

# Ocena Energetyczna Budynku

Semestr 2 wykład 2 cz 1



Jerzy Żurawski e-mai: [jurek@cieplej.pl](mailto:jurek@cieplej.pl)  
Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska,  
51-180 Wrocław ul. Pęczyńska 11, [www.cieplej.pl](http://www.cieplej.pl)

Pytania o ofertę na program

**Zobaczmy co uzgodniłem**

# Wpływ instalacji c.o. i c.w.u. na jakość energetyczną budynku

1. Sprawność elementów systemu grzewczego
2. Sprawność elementów systemu zaopatrzenia w c.w.u.
3. Alternatywne źródła energii.
4. Urządzenia pomocnicze

## Obliczenia rocznego zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej Wyznaczenie wskaźnika EP

$$EP = Q_p / A_f \quad \text{kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \quad (1.1)$$

$Q_p$	roczne zapotrzebowanie nieodnawialnej energii pierwotnej dla ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody oraz napędu urządzeń pomocniczych	kWh/a
$A_f$	powierzchnia ogrzewana (o regulowanej temperaturze) budynku lub lokalu	m <sup>2</sup>

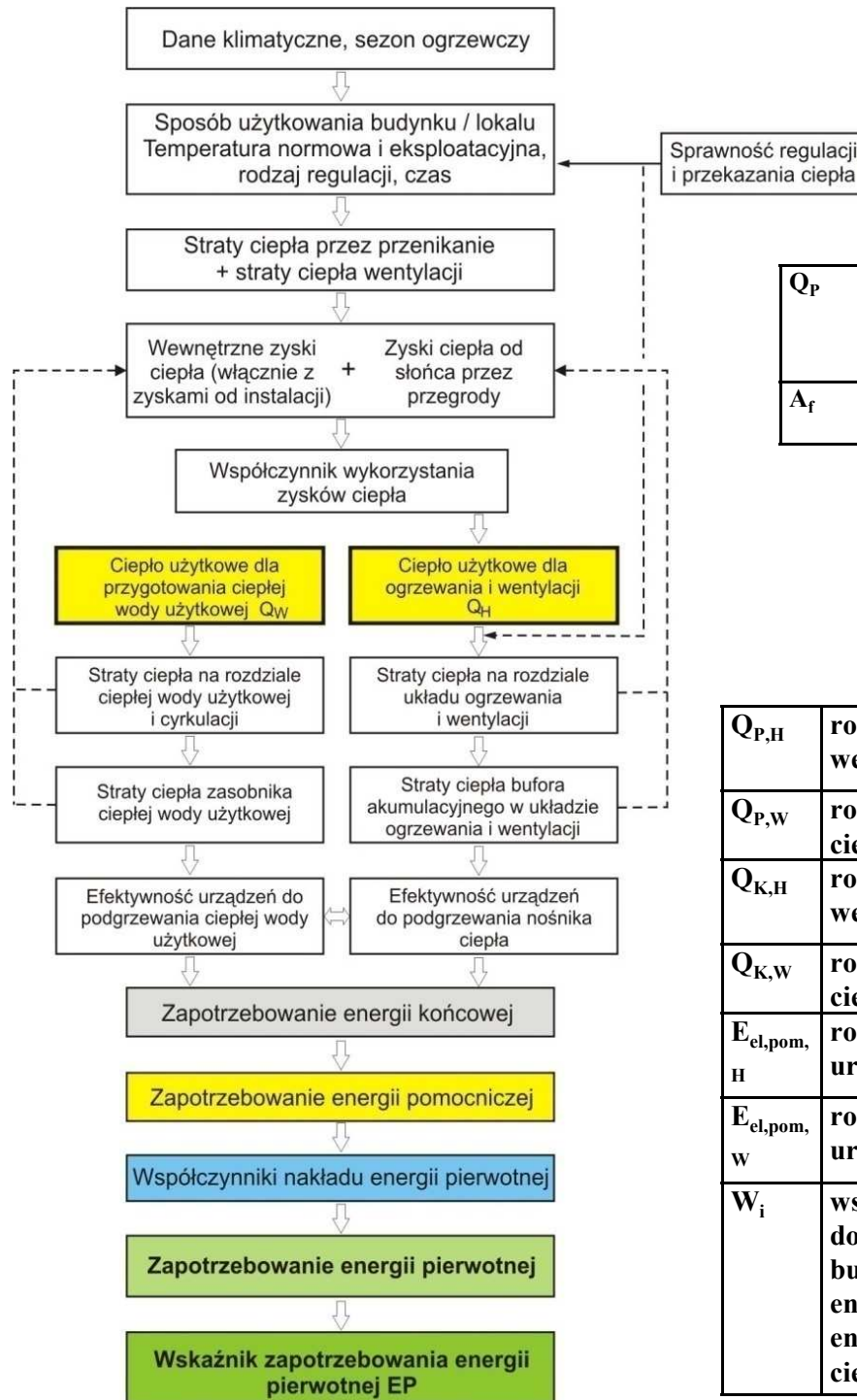
### Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania energii pierwotnej

$$Q_p = Q_{p,H} + Q_{p,W} \quad \text{kWh/a} \quad (1.2)$$

$$Q_{p,H} = w_H \cdot Q_{K,H} + w_{el} \cdot E_{el,pom,H} \quad \text{kWh/a} \quad (1.3)$$

$$Q_{p,W} = w_W \cdot Q_{K,W} + w_{el} \cdot E_{el,pom,W} \quad \text{kWh/a} \quad (1.4)$$

$Q_{p,H}$	roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji	kWh/a
$Q_{p,W}$	roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej przez system do podgrzania ciepłej wody	kWh/a
$Q_{K,H}$	roczne zapotrzebowanie energii końcowej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji	kWh/a
$Q_{K,W}$	roczne zapotrzebowanie energii końcowej przez system do podgrzania ciepłej wody	kWh/a
$E_{el,pom,H}$	roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji	kWh/a
$E_{el,pom,W}$	roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ciepłej wody	kWh/a
$W_i$	współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii (lub energii) końcowej do ocenianego budynku ( $w_{el}$ , $w_H$ , $w_W$ ), który określa dostawca energii lub nośnika energii; przy braku danych można korzystać z tabl. 1 ( $w_{el}$ – dotyczy energii elektrycznej, $w_H$ – dotyczy ciepła dla ogrzewania, $w_W$ – dotyczy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej)	-



## Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania energii końcowej

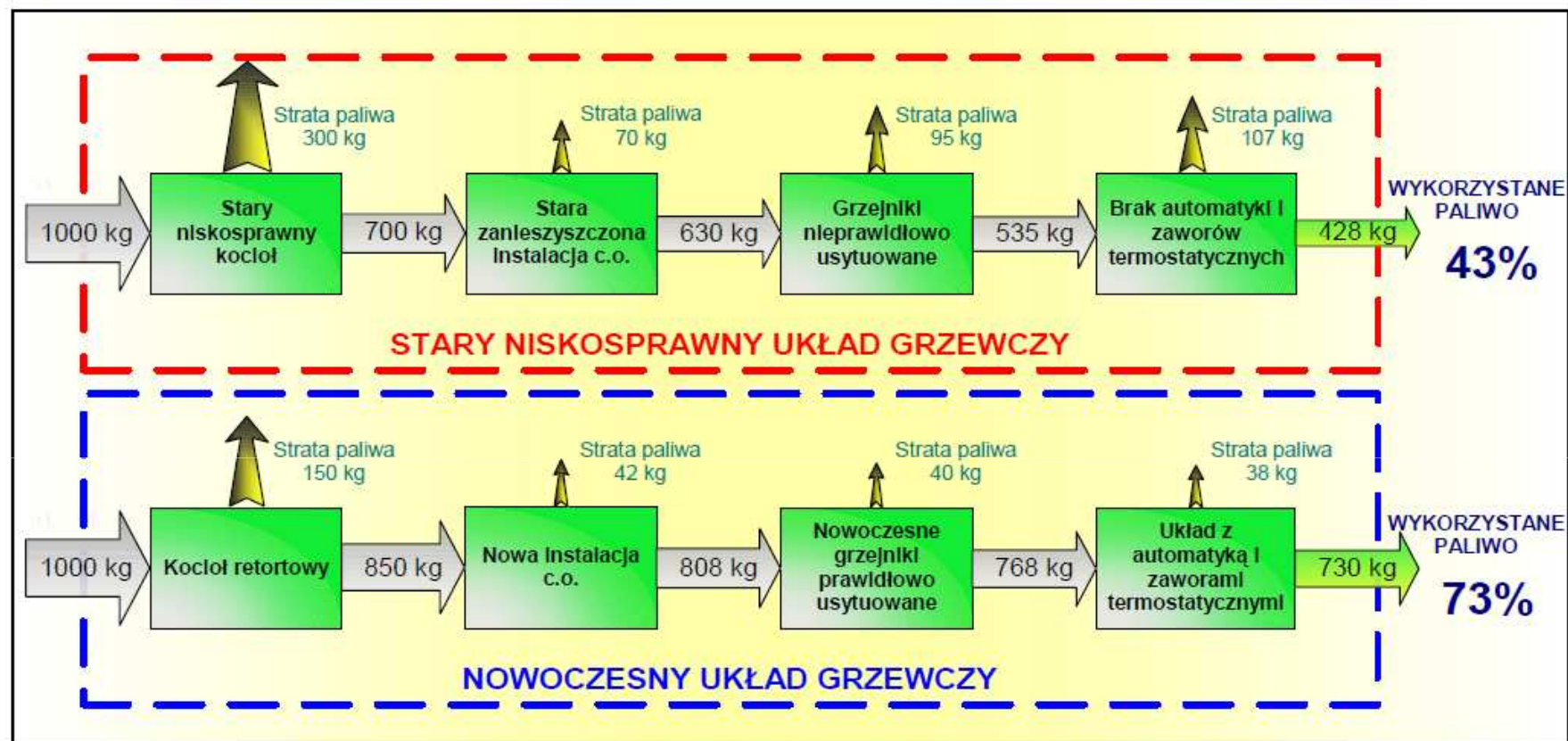
$$Q_{K,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot} \quad \text{kWh/a} \quad (1.5)$$

Sprawność isnt. c.o. -  $\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,s} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,e}$

$Q_{H,nd}$	zapotrzebowanie energii użytkowej (ciepła użytkowego) przez budynek (lokal),	kWh/a
$\eta_{H,tot}$	średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego budynku – od wytwarzania (konwersji) ciepła do przekazania w pomieszczeniu,	-
$\eta_{H,g}$	średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczonej do granicy bilansowej budynku (energii końcowej),	-
$\eta_{H,s}$	średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią),	-
$\eta_{H,d}$	średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (osłony bilansowej lub poza nią),	-
$\eta_{H,e}$	średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w budynku (w obrębie osłony bilansowej)	-

# Sprawności cząstkowe należy wyznaczać w oparciu o

- obowiązujące przepisy,
- dokumentację techniczną budynku i instalacji oraz urządzeń,
- wiedzę techniczną oraz wizję lokalną obiektu,
- dostępne dane katalogowe urządzeń, elementów instalacji ogrzewczej i wentylacyjnej obiektu,



Rysunek 4 Porównanie sprawności starego wyeksploatowanego i niskosprawnego układu grzewczego z nowoczesnym układem zasilanym wysokosprawnym kotłem węglowym

- Paliwo
  - stałe, gaz, ciecz
- Spalanie
  - atmosferyczne
  - ciśnieniowe
- Temperatura robocza
  - para
  - gorąca woda
  - niskotemperaturowe kotły kondensacyjne





# Kotłownia

Kotłownia nazywa się źródło ciepła, którego głównym urządzeniem jest kocioł przetwarzający energię chemiczną zawartą w paliwie na energię cieplną spalin przekazaną do wody lub pary na drodze promieniowania i konwekcji

Podział kotłowni:

- Kotły indywidualne (domy jednorodzinne)
- Kotłownie zasilające kilka budynków wielorodzinnych
- Ciepłownie osiedlowe
- Elektrociepłownie

# Kotły

- Źródła wodne niskotemperaturowe (do 100 °C)
- Źródła wodne średnioparametrowe (czynnik nie wyżej niż 115 °C)
- Źródła wodne wysokoparametrowe (czynnik powyżej 115 °C)
- Źródła parowe niskoprężne (para do 170 kPa)
- Źródła parowe wysokoprężne (para powyżej 170 kPa)
- Źródła mieszane

