



**Zmiany w sposobie obliczania
zapotrzebowania na energię budynków
– norma PN-EN ISO 52016-1**

Dr inż. Piotr Narowski



**Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska**



Plan prezentacji



- Wstęp i omówienie normy PN EN ISO 52016-1
- Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790
- Metody normy – PN EN ISO 52016-1
- Zmiany w metodach obliczeniowych
- Podsumowanie



PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja angielska

Informacje dodatkowe

Numer normy	PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja angielska
Tytuł	Energetyczne właściwości użytkowe budynków -- Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia, wewnętrzne temperatury oraz jawne i utajone obciążenia cieplne -- Część 1: Procedury obliczania
Data publikacji	29-09-2017
Liczba stron	220
Grupa cenowa	XE
Sektor	SBD, Sektor Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych
Organ Techniczny	KT 179, Ochrony Ciepłej Budynków
Wprowadza	EN ISO 52016-1:2017 [IDT], ISO 52016-1:2017 [IDT]
Zastępuje	PN-EN ISO 13791:2012 - wersja angielska, PN-EN ISO 13790:2009 - wersja polska, PN-EN 15255:2011 - wersja polska, PN-EN ISO 13791:2012 - wersja polska, PN-EN ISO 13792:2012 - wersja polska, PN-EN ISO 13792:2012 - wersja angielska, PN-EN 15265:2011 - wersja polska
ICS	91.120.10



W tej normie określono metody obliczania:

- a) jawnego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia, w oparciu o obliczenia godzinowe lub miesięczne; - **zapotrzebowanie na energię**
- b) utajonego zapotrzebowania na energię (osuszania) nawilżania, w oparciu o obliczenia godzinowe lub miesięczne; - **zapotrzebowanie na energię**
- c) temperatury wewnętrznej, opartej na obliczeniach godzinowych; - **wyznaczanie temperatury**
- d) jawnego obciążenia ogrzewania i chłodzenia, na podstawie obliczeń godzinowych;
- e) obciążenia wilgocą i ciepłem utajonym dotyczącym (odwilżania) nawilżania, oparte na obliczeniach godzinowych;
- f) projektu jawnego obciążenia ogrzewaniem lub chłodzeniem i projektu utajonego obciążenia ogrzewaniem przy użyciu godzinowego przedziału obliczeń; - **zapotrzebowanie na moc**
- g) warunki nawiewu powietrza w celu zapewnienia niezbędnego nawilżania i osuszania.



Metody obliczania mogą być stosowane w budynkach mieszkalnych i niemieszkalnych, lub ich części.

Metody obliczania zostały opracowane do obliczenia podstawowego obciążenia cieplnego i zapotrzebowania na energię, bez interakcji z poszczególnymi systemami technicznymi budynku oraz do obliczania specyficznego systemu obciążeń zapotrzebowania na energię, w tym oddziaływania z określonymi systemami.

Procedury godzinowego obliczania mogą być również wykorzystywane jako podstawa do obliczeń z bardziej rozbudowanymi opcjami sterowania systemem. Norma ma zastosowanie do budynków na etapie projektowania, nowych budynków po zakończeniu budowy oraz do istniejących budynków w fazie użytkowania.

Modules	Area
M1	Overarching standards
M2	Building (as such)
M3-M11	Technical Building Systems under EPB
M12-M13	Other systems or appliances (not under EPB)

Sub	Sub area
1	General
2	Building Energy Needs
3	(Free) Indoor Conditions without Systems
4	Ways to Express Energy Performance
5	Heat Transfer by Transmission
6	Heat Transfer by Infiltration and Ventilation
7	Internal Heat Gains
8	Solar Heat Gains
9	Building Dynamics (thermal mass)
10	Measured Energy Performance
11	Inspection

Omówienie normy

Pozycja normy w obrębie zestawu norm EPB w kontekście struktury modułowej, jak określono w ISO 52000-1

Sub module	Overarching		Building (as such)		Technical Building Systems										
	Descriptions		Descriptions		Descriptions	Heat- ing	Cool- ing	Venti- lation	Humid- ification	Dehu- midifi- cation	Do- mes- tic hot water	Light ing	Build ing auto- mation and control	PV, wind, ..	
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	
1	General		General		General										
2	Common terms and definitions; symbols, units and subscripts		Building energy needs	52016-1	Needs								a		
3	Applica- tions		(Free) Indoor conditions without systems	52016-1	Maximum load and power	52016-1	52016-1		52016-1	52016-1					
4	Ways to express energy per- formance		Ways to express energy per- formance		Ways to express energy per- formance										
5	Building cate- gories and building boundaries		Heat trans- fer by trans- mission		Emission and control										
6	Building occupan- cy and operating conditions		Heat trans- fer by infil- tration and ventilation	52016-1	Distribu- tion and control										
7	Aggregation of energy services and energy carriers		Internal heat gains		Storage and control										



Omówienie normy

Pozycja normy w obrębie zestawu norm EPB w kontekście struktury modułowej, jak określono w ISO 52000-1

Sub module	Overarching		Building (as such)		Technical Building Systems										
	Descriptions		Descriptions		Descriptions	Heating	Cooling	Ventilation	Humidification	Dehumidification	Domestic hot water	Lighting	Building automation and control	PV, wind, ..	
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	
8	Building zoning		Solar heat gains		Generation and control										
9	Calculated energy performance		Building dynamics (thermal mass)		Load dispatching and operating conditions										
10	Measured energy performance		Measured energy performance		Measured energy performance										
11	Inspection		Inspection		Inspection										
12	Ways to express indoor comfort				BMS										
13	External environment conditions														
14	Economic calculation														

NOTE The shaded modules are not applicable.



Omówienie normy

PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja angielska

Referencje normatywne

ISO 9050, *Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*

ISO 10077-1, *Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance — Part 1: General¹*

ISO 10292, *Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*

ISO 13789, *Thermal performance of buildings — Transmission and ventilation heat transfer coefficients — Calculation method¹*

ISO 15099, *Thermal performance of windows, doors and shading devices — Detailed calculations*

ISO 15927-2, *Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 2: Hourly data for design cooling load*

Omówienie normy

PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja angielska

Referencje normatywne

ISO 15927-4, *Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling*

ISO 15927-5, *Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 5: Data for design heat load for space heating*

ISO 52000-1, *Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures¹⁾*

EN 410, *Glass in building — Determination of luminous and solar characteristics of glazing*

EN 673, *Glass in building — Determination of thermal transmittance (U value) — Calculation method*

EN 12831, *Heating systems and water based cooling systems in buildings - Method for calculation of the design heat load - Part 1: Space heating load*

Omówienie normy

PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja angielska

Ogólny opis metod obliczeniowych

- Norma obejmuje obliczanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia oraz temperatury wewnętrznej.
- Metoda obejmuje również obliczenie obciążenia projektowego dla chłodzenia, ogrzewania, nawilżania i osuszania dla strefy ciepłej i dla systemu podrzędnego.
- Dla wszystkich obliczeń **przedział czasu jest godzinowy**.
- Alternatywnie, do obliczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia można również wybrać **miesięczny przedział czasu**.

Relacja z normą PN-EN ISO 52017-1:2017-10

Procedury obliczeń godzinowych w pochodzą z referencyjnych procedur obliczeniowych podanych w ISO 52017-1.

Numer normy	PN-EN ISO 52017-1:2017-10 - wersja angielska
Tytuł	Energetyczne właściwości użytkowe budynków -- Jawne i utajone obciążenia cieplne oraz temperatury wewnętrzne -- Część 1: Ogólne procedury obliczania
Data publikacji	04-10-2017
Liczba stron	48
Grupa cenowa	T
Sektor	SBD, Sektor Budownictwa i Konstrukcji Budowlanych
Organ Techniczny	KT 179, Ochrony Ciepłej Budynków
Wprowadza	EN ISO 52017-1:2017 [IDT], ISO 52017-1:2017 [IDT]
Zastępuje	PN-EN ISO 13791:2012 - wersja angielska, PN-EN ISO 13792:2012 - wersja polska, PN-EN ISO 13792:2012 - wersja angielska, PN-EN ISO 13791:2012 - wersja polska, PN-EN 15255:2011 - wersja polska, PN-EN 15265:2011 - wersja polska
ICS	91.120.10

Omówienie normy

PN-EN ISO 52017-1:2017-10 - wersja angielska



Zakres normy EN ISO 52017-1

W normie określono założenia ogólne, warunki brzegowe i równania do obliczania, w przejściowych warunkach godzinowych lub subgodzinowych, temperatur wewnętrznych (powietrza i działania) i/lub obciążenia ogrzewania, chłodzenia oraz nawilżania i osuszania powietrza w celu utrzymania określonej (temperatura, wilgotność) wartości zadanej, w pojedynczej strefie budynku. **W normie żadne określone techniki komputerowe nie są narzucone.**

Szczegółowe procedury obliczania, oparte na ogólnych procedurach obliczania podane w niniejszym dokumencie, podano w ISO 52016-1. Szczegółowe uproszczenia, założenia i warunki brzegowe podane w ISO 52016-1 są dopasowane do odpowiednich obszarów zastosowania, takich jak zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia oraz do nawilżania i odwilżania, godzinowa temperatura wewnętrzna, projektowe obciążenie ogrzewaniem i chłodzeniem oraz nawilżaniem i odwilżaniem.



