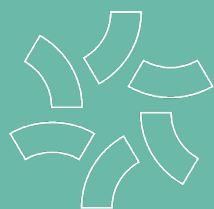


Zrzeszenie Audytorów Energetycznych

**Obliczanie zapotrzebowania energii według
normy PN-EN ISO 52016-1**

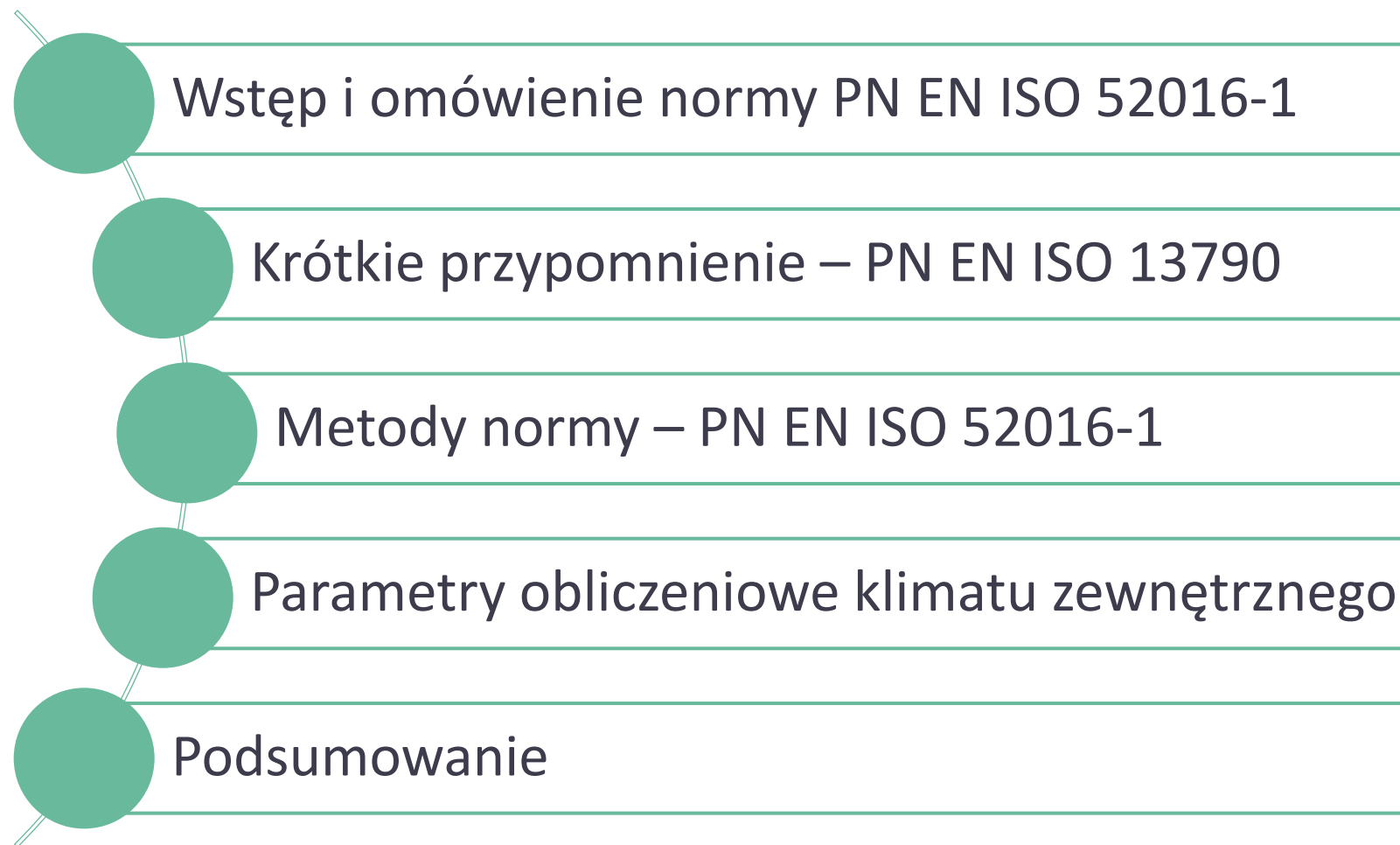
Dr inż. Piotr Narowski



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



Plan prezentacji





[< Powrót](#)

Prekonsultacje zmian regulacji w zakresie wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz wzorów świadectw charakterystyki energetycznej

30.01.2023

Zapraszamy do udziału w prekonsultacjach projektu rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej. Prosimy o opinie w terminie do 28 lutego 2023 r.



W projekcie rozporządzenia metoda godzinowa wyznaczania zapotrzebowania na energię użytkową jest metodą podstawową.

Typowe lata meteorologiczne są niezbędnymi danymi wejściowymi do symulacji energetycznych budynków.

Tabela 28. Wybór między godzinową a miesięczną metodą obliczania dla różnych typów budynków[¶]

Rodzaj obiektu i / lub aplikacja	Budynki mieszkalne	Budynki biurowe	Budynki oświatowe	Budynki opieki zdrowotnej, szpitale	Budynki zamieszkania zbiorowego, hotele i restauracje	Obiekty sportowe	Budynki usług, handlu hurtowego i detalicznego	Inne rodzaje budynków zużywających energię
Dozwolona tylko metoda godzinowa	Niea	Taka	Taka	Taka	Taka	Taka	Taka	Taka
Dozwolona tylko metoda miesięczna	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea
Obie metody dozwolone	Taka	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea	Niea

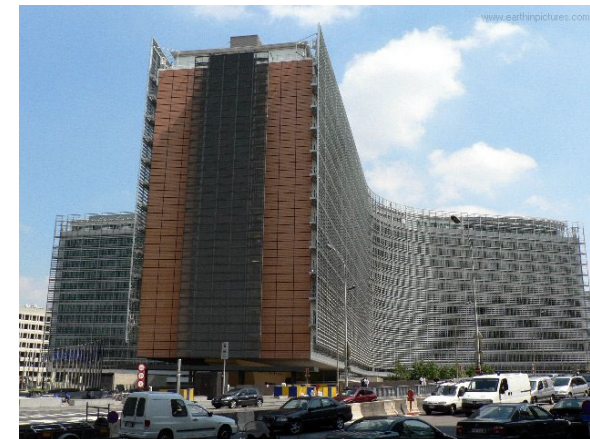
¶

Wstęp

Wyznaczyć zapotrzebowanie na moc cieplna (chłodniczą) oraz roczną ilość energii użytkowej oraz energii dostarczonej (końcowej) do budynku.

Pojawia się pytanie:

Czy zapotrzebowanie na moc i energię dla budynków można obliczać jedną metodą niezależnie od złożoności ich konstrukcji i wewnętrznych instalacji?



Energy Performance of Buildings Directive

Aiming to achieve a fully decarbonised building stock by 2050, the Energy Performance of Buildings Directive contributes directly to the EU's energy and climate goals.

Najważniejsze fakty dotyczące energii i budynków w UE

85% budynków w UE zostało zbudowanych przed 2000 r., a 75% z nich ma słabą wydajność energetyczną. Podejmowanie działań na rzecz efektywności energetycznej budynków jest zatem kluczowe dla oszczędzania energii, obniżania rachunków dla obywateli i małych przedsiębiorstw oraz osiągnięcia zerowej emisji i w pełni zdekarbonizowanego zasobu budynków do 2050 r.



Porozumienie polityczne w sprawie nowej wersji dyrektywy EPBD osiągnięto 17 listopada 2009 r. – nowe wersje dyrektywy EPBD 2010, 2018.

W niektórych krajach UE konieczne będą nowe metody i narzędzia obliczeniowe do spełnienia wymogów przekształconej dyrektywy EPBD zgodnie z normą EN ISO 52016-1.

around 40%

of energy consumed in the EU is used in buildings

over 1/3

of the EU's energy-related GHG emissions come from buildings

+/- 80%

of energy used in EU homes is for heating, cooling and hot water

4.1.2003

EN

Official Journal of the European Communities

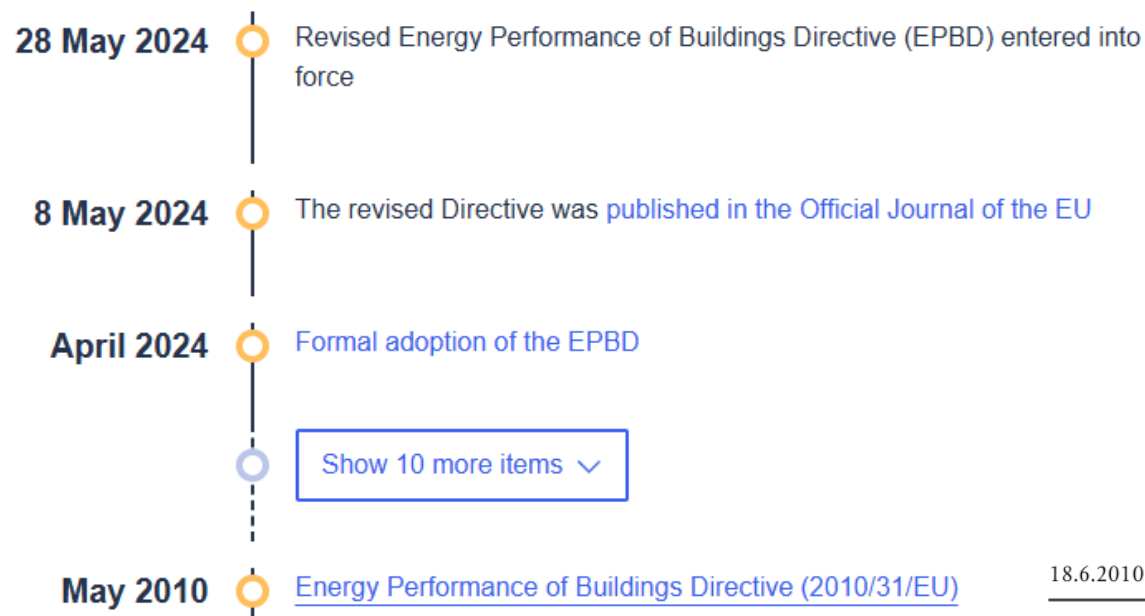
L 1/65

DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
of 16 December 2002
on the energy performance of buildings

Energy Performance of Buildings Directive

Aiming to achieve a fully decarbonised building stock by 2050, the Energy Performance of Buildings Directive contributes directly to the EU's energy and climate goals.

Legislative timeline



around 40%
of energy consumed in
the EU is used in
buildings

over 1/3
of the EU's energy-
related GHG emissions
come from buildings

+/- 80%
of energy used in EU
homes is for heating,
cooling and hot water

18.6.2010

PL

Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej

L 153/13

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2010/31/UE

z dnia 19 maja 2010 r.

w sprawie charakterystyki energetycznej budynków

(wersja przekształcona)

Szkolenie ZAE 20.12.2024



ZAŁĄCZNIK I

Wspólne ramy ogólne do obliczania charakterystyki energetycznej budynków (o których mowa w art. 3)

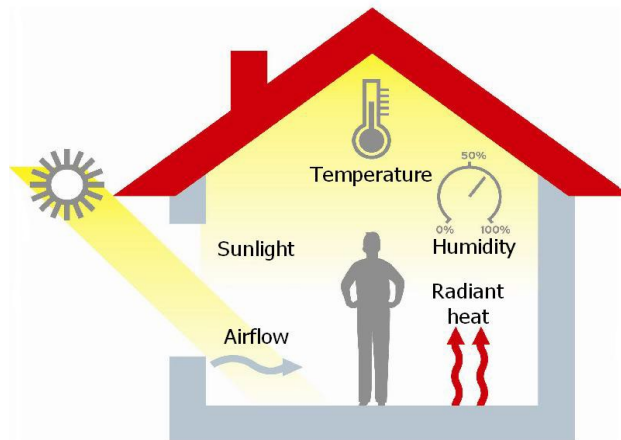


1. Charakterystykę energetyczną budynku określa się na podstawie obliczonej lub faktycznej ilości energii się rocznie w celu spełnienia różnych potrzeb związanych z jego typowym użytkowaniem, i odzwierciedla ona zapotrzebowanie na energię do celów ogrzewania i chłodzenia (energię potrzebną, aby uniknąć przegrzania) w celu utrzymania przewidzianych warunków termicznych budynku oraz zaspokojenia potrzeb zaopatrzenia w ciepłą wodę.
2. Charakterystykę energetyczną budynku wyraża się w sposób przejrzysty i zawiera ona wskaźnik charakterystyki energetycznej oraz wskaźnik liczbowy zużycia energii pierwotnej na podstawie wskaźników energii pierwotnej na każdy nośnik energii, które mogą opierać się na krajowych lub regionalnych średnich ważonych lub konkretnej wartości dla produkcji na miejscu.

Metodologia obliczania charakterystyki energetycznej budynków powinna uwzględniać normy europejskie oraz jest zgodna z odpowiednim prawodawstwem Unii, w tym z dyrektywą 2009/28/WE.

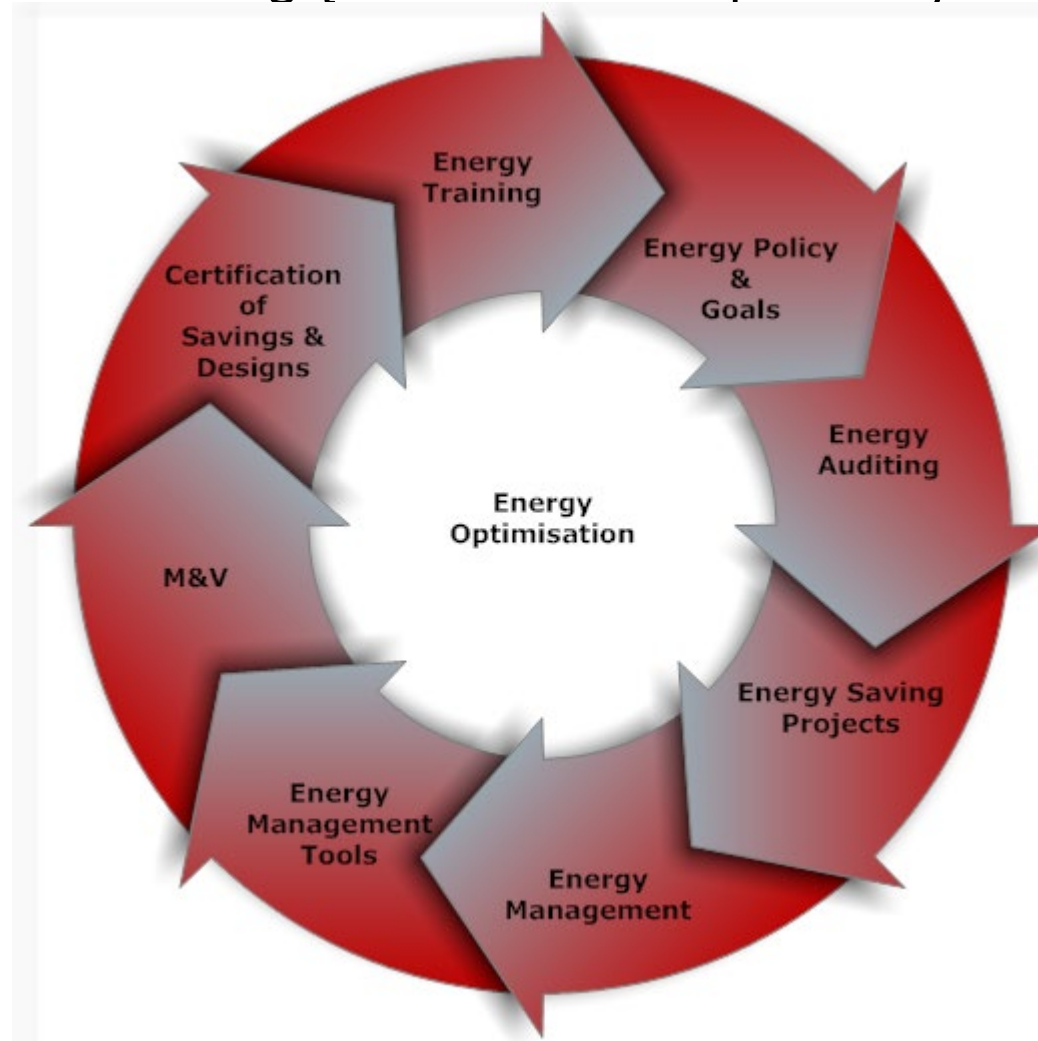
Różne cele optymalizacji

Minimalizacja zapotrzebowania na energię i emisji CO₂ przy utrzymaniu wysokiego komfortu użytkownika budynku (komfort cieplny, wizualny itd.) i minimalizacji wpływu na środowisko



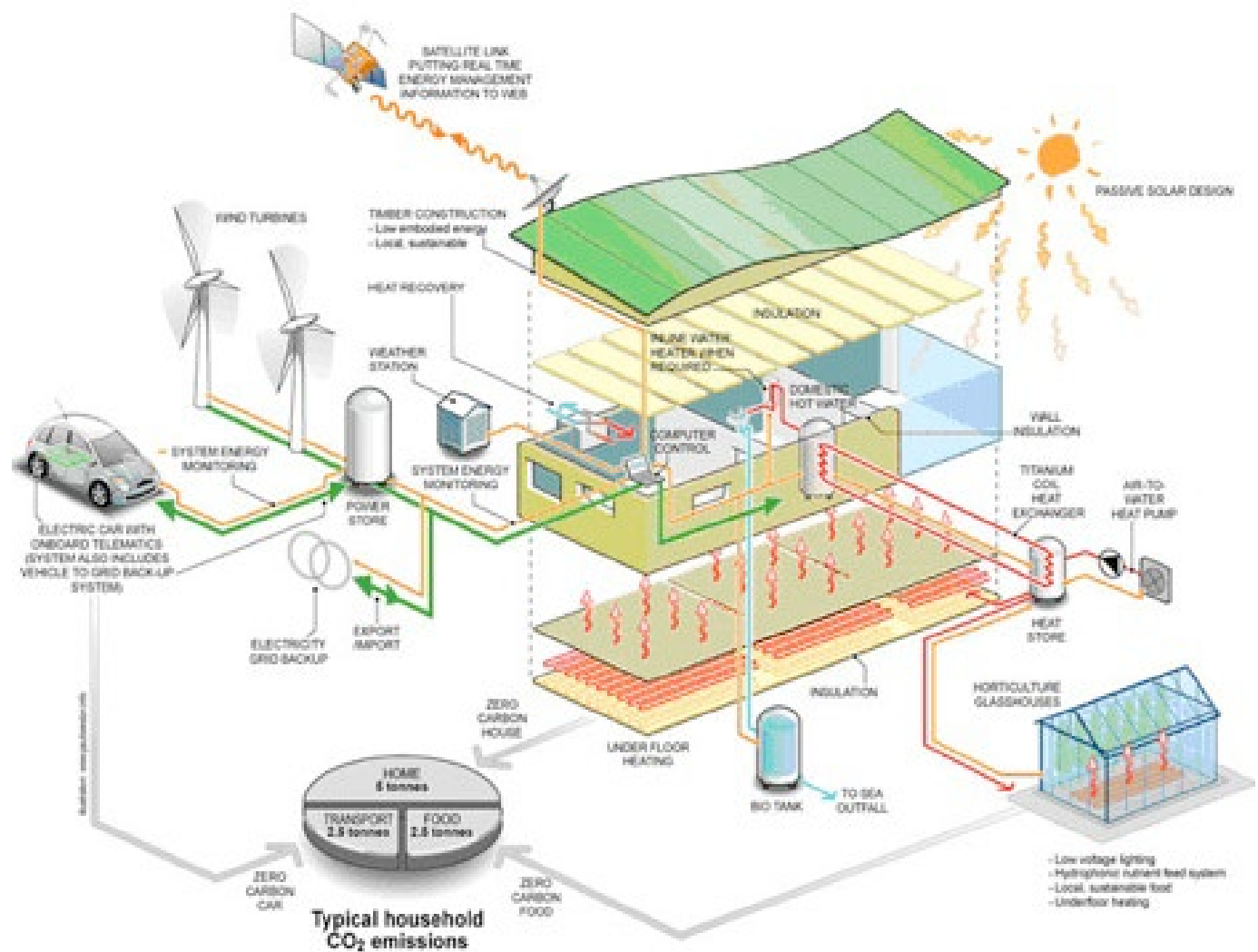
Zapewnienie takiej charakterystyki budynku, która spełni wszystkie współczesne wymagania jest zadaniem złożonym, w którym przeplatają się wymagania natury technicznej i rozmaite oczekiwania eksploatacyjne, które często nawzajem częściowo lub całkowicie się wykluczają.

Metody i środki służące optymalizacji zapotrzebowania na energię z zachowaniem pozostałych wymagań dla budynku



- Polityka energetyczna
- Audyty energetyczne
- **Projektowanie z uwzględnieniem oszczędności energii**
- Zarządzanie energią w budynku
- Narzędzia do zarządzania energią
- Pomiary i weryfikacja zarządzania energią
- Certyfikacja
- Szkolenia użytkowników w zakresie obsługi systemów energetycznych budynków

Projektowanie instalacji ogrzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych



Czy projektując instalacje HVAC optymalizuje się ją pod względem zapotrzebowania na energię?

Czy analizowane są różne rozwiązania pod względem energetycznym?

Czy przyjmowane wartości obliczeniowe są poprawne czy tylko zwyczajowe?

Cel obliczeń

Podstawowym zagadnieniem jest wyznaczenie ilości energii wykorzystywanej w ciągu roku w ocenianym budynku dla potrzeb:

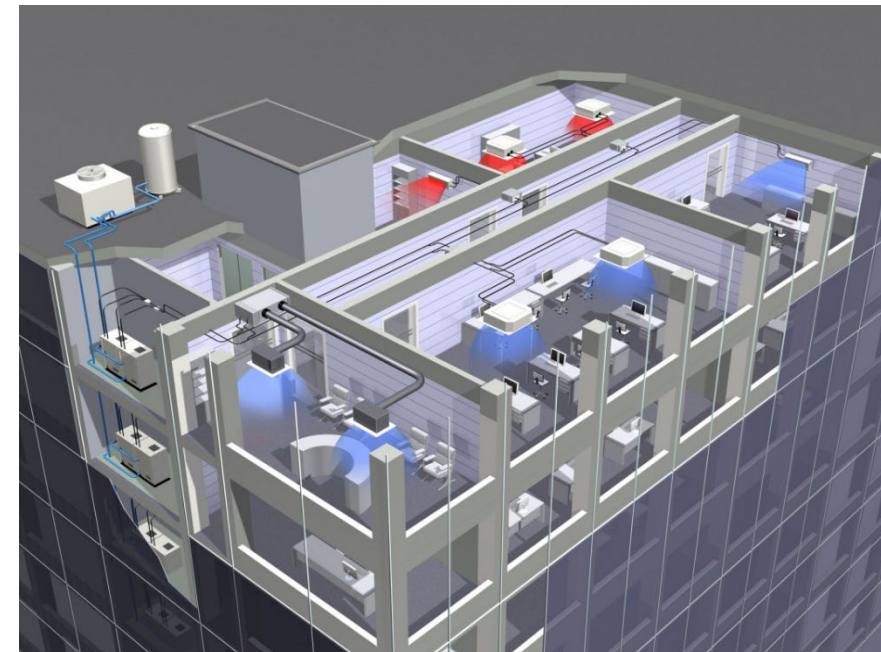
- ogrzewania,
- chłodzenia,
- przygotowania c.w.u.,
- oświetlenia,

a następnie ocena tej wielkości.

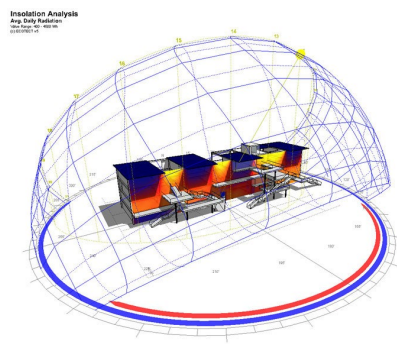
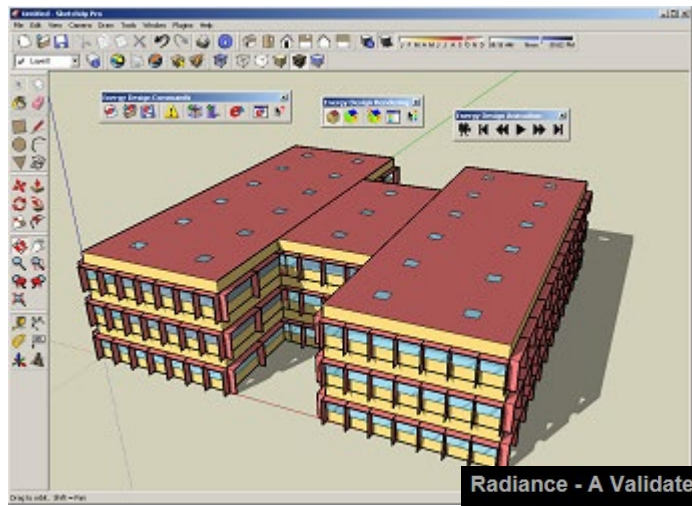
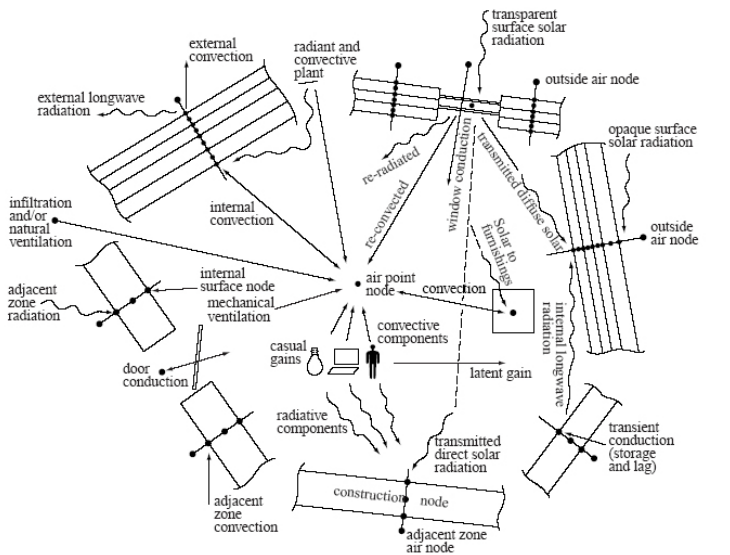
Budynek – złożony system dynamiczny

Budynek wraz z instalacjami to JEDEN system, który należy optymalizować.

