Temat nr 1 - 4:

Definicja i procesy spalania paliw

Substancje szkodliwe w procesie spalania

Analiza spalin

Obliczanie sezonowej ilości paliwa na cele c.o i c.w.u

Literatura

1) Hermann Recknagel, Eberhard Sprenger , Ernst Schramek : „Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda,

2) Ryszard Tytko: „Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej”,

3) Albers Joachim „Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji. Poradnik dla projektantów i instalatorów”,

4) Adolf Mirowski, Grzegorz Lange, Ireneusz Jeleń: „Materiały do projektowania kotłowni i nowoczesnych systemów grzewczych”,

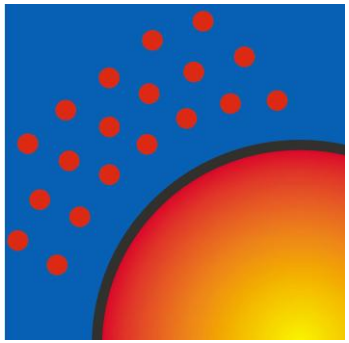
5) www.instsani.web.pl,

6) Halina Koczyk: „Ogrzewnictwo praktyczne”,

7) www.viessmann.pl.

Temat nr 1

Procesy spalania paliw



Rozwój techniki, poziomu życia oraz szybki wzrost gospodarczy państw zwiększył zapotrzebowanie na energię elektryczną i cieplną.

Aby zaspokoić tak duży popyt, wzrosło zużycie paliw kopalnych.

Większość produkowanej w elektrowniach energii elektrycznej oraz cieplnej w elekrociepłowniach pochodzi z paliw kopalnych - węgla, ropy i gazu, których spalanie uwalnia olbrzymie ilości dwutlenku węgla.

Na przykład stężenie dwutlenku węgla wzrosło o 25 %
w ciągu ostatnich 20 lat.

Reakcję chemiczną w której bierze udział tlen i produktami reakcji są tlenki nazywamy utlenianiem

SPALANIE

to proces chemicznego łączenia się paliw z tlenem zawartym w powietrzu.

Zjawisku temu towarzyszy płomień i wysoka temperatura.

Ciepło które zostaje uwolnione w procesie spalania, wykorzystujemy do ogrzania mieszkań, ugotowania posiłków i napędu pojazdów.

Niezbędne warunki procesu spalania:

- musi być paliwo,

- osiągnięcie temperatury zapłonu, w której następuje utlenianie składników paliwa,

- dostarczenie tlenu w ilości zapewniającej całkowite utlenienie pierwiastków i związków palnych.

Temperatura zapłonu

Temperatura zapłonu jest to najniższa temperatura, która musi być osiągnięta, w celu zapoczątkowania i samoistnego podtrzymania procesu spalania.

Paliwo	Temperatura zapłonu, °C
Brykiety węgla brunatnego	200 - 250
Drewno	200 - 300
Olej opałowy	330 - 360
Butan	460
Węgiel kamienny (antracyt)	470 - 500
Propan	510
Gaz ziemny	600 - 670

Spalanie całkowite i zupełne

Pomimo prawie identycznego potocznego znaczenia tych pojęć, w technice spalania mają one zupełnie inne znaczenie.

Zasada procesu spalania polega na utlenianiu palnych elementów paliwa.

Spalanie całkowite oznacza, iż w spalinach nie ma już składników palnych.

W wyniku spalenia całkowitego otrzymamy więc odpowiednio: dwutlenek węgla (CO_2) i wodę (H_2O).

Natomiast spalanie zupełnie oznaczać będzie, iż wszystkie składniki paliwa są utlenione (spalone) do postaci ostatecznej a niezupełne określa takie, spalanie gdy elementy paliwa nie spaliły się do postaci ostatecznej.

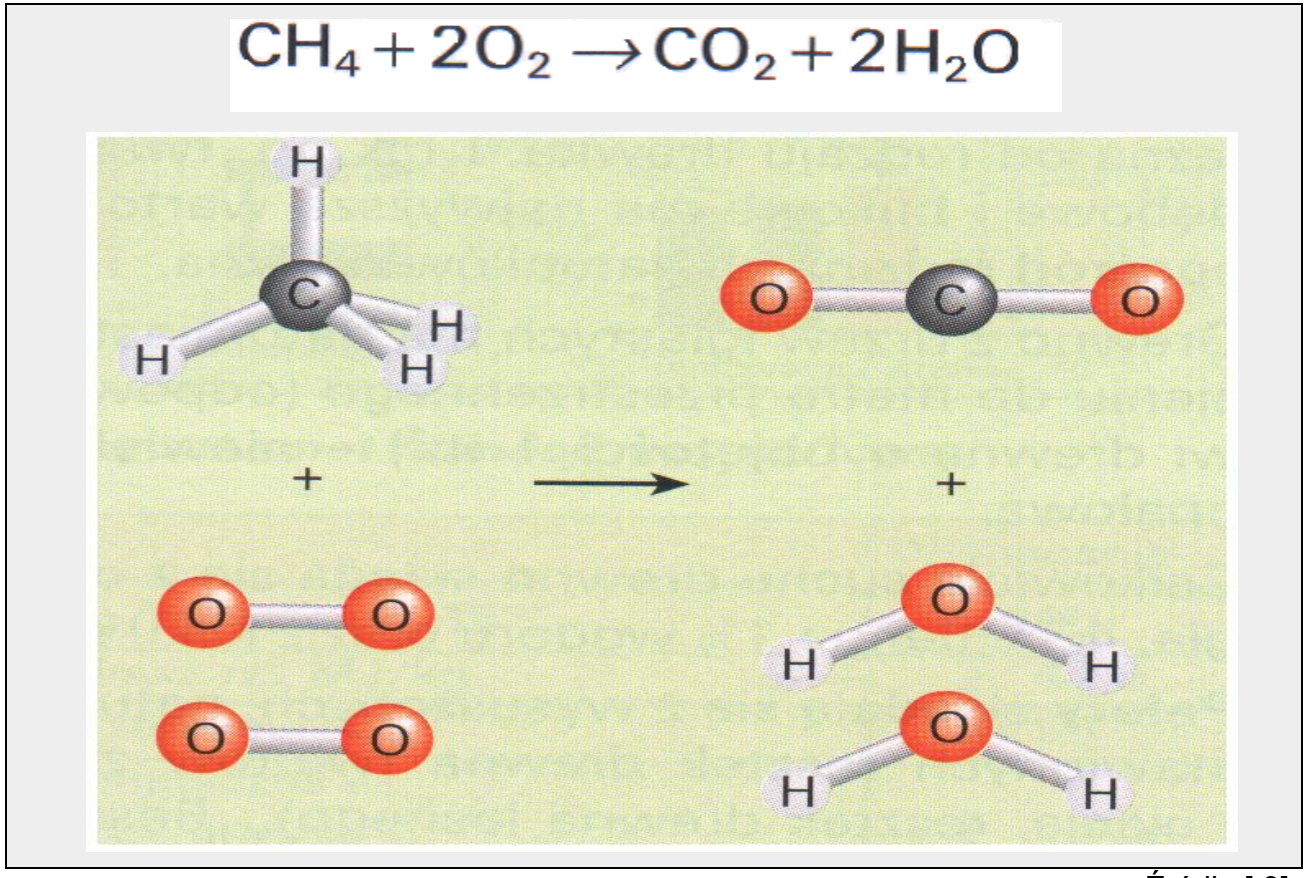
SPALANIE ZUPEŁNE

polega na pełnym spaleniu gazowych składników palnych oraz węgla na CO_2 i parę wodną .

Ilość ciepła, jaką otrzymamy ze spalenia1 kg paliwa, jest wówczas największa.

O spalaniu zupełnym gazu mówimy gdy spaliny zawierają
- CO_2,
- H_2O,
- N_2,
- O_2

SPALANIE ZUPEŁNE



Źródło [3]

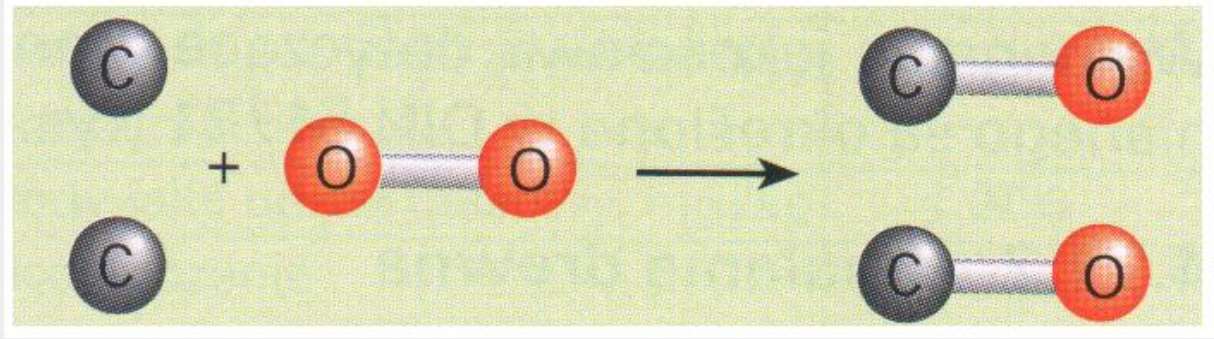
SPALANIE NIEZUPEŁNE

polega na nie spalaniu gazowych składników palnych lub też na częściowym utlenianiu węgla na CO zamiast na CO_2.

Zjawisko spalania niezupełnego wynika z niedostatecznej ilości tlenu doprowadzanego do procesu spalania lub też złego wymieszania z powietrzem

SPALANIE NIEZUPEŁNE

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$



Źródło [3]

Spalanie zupełne na przykładzie węgla $C + O_2 = CO_2$

Spalanie niezupełne $2C + O_2 = 2CO$

W praktyce w spalinach występują jednocześnie oba te składniki np.

$$3C + 2O_2 = 2CO_2 + CO$$

Prawidłowym jest spalanie całkowite i zupełne co oznacza, iż wszystkie palne składniki paliwa uległy spaleniu do postaci ostatecznej i w spalinach nie ma już palnych cząstek.

Przeciętne wartości maksymalnej zawartości dwutlenku węgla dla typowych paliw .

Wartość CO2max – określona jest doświadczalne dla przeciętnego składu paliwa.

PALIWO	CO2max%
WĘGIEL KAMIENNY	18,6-19,2
WĘGIEL BRUNATNY	8,7-19,5
DREWNO	19,5-20,0
MAZUT	15,5
OLEJ LEKKI	15,3-15,4
GAZ ZIEMNY	9,5-12,5

Wykres Ostwalda

Pomiędzy składnikami spalin występuje podstawowa zależność:

$$\frac{100}{CO_{2\,max}} * [CO_2] + \frac{100}{21} * [O_2] + [\frac{100}{CO_{2\,max}} - \frac{79}{21}] * [CO] = 100$$

wielkości wstawiamy w [%];
dla przykładu: olej opałowy lekki $CO2_{max}$ – 15,31 %,
i pomierzyliśmy np. CO 2 - 10,5%, CO - 0%
stąd otrzymujemy zawartość procentową tlenu

$$(100/15{,}31)*10{,}5 + 4{,}76* [O_2] + [6{,}54 - 3{,}76]*0 = 100$$

$$4{,}76* [O_2] = 100 - 6{,}54*10{,}5 \text{ stąd dalej } \mathbf{[O_2] = 6{,}58\ \%}$$

Konstrukcja wykresu Ostwalda

W układzie współrzędnych prostokątnych na osi poziomej (x) odłożymy procentową zawartość tlenu w spalinach. Natomiast na podziałce pionowej oznaczymy procentową zawartość dwutlenku węgla w spalinach.

Na osi pionowej zaznaczymy teraz punkt odpowiadający maksymalnej zawartości dwutlenku węgla dla naszego paliwa (15,31 %-olej opałowy).

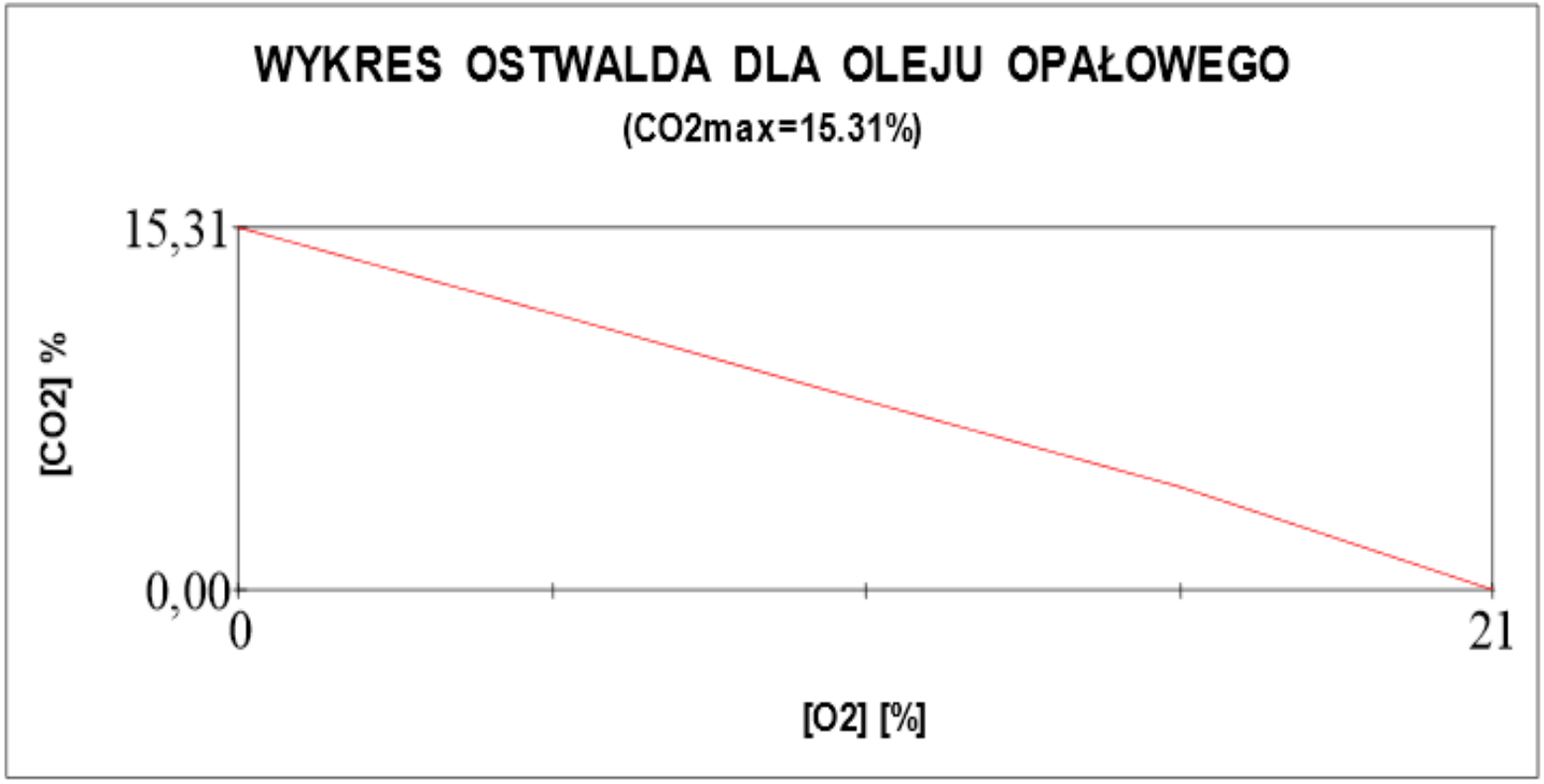
A więc odpowiada on sytuacji, gdy paliwo spaliło się całkowicie i zupełnie, w spalinach nie ma nadmiaru powietrza.

Natomiast na osi poziomej zaznaczymy maksymalną zawartość procentową tlenu w wolnym powietrzu (20,9%=21%).