Omówienie normy

Norma EN 16789-1, ISO 17772
Nadrzędne warunki użytkowania,
Harmonogramy użytkowania normy
zakresu M1-6

Agregacja wyników, nadrzędne normy EN
15603 z zakresu M1-7, M1-9

Interakcje

Przenoszenie ciepła przez elementy
budynku
EN ISO 13789 z zakresu M5-2

Wentylacja, strumienie, temperatury
Normy EN ISO z zakresu M5

Promieniowanie słoneczne,
charakterystyki, parametry okien
normy EN ISO z zakresu M2-8

Dane wejściowe systemów,
ogrzewanie, chłodzenie, wentylacja,
c.w.u., oświetlenie, BAC – Normy EN
ISO z zakresu M3, M4, M5, M6, M7,
M8, M9, M10

Dane klimatyczne – Norma EN ISO
52010-1 z zakresu M1-13

**Metoda
godzinowa**
Obliczenia
zapotrzebowania
na energię
Obliczenia
temperatury
bilansowej stref
Obliczenia
zapotrzebowania
na moc

**Metoda
miesięczna**
Obliczenia
zapotrzebowania
na energię

**Metoda
godzinowa**
Ogólna procedura
obliczeniowa
**EN ISO 52017 zakres
M2-2 M2-3**

Warunki brzegowe obliczeń
zapotrzebowania na energię ogrzewania
i chłodzenia

Warunki brzegowe obliczeń
zapotrzebowania na moc chłodniczą

EN ISO 52016-1 zakres M2-2 M2-3

Relacje pomiędzy normą
EN ISO 52016-1
i normami referencyjnymi

Wprowadzenie

Metoda godzinowa

- **Nowe algorytmy**
- Specyfikacja metody ogólnej normy EN ISO 52017-1
- Dowolna metoda obliczeniowa

Metoda miesięczna

- **Baza metody bez zmian**
- Zmodyfikowano niektóre elementy procedury obliczeniowej
- Wprowadzono obliczenia zapotrzebowania na energię do nawilżania i chłodzenia



EN ISO 52017-1

Metoda godzinowa - Ogólna procedura obliczeniowa dla budynku lub strefy

EN ISO 52016-1 (a)

Metoda godzinowa - Specyfikacja procedury obliczeniowej

Obliczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia - ciepło jawne i utajone

Obliczenia wartości temperatury wewnętrznej

Obliczenia zapotrzebowania na moc do ogrzewania i chłodzenia

Specyfikacja założeń do obliczeń

EN ISO 52016-1 (b)

Metoda miesięczna - Specyfikacja procedury obliczeniowej uwzględniającej

krajowe współczynniki korelacyjne

Obliczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia - ciepło jawne i utajone

Specyfikacja założeń do obliczeń

Omówienie normy

Metoda godzinowa służy jako narzędzie do wyznaczenia współczynników korekcyjnych i korelacyjnych metody miesięcznej dla różnych typów budownictwa występującego w danym kraju.

Współczynniki te muszą zostać określone na poziomie krajowym i zamieszczone w Załączniku B normy krajowej.

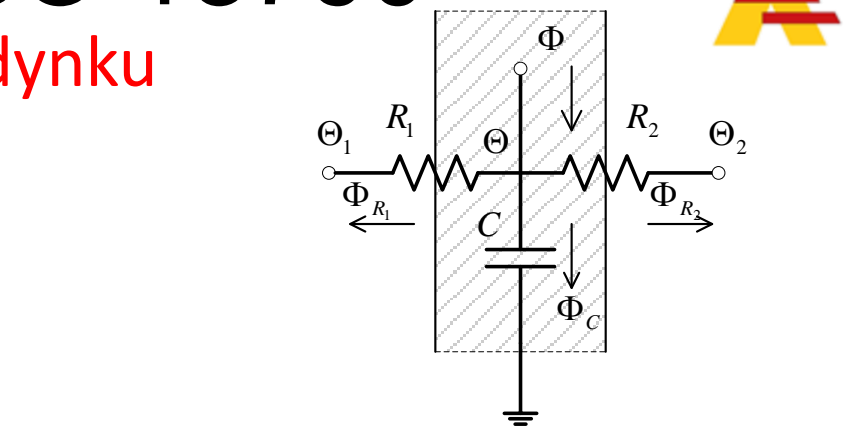
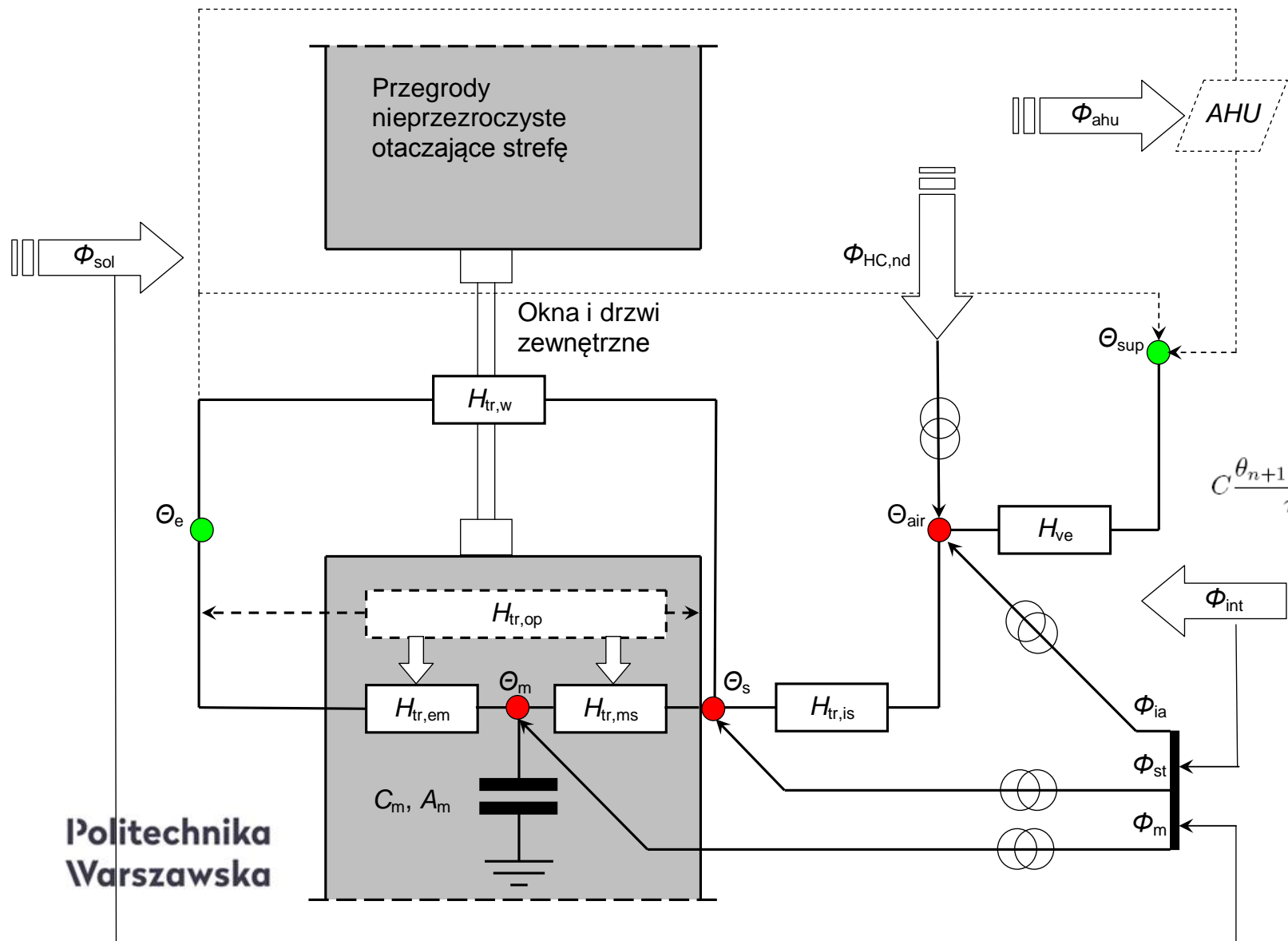
Wyniki obliczeń dla różnego typu budynków

Dodatkowe wyniki – charakterystyki miesięczne poszczególnych typów budynków do wyznaczenia **krajowych współczynników korelacyjnych** metody miesięcznej

Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790

Uproszczona metoda godzinowa

Model 5R1C budynku



$$C \frac{d\theta}{dt} = -(H_1 + H_2)\theta + \Phi.$$

$$C \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{\tau} = \frac{1}{2} \left[-(H_1 + H_2)\theta_{n+1} + \Phi \right] + \frac{1}{2} \left[-(H_1 + H_2)\theta_n + \Phi \right]$$

$$\theta_{n+1} = \frac{\theta_n \left(\frac{C}{3600} - \frac{1}{2}(H_1 + H_2) \right) + \Phi}{\frac{C}{3600} + \frac{1}{2}(H_1 + H_2)}$$

Politechnika
Warszawska



Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790



Uproszczona metoda godzinowa

$$\theta_{m,t} = \{\theta_{m,t-1} [(C_m/3600) - 0,5 \times (H_{tr,3} + H_{tr,em})] + \Phi_{mtot}\} / [(C_m/3600) + 0,5 \times (H_{tr,3} + H_{tr,em})]$$

with

$$\Phi_{mtot} = \Phi_m + H_{tr,em} \theta_e + H_{tr,3} \langle \Phi_{st} + H_{tr,w} \theta_e + H_{tr,1} \{[(\Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd})/H_{ve}] + \theta_{sup}\} \rangle / H_{tr,2}$$

$$H_{tr,1} = \frac{1}{1/H_{ve} + 1/H_{tr,is}}$$

$$H_{tr,2} = H_{tr,1} + H_{tr,w}$$

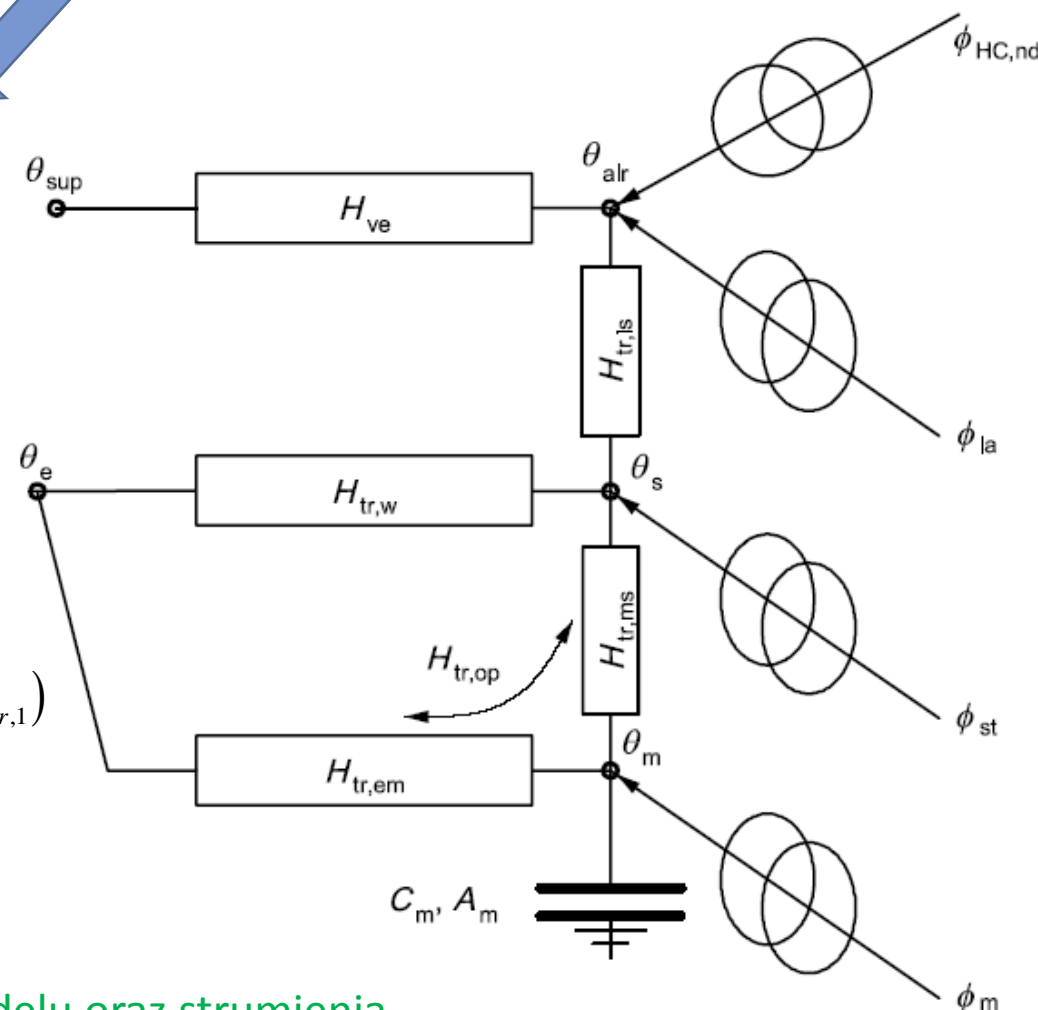
$$H_{tr,3} = \frac{1}{1/H_{tr,2} + 1/H_{tr,ms}}$$

