

# OGRZEWNICTWO I CIEPŁOWNICTWO



**Wprowadzenie wraz z krótką historią ogrzewań.**

**Potrzeby cieplne (wstęp do problematyki).**

**Paliwa i czynniki cieplne.**

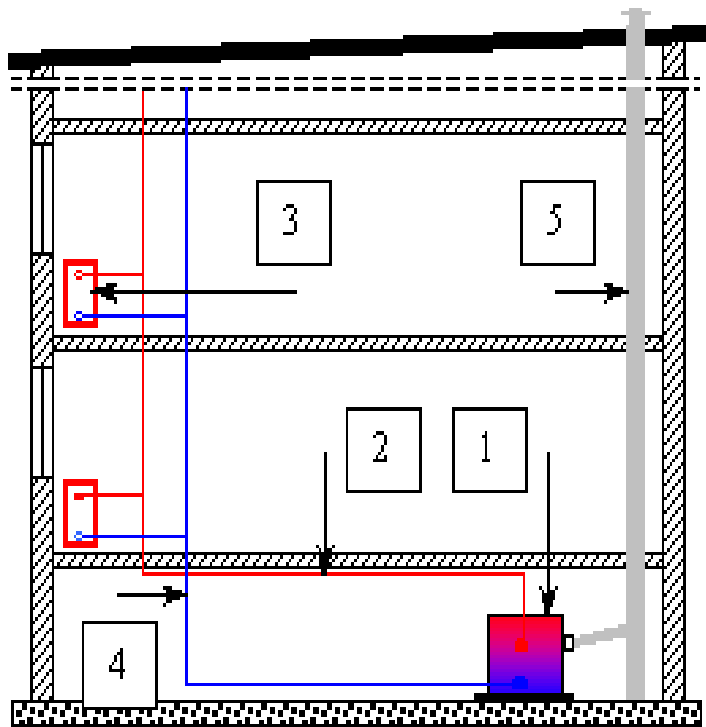
**Cechy i rodzaje układów centralnego ogrzewania i ich elementów (kotły, przewody, grzejniki, armatura, itp.).**

**Systemy ciepłownicze i ich elementy (źródła, sieci, armatura, odbiory ciepła, itp.).**

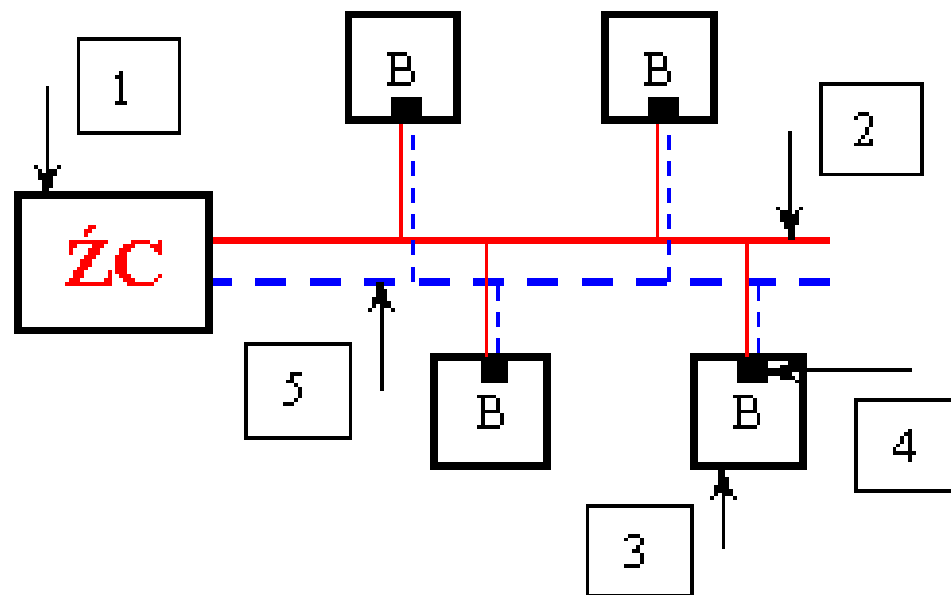
**Wymiarowanie układów ogrzewania i systemów ciepłowniczych.**

**Działanie instalacji centralnego ogrzewania (regulacja, sterowanie, itp.).**

Rozgraniczenie między **ogrzewnictwem** i **ciepłownictwem** sprowadza się do nazwania *ogrzewniczym* systemu zaopatrywanego z kotłowni wewnętrznej, zaś *ciepłowniczym* – ze źródła zewnętrznego.

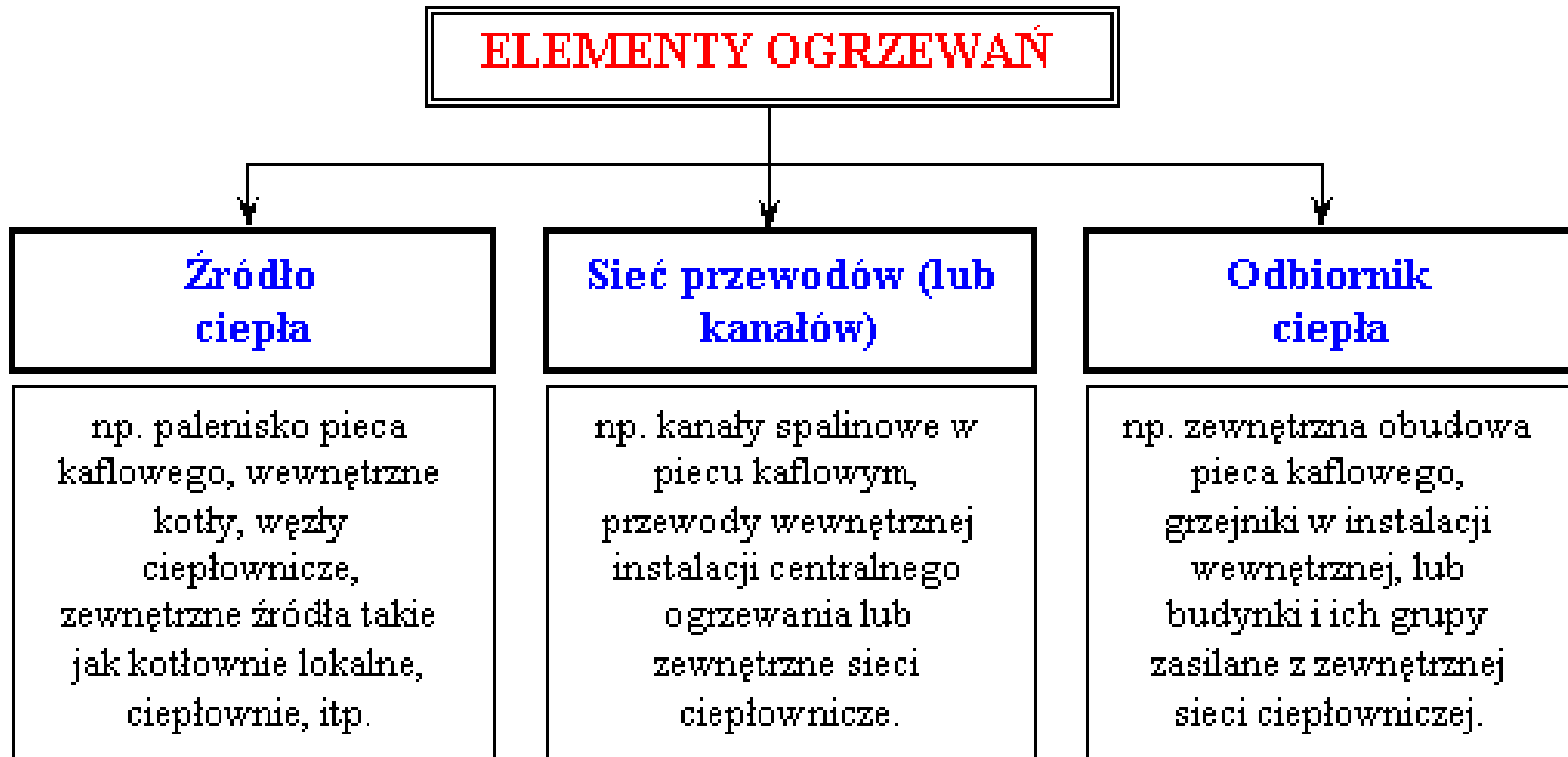


1 – kocioł, 2 – przewody zasilające,  
3 – grzejniki, 4 – przewody powrotne, 5 – komin.