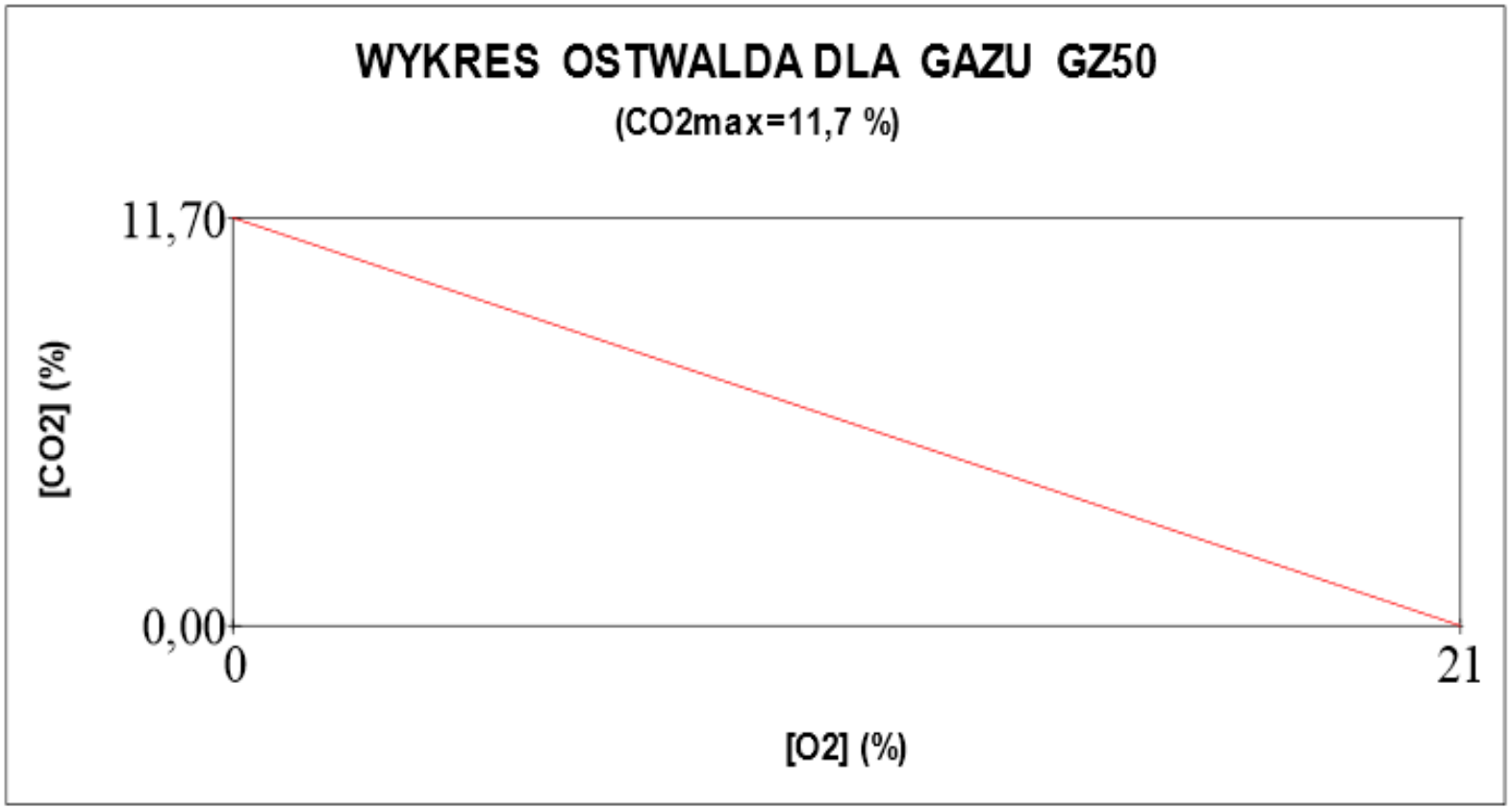
Odpowiada to stanowi, gdy w spalinach nie ma dwutlenku węgla

Po połączeniu oznaczonych punktów prostą otrzymamy poszukiwany wykres Ostwalda dla naszego paliwa.

Wykres Ostwalda



Wykres Ostwalda



Wykres Ostwalda

Posługiwanie się tymi wykresami pozwala określić jakość spalania a więc jakość regulacji. Mając tak skonstruowany wykres Ostwalda jeżeli naniesiemy nań punkt odpowiadający naszym wynikom otrzymanym z analizatora P(O2%, CO2%) to po jego lokalizacji względem prostej możemy określić przebieg (jakość) procesu spalania.

I tak: jeżeli nasz punkt pomiarowy znajdzie się dokładnie na prostej to odpowiada zawartości tlenku węgla [CO]=0%.
Mamy wskazówkę, iż spalanie przebiega jako całkowite i zupełne a więc prawidłowo.

Wykres Ostwalda

Pozostaje jedynie określić współczynnik nadmiaru powietrza.

I im jest on bliższy jedności tym przebieg spalania jest jakościowo lepszy a sprawność spalania (a zatem sprawność urządzenia) wyższa. Jeżeli punkt ten znajdzie się w polu ponad prostą - należy ten pomiar wykluczyć.

Jest on nieprawidłowy, gdyż realnie stan taki nie może wystąpić.

Gdy zaś nasz punkt znajdzie się w polu poniżej prostej, świadczyć to będzie o tym, iż spalanie jest niezupełne i w spalinach znajduje się oprócz dwutlenku węgla [CO2] także tlenek węgla [CO].

Prawidłowe zakresy nastaw regulacyjnych kształtują się następująco (wg jednego z producentów kotłów) :

GAZ GZ50 [CO 2] od 9,2% do 10,5 optymalnie 9,4 % do 9,6%

OLEJ LEKKI EL [CO2] d 12,3 % do 13,5 % optymalnie 12,5% do 12,8 %

Współczynnik nadmiaru powietrza

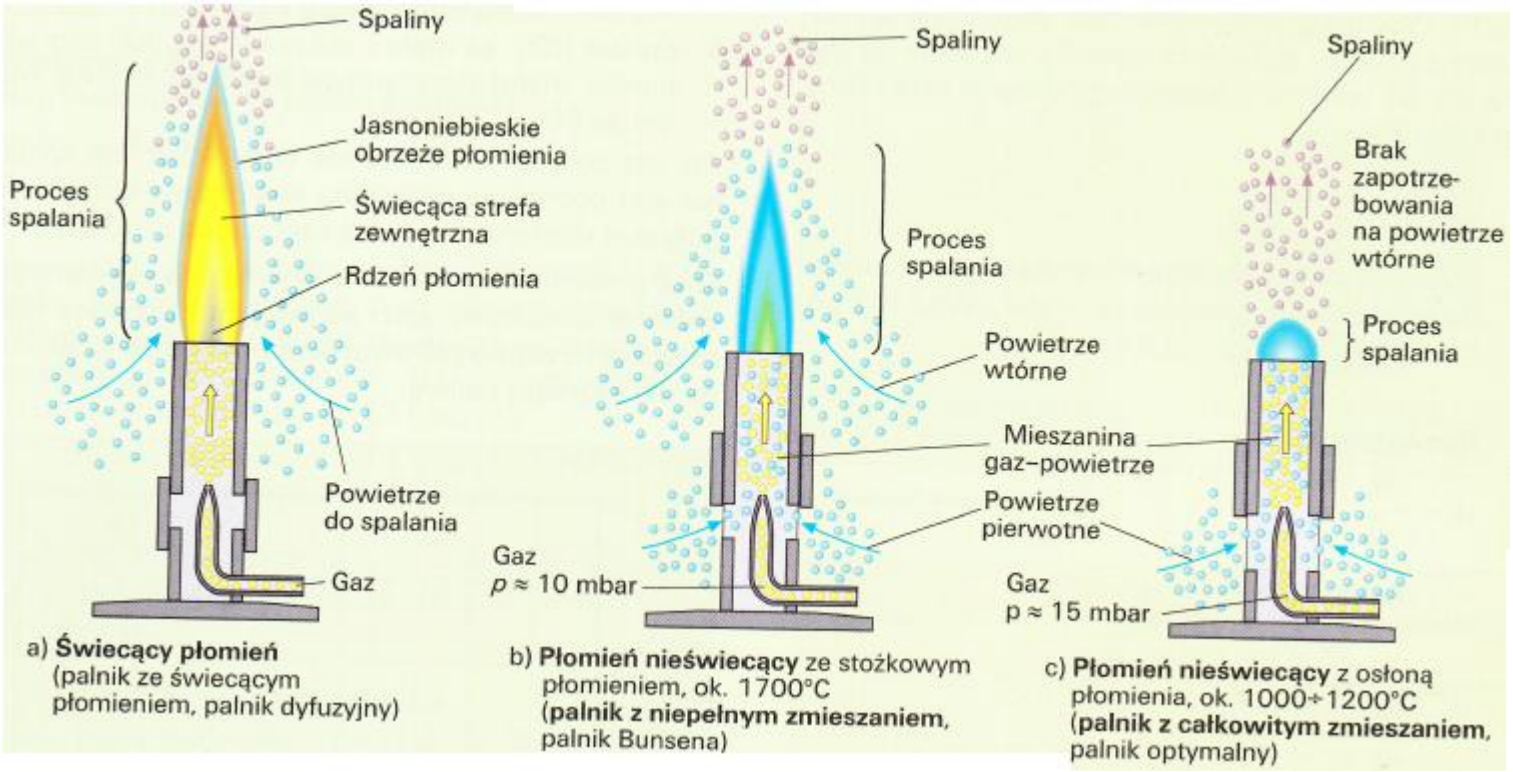
W celu bezpiecznego spalania, przy wahaniach składu paliwa czy też zmianach wydajności wentylatora palnika, stosujemy nadmiar powietrza. Określamy go stosunkiem faktycznie dostarczonej do spalania ilości (objętości) powietrza do ilości powietrza niezbędnego, wynikającego z reakcji chemicznych.

Mając pomiary zawartości gazów [O2] i [CO] w spalinach możemy wyliczyć współczynnik nadmiaru powietrza wg zależności:

$$\lambda = \frac{21}{21 - [O_2] - 0.5 * [CO]}$$

Przykład: [O2] = 5% i [CO] = 0% stąd λ=1,31

Proces spalania – palnik gazowy



doprowadzenie powietrza **tworzenie się płomienia** **proces spalania**

Źródło [3]

Proces spalania – palnik gazowy

O pełnym spalaniu mówimy, gdy spaliny zawierają CO_2, H_2O, N_2 i O_2.

W odróżnieniu od paliw stałych i płynnych (koksu, oleju) spalanie paliw gazowych ma kilka zalet:

-palne składniki paliw płynnych i stałych muszą być najpierw doprowadzone do stanu gazowego, aby mogły się palić,

- nie powstaje popiół,

- emisje CO_2 są mniejsze i nie powstają (lub jest ich mało) siarczanowe składniki, zatem nie ma emisji SO_2

Źródło [3]

WARTOŚĆ OPAŁOWA H i

To ilość ciepła powstającego wskutek całkowitego i zupełnego spalenia 1 kg paliwa stałego lub ciekłego, albo 1 m^3 paliwa gazowego , przy założeniu, że produkty spalania zostaną ochłodzone do temperatury początkowej, natomiast woda powstająca w czasie spalania pozostanie w postaci pary

kJ/kg, kJ/ m^3

kWh/kg, kWh/ m^3

Wartość opałowa mówi nam jaka ilość ciepła wydzielana jest podczas spalania jednostki masy lub objętości określonego paliwa.

Spalanie to musi być zupełne i całkowite, musimy także założyć, że para wodna zawarta w spalinach nie ulega skropleniu.

Wartość opałową zwaną również kalorycznością paliwa wyraża się zazwyczaj w MJ/kg. Im wartość opałowa paliwa jest wyższa tym paliwo to jest wydajniejsze i jego spalanie powoduje wytwarzanie większej ilości ciepła.

Przykładowe wartości opałowe paliw:

- węgiel – 21,8 MJ/kg
- olej – 42,3 MJ/kg
- gaz ziemny – 36,0 MJ/m^3

Minimalne wartości opałowe gazu:

- 26,0 MJ/m^3 – gaz typu Ls (GZ-35)
- 30,0 MJ/m^3 – gaz typu Lw (GZ-41,5)
- 34,0 MJ/m^3 – gaz typu E (GZ-50)

Paliwa stałe wraz z średnią wartością opałową:

Biopaliwo	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ/kg
Zrębki	20-60	6-16
Pelety	7-12	16,5-17,5
Słoma żółta	10-20	14,3
Słoma szara	10-20	15,2
Drewno w kawałkach	20-30	11-22
Kora	55-65	18,5-20

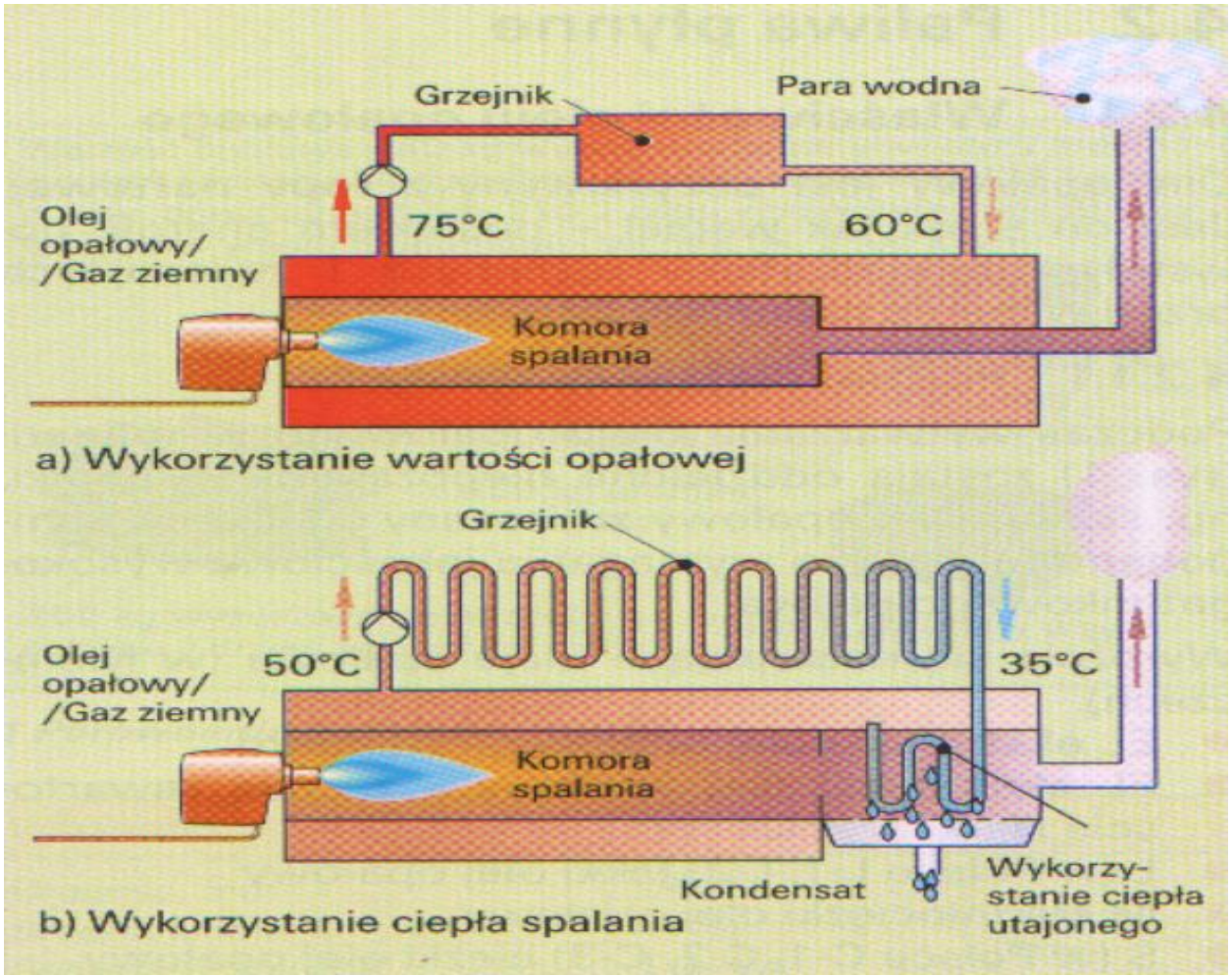
Paliwa stałe wraz z średnią wartością opałową:

- Węgiel kamienny (orzech) – 24-28 MJ/kg
- Węgiel kamienny (groszek) – 24-28 MJ/kg
- Węgiel kamienny (miał) – 19-26 MJ/kg
- Węgiel brunatny – 7,5-21 MJ/kg
- Koks – 27-30 MJ/kg
- Drewno opałowe (wilgotność 15-18%) - 15-18 MJ/kg
- Pelety – 17-21 MJ/kg
- Słoma sucha – 14-15 MJ/kg
- Brykiety – 17-20 MJ/kg

CIEPŁO SPALANIA Hs

jest to energia odniesiona do ilości paliwa, która wydzieli się przy zupełnym spalaniu materiału, jeśli powstała podczas spalania para wodna ulegnie kondensacji i odda swoje ciepło parowania.