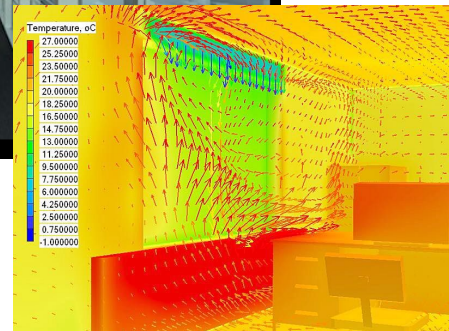
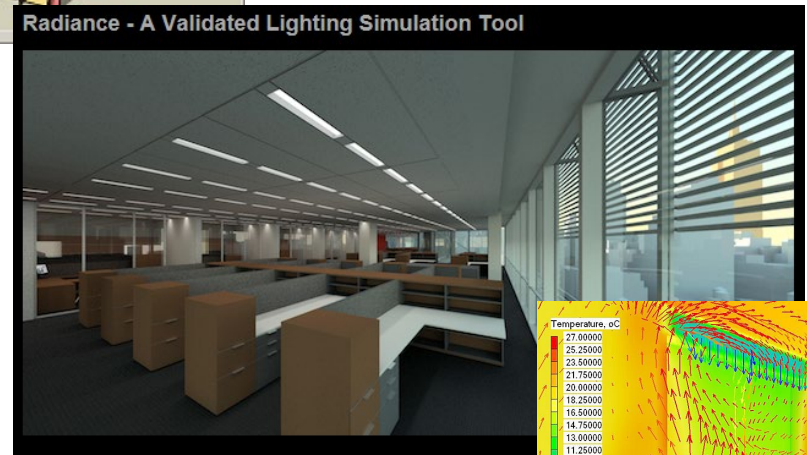
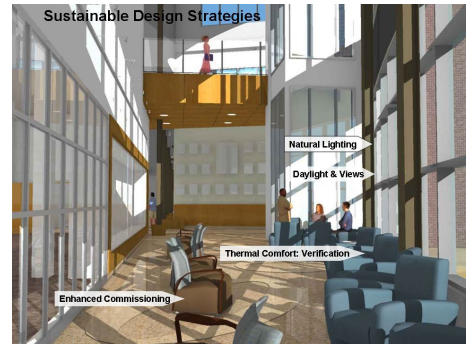
- Elementy zewnętrznej obudowy budynku – przegrody nieprzezroczyste, okna, elewacja DSF, pojemność cieplna,
- Systemy ogrzewania,
- Systemy chłodzenia,
- Systemy wentylacji
- Systemy klimatyzacji
- Oświetlenie światłem dziennym
- Oświetlenie sztuczne budynku



W jaki sposób rozwiązać problem określenia ilości energii i optymalizacji użytkowania energii w budynku?



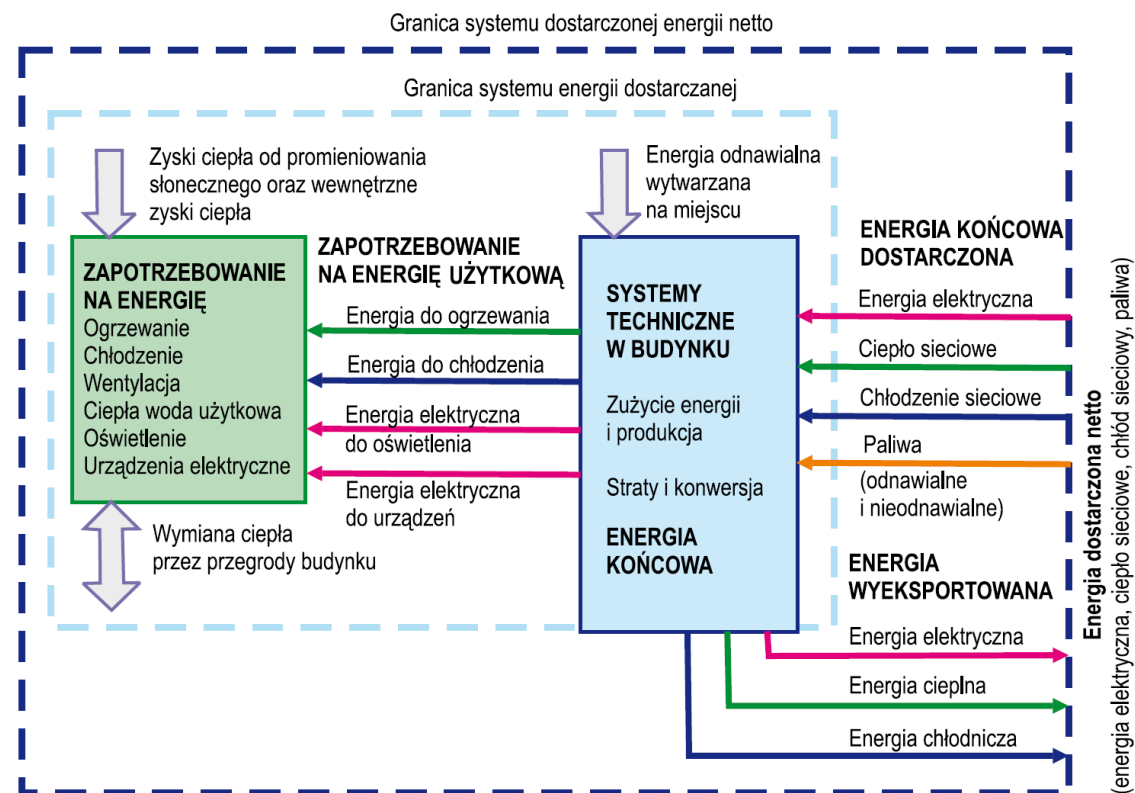
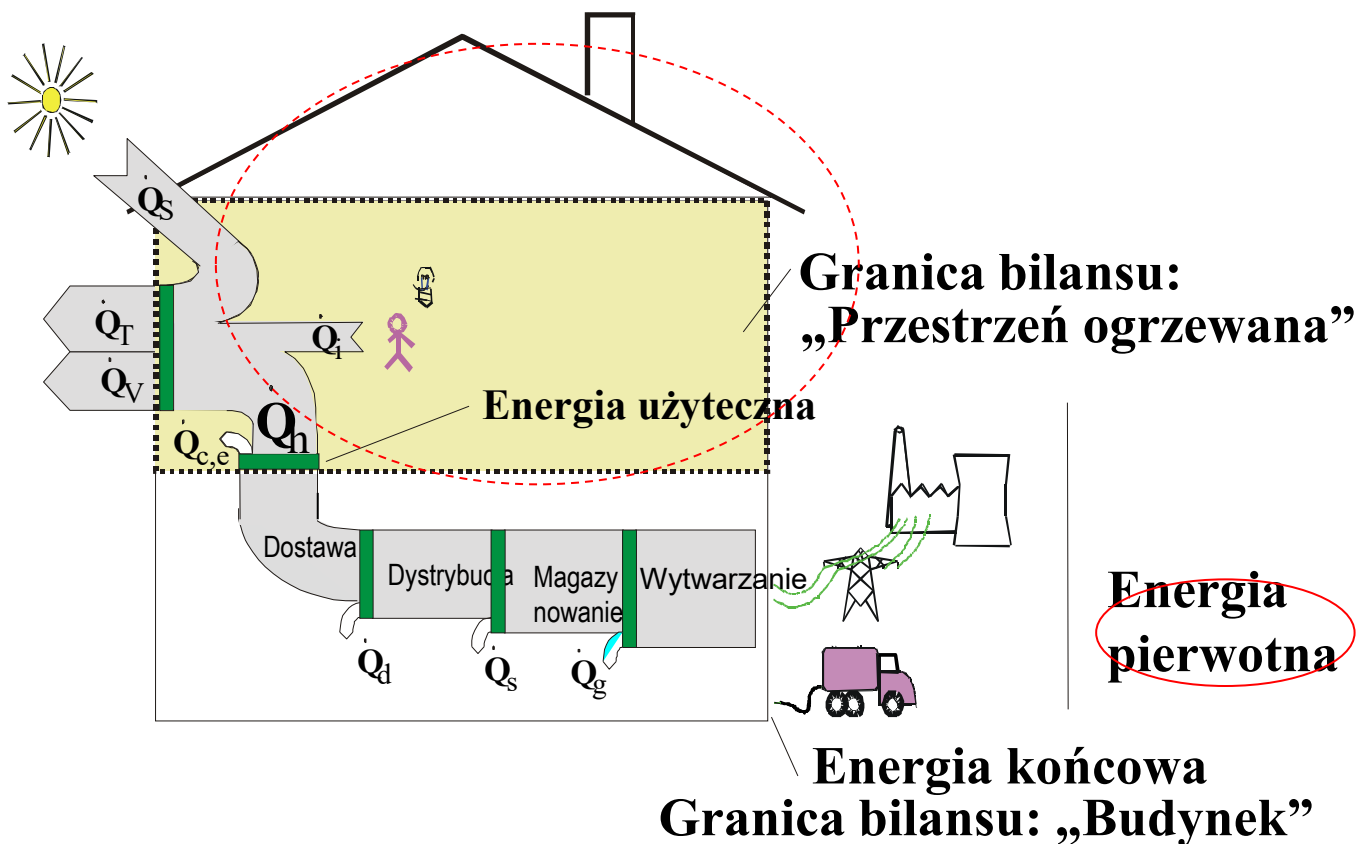
ESP-r



Wielokryterialna optymalizacja wybranych rozwiązań wykorzystująca zintegrowane systemy symulacji procesów fizycznych w budynkach

Metoda obliczeniowa – którą energię wyznaczamy w metodach symulacji energetycznych?

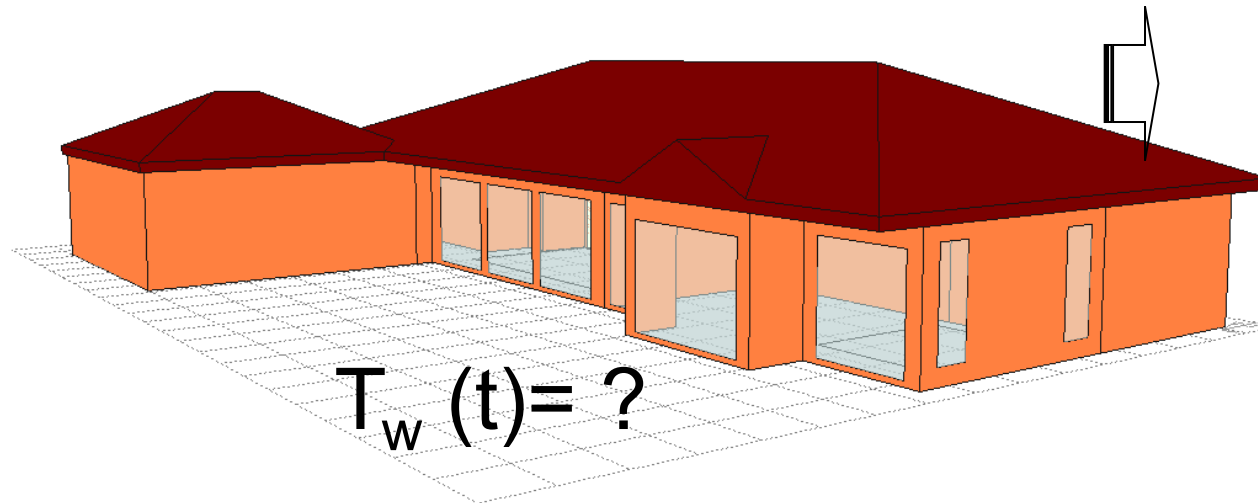
Obliczanie zapotrzebowania na energię



Jak obliczyć dostarczaną chwilową moc cieplną lub temperaturę wewnętrzną?

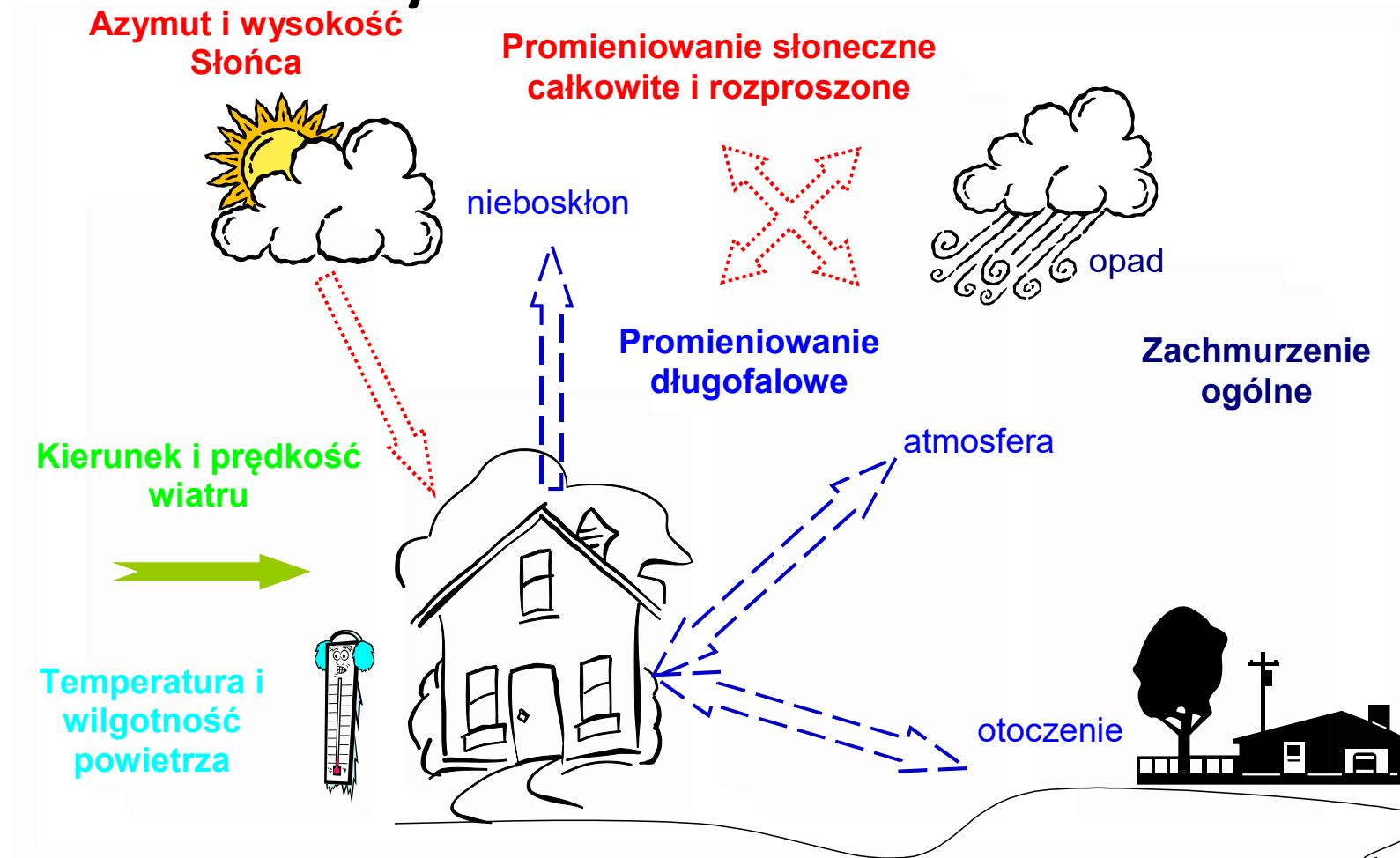
Warunki **ustalone w czasie** – projektowanie obciążenia cieplnego lub chłodniczego – moc systemów ogrzewania i chłodzenia

Warunki **nieustalone w czasie** – symulacje energetyczne – roczne zapotrzebowanie na energię



$$Q(t) = ?$$

Oddziaływanie środowiska na zjawiska cieplne w budynku



Środowisko wewnętrzne

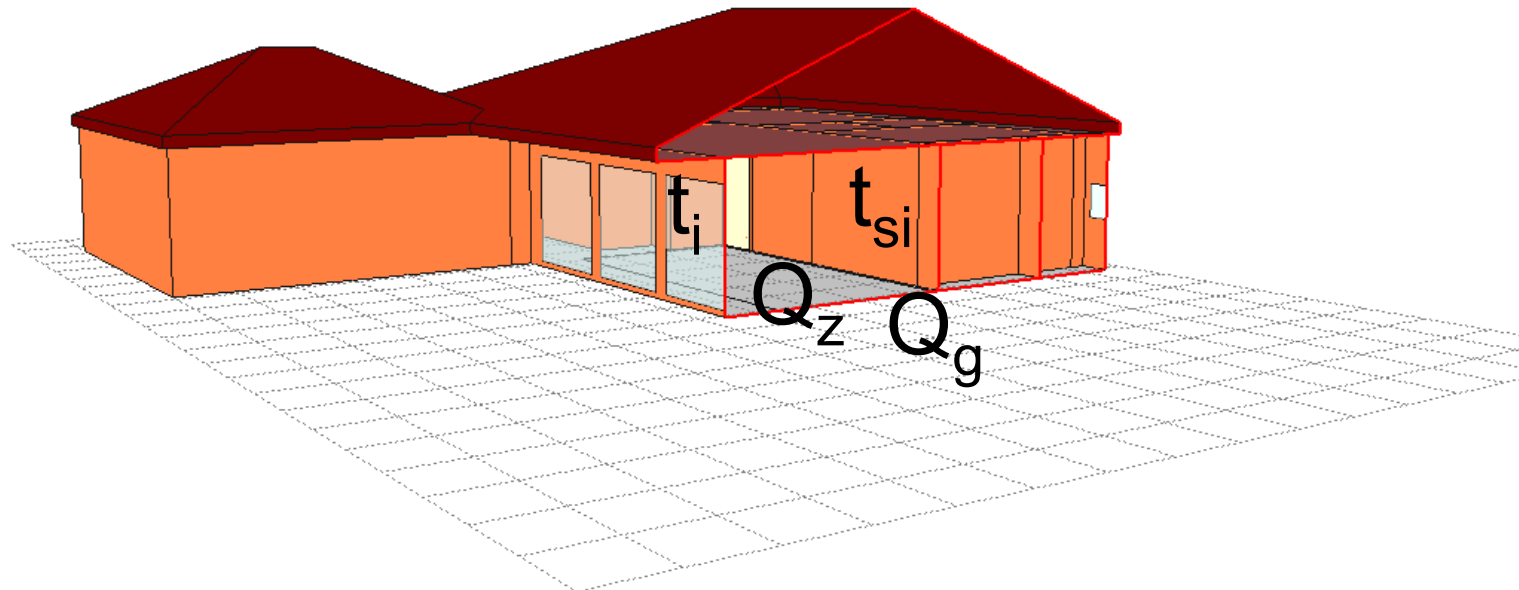
Temperatura powietrza wewnętrznego

Temperatura powierzchni wewnętrznych przegród

Strumień powietrza wentylacyjnego

Wewnętrzne zyski ciepła – ludzie, oświetlenie, urządzenia

Dostarczana moc cieplna



Metody obliczeniowe

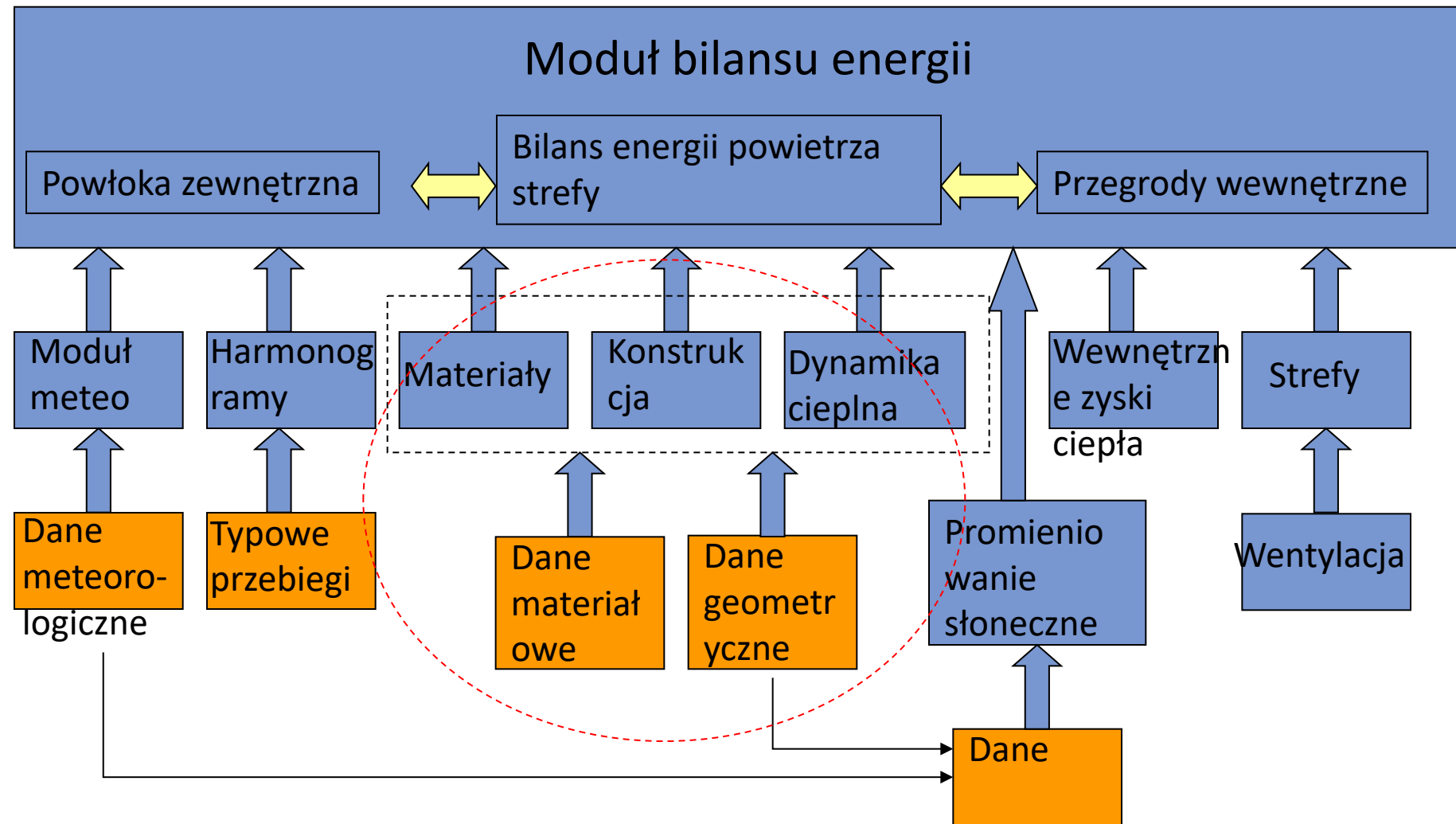
Podział ze względu na krok obliczeniowy:

- Metody roczne,
- **Metody miesięczne,**
- **Metody godzinowe,**

Podział ze względu na dynamikę cieplną budynku:

- Metody statyczne,
- **Metody quasi-dynamiczne,**
- **Metody dynamiczne,**

Budowa modeli obliczeniowych



Informacje ogólne

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

Informacje dodatkowe

Numer	PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - wersja polska
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	19-11-2020
Liczba stron	212
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 13791:2012 - wersja polska, PN-EN ISO 13790:2009 - wersja polska, PN-EN 15255:2011 - 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

Informacje ogólne

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

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 wilgocią 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.

Informacje ogólne

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

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

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

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 cieplnej 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 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 52016-1:2017-09 - wersja polska



Zakres normy EN ISO 52017-1

W normie określono założenia ogólne, warunki brzegowe i równania do obliczania, w przejściowych warunkach godzinowych lub subgodzinowych, temperatur wewnątrznych (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.

Wprowadzenie

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

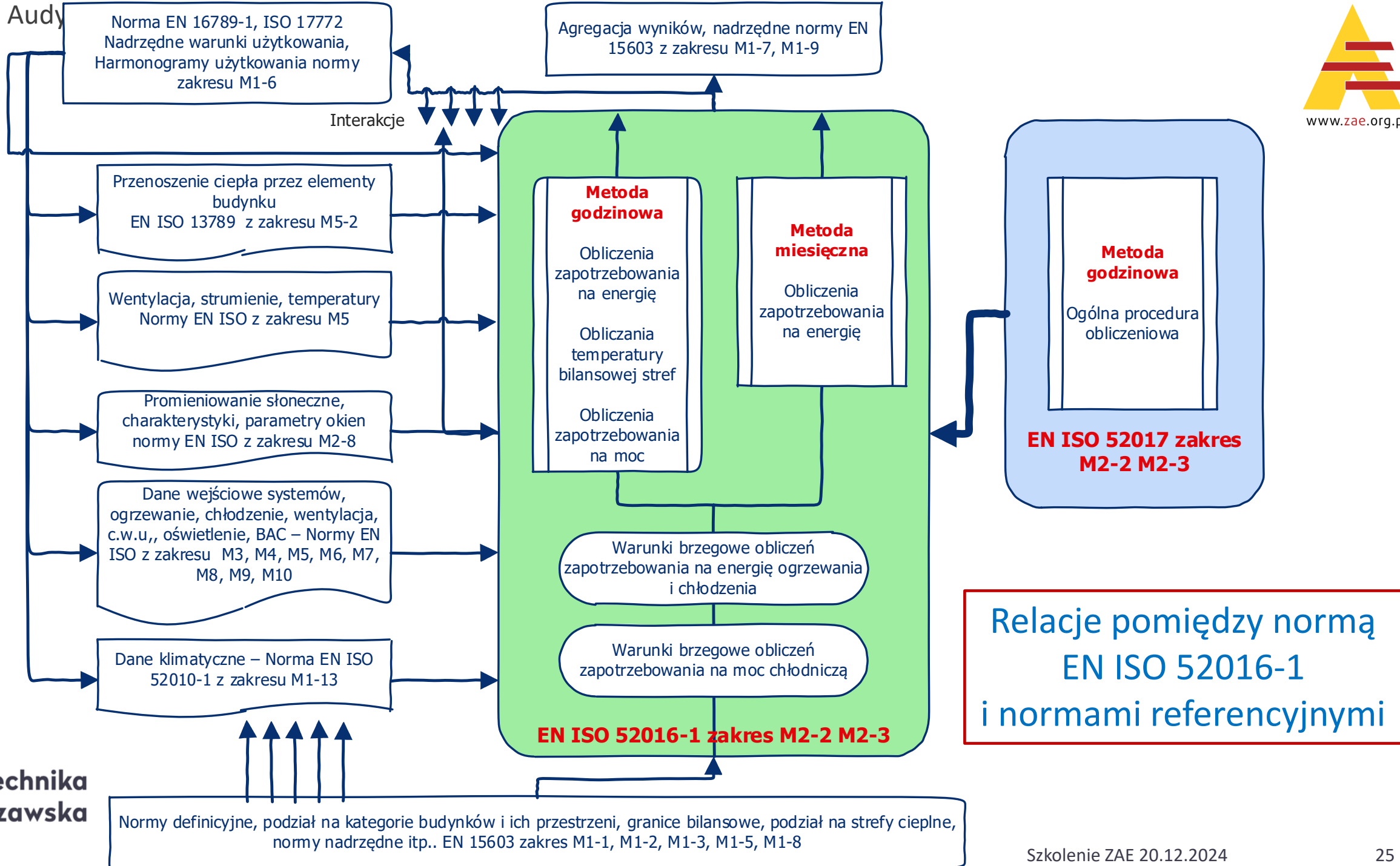
Metoda godzinowa

- **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 odwilżania

Omówienie normy



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

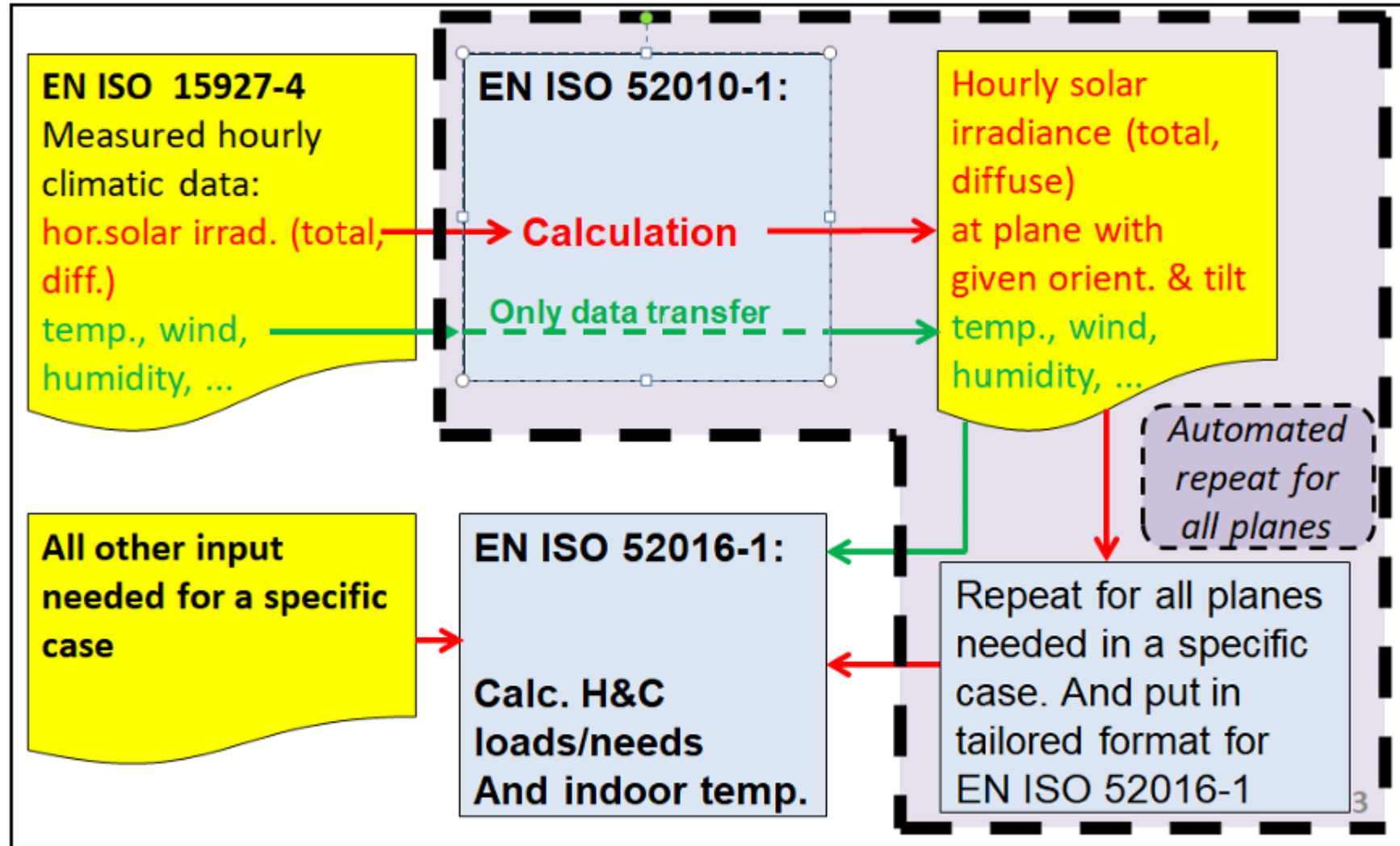
Metoda godzinowa może służyć jako narzędzie do wyznaczenia współczynników korekcyjnych i korelacyjnych metody miesięcznej dla różnych typów budownictwa występującego w danym kraju.

