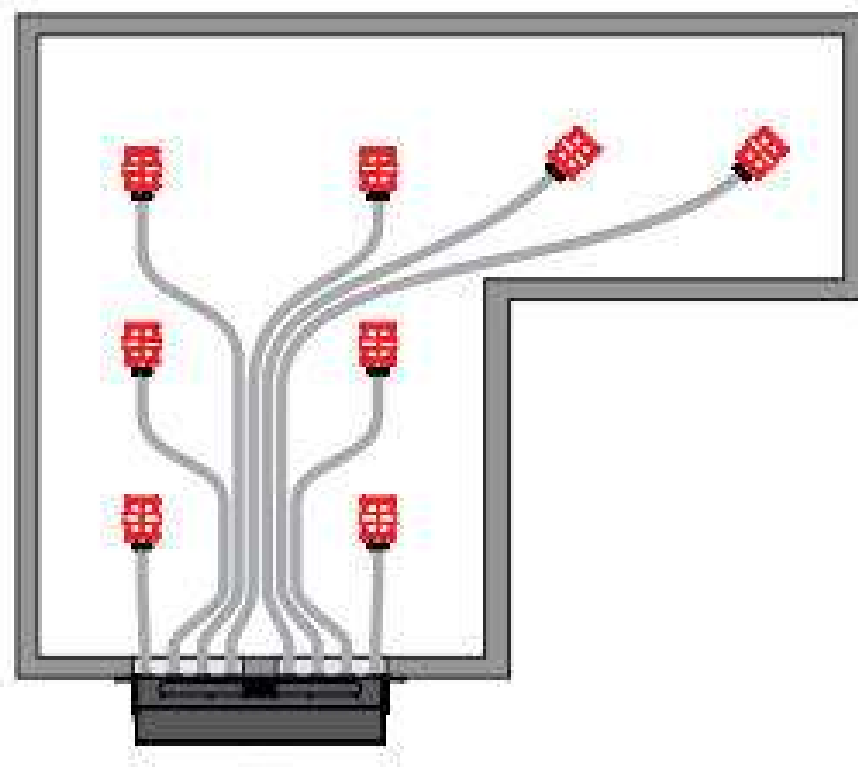
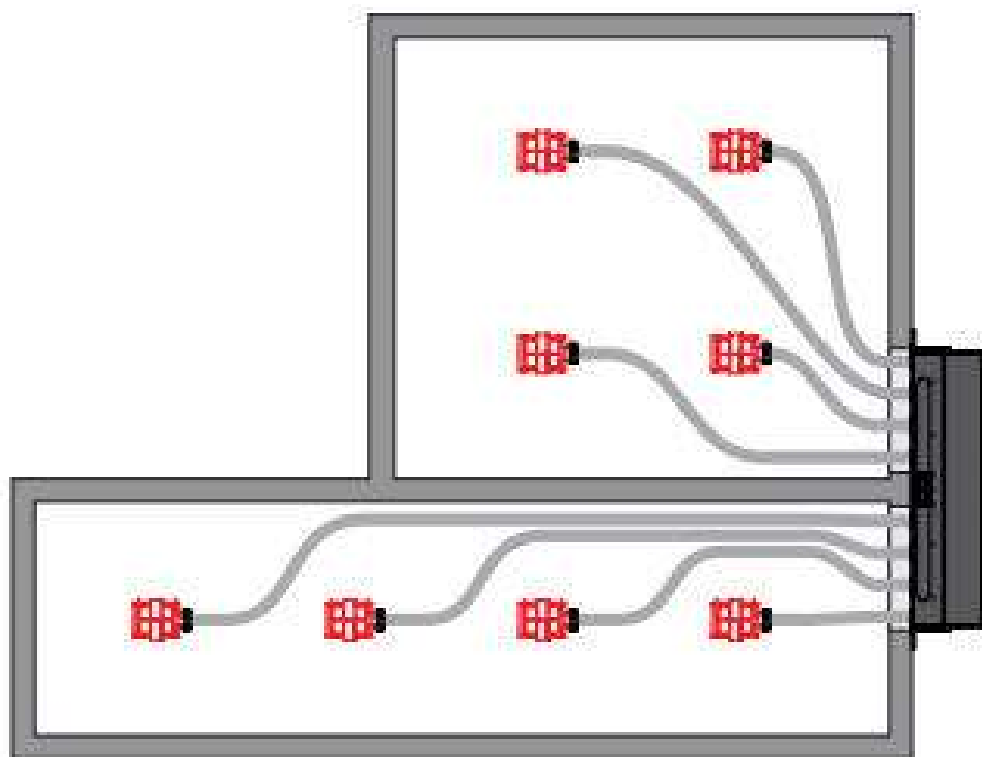








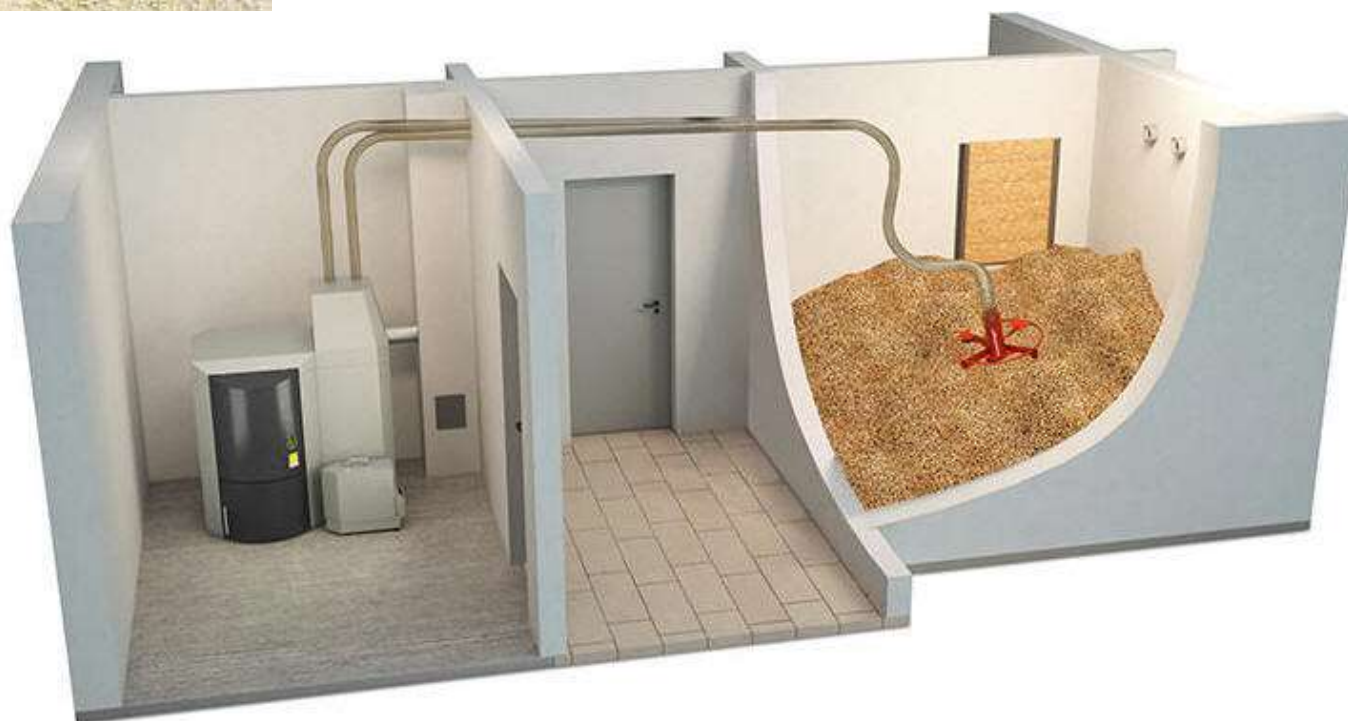
Rys. System pneumatyczny z ośmioma gniazdami ssącymi. Do każdego gniazda biegnie rura ssąca i rura powrotna powietrza. Całość podłączona jest do rozdzielacza, a stąd do zasobnika kotła.

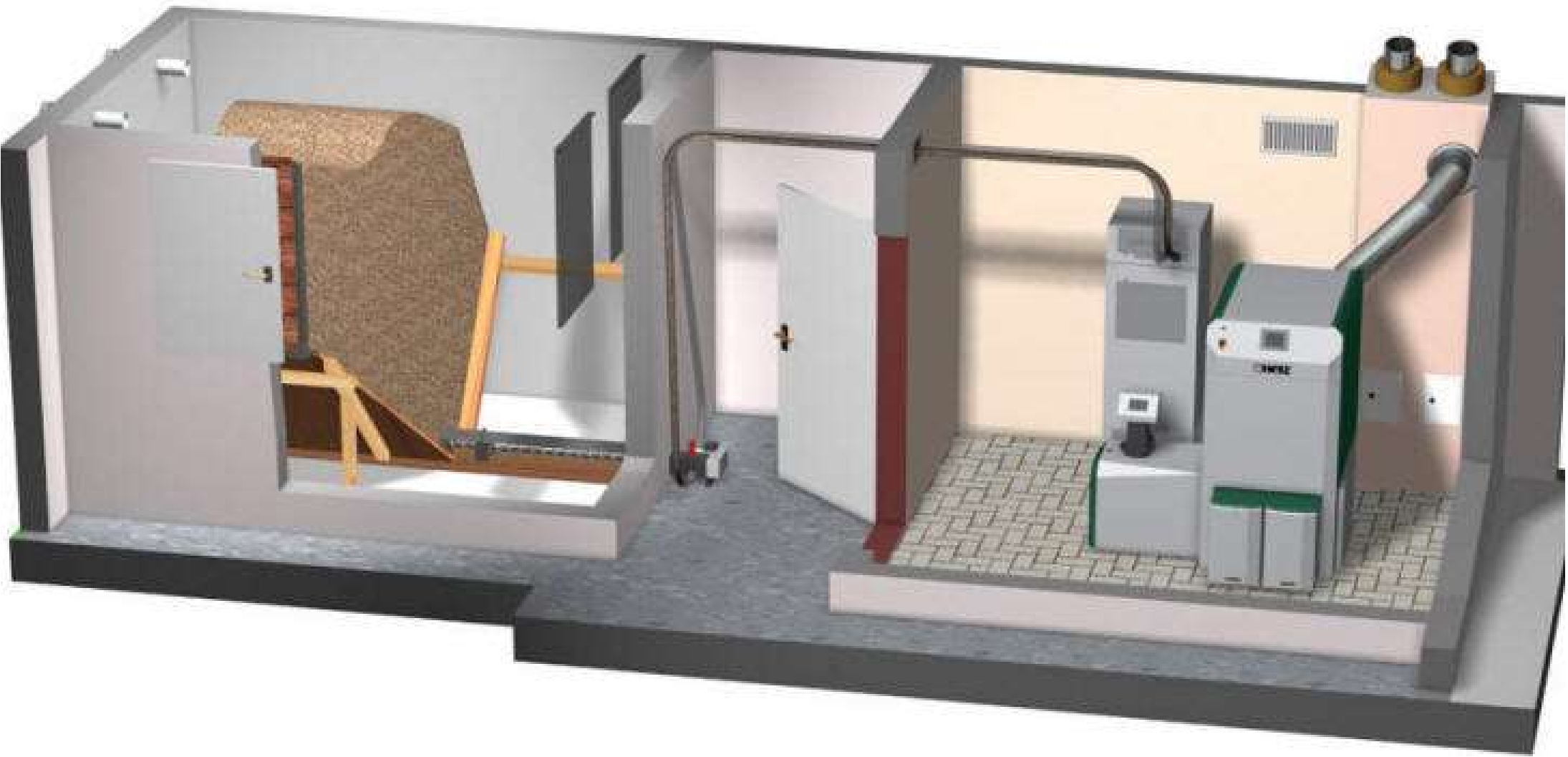


Przykładowe rozwiązania gniazd ssących w zależności od kształtu pomieszczenia. Zasięg jednego gniazda nie powinien być większy niż 1m².