Ciepło spalania Hs a wartość opałowa Hi

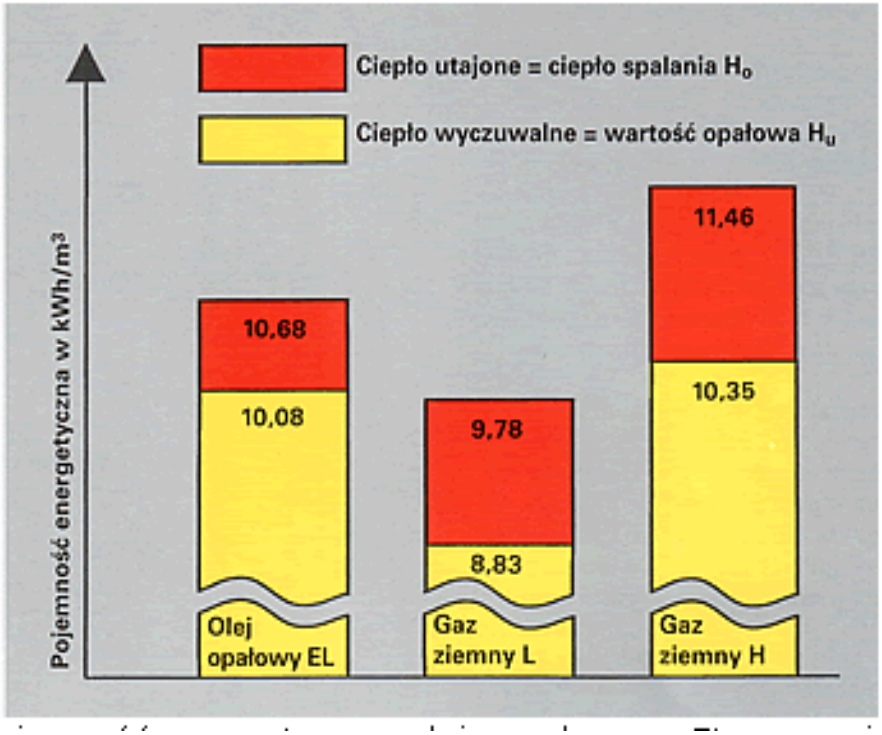


Procesom łączenia się substancji palnych z tlenem towarzyszy zawsze wydzielanie się pewnych ilości ciepła

Rodzaj paliwa	Produkt spalania	Ilość ciepła [MJ]
Węgiel C	CO_2	33,9
Tlenek węgla CO	CO_2	9,27
Wodór H	H_2O	120,53
Siarka S	SO_2	9,27

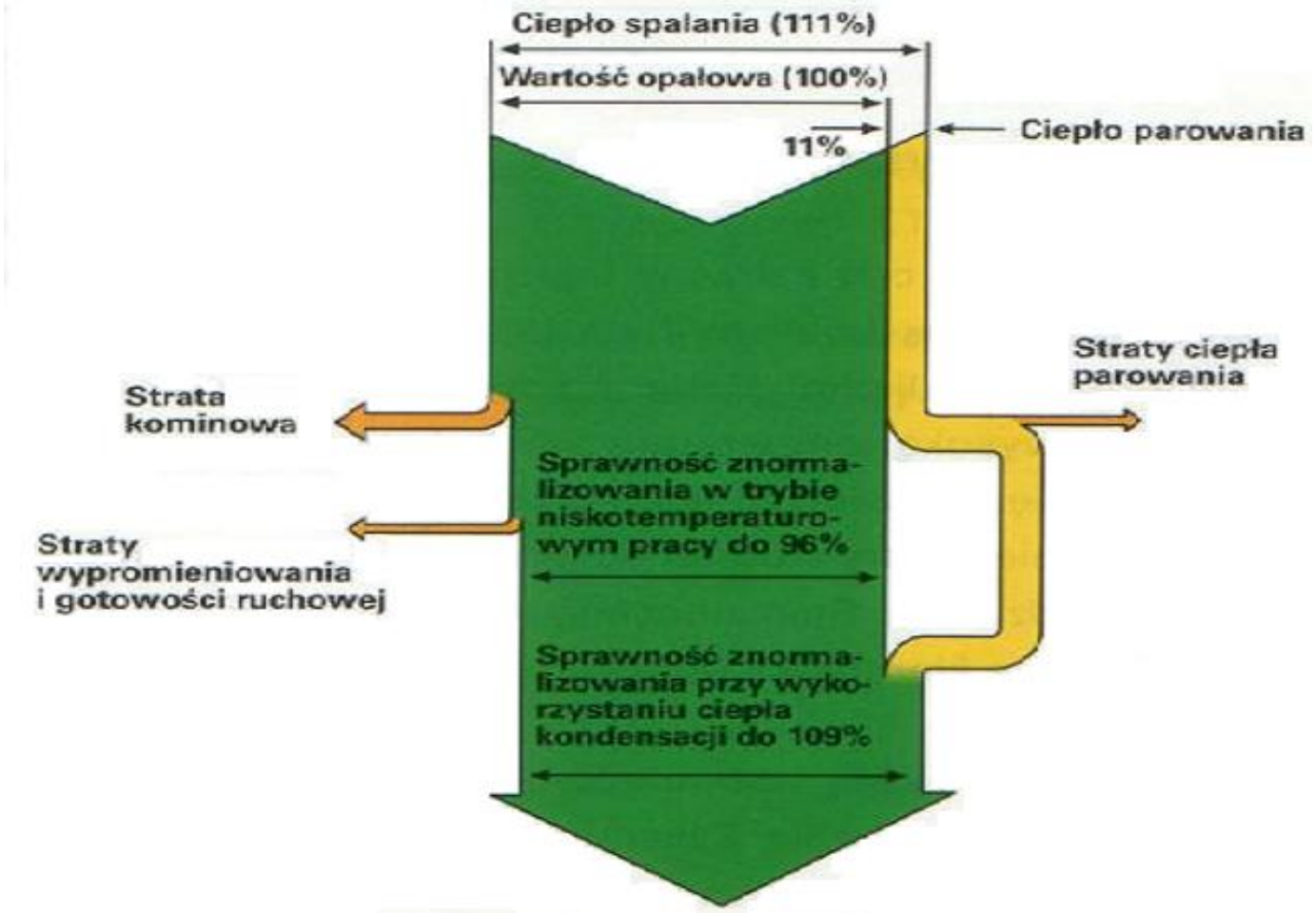
Ponieważ spaliny mają zazwyczaj temperaturę wyższą od 100°C zawarta w nich wilgoć nie ulega skraplaniu.

Ilość ciepła zmniejszona w stosunku do [Hs], o ciepło parowania wody zawarte w spalinach nazywa się wartością opałową paliw [Hi].



Źródło [3]

Ciepło spalania Hs a wartość opałowa Hi



Produkty powstające podczas spalania

Produkty spalane oddają ciepło wyłącznie kosztem swej pojemności cieplnej.

Wysoka temperatura produktów spalania umożliwia przekazywanie dużych ilości ciepła, ze stosunkowo niewielkiej masy nośnika ciepła, przy niewielkich stratach energii.

Każde paliwo składa się z:

- substancji palnych,
- niepalnych tzw. balastu.

Do substancji palnych należą:

- węgiel C,
- wodór H_2,
- związki węglowodorowe CnHm,
- siarka S.

W paliwach stałych i ciekłych do balastu zalicza się:

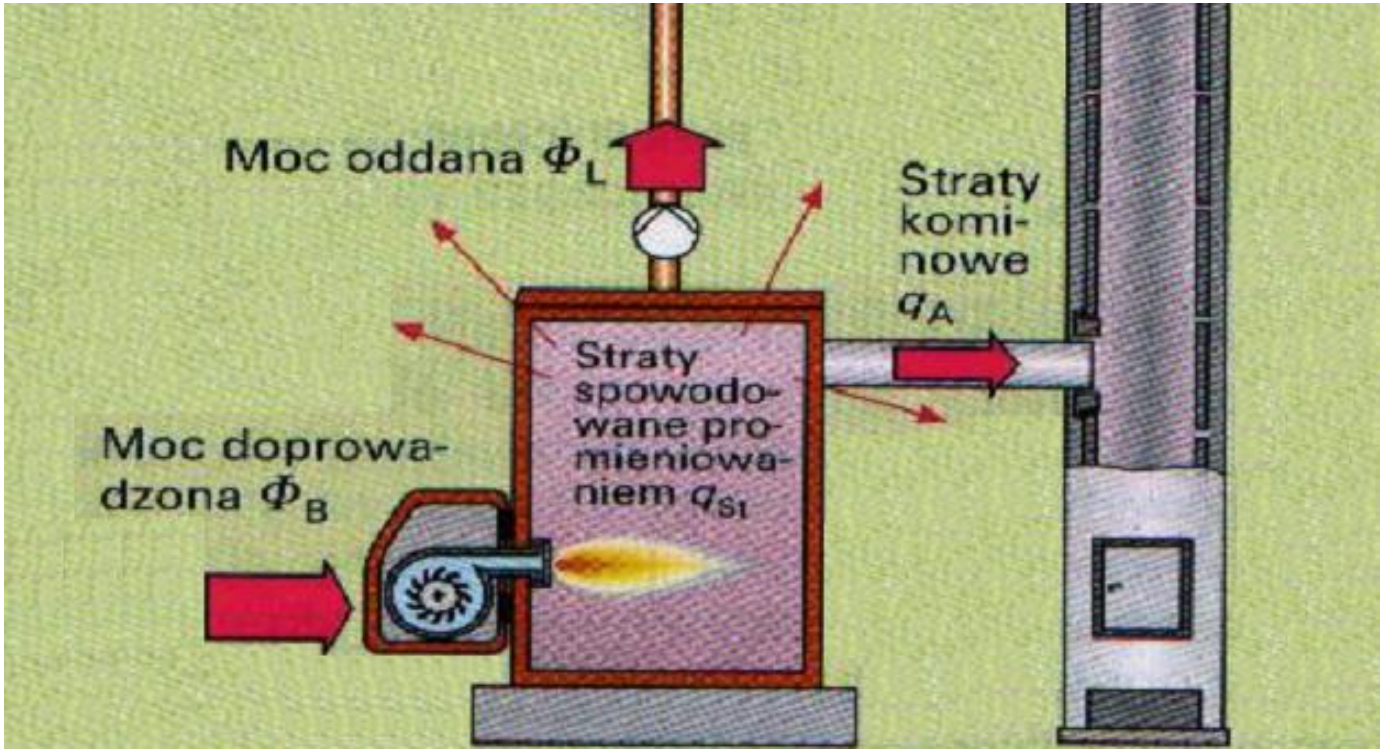
- popiół,
- wodę higroskopijną,
- związany tlen O_2.

W paliwach gazowych do balastu zalicza się:

- azot N_2,
- dwutlenek węgla CO_2 ,
- parę wodną.

PALIWO STAŁE , PALIWO CIEKŁE				
SUBSTANCJA PALNA			BALAST	
C	S	H_2	POPIÓŁ	WILGOĆ

PALIWO GAZOWE			
SUBSTANCJA PALNA			BALAST
C	S	H_2	CO_2,N_2, H_2O


Moc oddana Φ_L
Straty kominowe q_A
Straty spowodowane promieniowaniem q_{St}
Moc doprowadzona Φ_B

Źródło [3]

STRATY SPALANIA

- straty kominowe – spowodowane przez gorące spaliny odlotowe unoszące swe ciepło przez komin na zewnątrz,
- straty niecałkowitego spalania – strata ciepła w wyniku niedopalenia stałych substancji palnych w popiele,
- straty niezupełnego spalania – wynikające z mniejszej ilości ciepła wywiązującego się w czasie utleniania węgla na tlenek węgla,
- straty przez promieniowanie, konwekcję i przewodzenie.

Strata kominowa

– strata ciepła z uchodzącymi z kotła gorącymi spalinami,
najczęściej przyjmuje wartości w zakresie 10-14%, w zależności od temperatury spalin oraz współczynnika nadmiaru powietrza (zawartości tlenu w spalinach).

W przypadkach nieprawidłowej eksploatacji kotła (np. wytwarzania nadmiernej ilości spalin w wyniku spalania paliwa ze zbyt dużym nadmiarem powietrza lub zbyt wysokiej temperatury spalin wylotowych w wyniku nadmiernej wydajności paleniska w stosunku do wydajności cieplnej wymiennika ciepła) strata kominowa może nawet przekraczać 20%.

Strata niecałkowitego spalania

przyjmuje najczęściej wartości w zakresie 1-3%, w zależności od zawartości części palnych w popiele i zawartości popiołu w paliwie.

W przypadkach nieprawidłowej eksploatacji kotła może jednak kilkakrotnie przekraczać te wartości**.**

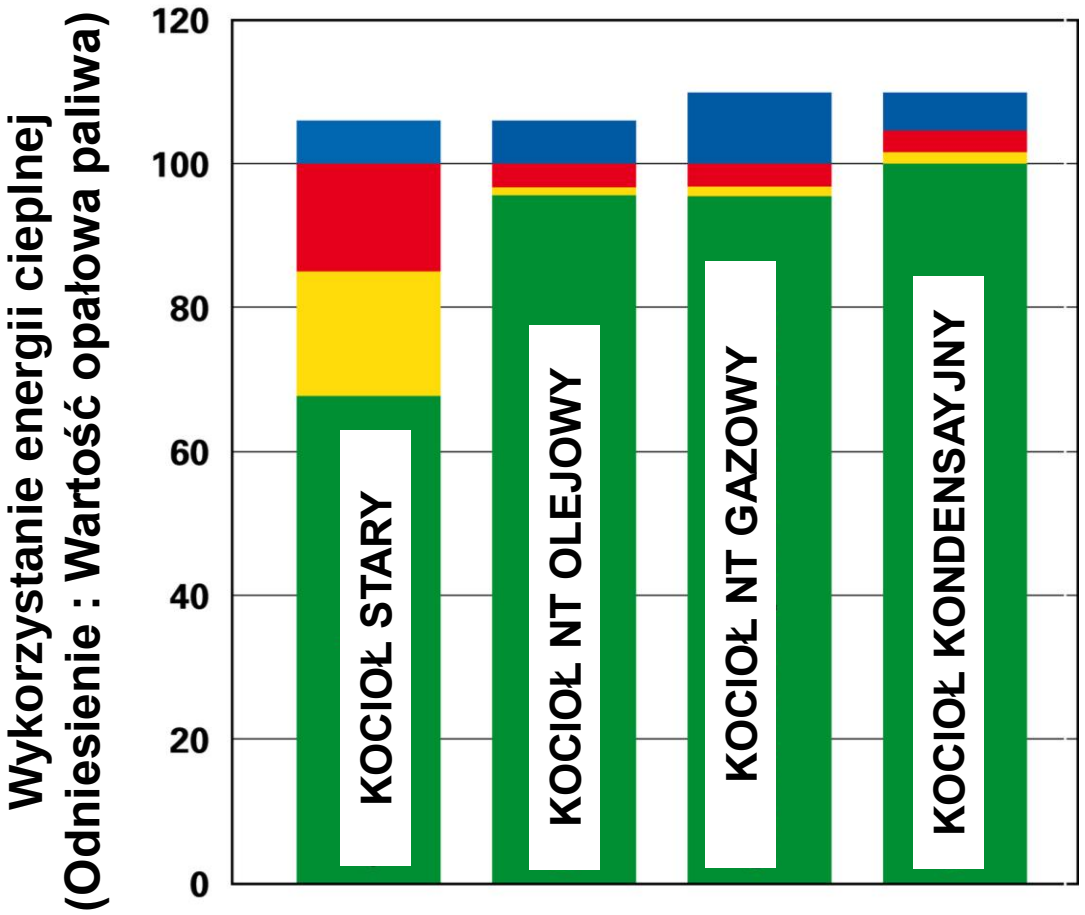
Strata niezupełnego spalania

w przypadku najnowszych kotłów, wysokiej klasy jest niewielka

– nie przekracza 0,5%.

Straty przez promieniowanie, konwekcję i przewodzenie

wynikające z przyjętych rozwiązań w zakresie izolacji cieplnej kotła.