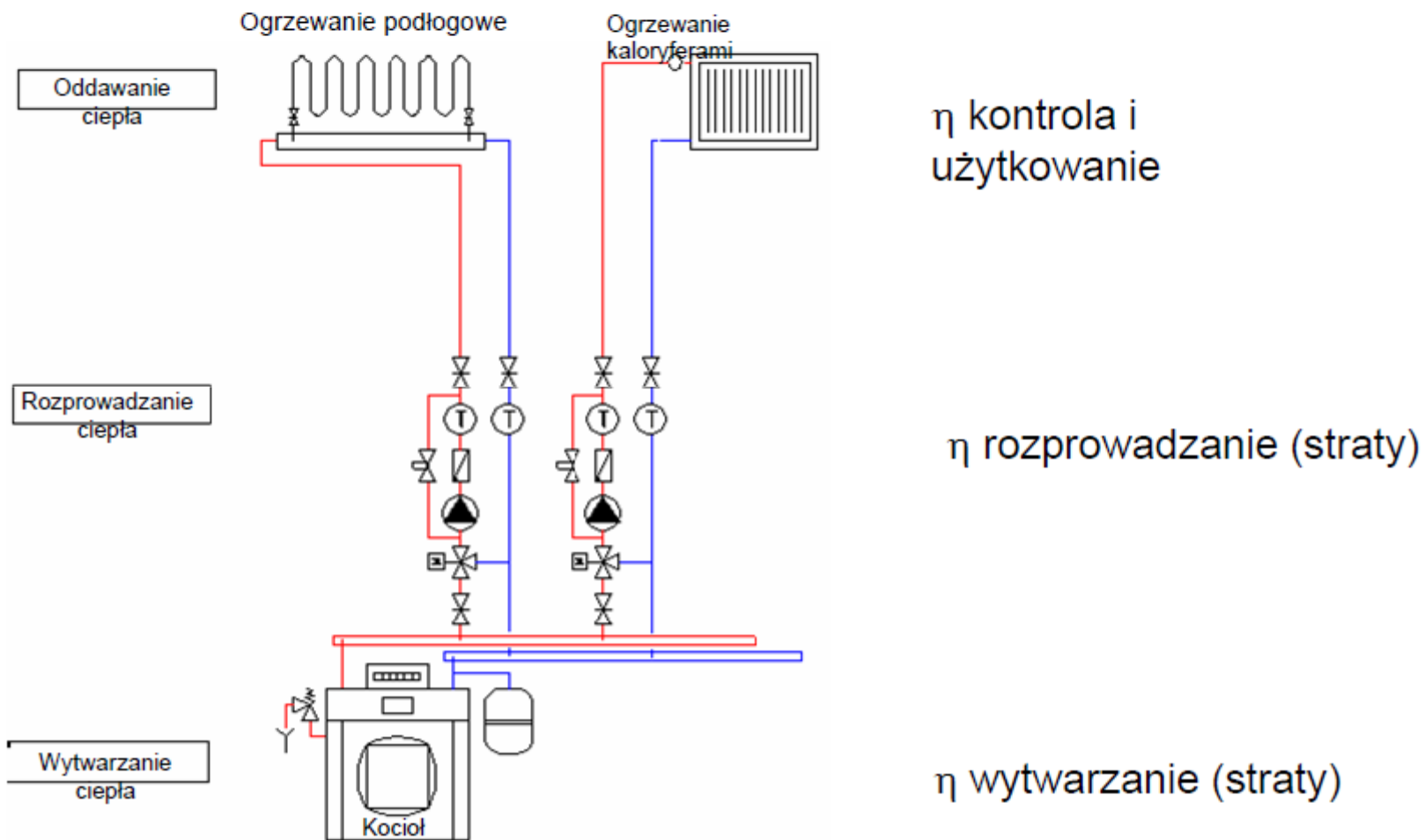
Ze względu na przeznaczenie:

- Na ogrzewanie
- Technologiczne
- Grzewczo-technologiczne

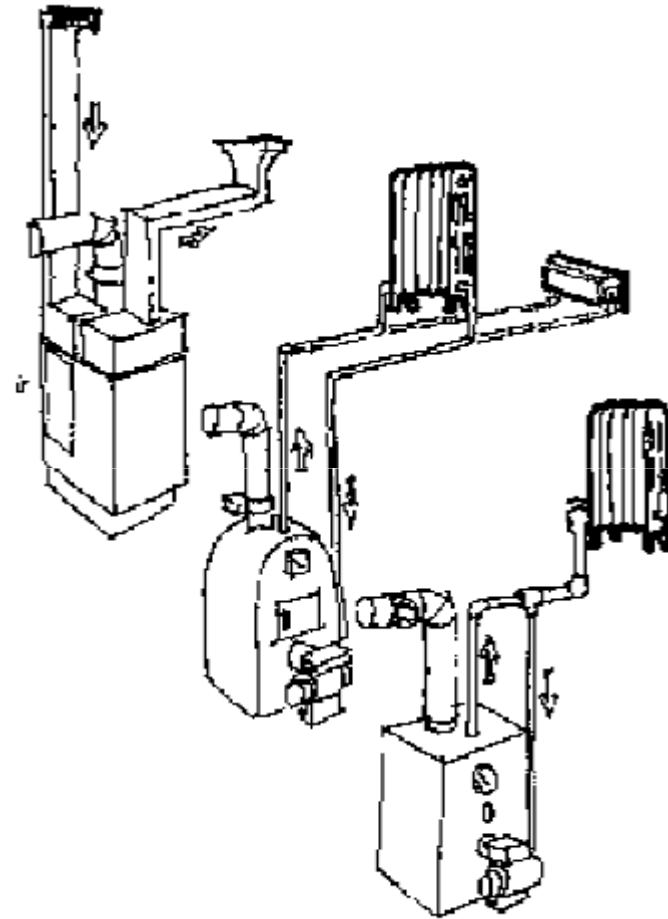
Ze względu na paliwo:

- Kotły na paliwo stałe
- Kotły na paliwo gazowe
- Kotły na paliwo olejowe

## Układ grzewczy



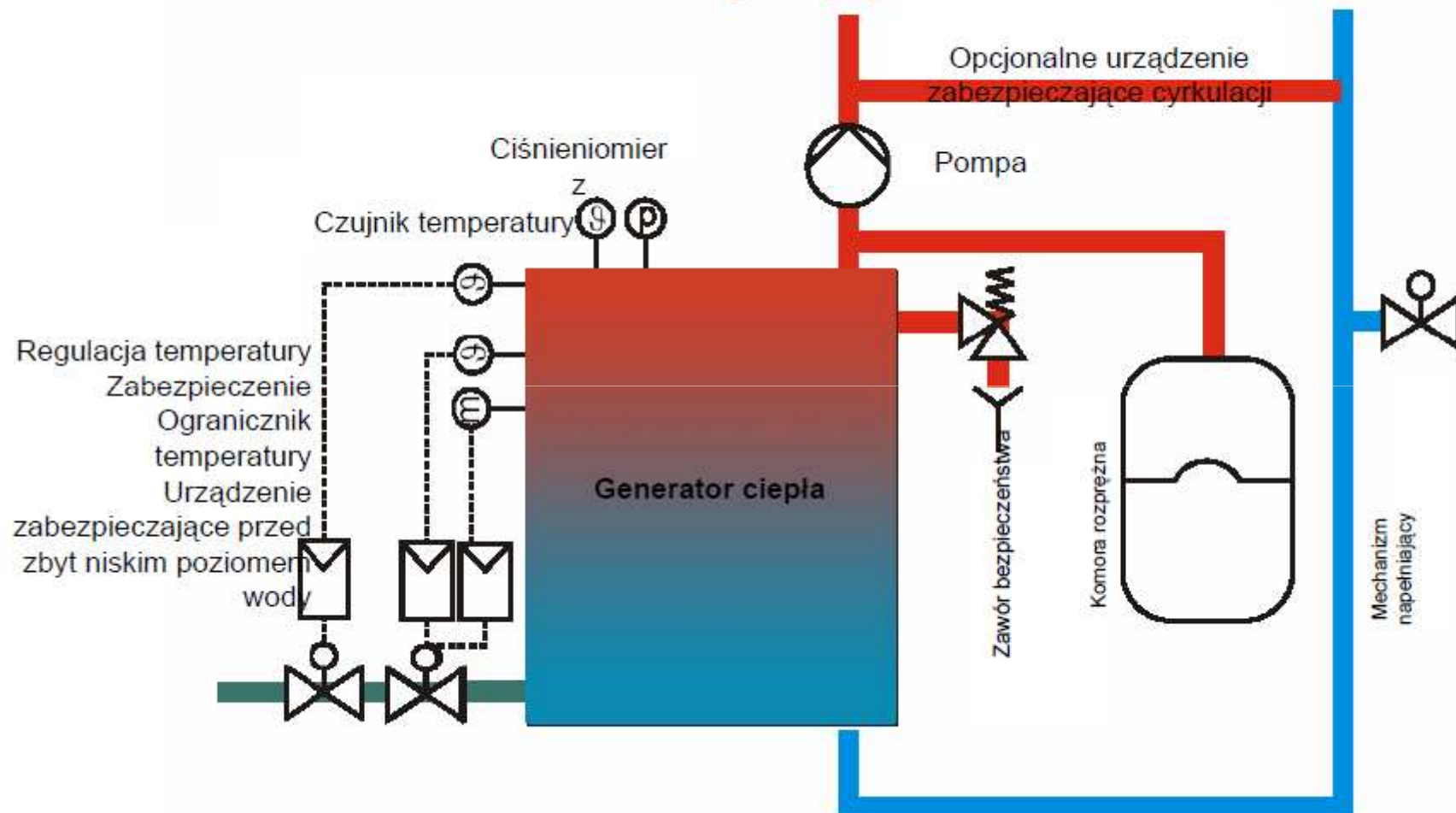
- Zasady
  - System ogrzewania
    - Źródło ciepła
    - Sieć rozdzielcza
    - Emitery ciepła
  - Czynnik grzewczy
    - **woda**
    - **para**
    - **powietrze**

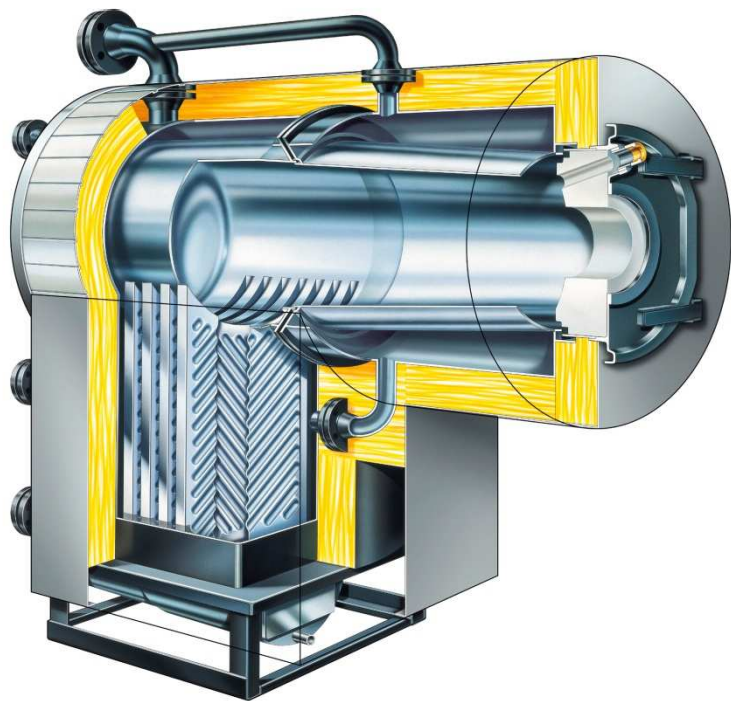
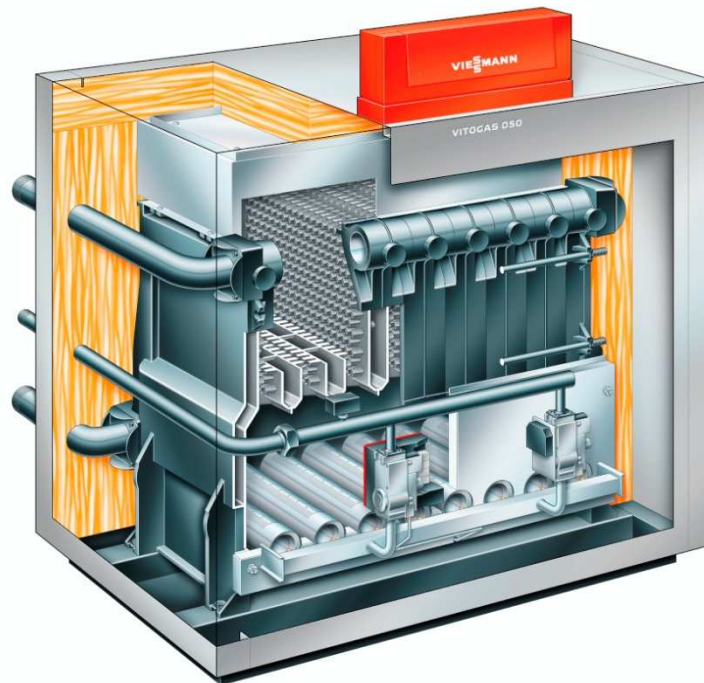
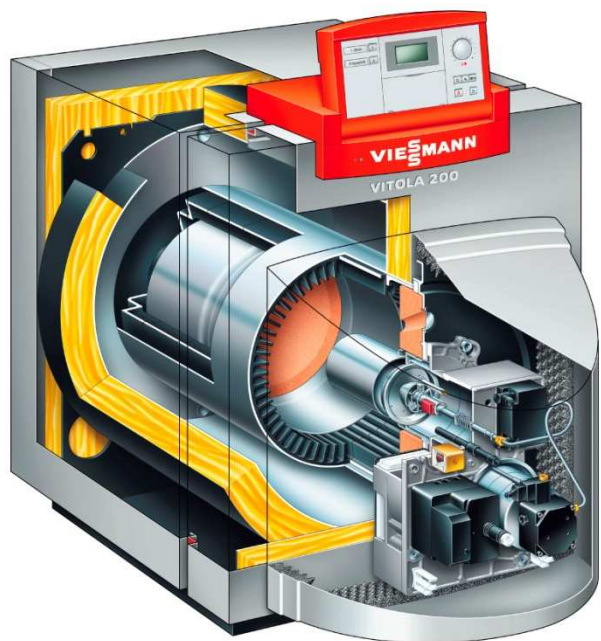