Systemy aktywne doskonale spisują się we wszystkich typach podłoży. Szczególnie polecane są do rozległych zbiorników o podłożach płaskich. Poruszając się we wszystkich kierunkach potrafią w praktyce opróżnić zbiornik do końca.





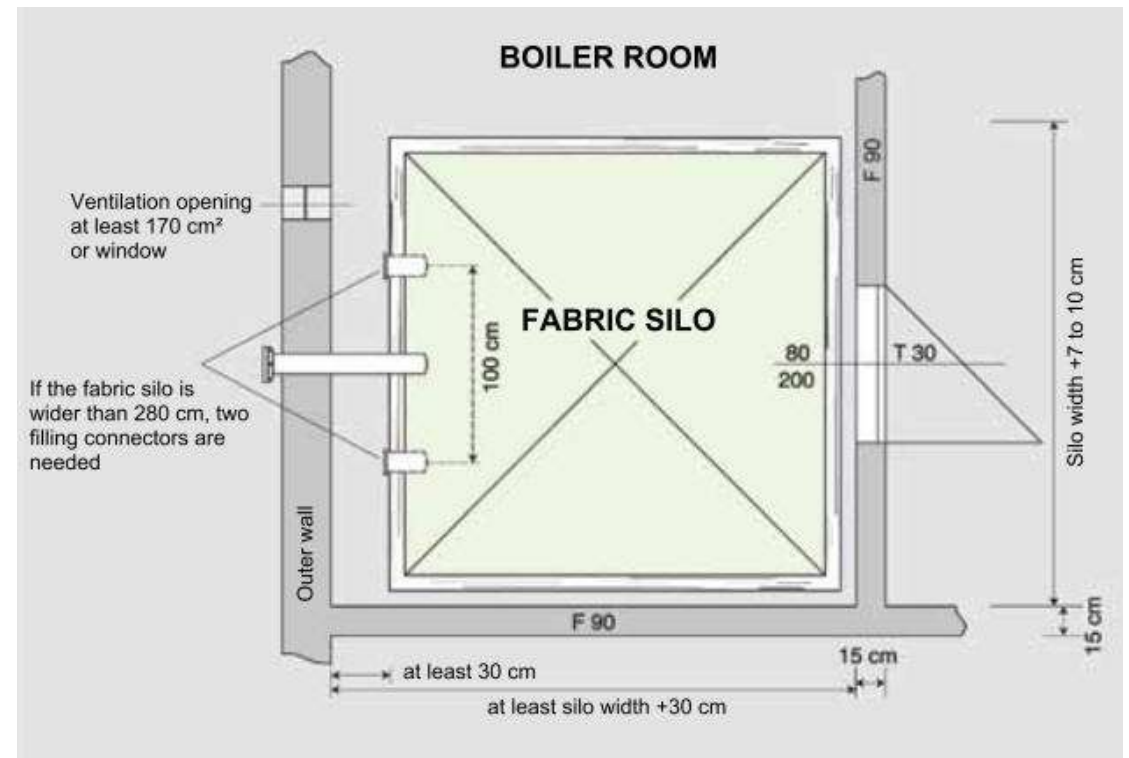
MAGAZYNY STOŻKOWE



20XX



SILOSY Z DNEM PŁASKIM



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

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

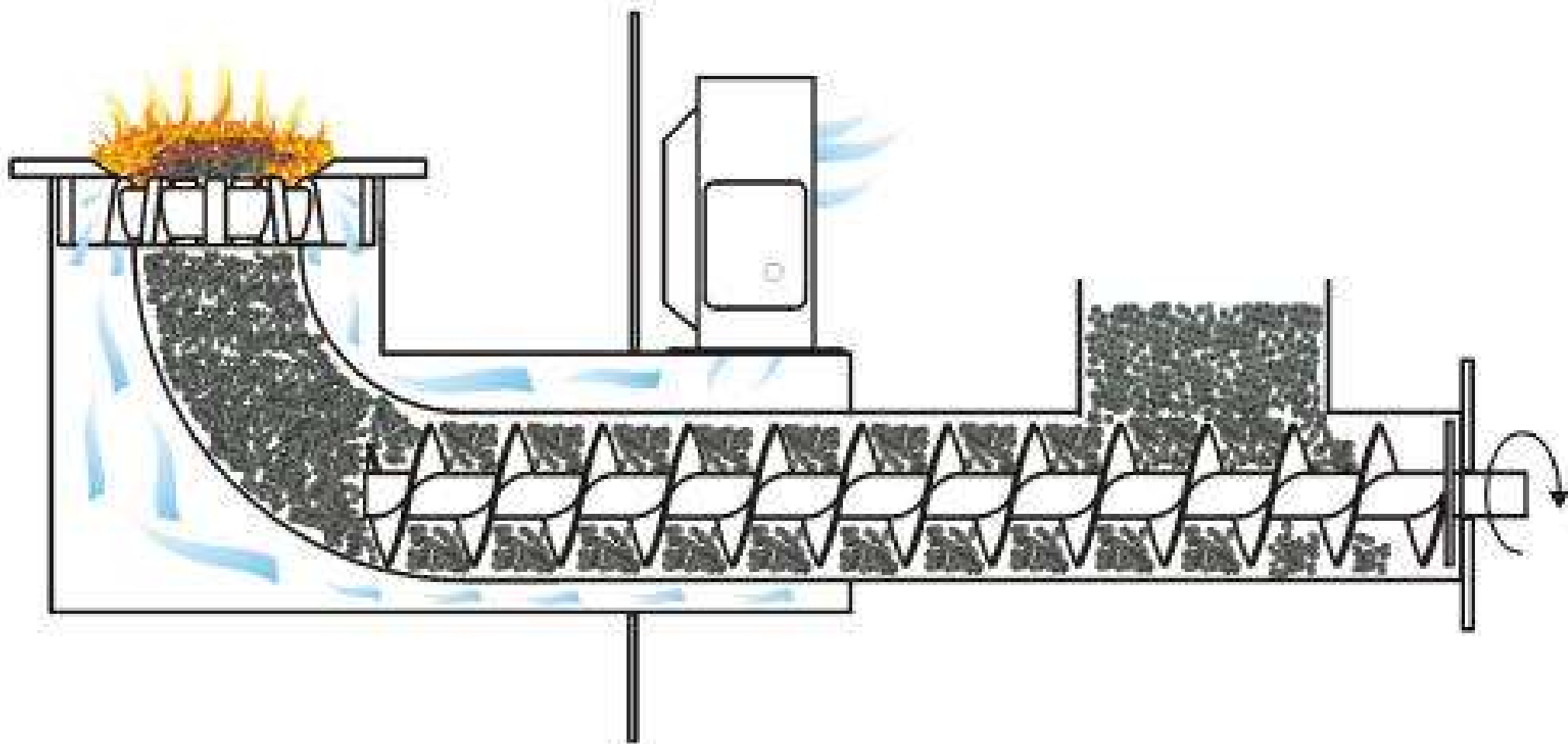
Q – orientacyjne zapotrzebowanie na moc ciepłą w [W],

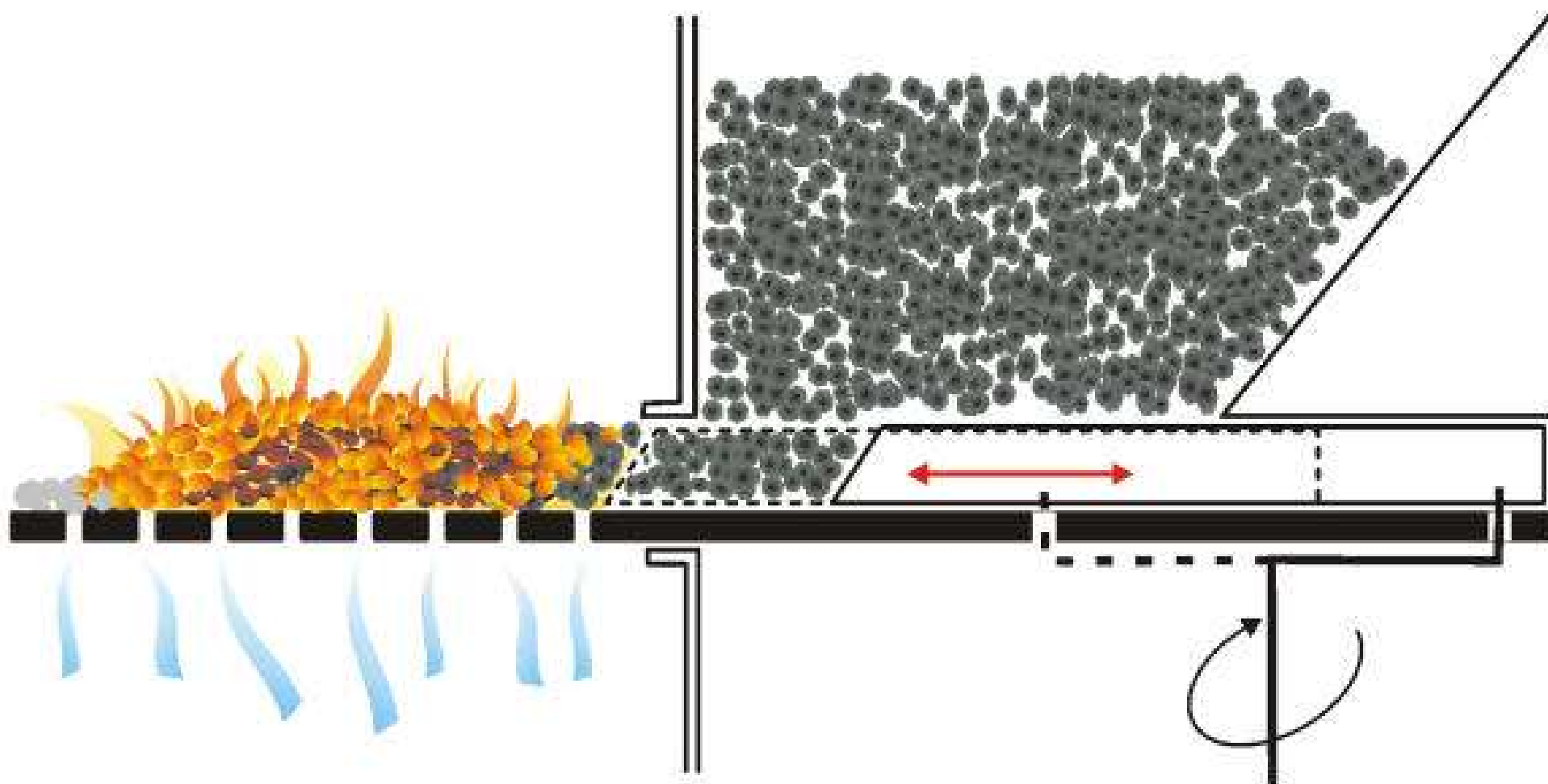
V – kubatura budynku [m^3]