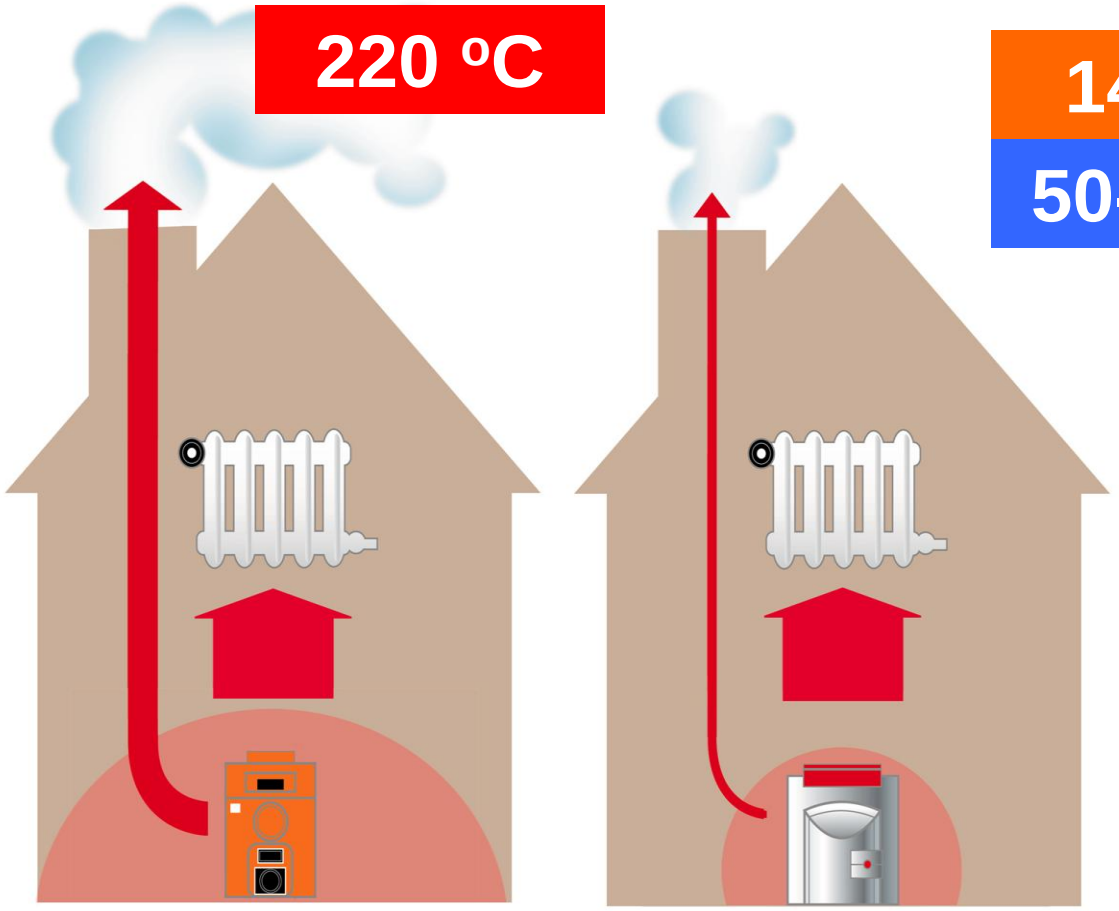


STRATY KONDENSACJI

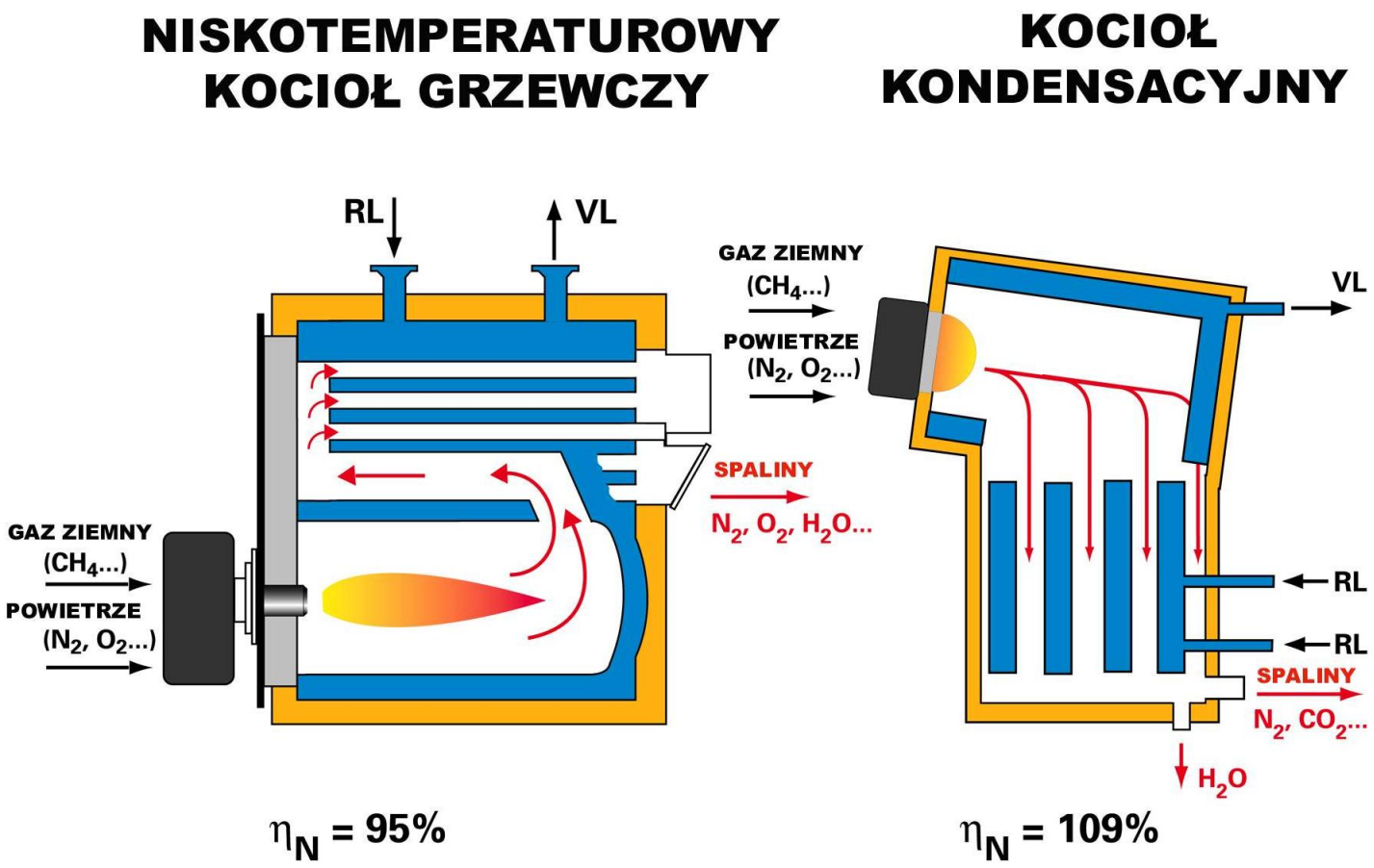
STRATY KOMINOWE

STRATY „POWIERZCHNIOWE”

ENERGIA WYKORZYSTANA



- 20 K
=
+ 1%


NISKOTEMPERATUROWY KOCIOŁ GRZEWCZY
KOCIOŁ KONDENSACYJNY
RL
VL
GAZ ZIEMNY
(CH4...)
POWIETRZE
(N2, O2...)
SPALINY
N2, O2, H2O...
GAZ ZIEMNY
(CH4...)
POWIETRZE
(N2, O2...)
VL
RL
RL
SPALINY
N2, CO2...
H2O
ηN = 95%
ηN = 109%

Temat nr 2 :

Substancje szkodliwe w procesie spalania

Spalanie paliw kopalnych, a w tym przede wszystkim węgla, na skalę masową jest ogromnym zagrożeniem dla zdrowia i życia człowieka oraz środowiska.

Elektrownie produkujące energię w oparciu o węgiel są największym źródłem emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powodowanych przez ludzi.

Węgiel jest odpowiedzialny za ponad jedną trzecią emisji dwutlenku węgla na świecie.

Spalanie paliw jest procesem technicznym bardzo szkodliwym dla środowiska naturalnego, ale przez najbliższe dziesięciolecia pozostanie podstawowym sposobem pozyskiwania energii w przemyśle, gospodarce komunalno-bytowej i transporcie.

W procesie spalania paliw powstaje wiele rodzajów zanieczyszczeń, z których najważniejszymi są: dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu i pyły.

Dodatkowo emitowane są również inne szkodliwe substancje, takie jak: tlenek węgla, sadza, węglowodory aromatyczne, substancje smoliste, fluor i pary metali ciężkich (rtęć, ołów, kadm)

Energia stanowi jedną z najważniejszych materialnych potrzeb życiowych człowieka. Jej produkcji, tak jak każdej działalności człowieka, towarzyszy korzystanie ze środowiska, a ubocznym tego skutkiem jest emisja zanieczyszczeń, zwłaszcza gdy jako paliwa stosuje się węgiel i inne paliwa kopalne.

Procesy energetycznego spalania paliw, zwłaszcza węgla, są głównym źródłem emisji zanieczyszczeń.
Ponad 75% emisji NOx i SO2, około 70% emisji CO, ponad 75% emisji pyłów i ponad 90% CO2 pochodzi z procesów spalania paliw.

Przeprowadzona analiza stanu środowiska w Polsce wykazała, że w strukturze emisji pyłu zawieszonego oraz związków organicznych z głównych sektorów gospodarki najwyższy udział stanowi sektor komunalno-bytowy.

Emisja zanieczyszczeń atmosferycznych składa się z dwóch grup:

- zanieczyszczeń stałych lotnych (pyłowych),

- zanieczyszczeń gazowych (organicznych i nieorganicznych).

Główną przyczyną powstawania zanieczyszczeń powietrza jest spalanie paliw, w tym:

• w procesach energetycznego spalania paliw kopalnych,

• w silnikach spalinowych napędzających pojazdy.

Z uwagi na rodzaj źródła, emisję można podzielić na trzy rodzaje:

- emisję punktową (wysoka emisja),
- emisję rozproszoną (niska emisja),
- emisję komunikacyjną (emisja liniowa).

[http://zielonemigdaly.pl]

Substancje szkodliwe wytwarzane w procesie spalania

[http://zielonemigdaly.pl]

http://kalkulator.misja-emisja.pl/

Uruchomiono aplikację, dzięki której można oszacować, jakie skutki powoduje palenie w piecach/kotłach różnych surowców (węgla, oleju opałowego, gazu ziemnego, ekogroszku, a także odpadów).

Aplikacja pozwala sprawdzić jaką emisję zanieczyszczeń można spowodować wrzucając do pieca tonę węgla, a co, jeżeli wrzucimy do niego butelkę PET bądź czasopisma.

Działanie aplikacji polega na tym, że z listy wybieramy produkty, jakie chcemy wrzucić do pieca i klikamy przycisk ,,spal''. Następnie otrzymujemy informację o skutkach spalenia danego produktu – w tym obszar zanieczyszczonego powietrza oraz poziom, jaki jest toksyczny dla organizmów żywych.
Aplikacja jest dostępna w systemie CMS i Android.

Dane dotyczace „objętości zanieczyszczonego obszaru” określają, ile m3 powietrza zostanie zanieczyszczone po spaleniu danego materiału (surowiec energetyczny lub odpad).

W zależności od ukształtowania terenu oraz kierunku i prędkości wiatru zasięg, który będzie obejmowała niska emisja będzie różny – nie zmieni się natomiast objętość zanieczyszczonego powietrza.

Wskaźnik ten obliczono biorąc pod uwagę stosunek sumy emisji wszystkich substancji w przypadku spalania określonej w kalkulatorze masy paliwa/odpadów do przyjętej wielkości (objętości) obszaru w odniesieniu do poziomu dopuszczalnego zanieczyszczenia w powietrzu.
Nie jest możliwe (mimo wcześniejszych założeń) określenia wielkości zanieczyszczonego obszaru (wyrażonej w m2), gdyż należałoby wówczas uwzględnić dodatkowo m.in. szorstkość podłoża, wysokość emitora (komina), a także warunków atmosferycznych. Możemy jedynie założyć, że większość zanieczyszczeń, emitowanych z niskich źródeł nie jest w stanie się przemieszczać na dalekie odległości.

Skutki spalania

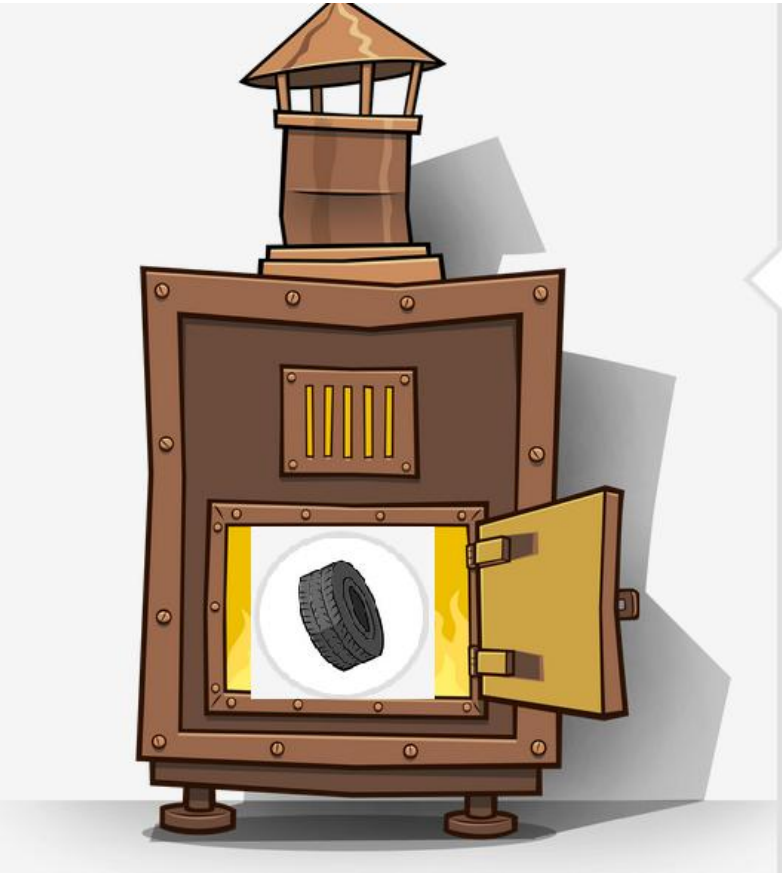
Emisja dwutlenku węgla	1850.00	kg
Emisja tlenków azotu	2.20	kg
Emisja dwutlenku siarki	13.28	kg
Emisja pyłu	19.10	kg
Emisja benzo(a)pirenu	14.00	g
Objętość zanieczyszczonego powietrza	12.40	m³
Kaloryczność	20.00	GJ

Po spaleniu 1 tona(y) Przelicz

Szczególnie szkodliwe dla organizmów jest spalanie w piecach niskiej jakości węgla. Wiąże się z tym m.in. duża emisja pyłów, które osiadają na ścianach pęcherzyków płucnych, powodują podrażnienie naskórka i śluzówki, zapalenie górnych dróg oddechowych, alergię, astmę, a także nowotwory płuc, gardła i krtani. Nie określono progu stężenia, poniżej którego pyły nie wpływają negatywnie na zdrowie organizmów. Podrażnione i uszkodzone płuca to także efekt emisji tlenków azotu oraz dwutlenku siarki. Podaje się, że już 280 mikrogramów dwutlenku azotu w metrze sześciennym prowadzi do śmiertelnego zapalenia płuc, a ok. 50 mikrogramów do bronchitu (ostrego zapalenia oskrzeli). Z kolei stężenie 0,1 mikrogramów powoduje uszkodzenie liści

http://kalkulator.misja-emisja.pl/

http://kalkulator.misja-emisja.pl/



Skutki spalania

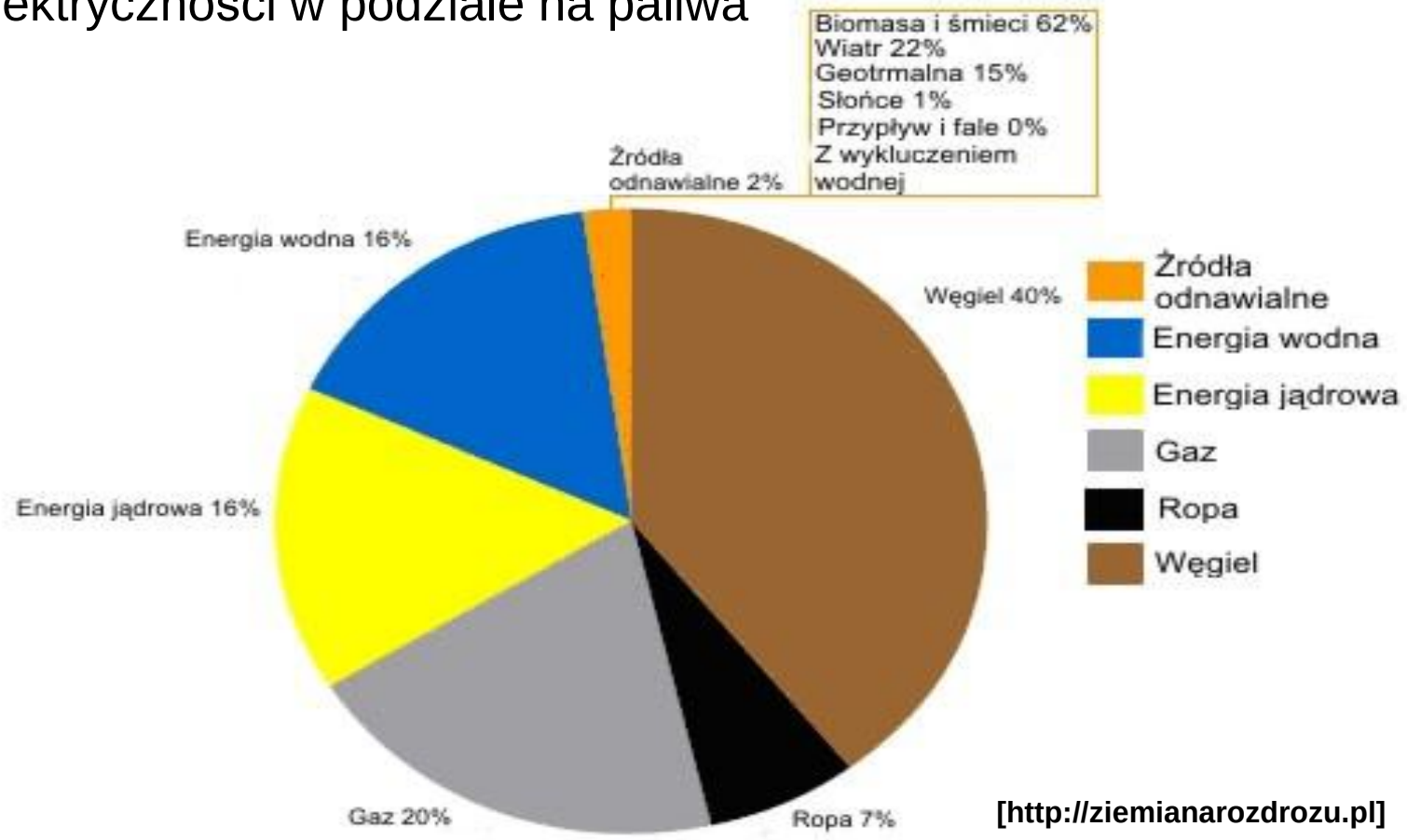
Emisja dwutlenku węgla	14.15	kg
Emisja tlenków azotu	240.70	g
Emisja dwutlenku siarki	130.88	g
Emisja chlorowodoru	1.85	g
Emisja wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)	476.45	g
Emisja dioksyn	247.00	µg
Emisja pyłu	123.50	g
Objętość zanieczyszczonego powietrza	0.60	m³
Kaloryczność	0.20	MJ

Po spaleniu 1 sztuk(i) Przelicz

Palenie opon w domowych piecach jest szczególnie niebezpieczne dla organizmów. W wyniku spalania tych odpadów powstają m.in. rakotwórcze dioksyny. Ich wpływ na zdrowie może się objawiać dopiero po kilkunastu latach, np. w postaci chorób nowotworowych. Ponadto emisja tlenków azotu, dwutlenku siarki oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych mogą przyczyniać się do schorzeń układu oddechowego (takich jak astma, alergie, choroby płuc, kaszel, katar, ból gardła), układu krążenia (miażdżyca, niewydolność serca) czy też układu nerwowego (np. choroby Parkinsona). Emitowany w wyniku spalania opon w piecu chlorowodór tworzy z parą wodą szkodliwy dla

http://kalkulator.misja-emisja.pl/

Produkcja elektryczności w podziale na paliwa



[http://ziemianarozdrozu.pl]

Udział węgla w produkcji elektryczności jest znacząco większy, niż w całości energii, użytkowanie ropy do produkcji elektryczności jest marginalne, jej wykorzystanie dominuje za to w transporcie.