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

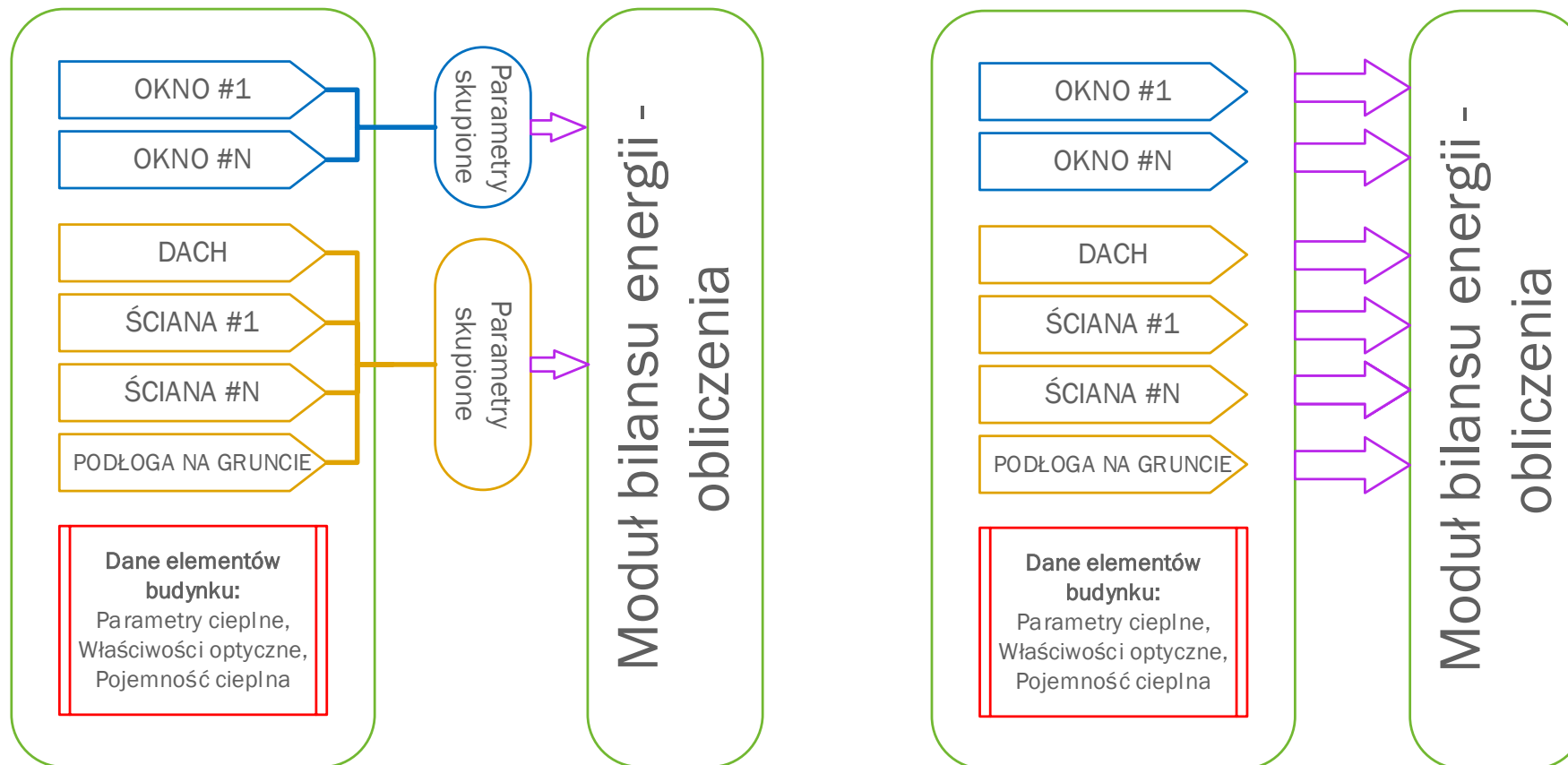
Wyniki obliczeń dla różnego typu budynków

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

Omówienie normy – zyski ciepła od promieniowania słonecznego



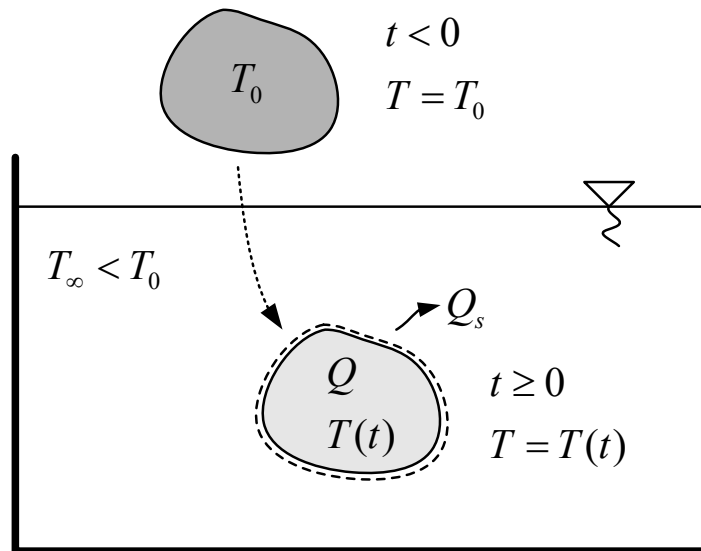
Różnice implementacyjne metody godzinowej norm – PN EN ISO 13790 oraz PN EN ISO 52016-1



Podstawa – Metoda skupionych oporów **R** i pojemności cieplnych **C**

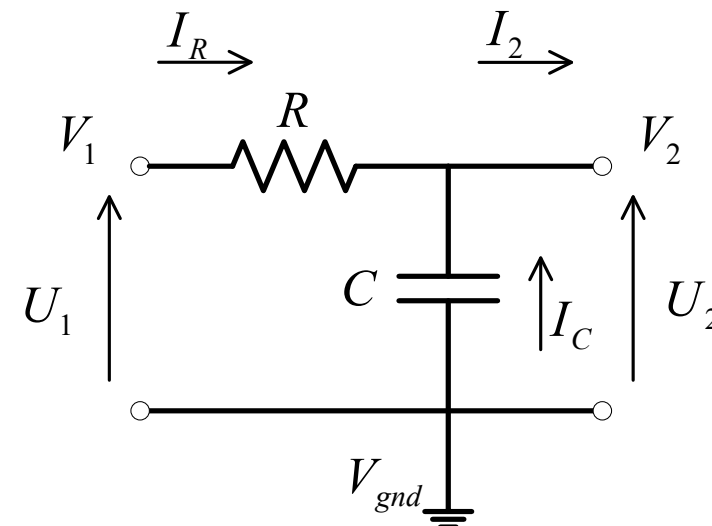
Podstawa modelu 5**R**1**C** (EN ISO 13790) budynku.

wymiana ciepła – model skupionej
pojemności i oporu cieplnego



$$C \frac{d\Theta}{dt} = -H\Theta$$

czwórnik RC w zasilany w układzie prądu
zmiennego

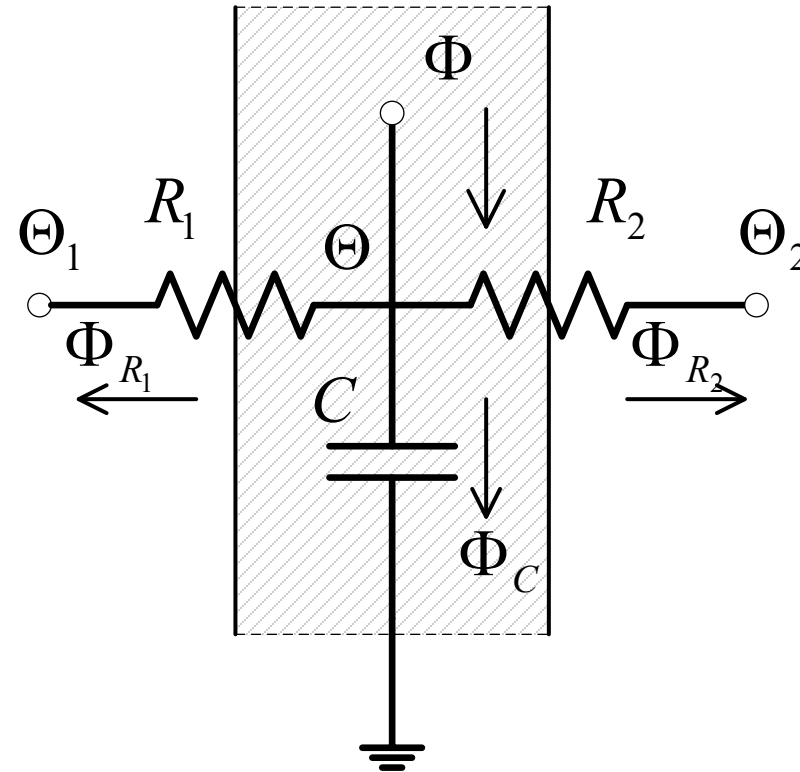


$$\frac{d\Theta}{dt} = -\frac{1}{RC}\Theta$$

Jednowęzłowy model skupionej pojemności cieplnej budynku

W jednowęzłowym modelu cieplnym budynku zakłada się, że **cały budynek stanowi jedno ciało** o skupionej pojemności cieplnej.

Analogia do ogrzewanego lub schładzanego kamienia.



Rozwiązanie numeryczne jednowęzłowego modelu budynku

Najprostszą metodą numeryczną pozwalającą na rozwiązanie równia różniczkowego zwyczajnego typu:

$$y'(t) = f(y(t), t), \quad y(t_0) = y_0$$

jest metoda Eulera, która jest zaliczana do metod jawnych:

$$\frac{dy}{dt} \approx \frac{y_{n+1} - y_n}{t_{n+1} - t_n} \approx f(y_n, t_n). \quad \tau = t_{n+1} - t_n.$$

Udoskonalona stabilna i bardziej dokładna metoda to zmodyfikowana metoda Eulera z punktem centralnym:

$$\frac{dy}{dt} \approx \frac{y_{n+1} - y_n}{t_{n+1} - t_n} \approx \frac{1}{2} (f(y_n, t_n) + f(y_{n+1}, t_{n+1})).$$

Rozwiązanie numeryczne jednowęzłowego modelu budynku

Po podstawieniu równania różniczkowego modelu budynku o skupionej pojemności cieplnej do metody numerycznej otrzymujemy równanie:

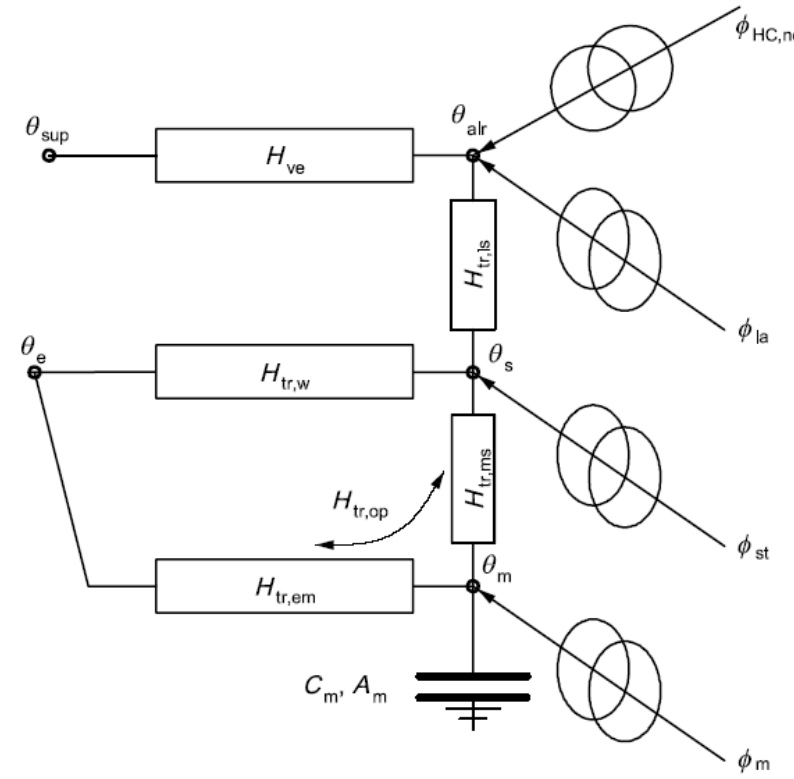
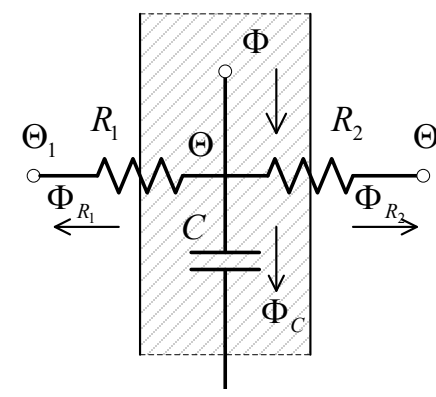
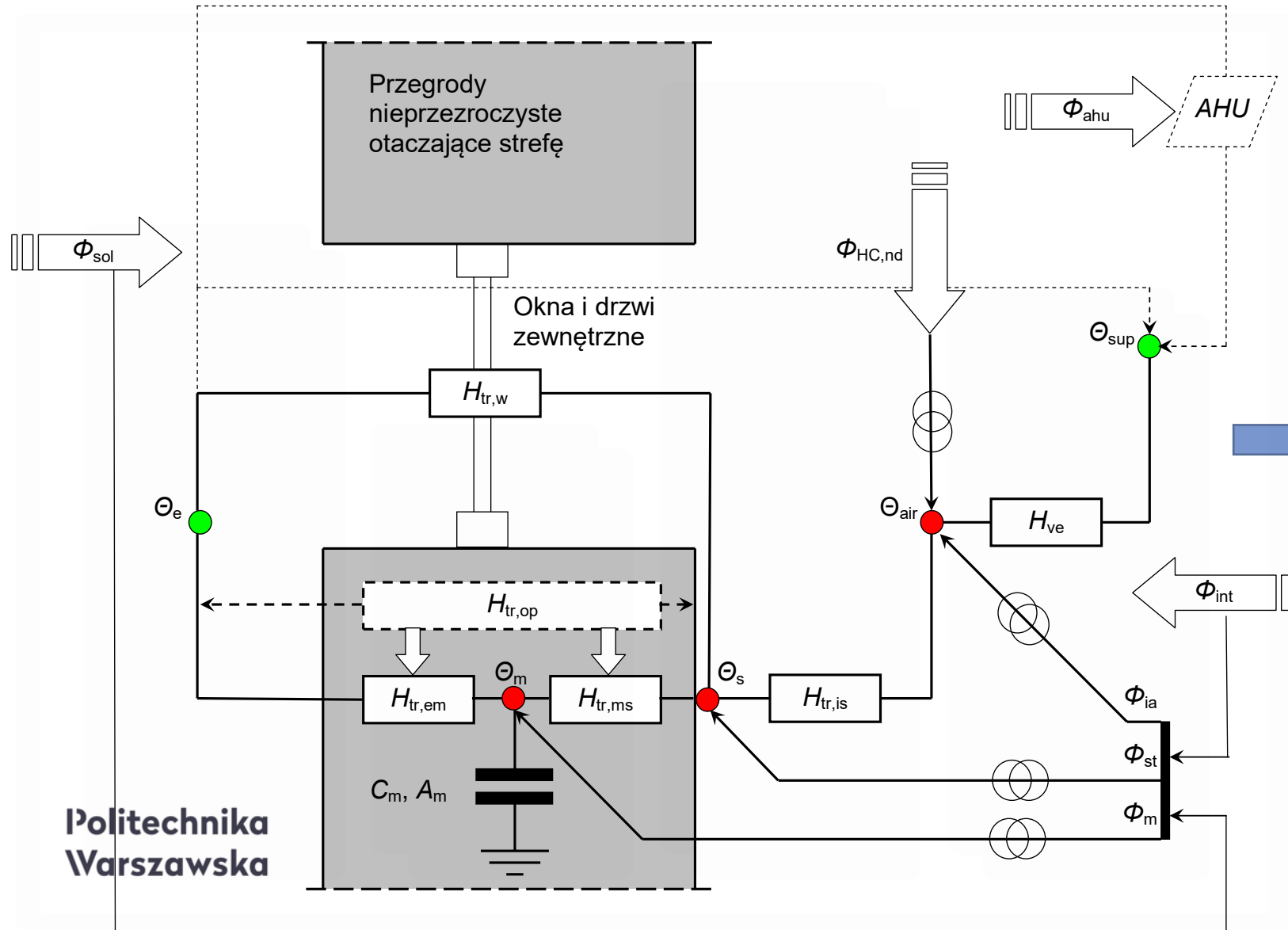
$$C \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{\tau} = \frac{1}{2} \left[\left(- (H_1 + H_2) \theta_{n+1} + \Phi \right) + \left(- (H_1 + H_2) \theta_n + \Phi \right) \right]$$

Po przekształceniu równania i przyjęciu kroku czasu równego 1 godzinie czyli 3600 s otrzymuje się zależność:

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

Krótkie przypomnienie – PN EN ISO 13790

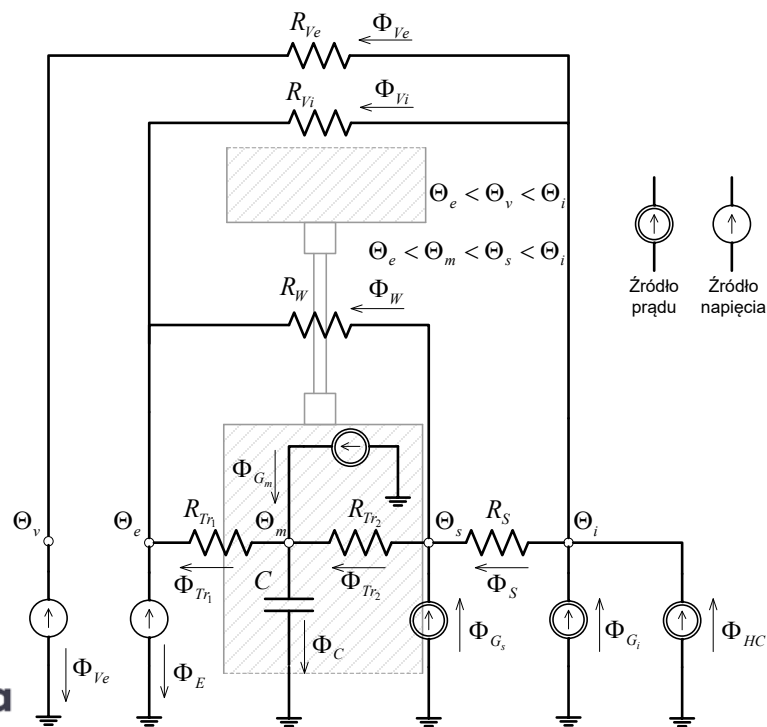
Uproszczona metoda godzinowa



Model 5R1C budynku

Algorytm metody 5R1C, 6R1C ...

Metoda superpozycji pozwala znaleźć wszystkie niewiadome w układzie ale wymaga każdorazowo wyznaczenia zależności opisujące np. potencjały węzłowe.



$$\Phi_{mot} = \Phi_{G_m} + H_{T_{r1}} \Theta_e + \frac{H_{Z_5}}{H_{Z_4}} \left(\Phi_{G_s} + H_{Z_1} \left(\frac{\Phi_{HC} + \Phi_{G_i}}{H_{V_e}} + \Theta_v \right) + (H_{Z_2} + H_W) \Theta_e \right)$$

$$\Theta_{m,n+1} = \frac{\Theta_{m,n} (C/3600 - 0,5(H_{T_{r1}} + H_{Z_5})) + \Phi_{mot}}{C/3600 + 0,5(H_{T_{r1}} + H_{Z_5})}$$

Temperatura konstrukcji budynku

$$\Theta_s = \frac{H_{T_{r2}} \Theta_m + (H_{Z_2} + H_W) \Theta_e + H_{Z_1} \Theta_v + \Phi_{G_s} + \frac{H_{Z_1}}{H_{V_e}} (\Phi_{HC} + \Phi_{G_i})}{H_{T_{r2}} + H_{Z_4}}$$

Temperatura powierzchni wewnętrznej budynku

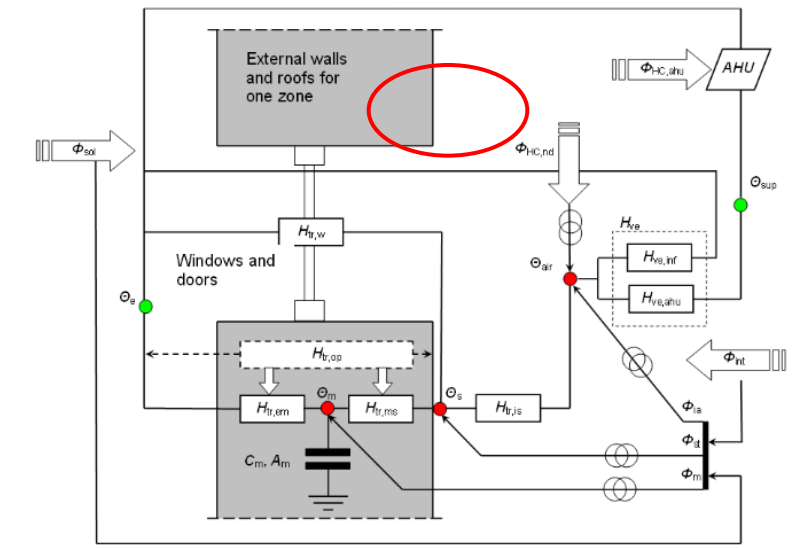
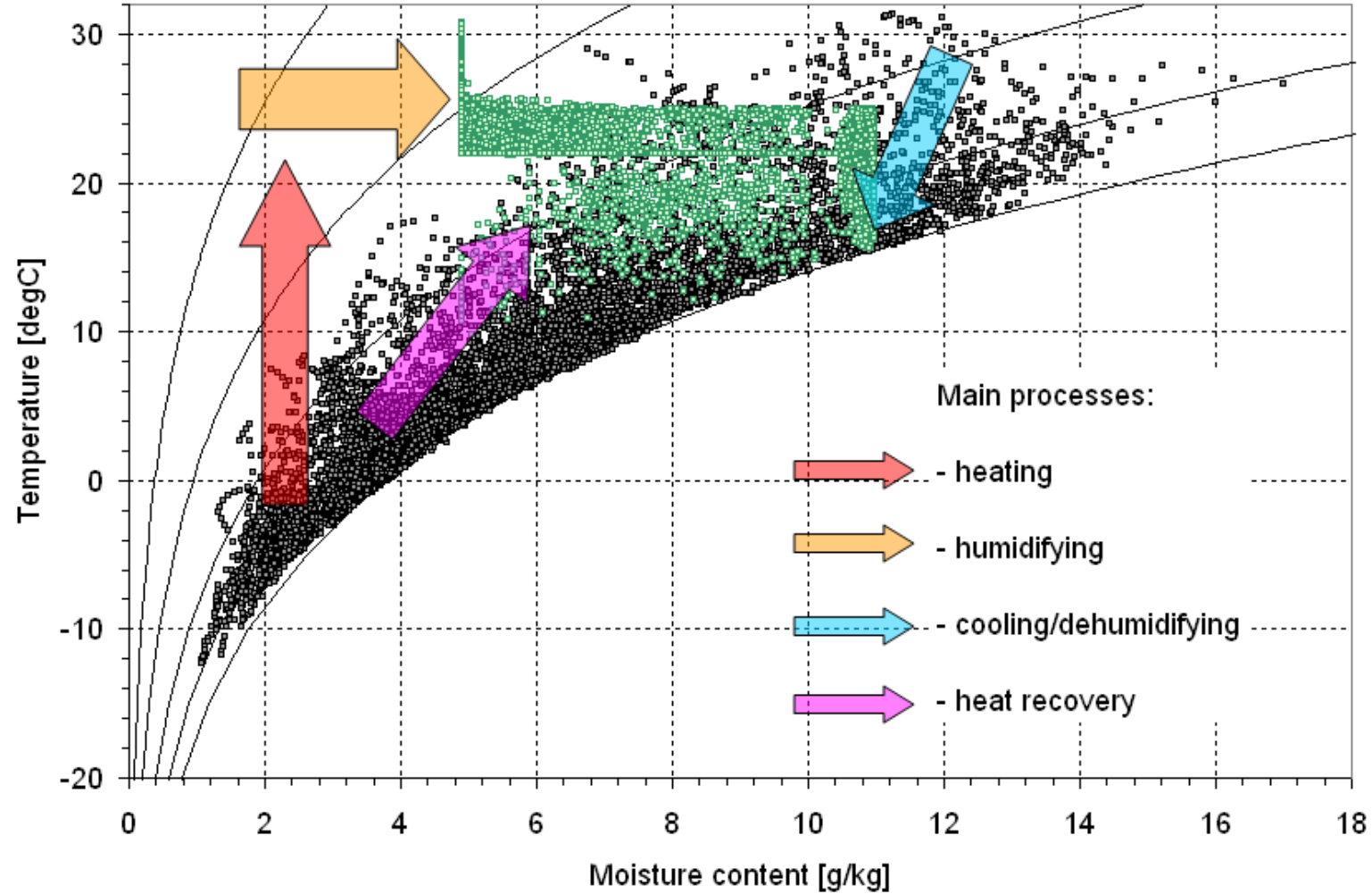
$$\Theta_i = \frac{H_S \Theta_s + H_{V_i} \Theta_e + H_{V_e} \Theta_v + \Phi_{HC} + \Phi_{G_i}}{H_S + H_{V_i} + H_{V_e}}$$