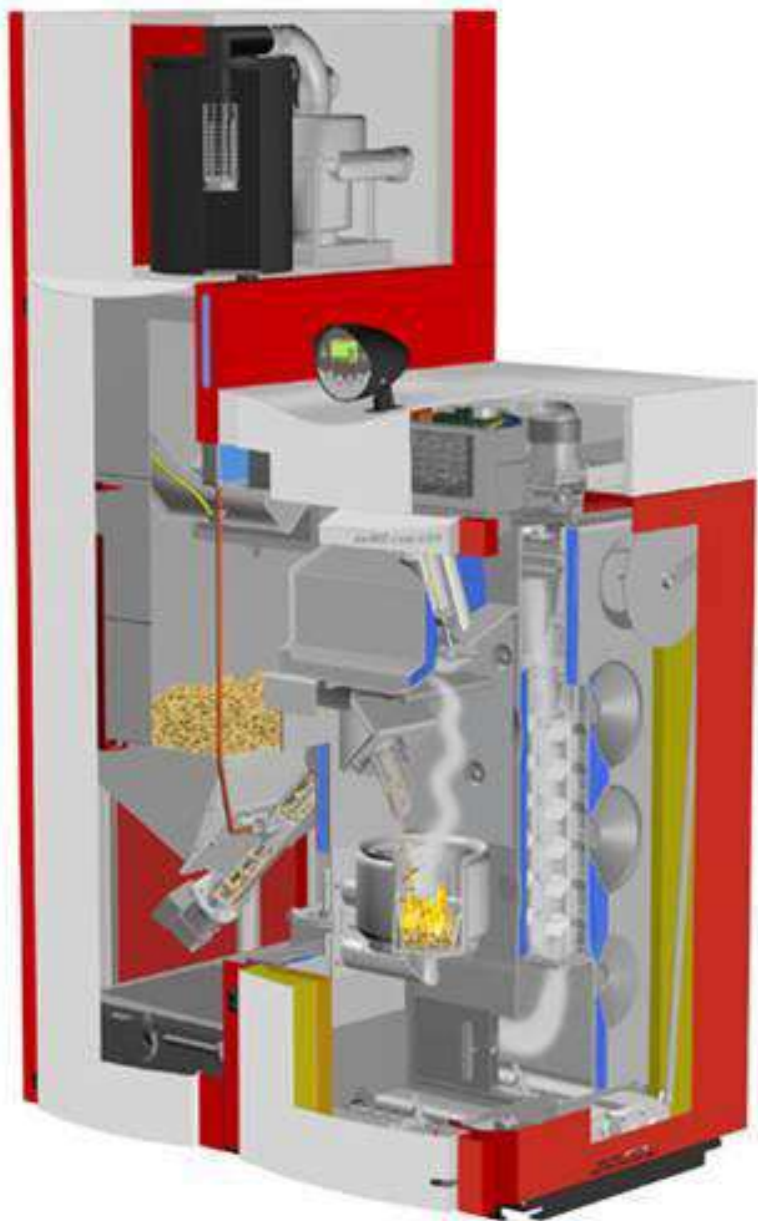
q – współczynnik zapotrzebowania na moc ciepłą budynku w odniesieniu do 1 m^3 kubatury ogrzewanej.

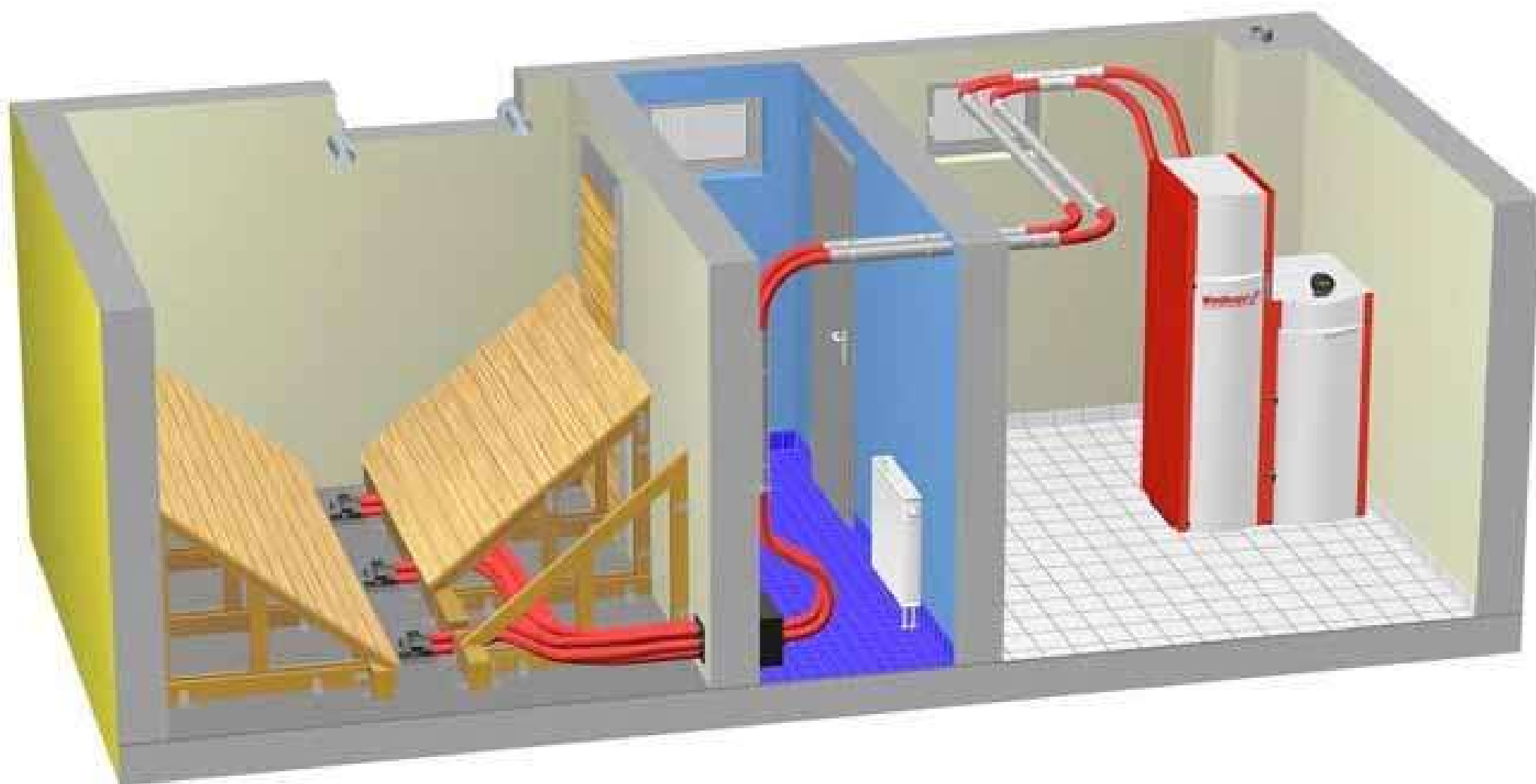
PODZIAŁ KOTŁÓW NA BIOMASĘ











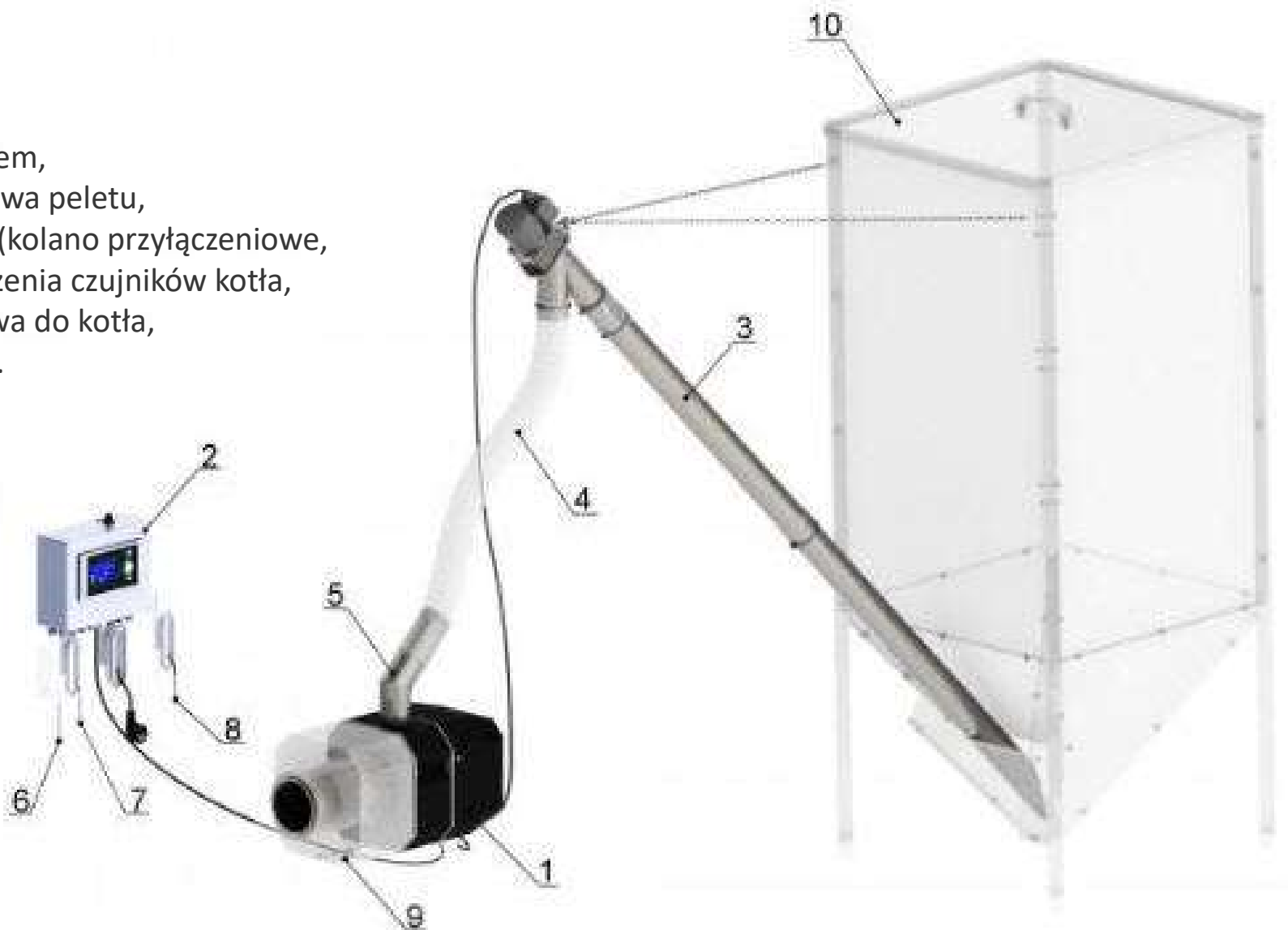


Kocioł z palnikiem
tubowym lub
rynnowym
z automatycznym
podajnikiem paliwa.