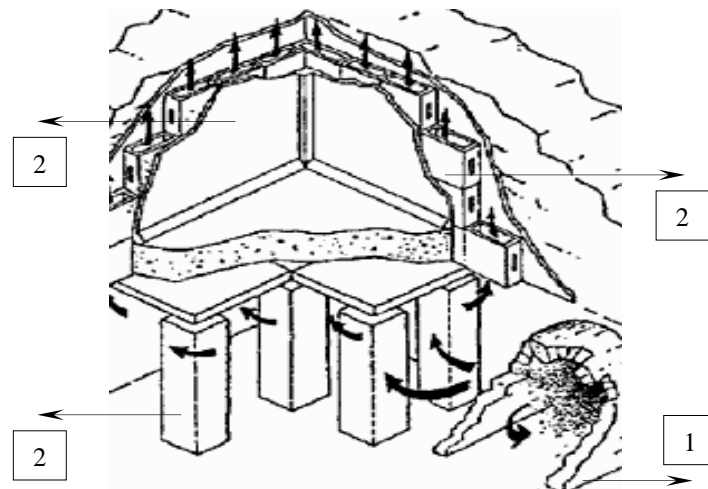
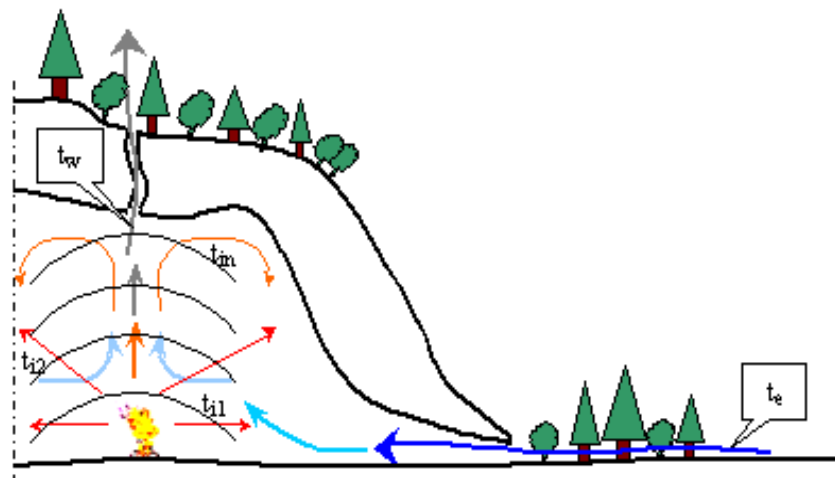
1 – źródło ciepła, 2 – ciepłowniczy przewód zasilający, 3 – budynki, 4 – węzły ciepłownicze, 5 - ciepłowniczy przewód powrotny.

# Każdy system ogrzewania składa się z 3 elementów



# Historia sposobów ogrzewania

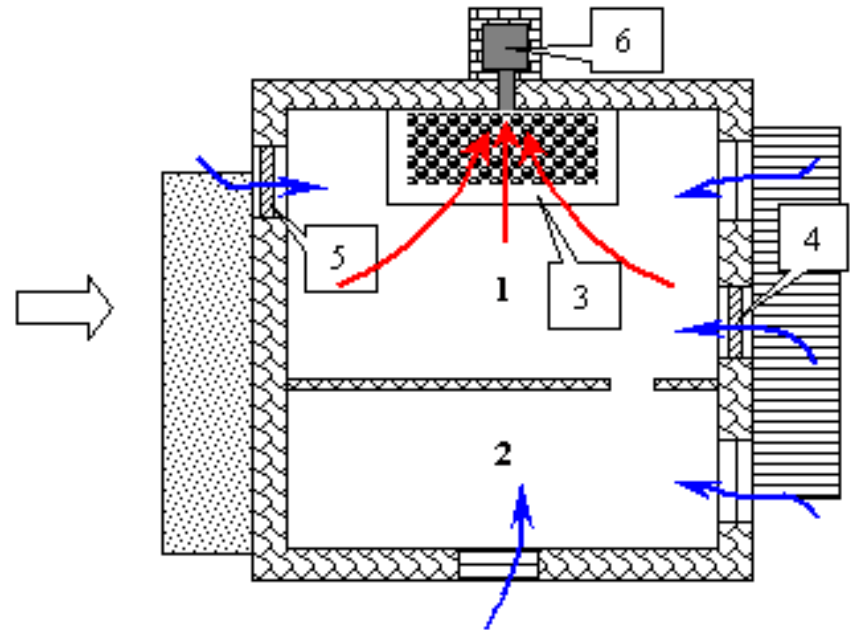
- Wszystkie ogrzewania wywodzą się z ognisk (tzw. *paleniska otwarte*), opalanych najpierw drewnem, a później innym paliwem stałym (np. węglem), służące do ogrzewania oraz przygotowania posiłków.
- Pierwszym rodzajem ogrzewania centralnego było ogrzewanie o nazwie *hypocaust*, stosowane przez Rzymian w termach (*łaźniach*). Wykorzystano tu ciepło ze spalania drewna, a później węgla drzewnego na bezrusztowym palenisku umieszczonym poniżej poziomu podłogi. Spaliny ogrzewały bezpośrednio lub poprzez kanały w podłodze lub w ścianach.



1 – bezrusztowe palenisko, 2 – przepływ spalin

- Zamknięte paleniska w postaci pieców wykonanych z kamienia i wyposażonych w kominy odprowadzające spaliny na zewnątrz zastosowano już przed rokiem 1000.

Były to najpierw tzw. *kurne* chaty (pozbawione komina), a następnie chaty z paleniskiem i kominem. Posiadały część przeznaczoną na przygotowanie posiłków i część sypialną (używaną czasem w okresie zimowym jako pomieszczenie dla bydła).

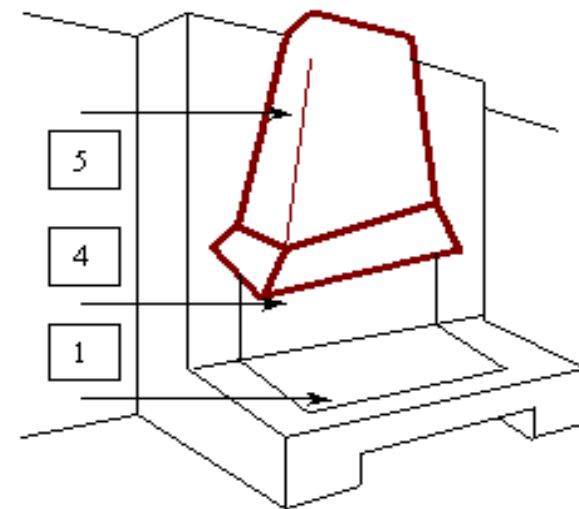
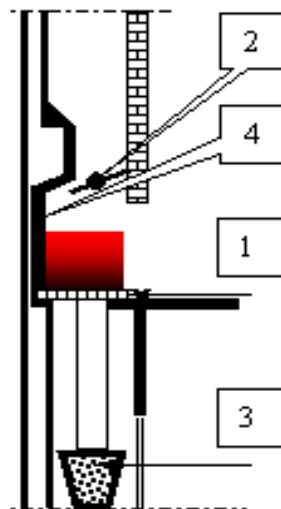


1 – przestrzeń z paleniskiem, 2 – przestrzeń sypialna, 3 – palenisko, 4 – wejście główne, 5 – wejście od strony zewnętrznego składu drewna opałowego, 6 – komin



**Rzymski salon (180 r. pne). Ogrzewanie pomieszczeń miało wiele wspólnego z dzisiejszymi systemami ogrzewania. Gorące powietrze, które unosiło się z prefurium obmywało piaskowe filary (rysunek), ogrzewając nasady kamieni ulokowanych pod podłogą. W ostatecznej fazie przepływające gorące powietrze wydostawało się poprzez cegły z otworami, co zapewniało przekazywanie ciepła ścianom**

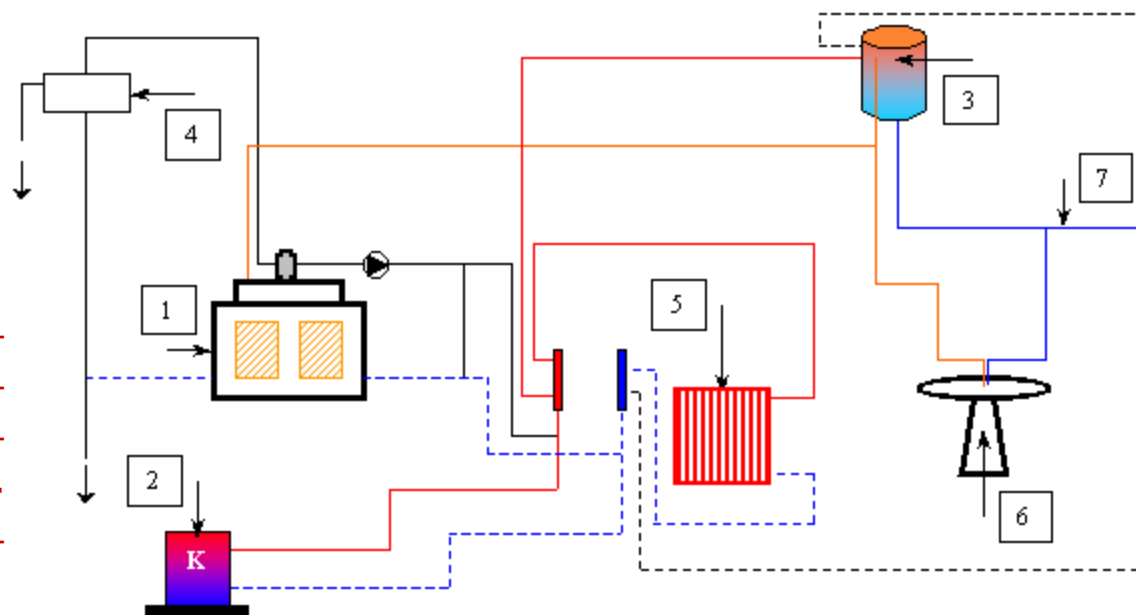
- **Kominki są jednym z najstarszych rodzajów ogrzewania wywodzącego się od ogniska otwartego. Pomimo niskiej sprawności cieplnej sięgającej do około 25%, rozwiązanie to jest nadal chętnie stosowane w krajach o łagodnym klimacie.**