Powstające podczas spalania spaliny składają się z:

- sadzy (przy stałych i płynnych paliwach)
- azotu ze spalanego powietrza
- pary wodnej powstającej podczas spalania
- tlenu resztkowego ze spalanego powietrza
- dwutlenku węgla ze spalanego powietrza i paliwa
- substancji szkodliwych

SUBSTANCJE SZKODLIWE

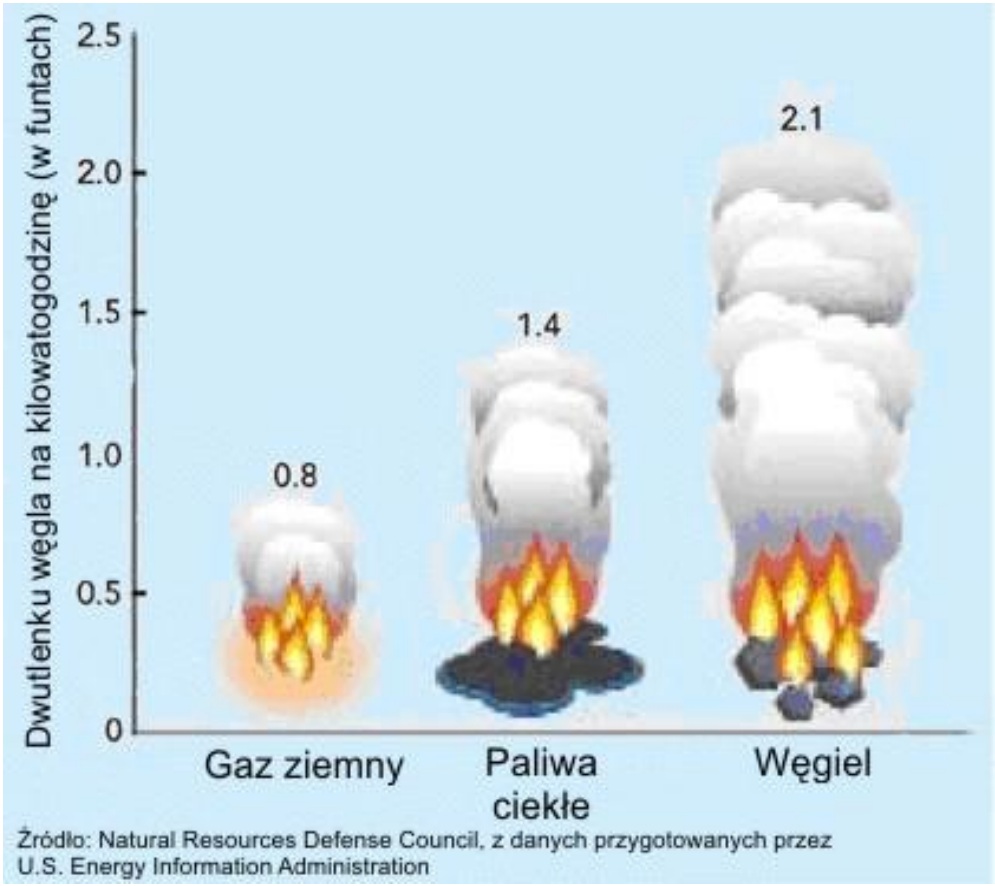
Emisja CO_2 przy spalaniu 1 kg paliwa [kg]

Węgiel brunatny - 3,15 [kg]
Węgiel kamienny - 2,67 [kg]
Ropa naftowa - 1,86 [kg]
Gaz ziemny - 1,46 [kg]

Przy wytwarzaniu energii z węgla przypada 0,9 kg CO_2 na 1 kWh energii zużytej u odbiorcy końcowego.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Emisja CO2



Emisja CO_2 przy spalaniu różnych paliw kopalnych w celu wyprodukowania 1 kWh energii elektrycznej (1kg = 2.2 funta)

[http://ziemianarozdrozu.pl]

Substancje szkodliwe wytwarzane w procesie spalania

p://ziemianarozdrozu.pl]

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Dwutlenek węgla jest podstawowym produktem spalania paliw konwencjonalnych, które zawierają w swym składzie węgiel pierwiastkowy. Szkodliwość dwutlenku węgla przejawia się głównie w skali globalnej, ponieważ zaliczany jest do tzw. gazów cieplarnianych, które zatrzymują część wypromieniowywanego przez Ziemię ciepła, co prowadzi do ocieplenia klimatu i związanych z tym katastrofalnych skutków.

W niewielkich stężeniach powoduje przyspieszenie oddechu i akcji serca; stężenia 8 – 10 % powodują bóle głowy.
Dłuższe oddychanie powietrzem o podwyższonym stężeniu tego gazu powoduje utratę przytomności, a przy stężeniu 40 % następuje obrzęk płuc prowadzący do śmierci ludzi i zwierząt.

Źródłami emisji są przede wszystkim:

- Energetyka - 30% emisji (+8% wydobycie)
- Przemysł - 20%
- Transport - 20%
- Budowa i eksploatacja budynków mieszkalnych, biurowych i handlowych - 10%
- Wylesianie i spalanie biomasy - 10%

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Tlenek węgla jest gazem bezwonnym i bezbarwnym, a tym samym trudnym do wykrycia. Jego szkodliwość przejawia się lokalnie przy wdychaniu powietrza o podwyższonej zawartości tego związku, przede wszystkim w zamkniętych pomieszczeniach.
Charakteryzuje się zdolnością do wypierania tlenu z oksyhemoglobiny krwi, która staje się niezdolna do przenoszenia dostatecznej ilości tlenu z płuc do innych tkanek. Przy zatruciu tlenkiem węgla największemu uszkodzeniu ulega układ nerwowy. Dodatkowo tlenek węgla powoduje nieżyt gardła i obrzęk płuc.

Tlenek węgla (CO) powstaje w wyniku niezupełnego spalania.

Tlenek węgla, pospolicie nazywany „czadem”, to tzw. cichy zabójca.
Łączy się z hemoglobiną ok. 200–250 razy szybciej niż tlen, w wyniku tego powstaje karboksyhemoglobina utrudniająca łączenie się hemoglobiny z tlenem.
Do poszczególnych komórek organizmu przestaje być doprowadzana niezbędna do życia ilość tlenu, co w konsekwencji może prowadzić do zgonu. Objawy zatrucia tlenkiem węgla zależą od stężenia objętościowego tego gazu w powietrzu.

Przyjmuje się, że:

- stężenie 100–200 ppm powoduje lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2–3 h,
- 400 ppm – powoduje silny ból głowy występujący po ok. 1 godz.,
- 800 ppm – prowadzi do trwałej śpiączki po ok. 2 godz.,
- 1600 ppm – prowadzi do zgonu po 2 godzinach,
- 6400 ppm – powoduje zgon w niecałe 20 minut,
- 12 800 ppm – powoduje utratę przytomności po 2–3 wdechach, a śmierć po ok. 3 minutach

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Dwutlenek siarki (SO_2) powstaje przy spalaniu paliw zawierających siarkę, takich jak węgiel i olej opałowy. W połączeniu z wodą powstaje kwas siarkowy (H_2S0_3). Dlatego konieczne jest, aby temperatura spalin nie była niższa niż punkt rosy paliwa tak długo, jak spaliny oddziałują na czułe na korozję części kotła i instalacji odprowadzania spalin.

Dwutlenek siarki jest gazem o ostrej, drażniącej woni. Jego obecność w powietrzu przyczynia się do powstania smogu typu londyńskiego. W reakcji z wodą deszczową tworzy kwas siarkowy – główny składnik kwaśnych deszczów. Dla ludzi jest bardzo szkodliwy, ponieważ powoduje tworzenie się methemoglobiny, a także powoduje podrażnienie narządów krwiotwórczych (szpik kostny, śledziona).

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Tlenki azotu (NO_x) są to chemiczne związki azotu (N) i tlenu (O). Oznaczenie ogólne NOx obejmuje w istocie chemiczne związki **tlenku azotu** (NO) i **dwutlenku azotu** ($N0_2$).
Wyróżnia się trzy niezależnie zachodzące mechanizmy powstawania NO_X

- **Szybkie No_x**
- **Paliwowe NOx**
- **Termiczne NO_x**

SUBSTANCJE SZKODLIWE

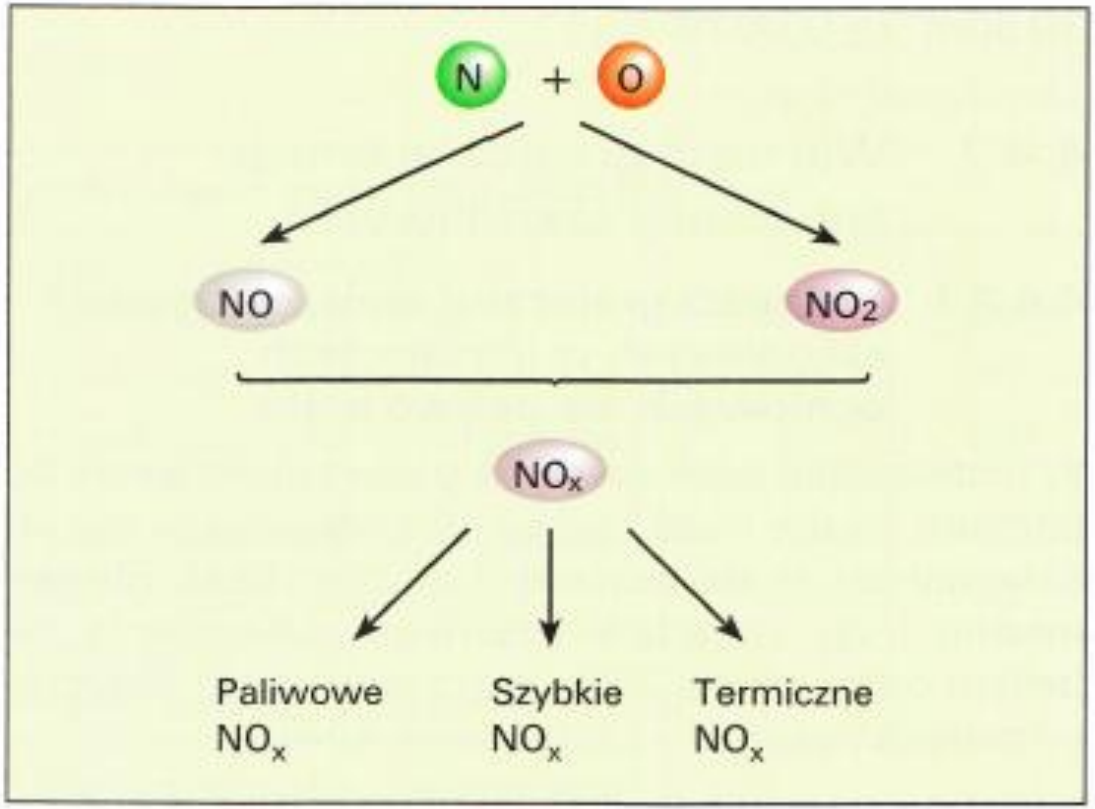
Szybkie NO_x - powstają w wyniku spalania azotu z wolnym tlenem w strefie reakcji płomienia.

Paliwowe NOx powstaje podczas spalania węgla i ropy naftowej w wyniku reakcji związanego organicznie z paliwem azotu z tlenem zawartym w powietrzu, w temp. > 1000°C.

Gaz ziemny nie zawiera organicznie związanego azotu

Termiczne NO_x mają szczególne znaczenie, ponieważ na ich tworzenie się można wywierać wpływ przez konstrukcyjne zmiany w palniku i kotle. Przyczynami powstawania termicznych NO_X są: wysoka koncentracja tlenu w płomieniu,czas przebywania powietrza do spalania w temperaturze > 1200°C. Środkami służącymi do zmniejszenia tworzenia się NO_X są zatem **schładzanie płomienia i krótkie czasy reakcji**

SUBSTANCJE SZKODLIWE



1 Mechanizm powstawania tlenków azotu

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Dwutlenek azotu działa drażniąco na płuca wywołując ich obrzęk, powoduje obniżenie ciśnienia krwi wskutek rozszerzenia naczyń krwionośnych oraz oddziałuje szkodliwie na układ nerwowy.

Jest głównym składnikiem smogu.
W obecności pary wodnej i wyładowań atmosferycznych tworzy w powietrzu kwas azotowy, który jest drugim podstawowym składnikiem kwaśnych deszczów.

Tlenek azotu jest mniej szkodliwy od dwutlenku, ale również oddziałuje na układ nerwowy, a w dużych ilościach powoduje przemianę oksyhemoglobiny w methemoglobinę.

Tlenek azotu ulega szybkiemu utlenieniu do dwutlenku azotu.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Pyły są to stałe produkty spalania paliw, które zawierają popiół, niespalone cząstki paliwa (koksik) i sadzę.

Zawierają również wiele pierwiastków szkodliwych i trujących.
Należą do nich: arsen, ołów, żelazo, krzem, wapń, magnez, siarka, sód, potas, cez, kobalt, srebro, tytan, wanad, glin. Trójtlenek arsenu jest silnie trujący. Ołów wywołuje trwałe zmiany w układzie nerwowym, krwi, naczyniach krwionośnych i kościach.

Wdychanie żelaza powoduje pylicę żelazową, a wdychanie krzemu – pylicę krzemionkową. Tlenek wapnia powoduje ostre zapalenie płuc, działa drażniąco na skórę i błony śluzowe.

Emisja pyłu powoduje zapylenie powietrza wdychanego przez ludzi i zwierzęta oraz osadzanie się pyłu na powierzchni ziemi oraz obiektach żywej i martwej przyrody, a także na budynkach i budowlach.
Niektóre rodzaje pyłu mogą powodować korozję metali.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Sadza jest na ogół emitowana razem z pyłem i może stanowić ok. 10 – 30 % jego masy.

Głównym składnikiem sadzy jest bezpostaciowy (amorficzny) węgiel pierwiastkowy.

Szkodliwość sadzy wynika przede wszystkim z tego, że na jej powierzchni adsorbują się inne substancje toksyczne, przede wszystkim rakotwórcze węglowodory aromatyczne (BaP).

Osiadanie sadzy prowadzi do zwiększenia ilości brudu w otoczeniu człowieka.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Benzo(a)piren (BaP) jest pierścieniowym węglowodorem aromatycznym. Jego szkodliwość polega na silnych właściwościach rakotwórczych i mutagennych, które wynikają z chemicznej i elektrycznej aktywności reszty benzenowej.
Nowotworowe objawy mogą wystąpić po kilku lub kilkunastu latach od kontaktu z tym związkiem.

SUBSTANCJE SZKODLIWE

Wskaźniki emisji głównych składników zanieczyszczających atmosferę powstających wytwarzania energii cieplnej [kg/GJ]

Polutant	Słoma żółta*	Słoma szara*	Drewno*	Węgiel kamienny	Olej opałowy lekki	Gaz ziemny sieciowy	Sieciowa energia elektr.
B(a)P	b.d.	b.d.	b.d.	0,001	$5{,}340 \cdot 10^{-5}$	0,000	$5{,}288 \cdot 10^{-5}$
Sadza	b.d.	b.d	b.d.	0,514	0,000	0,000	0,005
Pył	0,148	0,147	0,143	2,057	0,053	0,000	0,106
CO_2	128,079	119,816	123,81	105,714	48,954	60,475	290,851
CO	2,463	0,249	0,295	5,714	0,018	0,011	0,661
NO_2	0,591	0,599	0,524	0,057	0,148	0,039	0,529
SO_2	0,128	0,129	0,095	0,731	0,113	0,000	1,798
WWAlif	0,128	0,120	0,142	0,286	0,007	0,003	0,033
WWArom.	0.128	0,120	0,142	0,286	0,003	0,001	0,033

Temat nr 3

Analiza spalin

Nowoczesne kotły wymagają precyzyjnej regulacji przy użyciu specjalistycznych przyrządów pomiarowych.

Stosując analizatory spalin instalator zyskuje nie tylko pewność, że kocioł spełnia wymagania norm i przepisów dotyczących spalin, ma gwarancję bezpieczeństwa użytkowników instalacji grzewczej i stabilności pracy źródła ciepła oraz zadowolenia klienta.

Stosując analizatory spalin dokonujemy pomiaru ilości i jakości produktów spalania, co pozwala na ocenę sprawności systemu grzewczego.

Określany jest współczynnik nadmiaru powietrza, a także straty kominowe oraz stężenie punktu rosy i stężenie tlenków azotu.

Istnieje możliwość pomiaru ciśnienia lub ciśnienia różnicowego oraz ciągu kominowego.

W czasie spalania wyzwala się ciepło, które może być wykorzystane do ogrzewania lub może zostać zamienione na pracę. Maksymalną ilość ciepła otrzymuje się przy tzw. spalaniu całkowitym i zupełnym, to jest gdy po zakończeniu procesu spalania brak jest niespalonych cząstek paliwa oraz gdy powstają niepalne tlenki, nie dające się dalej utleniać.

Kontrolę procesu spalania umożliwia analiza spalin, która między innymi daje informację, czy prawidłowy jest nadmiar ilości powietrza dostarczonego do spalania, czy w spalinach nie występuje tlenek węgla CO, którego obecność świadczy o niedostatecznej ilości tlenu do spalania.