Temperatura powietrza wewnętrznego budynku

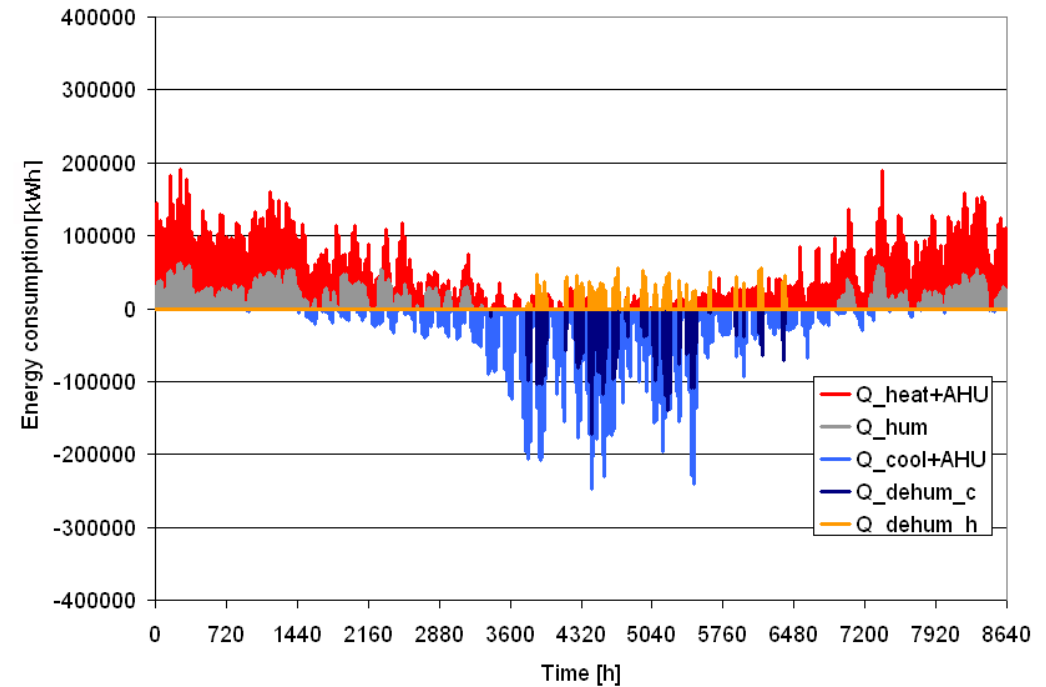
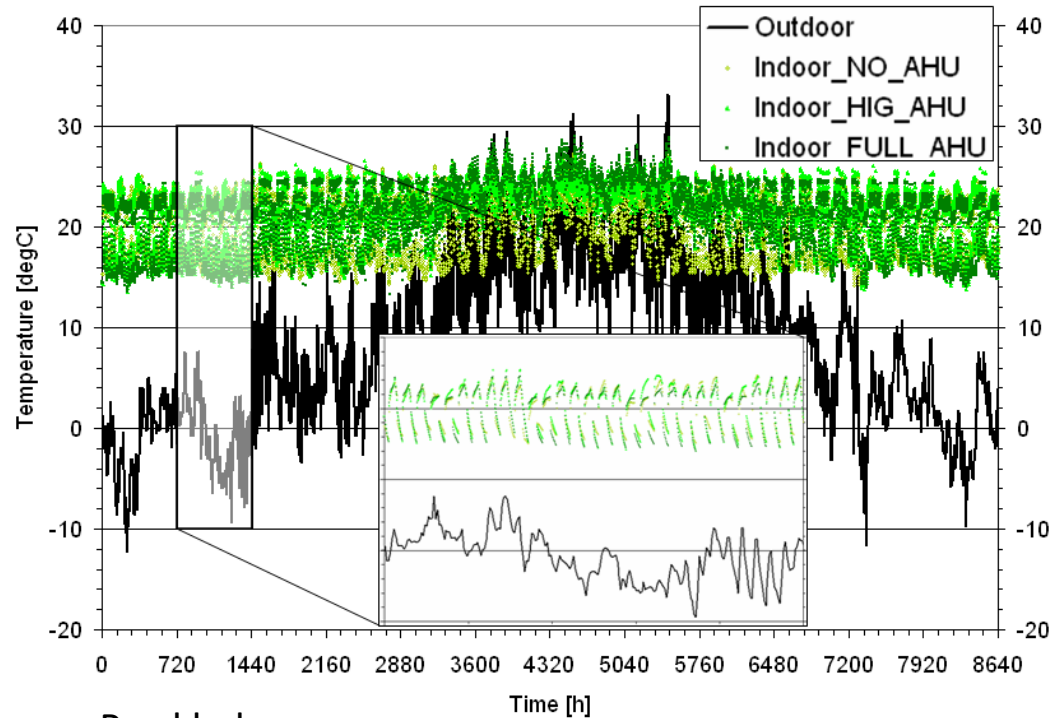
Obliczenia bardzo efektywne, ale tylko dla przyjętego schematu. Modyfikując schemat modyfikuje się równania.

Integracja modelu 5R1C i modelu AHU

Model obliczeniowy AHU wykorzystuje normę **EN 15241**.



Implementacja modelu 5R1C+AHU



Przykład:

Zrównoważona wentylacja mechaniczna w biurze z przygotowaniem powietrza w centrali wentylacyjnej z HR, CAV w zależności od potrzeb higienicznych (20 000 m³/h) tylko w godzinach pracy, kontrola temperatury wewnętrznej zależy od systemów ogrzewania/chłodzenia, podczas gdy centrala wentylacyjna zapewnia kontrolę wilgotności.

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

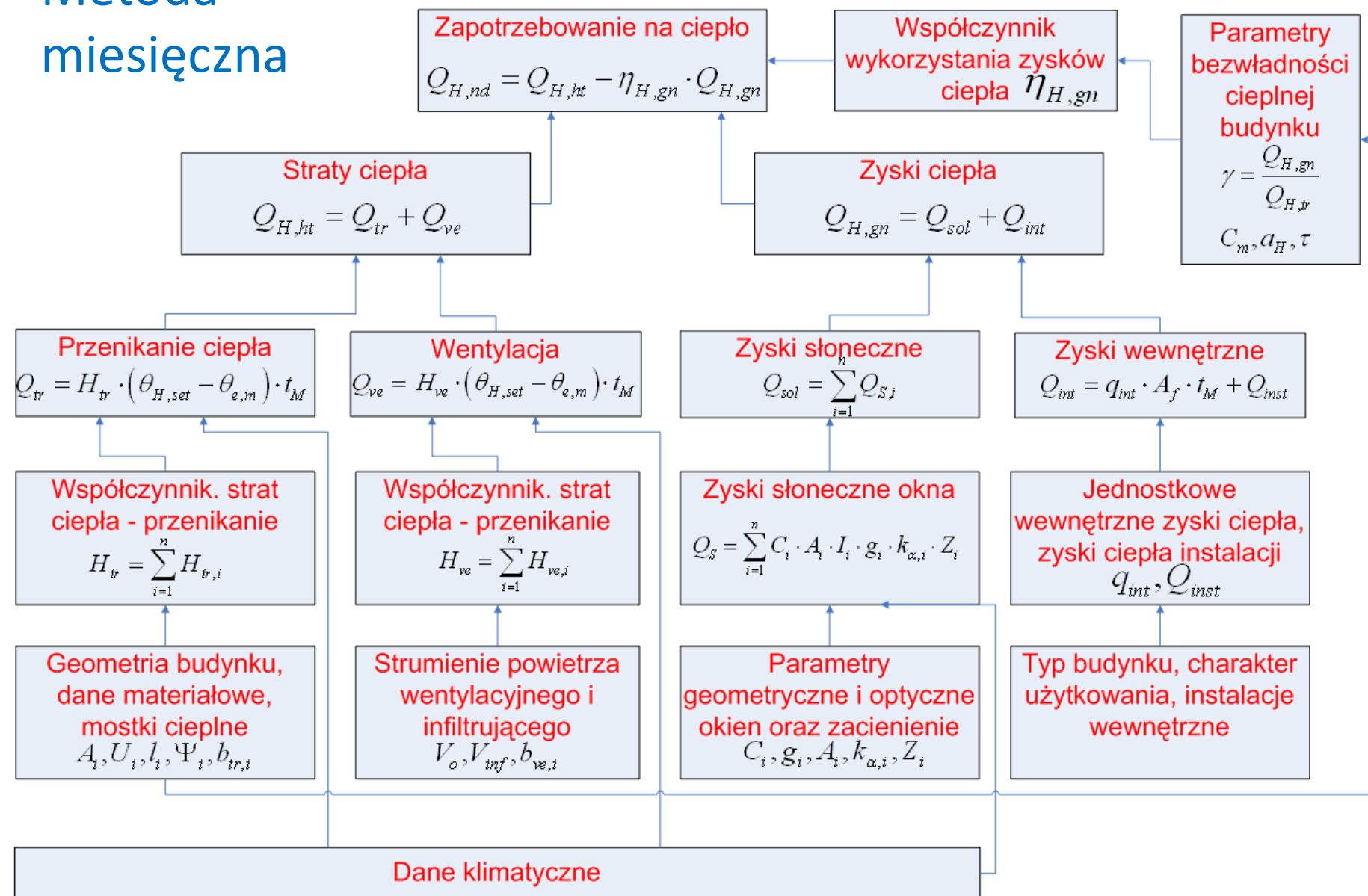
$$\text{if } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

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

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

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

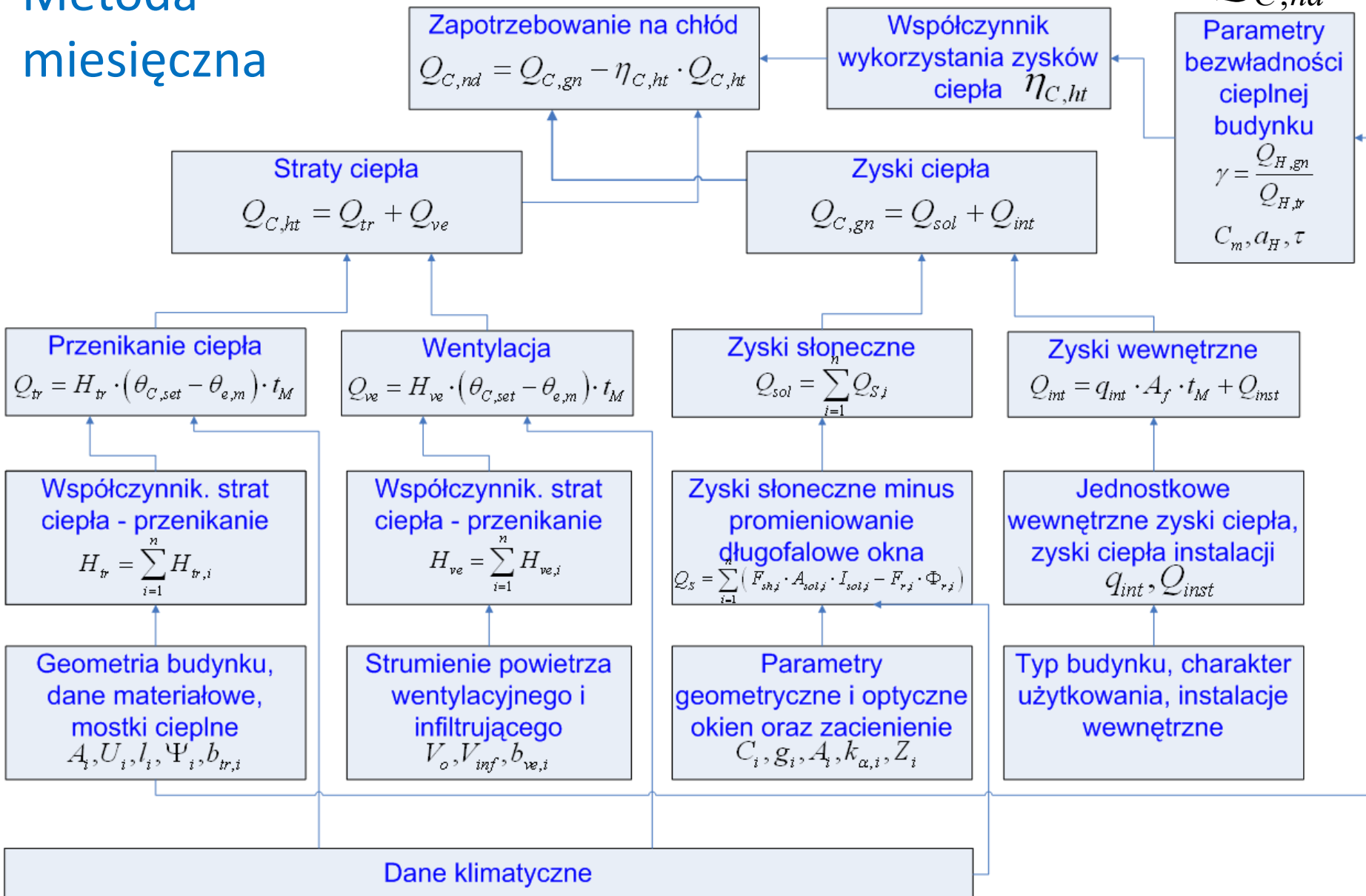
$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$



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 52016-1

Metoda miesięczna – metoda quasi-dynamiczna zapotrzebowania na energię budynku

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

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

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

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

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

Nawilżanie

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

Osuszanie

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

Roczne zapotrzebowanie na energię

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

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

- **Metoda godzinowa i miesięczna** w normie EN ISO 52016-1 **są ściśle powiązane**: wykorzystują w miarę możliwości te same dane wejściowe i założenia.
- **Metoda godzinowa** generuje kluczowe wielkości potrzebne do **wyznaczenia parametrów dla miesięcznej metody obliczeniowej**.
- **Metoda godzinowa** może być wykorzystana do wyznaczenia parametrów metody miesięcznej dla reprezentatywnych budynków w poszczególnych krajach i **może stanowić podstawę określenia załączników krajowych** tej normy PN EN ISO 52016-1.

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

W przypadku metody obliczeń godzinowych bilans ciepły budynku lub strefy budynku sporządzany jest w godzinowym interwale czasowym. **Metoda godzinowa jest szczególnym zastosowaniem ogólnej metody podanej w normie PN EN ISO 52017-1.**

Metoda godzinowa w normie **PN EN ISO 52016-1** jest bardziej zaawansowana niż uproszczona metoda godzinowa podana w normie **PN EN ISO 13790:2008**. Główną różnicą jest to, że **elementy budynku nie są agregowane do kilku połączonych parametrów**, ale są przechowywane oddzielnie w modelu.

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Metoda godzinowa jest bardziej przejrzysta i ma szersze zastosowanie, ponieważ:

- nie ma wątpliwości, jak połączyć przepływ ciepła przez dach i elementy przyległe do gruntu, z ich bardzo różnymi warunkami środowiskowymi (temperatura i bezwładność gruntu, promieniowanie słoneczne na dachu);
- **pojemność cieplną określa się dla każdego elementu budynku** i nie ma potrzeby arbitralnego łączenia ich w jedną ogólną pojemność cieplną dla budynku lub strefy budynku;
- średnia temperatura powierzchni wewnętrznych strefy cieplnej (**średnia temperatura promieniowania**) jest wyznaczana na podstawie temperatury powierzchni wewnętrznych przegród i jest ona różna od temperatury powietrza w pomieszczeniu.

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Głównym celem metody obliczeń godzinowych w porównaniu z metodą miesięczną jest możliwość uwzględnienia wpływu:

- godzinowych i dziennych zmian parametrów klimatu zewnętrznego, działania różnych urządzeń w czasie (regulowane urządzenia ochrony przeciwsłonecznej, termostaty,
- regulacja mocy ogrzewania i chłodzenia,
- zmienność przebywania osób,
- zmienność wewnętrznych zysków ciepła oraz zmienność akumulacji ciepła
- dynamicznych interakcji w zakresie ogrzewania i chłodzenia.

6.5 Procedury obliczania godzinowego

6.5.1 Zasada

Podstawowe zasady opisano w 5.2.1.

61

Dokument chroniony prawem autorskim, wykorzystywany wyłącznie do prac normalizacyjnych.

EN ISO 52016-1:2017

Temperaturę wewnętrzną strefy cieplnej budynku oblicza się co godzinę za pomocą układu równań niustalonej wymiany ciepła między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym przez nieprzezroczyste i przezroczyste elementy ograniczające obudowy strefy. Równania są rozwiązywane w postaci macierzowej. Wynik obliczania to temperatura każdego elementu, w tym powietrza wewnętrznego i (jeśli występuje) zapotrzebowania na ogrzewanie lub chłodzenie.

Każdy element konstrukcyjny (np. podłoga, okno, ściana) jest modelowany jako seria kilku węzłów: nieprzezroczyste elementy podzielone są na 4 warstwy z 5 węzłami. Okna i drzwi nie są podzielone na osobne warstwy i mają 2 węzły. Liczba równań opisujących elementy budynku wynosi zatem: 5 x liczba elementów nieprzezroczystych + 2 x liczba okien i drzwi.

Metoda godzinowa obejmuje trzy obszary zastosowania:

- a) obliczenie zapotrzebowania na energię;
- b) obliczenie temperatury wewnętrznej; oraz
- c) obliczenie projektowej mocy cieplnej ogrzewania i chłodzenia.

PN EN ISO 56016-1 – metoda godzinowa

EN ISO 52016-1:2017

6.5.6 Ogólny bilans energii strefy cieplnej

6.5.6.1 Postanowienia ogólne

Rozwiązać dla strefy cieplnej ztc i przedziału czasu t wzory 6.5.6.2 oraz 6.5.6.3, które tworzą macierz kwadratową:

$$[\text{Macierz A}] \times [\text{Wektor temperatury w węzłach X}] = [\text{Wektor wyrazów wolnych B}] \quad (37)$$

przy czym

[Macierz A]	(znane) współczynniki po lewej stronie wzorów 6.5.6.2 i 6.5.6.3
[Wektor B]	(znane) wartości w prawej części wzorów 6.5.6.2 i 6.5.6.3
[Wektor temperatury w węzłach X]	Wektor stanu; (nieznane) temperatury do rozwiązania ($pli=1\dots pln$, $eli=1\dots eln$): $(\theta_{1;1;ztc;t} \dots \theta_{1;eli;ztc;t} \dots \theta_{pli;1;ztc;t} \dots \theta_{pli,eli;ztc;t} \dots$ $\theta_{pln,eli;ztc;t} \dots \theta_{pli,eln;ztc;t} \dots \theta_{pln,eln;ztc;t} \theta_{int;a;ztc;t})$

PN EN ISO 56016-1

– metoda godzinowa

6.4.3.2 Równanie jawnego bilansu ciepła i temperatura powietrza wewnętrznego

Temperaturę powietrza wewnętrznego w budynku lub strefie budynku, w dowolnym momencie, uzyskuje się, rozwiązując Wzór (3), w którym strumienie ciepła do powietrza wewnętrznego przyjmuje się za dodatnie:

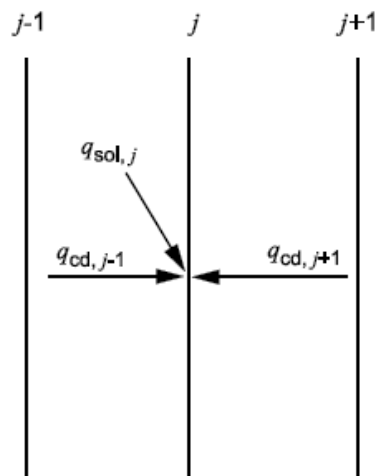
$$\sum_{j=1}^N (A \cdot q_{c;i})_j + \Phi_V + \Phi_{\text{int};c} + \Phi_{\text{HC};\text{ld};c} + \Phi_{\text{sa}} + \Phi_{\text{va}} + \Phi_{\text{tb}} = c_a \cdot \rho_{\text{int};a} \cdot V_{\text{int};a} \cdot \frac{d\theta_{\text{int};a}}{dt} \quad (3)$$

6.4.3.3 Temperatura powierzchni wewnętrznej

Temperaturę powierzchni wewnętrznej elementu budynku j uzyskuje się rozwiązując Wzór (4), w którym strumienie ciepła do powierzchni wewnętrznej, z wyjątkiem $q_{c;j}$, przyjmuje się za dodatnie:

$$q_{\text{lr};j} + q_{\text{sol};j} + q_{c;j} + q_{\text{cd};j} + q_{\text{i};r} + q_{\text{HC};\text{ld};r} = 0$$

6.4.3.4 Temperatura powierzchni oddzielającej dwie stałe warstwy

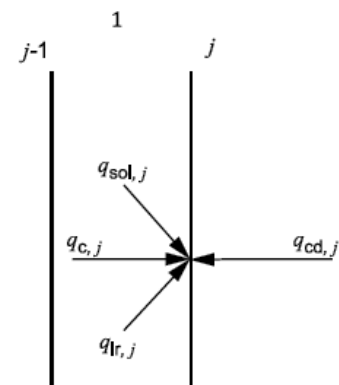


Rysunek 1 — Powierzchnia oddzielająca dwie warstwy

Temperaturę na powierzchni j wyznaczającej dwie warstwy w elemencie, podaną na Rysunku 1, otrzymuje się rozwiązując Wzór (7):

$$q_{\text{cd};j-1} + q_{\text{cd};j+1} + q_{\text{sr};j} = 0 \quad (7)$$

6.4.3.5 Temperatura powierzchni warstwy powietrza



Objaśnienia

1 warstwa powietrza

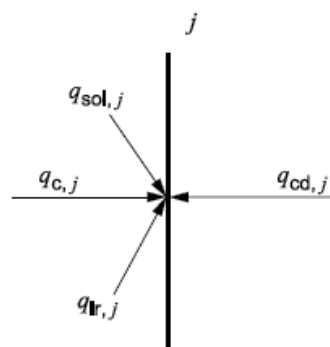
Rysunek 2 — Powierzchnia ograniczająca warstwę powietrza

Temperaturę na powierzchni j warstwy powietrza, podaną na Rysunku 2, otrzymuje się rozwiązując Wzór (8):

$$q_{c;j} + q_{\text{lr};j} + q_{\text{cd};j} + q_{\text{sol};j} = 0 \quad (8)$$

PN EN ISO 56016-1, 56017 – metoda godzinowa

6.4.3.6 Temperatura powierzchni zewnętrznej elementu budynku



Rysunek 3 — Powierzchnia zewnętrzna elementu

Temperaturę na powierzchni j elementu budowlanego, podaną na Rysunku 3, otrzymuje się rozwiązując Wzór (9):

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

6.4.5.1 Współczynnik przewodzenia ciepła przez komponenty

Dla elementów o stałym współczynniku przewodzenia ciepła i cieple właściwym gęstość strumienia ciepła przez przewodzenie jest określona Wzorem (11) i (12):

$$q_{cd;n} = -\lambda \cdot \left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right) \quad (11)$$

$$\lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + g = c_{me} \cdot \rho_{me} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (12)$$

6.4.4 Bilans cieplny strefy budynku (ciepło jawne)

W każdym wzorze podanym w 6.4.3 strumienie ciepła zależne od czasu należy wyrazić w postaci operatorów odnoszących się do strumieni ciepła na wewnętrznej powierzchni każdego elementu do temperatury na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni oraz powietrza wewnętrznego, wykorzystując odpowiednie modele matematyczne procesów przenoszenia ciepła.

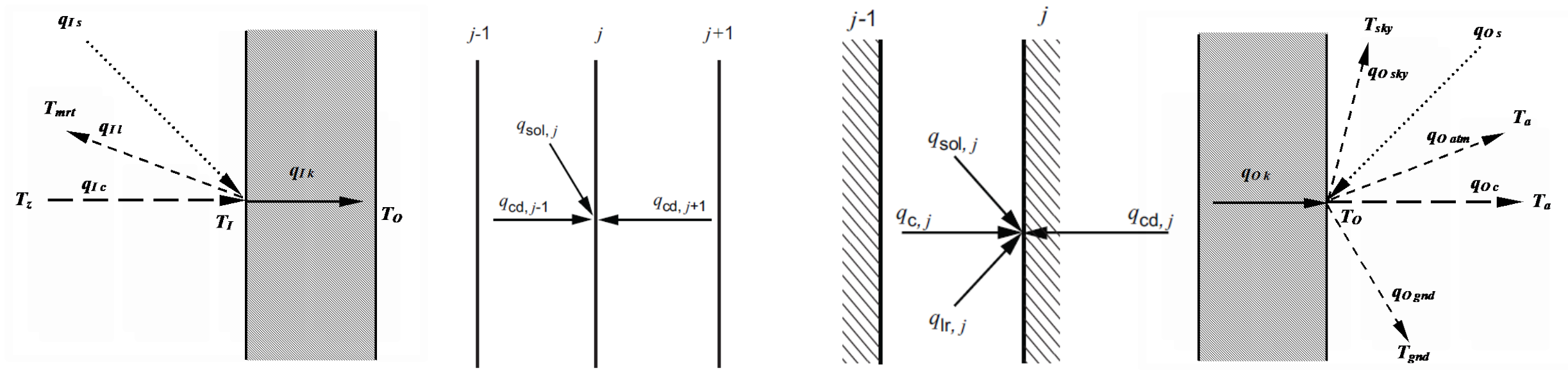
Temperaturę powietrza wewnętrznego wraz z temperaturą różnych powierzchni należy określić, rozwiązując układ równań globalnych w każdym rozważanym przedziale czasu.

Ogólne wyrażenie systemu formuł przedstawia Wzór (10)

$$\begin{pmatrix} \Pi_{1,1} & \Pi_{1,2} & \Pi_{1,N} & \Pi_{1,N+1} \\ \Pi_{2,1} & \Pi_{2,2} & \Pi_{2,N} & \Pi_{2,N+1} \\ \Pi_{N,1} & \Pi_{N,2} & \Pi_{N,N} & \Pi_{N,N+1} \\ \Pi_{N+1,1} & \Pi_{N+1,2} & \Pi_{N+1,N} & \Pi_{N+1,N+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_{is,1} \\ \theta_{is,2} \\ \theta_{is,N} \\ \theta_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \Gamma_N \\ \Gamma_{N+1} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku – w oparciu o bilanse energii...