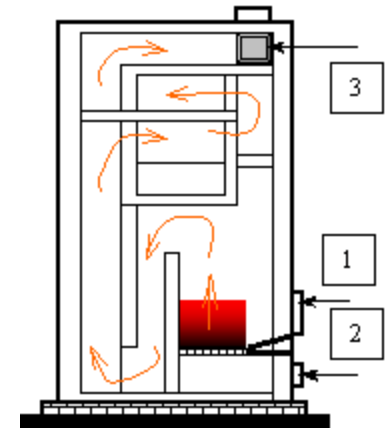
**1 – ruszt (miejsce spalania drewna), 2 – klapa kominowa, 3 – pojemnik na popiół 4 – wymurówka (np. szamotowa), 5 – okap blaszany**

**Wydajność cieplna współczesnych rozwiązań (o nazwie – *termokominek*) waha się od 4 do 20 kW.**

**1 – termokominek, 2 – kocioł, 3 – podgrzewacz ciepłej wody, 4 – zbiornik przelewowy (otwarty), 5 – grzejnik (instalacja ogrzewania), 6 – punkty rozbioru ciepłej wody), 7 – sieć wodociągowa**



- W XVIII wieku zaczęto stosować także piecowe ogrzewania powietrzne. Piec, podgrzewający kamienie położone na ruszcie, lokalizowano w piwnicach. Rozdzielano przepływy ogrzanego powietrza (napływającego do pomieszczeń przez otwory w podłodze) i spaliny, przy czym spaliny odprowadzano na zewnątrz przez komin. W XIV wieku wprowadzono pierwsze konstrukcje pieców kaflowych.
- Przed rokiem 1700 powstały pierwsze konstrukcje pieców żeliwnych. Wszystkie te rozwiązania miały na celu głównie ogrzewanie pomieszczenia, w którym je lokalizowano i stąd można je nazwać ogrzewaniami miejscowymi.

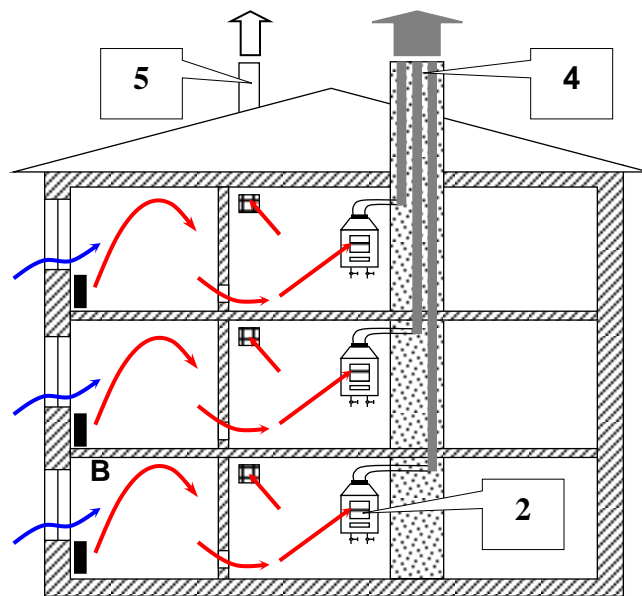
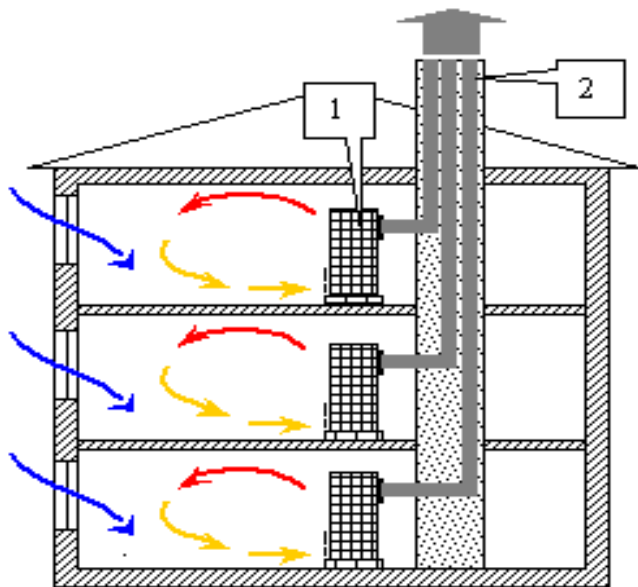


Wydajność cieplna waha się od  $0,7\text{kW/m}^2$  (dla pieców ciężkich) do  $1,2\text{kW/m}^2$  (dla lekkich). Wykorzystywane mogą być w nich także paliwa ciekłe lub gazowe. Mogą występować także rozwiązania, w których kafle posiadają wewnątrz przewody grzejne.

Posiadają szereg wad: niską sprawność energetyczną, brak możliwości regulacyjnych i dużą nierównomierność wydajności cieplnej. W efekcie występuje niekorzystne zróżnicowanie rozkładów temperatur. Piece te mają najczęściej glazurowane powierzchnie i są umieszczone na cokołach o wysokości  $10\div 15\text{cm}$ .



- Na XIX wiek datują się pierwsze rozwiązania ogrzewań parowych nisko- i wysokoprężnych (Wielka Brytania, Niemcy) oraz ogrzewań wodnych nisko- i wysokotemperaturowych (Francja), które od początków XX wieku podlegały intensywnemu rozwojowi w zakresie ich elementów składowych, armatury, zabezpieczeń, itp.
- Po erze pieców kaflowych popularnym ogrzewaniem stało się wprowadzenie wielofunkcyjnych piecyków gazowych, które przeznaczone były nie tylko do ogrzewania, ale głównie do przygotowania ciepłej wody do celów użytkowych.
- Począwszy od 1925 roku obserwuje się także postępujący rozwój ogrzewań zdalnych (zewnętrzne źródła ciepła i sieci ciepłownicze).



# Potrzeby cieplne (problem ?)

Dla przestrzeni bilansowanych w budownictwie oraz stawianych im wymagań w zakresie klimatu wewnętrznego podstawową potrzebą w okresie zimowym jest doprowadzenie określonych ilości ciepła. Ilości ciepła powinny zrównoważyć strumienie ciepła tracone przez otaczającą daną przestrzeń przegrody budowlane a także nakłady cieplne na podgrzanie powietrza, jakie należy do niej doprowadzić.

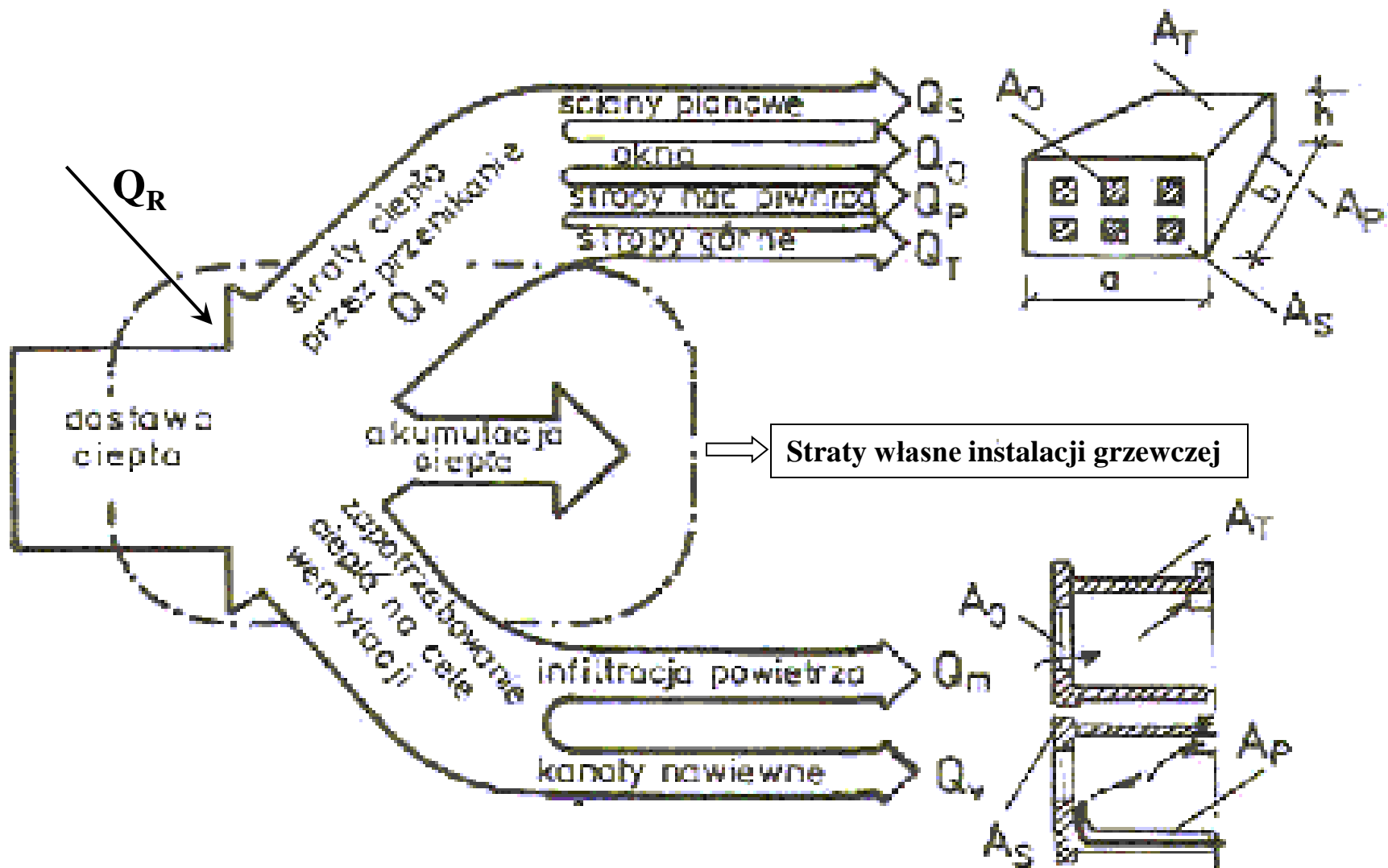
Należy pamiętać, że zmienność parametrów zewnętrznych w okresie zimowym nie charakteryzuje gwałtownych zmian, a wpływ promieniowania słonecznego w większości tego okresu jest niewielki. W efekcie parametry wewnętrzne są bardziej ustabilizowane niż ma to miejsce w okresie letnim.