Pełna analiza spalin obejmuje oznaczenie:
- składu chemicznego spalin,
- współczynnika nadmiaru powietrza,
- temperatury spalania,
- strat ciepła uchodzącego ze spalinami do otoczenia.

Podstawą regulacji procesów spalania jest analiza spalin.

Do tego celu służą różnego typu analizatory. W spalinach znajduje się szereg produktów spalania, których ilość możemy pomierzyć . Dla nas interesującymi z punktu widzenia celu (uzyskania spalania bezpiecznego i ekonomicznego z maksymalną sprawnością) są:

- dwutlenek węgla CO2 ,
- tlenek węgla CO,
- tlen O2 ,
- NOx,
- oraz sadza.

Analiza spalin polega na ustaleniu zawartości wymienionych produktów spalania w spalinach.

Za wyjątkiem sadzy wyniki pomiarów podawane są jako procent objętościowy danego produktu spalania w spalinach np CO2 2 – 10 % lub zawartość w ppm.

Pomiar sadzy wykonuje się poprzez porównanie próbki z wzorcem zaczernienia (skala - zwana również skalą Bacharacha)

Przyrządy mierzą zawartość:

- tlenu (O_2), procentową
- tlenku węgla (CO), zawartość w ppm
- dwutlenku węgla (CO_2), procentowa
- tlenku azotu (NO), procentowa
- wielotlenków azotu (NO_x), procentowa
- dwutlenku siarki (SO_2), procentowa

ppm (parts per milion) – części na milion, czyli liczba części wagowych składnika przypadająca na milion części wagowych roztworu

Dodatkowo mierzone są:

- temperatura spalin,

- temperatura otaczającego powietrza,

- ciąg kominowy.

Analiza spalin pozwala na wykonanie prawidłowej regulacji palników poprzez ustalenie wzajemnych proporcji paliwa i powietrza i tym samym pełna optymalizacje procesu spalania

Analizatory spalin na podstawie pomierzonych danych wyliczają wielkości pomocnicze takie jak:

- współczynnik λ,

- strata kominowa,

- zależność CO/CO2,

- sprawność procesu spalania,

- zawartość CO w odniesieniu do wolnego powietrza

Proste analizatory stosowane w technice mają zazwyczaj czujnik:

- tlenu O2,
- czujnik CO,
- czujnik NOx,
- odpowiednie sondy temperatury,
- mikromanometr.

Wielkości takie jak CO2 i pozostałe parametry są obliczane.

Uproszczony algorytm obliczenia zawartości CO2 przy podstawowym pomiarze O2 przedstawiono wzorem:

$$CO2\ \% = CO2max\ (\ 20,9- O2\%) / 20,9$$

Gdzie:

CO2 %- procentowa zawartość dwutlenku węgla w spalinach,

CO2 max – maksymalna procentowa zawartość dwutlenku węgla w spalinach dla danego rodzaju paliwa,

20,9 – procentowa zawartość tlenu w powietrzu.

Współczynnik nadmiaru powierza λ obliczymy ze wzoru:

$\lambda = 20,9 / (20,9 – O2\ \%)$

Współczynnik λ możemy określić jako stosunek maksymalnej zawartości procentowej dwutlenku węgla CO2 max do rzeczywistej:

$\lambda = CO2max / CO2$

O_2 | CO | CO_2 | °C

KAMIN-ZUG

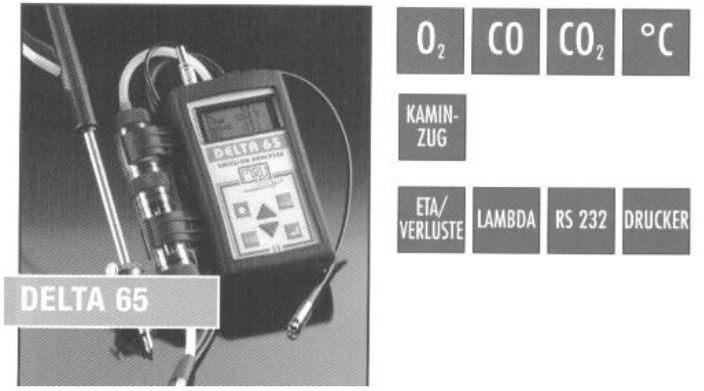
ETA/ VERLUSTE | LAMBDA | RS 232 | DRUCKER

http://www.wolf-serwisfirmowy.pl/

Na ilustracji przedstawiono popularny analizator spalin firmy MRU.

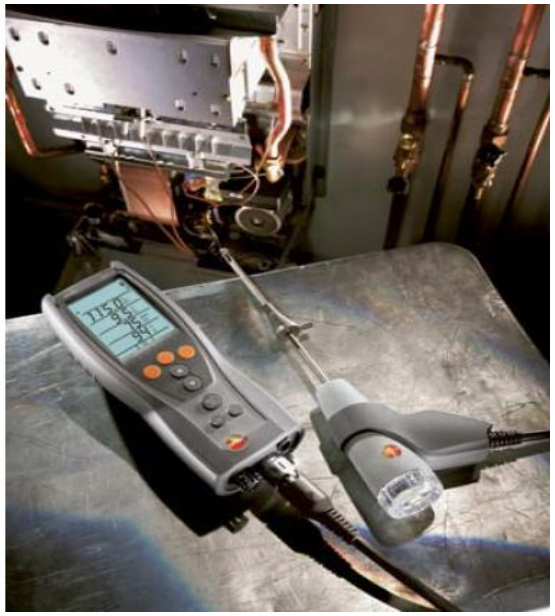
Kwadraciki z symbolami oznaczają odpowiednio:

- Pomiar stężenia tlenu (02)
- Pomiar stężenia tlenku węgla (CO)
- Pomiar stężenia dwutlenku węgla (CO2)
- Pomiar ciągu kominowego (Kaminzug)
- Pomiar strat i sprawności
- Pomiar współczynnika nadmiaru powietrza (lambda)
- Złącze szeregowe komputerowe (RS 232)
- Podłączenie drukarki (IR)



Typowy analizator spalin pomiar wykonuje w temperaturze -5˚C a 45˚C.

Istnieje możliwość wydrukowania mierzonych i przeliczanych parametrów, dzięki zintegrowanej drukarce termicznej.



Fot. Testo

Oprócz tego instalator jest informowany o dacie ostatniego przeglądu oraz o czasie jaki przepracował analizator.
Nie mniej ważne są możliwości komunikacyjne pozwalające na przesył danych do komputera.

Fot. Afriso

Dokładność pomiarów prostych analizatorów spalin jest na poziomie od 0,2 % do kilku procent.

Ilość tlenku węgla i dwutlenku węgla analizator spalin podaje w procentach objętości, natomiast węglowodory i tlenki azotu mierzy się w częściach na milion (ppm).

Istnieje możliwość przełączania jednostek pomiarowych pomiędzy ppm, mg, mg (O_2) i mg/kWh.

Najczęściej spotykane zakresy pomiarowe:

- tlen 0 - 21 %,

- dwutlenek węgla 0 - 20%,

- tlenek węgla 0 - 10 000 ppm,

- NOx 0 – 4000 ppm.

Aktualne wymogi ochrony środowiska stwarzają konieczność pomiaru zawartości tlenków azotu (NOx).

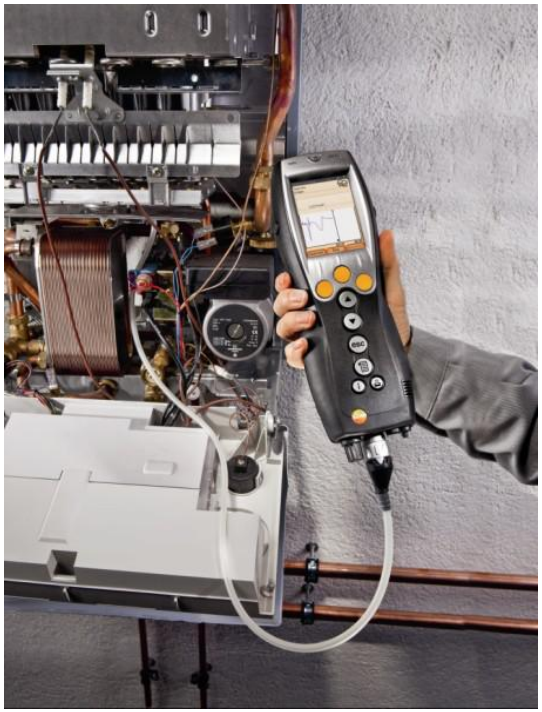
Należy podkreślić, iż specjalista regulujący proces spalania w kotle ma niewielki wpływ na ten ostatni parametr, gdyż zawartość tlenków azotu uzależniona jest w praktyce od temperatury płomienia w powiązaniu z konstrukcją komory spalania kotła.

Analizatory spalin należy poddawać okresowym przeglądom nie rzadziej niż raz na pół roku.

Nie mniej ważne są przy tym samodzielne sprawdzenia bazujące np. na użyciu gazu testowego o stężeniu progu alarmowego.

Z kolei profesjonalną kalibrację wykonuje autoryzowany serwis.

Należy pamiętać o sprawdzeniu stanu zanieczyszczenia filtra membranowego oraz o opróżnianiu pojemnika kondensatu.



Funkcjonalność i zakresy pomiarowe analizatorów spalin nie są dowolne, bowiem ściśle wynikają z wymagań odpowiednich norm technicznych.

Za wiodący dokument w tym zakresie można uznać normę PN-EN 50379, która składa się z trzech części.
Pierwsza z nich (PN-EN 50379-1) precyzuje wymagania ogólne i metody badań kotłów. Z kolei dokumenty PN-EN 50379-2 dotyczy wymagań charakterystyki przyrządów używanych w procesie związanym z ustawowymi przeglądami i ocenami kotłów.
Nie mniej ważna jest część normy PN-EN 50379-3 określająca wymagania dotyczące charakterystyki przyrządów używanych do nieokreślonego przepisami prawa serwisowania urządzeń grzewczych opalanych gazem.

O tym, które wymagania normy powinien spełniać przyrząd w dużej mierze zależy od jego funkcjonalności i przeznaczenia.

W przypadku gdy analizator będzie używany podczas prac obejmujących przeglądy wymagane przepisami prawa lub wykonywanie czynności serwisowych kotłów opalanych paliwem innym niż gaz należy zastosować urządzenie spełniające wymagania normy PN-EN 50379-2.

Na potrzeby wyłącznie serwisowania gazowych przepływowych podgrzewaczy wody wystarczy analizator, który spełnia wymagania normy PN-EN 50379-3.

Fot. Testo

Pomiar sadzy w spalinach

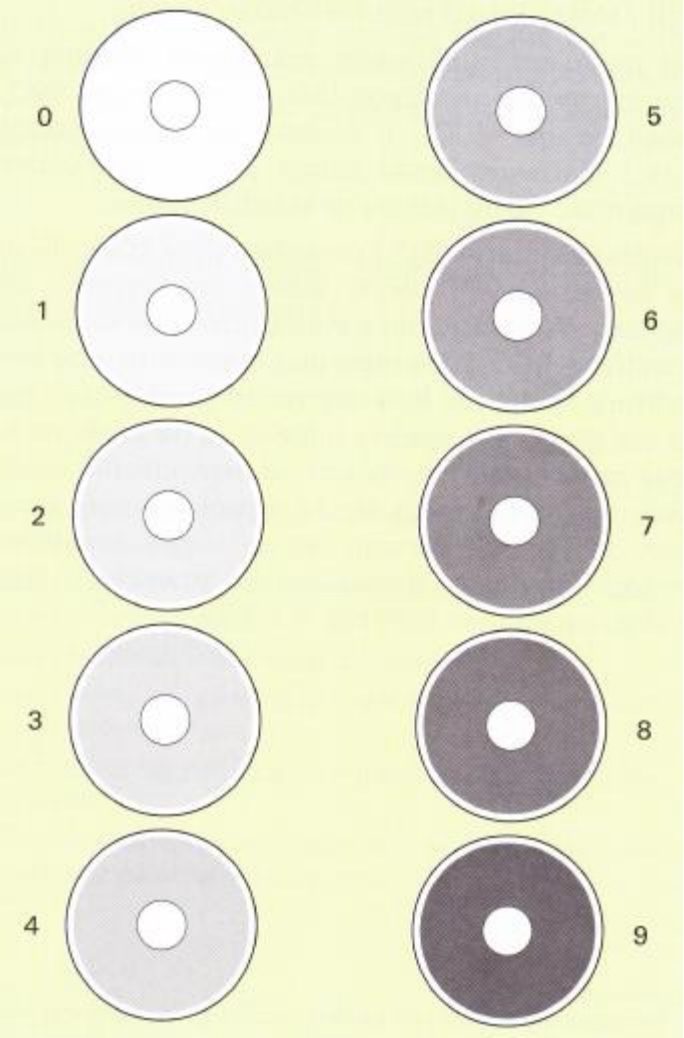
Pomiary sadzy w spalinach wykonujemy znormalizowaną pompką za pomocą odpowiednich papierków filtracyjnych.

Przebieg takiego pomiaru polega na:

- umieszczeniu krążka próbnego w pompce do zaciągania spalin,
- włożeniu końcówki (sondy) do przewodu spalinowego w oś strumienia spalin,
- 10-cio krotnemu zaciągnięciu spalin pompką,
- wyjęciu krążka próbki (bibuła),
- porównaniu zaczernienia krążka próbnego z wzorcem.

Pomiar sadzy w spalinach

Skala porównawcza licz sadzowych wg Bacharacha



[Żródło 3]

Pomiar sadzy w spalinach

Prawidłowym wynikiem jest zaczernienie krążka próbki w stopniu „0”,

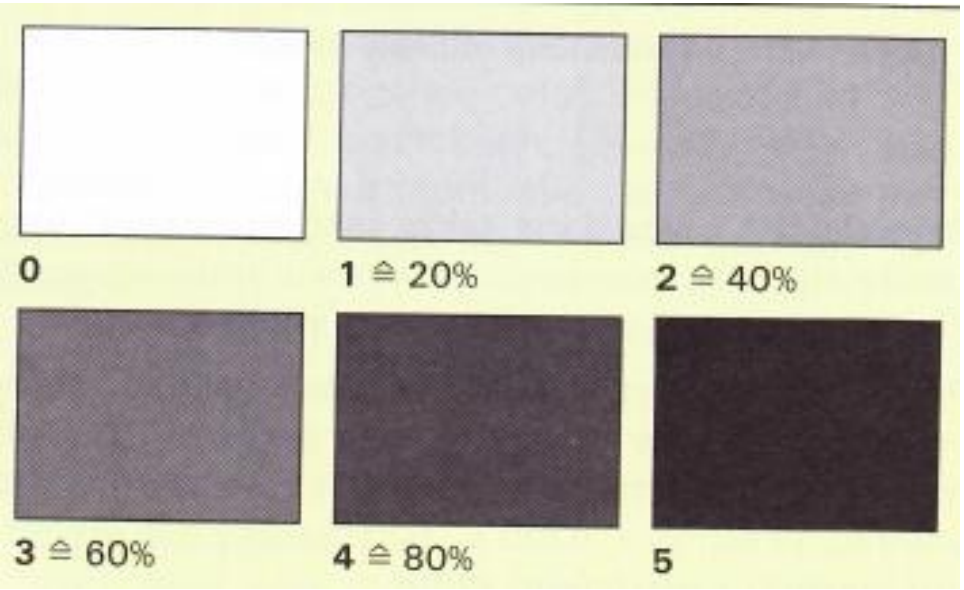
co najwyżej „1”.

Przy spalaniu paliw gazowych zwykle sadza nie występuje, jednak w przypadku szczególnie niedobranych proporcji między paliwem a powietrzem może wystąpić.

Pomiar sadzy w spalinach

W instalacjach opałowych na paliwo stałe pasek do pomiaru spalin musi być po długotrwałej pracy jaśniejszy niż skala odcieni 1 w skali **Ringelmanna**

(udział czarnego zabarwienia na białym polu wynosi – 20%)



[Żródło 3]

Pomiar sadzy w spalinach

Pompka do pomiaru ilości sadzy Tru Spot

http://www.analizatorygazow.com

Wpływa osadzania sadzy w kotle na jego eksploatację

Osadzanie sadzy na ściankach kotła w postaci warstwy o grubości **1 mm** powoduje wzrost zużycia paliwa o **4 %,** a jednocześnie podniesienie się temperatury ścianek kotła o **50ºC**.

Przy grubości warstwy sadzy **2 mm** ścianki kotła osiągają temperaturę ponad **100 º C**, a zużycie paliwa wzrasta o ponad **8 %.**

Ponadto oprócz wzrostu kosztów eksploatacji kotła, odłożone warstwy sadzy mogą, poprzez lokalne przegrzania i powstawanie naprężeń termicznych doprowadzić do zniszczenia źródła ciepła.

Od 2014 roku nowe kotły wprowadzane na rynek muszą spełniać kryteria normy PN-EN 303–5:2012.

Norma PN EN 303-5:2012 dotyczy sprawności cieplnej i granicznych wartości zanieczyszczeń kotłów grzewczych na paliwa stałe z załadunkiem ręcznym lub automatycznym (do mocy cieplnej 500 kW)

Kryteria te dotyczą emisji tlenku węgla, substancji smolistych, pyłów oraz ustalają minimalną wymaganą sprawność.