$$\theta_s = \{H_{tr,ms} \theta_m + \Phi_{st} + H_{tr,w} \theta_e + H_{tr,1} [\theta_{sup} + (\Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd})/H_{ve}]\} / (H_{tr,ms} + H_{tr,w} + H_{tr,1})$$

$$\theta_{air} = (H_{tr,is} \theta_s + H_{ve} \theta_{sup} + \Phi_{ia} + \Phi_{HC,nd}) / (H_{tr,is} + H_{ve})$$

$$\theta_{op} = 0,3 \times \theta_{air} + 0,7 \times \theta_s$$

Model 5R1C budynku



Wyznaczenie wartości temperatury węzłów modelu oraz strumienia mocy cieplnej / chłodniczej dostarczonej do budynku w każdej godzinie.

Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790



Metoda miesięczna

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}$$

Model quasi-dynamiczny budynku – współczynnik wykorzystania zysków ciepła budynku

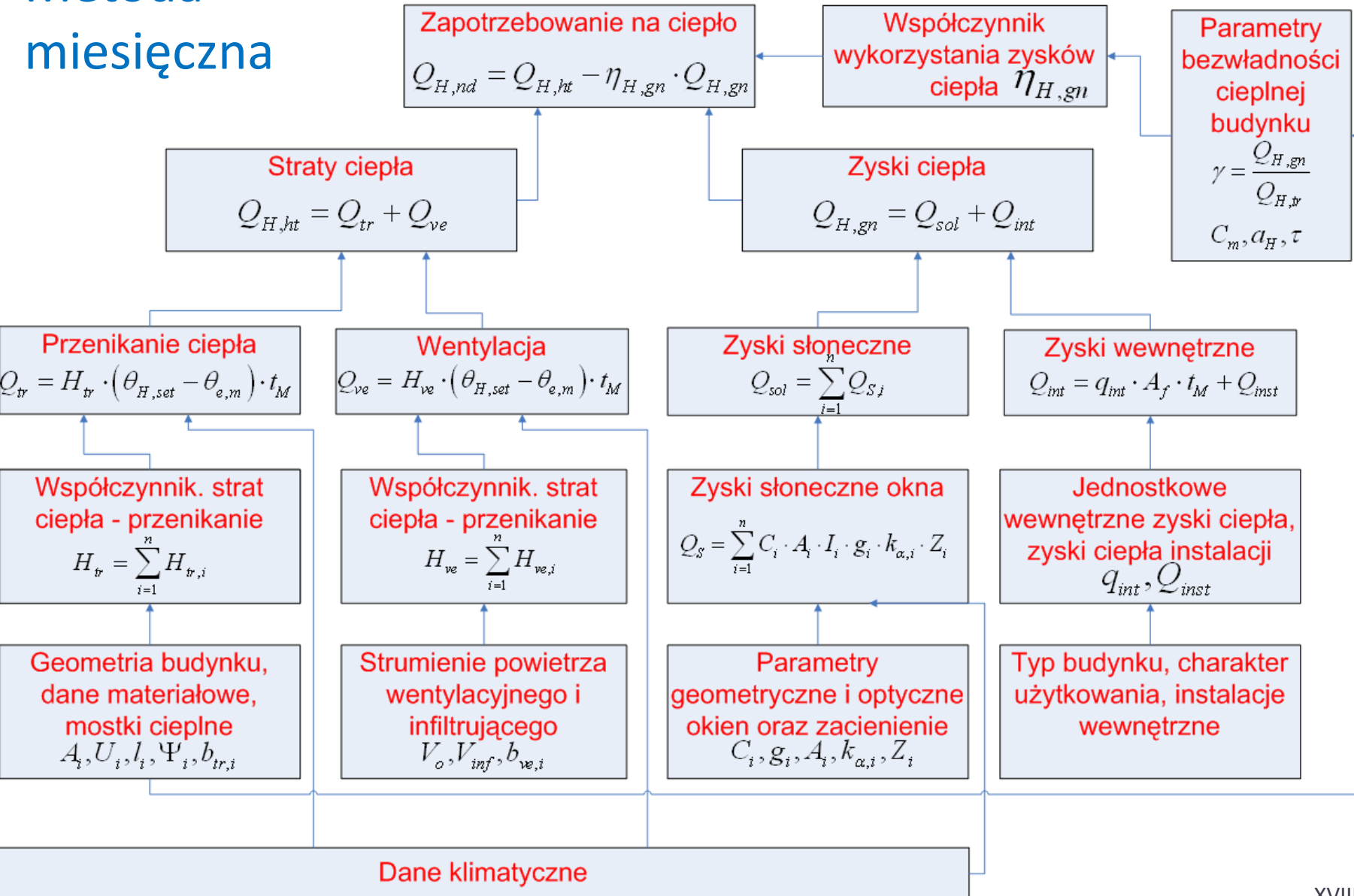
if $\gamma_H \neq 1$:
$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}}$$

if $\gamma_H = 1$:
$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}$$

if $\gamma_H < 0$:
$$\eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$



Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790



Metoda miesięczna

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}$$

Model quasi-dynamiczny budynku – współczynnik wykorzystania strat ciepła budynku

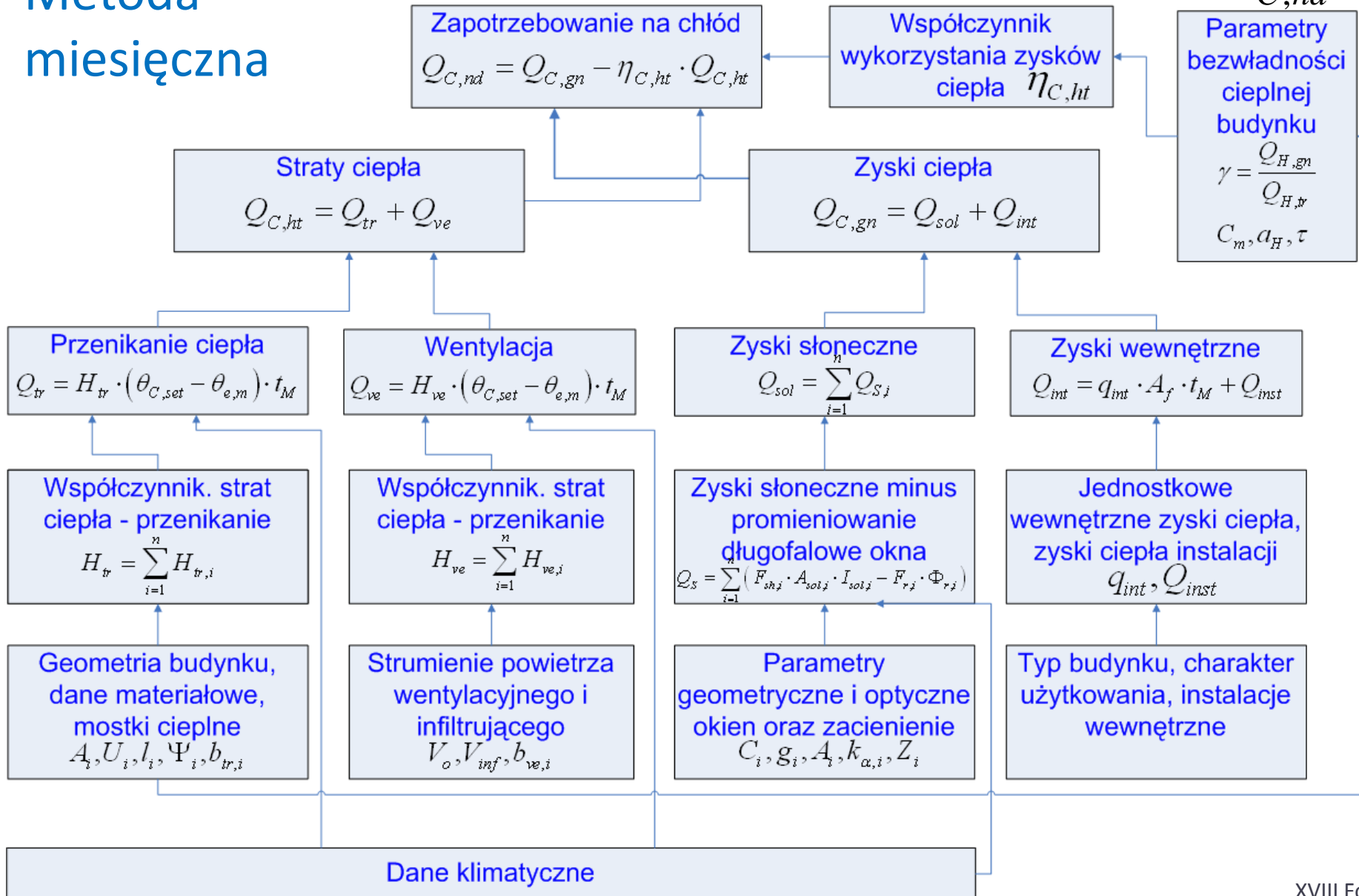
if $\gamma_C > 0$ and $\gamma_C \neq 1$: $\eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}$