Potrzeby cieplne budynków wyrazić można za pomocą zależności:

$$Q_d = Q_p + Q_w - (Q_i + Q_R)$$

Straty ciepła

Zyski ciepła



Instalacja grzewcza pokrywa straty ciepła przez przenikanie  $Q_p$  i infiltrację  $Q_{in}$  lub doprowadzenie powietrza układami mechanicznymi  $Q_v$ , (pewna część zostaje akumulowana w przegrodach wewnętrznych i wyposażeniu wnętrza).

# Straty ciepła

Zasadnicze straty ciepła są sumą strumieni ciepła traconych drogą jego przenikania ( $Q_p$ ) oraz ciepła niezbędnego do podgrzania powietrza wentylacyjnego dla wszystkich pomieszczeń zlokalizowanych w budynku (i) oraz występujących w nich rodzajów przegród budowlanych i miejsc napływu powietrza zewnętrznego (j).

$$Q_S = \sum_{i,j} Q_{S_{i,j}} = \sum_{i,j} \left( Q_{p_{i,j}} + Q_{w_{i,j}} \right)$$

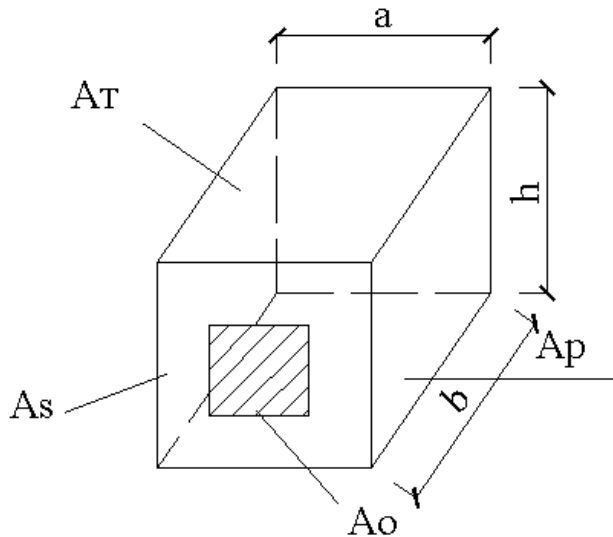
## Straty ciepła związane z jego przenikaniem ( $Q_p$ ).

Są one zależne od wartości współczynników przenikania ciepła ( $U_j$ ) przez poszczególne przegrody (lub ich oporów cieplnych –  $R_j$ ), ich powierzchni ( $A_j$ ) oraz różnicy temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego ( $\Delta T_j$ )

$$Q_p = \sum_j Q_{p_i} = \sum_j \left( U_j \times A_j \times \Delta T_j \right) = \sum_j \frac{A_j \times \Delta T_j}{R_j}$$

Najistotniejszy jest tu związek izolacyjności cieplnej zewnętrznej powłoki z wymiarami geometrycznymi przegród i budynku.

# Kształty i wymiary budynków



Każdy budynek można potraktować jako przestrzeń ograniczoną pionowymi przegrodami pełnymi (o powierzchni  $A_s$ ), przegrodami oszklonymi ( $A_o$ ) oraz przegrodami poziomymi, tzn. stropami nad piwnicami ( $A_p$ ) i najwyższymi piętrami ( $A_T$ ). Przy założeniu wymiarów gabarytowych budynku  $A$  – długość,  $b$  – szerokość,  $h$  – wysokość, kubaturę określić można zależnością:

$$K_B = a \times b \times h$$

## a powierzchnie poszczególnych przegród:

**pionowych pełnych**  $\Rightarrow A_s + A_o = 2h(a + b)$     **poziomych**  $\Rightarrow A_p = A_T = ab$

**sumaryczna powierzchnia wynosi**  $\Rightarrow A_e = A_s + A_o + A_p + A_T$

**przeszklenie pionowych ścian pełnych**  $\Rightarrow \varphi = \frac{A_o}{(A_s + A_o)}$

**przeszklenie sumarycznej powierzchni**  $\Rightarrow \varphi_o = \frac{A_o}{A_e}$

**Udziały powierzchni poszczególnych rodzajów przegród**  $\Rightarrow \varphi_{s,o,p,T} = \frac{A_j}{A_e}$

Dla tak zdefiniowanego budynku można określić straty ciepła związane z jego przenikaniem. Wynoszą one:

$$\dot{Q}_p = U_m A_e \Delta T$$

gdzie  $U_m$  jest średnią wartością współczynnika przenikania ciepła odniesionego do całej powłoki zewnętrznej budynku

Z wyróżnionych przegród zewnętrznych tylko dwie kontaktują się bezpośrednio z otoczeniem zewnętrznym, a dwie pozostałe kontaktują się z przestrzeniami nie ogrzewanymi (np. stropodachem, piwnicą). Uwzględniają to współczynniki  $\psi = \Delta t_j / \Delta t_o$ , gdzie  $\Delta t_j$  – jest różnicą temperatur dla danej przegrody, zaś  $\Delta t_o$  – to różnica temperatur wewnętrznej ( $t_{im} \approx +20^0\text{C}$ ) i temperatury zewnętrznej (np.  $t_o = -20^0\text{C}$ ,  $\Delta T_o = 40\text{K}$ ).

$$U_m = \sum_j \psi_j \times U_j \times \Delta T_o$$

Przykładowo  $\psi_s, \psi_o = 1,0$ ;  $\psi_T = 0,75$ ;  $\psi_P = 0,5$ .

Można określić jednostkowe straty ciepła odniesione do  $\Delta T=1\text{K}$ , a następnie odnieść je także do kubatury ( $\text{W/m}^3\text{K}$ ):

$$\dot{q}_p = \frac{\dot{Q}_p}{\Delta T \times K_B} = U_m \frac{A_e}{K_B} = U_m \times D$$

Geometryczny współczynnik kształtu budynku ( $D = A_e / K_B$ ) ma kluczowe znaczenie w analizach kształtu i wielkości budynków (jest on stosunkowo duży dla niskich budynków jednorodzinnych –  $D \approx 0,9 \div 1,1/\text{m}$  oraz mały dla budynków wysokich -  $D \approx 0,2 \div 0,3/\text{m}$  ). Znalazło to również wyraz w polskim ustawodawstwie, gdzie wprowadzono wskaźnik E sezonowego zapotrzebowania na ciepło.

# Określanie związków między współczynnikami przenikania ciepła, wymiarami i kształtami budynków jest zagadnieniem optymalizacyjnym.

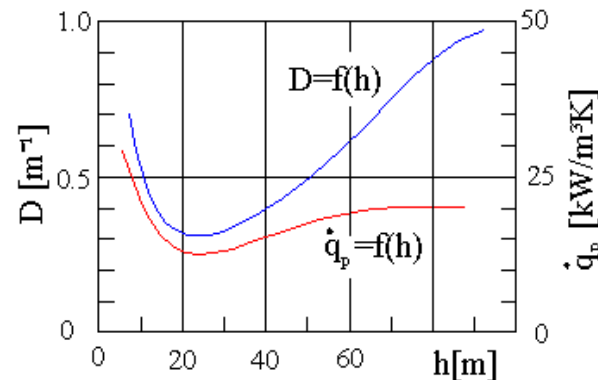
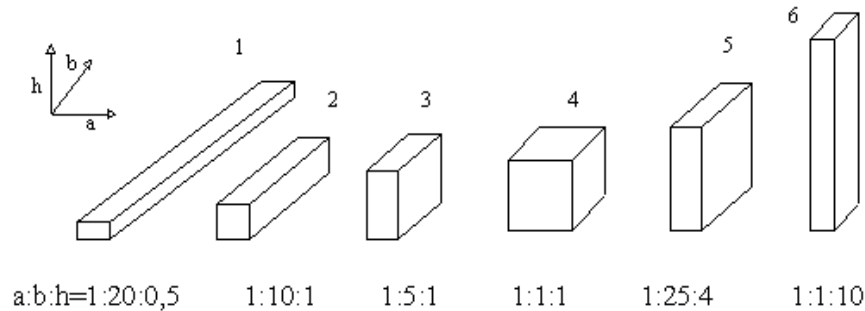
$$\frac{\partial(Q_p/\Delta T)}{\partial a} = \frac{\partial(Q_p/\Delta T)}{\partial b} = \frac{\partial(Q_p/\Delta T)}{\partial h} = 0$$