- Instalacje kotłowe
  - Proces spalania w kotłach
- Instalacje wymienników ciepła
  - ciepłownictwo
- Zasoby odnawialne
  - Wykorzystanie energii słonecznej, wiatru, energii geotermicznej, produkcji skojarzonej prądu i ciepła, pomp ciepła



# Kocioł grzewy





Średnioroczna sprawność  
wytwarzania -  $\eta_{H,g}$



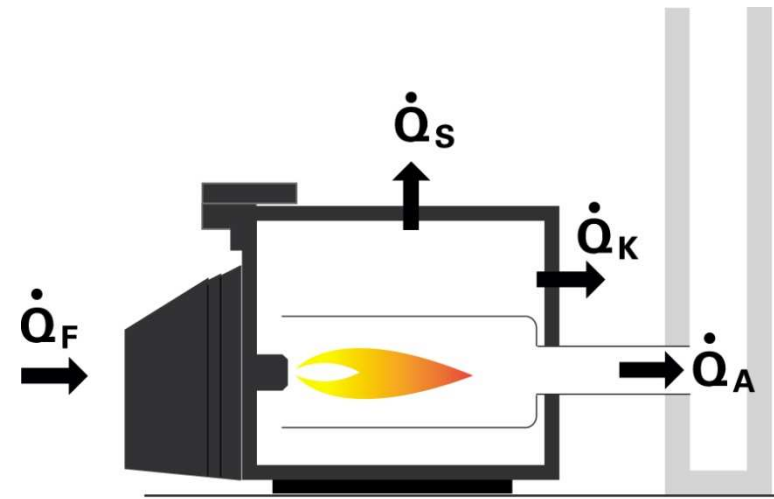
# Średnioroczna sprawność wytwarzania - $\eta_{H,g}$

Sprawność kotła zależy od wielkości:

- budowy kotła
- Od rodzaju paliwa
- Izolacji termicznej obudowy
- stanu technicznego kotła (prawidłowe serwisowanie )
- właściwej regulacji kotła

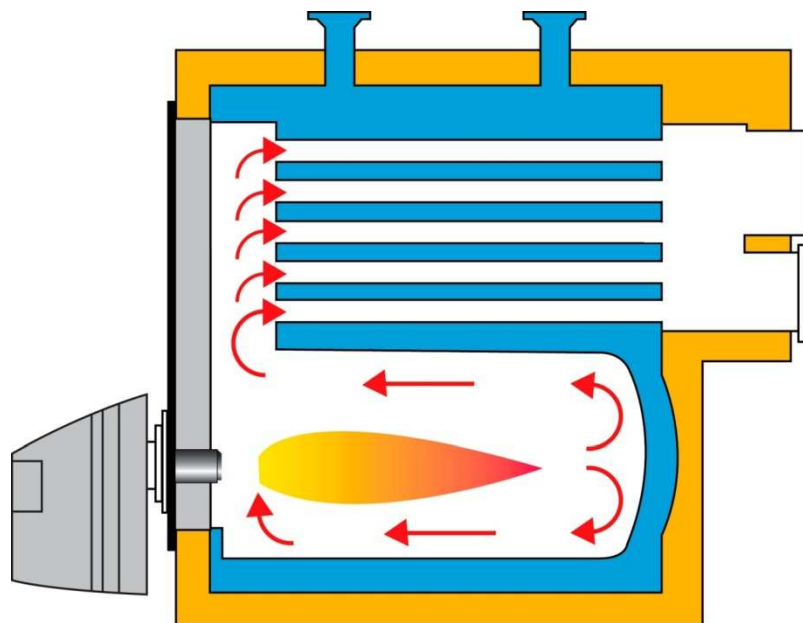
Ma to wpływ na:

- Stratę wylotowej (od temperatury wylotowej gazów)
- stratę niezupełnego spalania (zbyt mała ilość powietrza do spalania)
- Stratę niecałkowitego spalania (dla paliwa stałego, uwidoczni się w występowaniu paliwa w stałych produktach spalania np. strata w lotnym koksiku)
- Stratę ciepła ścian kotła



$$\eta_K = (\dot{Q}_F - \dot{Q}_A - \dot{Q}_S) / \dot{Q}_F$$

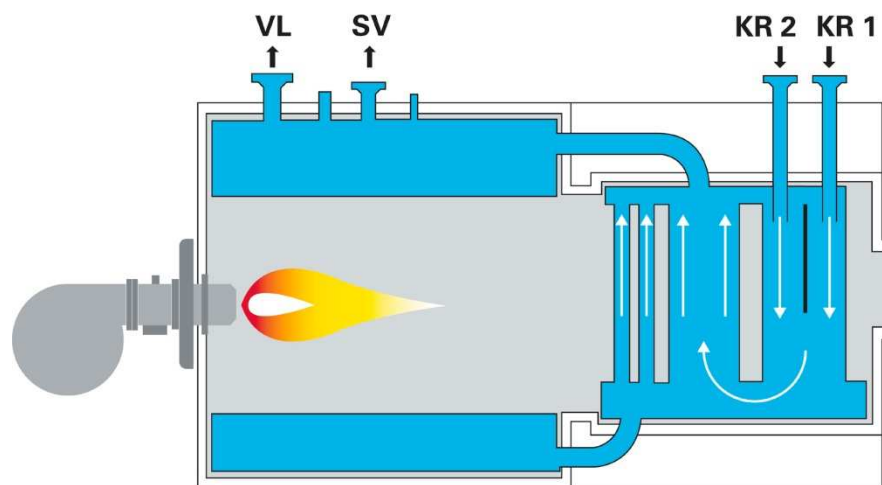
# Sprawność źródła ciepła zależy od



Sprawność wytwarzania zależy od:

- Od rodzaju źródła ciepła
- Od stanu technicznego źródła ciepła
- Prawidłowości zaprojektowanego źródła ciepła
- Od jakości paliwa
- Poprawności projektu instalacji c.o.

Ocenę sprawności dokonuje się na podstawie:



- Informacji od producenta DTR-ki
- Projektu technicznego źródła ciepła (prawidłowości doboru urządzenia)
- Oceny stanu technicznego źródła ciepła
- Właściwej regulacji kotła (
- Poprawności instalacji c.o., regulacji, doborze parametrów instalacji
-



**Tabela 5. Sprawności wytwarzania ciepła (dla ogrzewania) w źródłach  $\eta_{H,g}$**

Lp.	Rodzaj źródła ciepła	$\eta_{H,g}$ ( $\epsilon_{H,g}$ )
1	Kotły węglowe wyprodukowane po 2000 r.	0,82
2	Kotły węglowe wyprodukowane w latach 1980-2000	0,65 - 0,75
3	Kotły węglowe wyprodukowane przed 1980 r.	0,50 - 0,65
4	Kotły na biomasę (słoma) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy do 100 kW	0,63
5	Kotły na biomasę (drewno: polana, brykiety, palety, zrębki) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy do 100 kW	0,72
6	Kotły na biomasę (słoma) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy powyżej 100 kW	0,70
7	Kotły na biomasę (słoma) automatyczne o mocy powyżej 100 kW do 600 kW	0,75
8	Kotły na biomasę (drewno: polana, brykiety, palety, zrębki) automatyczne o mocy powyżej 100 kW do 600 kW	0,85
9	Kotły na biomasę (słoma, drewno) automatyczne z mechanicznym podawaniem paliwa o mocy powyżej 500 kW	0,85
10	Podgrzewacze elektryczne - przepływowe	0,94
11	Podgrzewacze elektrotermiczne	1,00
12	Elektryczne grzejniki bezpośrednie: konwektorowe, płaszczyznowe, promiennikowe i podłogowe kablowe	0,99
13	Ogrzewanie podłogowe elektryczno-wodne	0,95
14	Piece kaflowe	0,60-0,70
15	Piece olejowe pomieszczeniowe	0,84
16	Piece gazowe pomieszczeniowe	0,75
17	Kotły na paliwo gazowe lub płynne z otwartą komorą spalania (palnikami atmosferycznymi) i dwustawną regulacją procesu spalania	0,86

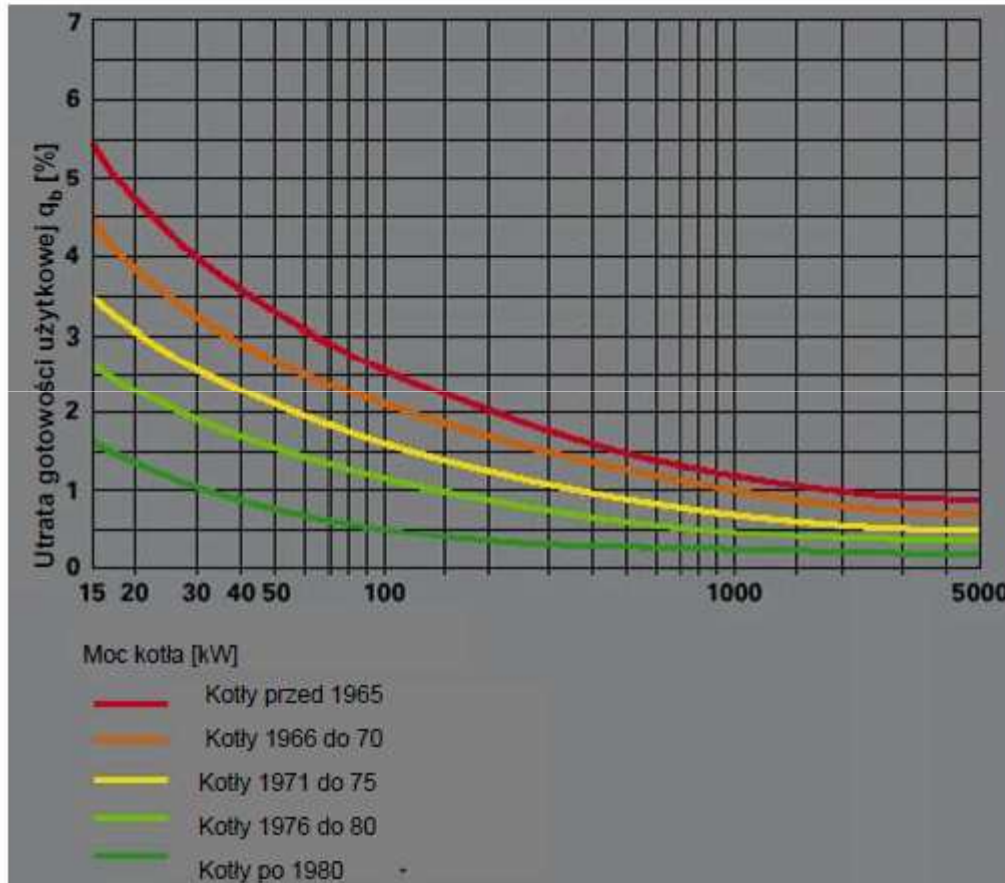
18	Kotły niskotemperaturowe na paliwo gazowe lub płynne z zamkniętą komorą spalania i palnikiem modulowanym - do 50 kW - 50-120 kW - 120-1200 kW	0,87-0,91 0,91-0,97 0,94-0,98
19	Kotły gazowe kondensacyjne <sup>1)</sup> - do 50 kW (70/55°C) - do 50 kW (55/45°C) - 50-120 kW (70/55°C) - 50-120 kW (55/45°C) - 120-1200 kW (70/55°C) - 120-1200 kW (55/45°C)	0,91-0,97 0,94-1,00 0,91-0,98 0,95-1,01 0,92-0,99 0,96-1,02
20	Pompy ciepła woda/woda w nowych/istniejących budynkach	3,8/ 3,5 <sup>2)</sup>
21	Pompy ciepła glikol/woda w nowych/istniejących budynkach	3,5/ 3,3
22	Pompy ciepła powietrze/woda w nowych/istniejących budynkach	2,7/ 2,5
23	Węzeł cieplny kompaktowy z obudową - do 100 kW - powyżej 100 kW	0,98 0,99
24	Węzeł cieplny kompaktowy bez obudowy - do 100 kW - 100-300 kW - powyżej 300 kW	0,91 0,93 0,95

<sup>1)</sup> sprawność odniesiona do wartości opałowej paliwa, <sup>2)</sup> SPF

Uwaga: przyjęta sprawność dla rozpatrywanego przypadku powinna uwzględniać stan kotła i jego średniosezonowe obciążenie cieplne; w przypadku trudności oceny stanu faktycznego należy przyjmować wartość średnią z podanego zakresu sprawności.

Określenie średniorocznej  
sprawności wytwarzania

# Utrata gotowości użytkowej



Średnie wartości dla kotłów z wentylatorami palnika przy średniej temperaturze wody w kotle 67.5°C (75/60°C).