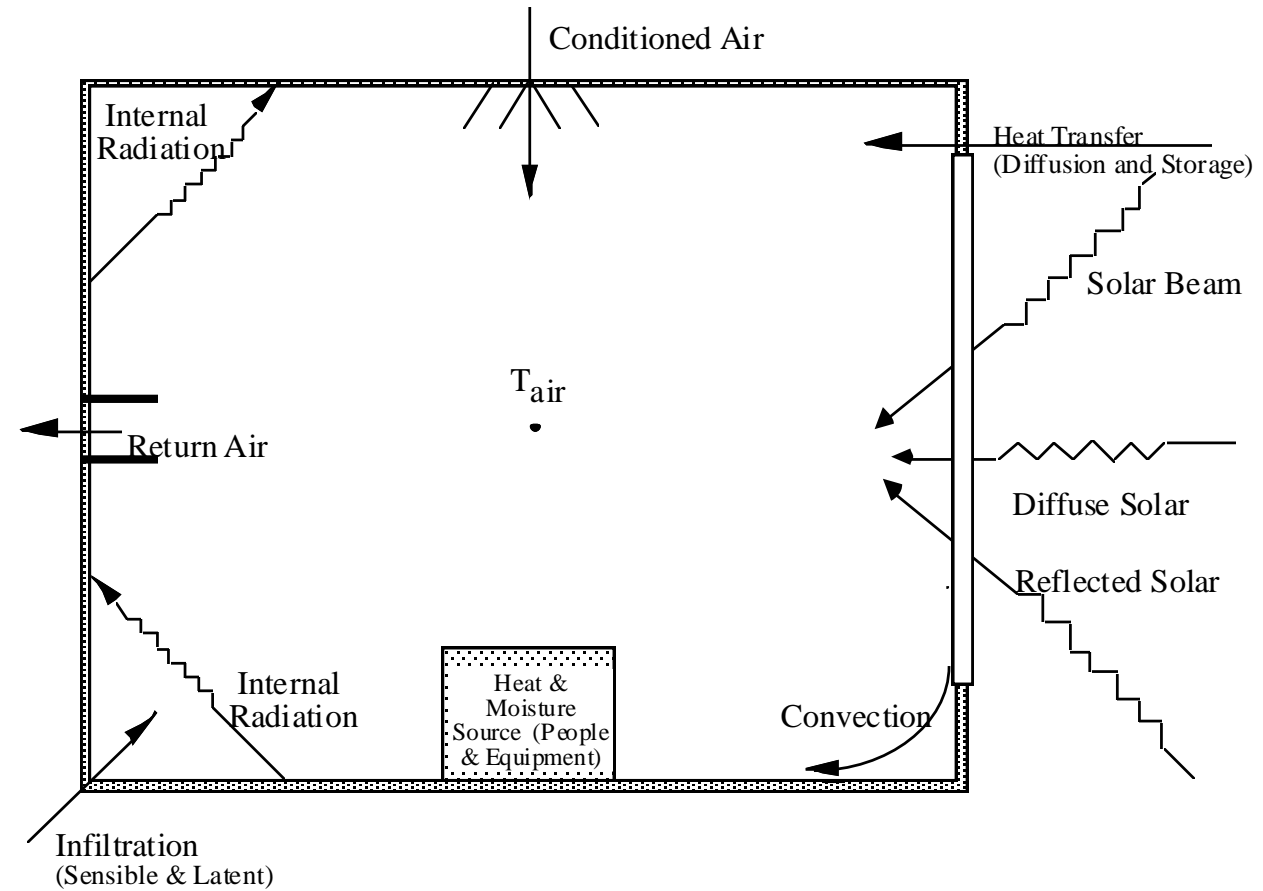
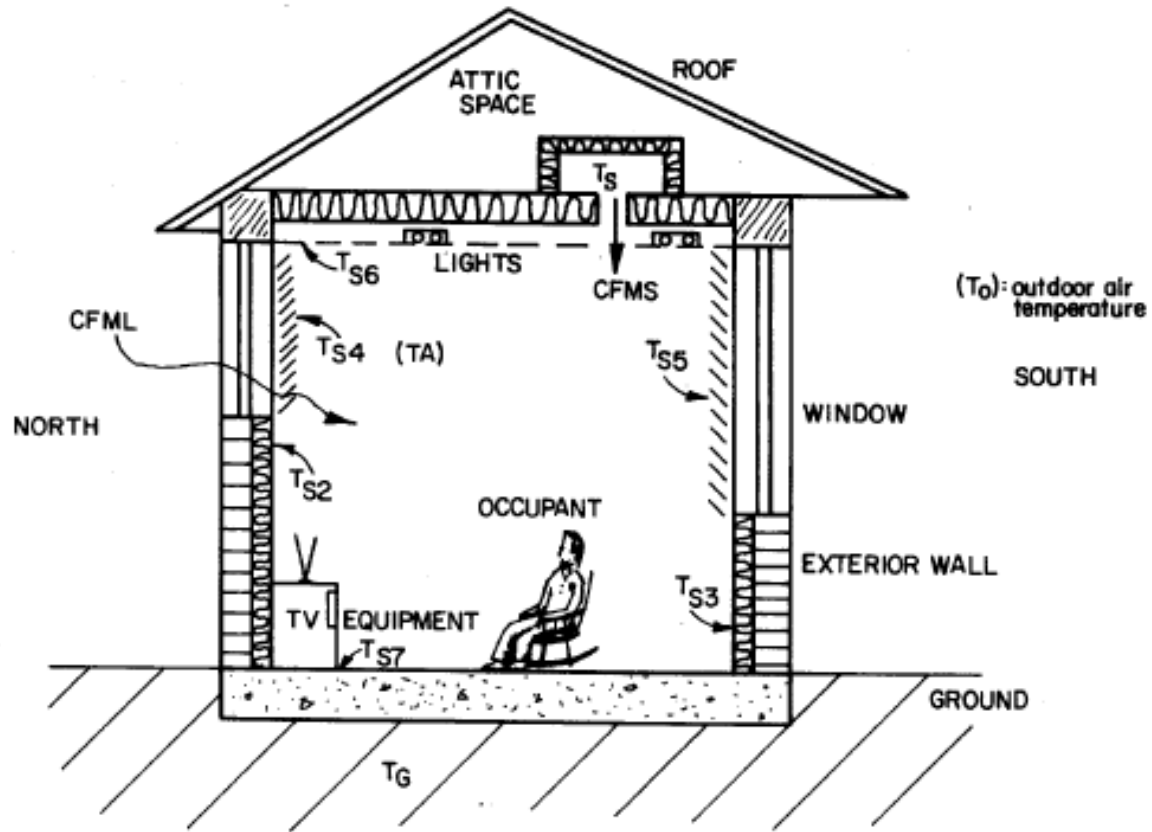
if $\gamma_C = 1$: $\eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1}$

if $\gamma_C < 0$: $\eta_{C,ls} = 1$

$$\gamma_C = \frac{Q_{C,gn}}{Q_{C,ht}} \quad a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}$$

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$





Metody normy – PN EN ISO 52016-



Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

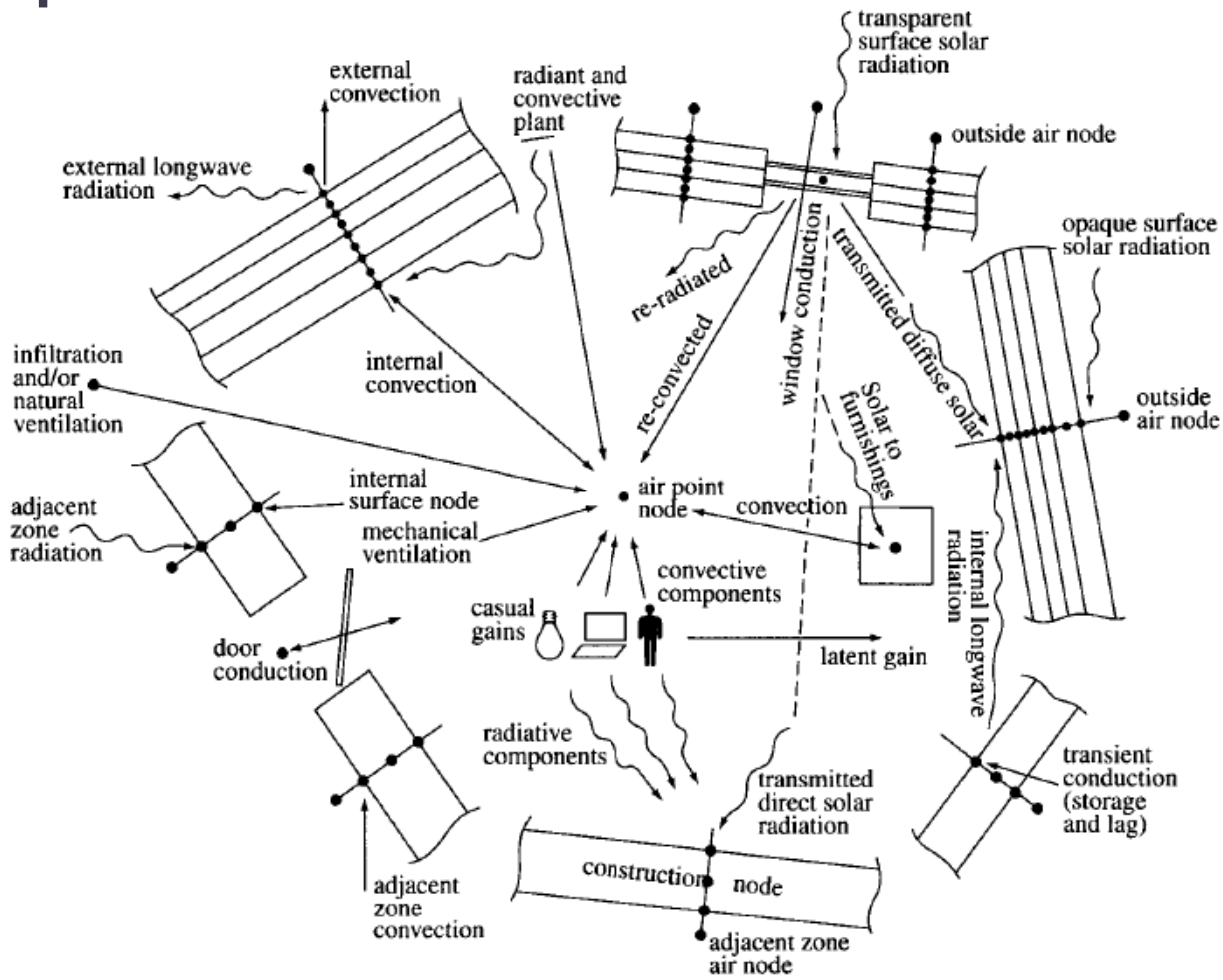
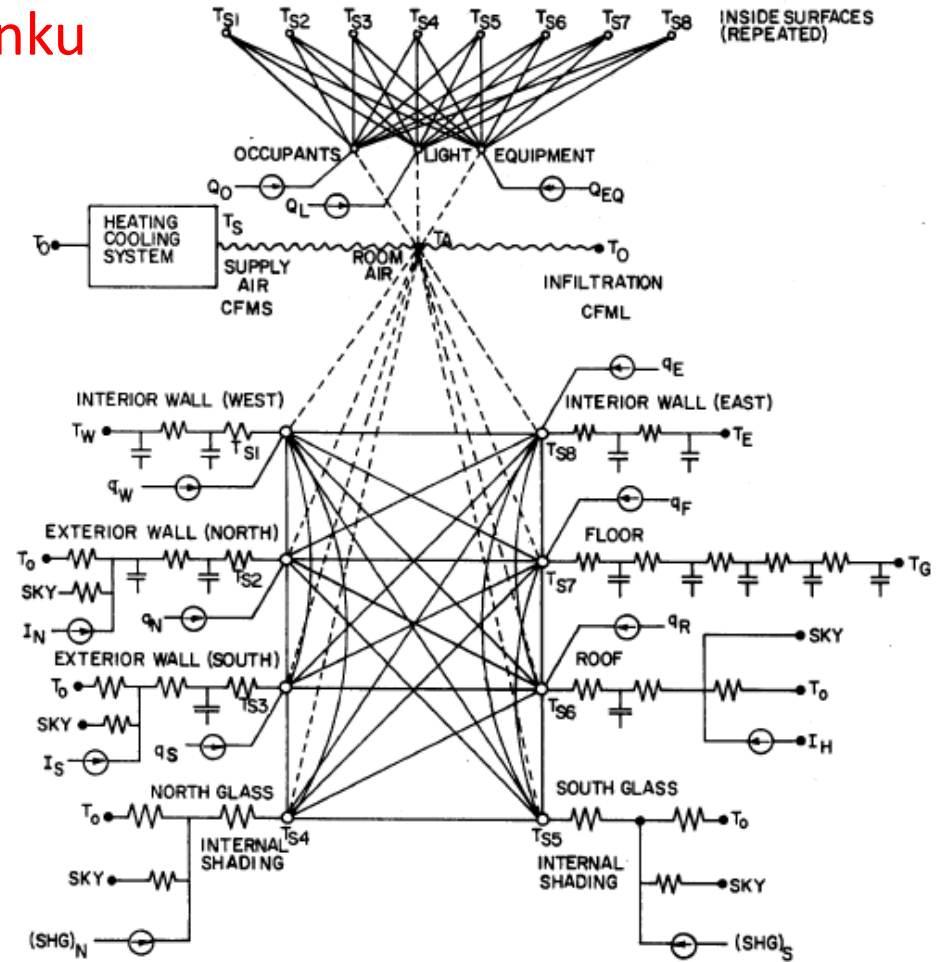