*Rozwiązanie tej funkcji prowadzi do uzyskania zależności:*

$$K = a^2 h \quad h = \sqrt[3]{\frac{(U_p + U_T)^2 (1 + \phi_o)^2}{4(U_s + \phi \cdot U_o)}} K_B \quad q_p = 4(U_s + \phi \cdot U_o) \frac{\sqrt{K} h}{1 + \phi_o} + (U_p + U_T) \frac{K_B}{h}$$

**Duże znaczenie ma również kształt bryły budynku.**

**Najmniejsze straty (oprócz kuli) ma budynek o podstawie kwadratowej zbliżony do sześcianu (4).**



Kształt	D[m³]	q <sub>p</sub> [W/m²K]
1	0,61	0,39
2	0,42	0,30
3	0,34	0,27
4	0,28	0,24
5	0,33	0,36
6	0,41	0,51

- zwiększenie izolacyjności cieplnej przegród prowadzi do znacznego obniżenia optymalnej wysokości budynku,
- podobny wpływ będzie miało oczywiście zmniejszenie przeszklenia przegród,
- zwiększając wysokości ponad wartości optymalne zaobserwować można mniejszy wzrost potrzeb cieplnych niż przy wysokościach niższych od optymalnej,
- wysokości optymalne są także mniejsze (znacznie mniejsze dla budynków wielorodzinnych) niż wymiary podstawy, co **stawia to pod znakiem zapytania sensowność budowy wysokich budynków.**

## **Straty ciepła związane z wentylacją budynków ( $Q_w$ )**

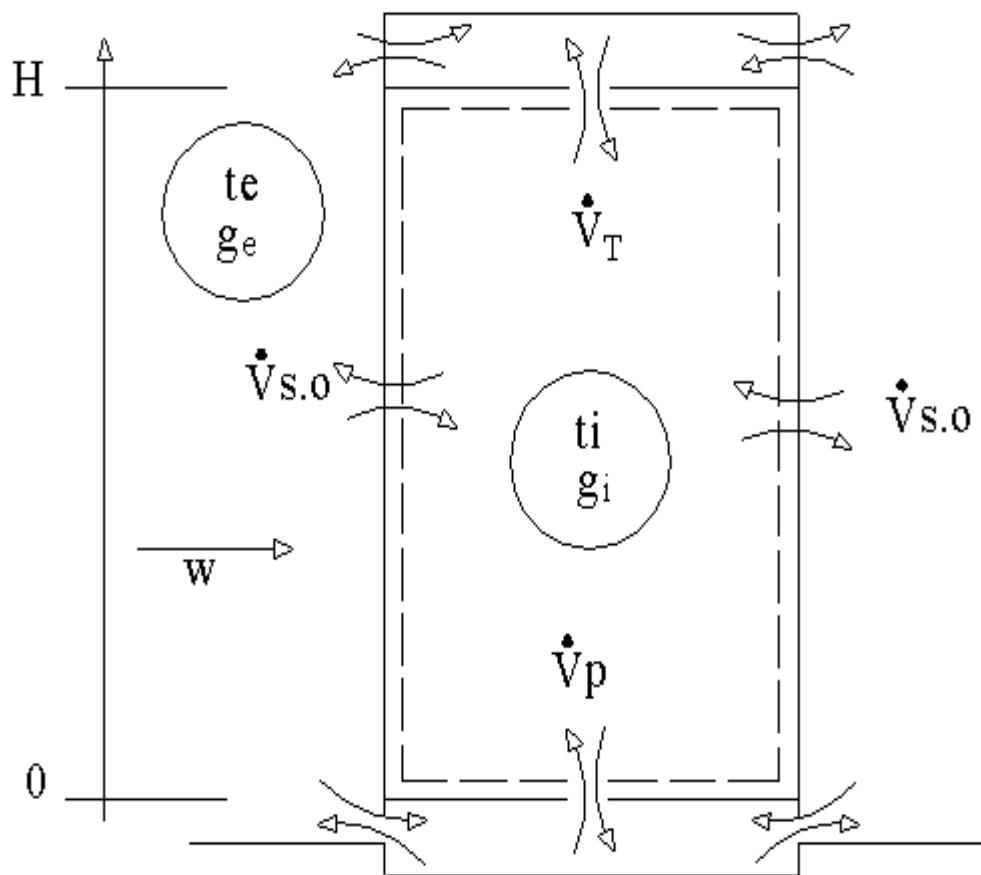
Straty ciepła związane z wentylacją budynków uzależnione są od ilości powietrza wentylacyjnego i jego temperatury. Wynikają one z konieczności podgrzania zimnego powietrza do temperatury pokojowej.

$$Q_w = \Sigma Q_{wj} = \Sigma G_{wj} \times c \times \Delta T = \Sigma V_{wj} \times c_p \times \Delta T \quad q_w = WP \times c_p$$

przy czym wymiana powietrza  $\rightarrow WP = V_w / K_E$ , zaś  $c_p$  to jednostkowa pojemność cieplna powietrza wentylacyjnego ( $\approx 0,34 \div 0,38 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ ). Uwaga: W analizach powinna być uwzględniona kubatura efektywna (ilość powietrza biorąca udział w wymianie  $\rightarrow K_E \approx 0,7 K_B$ )



Posługując się uproszczonymi procedurami pomijającymi rozplanowanie pomieszczeń wewnętrznych budynek potraktowany może być jako prostopadłościan ograniczony czterema pionowymi przegrodami zewnętrznymi oraz stropami nad piwnicami i najwyższymi piętrami, przy czym wszystkie przegrody są dla powietrza przepuszczalne.



*Sumaryczna ilość powietrza wymieniana w sposób naturalny z otoczeniem zewnętrznym*

$$\dot{V}_w = \sum_{j=1}^4 \dot{V}_{s,o_j} + \dot{V}_p + \dot{V}_T$$

$$V_w = a_m \times A_e \times (\Delta p_m)^\alpha$$

*Średnia różnica ciśnienia ( $\Delta p_m$ ) pomiędzy ciśnieniem zewnętrznym i wewnętrznym*

$$\Delta p_m = \sum \Delta p_j (A_j / A_e)$$

*Średni współczynnik przenikania powietrza dla całej powierzchni powłoki budynku*

$$a_m = \sum a_j (A_j / A_e) (|\Delta p_j / \Delta p_m|)^\alpha \text{sgn} \Delta p$$

Współczynniki przenikania powietrza dla każdej z przegród mogą być z pewnym uproszczeniem wyrażone w postaci średniej ważonej, z ich wartości dla wyróżnionych części tych przegród przepuszczalnych dla powietrza, a wagami będą tu udziały powierzchni tych części w całkowitej powierzchni rozpatrywanej przegrody

$$a_j = \Sigma a_i (A_i / A_e) \quad \text{są one wyrażane w } m^3/m^2 \cdot sPa$$

Na poziomie odniesienia ciśnienie atmosferyczne wynosi  $p_0$ , zaś ciśnienie wewnętrzne ( $p_i$ ) i zewnętrzne ( $p_e$ ) opisać można za pomocą równań:

$$p_i = p_0 + H g \rho_i + 0,5 c_i \rho_i w^2 \quad \text{oraz} \quad p_e = p_0 + H g \rho_e + 0,5 c_k \rho_e w^2$$

Przy przyjęciu względnej wysokości budynku  $Y = h_i / H$ , różnica ciśnień po obu stronach przegród wynosi

$$\Delta p_j = 0,5 \rho_e \cdot w^2 \left( \Delta c_k + 2 \frac{\Delta T \cdot h_i \cdot g}{T_i \cdot w^2} \right) \quad \begin{array}{l} \Delta c_k - \text{aerodynamiczny współczynnik kształtu budynku} \\ \frac{\Delta T \cdot h_i \cdot g}{T_i \cdot w^2} = Ar \quad \text{liczba Archimedesowa określająca} \\ \text{stosunek siły wyporu termicznego do} \\ \text{naporu wiatru} \end{array}$$

Różnicę ciśnień wyrazić można w postaci  $\Delta p_j = 0,5 \zeta_e w^2 (\Delta c_k + 2ArY)$

dla pionowych przegród zewnętrznych ( $Y=0,5$ )  $\rightarrow \Delta p_{s.o} = 0,5 \zeta_e w^2 (\Delta c_k + Ar)$

dla stropu nad najwyższym piętrzem ( $Y=0,0$ )  $\rightarrow \Delta p_T = 0,5 \zeta_e w^2 \Delta c_k$