Obliczenia wykorzystania kotła przy stałej temperaturze wody w kotle

$$\eta_N = \frac{\eta_K}{\left(\frac{b}{b_{VK}} - 1\right) \cdot q_B + 1} \quad (2)$$

$\eta_N$  = wskaźnik wykorzystania rocznego

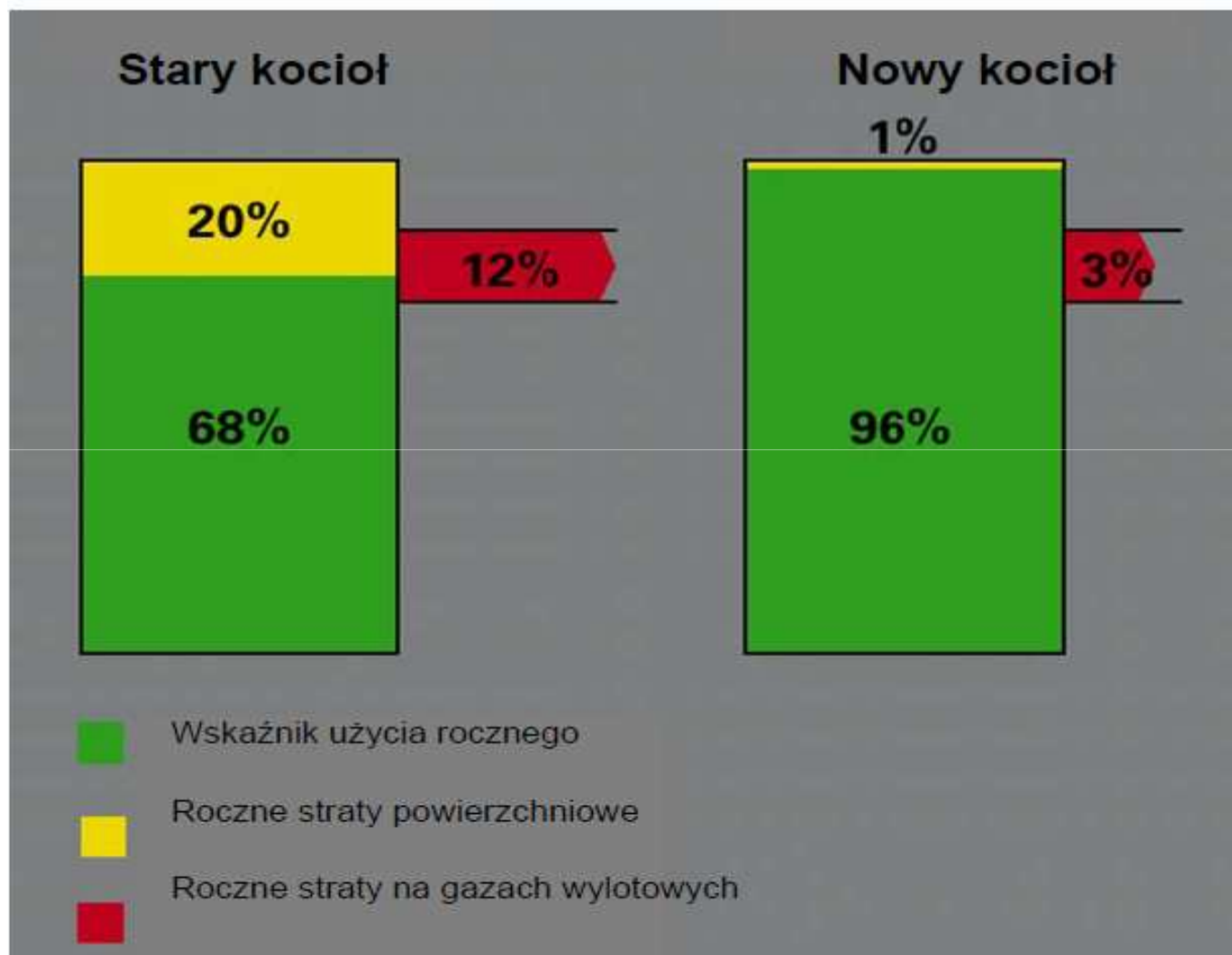
$\eta_K$  = wydajność kotła

$b$  = okres gotowości użytkowej

$b_{VK}$  = pełne wykorzystanie kotła w godzinach

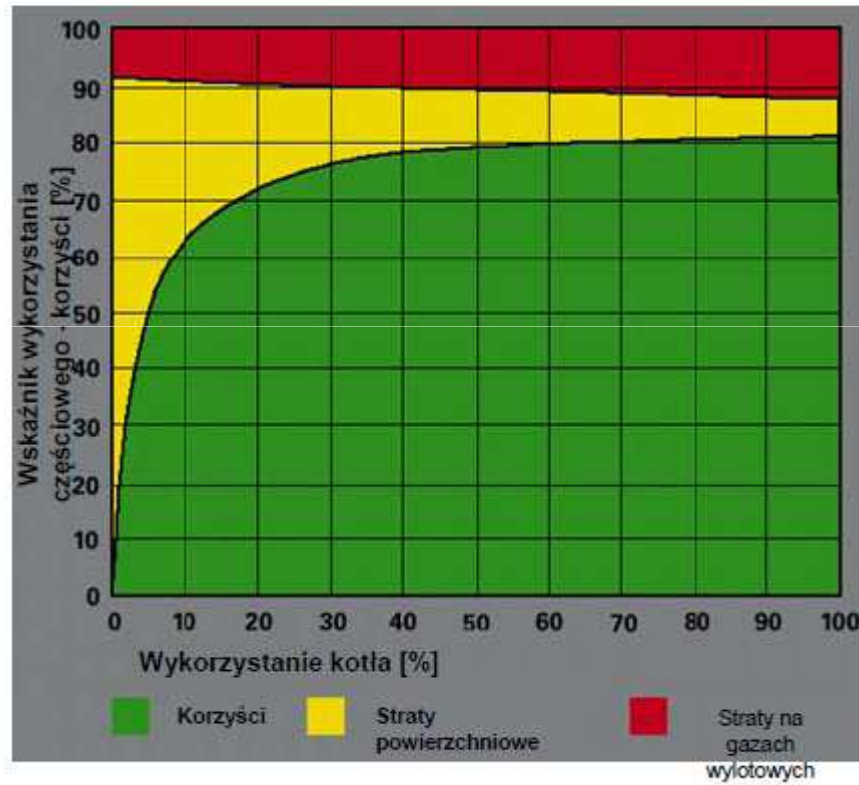
$q_B$  = utrata gotowości użytkowej

# Straty

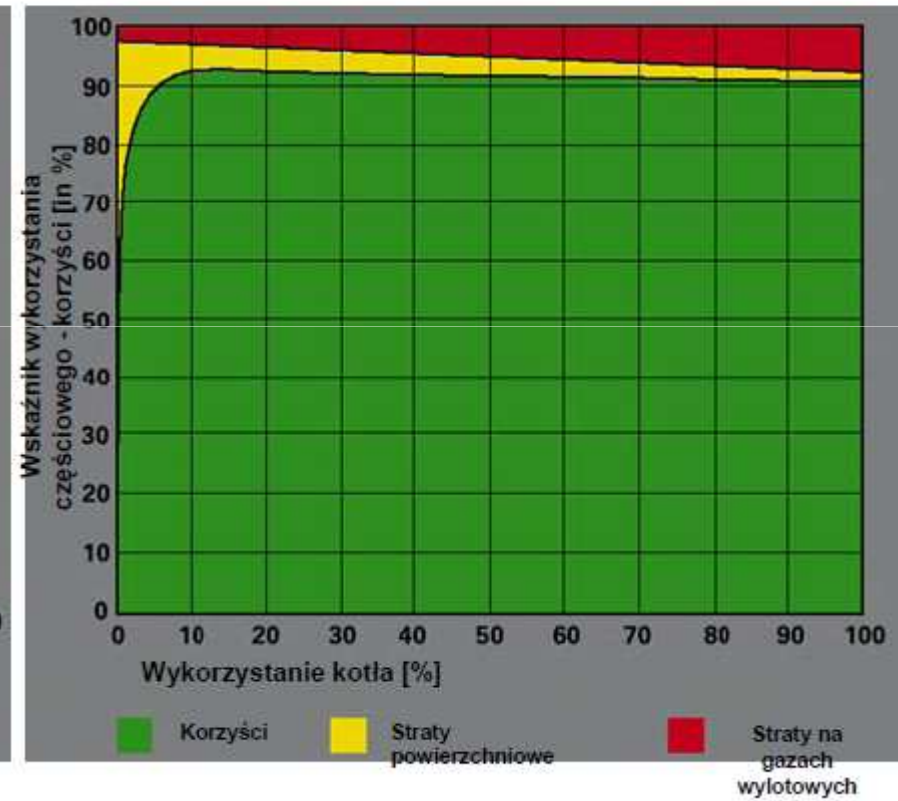




### Stary kocioł



### Nowy kocioł



Sprawność wytwarzania  
na podstawie DTR-ek

## Sprawność średnioroczna

(VDI 2067, Bl. 2; Berechnung der Kosten von Waermeversorgungsanlagen)

**Sprawność średnioroczna służy głównie do określenia rocznego zużycia paliwa, które z powodu strat ciepłych kotła jest większe niż roczne zapotrzebowanie na ciepło użyteczne.**

Roczne zużycie paliwa:

$$B_{Ha} = \frac{Q_{Ha}}{H_u \times \eta_c}$$

gdzie:

- $Q_{Ha}$  - roczne zużycie ciepła
- $H_u$  - wartość opałowa paliwa
- $\eta_c$  - średnioroczna sprawność wytwarzania kotła

## Sprawność średnioroczna

$$\eta_a = \eta_K \times \eta_B$$

$t_{\text{całk.}}$  - całkowity czas okresu grzewczego  
 $t_{\text{zał.}}$  - czas pracy kotła (palnika)

$$\eta_K = \frac{\text{Potrzeby}}{\text{Wydatki}}$$

$$\eta_K = \frac{Q_K}{\dot{B} \times W_d} \Rightarrow \dot{B} \times W_d = \frac{Q_K}{\eta_K}$$

$$\eta_a = \frac{Q_K \times t_{\text{zał.}}}{\frac{Q_K}{\eta_K} \times t_{\text{zał.}} + \frac{q_B \times Q_K}{\eta_K} \times (t_{\text{całk.}} - t_{\text{zał.}})}$$

$$\eta_a = \frac{t_{\text{zał.}} \times \eta_K}{t_{\text{zał.}} + q_B (t_{\text{całk.}} - t_{\text{zał.}})}$$

$$\eta_a = \frac{\eta_K}{1 + q_B (t_{\text{całk.}} / t_{\text{zał.}} - 1)}$$

$$\frac{t_{\text{całk.}}}{t_{\text{zał.}}} = \frac{1}{\varphi_K}$$

$$\eta_a = \frac{\eta_K}{1 + q_B \left( \frac{1}{\varphi_K} - 1 \right)}$$

$$\eta_a \leq \eta_K$$

## Sprawność całkowita lub średnioroczna całej instalacji

$$\eta_c = \eta_K \times \eta_B \times \eta_V$$

gdzie:

$\eta_K$  - średnia sprawność chwilowa kotła przy obciążeniu 100 %

$$\eta_K = 1 - q_A - q_S$$

$q_A$  - strata kominowa

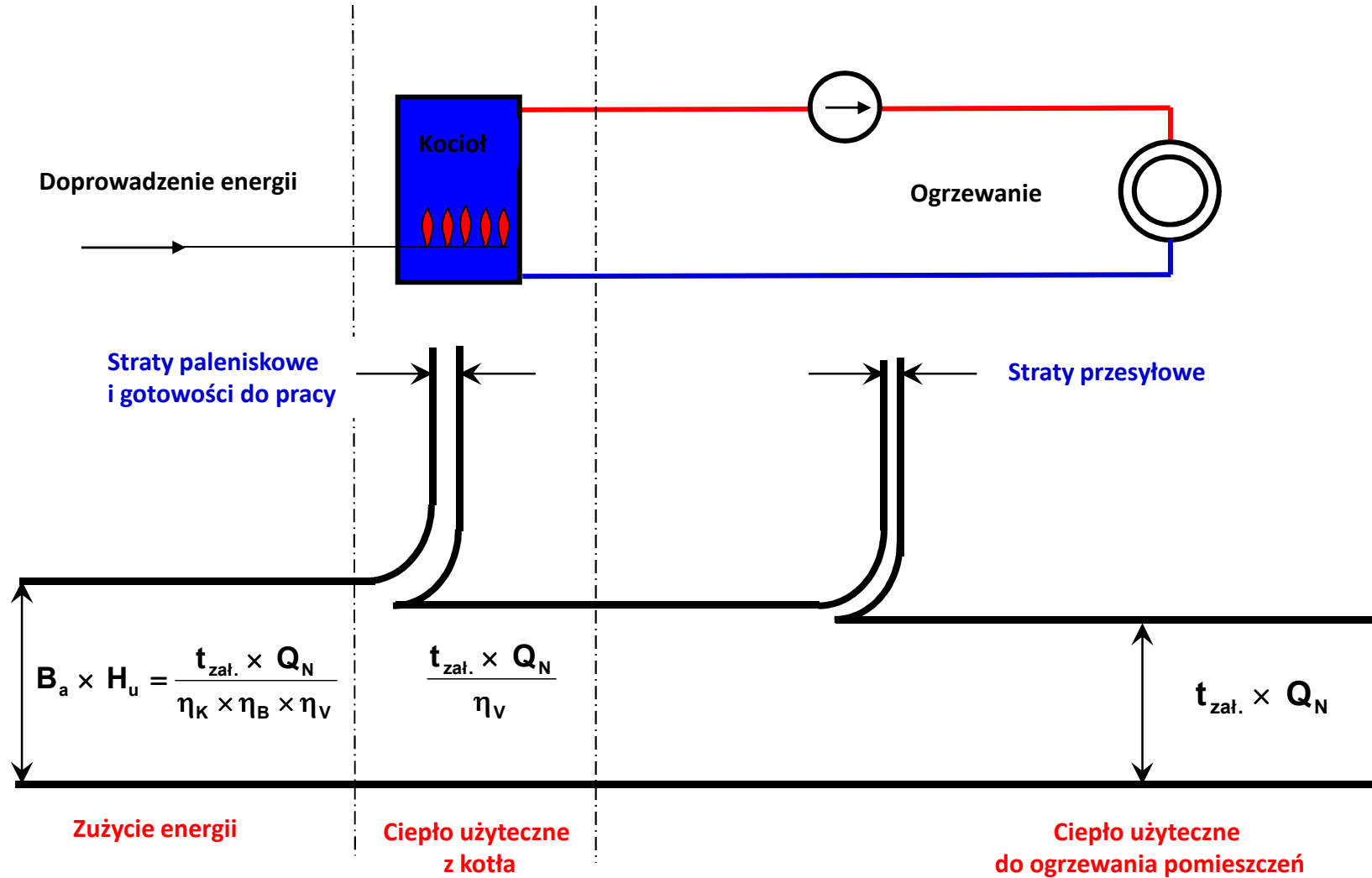
$q_S$  - strata przez promieniowanie

$\eta_B$  - stopień wykorzystania gotowości do pracy,

$$\eta_B = \frac{1}{1 + q_B \left( \frac{1}{\varphi_K} - 1 \right)}$$

$\eta_V$  - współczynnik strat przesyłowych (0,90 – 0,98).

# Koszty ogrzewania



## Określenie rocznego zapotrzebowania na paliwo wg. wzoru Hottingera

$$B = \frac{y \cdot 86400 \cdot Q \cdot Sd \cdot a}{Q_i \cdot \eta_w \cdot \eta_s \cdot (t_w - t_s)}, \text{kg / rok}$$

gdzie:

$y$  – współczynnik zmniejszający w zależności od sposobu ogrzewania

$Sd$  - liczba stopniodni okresu ogrzewania

$Q_i$  – wartość opałowa paliwa , kJ/kg

$Q$  – obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną, kW

$\eta_w$  -sprawność systemu ogrzewania uwzględniająca sprawność ruchową kotłów

$\eta_s$  -sprawność zewnętrznej sieci cieplnej

$t_w$  – średnia temperatura wewnętrzna budynku,

$t_z$  – najniższa temperatura obliczeniowa powietrza zewnętrznego

$a$  - współczynnik zwiększający stosowany dla budynków nowych ( suszenie budynku )

## Sprawność roczna znormalizowana

– znormalizowany współczynnik wykorzystania

(DIN 4702, część 8)

Sprawność średnioroczna  $\eta_a$  uwzględnia tylko współczynnik sprawności kotła  $\eta_K$  przy obciążeniu znamionowym (obciążenie 100 %), a nie przebieg przy częściowym obciążeniu.

Temu niedociągnięciu zapobiega wprowadzenie **znormalizowanej sprawności rocznej** – **znormalizowanego współczynnika wykorzystania**, obliczanego wg DIN 4702, cz. 8

### Wyznaczenie sprawności na:

1. Tylko c.o.
2. Tylko podgrzewanie c.w.u.
3. Podgrzewanie c.w.u. i c.o.



Nazwa (typ) kotła Powinna zawierać moc	Sprawność znormalizowana [%]
	c.o. %
Vitorond 100; typ VR2B; 18 - 100 kW	94,5
Vitorond 111; typ RO2D; 18 - 33 kW	94,5
Vitola 200; typ VB2A; 18 - 63 kW	96
Vitoladens 300-T; typ VW3B; 20,2 - 53,7 kW	103
Vitogas 100-F; typ GS1D; 29 - 60 kW	92
Vitogas 100-F; typ GS1D; 72 - 140 kW	92
Vitogas 200-F; typ GS2; 11 - 60 kW	93
Vitopend 100	91
Vitopend 222-W; typ WHSA; 10,5 - 30 kW	91
Vitodens 100; typ WB1A; 8 - 30 kW	107
Vitocrossal 300; typ CU3; 27 - 66 kW	109
Vitodens 200-W; typ WB2B; 4,8 - 60 kW	109
Vitodens 300-W; typ WB3C; 3,8 - 35 kW	109
Vitodens 333-F; typ WS3C, WR3C; 3,8 - 26 kW	109
Vitodens 343-F; typ WS4A; 4,2 - 13 kW	109
Vitoplex 100; typ PV1; 110 - 2000 kW	92
Vitoplex 200; typ SX2; 90 - 1950 kW	94
Vitoplex 300; typ TX3; 80 - 1750 kW	96
Vitorond 200; typ VD2A; 125 - 270 kW	94
Vitorond 200; typ VD2; 320 - 1080 kW	94
Vitocrossal 200; typ CM2; 87 - 311 kW	108
Vitocrossal 300; typ CM3; 87 - 142 kW	109
Vitocrossal 300; typ CT3; 187 - 635 kW	109
Vitocrossal 300; typ CR3; 787 - 978 kW	109
Vitoplex 100-LS; typ SXD; 170 1450	91

Nazwa (typ) kotła i dane nap. Do jakiej mocy, typ palnika jeżeli jest to konieczne	c.o.	c.w.u. temp. w zasobniku 65°C
kocioł EKOPAL RM (40-600 kW), sprawność 76,8 - 84,2%	80%	80%
kocioł EKOPAL D (25-65 kW), sprawność 76,8 - 84,2%	80%	80%
kocioł BIOWAT (25-100 kW), sprawność 76,4 - 82,5%	80%	80%
kotły REFO (30-120 kW) , sprawność 88 - 95%	90%	90%

nazwa/model	moc [kW]	sprawność znormalizowana [%]	Sprawność średnioroczna [%]
HDG Compact 190 kW na zrębki, brykiet, pellet	190	90,4	82,4
HDG Compact 150 kW na zrębki, brykiet, pellet	150	90,9	82,9
HDG Compact 100 kW na zrębki, brykiet, pellet	100	91,4	83,4
HDG Compact 80 kW na zrębki, brykiet, pellet	80	92,9	84,9
HDG Compact 65 kW na zrębki, brykiet, pellet	65	92,2	84,2
HDG Compact 50 kW na zrębki, brykiet, pellet	50	91,7	83,7
HDG Compact 35 kW na zrębki, brykiet, pellet	35	91,5	83,5
HDG Compact 25 kW na zrębki, brykiet, pellet	25	91,5	83,5
HDG Pelletmaster 15 kW na pellet	15	90,8	82,8
HDG Euro 30 kW na szczapy, brykiet	30	90,6	82,6
HDG Euro 40 kW na szczapy, brykiet	40	90,3	82,3
HDG Euro 50 kW na szczapy, brykiet	50	89,9	81,9
HDG Navora 20 kW na szczapy	20	91	83
HDG Navora 25 kW na szczapy	25	90,9	82,9
HDG Navora 30 kW na szczapy	30	90,8	82,8
HDG Turbotec 30 kW na szczapy, brykiet	50	89,9	81,9
HDG Turbotec 60 kW na szczapy, brykiet	60	89,5	81,5
HDG SL 14,9 kW na szczapy	14,9	82	74

## Sprawność roczna znormalizowana – znormalizowany współczynnik wykorzystania

(DIN 4702, część 8)

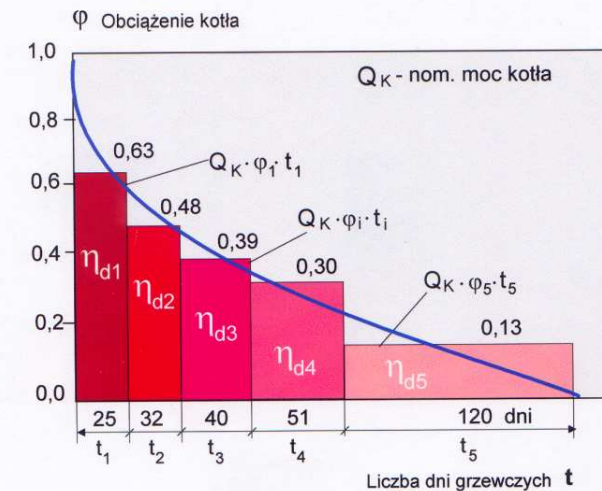
Roczne zapotrzebowanie ciepła i związane z tym oddane ciepło grzewcze zależy od rozkładu częstotliwości występowania danych temperatur zewnętrznych i związanymi z nimi obciążeniami kotła  $\phi$  (przy  $\Delta T = 75/60$  °C wzgl. 40/30 °C)

Norma DIN 4702 odnosi się do temperatur 10 dużych miast niemieckich. Dla tych wybranych miast kocioł pracuje z obciążeniem 0,13 przez 120 dni, z obciążeniem 0,30 przez 51 dni itd.

Norma zastępuje krzywą częstotliwości pięcioma prostokątami o równych powierzchniach.

Dla każdego obszaru wyznacza się współczynnik wykorzystania przy częściowym obciążeniu  $\eta_{\phi,i}$  (z uwzględnieniem strat gotowości do pracy), a następnie wylicza się ze wzoru roczną sprawność znormalizowaną.

$$\eta_N = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{\phi,i}}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \eta_{\phi,i}$$



$$Q_K \cdot \phi_i \cdot t_i = Q_K \cdot \phi_i \cdot t_i = Q_K \cdot \phi_5 \cdot t_5 = \text{const}$$

Sprawność roczna znormalizowana

$$\eta_{dr} = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{di}}} \cdot 100\%$$

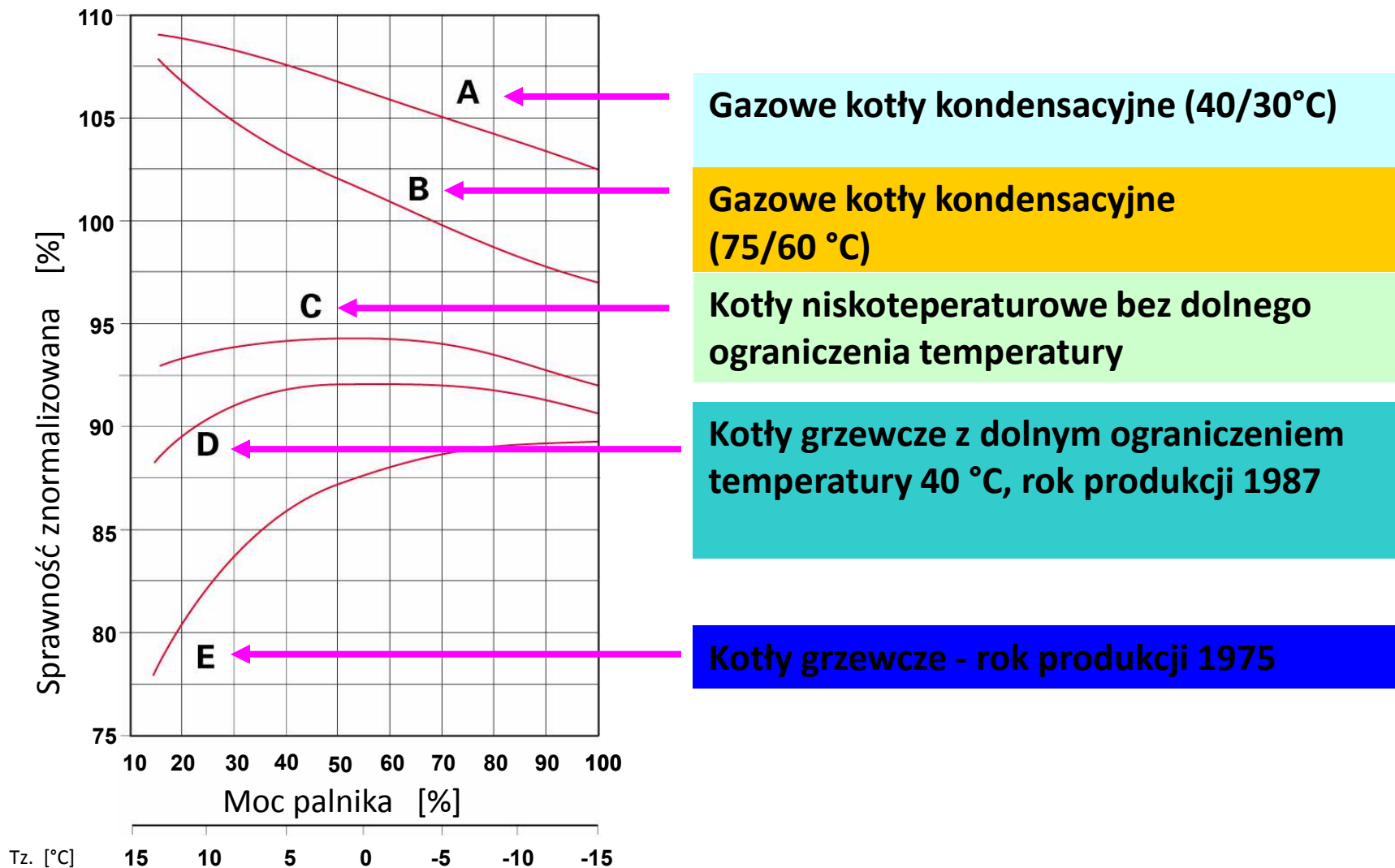
**Sprawność roczna znormalizowana** – znormalizowany współczynnik wykorzystania  
(DIN 4702, część 8)