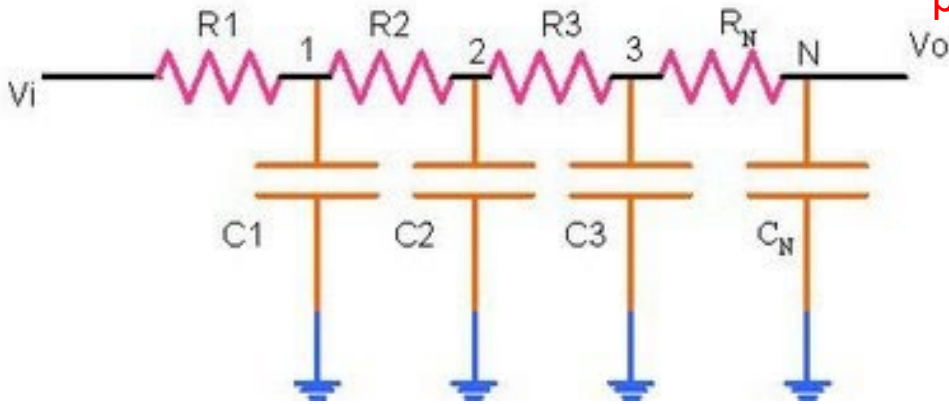


powierzchni wewnętrznej

warstw przegrody

warstw przegrody z
pustką powietrzną

powierzchni zewnętrznej



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

Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku

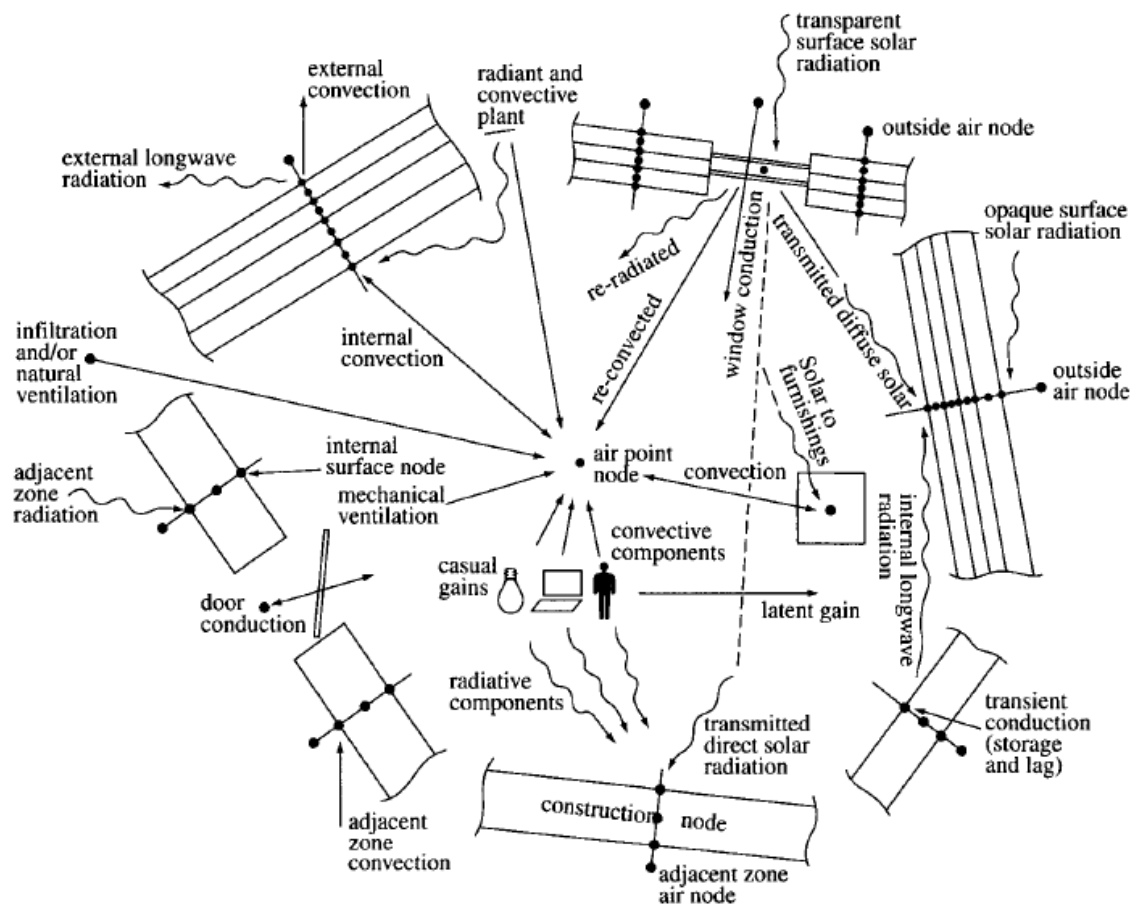
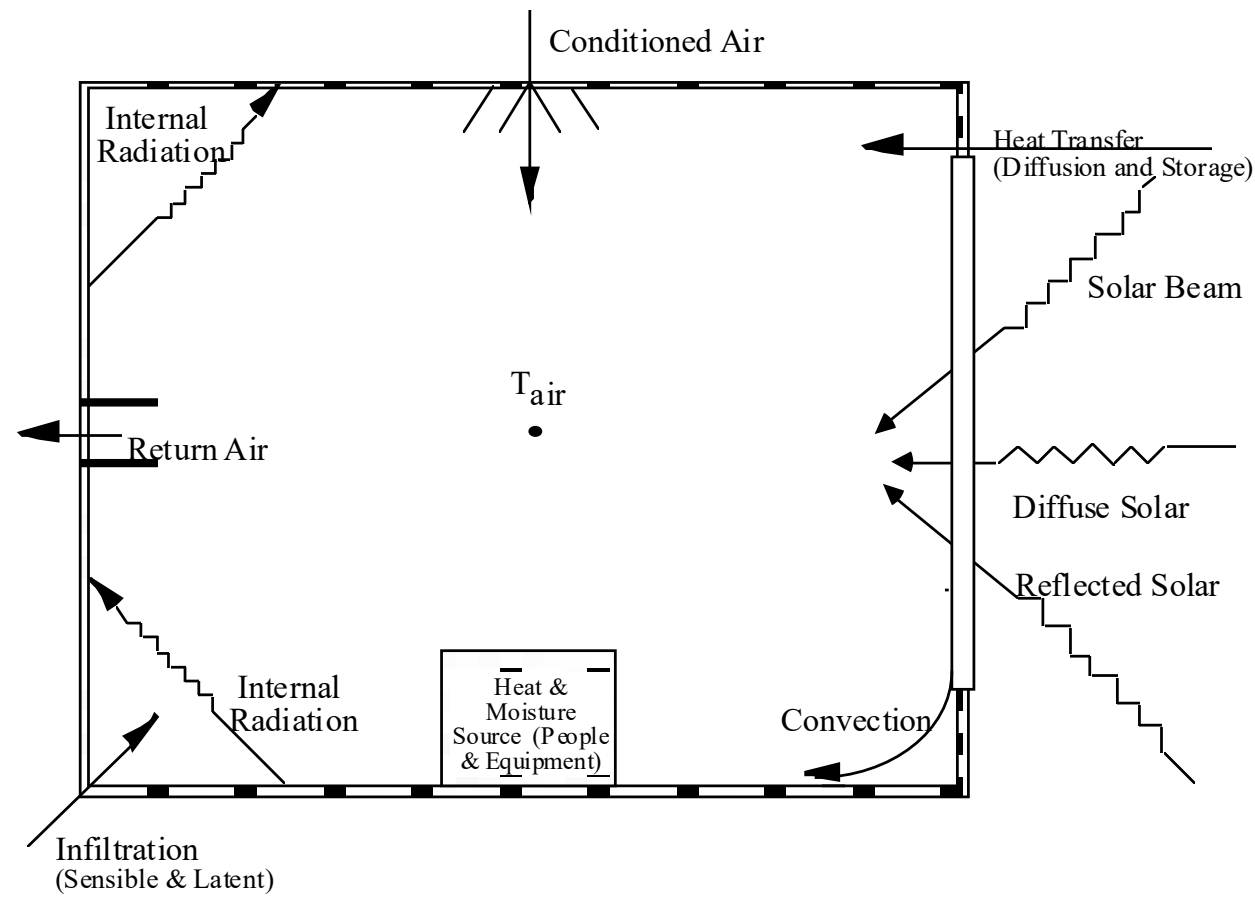
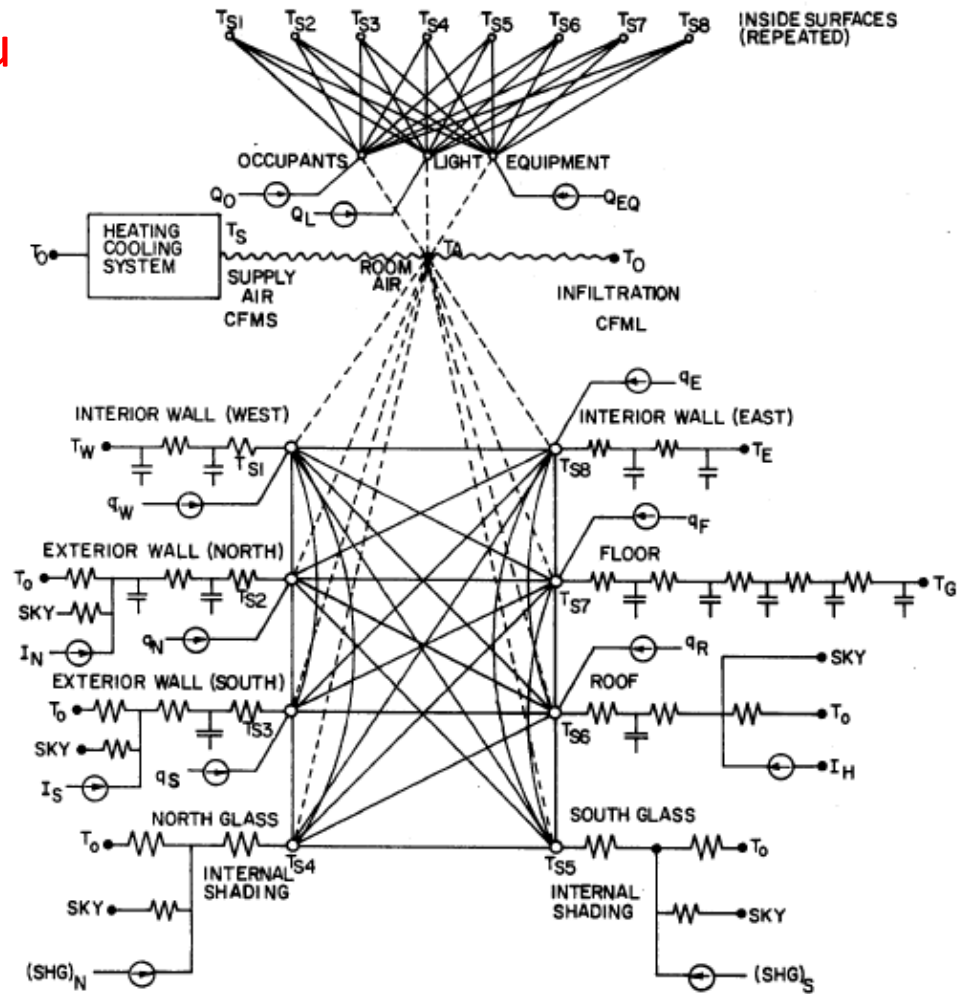
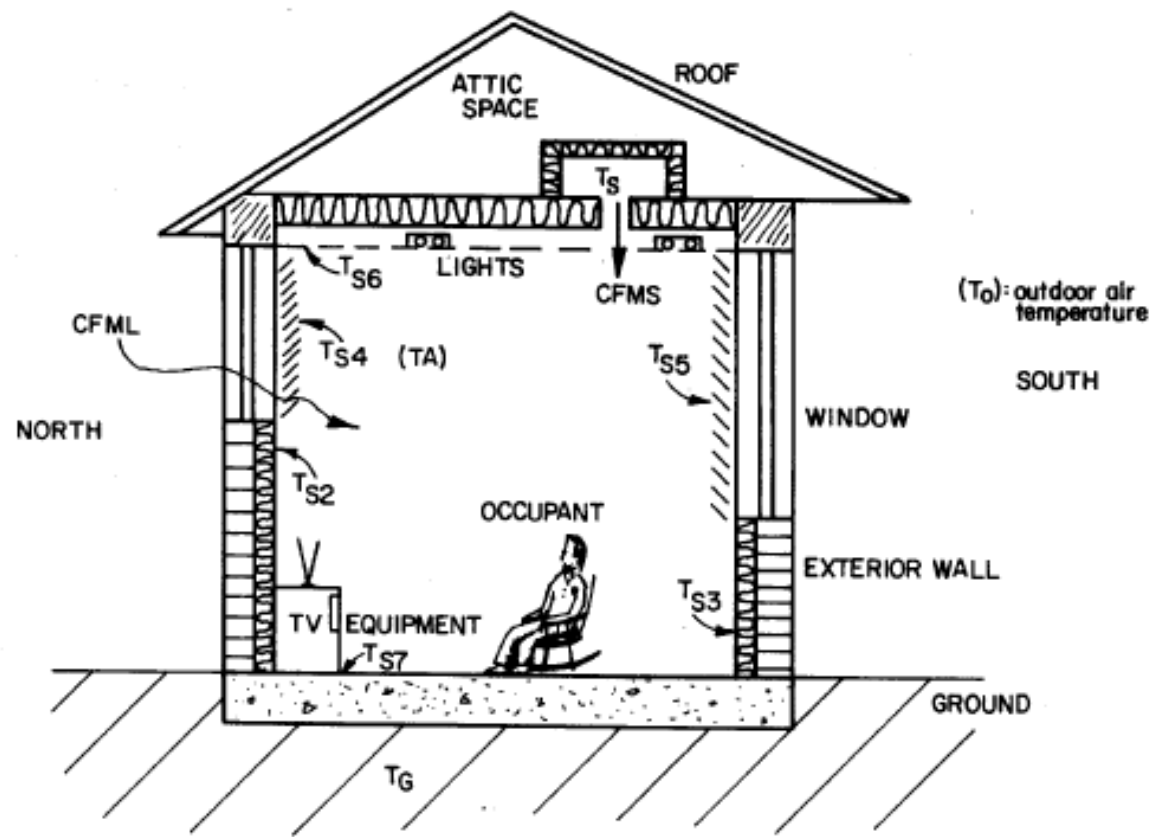


Figure 1.2: Building energy flowpaths.



Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku



Bilans energii powietrza w strefie cieplnej budynku

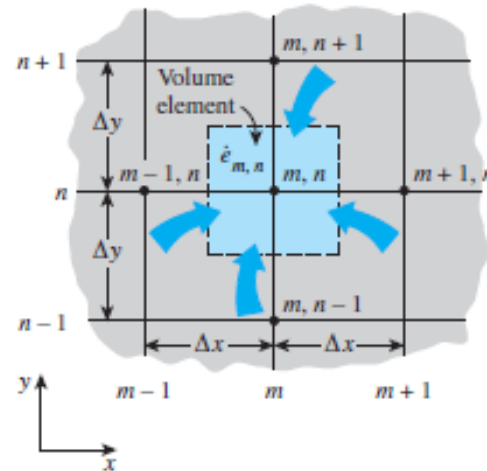
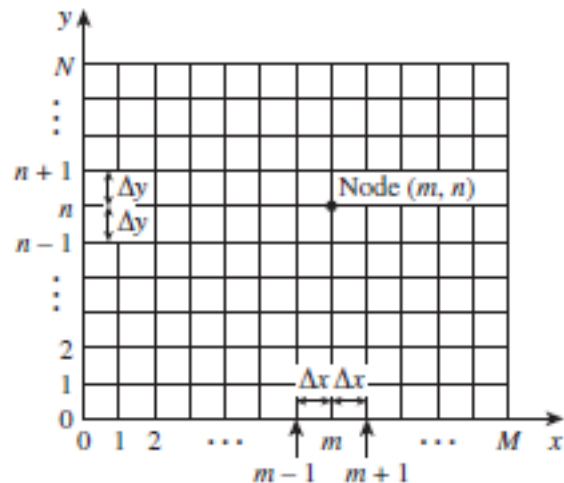
Politechnika
Warszawska

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

- THERMAL RESISTANCE
- THERMAL CAPACITANCE
- THERMAL CURRENT SOURCE

Metoda bilansów elementarnych

W metodzie tej dokonuje się **podziału przestrzeni układu na elementy**, a następnie dokonuje się w nich bilansu energii (i ewentualnie masy). Przyjmuje się, że bilans energii występuje w wybranym punkcie elementu, a strumienie ciepła są prostopadłe do krawędzi elementów.



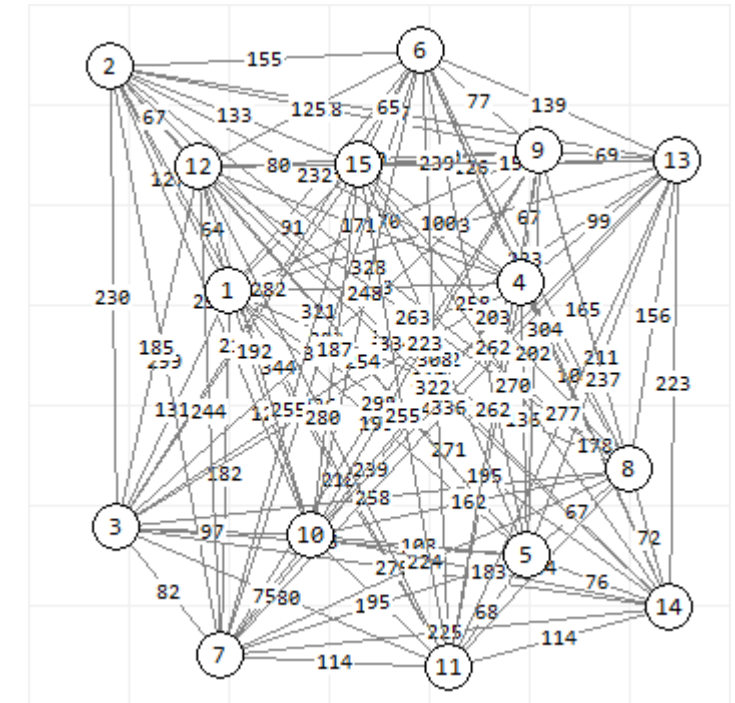
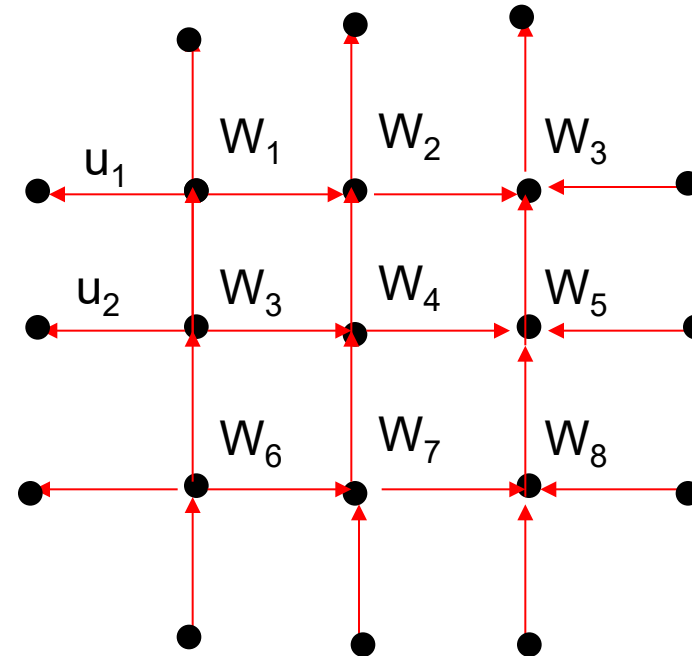
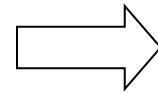
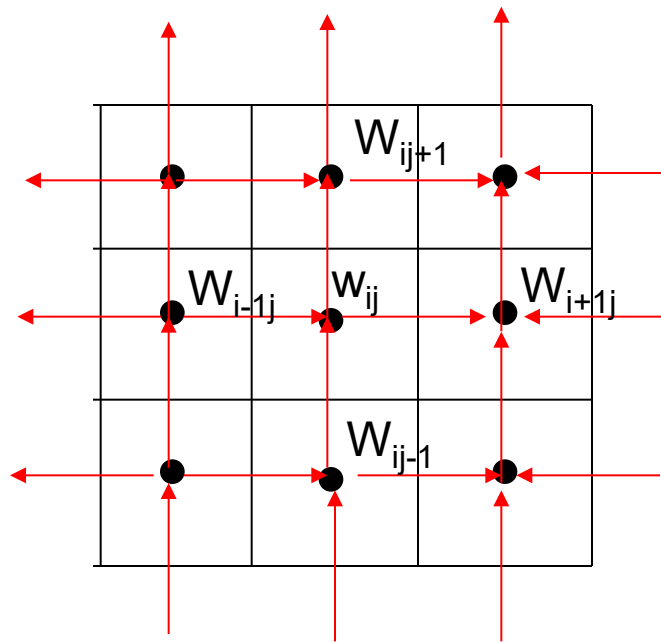
Węzły są punktami, w których dokonuje się bilansu energii.

Strumienie ciepła są skupione i są prostopadłe do krawędzi elementów i łączą się w węzłach.

Węzły wraz z wektorami strumieni ciepła tworzą **sieć przepływu ciepła** w rozpatrywanym układzie.

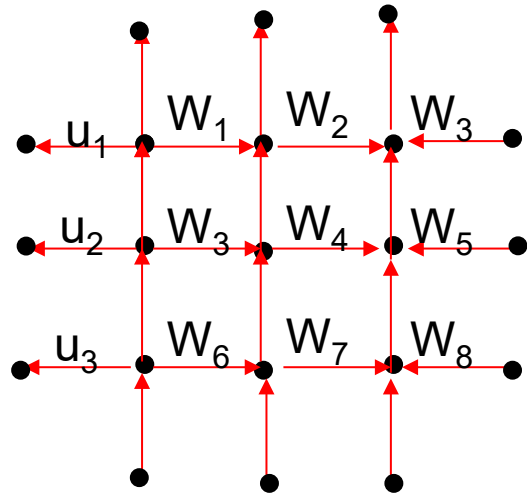
Metoda bilansów elementarnych

Odwzorowaniem sieci przenikania ciepła w układzie elementów bilansowych jest **graf skierowany** przenikania ciepła.



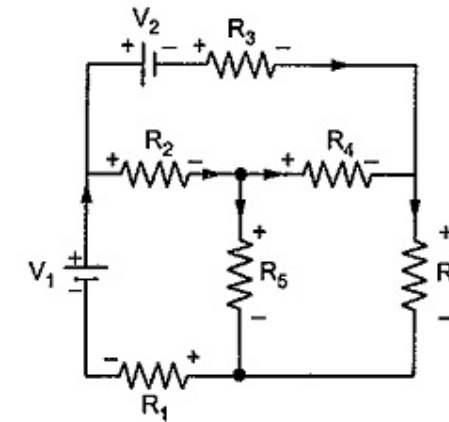
Przekształcając sieć przepływu ciepła utworzoną w metodzie bilansów elementarnych należy dokonać pewnych odwzorowań.

Metoda bilansów elementarnych, teoria grafów

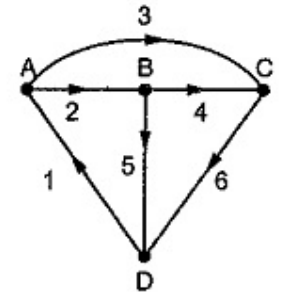


Wierzchołki grafu $[w]$ są odwzorowaniem przestrzeni wewnętrznej elementu bilansowego.

Krawędzie grafu $[u]$ są odwzorowaniem – skupionych strumieni ciepła przepływającymi pomiędzy elementami bilansowymi.



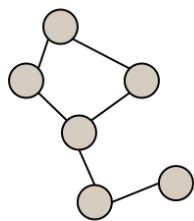
(a) Network



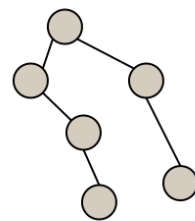
(b) Oriented graph

Wierzchołkom i krawędziom grafu przypisuje się zbiory stałych i zmiennych wartości fizycznych i określone na tych zbiorach funkcje.

Graphs & Trees

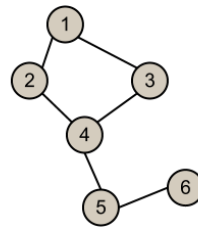


Graph

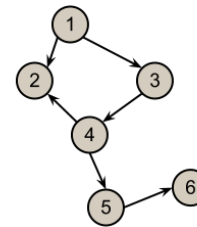


Tree

Directed Graph

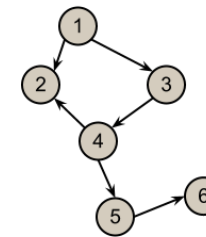


Undirected

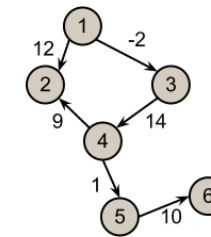


Directed

Weighted Graph

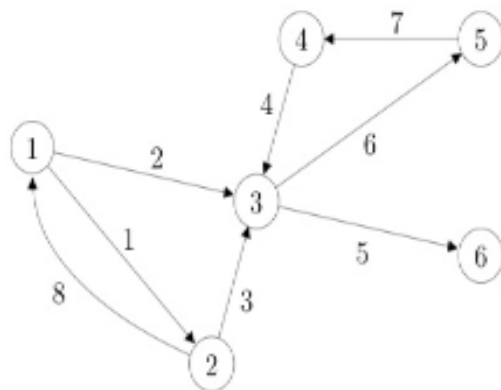


Unweighted



Weighted

Metoda bilansów elementarnych, teoria grafów



The figure shows the graph associated with the arc-node incidence matrix

krawędzie

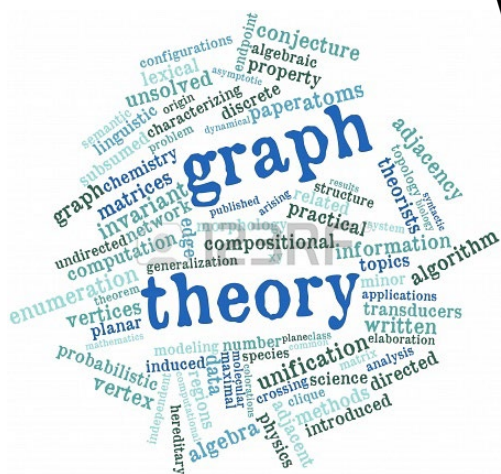
$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

węzły

Konwencja PSC (Passive Sign Convention) – strumień energii wpływający do elementu jest dodatni a wypływający ujemny.

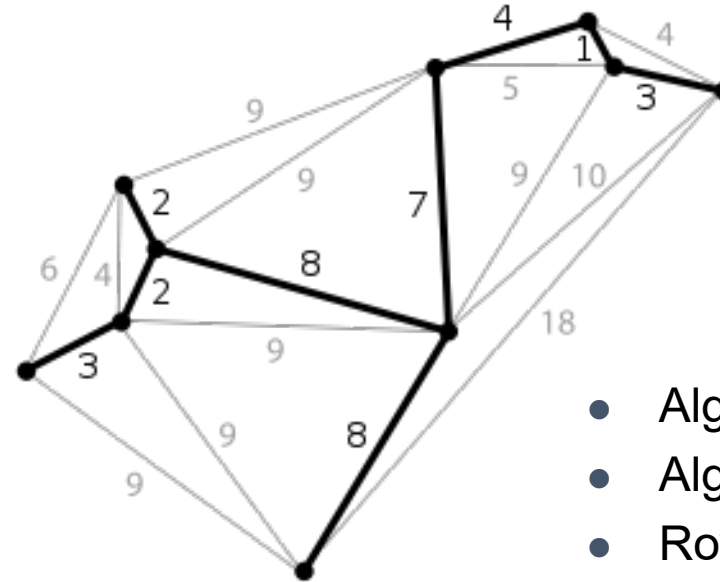
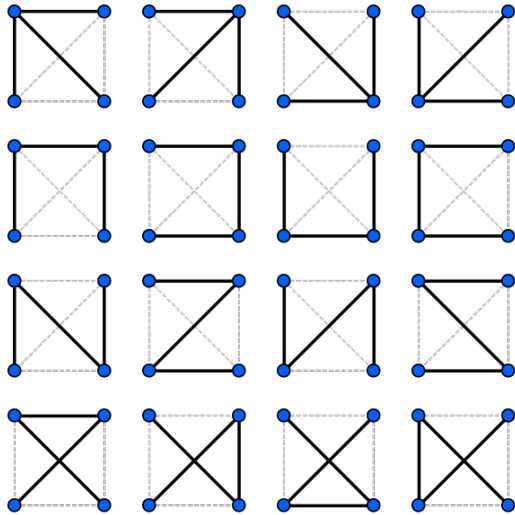
$$A = [a_{i,j}]_{m \times n}$$

m – liczba wierszy, n – liczba krawędzi



Metoda bilansów elementarnych, teoria grafów

Drzewo rozpinające grafu, minimalne drzewo rozpinające grafu.



- Algorytm Dijkstry
- Algorytm Prima
- Row echelon form – metoda eliminacji

- Liczba cykli grafu:

$$c = b - (n - 1)$$

Algorytmy poszukiwania minimalnego drzewa rozpinającego grafu pozwalają wyznaczyć **macierz cykli**, **macierz dopełnień** oraz **macierz rozcięć**.