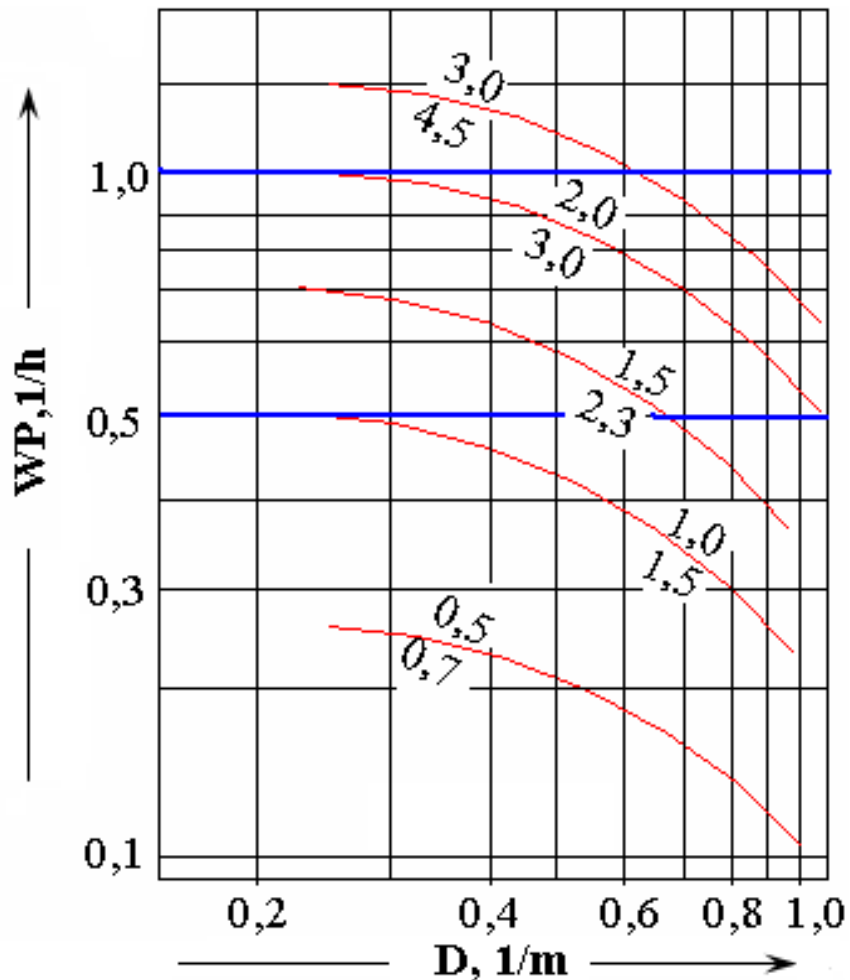
dla stropu nad piwnicą ( $Y=1,0$ )  $\rightarrow \Delta p_p = 0,5 \zeta_e w^2 (\Delta c_k + 2Ar)$ .

**Dokładność odwzorowania za pomocą takiego prostego modelu nie jest wysoka, lecz uwzględnienie występujących korelacji w stosunku do bardziej szczegółowych modeli (np. Symvent, Contam, itp.) pozwala uzyskać wartości wystarczające do zastosowań praktycznych**

**Drogą badań udowodniono, że relacja strumieni powietrza wymienianych w budynkach i uzyskiwanych za pomocą uproszczonego modelu ( $V_{UP}$ ) w stosunku do modeli szczegółowych ( $V_{SZ}$ ) da się ująć zależnością**

$$V_{UP} \approx 1,2 \div 1,4 V_{SZ}$$

**Zależność ta może być użyta w przypadku gdy prędkość wiatru nie przekracza wartości 3,5m/s, zaś liczba pięter w budynku nie jest większa niż 4 (dla takich warunków sprawdzono powyższą zależność**



*Górne wartości na wykresie to współczynniki przenikania powietrza odniesione do powierzchni ścian ( $m^3/m^2h$  dla  $1daPa$ ), dolne do długości szczelin okna ( $m^3/mh$  dla) przy  $\Delta p = 1daPa$ .*

Charakterystyczną ilustracją znacznej liczby obliczeń mogą być dane przedstawione na rysunku dla kilkudziesięciu budynków różniących się geometrycznym współczynnikiem kształtu  $D$ . Obliczeń dokonywano przy założeniu, że ilość powietrza przenikającego przez przegrody pełne są pomijalne w stosunku do infiltracji przez stolarkę okienną. Do obliczeń przyjęto również średnie warunki zimowe sprowadzone do różnicy temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego  $\Delta T = 20K$  ( $t_e = 0^\circ C$ ) i prędkości wiatru  $w = 3-5$  m/s.

*Jak widać z uzyskanych danych, wymianę powietrza w granicach  $0,5-1,0/h$  (wartości pożądane w budownictwie powszechnym) warunkują współczynniki przenikania powietrza odniesione jedynie do powierzchni okien wynosił około  $1,5 \div 2,0 m^3/m^2h$  dla  $1 daPa$ .*

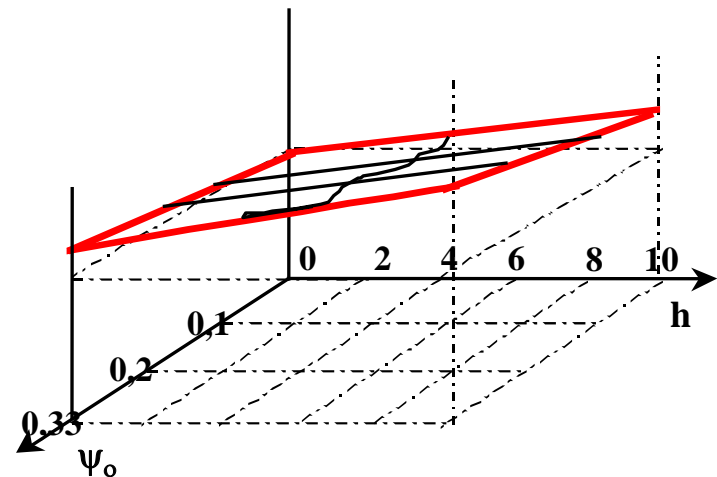
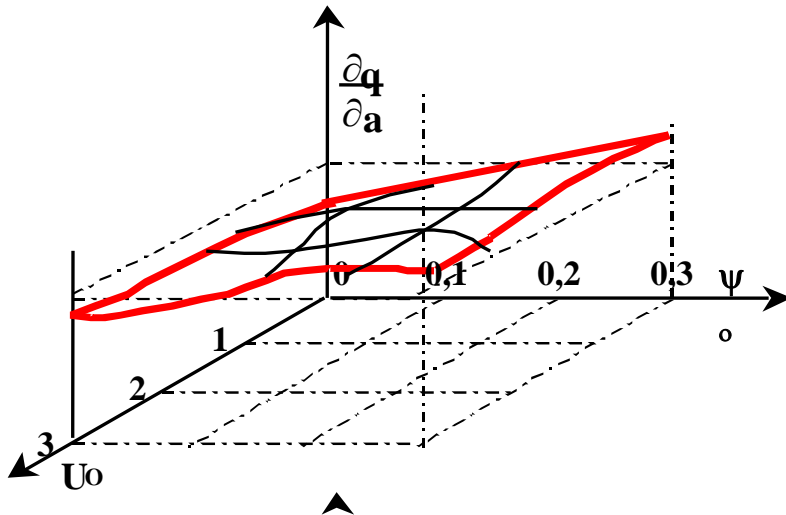
# Sumaryczne straty ciepła ( $Q_S$ ).

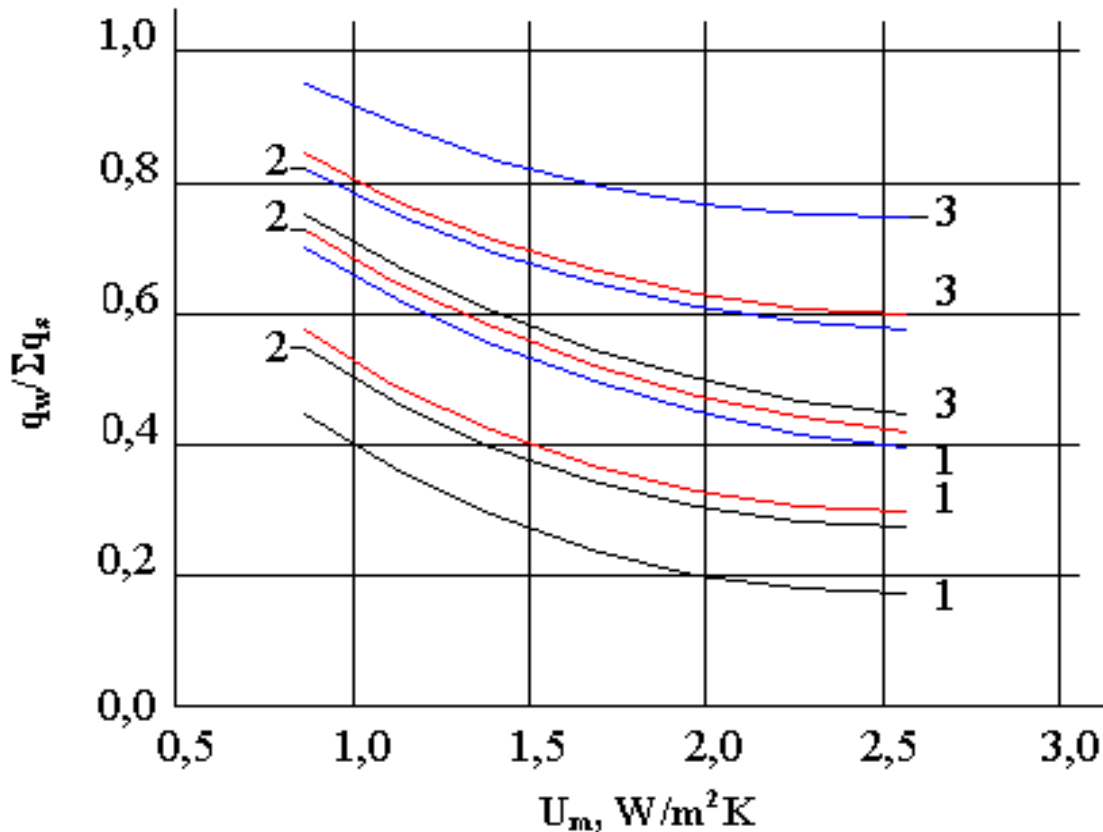
Możliwe jest dokonywanie prostej optymalizacji strat przez uwzględnienie obu ich składowych, tzn. izolacyjności cieplnej i wymiany powietrza.

$$\Sigma q_S = U_m \times D + 0,36 \times WP, \quad \text{W/m}^3\text{K}$$

*Szczególna przydatność powyższego równania wynika z możliwości szybkiej oceny udziału strat ciepła związanych z izolacyjnością cieplną lub wymianą powietrza, co może mieć znaczenie zarówno dla procesów fizycznych zachodzących w budynkach, jak i urządzeń i instalacji je wyposażających.*

Przedmiotem takiej analizy byłoby poszukiwanie wymiarów obiektów, przy których łączne straty ciepła będą najmniejsze z możliwych przy określonych wartościach współczynników przenikania ciepła i ilości wymienianego powietrza.