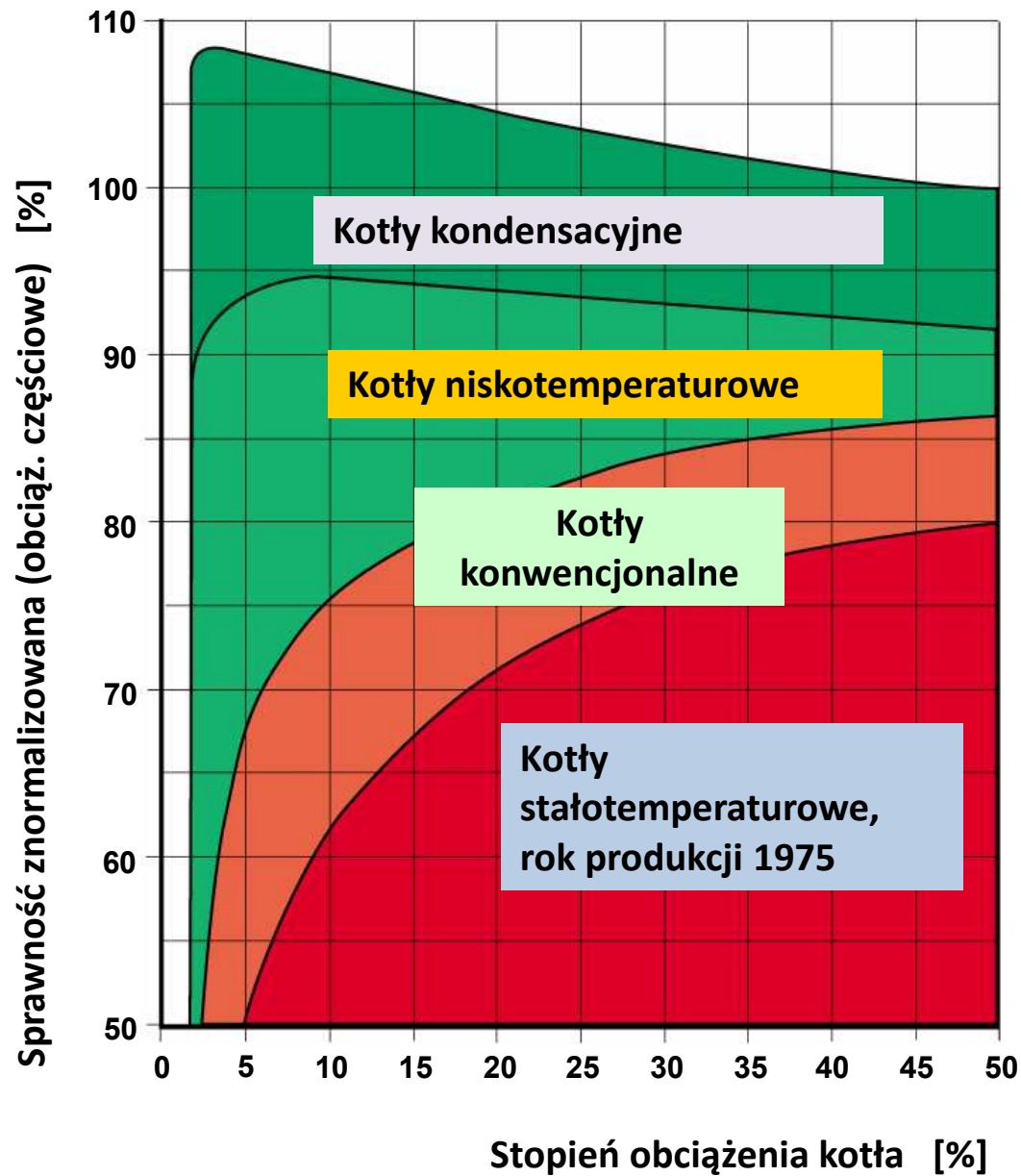
**Średnie temperatury czynnika grzewczego na zasilaniu i powrocie.**

- ➔ *Jeśli kocioł ma dolne granice temperatur wody kotłowej i powrotnej to należy przyjąć je do obliczeń*
- ➔ *Jeśli kocioł pracuje ze stałą, podwyższoną temperaturą wody kotłowej to należy to wykorzystuje się tylko względne obciążenie kotła przy stałej, określonej temperaturze zasilania i powrotu.*

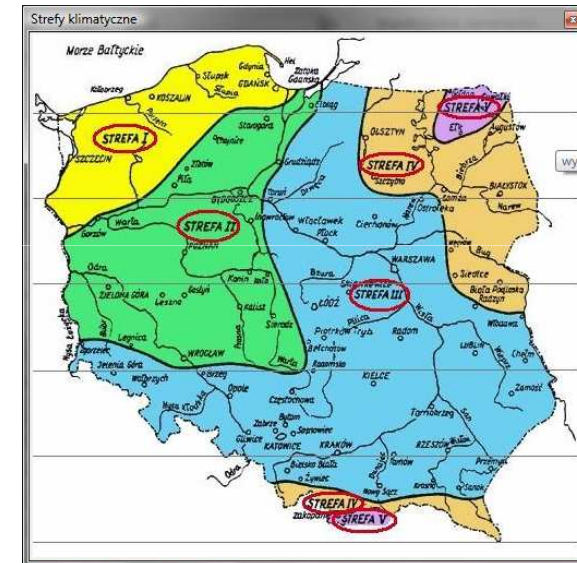
Względne obciążenie kotła	Temperatury czynnika grzewczego			
	Różnica temperatur 75 / 60 °C		Różnica temperatur 40 / 30 °C	
	$t_v$ °C	$t_R$ °C	$t_v$ °C	$t_R$ °C
0,13	27	25	23	21
0,30	37	32	26	23
0,39	42	36	28	24
0,48	46	39	30	25
0,63	55	45	33	26

## Wykorzystanie energii przez kotły kondensacyjne i niskotemperaturowe





Obciążenie cieplne oblicza się przy temperaturach obliczeniowych



$T_w = 20 \text{ st C}$

$T_z = \text{od } -16 \text{ do } -24 \text{ st. C}$

## Przykład

Kocioł kondensacyjny Vitodens 200 z palnikiem modulowanym  
Różnica temperatur: 40 / 30 °C

Obciążenie kotła	Współczynnik wykorzystania (sprawność) przy obciążeniu częściowym	$1/\eta_\phi$	$\frac{5}{\sum \frac{1}{\eta_\phi}}$
13 %	109,5 %	0,9132	106,7 %
30 %	108,4 %	0,9225	
39 %	107,2 %	0,9328	
48 %	105,7 %	0,9461	
63 %	103,0 %	0,9708	

**Sprawność  
roczna znormalizowana**

**Roczna sprawność znormalizowana wynosi 106,7 %**

### Założenia:

Sprawność kotła przy obciążeniu 100% wynosi 98 %

Gdy okres grzewczy liczy 6000 h, ilość godzin pracy palnika 1838 h,

a strata promieniowania 3 %, to sprawność średnioroczna wynosi:

$$\eta_B = \frac{1}{\left(\frac{6000}{1838} - 1\right) \times 0,03 + 1} = 0,94$$

**Sprawność  
średnioroczna**

$$\eta_a = 0,94 \times 0,98 = 0,92$$

**Sprawność średnioroczna przy założeniach j/w wynosi 92 %**

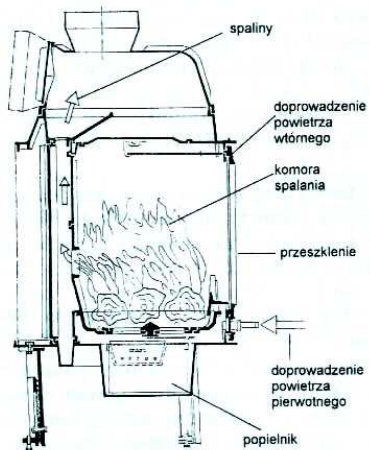
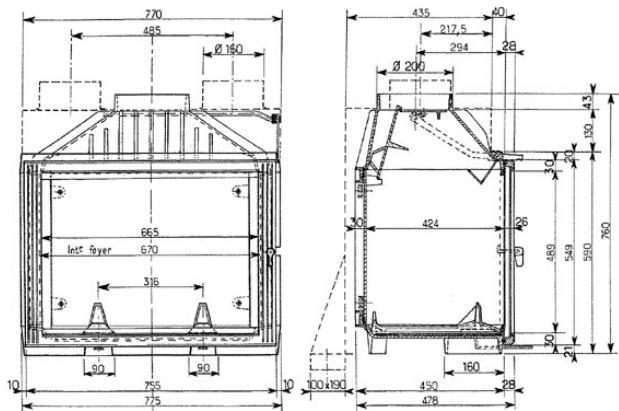


# Sprawność wytwarzania

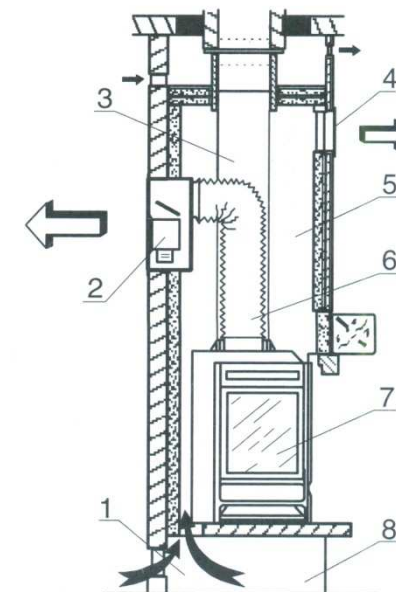
Piece kominki i kotły na paliwo stałe

# Współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej

<b>Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej w wg polskiego prawa</b>		
<b>Strumienie Energii</b>		<b>wi</b>
<b>Paliwa</b>	<b>Olej opałowy</b>	<b>1,1</b>
	<b>Gaz ziemny</b>	<b>1,1</b>
	<b>Propan - butan</b>	<b>1,1</b>
	<b>Węgiel kamienny</b>	<b>1,1</b>
	<b>Węgiel brunatny</b>	<b>1,1</b>
	<b>biomasa</b>	<b>0,2</b>
	<b>energia słoneczne</b>	<b>0</b>
<b>ciepło scentralizowane z kogeneracji</b>	<b>energia nieodnawialna</b>	<b>0,8</b>
	<b>energia odnawialna</b>	<b>0,15</b>
<b>Ciepło scentralizowane z ciepłowni</b>	<b>energia z węgla</b>	<b>1,3</b>
	<b>energia z gazu lub oleju</b>	<b>1,2</b>
<b>Energia elektryczna system PV</b>	<b>Ogniwa fotowoltaniczna</b>	<b>0,7</b>
<b>Energia elektryczna*</b>		<b>3</b>

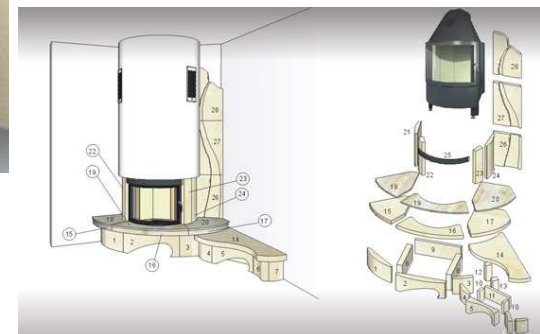


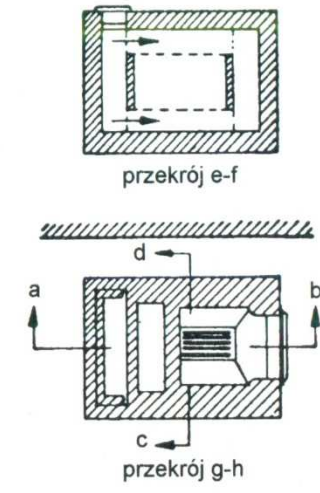
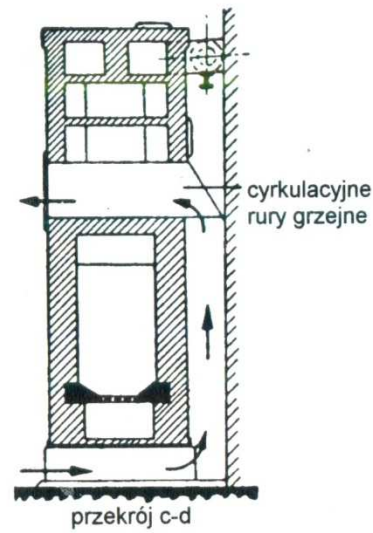
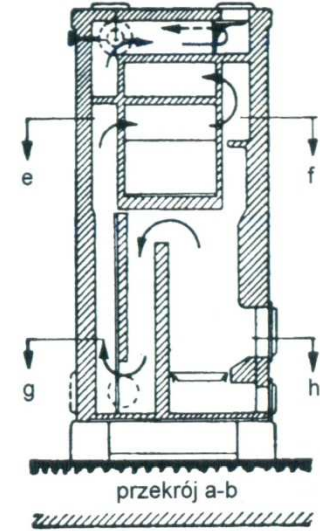
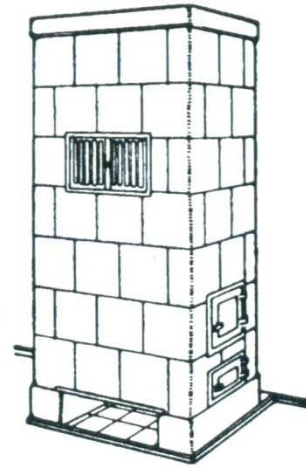
Rys. 2.2.1-1 Schemat wsadu kominkowego według DIN 18895