PALNIK OBROTOWY



- 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-flansza montażowa do kotła,
10-zasobnik peletu.



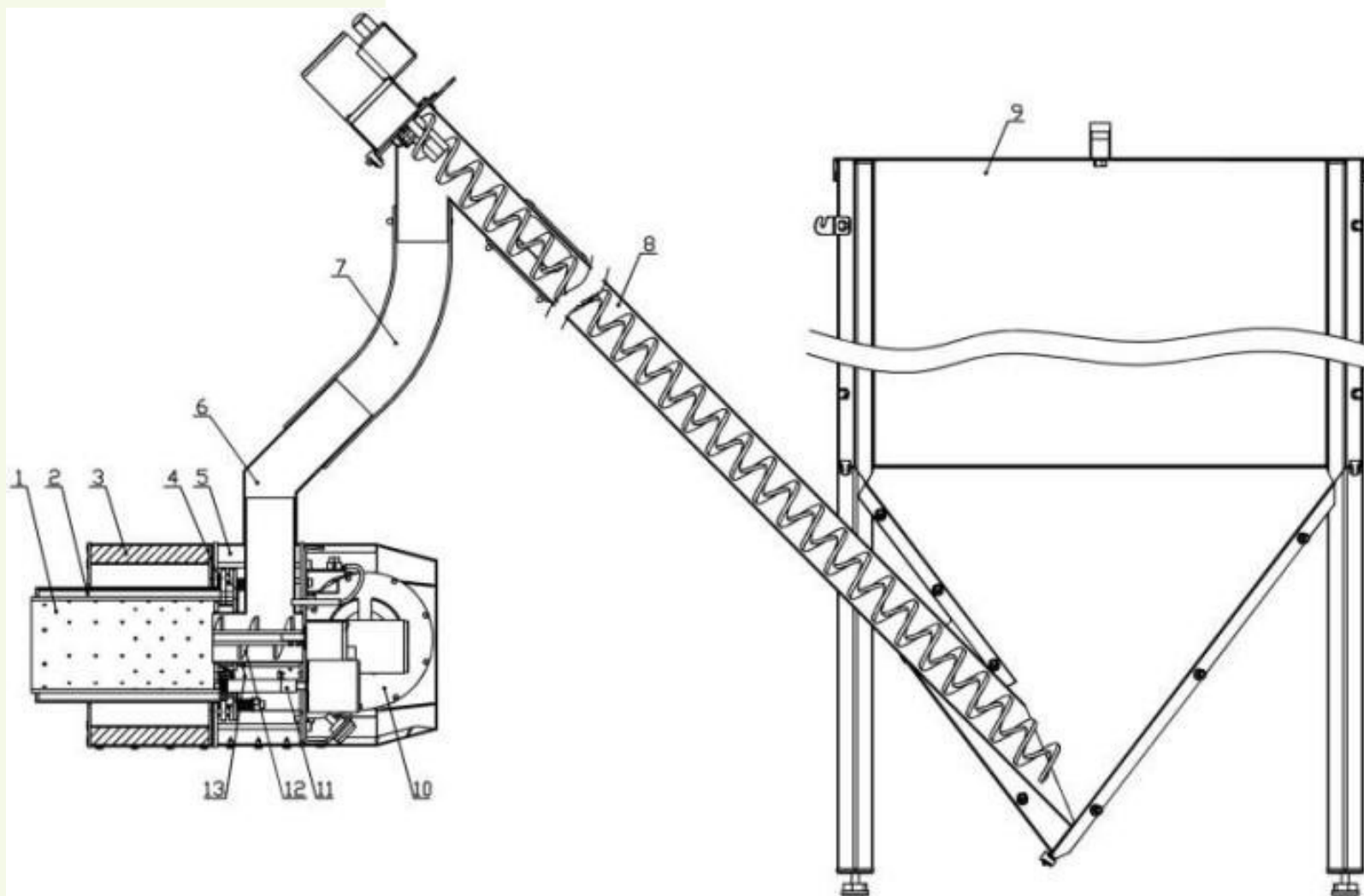
**PALNIK
OBROTOWY**

Palnik powinien być zasilany wyłącznie paliwem o następujących właściwościach:

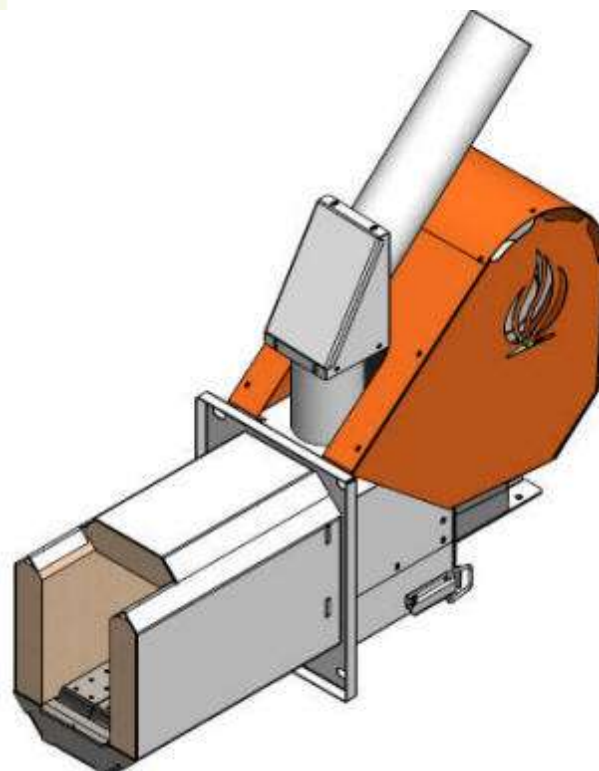
Frakcje	granulat
Średnica	$6\pm 1\text{ mm}$, $8\pm 1\text{ mm}$
Długość	3,15mm - 40 mm
Ilość pyłu	$\leq 1\%$
Gęstość nasypowa	$\geq 600\text{ kg/m}^3$
Wilgotność	$\leq 10\%$
Wartość opałowa	16,5÷19 MJ/kg
Popiół	$\leq 0,7\%$

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 - stąpalny
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



PALNIK SCHODKOWY



PALNIK RETOScroll

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

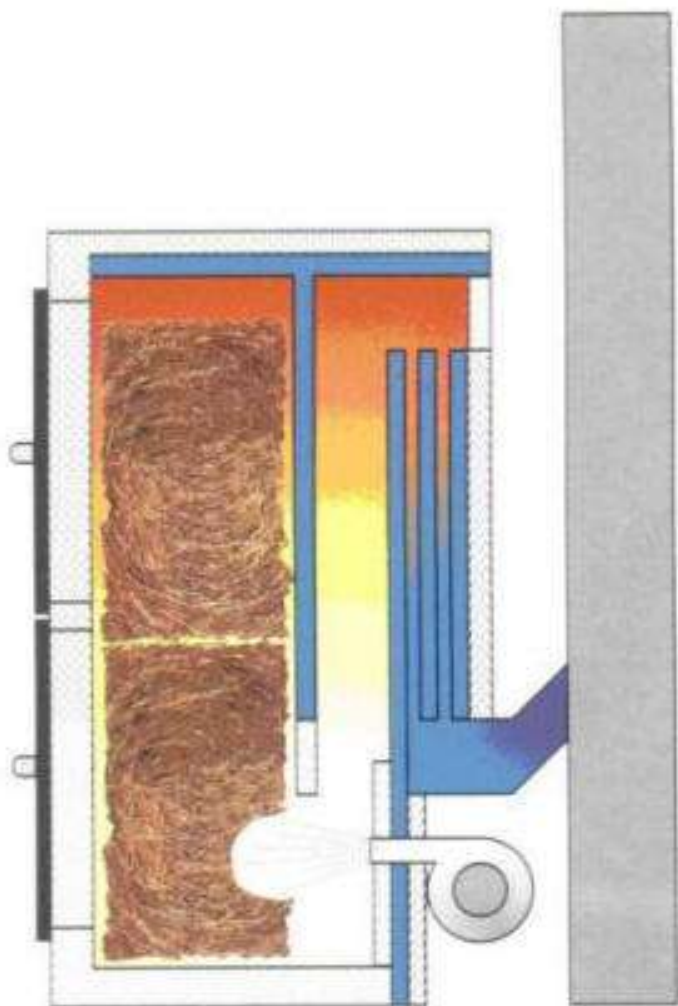


KOCIOŁ NA SŁOMĘ

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

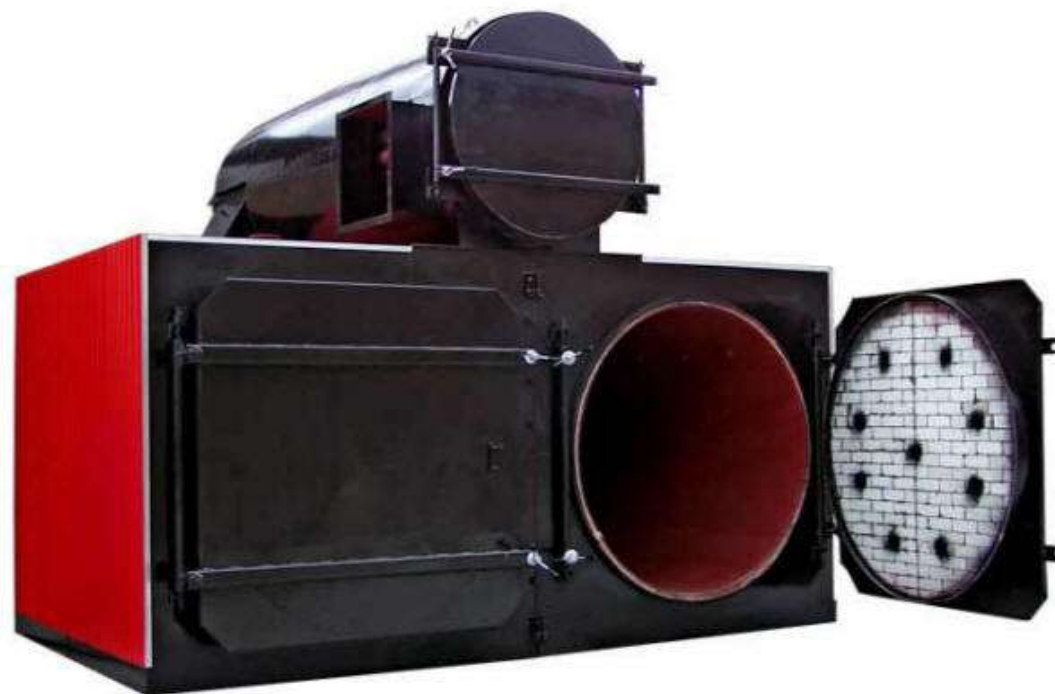
Mogą one ogrzewać zarówno domki jednorodzinne, jak i chlewnie, szklarnie, suszarnie, a nawet szkoły i urzędy gminy