Figure 1.2: Building energy flowpaths.



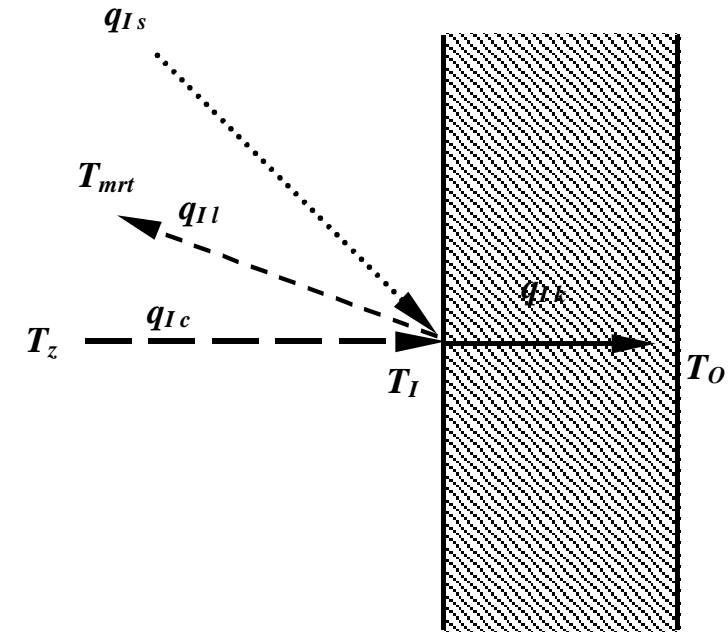
- THERMAL RESISTANCE
- THERMAL CAPACITANCE
- THERMAL CURRENT SOURCE

Metody normy – PN EN ISO 52016-

Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Bilans ciepła wewnętrznych powierzchni przegród nieprzezroczystych

Temperaturę powierzchni wewnętrznej przegrody budowlanej wyznacza się na podstawie bilansu energii na powierzchni wewnętrznej. Analogicznie jak dla powierzchni zewnętrznej bilans energii powierzchni wewnętrznej wynika z zasady zachowania energii, która wymaga aby suma gęstości strumieni ciepła na powierzchni wewnętrznej przegrody w dowolnej chwili czasu była równa zero. Bilans ciepła powierzchni wewnętrznej przegrody można więc zapisać w sposób ogólny:



$$q_{IC} + q_{IR} = \underbrace{q_{Ic}}_{\text{konwekcja}} + \underbrace{q_{Ir}}_{\text{promieniowanie długofalowe}} + \underbrace{q_{Os}}_{\text{promieniowanie słoneczne}}$$

$$q_c = h_c \cdot (\theta_s - \theta_a)$$

$$q_c = \Lambda_a \cdot \Delta\theta$$

Podstawiając do równania wartości współczynników przejmowania ciepła oraz temperatury można zapisać:

$$q_{IC} + q_{IR} = h_{Ic} \cdot (T_z - T_I) + h_{Ir} \cdot (T_{mrt} - T_I) + q_{Is}$$

$$\Phi_{va} = m_{a,v} \cdot c_a \cdot (\theta_l - \theta_{int;a})$$

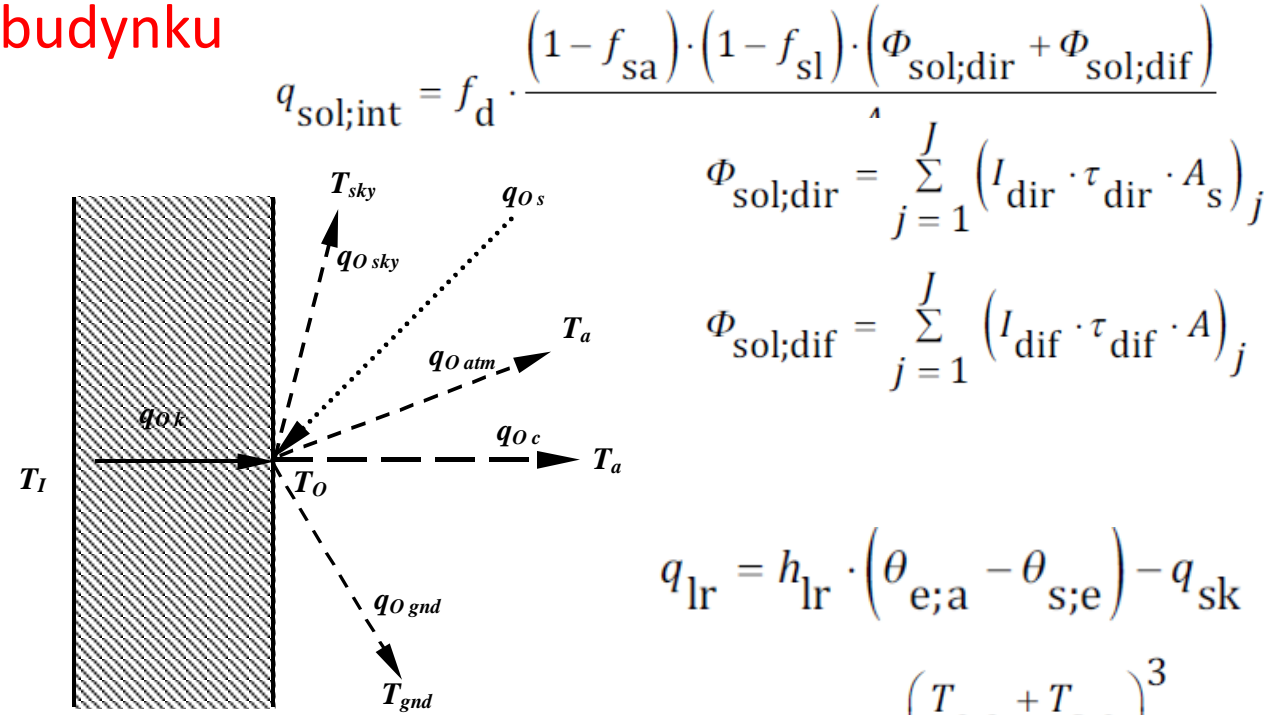
Metody normy – PN EN ISO 52016-



Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Bilans ciepła zewnętrznych powierzchni przegród nieprzezroczystych

Znajomość wartości współczynników przejmowania ciepła na drodze konwekcji wymuszonej lub naturalnej oraz współczynnika wymiany ciepła przez promieniowanie długofalowe do atmosfery, nieboskłonu i gruntu a także wartość natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię zewnętrzną przegrody w dowolnej chwili czasu jest podstawą dokładnej metody wyznaczania bilansu ciepła powierzchni zewnętrznej.



$$q_{OC} + q_{OR} = \underbrace{q_{Oc}}_{\text{konwekcja}} + \underbrace{q_{Oatm} + q_{Osky} + q_{Ognd}}_{\text{promieniowanie długofalowe}} + \underbrace{q_{Os}}_{\text{promieniowanie słoneczne}}$$

$$q_{sol;int} = f_d \cdot \frac{(1 - f_{sa}) \cdot (1 - f_{sl}) \cdot (\Phi_{sol;dir} + \Phi_{sol;dif})}{A}$$

$$\Phi_{sol;dir} = \sum_{j=1}^J (I_{dir} \cdot \tau_{dir} \cdot A_s)_j$$

$$\Phi_{sol;dif} = \sum_{j=1}^J (I_{dif} \cdot \tau_{dif} \cdot A)_j$$

$$q_{lr} = h_{lr} \cdot (\theta_{e;a} - \theta_{s;e}) - q_{sk}$$

$$h_{lr} = 4 \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot \left(\frac{T_{e;a} + T_{s;e}}{2} \right)^3$$

Podstawiając do równania wartości współczynników przejmowania ciepła oraz temperatury można zapisać:

$$q_{OC} + q_{OR} = h_{Oc} \cdot (T_a - T_o) + h_{Oatm} \cdot (T_a - T_o) + h_{Osky} \cdot (T_{sky} - T_o) + h_{Ognd} \cdot (T_{gnd} - T_o) + q_{Os}$$