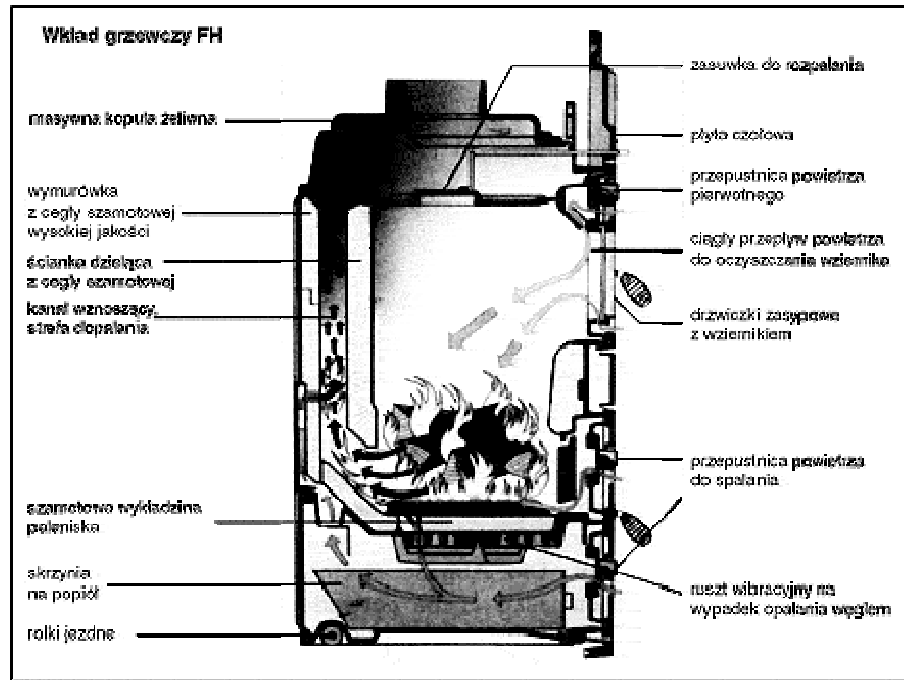
Rys. 14.2. Przekrój przez kominek z zamkniętą komorą spalania [55]:

- 1 - wlot powietrza konwekcyjnego, 2 - skrzynka wentylacyjna, 3 - przewód podłączenia,
- 4 - dekompresja, 5 - okap techniczny, 6 - przewód ciepłego powietrza, 7 - palenisko zamknięte z obudową, 8 - podmurówka

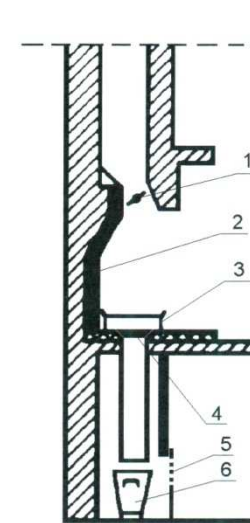




# Sprawność wytwarzania pieców i kominków



Rys. 2. Wkład grzewczy na paliwo stałe (Schemat wg Burdusa)



Rys. 14.1. Przekrój przez kominek otwarty [160]: 1 - kłapa kominowa, 2 - wymurówka szamotowa, 3 - ruszt, 4 - kłapa, 5 - drzwi z kratą powietrzną, 6 - pojemnik na popiół

Ogrzewanie miejscowe	sprawność wytwarzania [%]
kominki z otwartym paleniskiem	20-40
kominki z wkładem pracą w trybie otwarty-zamkniętym	40-50
kominki z wkładem pracą w trybie zamkniętym	45-60
kominki z wkładem pracą w trybie zamkniętym i zgazowanie	55-65
turbokominek	55-75
piece kominkowe	
piece akumulacyjne – kaflowe	45-55
Piece akumulacyjne – kaflowe z kanałem cyrkulacyjnym	50-60

Kotły węglowe

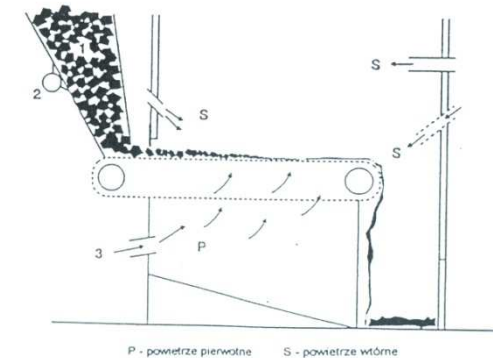
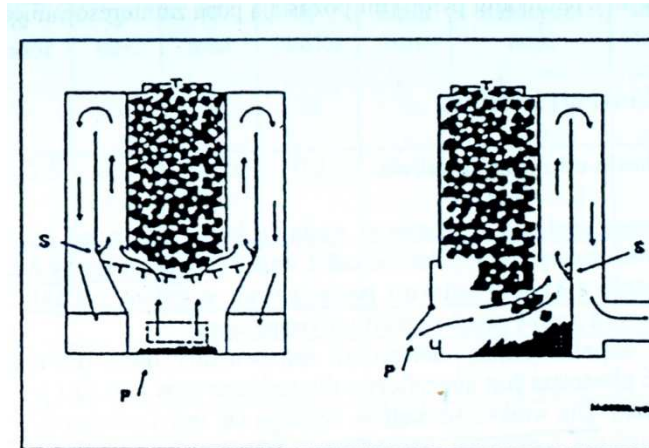
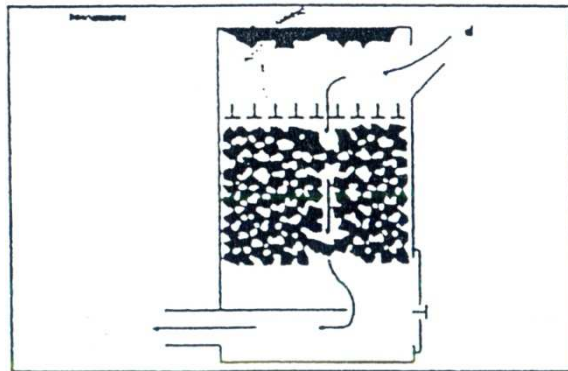
# Sprawność wytwarzania kotłów na paliwo stałe

Kotły ze spalaniem (przelotowym) dolnym: gazy palne uwolnione z warstwy węgla ulegają ochłodzeniu w złożu zasypowym i niespalone lub częściowo spalone uchodzą przez komin. Niemożliwa jest regulacja pracą takiego kotła

Sprawność kotła niezadowalająca – 50%-60% (zależy od stanu technicznego)

Kotły z paliwem zawieszonym w palenisku (złożu fluidalnym) charakteryzują się wyższą sprawnością 65%-75%

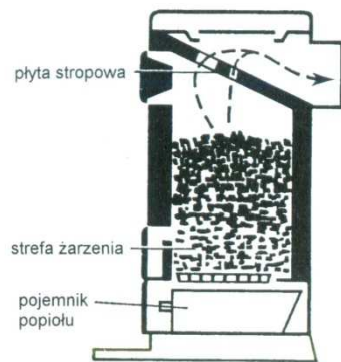
Temperatura komory spalania ma wpływ na sprawność kotła i zależy min. od stanu technicznego (czy ściany wymiennika są pokryte warstwą ceramiczną lub sadzą, żużlem)



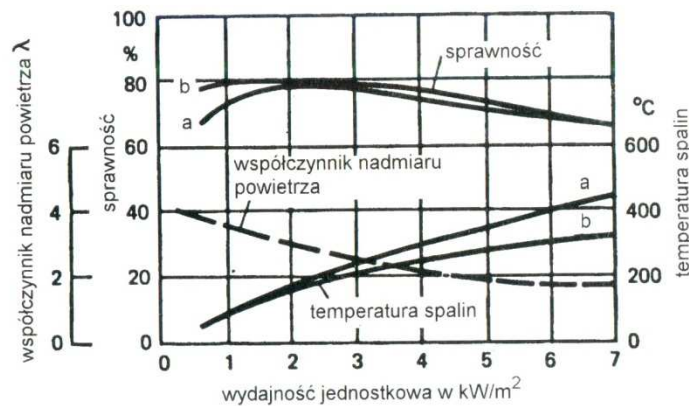
1	Kotły węglowe wyprodukowane po 2000 r.	0,82
2	Kotły węglowe wyprodukowane w latach 1980-2000	0,65 - 0,75
3	Kotły węglowe wyprodukowane przed 1980 r.	0,50 - 0,65

# Sprawność wytwarzania kotłów na paliwo stałe

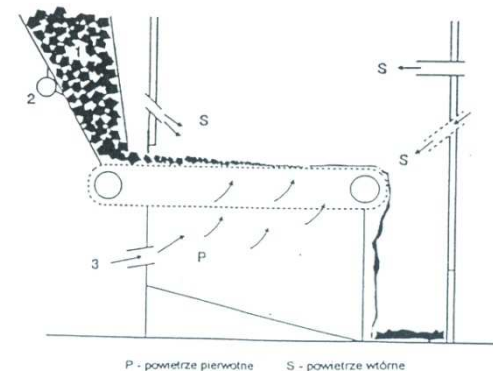
1	Kotły węglowe wyprodukowane po 2000 r.	0,82
2	Kotły węglowe wyprodukowane w latach 1980-2000	0,65 - 0,75
3	Kotły węglowe wyprodukowane przed 1980 r.	0,50 - 0,65



Rys. 2.2.1-9. Żelazny piec stałopalny z kanałem górnym, rusztem potrząsałym i popielnikiem



Rys. 2.2.1-11. Sprawność żelaznych pieców stałopalnych oraz temperatury spalin i współczynniki nadmiaru powietrza.  
a – piec z kanałem górnym  
b – piec z kanałem opadowym



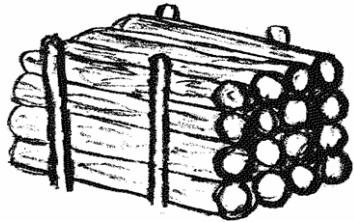


**Tabela 5. Sprawności wytwarzania ciepła (dla ogrzewania) w źródłach  $\eta_{H,g}$**

Lp.	Rodzaj źródła ciepła	$\eta_{H,g}$ ( $\epsilon_{H,g}$ )
1	Kotły węglowe wyprodukowane po 2000 r.	0,82
2	Kotły węglowe wyprodukowane w latach 1980-2000	0,65 - 0,75
3	Kotły węglowe wyprodukowane przed 1980 r.	0,50 - 0,65
4	Kotły na biomasę (słoma) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy do 100 kW	0,63
5	Kotły na biomasę (drewno: polana, brykiety, palety, zrębki) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy do 100 kW	0,72
6	Kotły na biomasę (słoma) wrzutowe z obsługą ręczną o mocy powyżej 100 kW	0,70
7	Kotły na biomasę (słoma) automatyczne o mocy powyżej 100 kW do 600 kW	0,75
8	Kotły na biomasę (drewno: polana, brykiety, palety, zrębki) automatyczne o mocy powyżej 100 kW do 600 kW	0,85
9	Kotły na biomasę (słoma, drewno) automatyczne z mechanicznym podawaniem paliwa o mocy powyżej 500 kW	0,85
10	Podgrzewacze elektryczne - przepływowe	0,94
11	Podgrzewacze elektrotermiczne	1,00
12	Elektryczne grzejniki bezpośrednie: konwektorowe, płaszczyznowe, promiennikowe i podłogowe kablowe	0,99
13	Ogrzewanie podłogowe elektryczno-wodne	0,95
14	Piece kaflowe	0,60-0,70
15	Piece olejowe pomieszczeniowe	0,84
16	Piece gazowe pomieszczeniowe	0,75
17	Kotły na paliwo gazowe lub płynne z otwartą komorą spalania (palnikami atmosferycznymi) i dwustawną regulacją procesu spalania	0,86