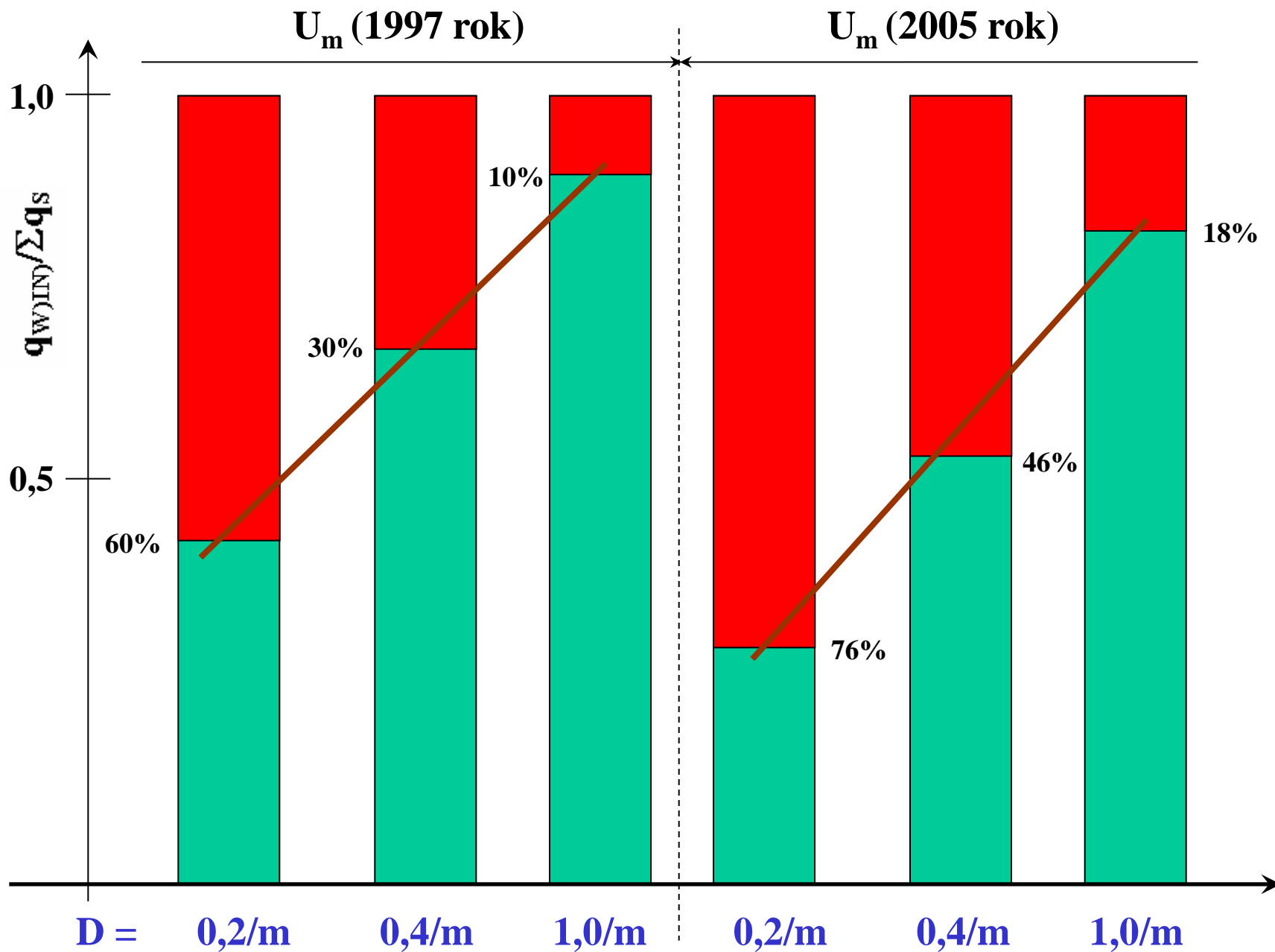




1 – WP = 0,5/h; 2 – WP = 1,0/h; 3 – WP = 2,0/h; linia: czarna - D = 0,9/m.; czerwona – D = 0,6/m.; niebieska – D = 0,3/m.

W miarę, gdy współczynnik  $D$  maleje (rośnie kubatura w stosunku do powierzchni przegród), rosną jego potrzeby ciepła na podgrzanie powietrza. Wzrost ten jest najszybszy dla budynków wielorodzinnych (małe  $D$ ). Dla budynków spełniających warunki przepisów, oraz zakładając wymianę powietrza na poziomie 1/h, udział potrzeb ciepłych na podgrzanie powietrza wentylacyjnego wynosi 65% dla budynków jednorodzinnych, 75% dla średnich i 85% dla wielorodzinnych o dużej kubaturze.

W praktyce jednak niemal niemożliwym jest osiągnięci wymiany równej 1/h dla budynków z wentylacją naturalną. W rzeczywistości dla budynków jednorodzinnych uzyskuje się wymianę na poziomie 0,1/h, dla której udział zapotrzebowania ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego wynosi około 15%. Większe ilości wymian uzyskuje się dla budynków wielorodzinnych i dla nich udział ten wyniesie 60-70%.



**Uwaga: Zestawiono tylko straty cieplne (WP  $\approx 0,5/h$ )**

# Paliwa i czynniki cieplne

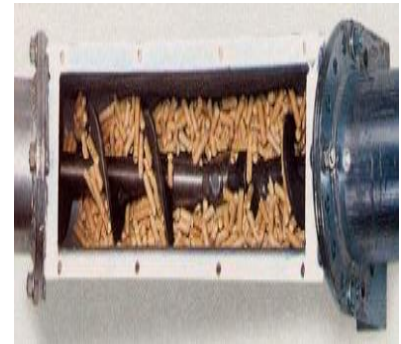
- **Paliwa stałe – węgiel kamienny, brunatny, koks, itp.**

1. **Węgiel kamienny – wartość opałowa 24÷27 MJ/kg, ciepło spalania 32 ÷33,5 MJ/kg,**
2. **Torf – wartość opałowa 12 ÷15,5 MJ/kg**
3. **Drewno – wartość opałowa 18,4 MJ/kg (dla dębu, osiki) do ponad 19 MJ/kg (dla sosny)**

**Oprócz bezpośredniego spalania drewna duże znaczenie w najbliższej przeszłości mieć może spalanie materii organicznej powstającej w procesie fotosyntezy, nazywanej biomasą (słoma, odpady drzewne, itp.). Biomasa charakteryzuje małą zawartość części niepalnych oraz azotu i siarki, co ogranicza emisję ich tlenków (tzn. SO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>) w porównaniu do emisji odnotowywanej przy spalaniu paliw kopalnych. Oprócz bezpośredniego spalania biomasy występować mogą jej formy przetworzone. Są to przede wszystkim brykiety (wytwarzane przez sprasowanie rozdrobnionego drewna energetycznego) lub granulki, nazywane także *peletami*.**