Analiza sieci – metody: **potencjałów węzłowych**, prądów gałęziowych, oczkowa, **zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych**

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Przykład macierzy incydencji:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} A_n \\ A_d \end{bmatrix}$$

Macierz incydencji należy uporządkować przestawiając wiersze macierzy w ten sposób aby węzły o nieznanymi wartościami temperatury znalazły się w górnej jej części natomiast o znanych wartościach temperatury w części dolnej. Otrzymuje się wówczas dwie podmacierze A_n i A_d .

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Wprowadźmy wektor wartości temperatury w węzłach t , wektor strumieni ciepła dostarczanego do węzłów Q_0 i wektor gałęziowych strumieni ciepła Q :

$$\mathbf{t} = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_m \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_0 = \begin{bmatrix} Q_{01} \\ Q_{02} \\ \vdots \\ Q_{0m} \end{bmatrix} \quad \mathbf{t} = \begin{bmatrix} t_n \\ t_d \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_0 = \begin{bmatrix} Q_{0n} \\ Q_{0d} \end{bmatrix}$$

Zasada zachowania energii dla wszystkich węzłów czyli **I prawo Kirchhoffa** można zapisać jako:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{Q} = \mathbf{Q}_0$$

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Ponieważ w powyższym układzie równań opisujących zasadę zachowania energii istnieje większa liczba równań niż niewiadomych należy wyrugować równania dla węzłów o znanych wartościach temperatury, stąd otrzymujemy równanie:

$$\mathbf{A}_n \times \mathbf{Q} = \mathbf{Q}_{0n}$$

Wektor różnic temperatury dla węzłów otrzymujemy jako:

$$\Delta \mathbf{t} = \mathbf{A}^T \times \mathbf{t} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_n^T & \mathbf{A}_d^T \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{t}_n \\ \mathbf{t}_d \end{bmatrix} = \mathbf{A}_n^T \times \mathbf{t}_n + \mathbf{A}_d^T \times \mathbf{t}_d$$

Uogólnione na wszystkie gałęzie prawo Fouriera dla stanu ustalonego możemy napisać:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{U} \times \mathbf{A} \times \Delta \mathbf{t} = \frac{\mathbf{A}}{\mathbf{R}} \times \Delta \mathbf{t} = \mathbf{H} \times \Delta \mathbf{t}$$

gdzie \mathbf{H} [W/K] macierz przewodności gałęziowych (współczynników przenoszenia ciepła).

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Zapisując powyższe równanie dla wszystkich krawędzi (strumieni ciepła) w grafie otrzymujemy:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{H} \times \Delta \mathbf{t} \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} H_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & H_n \end{bmatrix}_{n \times n}$$

H - Macierz przewodności gałęziowych

Podstawiając wektor różnicy temperatury do powyższego równania mamy:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{H} \times (\mathbf{A}_n^T \times \mathbf{t}_n + \mathbf{A}_d^T \times \mathbf{t}_d)$$

Uwzględniając powyższe wyrażenie w równaniu zachowania energii:

$$\mathbf{A}_n \times \mathbf{P} \times (\mathbf{A}_n^T \times \mathbf{t}_n + \mathbf{A}_d^T \times \mathbf{t}_d) = \mathbf{Q}_{0n}$$

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Przekształcając równanie otrzymujemy:

$$\underbrace{\mathbf{A}_n \times \mathbf{H} \times \mathbf{A}_n^T}_{\mathbf{M}} \times \mathbf{t}_n = \underbrace{\mathbf{Q}_{0n} - \mathbf{A}_n \times \mathbf{H} \times \mathbf{A}_d^T}_{\mathbf{N}} \times \mathbf{t}_d$$

**M- Macierz
admitancji
węzłowych**

$$\mathbf{M} \times \mathbf{t}_n = \mathbf{N}$$

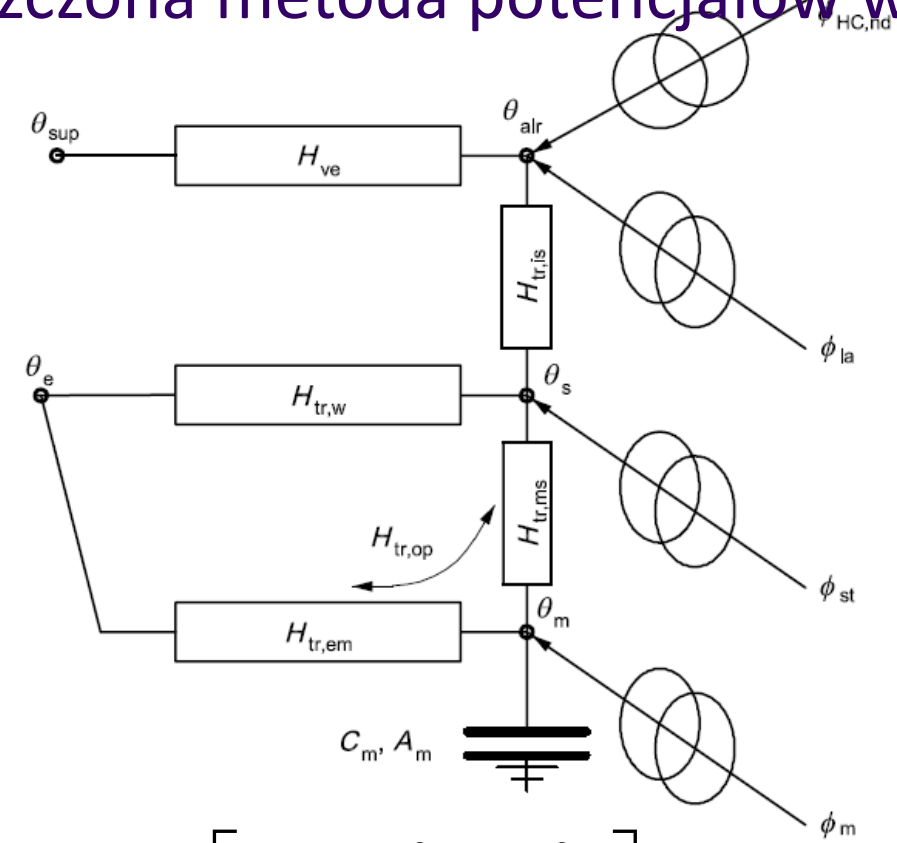
Równanie to reprezentuje układ równań z niewiadomymi wartościami temperatury w węzłach.

Naturalnym sposobem podania warunków brzegowych do rozwiązania zagadnienia jest I i II warunek brzegowy w postaci temperatury w węzłach i strumieni ciepła dostarczanego do węzłów.

Rozwiązanie w postaci wartości temperatury w węzłach uzyskuje się rozwiązując powyższy układ równań. Można w tym celu użyć rozmaitych metod numerycznych np. metody Gaussa.

$$\mathbf{t}_n = \mathbf{M}^{-1} \times \mathbf{N} \quad \text{Strumienie ciepła obliczamy jako:} \quad \mathbf{Q} = \mathbf{H} \times \Delta t$$

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych



$$A = [a_{i,j}]_{m \times n} \quad A = \begin{bmatrix} A_n \\ A_d \end{bmatrix}$$

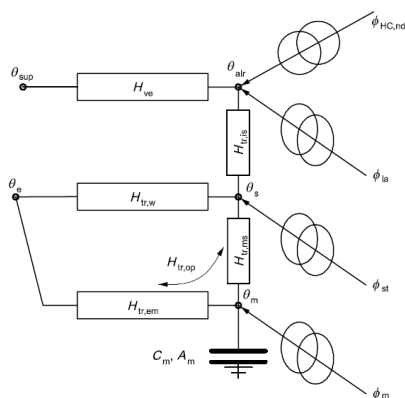
$$t = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_m \end{bmatrix} \quad Q_0 = \begin{bmatrix} Q_{01} \\ Q_{02} \\ \vdots \\ Q_{0m} \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} H_1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & H_n \end{bmatrix}_{n \times n} \quad Q = H \times \Delta t$$

$$t = \begin{bmatrix} t_n \\ t_d \end{bmatrix} \quad Q_0 = \begin{bmatrix} Q_{0n} \\ Q_{0d} \end{bmatrix}$$

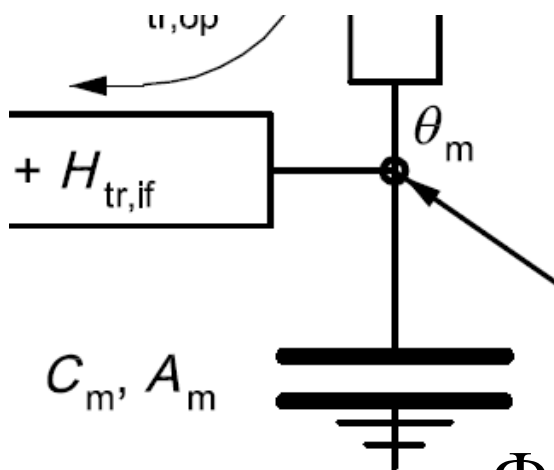
Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

Admitancja gałęzi z pojemnością cieplną



$$\Phi_k = C_m \frac{d\theta_m}{dt} \approx C_m \frac{\Delta\theta_m}{\Delta t}, \quad \Delta t = t_n - t_{n-1}$$

$$\Phi_{k(n)} = C_m \frac{\Delta\theta_m}{\Delta t} = \frac{C_m}{\Delta t} (\theta_{m(n)} - \theta_{m(n-1)})$$



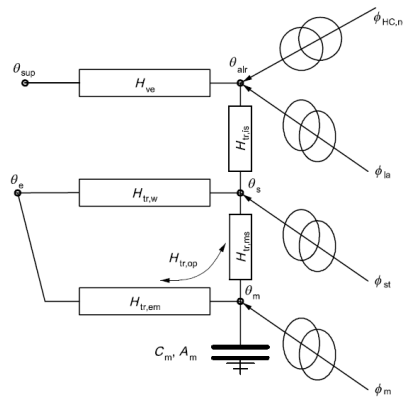
$$\Phi_{k(n)} = \frac{C_m}{\Delta t} \theta_{m(n)} - \frac{C_m}{\Delta t} \theta_{m(n-1)}$$

$$H_c = \frac{C_m}{\Delta t}, \quad \Phi_c = H_c \theta_m$$

$$\Phi_c = H_c \theta_{m(n)} - H_c \theta_{m(n-1)} = \Phi_{c(n)} - \Phi_{c(n-1)}$$

Metoda bilansów elementarnych, uproszczona metoda potencjałów węzłowych

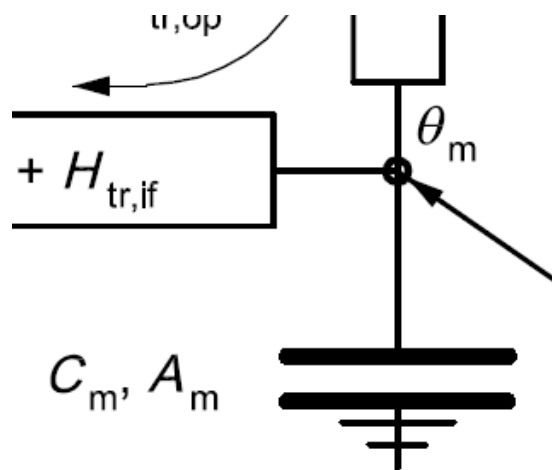
Admitancja gałęzi z pojemnością cieplną



$$H_c = \frac{C_m}{\Delta t}, \quad \Phi_c = H_c \theta_m$$

$$\Phi_{k(n)} = H_c \theta_{m(n)} - H_c \theta_{m(n-1)} = \Phi_{c(n)} - \Phi_{c(n-1)}$$

$$\Phi_{k(n)} = H_c \theta_{m(n)} - \Phi_{c(n-1)}$$



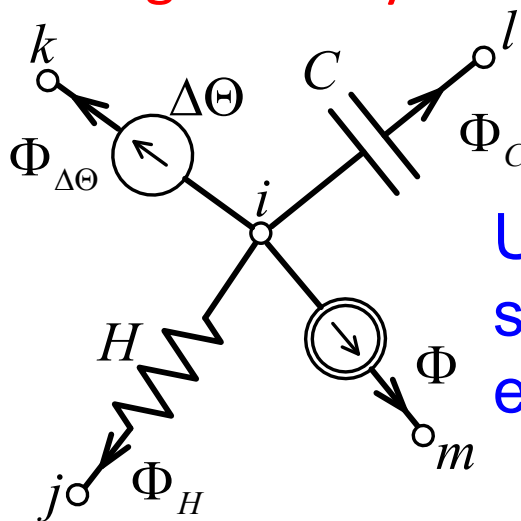
Metody normy – PN EN ISO 52016-1

Metoda godzinowa – sieć przepływu energii w budynku



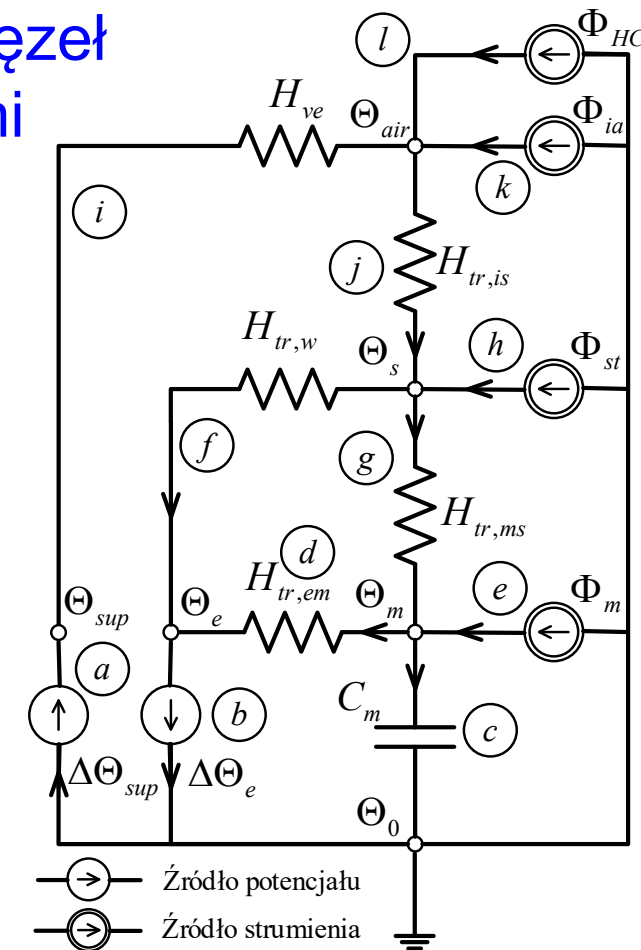
Macierz główna i wektor wyrazów wolnych – suma macierzy składowych elementów sieci

Zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych



Uogólniony węzeł sieci z różnymi elementami

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	$\Delta\Theta_e$



Weryfikacja modeli obliczeniowych

Norma ANSI / ASHRAE 140 – modele BESTEST 600 oraz 900

Procedury godzinowych obliczeń na poziomie strefy cieplnej zostały poddane walidacji przy użyciu odpowiednich przypadków z tzw. serii **BESTEST**. Przypadki obliczeniowe BESTEST są dobrze ugruntowane szeroko stosowane na całym świecie, dobrze opisane (np. **ASHRAE 140**) przypadki. Wyniki obliczeń kilku renomowanych narzędzi programowych są dostępne do porównania **EnergyPlus, ESPr**.

Procedury obliczeń godzinowych w normie EN ISO 52016-1 są w pełni opisane. Oznacza to, że wyniki przypadków testowych powinny być takie same dla wszystkich użytkowników, jeśli zostaną użyte te same dane wejściowe i warunki brzegowe. **Nie ma więc potrzeby walidacji stosowania normy EN ISO 52016-1.** Przypadki testowe i wyniki przedstawione w normie nie służą walidacji metody, ale w celu umożliwienia weryfikacji oprogramowania tworzono na podstawie normy.

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

Tworzone na podstawie normy PN EN ISO 52016-1 programy obliczeniowe powinny podlegać weryfikacji

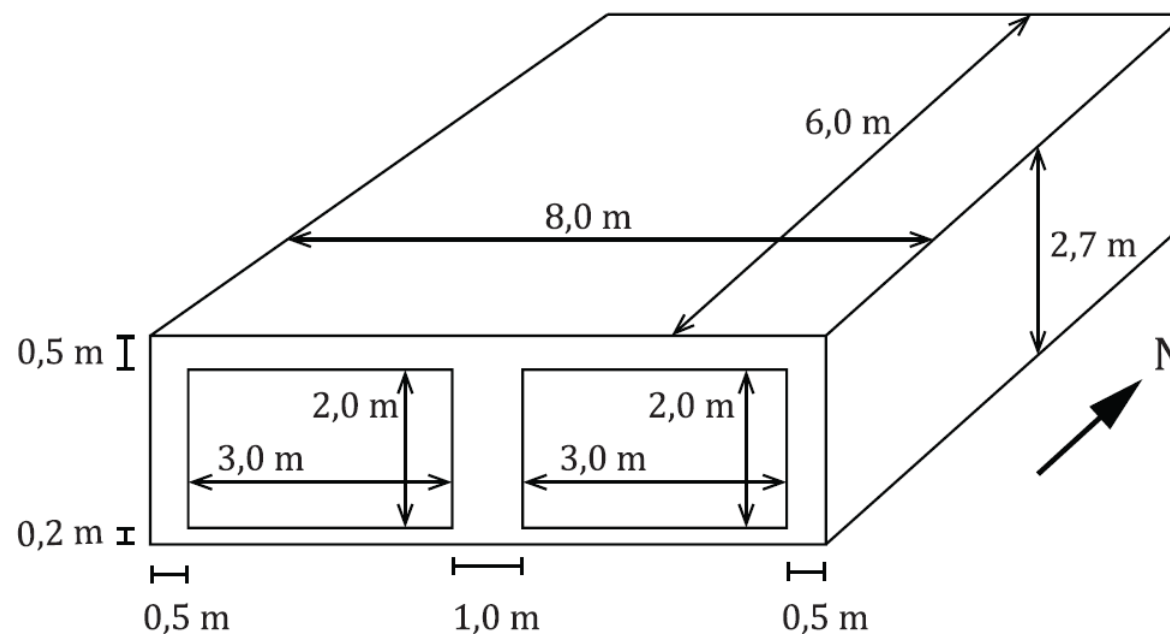


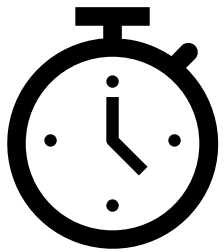
Figure 2 — Geometry of the test room

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

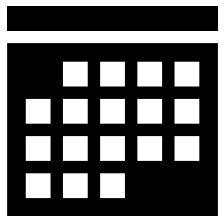
Wzorzec do określenia szczegółowych reguł stosowania metod obliczeniowych dla różnego rodzaju i typu budownictwa w danym kraju np.:

- 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**

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

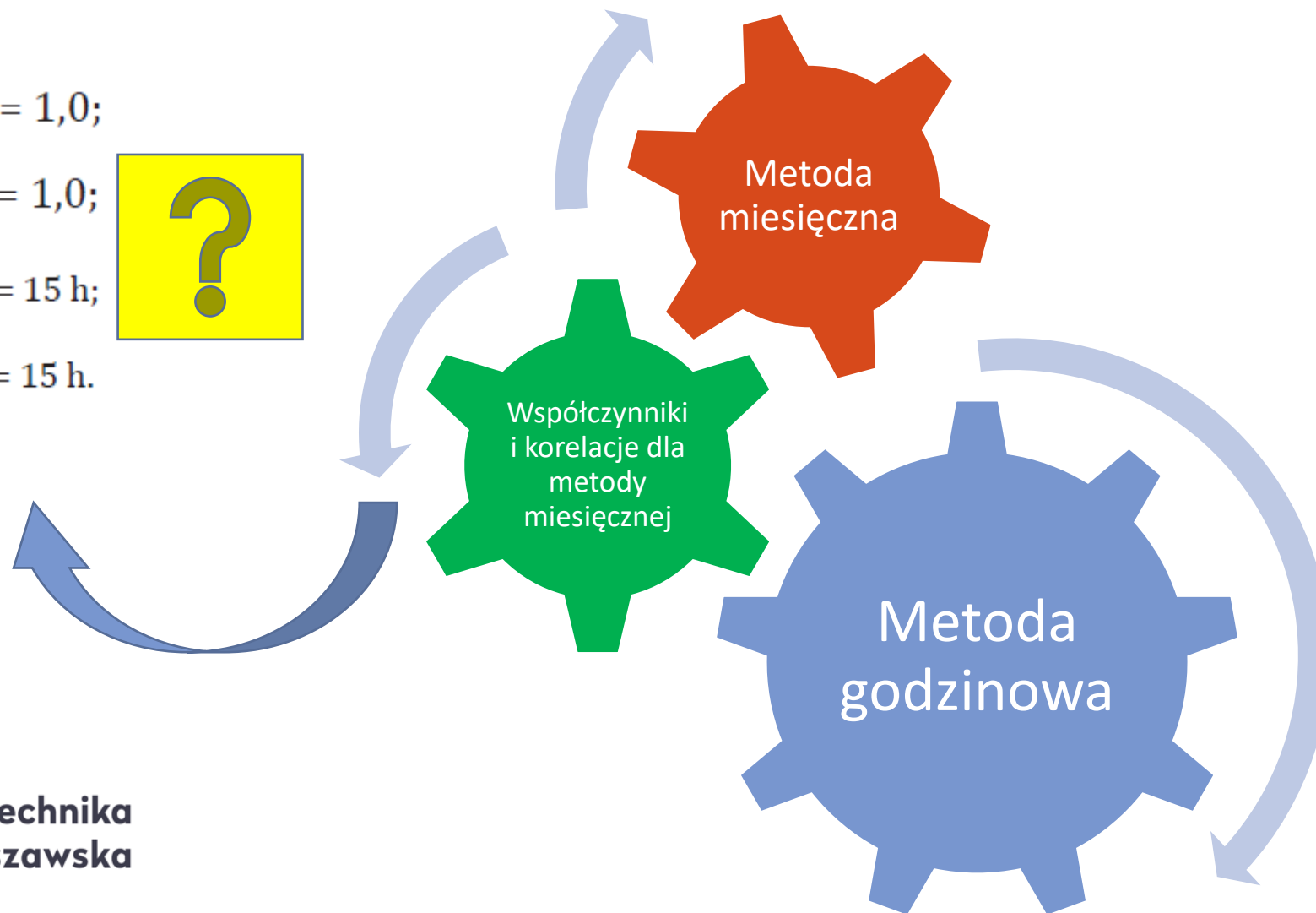
Wymagania określenia współczynników i parametrów korelacyjnych metody miesięcznej – PN EN ISO 52016-1

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

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

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

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



Parametry klimatu do obliczeń godzinowych i miesięcznych

- **Typowe lata meteorologiczne** (Projekt TLM2000) – zbiór mierzonych lub modelowanych z krokiem co najmniej godzinowym parametrów meteorologicznych i klimatycznych dla poszczególnych stacji meteorologicznych rozpatrywanego obszaru geograficznego reprezentujących **przeciętne dla wielolecia klimat danej lokalizacji**.
 - Dane wejściowe **dla wszystkich systemów symulacji energetycznych budynków** do wyznaczenia **zapotrzebowania na energię** użyteczną **ogrzewania i chłodzenia budynku** oraz **charakterystyki energetycznej budynków**.
- **Parametry obliczeniowe klimatu** (Projekt SKP2000) to wielkości fizyczne charakteryzujące klimat danej lokalizacji geograficznej dla potrzeb projektowania instalacji wewnętrznych budynków.
 - Dane wejściowe **w obliczeniach mocy cieplnej urządzeń i systemów** służących do **ogrzewania, wentylacji, chłodzenia i klimatyzacji budynków** i doboru wielkości urządzeń.
- Wielkości te **wyznaczone są na podstawie wieloletnich pomiarów meteorologicznych**, obejmujących okres **co najmniej 20 lat**.

Stan aktualny TLM 1971-2000 (TLM1970)



https://dane.gov.pl/pl/dataset/797,typowe-lata-meteorologiczne-i-statystyczne-dane-klimatyczne-dla-obszaru-polski-do-obliczen-energetycznych-budynkow

The screenshot shows the top navigation bar with the gov.pl logo and 'Serwis Rzeczypospolitej Polskiej'. Below it is a yellow banner for '#PomagamUkrainie'. The main content area has a search bar and navigation links like 'Strona główna', 'Dane', 'Dostawcy', 'PoCoTo', 'Aktualności', and 'Baza wiedzy'. The title of the dataset is visible at the top of the page content.

Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków

Pobierz metadane dla zbioru danych:

Błędny opis – tu nie ma TLM

Opis [Rozwiń](#)

Słowa kluczowe: budownictwo, dane klimatyczne, świadectwa charakterystyki energetycznej, efektywność energetyczna, dane meteorologiczne

The screenshot shows the 'Dane' tab selected, with a 'Pobierz cały zbiór >>' button. There are also links for 'Ukryj szczegóły', 'Obserwuj', and 'Zgłoś uwagi do zbioru >>'. The 'Sortuj według:' dropdown is set to 'Dane na dzień'. The 'Nazwa stacji' field is partially visible.

Warszawska **TYLKO dane miesięczne**

https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow

The screenshot shows the 'archiwum-inwestycje-rozwoj.gov.pl' website. The main heading is 'Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne do obliczeń energetycznych budynków'. The text describes the data as 'Zamieszczone poniżej pliki zawierają typowe lata meteorologiczne oraz opracowane na ich podstawie statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski. Zostały one przygotowane dla potrzeb obliczeń energetycznych w budownictwie i mogą być wykorzystane w obliczeniach charakterystyk energetycznych budynków i sporządzania świadectw energetycznych budynków, w audytingu energetycznym oraz w pracach projektowych i symulacjach energetycznych budynków.' It also includes a list of stations: 'stacja 135 - Hel', 'stacja 550 - Śnieżka', and 'stacja 650 - Kasprowy Wierch'.

Dane godzinowe - TLM

Typowe lata meteorologiczne 1971 – 2000 (TLM1970) - charakterystyka

1. Wyznaczone w 2004 r. dla potrzeb systemu świadectw charakterystyki energetycznej budynków wprowadzonego w Polsce w 2008 r. dla 61 lokalizacji stacji synoptycznych Polski,
2. Opracowane na podstawie 3-godzinowych danych synoptycznych IMGW z lat 1971 – 2000 dla 10 parametrów meteorologicznych,
3. **Całkowite natężenie promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą** dostarczone przez IMGW w 2004 r. **nie było wartością mierzoną lecz wartością modelowaną** nieokreślonym modelem matematycznym.
4. Wyznaczono zbiory danych **TMY, ISO, TRY, HSY, CWY** zapisane w plikach **TXT** + statystyczne dane miesięczne

Stan aktualny TLM opracowane przez US DOE i IBPSA



Weather Data

Weather data for 3,034 locations are now available in EnergyPlus weather format — 1,494 locations in the USA, 80 locations in Canada, and more than 1,450 locations in 98 other countries throughout the world. The weather data are arranged by World Meteorological Organization region and Country.

View Weather Data

Select a region below to view weather data.