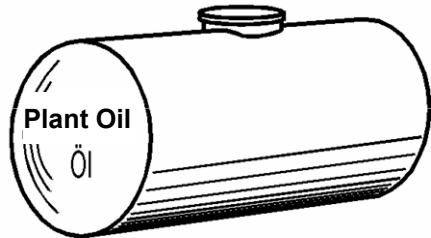
**Biomasa**

# Paliwa bio



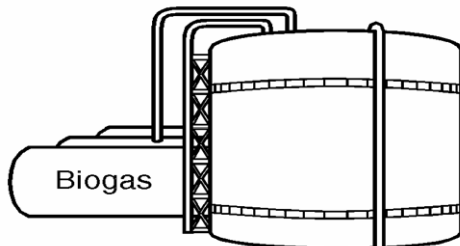
- **Paliwa stałe:**

**Drewno, słoma, wszystkie rośliny (głównie resztki, proste dostarczanie)**



- **Paliwa ciekłe:**

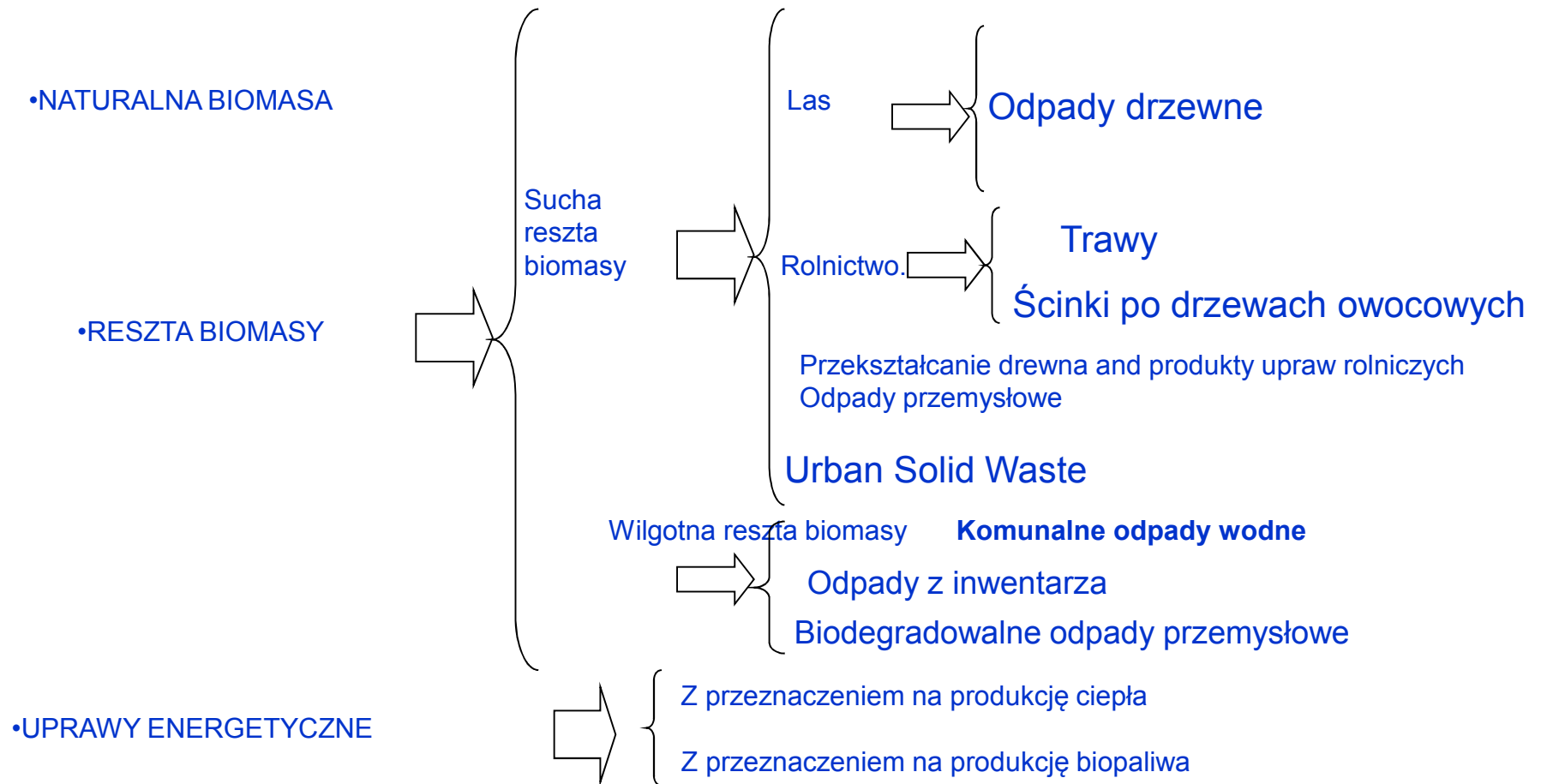
**Oleje roślinne, alkohol (specjalna uprawa względnie skomplikowany proces)**



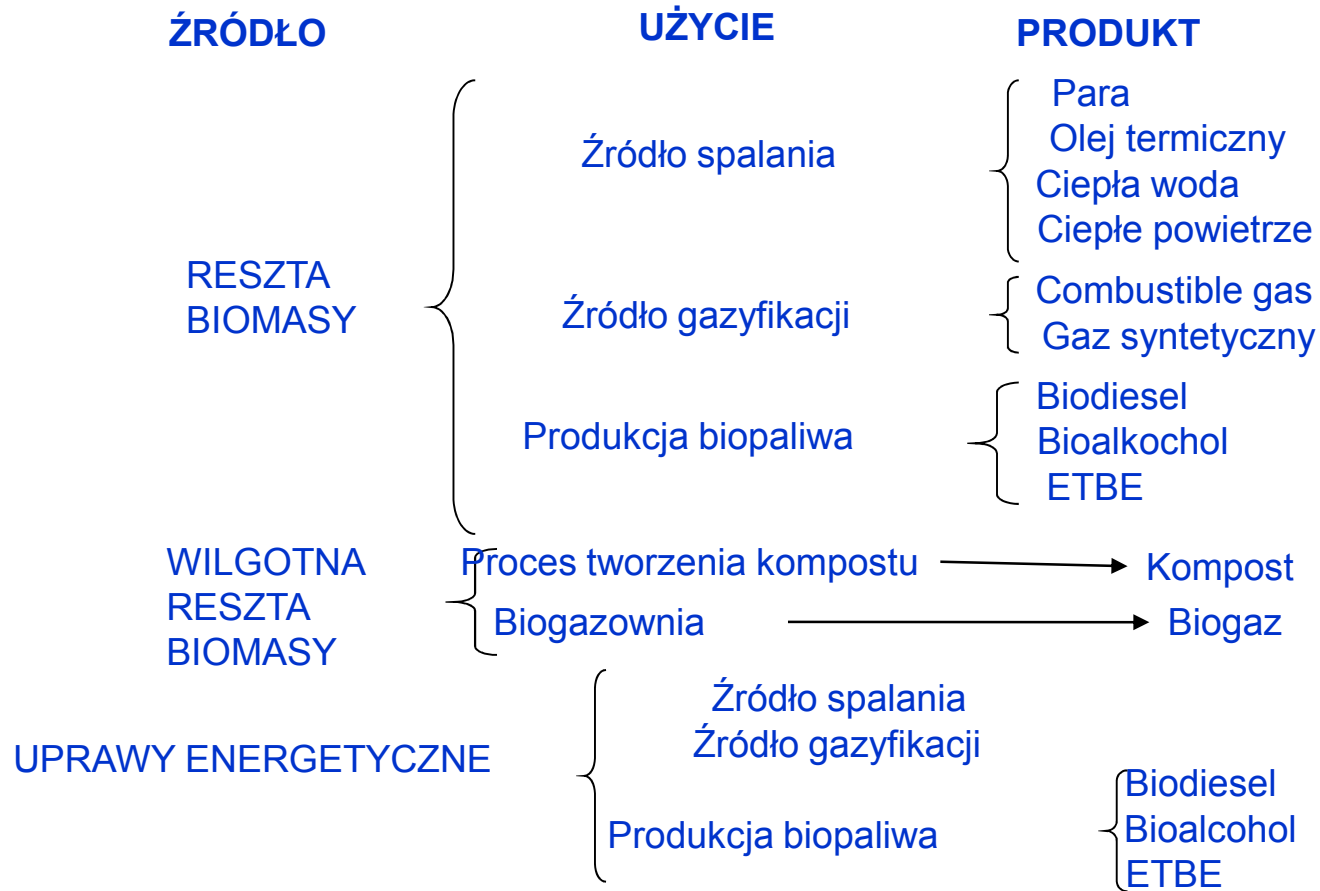
- **Paliwa gazowe:**

**fermentacja beztlenowa do produkcji biogazu, gazyfikacja termiczna (np. z drewna) do gazu pirolitycznego (resztki lub specjalna uprawa, skomplikowany proces)**

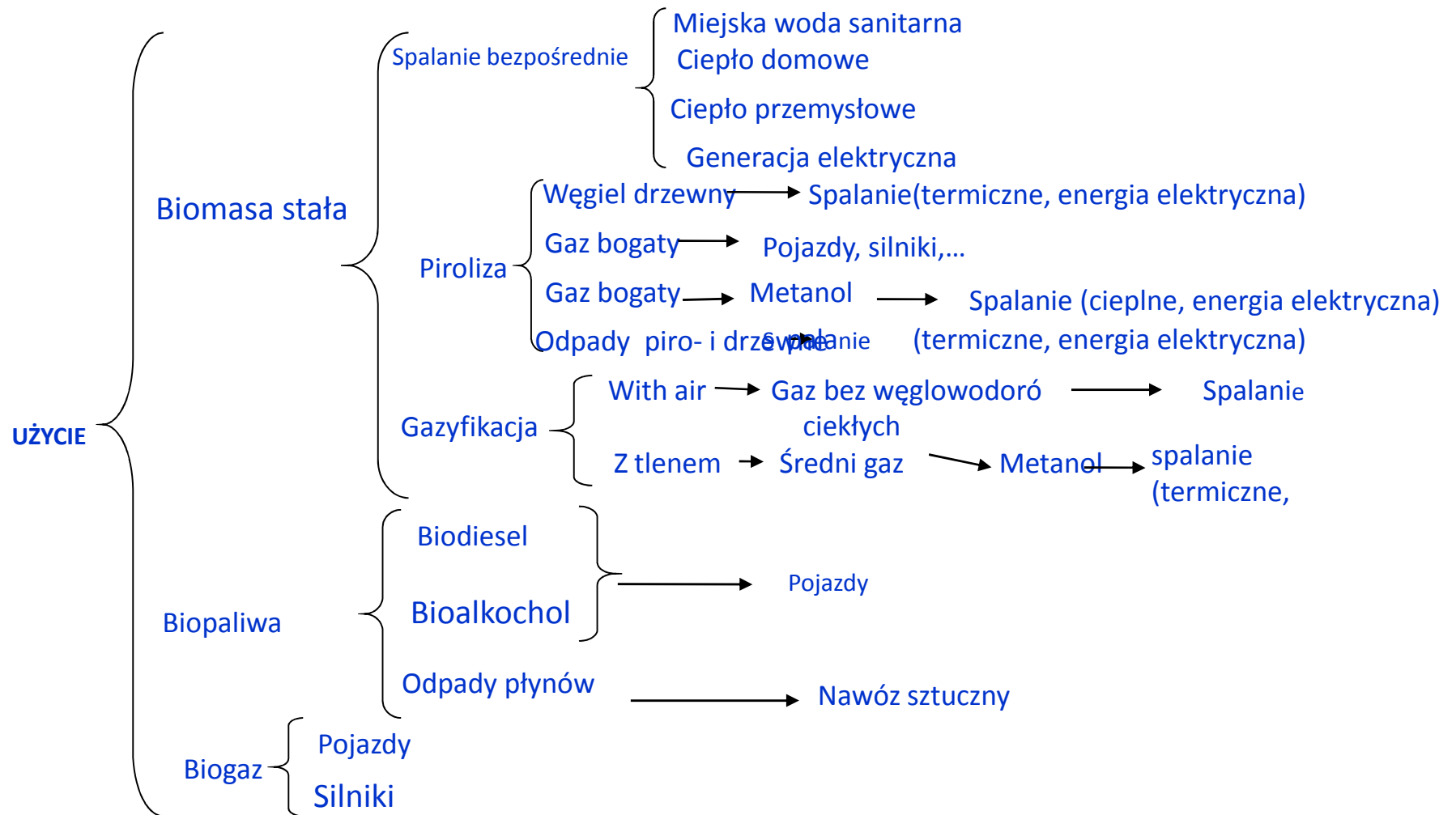
# Źródła biomasy



# Klasyfikacja biomasy



# Końcowe użycie



# Dostępne na rynku biopaliwa

Rodzaj paliwa	Jednostka ilości	Paliwo	Wartość opałowa [GJ/jm]
biomasa – drewno	t	pelets z drewna	18,6
		zrębki drewna	13
		szczepki drewna	13,0
		Kora	9
		Pył drzewny	17
		brykiety z drewna	16,7
biomasa – słoma	t	słoma luzem	13
		słoma w balach	13
		brykiety ze słomy	15,2
		pelets ze słomy	17
biomasa – siano	t	siano luzem	12
		siano w balach	12
		brykiety z siana	15
		pelets z siana	16,7
biomasa – inne	t	odpady biologiczne	10
		ziarno energetyczne	17,5
		masa mięsno – kostna	17,5
biopaliwo gazowe	m <sup>3</sup>	metan	23,6
biopaliwo płynne	m <sup>3</sup>	ester metylowy kwasów tłuszczowych	33,2
		ester etylowy kwasów tłuszczowych	35,2
		olej roślinny	35,2
		olej zwierzęcy	35