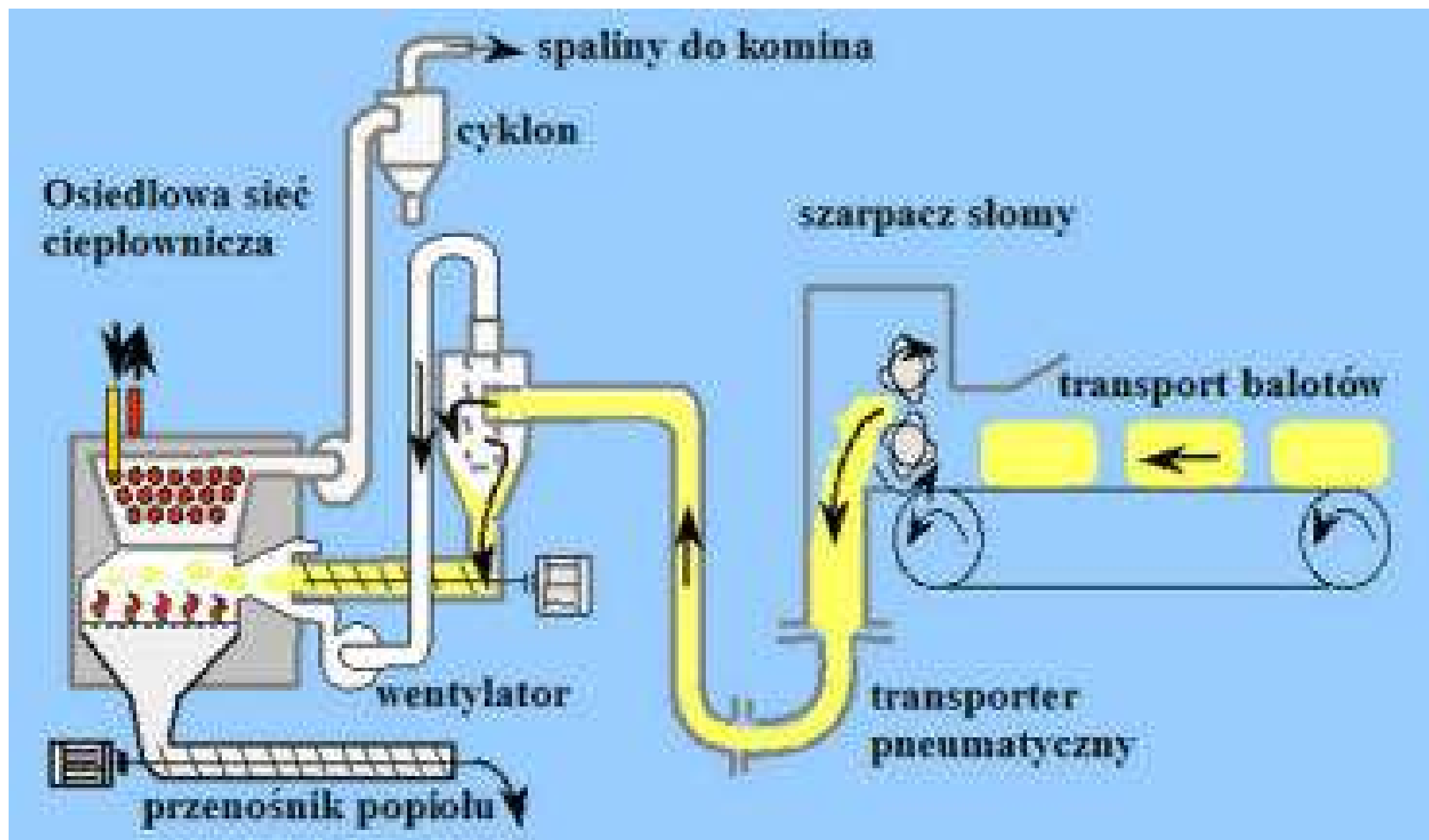




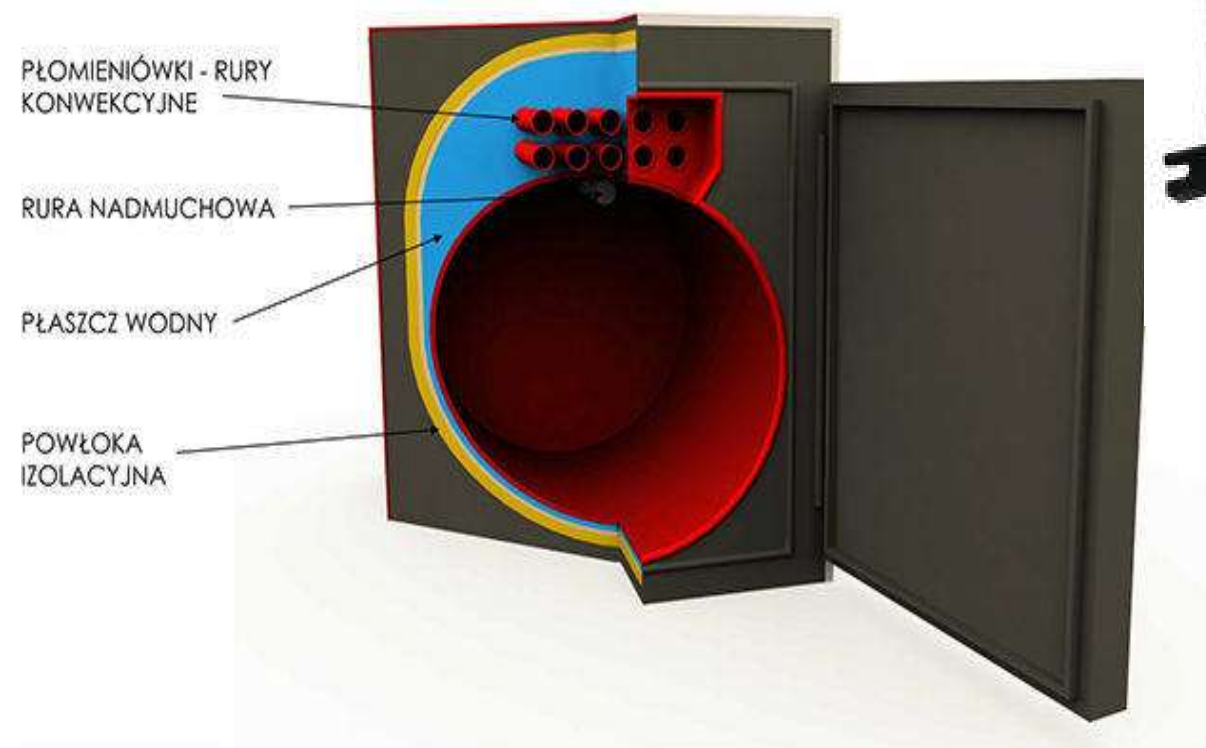
Kocioł spalający kostki ze słomy

Kocioł z systemem cygarowym
spalający baloty ze słomy









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

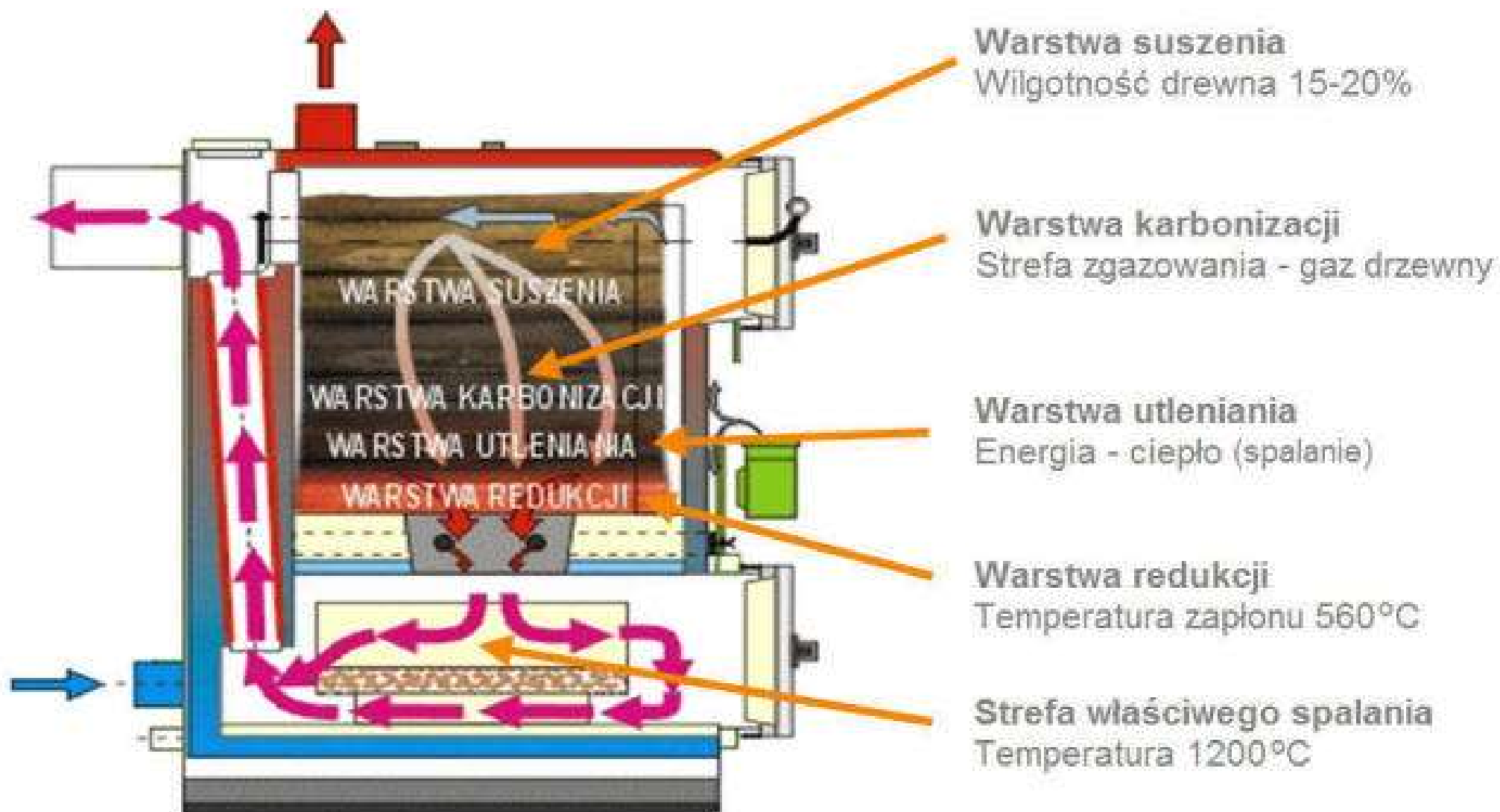
– środkowa strefa kotła, wysuszone drewno w wyniku dalszego podgrzewania ulega termicznemu rozkładowi z wydzielaniem gazu drzewnego, odbywa się to przy ograniczonym dopływie powietrza (proces pirolizy)