- Africa (WMO Region 1)
- Asia (WMO Region 2)
- South America (WMO Region 3)
- North and Central America (WMO Region 4)
- Southwest Pacific (WMO Region 5)
- Europe (WMO Region 6)

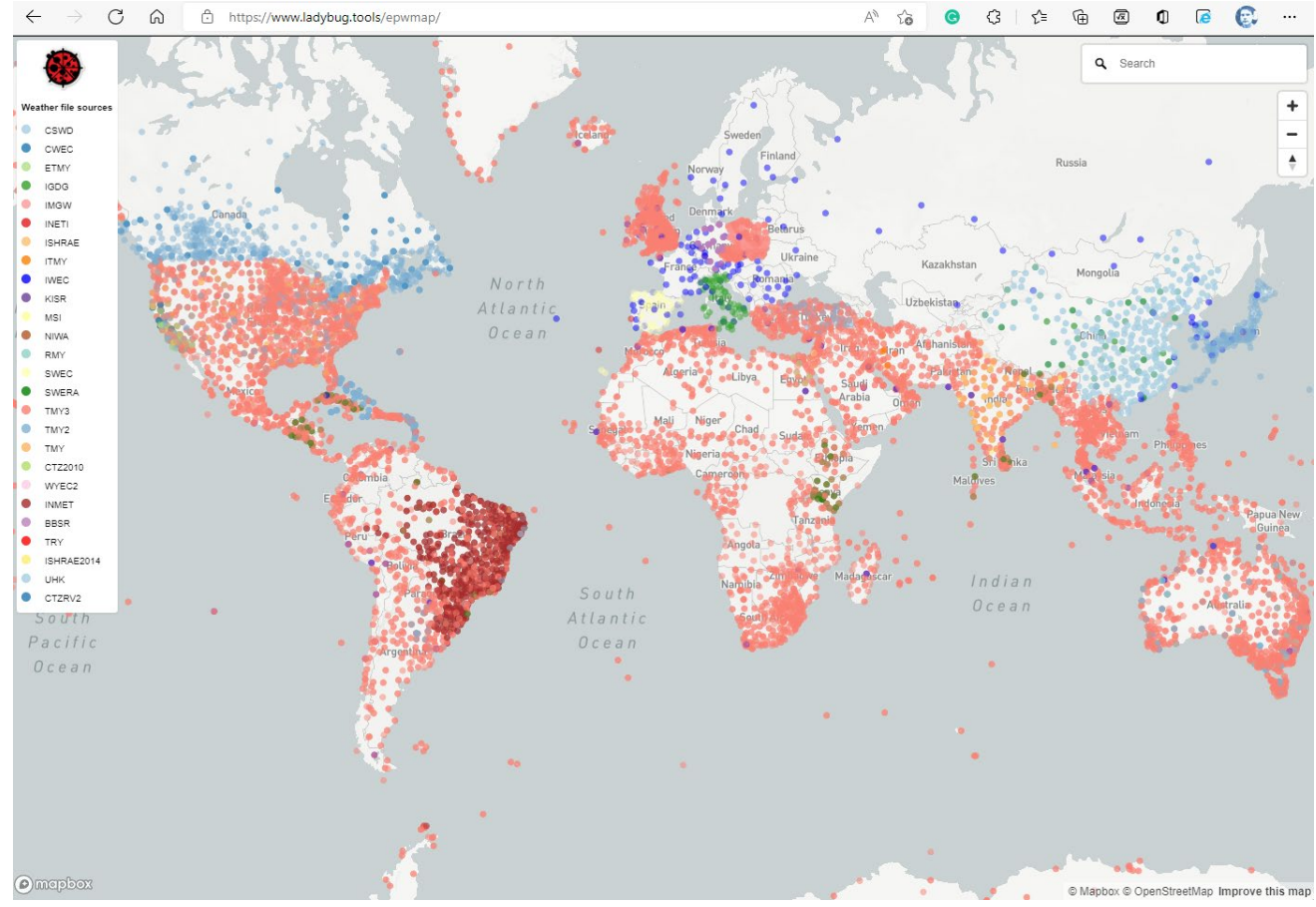
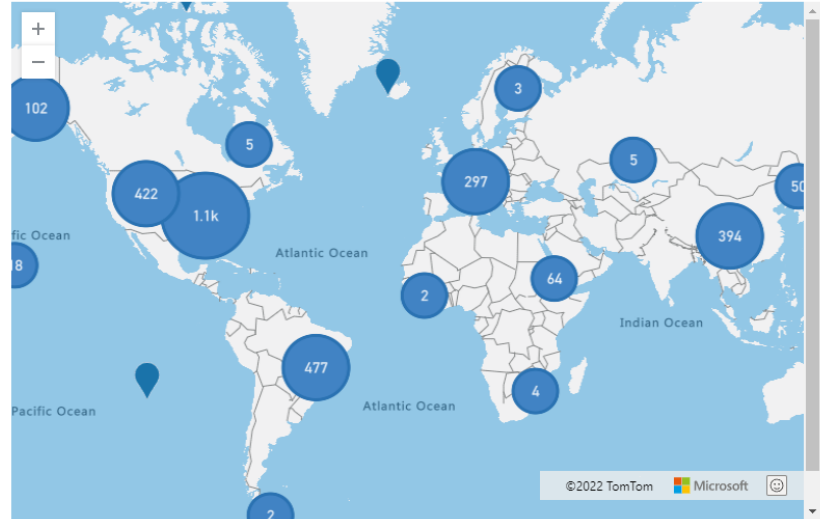
Search Weather Data

Keyword Search

Search

Browse Weather Data

Click on the markers in the map below to access weather data.



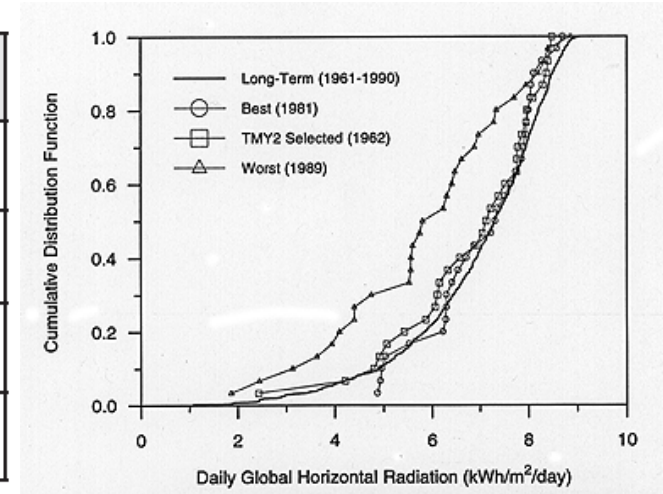
Zbiór danych TMY2/3 – metoda wyznaczenia – opracowana pierwotnie w **Sandia Labs.**, następnie w National Renewable Energy Laboratory **NREL**.

TMY2/3 – zbiór 12 miesięcy danych meteorologicznych i klimatycznych pochodzących z różnych lat kalendarzowych wielolecia, wybranych na podstawie min., max. i średniej temperatury termometru suchego, min., max. i średniej temperatury punktu rosy, max. i średniej prędkości wiatru oraz całkowitego i bezpośredniego natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą – **10 parametrów**.

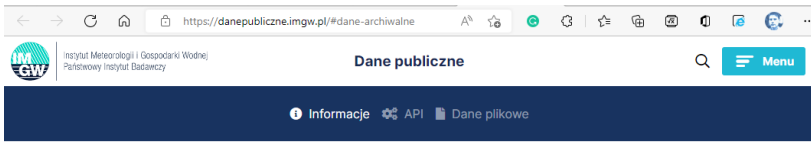
Indeks złożony statystyk Finkelstein - Schafer'a (FS) dla analizowanych parametrów dla każdego miesiąca w wieloleciu.

Parametr	$t_{a(max)}$	$t_{a(min)}$	\bar{t}_a	$t_{r(max)}$	$t_{r(min)}$	\bar{t}_r	$v_{w(max)}$	\bar{v}_w	I_{th}	I_{dh}
Sandia Lab.	1/24	1/24	2/24	1/24	1/24	2/24	2/24	2/24	12/24	n.d.
TMY2/3	1/20	1/20	2/20	1/20	1/20	2/20	1/20	1/20	5/20	5/20
WYEC2	5%	5%	30%	2,5%	2,5%	5%	5%	5%	40%	n.d.

Uwaga: na potrzeby wyznaczenia zbiorów danych TMY w TLM2000 wykorzystano wagi TMY2/3



Dane źródłowe – bazy danych meteorologicznych



Dane pomiarowo-observacyjne IMGW

Korzystanie z Serwisu oznacza zgodę Użytkownika na przestrzeganie postanowień Regulaminu, dlatego też każdy Użytkownik zobowiązany jest do zapoznania się z treścią Regulaminu przed rozpoczęciem korzystania z Serwisu.

W związku ze zmianami w serwisie dostęp do dotychczasowych danych plikowych możliwy jest poniżej

[Dane historyczne](#)

Dane archiwalne

Ostrzeżenia archiwalne

Archiwalne ostrzeżenia adresami:

dla ostrzeżeń meteorologicznych: <https://danepubliczne.imgw.pl/>

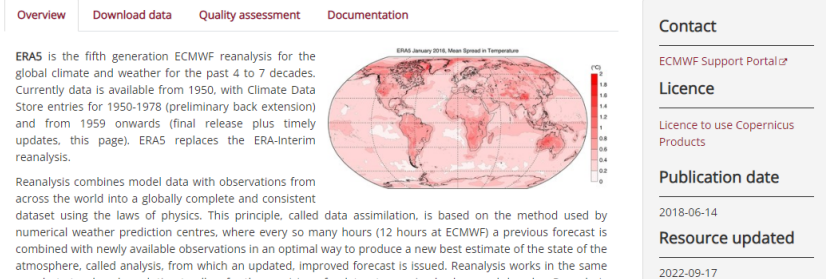
dla ostrzeżeń hydrologicznych: <https://danepubliczne.imgw.pl/>

Dane pomiarowe: <https://danepubliczne.imgw.pl/>

Dane Pomiarowo-observacyjne: <https://danepubliczne.imgw.pl/>



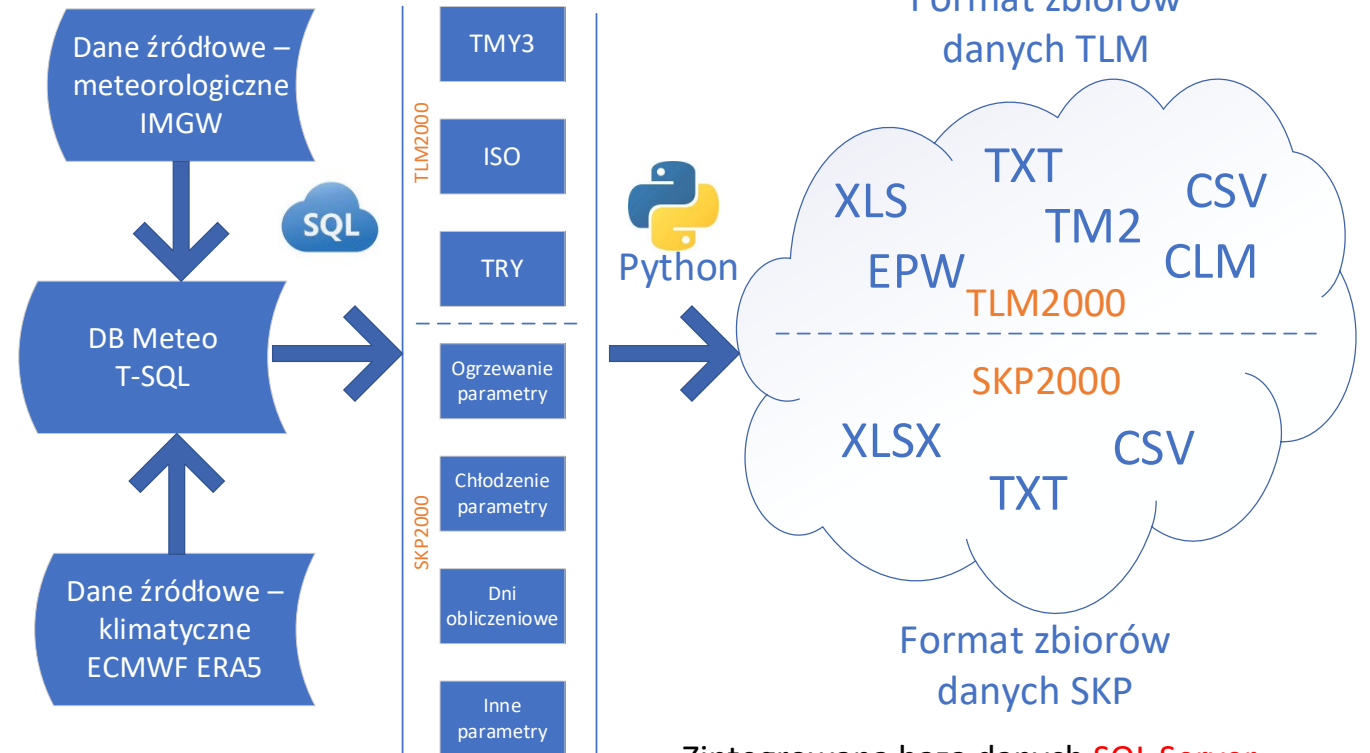
CDS Service disruption starting 8 September 2022 for 5-6 weeks. You can find more information here.



Model matematyczny - analiza wsteczna na podstawie obserwacji i pomiarów satelitarnych – ECMWF ERA5

Dane synoptyczne SYNOP FM-12

Zbiory danych TLM i SKP



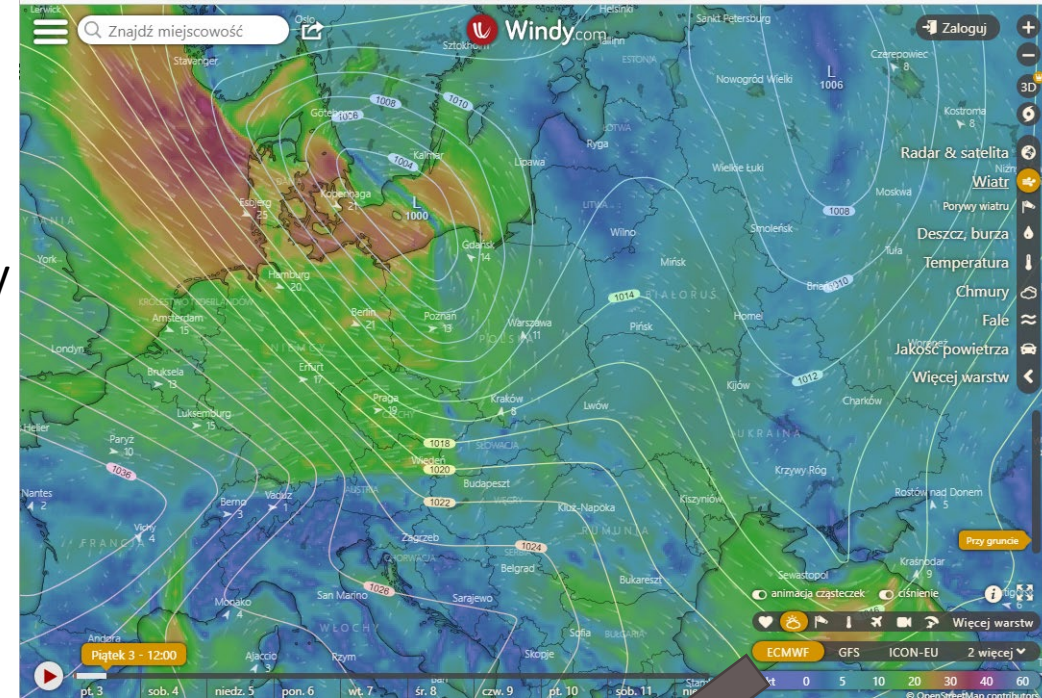
Promieniowanie słoneczne i długofalowe niebosłonu

Zintegrowana baza danych **SQL Server** meteorologicznych i klimatycznych została wykorzystana w projektach **TLM2000** i **SKP2000**. Metody wyznaczania parametrów obliczeniowych zaprogramowano w języku **Python**.

Typowe lata meteorologiczne 2001 – 2020 (TLM2000)

Założenia - charakterystyka TLM2000:

- Zbiory danych TLM obejmują - **56 stacji synoptycznych** na terenie Polski z okresu **2001-2020** – zmniejszona liczba stacji w porównaniu do TLM1970 wynika z dostępności danych IMGW.
- Godzinowe dane pomiarowo-observacyjne – **107 parametrów** z bazy terminowych danych synoptycznych **IMGW**.
- Godzinowe wartości natężenia promieniowania słonecznego i promieniowania długofalowego niebosłonu z bazy **European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ERA5** – wygenerowane **5 parametrów** z krokiem godzinowym dla analizowanych stacji synoptycznych.
- Dla **Gdańska** połączono zbiory danych ze stacji **Gdańsk-Port Północny** i **Gdańsk-Świbno** – zmiana lokalizacji stacji synoptycznej.
- Wyznaczone zbiory danych: **TMY3, ISO, TRY** oraz **HSY i CWY**.
- Format zapisu zbiorów danych TLM2000: **TXT, CSV, i XLSX**
- Założenia - Liczba plików TLM2000: 56 stacji x 5 zbiorów danych x 3 formaty = **840 plików** - Objętość danych TLM2000 – **ok. 2 GB**



Zbiór danych TLM vs. Format danych TLM

TMY2 / TMY3 – National Renewable Energy Laboratory NREL/TP-581-43156 (Typical Meteorological Year)

ISO – Norma PN-EN ISO 15927-4 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków. Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych. Część 4: Dane godzinowe do oceny rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia”

TRY – Rok referencyjny opisany przez ASHRAE i dokumentację programu BLAST (Test Reference Year)

HSY – autorski zbiór danych – rok danych najcieplejszego lata od 1 stycznia do 31 grudnia (Hot Summer Year)

CWY – autorski zbiór danych – rok danych najzimniejszej zimy – pełny sezon grzewczy od 1 lipca do 30 czerwca (Cold Winter Year)

TXT – plik danych rozdzielanych spacjami (dane ułożone w kolumnach wg przyjętego formatu)

CSV – plik danych rozdzielanych przecinkami lub średnikami (dane ułożone w kolumnach wg przyjętego formatu)

XLSX – skoroszyt danych Excel (dane ułożone w kolumnach wg przyjętego formatu w arkuszu)

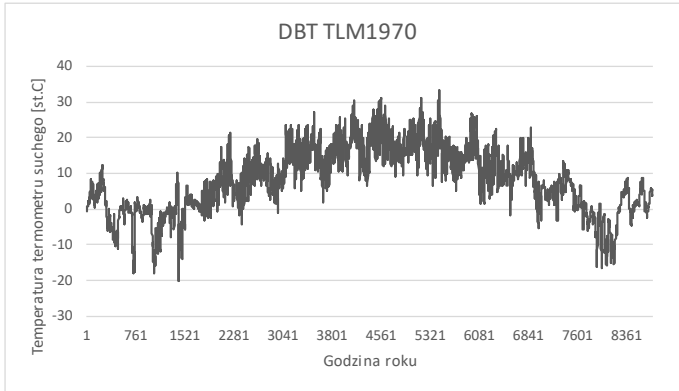
TM2 – ściśle opisany przez NREL format danych w postaci tekstowej – wykorzystywany obecnie przez program TRNSYS

EPW – format danych tekstowych ściśle opisany w dokumentacji programu EnergyPlus

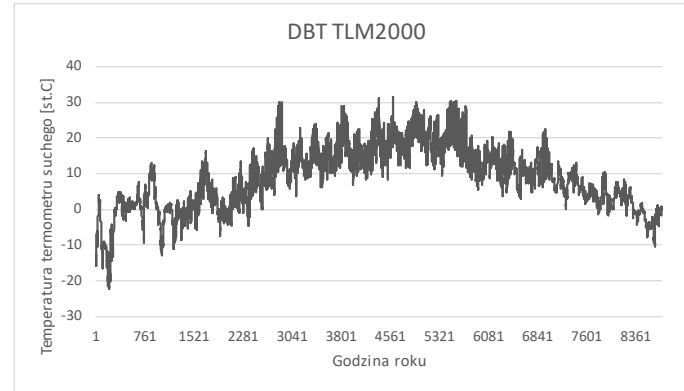
CLM – format danych meteorologicznych i klimatycznych wykorzystywanych przez program ESP-r

Porównanie TLM1970 i TLM2000

TLM1970

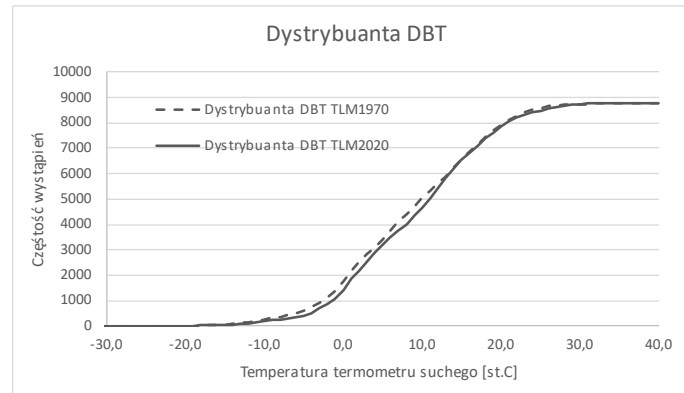
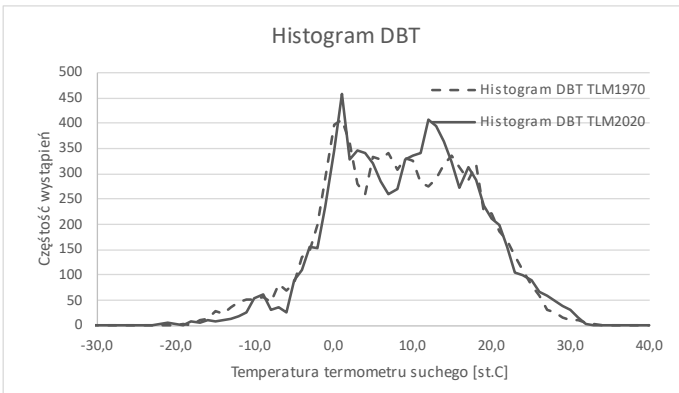


TLM2000

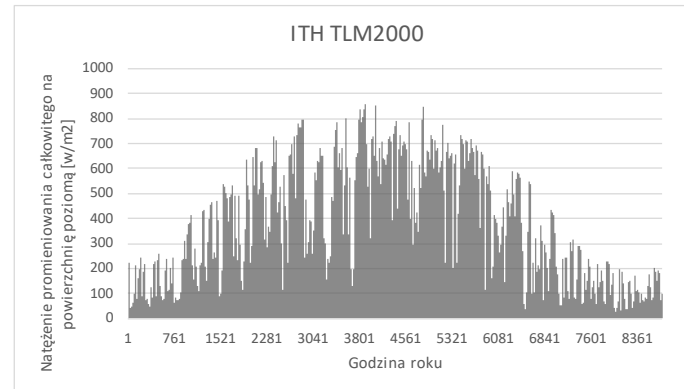
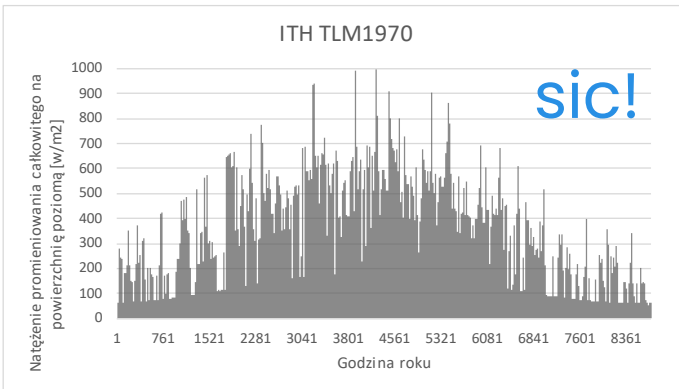


WARSZAWA

Temperatura termometru suchego



Miesiąc	TLM1970				TLM2000			
	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{średnia} °C	T _{mediana} °C	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{średnia} °C	T _{mediana} °C
1	-18,0	12,2	-0,3	0,3	-22,2	7,8	-3,0	0,1
2	-17,9	10,1	-2,6	-1,3	-12,8	12,9	0,1	0,0
3	-20,2	17,3	1,9	1,8	-7,4	16,3	2,2	1,4
4	-4,2	21,3	8,9	9,0	-4,5	30,1	9,4	8,5
5	-0,9	27,2	14,1	14,2	3,6	23,8	13,6	13,2
6	1,9	30,5	16,5	16,8	6,9	29,1	16,4	15,7
7	6,7	31,3	19,1	18,7	8,5	31,4	20,0	19,8
8	5,2	33,2	16,6	16,1	8,4	30,3	19,3	18,8
9	1,5	26,7	12,8	12,7	3,8	21,9	12,4	12,5
10	-5,5	22,7	7,8	7,0	0,2	22,3	10,0	10,1
11	-16,4	13,5	1,4	0,7	-1,9	12,9	4,9	4,7
12	-16,0	8,7	-0,7	0,7	-10,3	8,4	0,2	-0,2
Rok	-20,2	33,2	8,0	8,0	-22,2	31,4	8,8 (+10%)	9,1 (+13,8%)



Średnia temperatura termometru suchego

MDBT ↑ 10 %

Liczba stopniodni ogrzewania

HDD ↓ 6,8 %

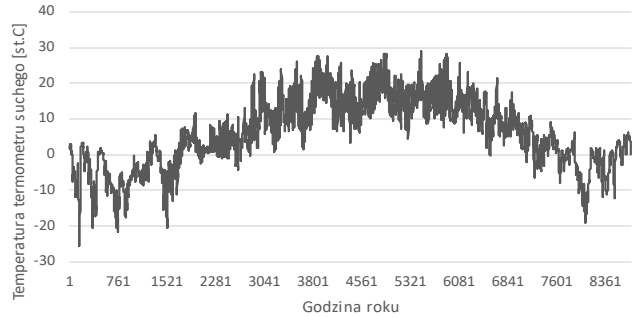
Liczba stopniodni chłodzenia

CDD ↑ 17,5 %

Porównanie TLM1970 i TLM2000

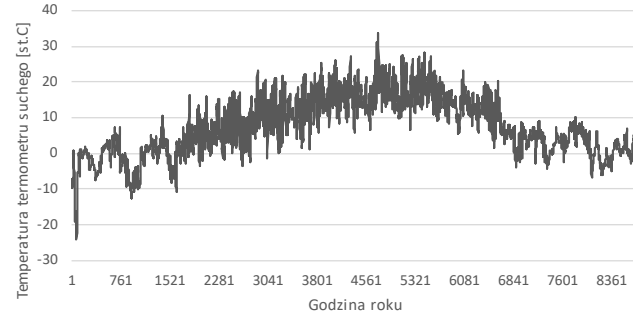
TLM1970

DBT TLM1970



TLM2000

DBT TLM2000

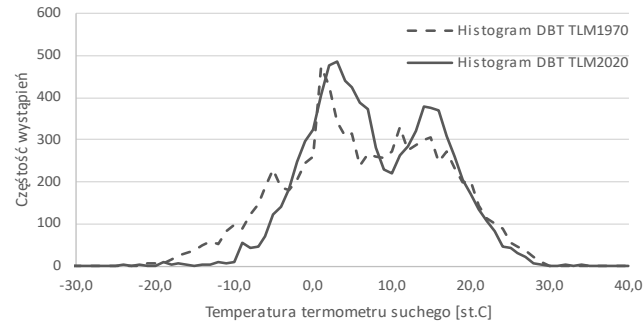


SUWAŁKI

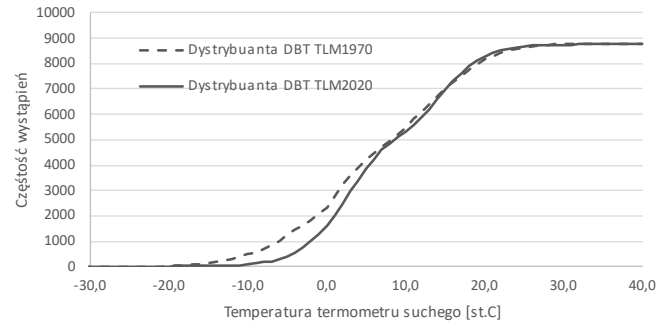
Temperatura termometru suchego

Miesiąc	TLM1970				TLM2000			
	T _{min}	T _{max}	T _{średnia}	T _{mediana}	T _{min}	T _{max}	T _{średnia}	T _{mediana}
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	-25,6	3,4	-6,1	-5,7	-24,3	7,1	-1,8	-0,7
2	-21,8	5,4	-5,1	-5,1	-12,6	10,5	-2,0	-1,9
3	-20,7	11,6	-1,0	0,4	-10,7	16,2	2,0	2,1
4	-4,4	22,3	4,4	3,8	-3,4	23,0	7,4	7,2
5	0,8	26,1	12,3	11,9	-1,3	22,2	11,7	11,4
6	1,6	27,6	15,9	16,1	1,2	27,2	15,6	16,1
7	3,3	28,2	16,9	16,8	5,7	33,5	16,9	15,8
8	4,4	28,8	16,0	15,9	6,6	28,1	17,4	17,0
9	1,2	28,3	13,6	13,3	1,5	23,2	12,7	13,1
10	-6,5	21,4	7,3	7,5	-3,9	20,3	5,2	5,2
11	-14,3	9,2	-0,3	0,4	-4,4	10,1	3,5	3,4
12	-19,0	6,1	-2,5	-1,4	-6,9	7,0	0,1	0,2
Rok	-25,6	28,8	6,0	5,7	-24,3	33,5	7,4 (+23,3%)	6,5 (+14,0%)