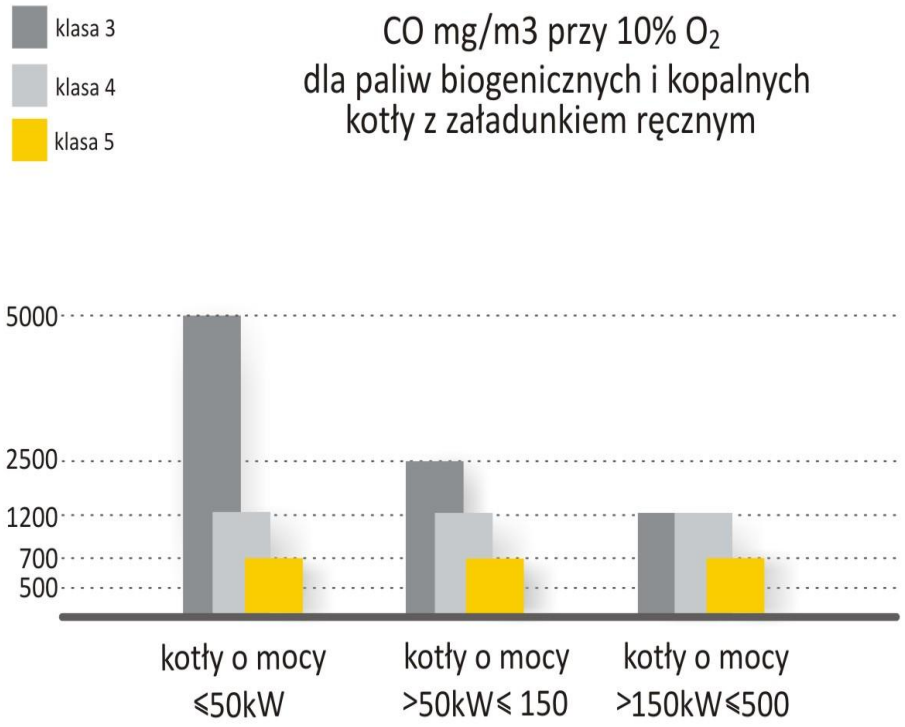
Dla kotłów o nominalnej mocy cieplnej przekraczającej 100 kW ustala się wymaganą sprawność dla klasy 4 - 84% a dla klasy 5 - 89%.

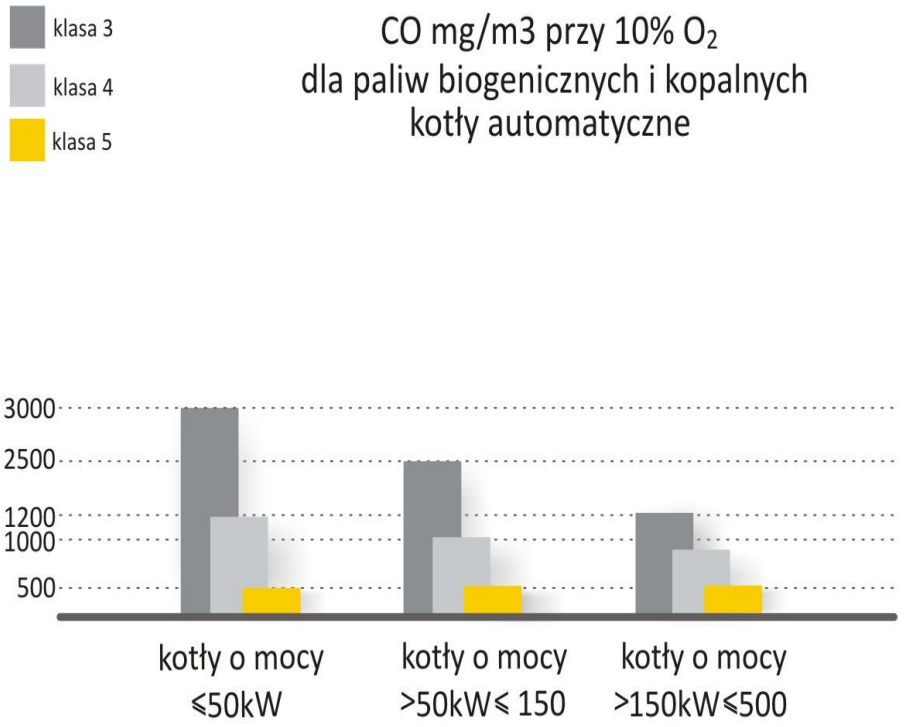
Dla kotłów klasy 3 o nominalnej mocy cieplnej przekraczającej 300 kW ustala się wymaganą sprawność na 82%

Przynależność kotła do którejkolwiek z klas tej normy świadczy pozytywnie o jego efektywności i czystości spalania. Największa przepaść dzieli kotły niespełniające żadnych norm i kotły 3. klasy.

Zakup kotła 5. klasy jest uzasadniony przede wszystkim ze względów ekologicznych, bowiem różnica w efektywności między 3. a 5. klasą nie jest tak znacząca, za to różnica w cenie może być zauważalna (ze względu na zabiegi konieczne do obniżenia emisji pyłów).
Kotły wprowadzone na rynek przed opublikowaniem tej normy nie muszą jej spełniać. Póki co kotłów przebadanych na zgodność z tą normą jest nikła ilość. Kotły podajnikowe na węgiel w klasie 4 i 5 to ciągle pojedycze sztuki.

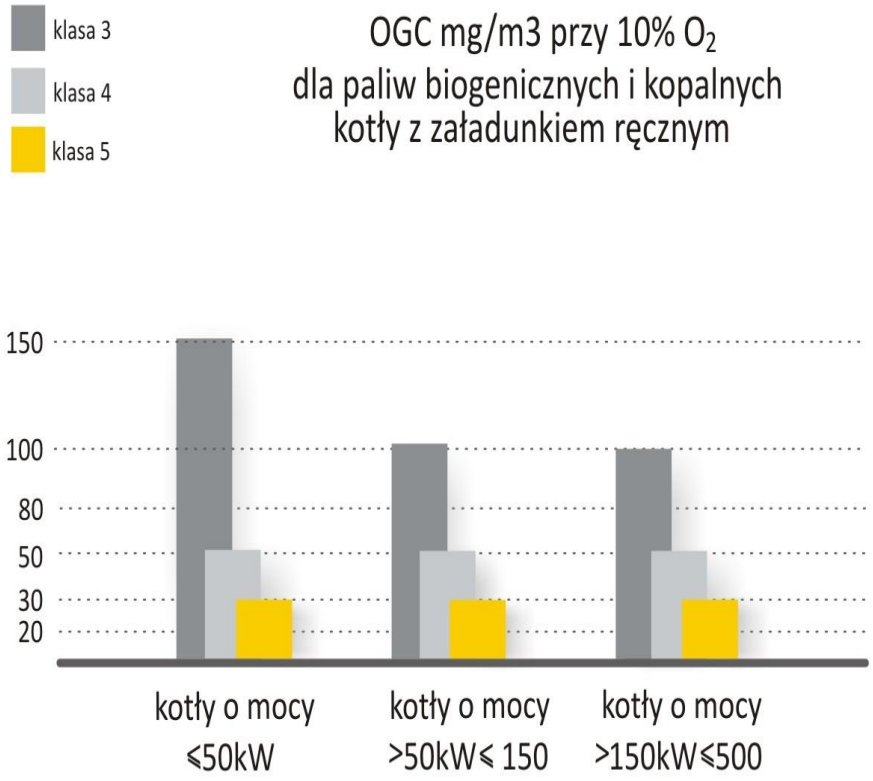
Graniczne wartości emisji zanieczyszczeń zgodnie z normą przedstawiają się następująco:

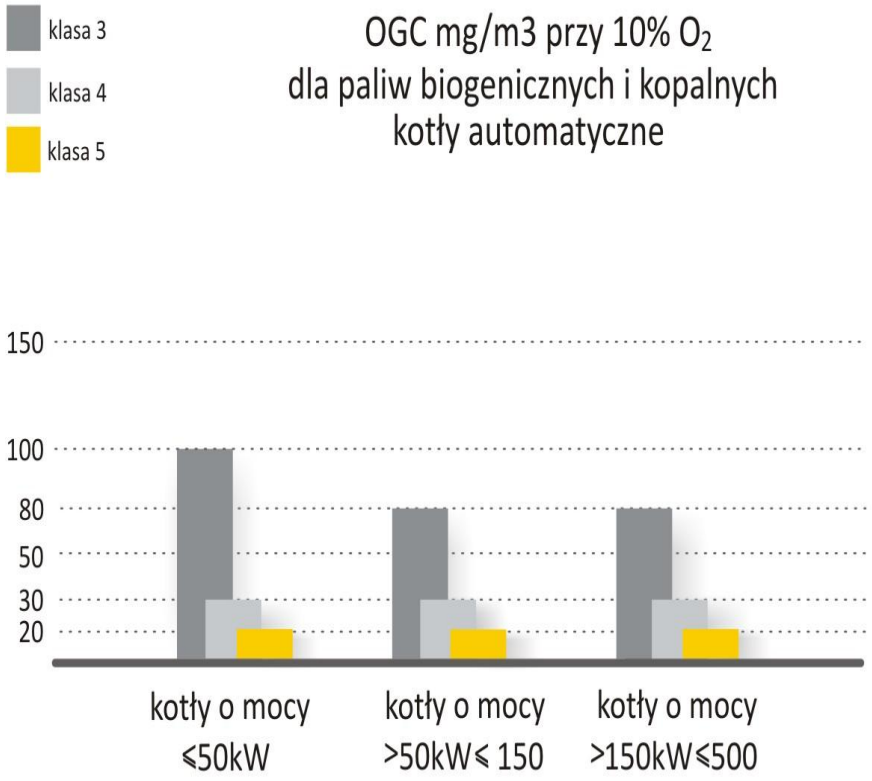




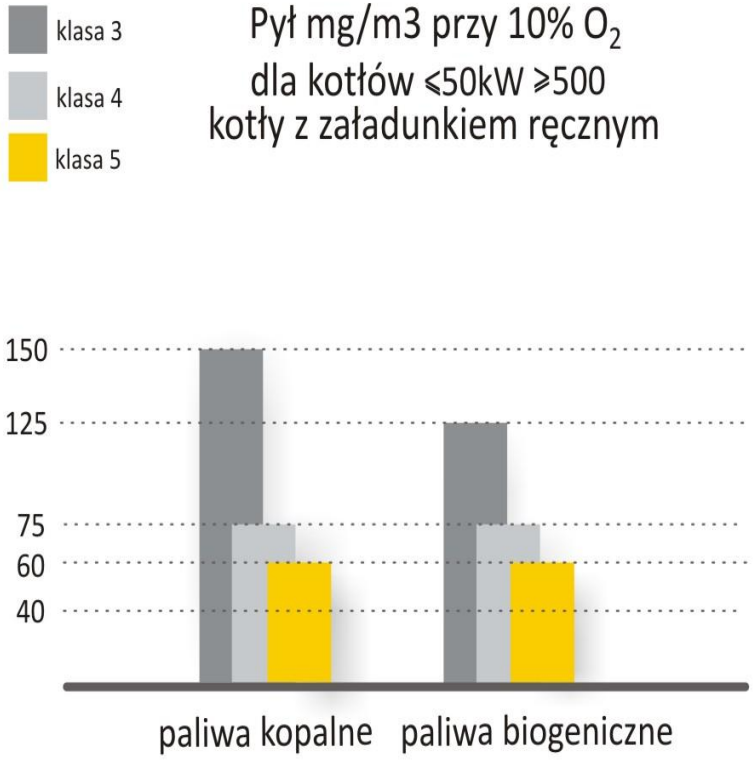
http://www.watt.pl

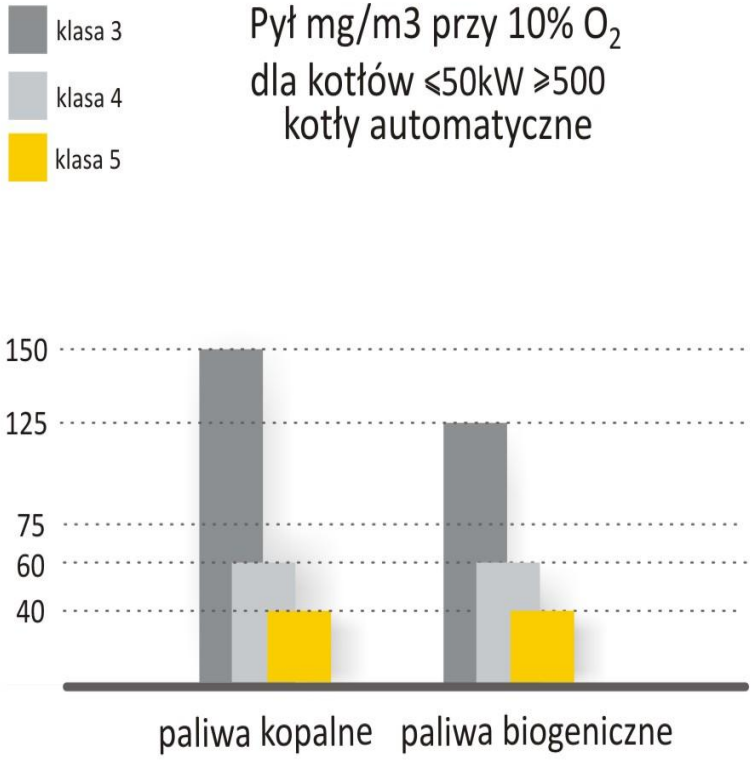
Węgiel organicznie związany OGC





http://www.watt.pl





Dane w mg w odniesieniu do spalin suchych, 0 stopni C, 1013 mbar.

http://www.watt.pl

Temat nr 4

Obliczanie sezonowej ilości paliwa na cele c.o i c.w.u

Sezonowe zapotrzebowanie na paliwo można obliczyć ze wzoru:

$$B = \frac{Q}{Hi} \quad [t/a],\ [m3/a]$$

Q – zapotrzebowanie na moc cieplną całego budynku [W]

Hi – wartość opałowa paliwa [kWh/t], [kWh/m3], [GJ/t], [GJ/m3]

Szacunkowo zapotrzebowanie na paliwo do celów c.o można obliczyć stosując wzór Recknagla:

$$B = f * Q \ [kg/r]$$

f – współczynnik zużycia paliwa
Q – zapotrzebowanie na moc cieplną budynku [W]

f – współczynnik zużycia paliwa

Rodzaj paliwa	f
Koks	0,40
Węgiel kamienny	0,45
Węgiel brunatny	0,58
Gaz miejski	0,50
Gaz ziemny	0,25
Olej opałowy	0,20

Roczne zapotrzebowanie na paliwo stałe w kg/rok można policzyć ze wzoru *Hottingera*

$$B = \frac{86400 * Q * S_d * y * a}{Hi * \eta_w * \eta_s * (ti - te)}$$

$$B = \frac{86400 * Q * S_d * y * a}{Hi * \eta_w * \eta_s * (ti - te)}$$

B- roczne zapotrzebowanie na paliwo [kg/rok]

Q – zapotrzebowanie na moc cieplną całego budynku [kW]

Sd – liczba stopniodni okresu ogrzewania w danej miejscowości

y- współczynnik zmniejszający, zależny od sposobu eksploatacji urządzenia

a – współczynnik zwiększający stosowany w pierwszych sezonach ogrzewania, za pomocą którego uwzględnia się dodatkową moc na suszenie budynku

Hi – wartość opałowa paliwa [kJ/kg]

ηw - sprawność urządzenia c.o z uwzględnienie sprawności kotłów i wewnętrznej sieci w budynku

ηs - sprawność zewnętrznej sieci przewodów, którym doprowadza się nośnik ciepła do z kotłowni do poszczególnych budynków, ustalana szacunkowo w przedziale 0,5-0,8

ti – średnia temperatura wewnętrzna budynku obliczona jako średnia ważona wszystkich wartości temperatury we wszystkich pomieszczeniach budynku

te – obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego w danej strefie klimatycznej

Województwo	t_{gr} = 12°C		Województwo	t_{gr} = 12°C	
	średnia liczba dni ogrzewania	liczba stopniodni, jeśli t_i = 20°C		średnia liczba dni ogrzewania	liczba stopniodni, jeśli t_i = 20°C
Stołeczne warszawskie	225	4000	Olsztyńskie	245	4300
Bielskopodlaskie	225	4200	Opolskie	223	3800
Białostockie	233	4200	Ostrołęckie	228	4100
Bielskie	230	3900	Pilskie	221	3800
Bydgoskie	232	4000	Piotrkowskie	234	4000
Chełmskie	228	4100	Płockie	225	4000
Ciechanowskie	225	4000	Poznańskie	221	3800
Częstochowskie	230	3900	Przemyskie	226	4000
Elbląskie	237	4100	Radomskie	224	4000
Gdańskie	240	4000	Rzeszowskie	226	4000
Gorzowskie	230	3800	Siedleckie	227	4100
Jeleniogórskie	250	4000	Sieradzkie	223	3800
Kaliskie	223	3800	Skierniewickie	225	4000
Katowickie	228	3900	Słupskie	245	4000
Kieleckie	236	4100	Suwalskie	237	4400
Konińskie	221	3800	Szczecińskie	230	3800
Koszalińskie	249	4000	Tarnobrzeskie	226	4000
Miejskie krakowskie	222	3800	Tarnowskie	222	3800
Krośnieńskie	229	4000	Toruńskie	228	4000
Legnickie	223	3800	Wałbrzyskie	238	4000
Leszczyńskie	221	3800	Włocławskie	228	4000
Lubelskie	239	4100	Wrocławskie	223	3800
Łomżyńskie	225	4200	Zamojskie	226	4000
Miejskie łódzkie	227	4000	Zielonogórskie	225	3700
Nowosądeckie	235	4200			

y- współczynnik zmniejszający, zależny od sposobu eksploatacji urządzenia

Sposób użytkowania ogrzewania	y
Bez przerwy lecz z osłabieniem nocą	0,95
Z przerwą do 10h w ciągu doby	0,82
Z przerwą do 16 h w ciągu doby	0,75

a – współczynnik zwiększający stosowany w pierwszych sezonach ogrzewania, za pomocą którego uwzględnia się dodatkową moc na suszenie budynku