Metody normy – PN EN ISO 52016-



1 Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Bilans ciepła węzłów przegród budowlanych

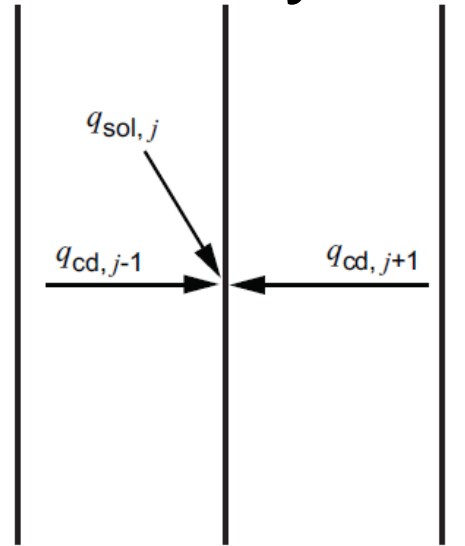


Figure 1 — Surface delimiting two layers

$$q_{cd,j-1} + q_{cd,j+1} + q_{sr,j} = 0$$

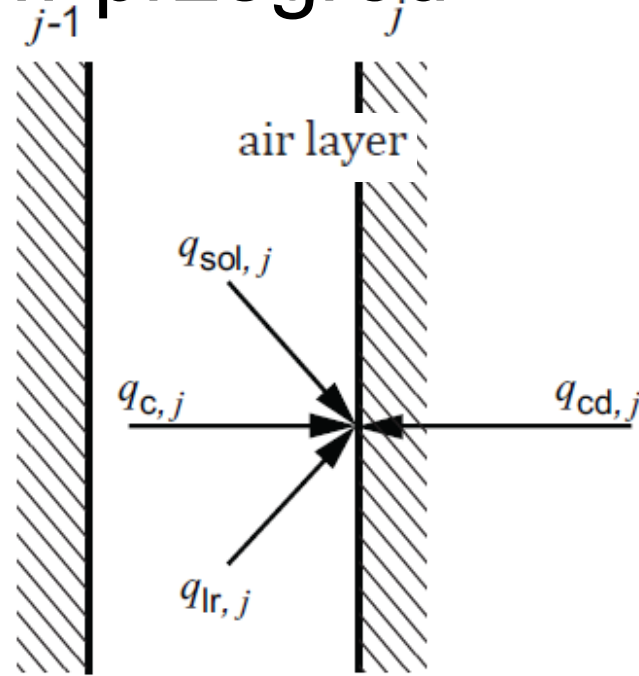
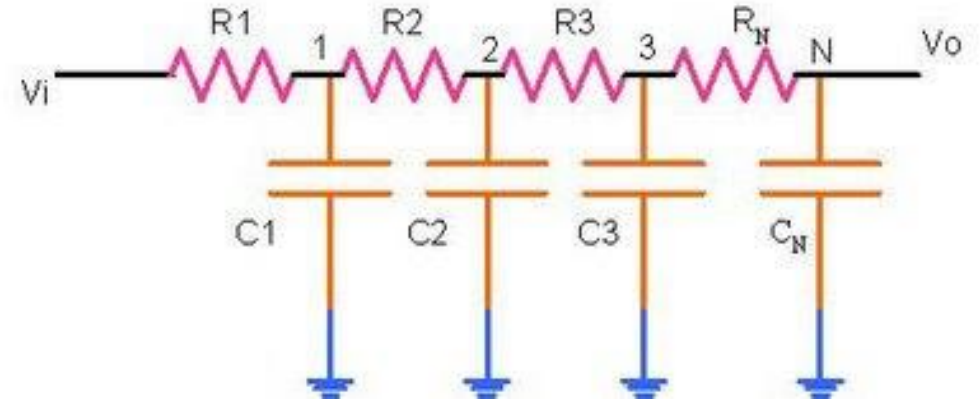


Figure 2 — Surface delimiting an air layer

$$q_{c,j} + q_{lr,j} + q_{cd,j} + q_{sol,j} = 0$$



Model RC przegrody budowlanej.

Norma PN EN ISO 52016-1 wymaga co najmniej 5 węzłów dla każdej przegrody.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \text{ i } \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0 \text{ czyli } \boxed{\frac{\partial T}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}}$$

Politechnika
Warszawska

$$\lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + g = c_{me} \cdot \rho_{me} \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$q_{cd;n} = -\lambda \cdot \left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)$$



1 Bilans ciepła strefy wewnętrznej budynku

$$\sum_{j=1}^N (A \cdot q_{c;i})_j + \Phi_V + \Phi_{int;c} + \Phi_{HC;ld;c} + \Phi_{sa} + \Phi_{va} + \Phi_{tb} = c_a \cdot \rho_{int;a} \cdot V_{int;a} \cdot \frac{d\theta_{int;a}}{dt}$$

Temperatura powietrza w strefie budynku wyznaczana jest na podstawie bilansu energii cieplnej dla masy powietrza znajdującego się wewnątrz strefy.

Równania energii przejmowanej od powierzchni wewnętrznych przegród otaczających strefę

Bilans ciepła powietrza składa się ze strumienia zysków ciepła, sumy strumieni ciepła przejmowanego przez powierzchnie wewnętrzne przegród otaczających daną strefę sumy strumieni ciepła powietrza infiltrującego do wnętrza strefy przez wszystkie przegrody otaczające ją oraz strumienia ciepła systemu ogrzewania/chłodzenia i wentylacji.

$$\begin{pmatrix} \Pi_{1,1} & \Pi_{1,2} & \Pi_{1,N} & \Pi_{1,N+1} \\ \Pi_{2,1} & \Pi_{2,2} & \Pi_{2,N} & \Pi_{2,N+1} \\ \Pi_{N,1} & \Pi_{N,2} & \Pi_{N,N} & \Pi_{N,N+1} \\ \Pi_{N+1,1} & \Pi_{N+1,2} & \Pi_{N+1,N} & \Pi_{N+1,N+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_{is,1} \\ \theta_{is,2} \\ \theta_{is,N} \\ \theta_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \Gamma_N \\ \Gamma_{N+1} \end{pmatrix}$$

Równanie bilansu energii powietrza w strefie

$$Q_g + Q_c + Q_i + Q_s = 0$$

Bilans ciepła dla strefy budynku można zapisać jako:

$$Q_{g(\tau)} + \sum_{i=1}^n h_{Ici(\tau)} \cdot A_{Ii} \cdot (T_{Ii(\tau)} - T_{z(\tau)}) + \sum_{i=1}^n v_{i(\tau)} \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot (T_{vi(\tau)} - T_{z(t)}) + Q_{s(\tau)} = 0$$

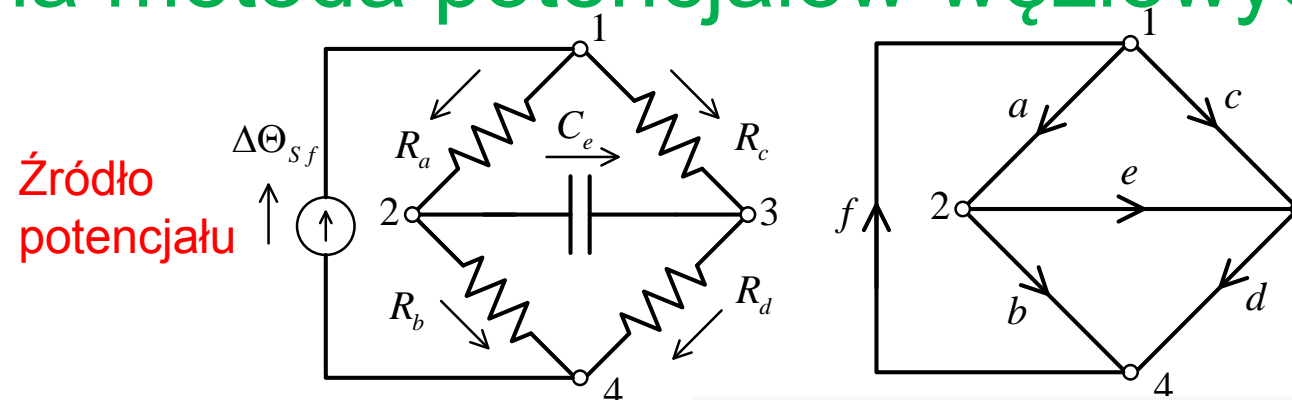
$$\Phi_V = c_a \cdot \rho_a \cdot q_{V;in} \cdot (\theta_{sup;a} - \theta_{int;a})$$

Metody normy – PN EN ISO 52016-



Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Proponowany sposób rozwiązania – Zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych



Podział gałęzi sieci na dwie grupy:

Gałąź „f” może być tylko w II grupie.

Grupa I - gałęzie admitancyjne, znane przewodności, źródła strumienia

Grupa II – gałęzie impedancyjne (obowiązkowo) – np. źródła potencjału
+ gałęzie admitancyjne (nieobowiązkowo, wyróżnione z I grupy),

Gałęzie I grupy wnoszą do układu równań **nieznane potencjały węzłowe**.

Gałęzie II grupy wnoszą do układu równań **nieznane strumienie gałęziowe**.