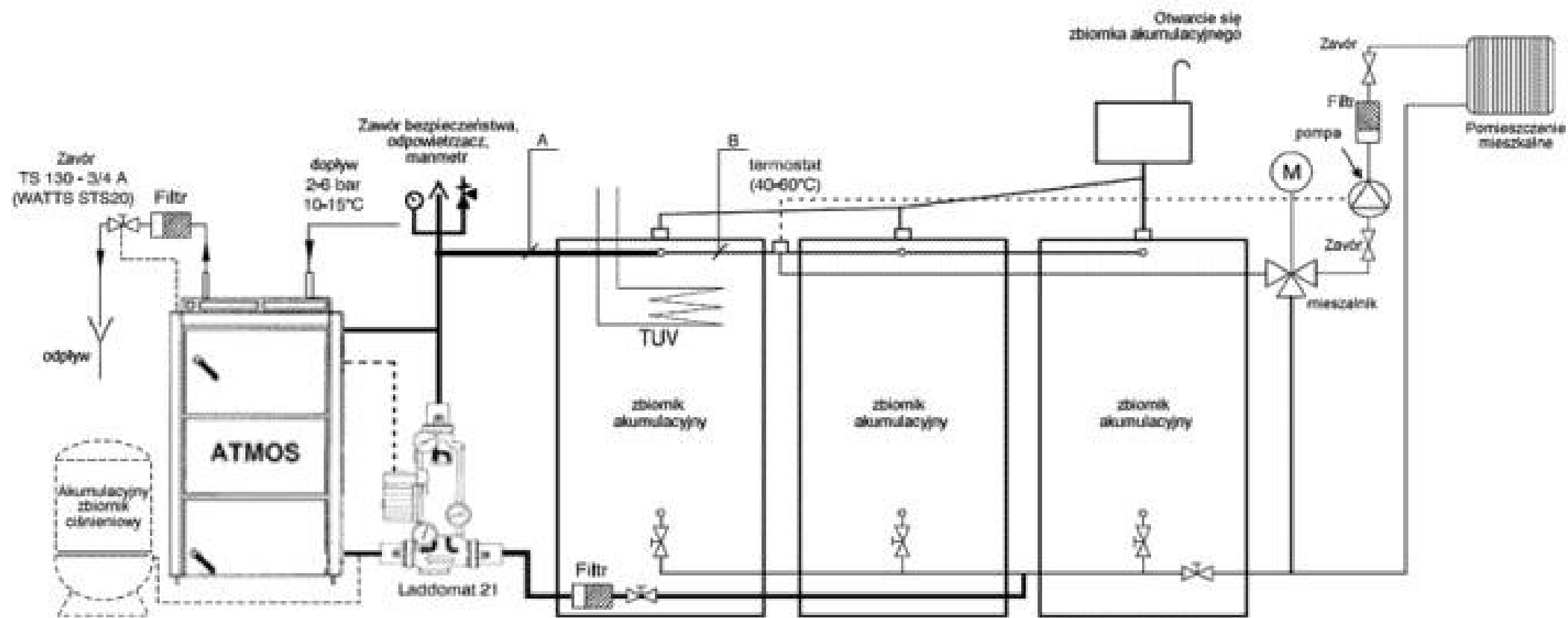
SPALANIE GAZU

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

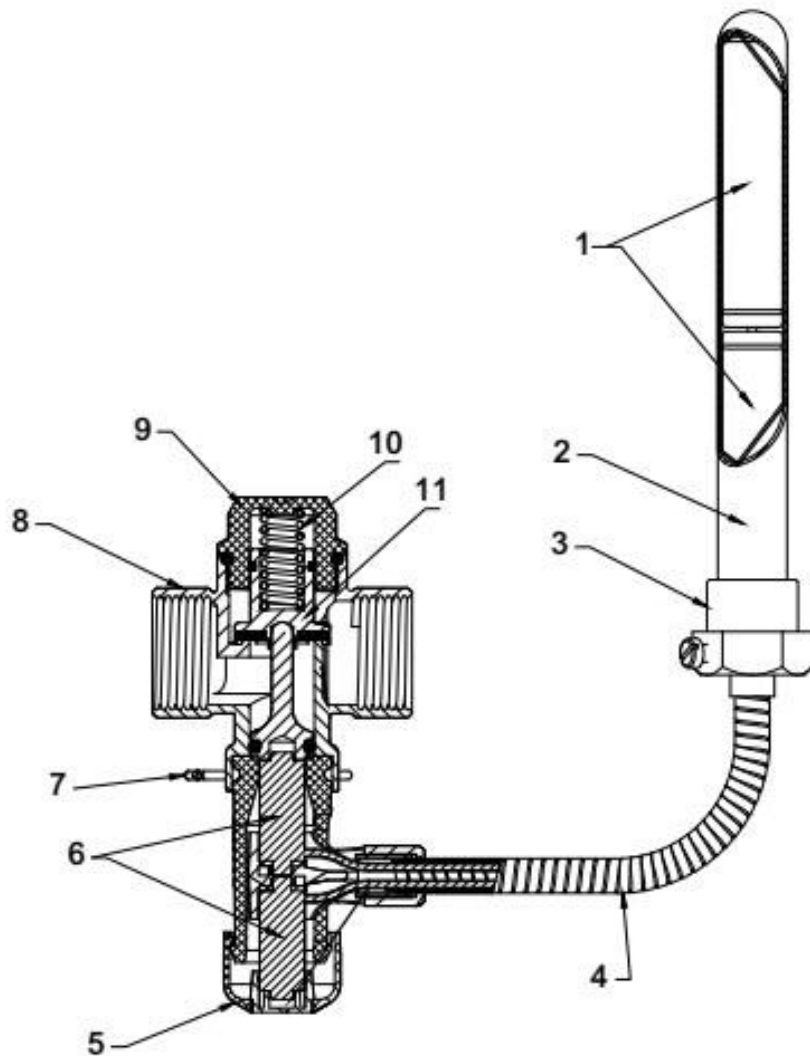
Brak wody w kotle

**ZABEZPIECZENIE PRZED
NADMIERNYM WZROSTEM
CIŚNIENIA**

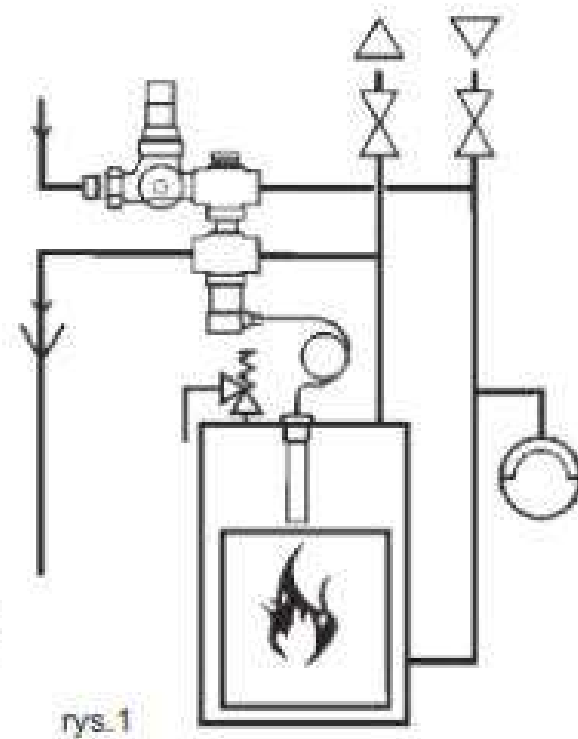
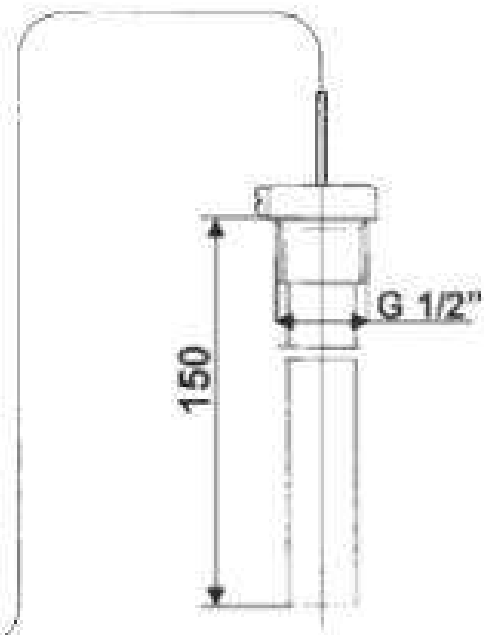
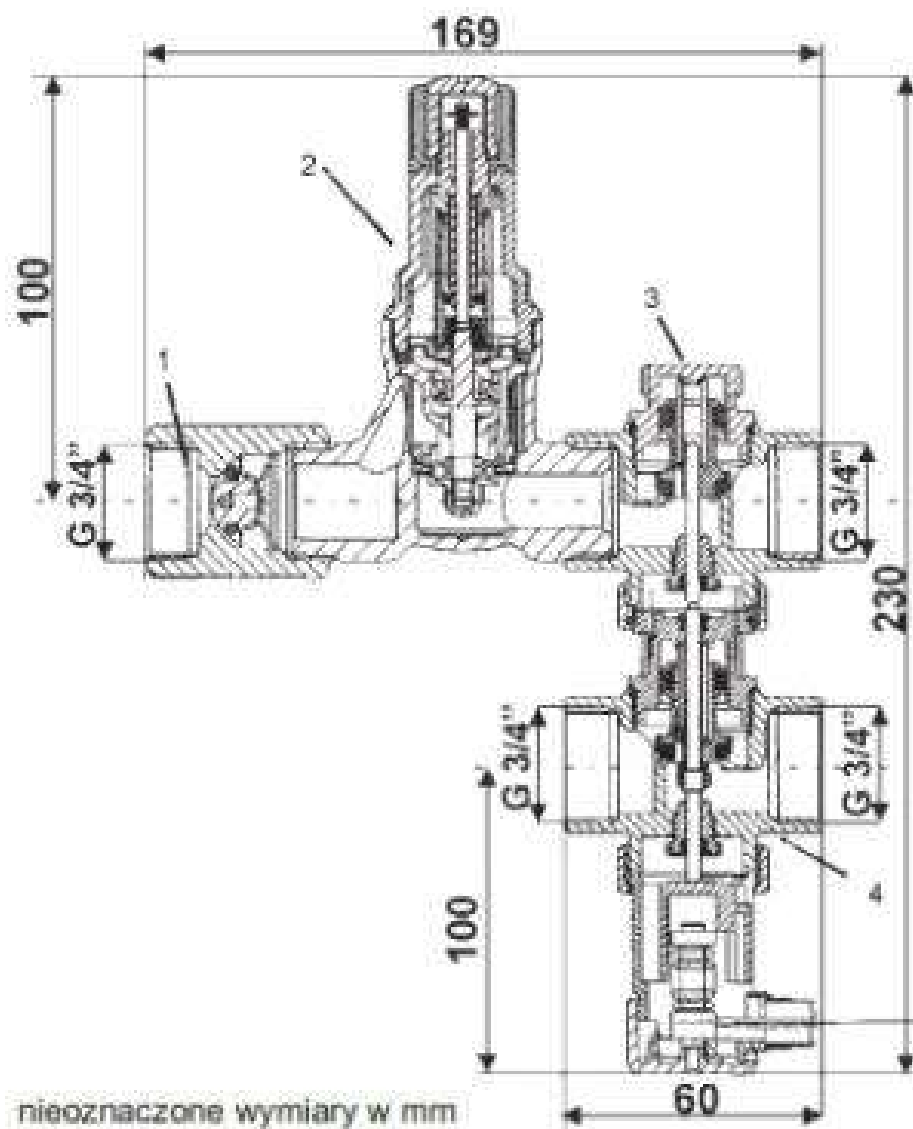
Zawory STS wyposażone są w sondę pomiarową, z czujnikiem termicznym połączoną z elementem wykonawczym za pomocą kapilary. Sonda posiada gwint zewnętrzny (zwykle 1/2") umożliwiający zamocowanie w części wodnej kotła.