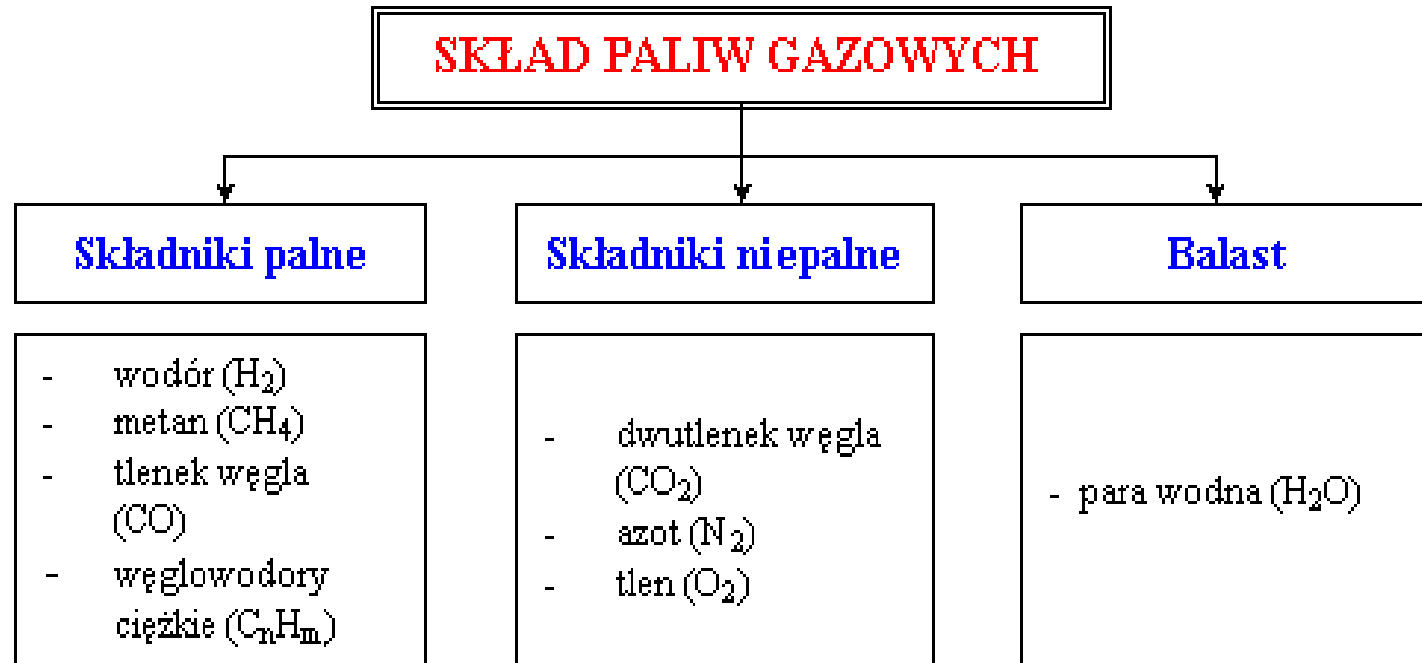
Szczególnie intensywnie rozwija się produkcja i wykorzystanie paliwa w postaci granulek (o średnicy 6÷10mm oraz długości 10÷25mm). Wykorzystywać biomasę można głównie na obszarach wiejskich o dużej uprawie zbóż, na których występuje nadmiar drewna, słomy, itp. Rozważana jest i realizowana uprawa specjalnych roślin energetycznych (bogatych w celulozę i ligninę). Oprócz roślin uprawnych (zboża, konopie, kukurydza, rzepak, słonecznik, trzcina, itp.) są to rośliny drzewiaste szybkiej rotacji (topola, osika, wierzba) oraz szybko rosnące, trwałe i wieloletnie rośliny trawiaste (jak np. *miscanthus spp.*, *arundo spp.*, *spartina spp.*). Szczególnie obiecujące efekty uzyskano z pierwszej z nich (tzn. *miscanthus spp.*). Charakteryzuje się ona szybkim wzrostem i wysokim plonem biomasy (z 1 ha uzyskać można od 8 do 30 ton suchej biomasy). Jej **wartość opałowa jest porównywalna z suchym drewnem (około 19 GJ/kg<sub>suchej masy</sub>)**. Po procesie gazyfikacji lub pirolizy, z jednej tony tak uzyskanej suchej masy otrzymać można 590kg bioleju, 210kg koksu oraz około 130kg biogazu.



## • Paliwa ciekłe (oleje)

Wartość opałowa – od ponad 39 MJ/kg (dla oleju ciężkiego) do około 43 MJ/kg (dla oleju lekkiego)

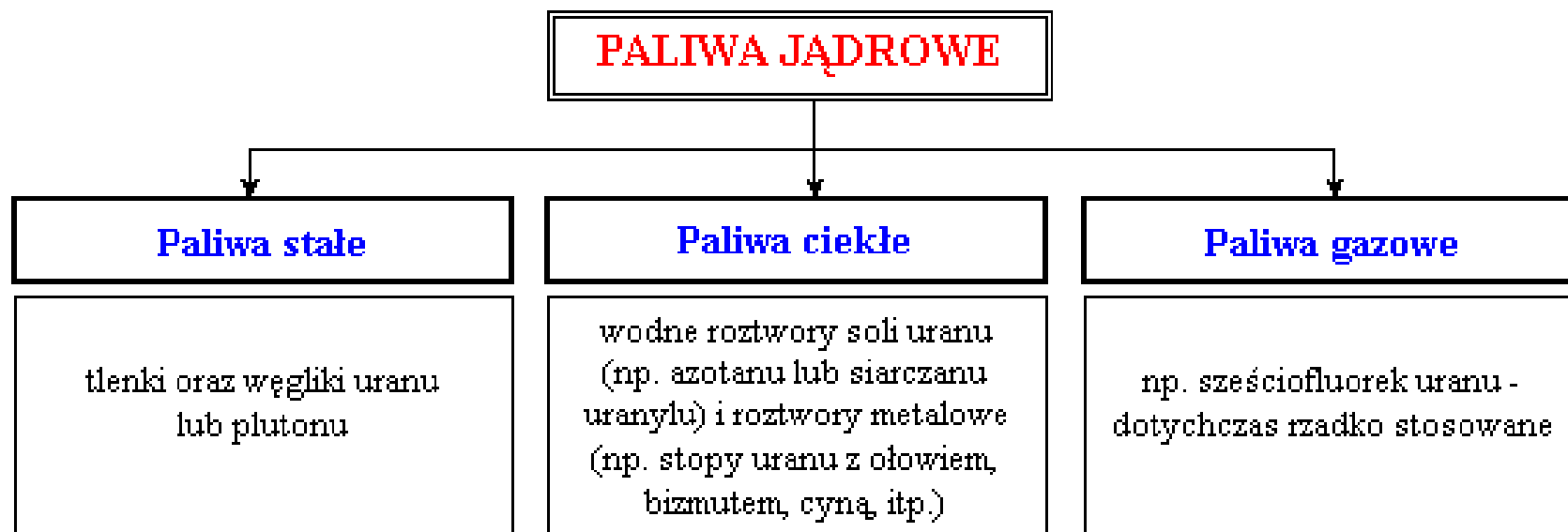
## • Paliwa gazowe



Wartość opałowa – od około 17 MJ/nm<sup>3</sup> (gaz miejski) do ponad 37 MJ/nm<sup>3</sup> (gaz ziemny); ciepło spalania odpowiednio 19÷41 MJ/nm<sup>3</sup>.

<p><b>Grupa I (GS)</b></p>	<p><b>Grupa II (GZ)</b></p>	<p><b>Grupa III (GPB)</b></p>	<p><b>Grupa IV (GP)</b></p>
<p>gazy sztuczne – z procesów przetwarzania paliw stałych i ciekłych oraz ich mieszaniny z gazem ziemnym i propano-butanowym</p>	<p>gazy ziemne – pochodzenie naturalne, z metanem jako główny składnik (np. gaz kopalniany, zaazotowany, wysokometanowy)</p>	<p>propan techniczny oraz mieszaniny propan-butan (wg PN-82/C-96000)</p>	<p>mieszaniny propanu z powietrzem</p>

## • Paliwa jądrowe



# Czynniki cieplne

Do głównych wymagań stawianych czynnikom grzewczym zaliczamy:

- dostępność, niska cena,
- mały wpływ na parametry klimatu wewnętrznego,
- **możliwie jak największa pojemność cieplna przy wytwarzaniu go w źródle (duża akumulacja ciepła), a więc zdolność do przejmowania ciepła,**
- **małe opory przepływu przez sieć przewodów lub kanałów przenoszących czynnik cieplny, a tym samym niskie koszty transportu.**

Uwzględniając te kryteria można mówić o 3 rodzajach czynników:

- Powietrze,
- Para wodna,
- Woda.

**Ogrzewanie powietrzem.** Temperatura strumienia ogrzanego powietrza nie powinna przekraczać  $+45^{\circ}\text{C}$  z uwagi na możliwość objęcia użytkowników pomieszczeń nadmiernym naporem cieplnym. Przy gęstości powietrza równej  $1,1 \text{ kg/m}^3$  i cieple właściwym  $1 \text{ kJ}/(\text{kgK})$  oraz temperaturze powietrza wewnętrznego  $+18^{\circ}\text{C}$ , **z  $1 \text{ m}^3$  powietrza uzyskuje się około  $30 \text{ kJ}$  ciepła.**

**Ogrzewanie parą wodną.** Najczęściej stosuje się ogrzewania o niewielkim nadciśnieniu (około  $0,1 \div 0,2 \text{ ata}$ ). Ciepło całkowite  $1 \text{ kg}$  tej pary wynosi około  $2682,5 \text{ kJ}$ , przy czym  $2245,4 \text{ kJ}$  jest to stałe ciepło parowania, a pozostałość, tzn.  $437,1 \text{ kJ}$ , to ciepło zawarte w wodzie ogrzanej do temperatury parowania (tzw. pojemność cieplna  $1 \text{ kg}$  tej wody). Uwzględniając gęstość tej pary i jej objętość właściwą **z  $1 \text{ m}^3$  pary otrzymuje się  $1500 \text{ kJ}$  ciepła.**

**Ogrzewanie wodą.** W tradycyjnych instalacjach centralnego ogrzewania wykorzystujących wodę jako czynnik grzewczy, temperatura wody zasilającej wynosi  $t_z = +90^{\circ}\text{C}$  ( $+95^{\circ}\text{C}$ ). Woda w odbiornikach ciepła schładza się o  $\Delta t = 20\text{K}$  ( $25^{\circ}\text{K}$ ). Uwzględniając średnią w tych warunkach gęstość wody i jej ciepło właściwe **z  $1 \text{ m}^3$  wody uzyskuje się od  $81500 \text{ kJ}$  do  $101900 \text{ kJ}$  ciepła (średnio  $91720\text{kJ}$ ).**