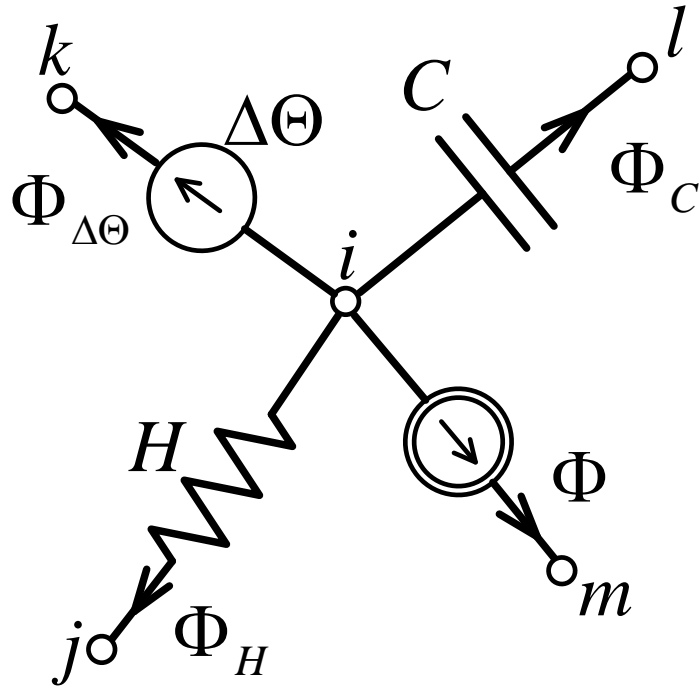
Metody normy – PN EN ISO 52016-



Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Proponowany sposób rozwiązania – Zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych

Macierz główna i wektor
wyrazów wolnych – suma
macierzy składowych
elementów sieci



Uogólniony węzeł
sieci z różnymi
elementami

Element	Macierz składowa – grupa I				
H	M	Θ_i	Θ_j	Φ_H	N
	i	H	$-H$	\emptyset	0
	j	$-H$	H	\emptyset	0
	Φ_H	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
C	M	Θ_i	Θ_l	Φ_C	N
	i	$\frac{C}{\Delta t}$	$-\frac{C}{\Delta t}$	\emptyset	$\frac{C}{\Delta t} \Delta\Theta_{t-1}$
	l	$-\frac{C}{\Delta t}$	$\frac{C}{\Delta t}$	\emptyset	$-\frac{C}{\Delta t} \Delta\Theta_{t-1}$
	Φ_C	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
Φ	M	Θ_i	Θ_m	Φ	N
	i	0	0	\emptyset	$-\Phi$
	m	0	0	\emptyset	Φ
	Φ	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
$\Delta\Theta$	Nie istnieje				

Element	Macierz składowa- grupa II				
H	M	Θ_i	Θ_j	Φ_H	N
	i	0	0	1	0
	j	0	0	-1	0
	Φ_H	$-H$	H	1	0
C	M	Θ_i	Θ_l	Φ_C	N
	i	0	0	1	0
	l	0	0	-1	0
	Φ_C	$-\frac{C}{\Delta t}$	$\frac{C}{\Delta t}$	1	$\frac{C}{\Delta t} \Delta\Theta_{c,t-1}$
Φ	M	Θ_i	Θ_m	Φ	N
	i	0	0	1	0
	m	0	0	-1	0
	Φ	0	0	1	Φ
$\Delta\Theta$	M	Θ_i	Θ_m	$\Phi_{\Delta\Theta}$	N
	i	0	0	1	0
	m	0	0	-1	0
	$\Phi_{\Delta\Theta}$	1	-1	1	$\Delta\Theta$

Metody normy – PN EN ISO 52016-

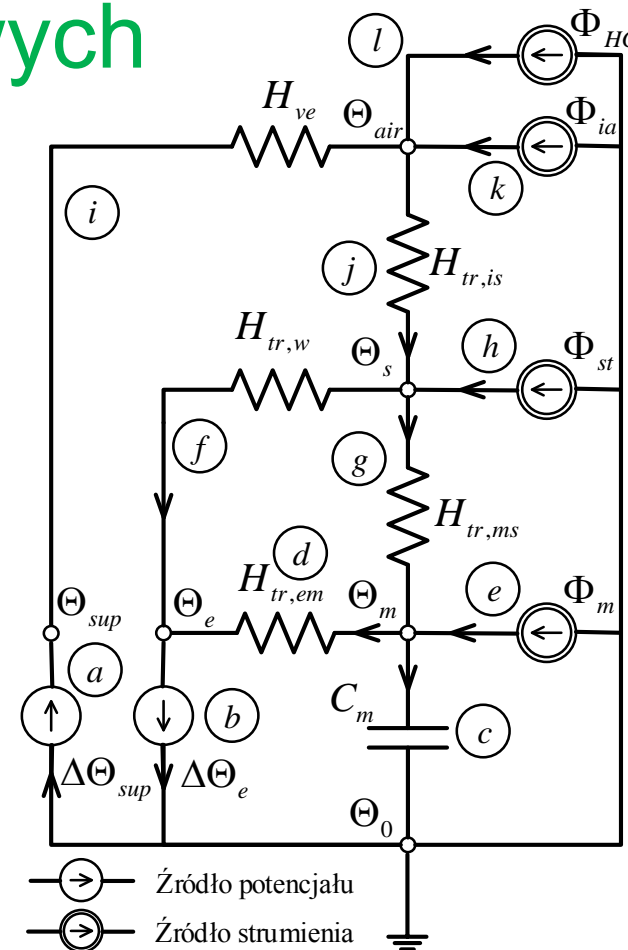


1 Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

Proponowany sposób rozwiązania – Zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych

Przykład - model
5R1C budynku

Θ_m	Θ_s	Θ_{air}	Θ_e	Θ_{sup}	Φ_a	Φ_b	N
$\frac{C_m}{\Delta t} + H_{tr,em} + H_{tr,ms}$	$-H_{tr,ms}$	0	$-H_{tr,em}$	0	0	0	$\frac{C_m}{\Delta t} \Theta_{m,t-1} + \Phi_m$
$-H_{tr,ms}$	$H_{tr,ms} + H_{tr,w} + H_{tr,is}$	$-H_{tr,is}$	$-H_{tr,w}$	0	0	0	Φ_{st}
0	$-H_{tr,is}$	$H_{tr,is} + H_{ve}$	0	$-H_{ve}$	0	0	$\Phi_{ia} + \Phi_{HC}$
$-H_{tr,em}$	$-H_{tr,w}$	0	$H_{tr,em} + H_{tr,w}$	0	0	-1	0
0	0	$-H_{ve}$	0	H_{ve}	-1	0	0
0	0	0	0	-1	0	0	$\Delta\Theta_{sup}$
0	0	0	-1	0	0	0	$\Delta\Theta_e$



Gałąź „k” ze źródłem
strumienia energii Φ_{ia}
admitancyjna - grupa I

Gałąź „a” ze źródłem
potencjału $\Delta\Theta_{sup}$
impedancyjna - grupa II



Dobra wiadomość - podstawy metody miesięcznej pozostały bez zmian w stosunku do normy PN EN ISO 13790

Ogrzewanie

$$Q_{H,nd} = a_{H,red} \left(Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \right)$$

Chłodzenie

$$Q_{C,nd} = a_{C,red} \left(Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht} \right)$$

Wprowadzono współczynniki redukcyjne

Roczne zapotrzebowanie na energię

$$Q_{H;nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H;nd;ztc;m}$$

$$Q_{C;nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{C;nd;ztc;m}$$



Metoda miesięczna – obliczanie energii do nawilżania i osuszania powietrz wentylacyjnego – bez uwzględniania dynamiki procesów

Nawilżanie

$$Q_{\text{HU};\text{nd};\text{ztc};m} = f_{\text{HU};m} \cdot h_{\text{we}} \cdot \left(1 - \eta_{\text{HU};\text{rvd};\text{ztc}}\right) \cdot \rho_a \cdot q_{\text{V};\text{mech};\text{ztc};m} \cdot \left(\Delta x \cdot t\right)_{\text{a};\text{sup};\text{ztc};\text{an}}$$

Osuszanie

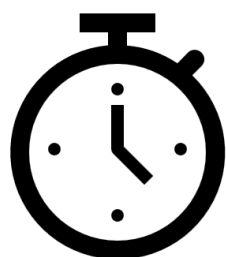
$$Q_{\text{DHU};\text{nd};\text{ztc};m} = f_{\text{DHU};c} \cdot Q_{\text{C};\text{nd};\text{ztc};m}$$

Roczne zapotrzebowanie na energię

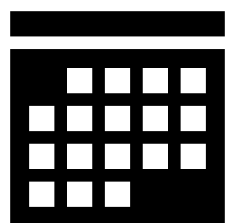
$$Q_{\text{HU}/\text{DHU};\text{nd};\text{ztc};\text{an}} = \sum_m Q_{\text{HU}/\text{DHU};\text{nd};\text{ztc};m}$$



Główne zmiany w metodach obliczeniowych normy PN EN ISO 52016-1



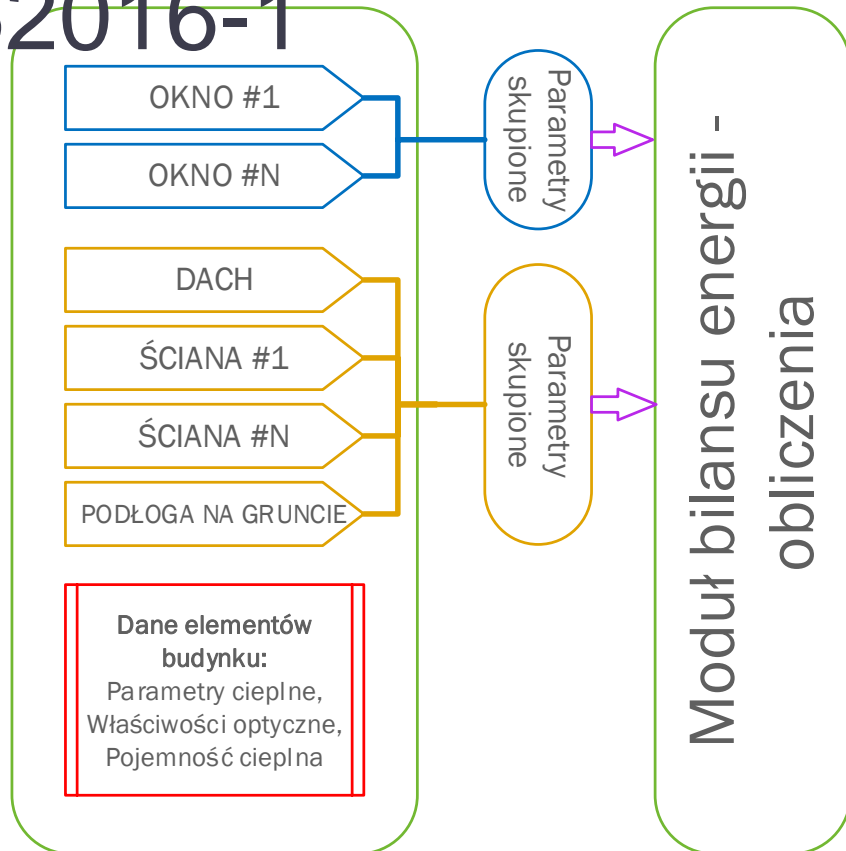
Metoda godzinowa - dowolny model sieci przepływu ciepła w budynku, szczegóły implementacji opisuje norma, metoda rozwiązania dowolna