Konstrukcja budynku	Okres (sezon) ogrzewania		
	I	II	III i dalsze
Budynki z cegły lub kamienia			
– otynkowane	1,25	1,0	1,0
– nie otynkowane	1,25	1,0	1,0
Budynki z betonu, żelbetu lub betonów lekkich:			
– otynkowane	1,20	1,05	1,0
– nie otynkowane	1,20	1,15	1,10

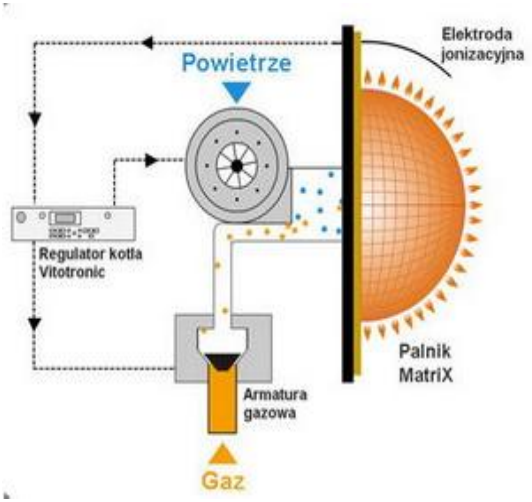
η_w - sprawność urządzenia c.o z uwzględnieniem sprawności kotłów i wewnętrznej sieci w budynku

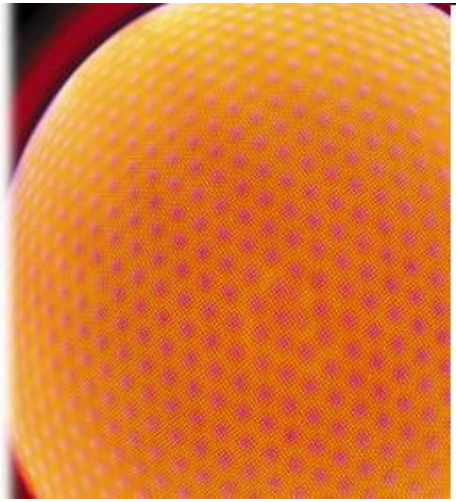
Znamionowa moc cieplna kotłów [kW]	Ogólna sprawność urządzenia centralnego ogrzewania η_w[%]			
	wodne		parowe	
	koks	węgiel	koks	węgiel
<29	55	50	56	53
29-116	56	52	59	54
116-582	58	53	61	56
>582	-	55	-	59

Metodyka obliczania niezbędnej ilości paliwa

Paliwo ciekłe i gazowe

$$B_{co} = \frac{Qco^* b}{Hi * \eta}$$





Qco – obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną na cele c.o [kW]

Hi (Wu) – wartość opałowa paliwa [MJ/m3]

η - sprawność średnioroczna instalacji kotłowej - (0,9)

$$B_{co} = \frac{Qco^{*} b}{Hi * \eta}$$

b – liczba godzin pracy palnika, zależna od sposobu regulacji układu c.o:

- dla instalacji bez zaworów termostatycznych i bez regulacji pogodowej - 2100 h/sezon
- dla instalacji wyposażonej w zawory termostatyczne lub dla instalacji z centralną regulacją pogodową - 1800 h/sezon
- dla instalacji z zaworami termostatycznymi i centralną regulacją pogodową - 1650 h/sezon

Obliczenia rocznego zapotrzebowania paliwa ciekłego na cele przygotowania **ciepłej wody użytkowej**:

$$B_{cw} = \frac{m_j * N * c_w * (t_{cw} - t_{zm}) 365}{Hi * \eta_{cw}}$$

m_j – zużycie c.w.u 110-130 dm^3/osobe*dobę

N – liczba mieszkańców

η_{cw} – średnioroczna sprawność układu c.w.u (0,75)

Zadanie nr 1.

Oblicz zapotrzebowanie na gaz na cele centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej w budynku mieszkalnym jednorodzinnym o powierzchni użytkowej 160 m2. Zapotrzebowanie na ciepło na cele c.o wynosi 10 kW. Instalacja grzewcza wyposażona jest w regulację pogodową, a na grzejnikach zamontowano zawory termostatyczne z głowicami.

Budynek zamieszkują 4 osoby, dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę wynosi 350 l. Dokonaj analizy porównawczej ceny paliwa dla dwóch kotłów, przyjmij średnią cenę gazu na poziomie 2,26zł/m3, wartość opałową gazu Hi = 10,35 kWh/m3 = 37,26 MJ/m3:

a) Niskotemperaturowego Viotogas 100 o średniej sprawności 85%,

b) Kondensacyjnego Vitodens 200 o sprawności 104%.

a) Niskotemperaturowy kocioł Viotogas 100 o średniej sprawności 85%,

Obliczenie zużycia gazu na cele c.o

$$B_{co} = \frac{Q_{co} * b}{Hi * \eta} = \frac{10 * 1650}{10{,}35 * 0{,}85} = 1875 \text{ m3/sezon}$$

1875 m3/sezon * 2,26 zł = 4238 zł/sezon

a) Niskotemperaturowy kocioł Viotogas 100 o średniej sprawności 85%,

Obliczenie zużycia gazu na cele c.w.u

$$B_{cw} = \frac{m_j * N * c_w * \rho \, (t_{cw} - t_{zm}) \, 365}{Hi * \eta_{cw}}$$

$$B_{cw} = \frac{350 * 4{,}19 * 1 \, (45 - 10) \, 365}{37\,260 * 0{,}75} = 670 \text{ m3/rok}$$

670 m3/rok * 2,26 zł = 1514 zł/rok

a) Niskotemperaturowy kocioł Viotogas 100 o średniej sprawności 85%,

Obliczenie zużycia gazu na cele c.o i c.w.u

$$B_{co} + B_{cw} = 1875\ m^3 + 670\ m^3 =$$

$$= 2545 * 2{,}26 = \mathbf{5752\ zł/rok}$$

b) Kondensacyjny kocioł gazowy Vitodens 200 o sprawności 104%,

Obliczenie zapotrzebowania na gaz na cele c.o

$$B_{co} = \frac{Q_{co} * b}{Hi * \eta} = \frac{10 * 1650}{10{,}35 * 1{,}04} = 1532 \text{ m3/rok}$$

1532 m3/rok * 2,26 zł = 3462 zł/rok

b) Kondensacyjny kocioł gazowy Vitodens 200 o sprawności 104%,

Obliczenie zapotrzebowania na gaz na cele c.w.u

$$B_{cw} = \frac{m_j * N * c_w * \rho \, (t_{cw} - t_{zm}) \, 365}{Hi * \eta_{cw}}$$

$$B_{cw} = \frac{350 * 4{,}19 * 1 \, (45 - 10) \, 365}{37\,260 * 0{,}90} = 559 \text{ m3/rok}$$

559 m3/rok * 2,26 zł = 1263 zł/rok

b) Kondensacyjny kocioł gazowy Vitodens 200 o średniej sprawności 104%,

Obliczenie zużycia gazu na cele c.o i c.w.u

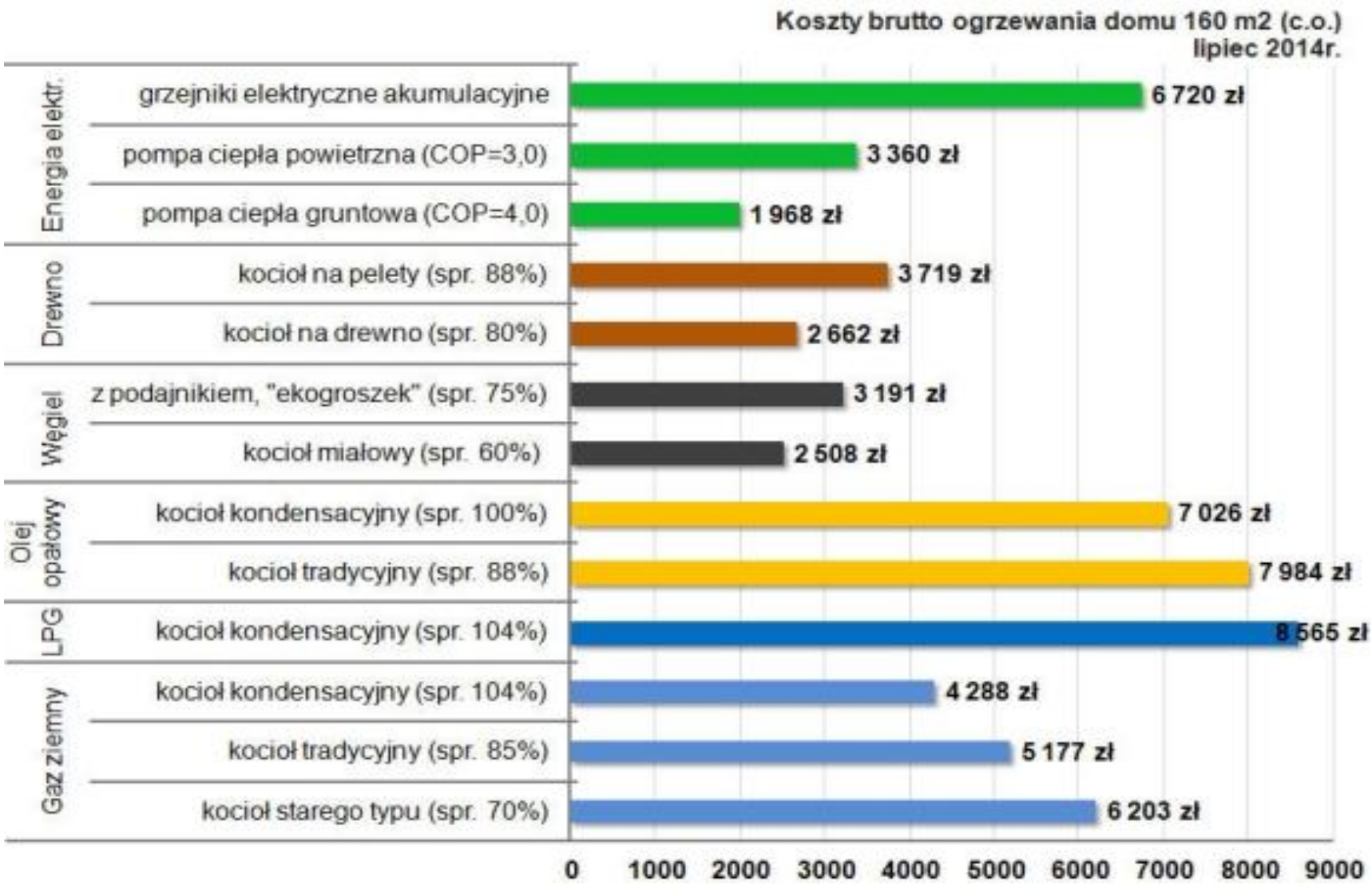
B co + B cw = 1532 m3 + 559 m3 =

= 2091 * 2,26 = **4725 zł/rok**

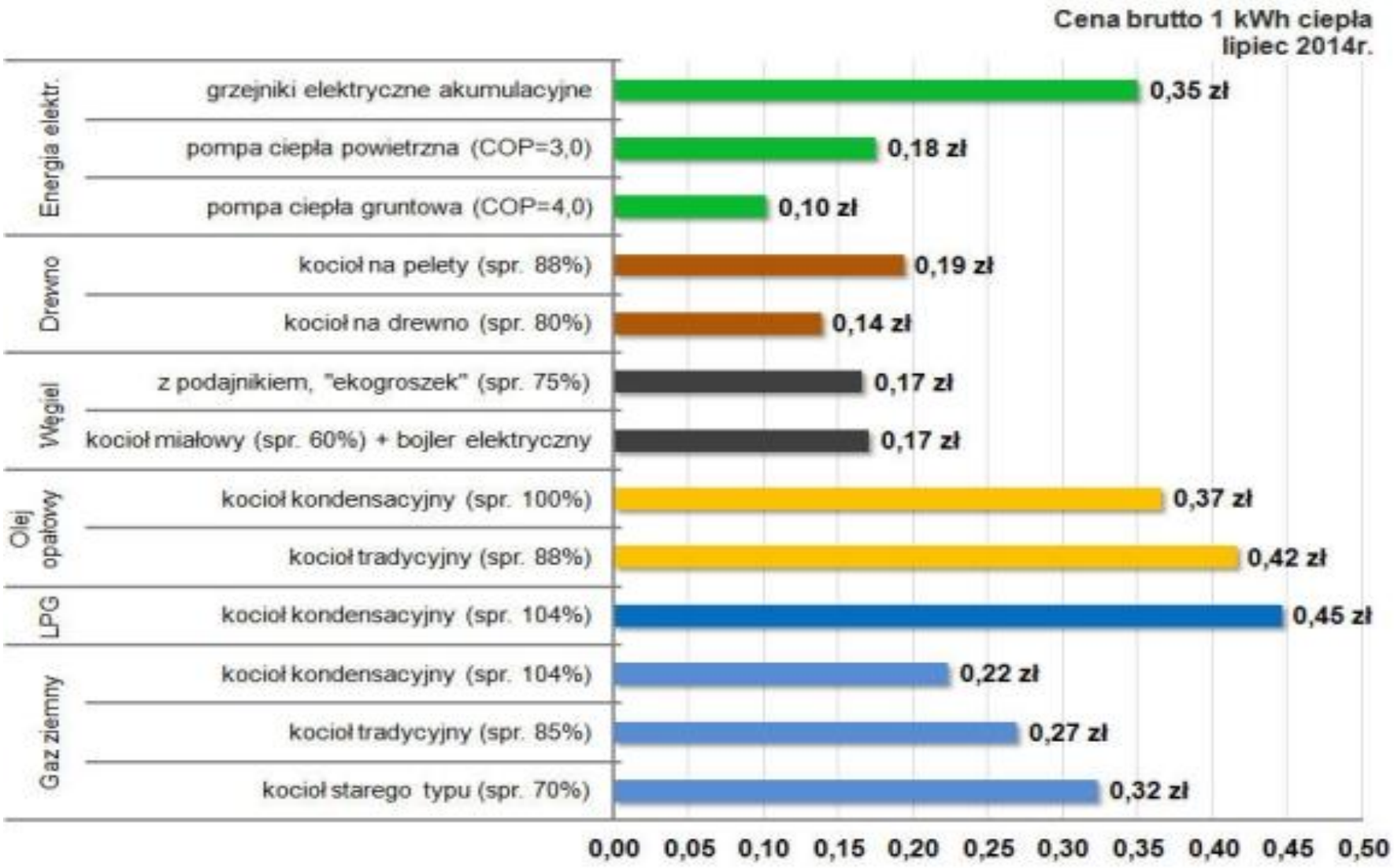
OSZCZĘDNOŚCI

5752 zł/rok – 4725 zł/rok = 1027 zł

Koszty ogrzewania domu dla różnych paliw



Koszty 1 kWh ciepła dla różnych paliw



- Ceny paliw i energii elektrycznej: stan na lipiec 2014 r.
- Cena gazu ziemnego – rzeczywiste (w zależności od ilości zużywane gazu); wg aktualnych taryf jednego ze sprzedawców należącego do grupy PGNiG (taryfa W-3.6);
  - kocioł starego typu: 2,23 zł brutto/m3 (dla zużycia gazu: 3520 m3/rok),
  - kocioł tradycyjny: 2,26 zł brutto/m3 (dla zużycia gazu: 2.900 m3/rok),
  - kocioł kondensacyjny: 2,29 zł brutto/m3 (zużycie gazu: 2.370 m3/rok)
- Olej opałowy – ceny detaliczne z lipca 2014r: 3,74 zł brutto/litr
- Gaz płynny – cena gazu płynnego może zmieniać się w ciągu roku i na przestrzeni kilku lat. Cena zakupu zależy również od wybranego dostawcy paliwa. W lipcu 2014r. średnia cena gazu płynnego w kraju wynosi 3,09 zł/litr (dla dzierżawy zbiornika).

- Węgiel – ceny rynkowe zakupu paliw o potwierdzonej jakości (polscy producenci); „ekogroszek”: 900 zł brutto/tonę, miał: 500 zł brutto/tonę: „kocioł miałowy + bojler elektryczny” – przyjęto, że w okresie ciepłym (5 miesięcy w roku), woda użytkowa ogrzewana jest grzałką elektryczną zabudowaną w bojlerze,
- Drewno opałowe – cena zależy od rodzaju drewna i jego jakości, do porównania przyjęto cenę drewna: 200 zł brutto/m.p., peletu: 900 zł brutto/tonę,
- Energia elektryczna – ceny średnie, aktualne na 07.2014: pompa ciepła gruntowa, taryfa G12 (noc/dzień w proporcji 60/40% zużycia energii rocznie); pompa powietrzna, taryfa G11; grzejniki akumulacyjne, taryfa G12 w proporcji noc/dzień: 80/20%.

Dziękuję za uwagę

Zapraszam na kolejny wykład

10.11.2015 godz. 19.00

Gospodarka energetyczna

mgr inż. Alina Jeszke-Tymkowska
tel. 502 098 407
e-mail: a.tymkowska@gmail.com