ZAWÓR STS



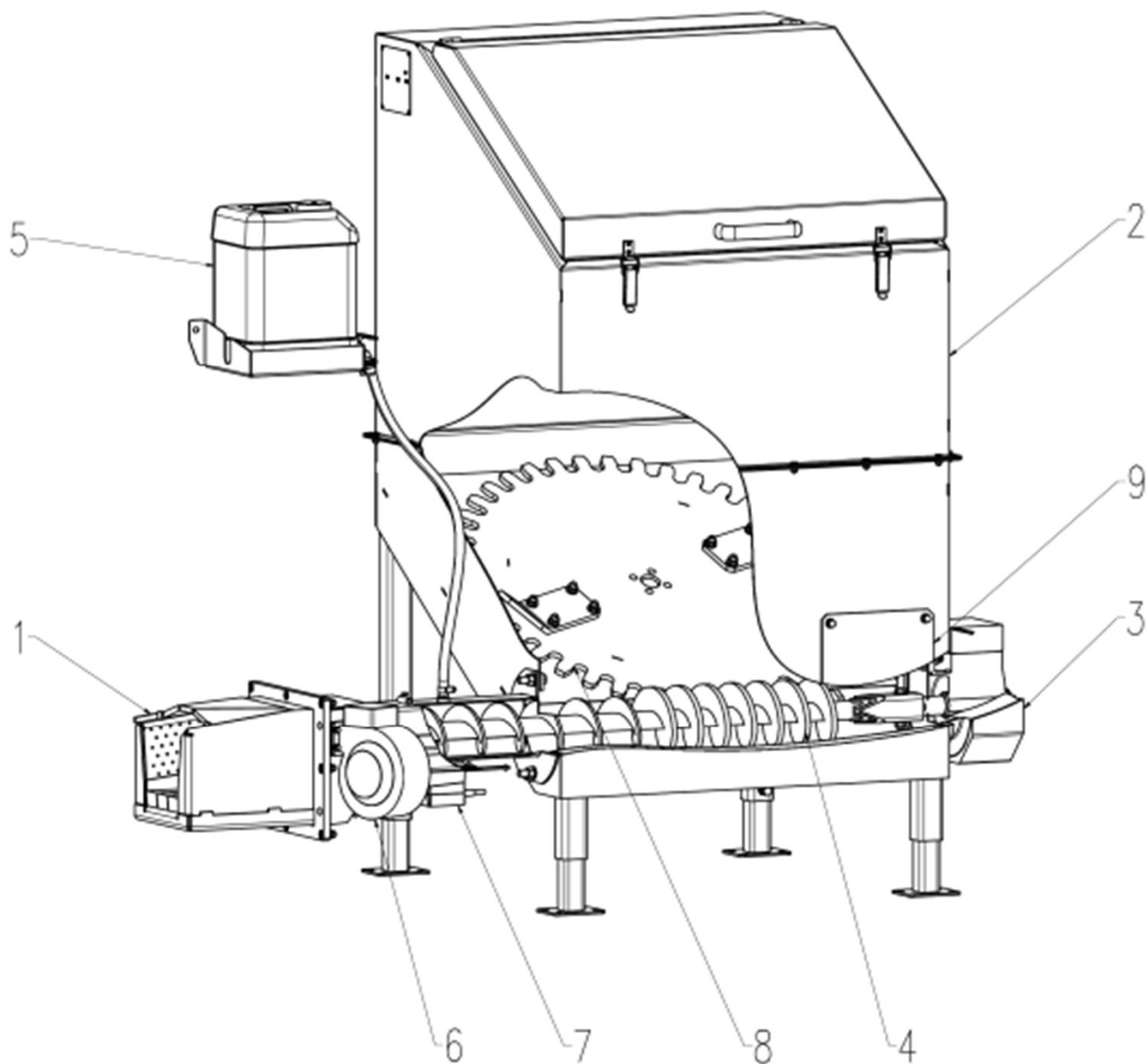
1. Sonda pomiarowa z podwójnym czujnikiem termostatycznym
2. Osłona sondy pomiarowej
3. Gwint przyłączeniowy sondy pomiarowej
4. Osłona kapilary
5. Przycisk ręcznego wyzwalania spustu
6. Mieszki rozszerzalne
7. Zawleczka blokująca część termostatyczną
8. Korpus zaworu
9. Korek spustowy
10. Sprężyna dociskowa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



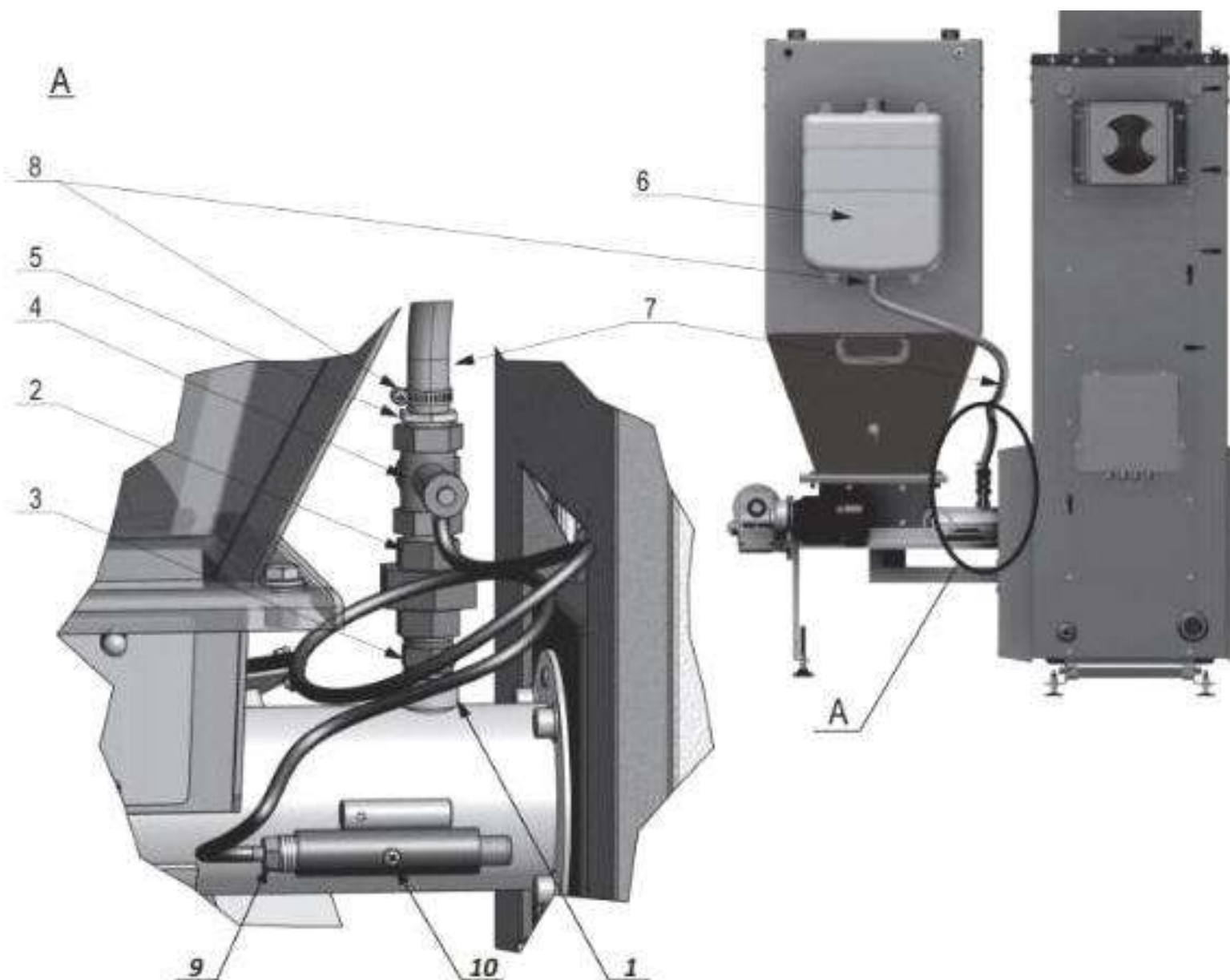
**ZABEZPIECZENIE PRZED
COFNIĘCIEM PŁOMIENIA**



Zbiornik z wodą
do schładzania
podajnika



- 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.