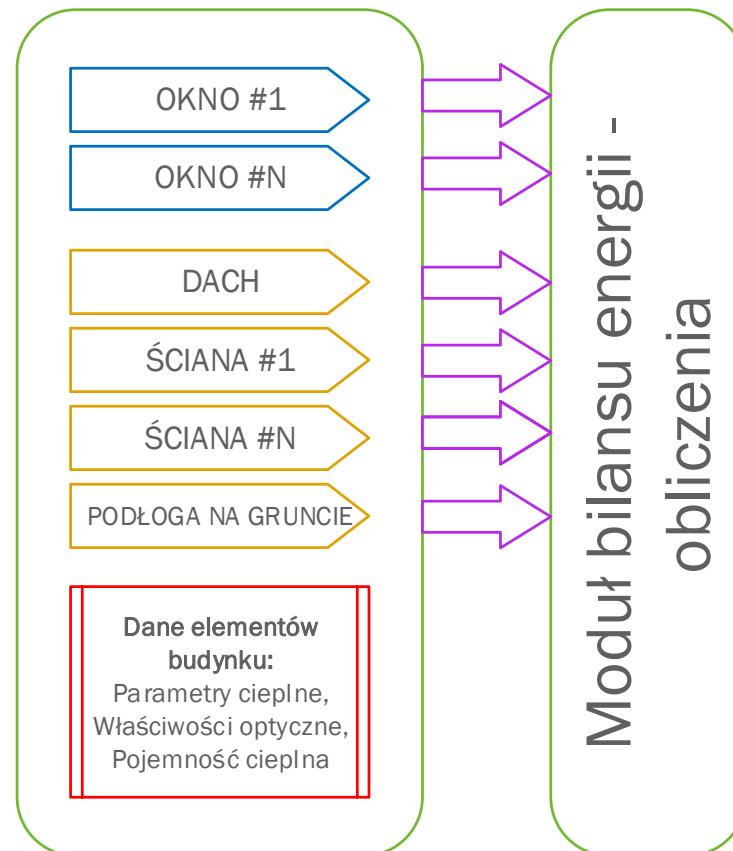
Bazowa **metoda miesięczna** bez zmian – model quas-dynamiczny budynku, niewielkie różnice implementacyjne, np. współczynniki redukcyjne, energia nawilżania, osuszania



Różnice implementacyjne metody godzinowej normy – PN EN ISO 52016-1



Norma EN ISO 13790



Norma EN ISO 52016-1

Wymagania określenia współczynników i parametrów korelacyjnych metody miesięcznej – PN EN ISO 52016-1

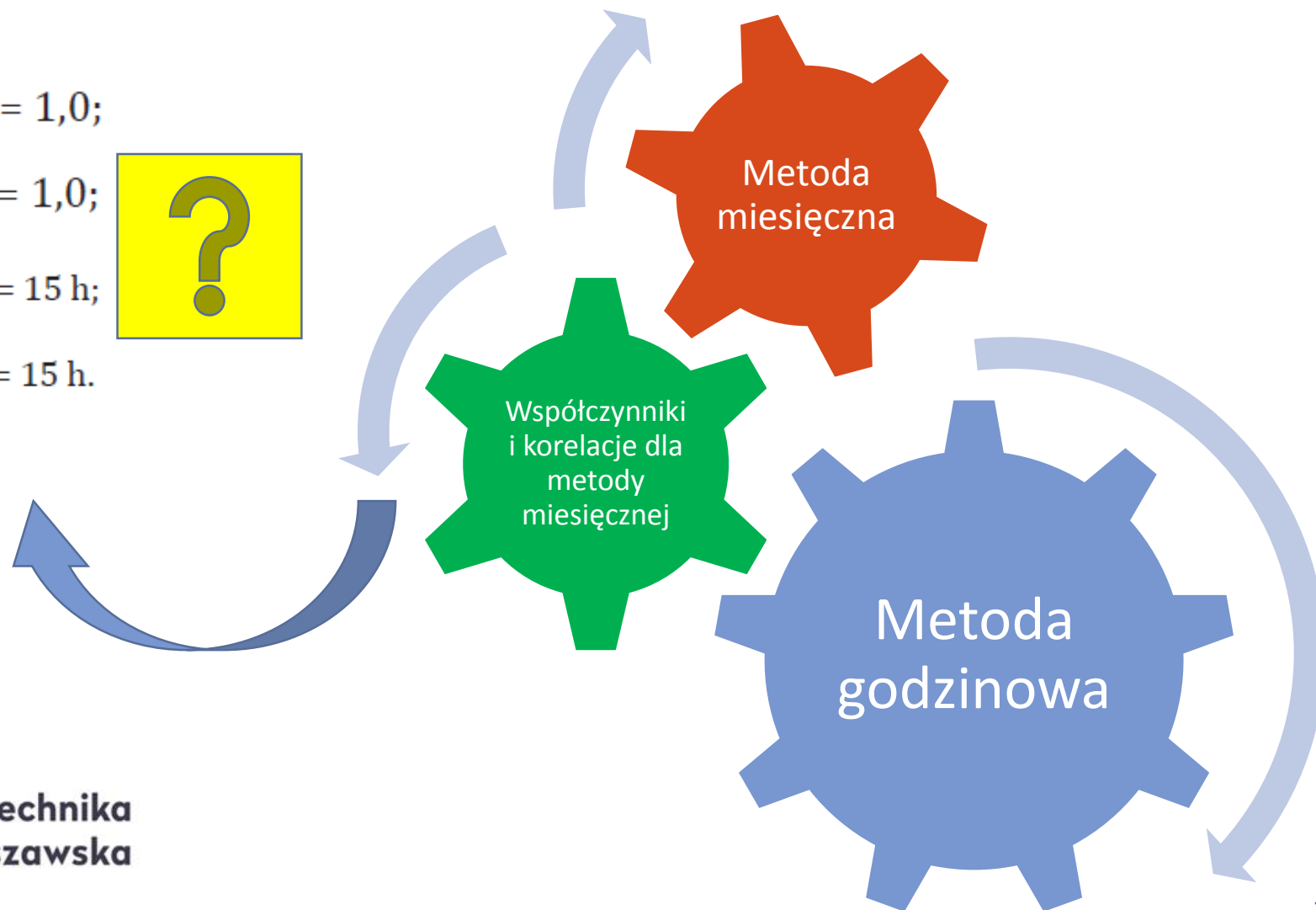


$$a_{H,0} = 1,0;$$

$$a_{C,0} = 1,0;$$

$$\tau_{H,0} = 15 \text{ h};$$

$$\tau_{C,0} = 15 \text{ h}.$$



Weryfikacja modeli obliczeniowych

Norma ANSI / ASHRAE 140 – model BESTEST 600 oraz 900



Table 28 — Test results sensible energy needs for heating,

Month	0,001 $\Phi_{H,ld}$ kWh			
	Case id.	600	640	900
1	1005	718	84	350
2	849	591	53	333
3	636	358	121	118
4	358	169	147	69
5	154	47	175	4
6	63	22	308	8
7	6	0	638	0
8	11	0	656	0
9	95	19	626	0
10	375	151	418	27
11	644	389	84	120
12	938	646	48	272
Annual	5133	3112	3360	1303

Budowane modele obliczeniowe powinny podlegać weryfikacji

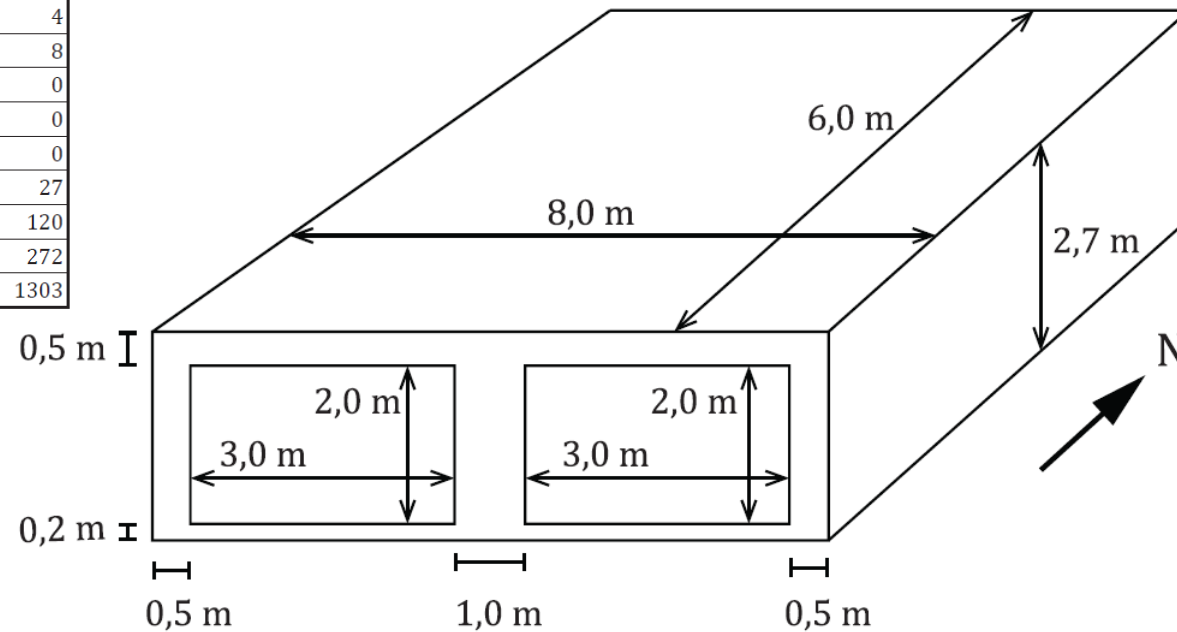


Figure 2 — Geometry of the test room

Załącznik krajowy – Aneks A normy PN EN ISO 52016-1



Wzorzec do określenia szczegółowych reguł stosowania metod obliczeniowych dla różnego rodzaju i typu budownictwa w danym kraju np.:

- Podział na strefy cieplne,
- Uwzględnianie sprzężenia cieplnego stref,
- Udział wentylacji stref nieklimatyzowanych w obliczeniach,
- metoda uśredniania przestrzennego temperatury,
- Współczynniki uwzględniania wewnętrznych zysków ciepła,
- Alternatywne modele obliczeniowe,
- Uwzględnianie wewnętrznych przegród,
- Współczynniki korekcyjne konwekcji zysków ciepła,
- Dystrybucja masy przegród nieprzezroczystych,

...i wiele innych – **48 tabel opcji obliczeniowych dla różnych typów budownictwa**

Podsumowanie



Nowa szczegółowa metoda godzinowa – model sieci przepływu ciepła – przegrody budowlane - co najmniej pięć węzłów

Obliczenia zapotrzebowania na energię ogrzewania, chłodzenia, nawilżanie, osuszanie
Obliczenia temperatury,
Obliczenia projektowego zapotrzebowania na moc

Dowolność metody obliczeniowej – norma przedstawia szczegóły tworzenia modelu obliczeniowego

Baza metody miesięcznej bez zmian – niewielkie korekty szczegółów obliczeń

Obliczenia tylko zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia z uwzględnieniem dynamiki cieplnej, energia do nawilżania i osuszania tylko dla stanów statycznych

Wymagane krajowe współczynniki korekcyjne i korelacyjne dla metody miesięcznej różnych typów budownictwa obliczone za pomocą metody godzinowej



Dziękuję za uwagę



**Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