**ZABEZPIECZENIE PRZED
ZATKANIEM PODAJNIKA
PALIWA**

Czujnik zbliżeniowy
w kotle na pellet

Czujnik
pojemnościowy

Śluza

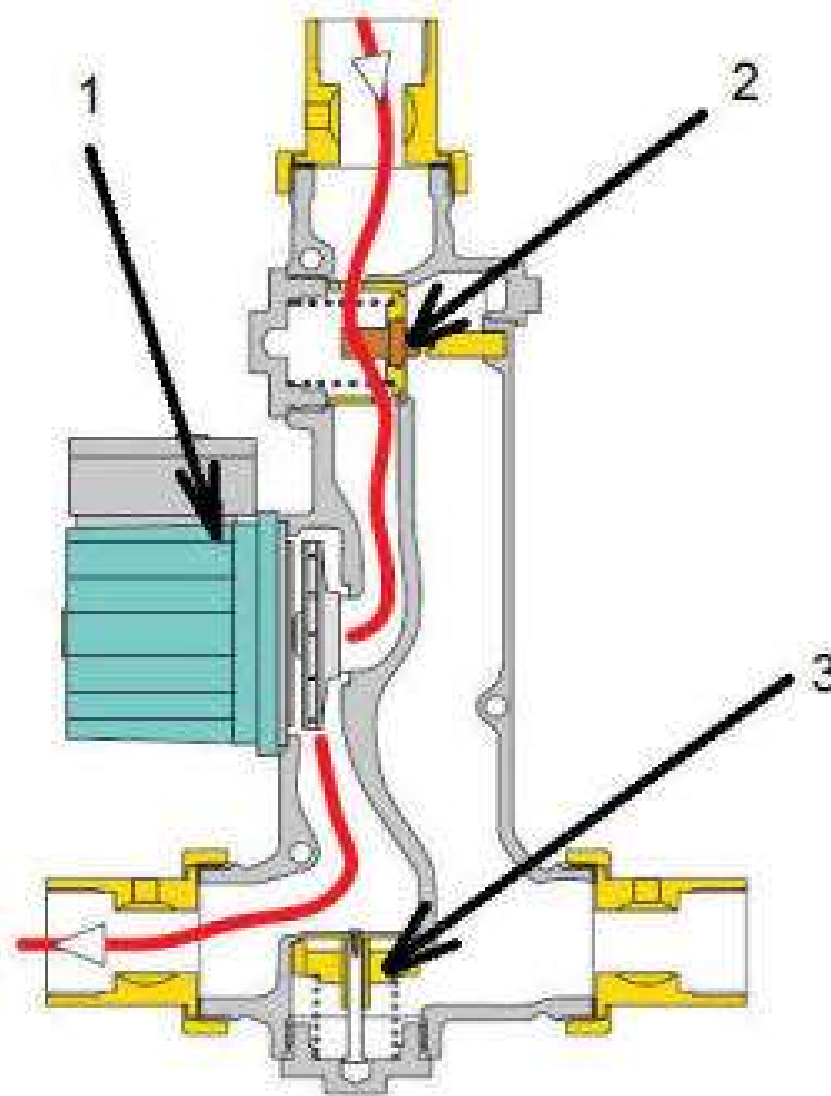


Dioda LED

Rura podajnika

ZABEZPIECZENIE PRZEZ ZIMNYM ROZRUCHEM

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



METODY WSPÓŁSPALANIA BIOMASY Z WĘGLEM

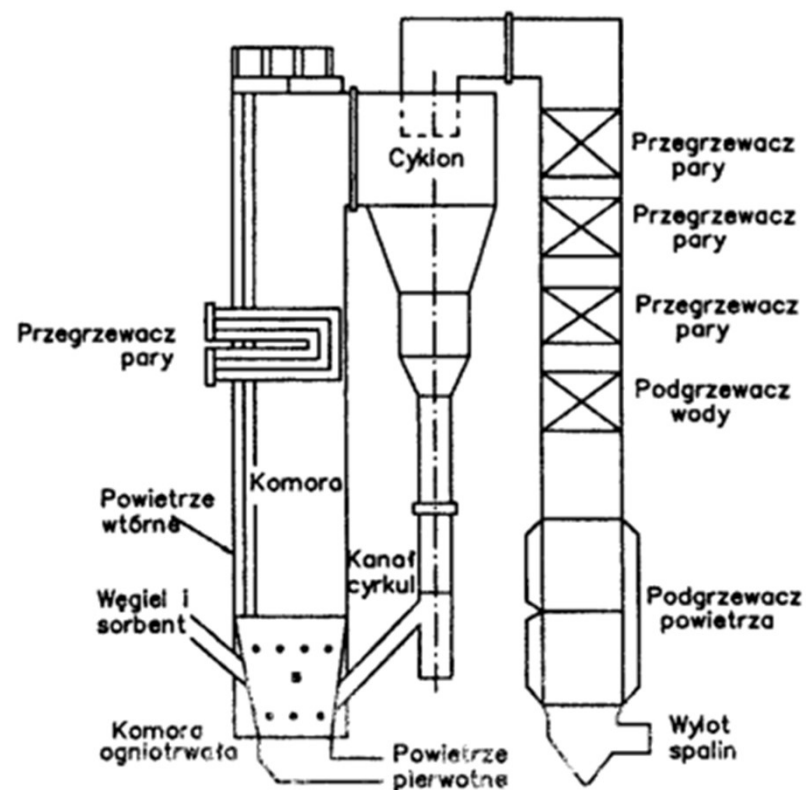
Bezpośrednie współspalanie biomasy

Pośrednie współspalanie

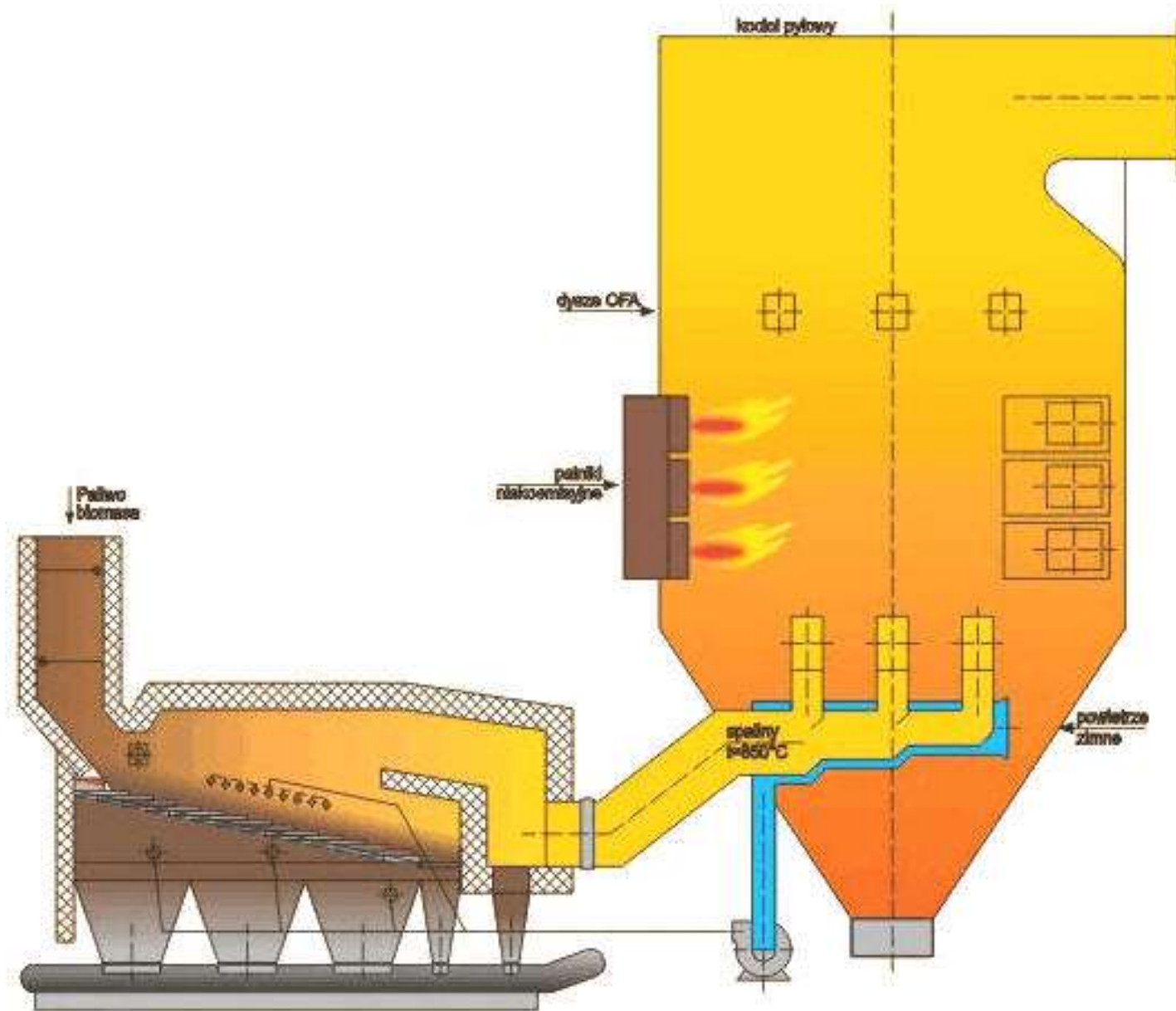
Współspalanie w układzie równoległym

RODZAJE KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH WYKORZYSTYWANYCH DO SPALANIA I WSPÓŁSPALANIA BIOMASY

- kotły fluidalne
- kotły pyłowe
- kotły rusztowe

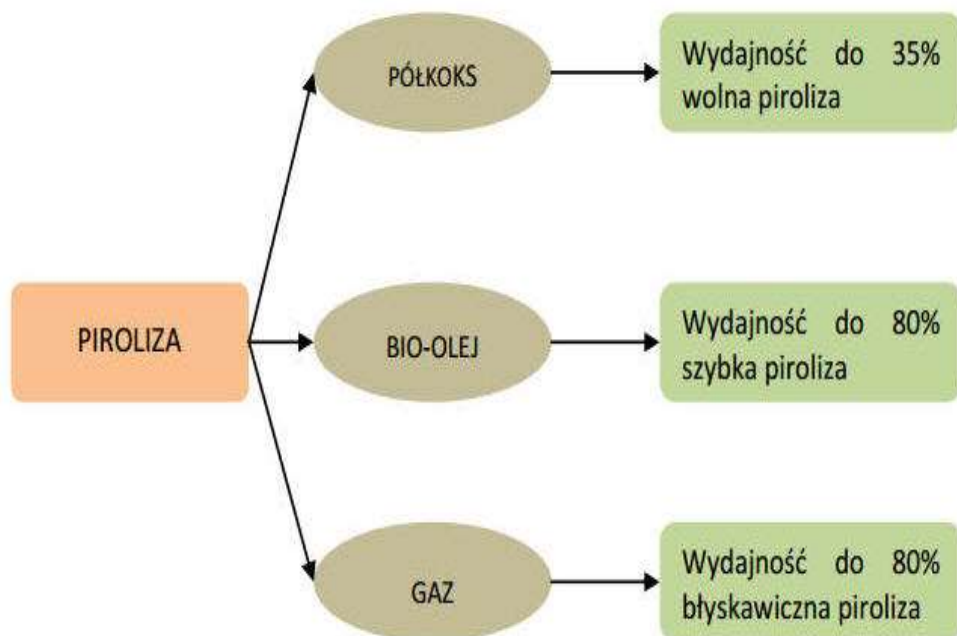


KOCIOŁ PYŁOWY



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