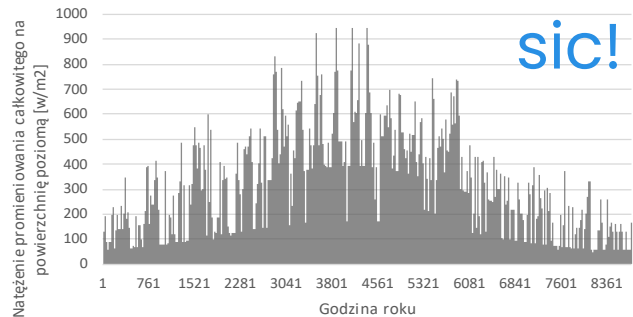
Histogram DBT



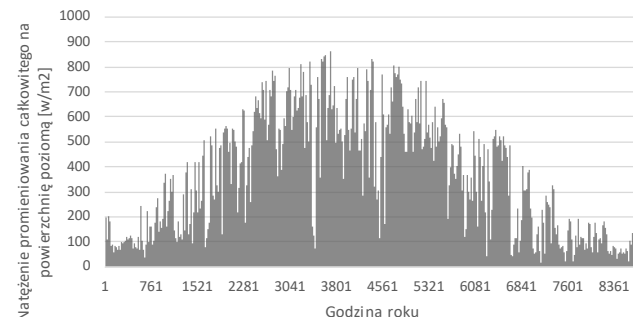
Dystrybuanta DBT



ITH TLM1970



ITH TLM2000



Średnia temperatura termometru suchego

MDBT ↑ 23,3 %

Liczba stopniodni ogrzewania

HDD ↓ 12,2 %

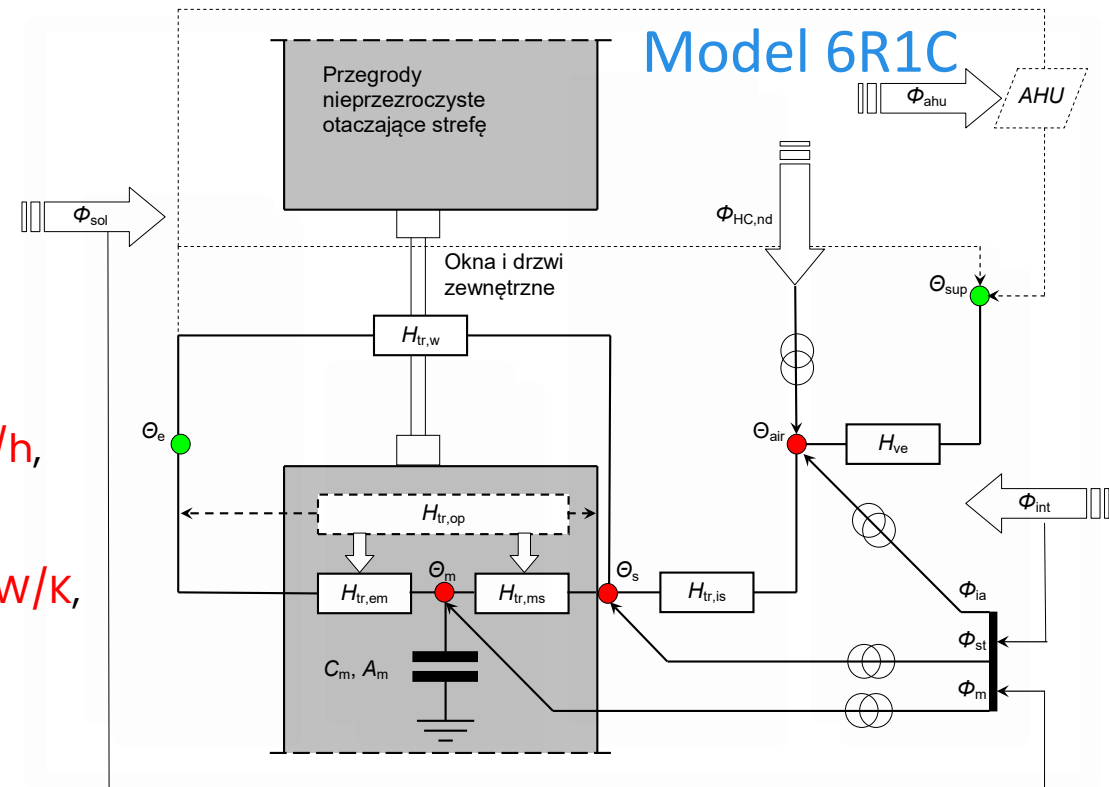
Liczba stopniodni chłodzenia

CDD ↓ 20,1 %

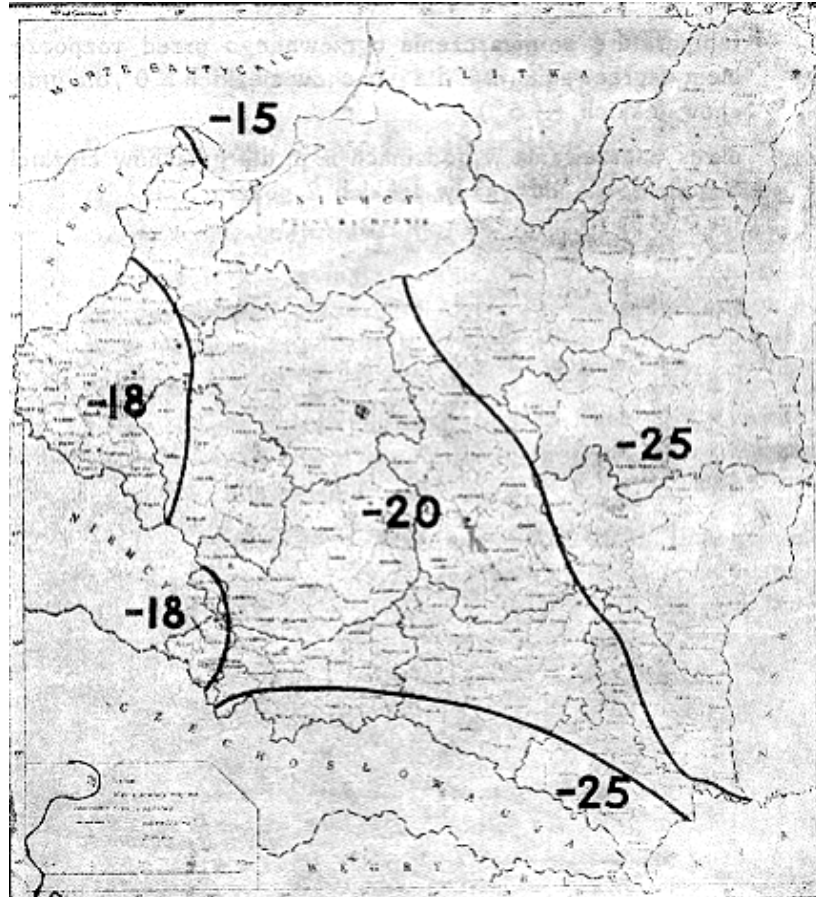
Skutki zmian – symulacje energetyczne budynku

Dane do symulacji energetycznych budynku dla TLM1970 i TLM2000 (Warszawa, Suwałki)

- Model obliczeniowy: **6R1C** – model skupionych oporów i pojemności cieplnej (rozszerzony model wg. normy PN-EN ISO 13790)
- Rodzaj budynku: **użyteczności publicznej – biurowy**,
- Rodzaj konstrukcji: **masywna**
- Powierzchnia klimatyzowana: **3640 m²**,
- Kubatura: 10919 m³,
- Współczynniki U – ściany **0,21 W/(m²K)**, dach **0,18 W/(m²K)**,
- podłoga na gruncie **0,30 W/(m²K)**, okna **1,1 W/(m²K)**,
- Przeszklenie: **20%**, **g = 0,55**
- Wentylacja: infiltracja max. **5459 m³/h**, mechaniczna max **5000 m³/h**,
- Współczynnik przenoszenia ciepła obudowy: **1241 W/K**,
- Współczynnik przenoszenia ciepła okien i drzwi: **602 W/K**,
- Współczynnik przenoszenia ciepła powierzchni wewnętrznej: **56505 W/K**,
- Pojemność cieplna budynku: **946 MJ/K**,
- Źródło ciepła – **Warszawa 100 kW**, **Suwałki 120 kW**,
- Źródło chłodu – **Warszawa 75 kW**, **Suwałki 75 kW**,
- Temperatura wewnętrzna: **21 st.C / 26 st.C**



Temperatury obliczeniowe zewnętrzne –
ogrzewnictwo



Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy PN/B-102 z 1934 r.

Prace St. Rodowicza z 1932 r. pozwoliły na określenie pierwszej normy z temperaturami obliczeniowymi .

$$t_{obl} = \frac{t_m + t_l}{2} + 10$$

gdzie:

- t_{obl} - obliczeniowa temperatura zewnętrzna, °C,
- t_m - najniższa średnia temperatura dobowa, °C,
- t_l - absolutna temperatura minimalna, °C,

Strefa -25°C dla obszarów powyżej 600 m n.p.m.

Analiza średnich dobowych temperatur powietrza z okresu 5 lat od 1926 r. do 1930 r. Rok 1929 - temperatury powietrza zewnętrznego w Polsce osiągnęły w wielu miejscowościach Polski najniższe notowane wartości.

Projekt SKP200 - Krótka historia

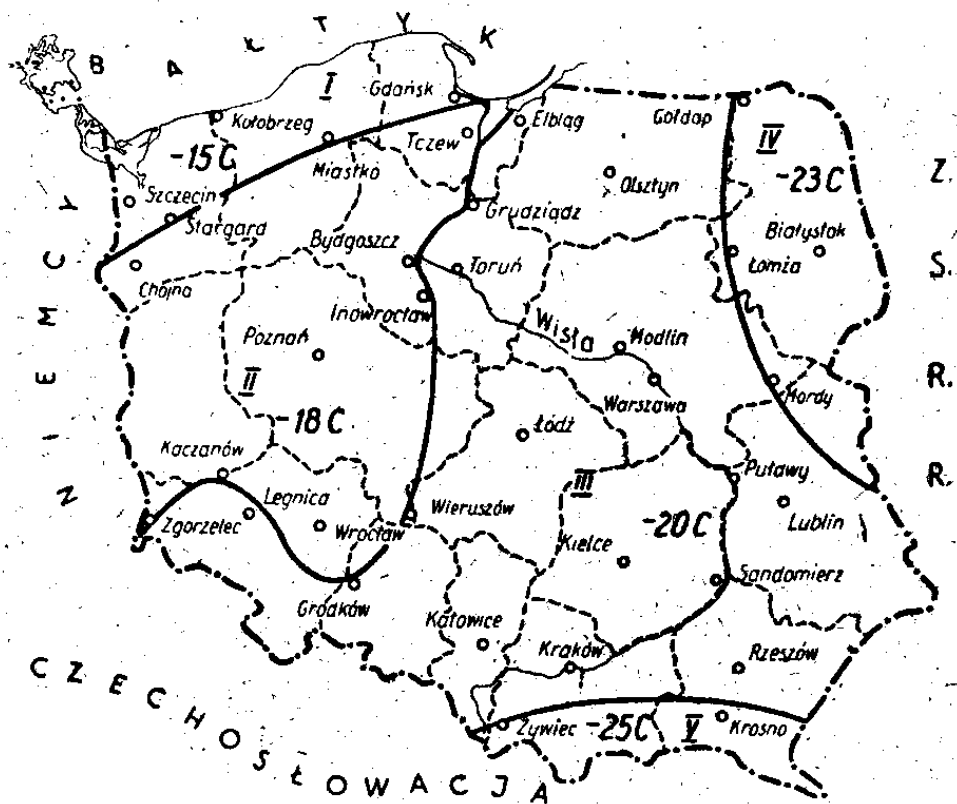
Prace w 1947 doprowadziły do powstania w 1950 r. normy PN-50/B-02403 – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne - Ogrzewnictwo.

Temperatura obliczeniowa – średnia z czterech najzimniejszych okresów pięciodobowych z lat 1929 – 1956 – wyznaczona tylko dla kilkunastu stacji ze względu na brak danych.

Dla pozostałych stacji przyjmowano inne kryteria – średnie pięciodobowe dla 1 roku lub średnie minimalnych temperatur.

Nowelizacja normy w 1957 roku – sześć stref klimatycznych

Temperatury obliczeniowe zewnętrzne –
ogrzewnictwo

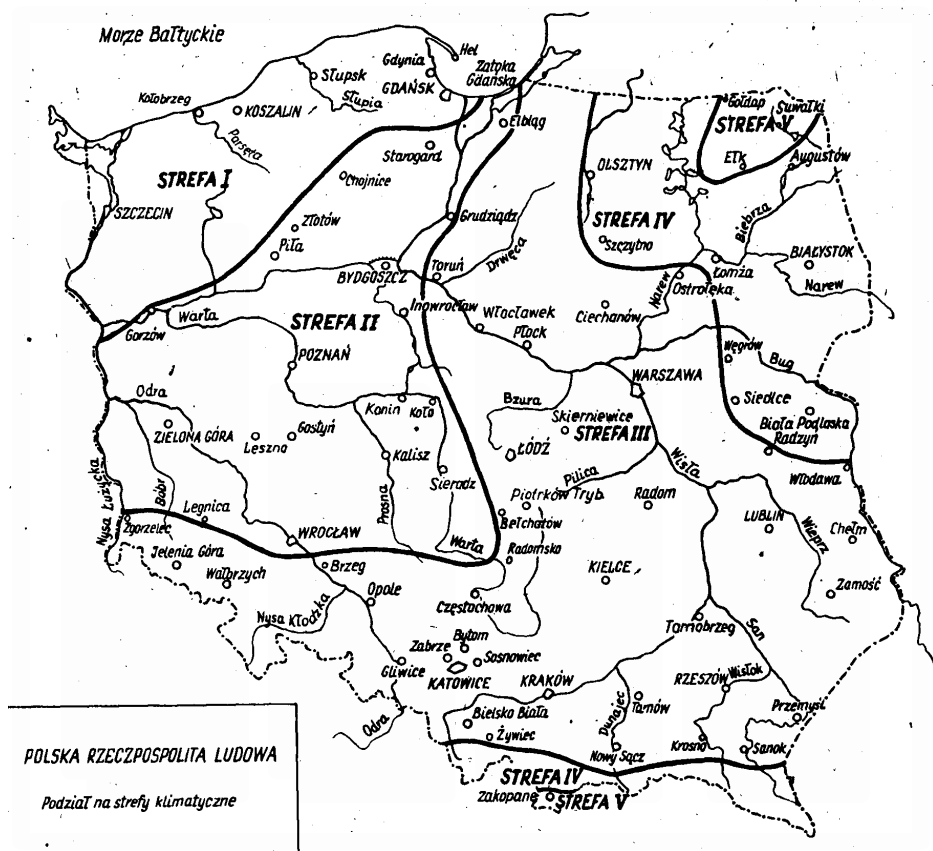


Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy PN-50/B-02403 z 1950 r.

PN-50/B-02403

PN-57/B-02403

Strefa klimatyczna	Temperatura obliczeniowa	Strefa klimatyczna	Temperatura obliczeniowa
I	-15°C	I	-14°C
II	-18°C	II	-16°C
III	-20°C	III	-18°C
IV	-23°C	IV	-20°C
V	-25°C	V	-22°C
		VI	-24°C



Norma z 1974 r. oprócz poprawek stref klimatycznych wprowadziła **jedną wartość** temperatury obliczeniowej powietrza zewnętrznego, równą **-20°C**.

Zróżnicowanie klimatu ujęte zostało przez wprowadzenie **mnożnika do obliczeniowej różnicy temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego** o wartości od 0,90 do 1,10 w zależności od strefy klimatycznej.

Norma z 1982 r. zachowała bez zmian podział na pięć stref klimatycznych i określa wartości temperatury obliczeniowej dla 5 stref.

PN-74/B-02403

PN-82/B-02403

Strefa klimatyczna	Mnożnik różnicy temperatury	Strefa klimatyczna obliczeniowa	Temperatura
I	0,90	I	-16°C
II	0,95	II	-18°C
III	1,00	III	-20°C
IV	1,05	IV	-22°C
V	1,10	V	-24°C

Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy PN-74/B-02403 z 1974 r. i PN-82/B-02403 z 1982 r.



Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy PN-EN 12831:2006 z 2006 r.

W 2004 r. przyjęto metodą uznaniową normę EN 12831. W 2006 r. w załączniku krajowym przetłumaczonej normy PN-EN-12831 wstawiono mapę stref klimatycznych z normy PN-82/B-02403 bez jakichkolwiek zmian stref klimatycznych.

Norma PN-EN 12831:2006 z 2006 r. zachowała bez zmian podział na pięć stref klimatycznych i określa wartości temperatury obliczeniowej i średnich rocznych powietrza zewnętrznego dla 5 stref.

PN-EN 12831:2006

Załącznik-krajowy-NB
(informacyjny)
Orientacyjne wartości do obliczeń w rozdziałach od 6 do 9

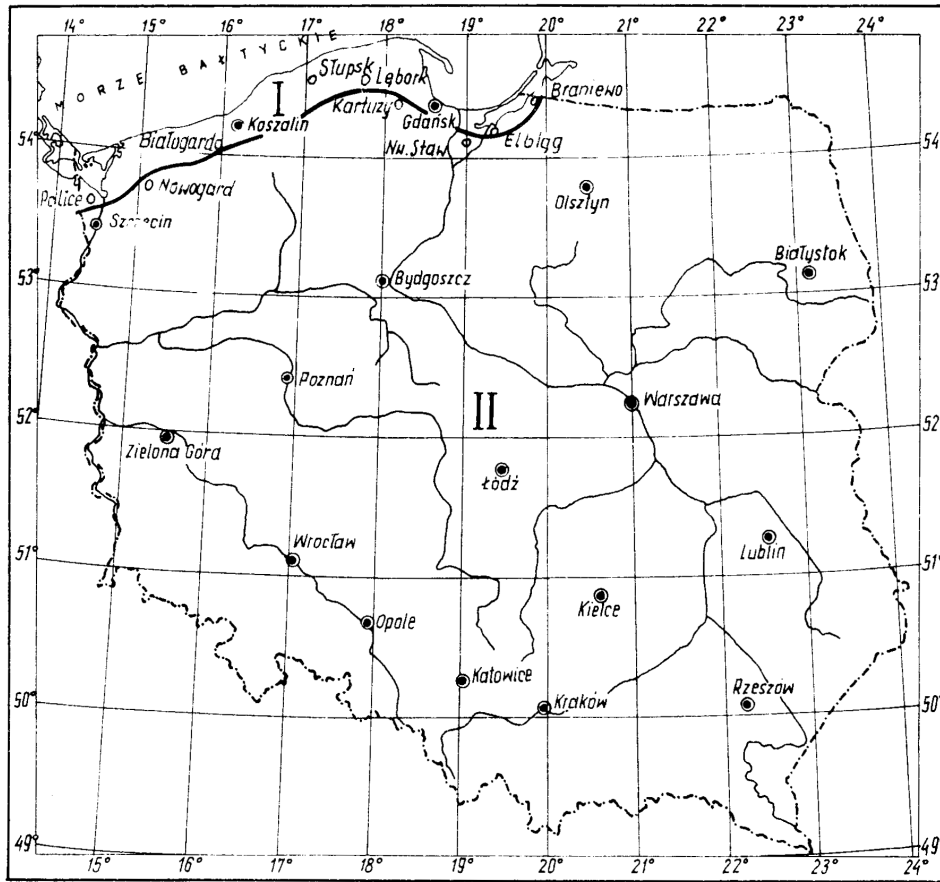
W niniejszym załączniku podano normatywne dane wejściowe i wartości stosowane w obliczeniach projektowego obciążenia cieplnego omówionego w rozdziałach od 6 do 9.

UWAGA → Rozdziały wskazane w nawiasach odnoszą się do rozdziałów w głównej części niniejszej normy.

NB.1 → Dane klimatyczne (patrz 6.1)

Tablica NB.1 – Projektowa temperatura zewnętrzna i średnia roczna temperatura zewnętrzna

Strefa klimatyczna	θ_e °C	$\theta_{m,e}$ °C
I	-16	7,7
II	-18	7,9
III	-20	7,6
IV	-22	6,9
V	-24	5,5



PN-76/B-03420-1

Podział Polski na strefy klimatyczne wg normy PN-76/B-03420 z 1976 r.

Norma PN-76/B-03420 z 1976 r. wprowadziła parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego dla potrzeb wentylacji i klimatyzacji wraz z mapą stref klimatycznych dla lata.

Podział obszaru Polski na **dwie strefy klimatyczne** – parametry obliczeniowe dla miesięcy **od kwietnia do września** – **temperatura termometru suchego i termometru mokrego** – **orientacyjne wartości entalpii, zawartości wilgoci, wilgotności względnej i dobowych amplitudy temperatury.**

PN-76/B-03420

Tablica 1. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego dla okresu letniego

Strefa klimatyczna	Miesiąc	t_s	t_m	i	x	φ	Dobowa amplituda wahań temperatury
		$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$				
I	kwiecień	18,6	15,8	14,3	12,4	52	10
	maj	23,4	18,2				
	czerwiec	26,2	19,9				
	lipiec	28,0	21,0				
	sierpień	28,0	21,0				
	wrzesień	24,4	19,7				
II	kwiecień	19,5	15,5	14,5	11,9	45	14
	maj	25,0	18,2				
	czerwiec	28,2	19,9				
	lipiec	30,0	21,0				
	sierpień	30,0	21,0				
	wrzesień	26,6	19,3				

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie budynku (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.) - tekst jednolity

§ 134. 1. Instalacje i urządzenia do ogrzewania budynku powinny mieć szczytową moc cieplną określoną zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi obliczania zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń, a także obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych.

2. Do obliczania szczytowej mocy cieplnej należy przyjmować temperatury obliczeniowe zewnętrzne zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczeniowych temperatur zewnętrznych, a temperatury obliczeniowe ogrzewanych pomieszczeń - zgodnie z poniższą tabelą:

Temperatury obliczeniowe*)	Przeznaczenie lub sposób wykorzystywania pomieszczeń	Przykłady pomieszczeń
1	2	3
+5°C	- nieprzeznaczone na pobyt ludzi, - przemysłowe - podczas działania ogrzewania dyżurnego	magazyny bez stałej obsługi, garaże indywidualne, hale postojowe (bez remontów), akumulatornie, maszynownie

WT - Załącznik nr 1


			uproszczone i wartości orientacyjne
17	§ 134 ust. 2	PN-B-02403:1982	Ogrzewnictwo. Temperatury obliczeniowe zewnętrzne
			Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna
		PN-EN 12831:2006	Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego całość normy


Brak odwołań w WT do jakichkolwiek parametrów obliczeniowych dla potrzeb chłodzenia oraz wentylacji i klimatyzacji budynków


Wniosek – można przyjmować do obliczeń dowolne wartości – dobra praktyka projektowa – norma PN-B-03420 - 1976


Warunki techniczne określając parametry obliczeniowe dla ogrzewnictwa odnoszą się do wycofanych norm.

Temperatury obliczeniowe zewnętrzne –
ogrzewnictwo PN-B/02403


 PN-B-02403:1950 - wersja polska
Norma wycofana
Najniższe temperatury obliczeniowe otoczenia budynków i nieogrzewanych przestrzeni zamykanych
[Dowiedz się więcej](#)


 PN-B-02403:1957 - wersja polska
Norma wycofana
Najniższe temperatury obliczeniowe otoczenia budynków i nieogrzewanych przestrzeni zamykanych
[Dowiedz się więcej](#)

 PN-B-02403:1974 - wersja polska
Norma wycofana i zastąpiona przez PN-B-02403:1982 - wersja polska
Ogrzewnictwo -- Temperatury obliczeniowe otoczenia budynków i nieogrzewanych przestrzeni zamykanych
[Dowiedz się więcej](#)

 PN-B-02403:1982 - wersja polska
Norma wycofana
Ogrzewnictwo -- Temperatury obliczeniowe zewnętrzne
[Dowiedz się więcej](#)


Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego –
wentylacja i klimatyzacja PN-B/03420

 PN-B-03420:1964 - wersja polska
Norma wycofana i zastąpiona przez PN-B-03420:1976 - wersja polska
Wentylacja i klimatyzacja -- Dane klimatyczne i parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego
[Skontaktuj się z PKN](#)

 PN-B-03420:1976 - wersja polska
Norma wycofana
Wentylacja i klimatyzacja -- Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego



Instalacje ogrzewcze w budynkach –
ogrzewnictwo PN-EN 12831

 PN-EN 12831:2006 - wersja polska
Norma wycofana i zastąpiona przez PN-EN 12831-1:2017-08 - wersja angielska
Instalacje ogrzewcze w budynkach -- Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
Wprowadza: EN 12831:2003 [IDT]
[Dowiedz się więcej](#)

Projekt SKP 2000 – Strefy Klimatyczne Polski 2000

Mając na uwadze następujące fakty:

1. **temperatury powietrza zewnętrznego** do projektowania instalacji ogrzewczych wraz z podziałem na strefy klimatyczne Polsce pochodzą z 1974 r. – **49 lat**,
2. **parametry obliczeniowe zewnętrzne** do projektowania wentylacji i klimatyzacji wraz z podziałem na strefy klimatyczne Polski pochodzą z 1976 r. – **47 lat**,
3. **warunki techniczne** w zakresie parametrów obliczeniowych zewnętrznych **odnoszą się** jedynie w stosunku do instalacji ogrzewczych budynków **do wycofanych norm**,

postanowiono wyznaczyć dla **56 stacji** meteorologicznych **nowe wartości parametrów obliczeniowych i stref klimatycznych Polski** w oparciu o zbiór norm PN-EN ISO 15927 1-6 oraz wytyczne **ASHRAE** w oparciu o dane meteorologiczne **z lat 1991-2020 – 30 lat**.

Projekt SKP 2000 – Metody obliczeń

Normy serii **PN-EN ISO 15927** – określające metody wyznaczania parametrów obliczeniowych i typowych lat meteorologicznych.

 <p>PN-EN ISO 15927-1:2005 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 1: Średnie miesięczne niezależnych parametrów meteorologicznych</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-1:2003 [IDT], ISO 15927-1:2003 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>	 <p>PN-EN ISO 15927-4:2007 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 4: Dane godzinowe do oceny rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-4:2005 [IDT], ISO 15927-4:2005 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>
 <p>PN-EN ISO 15927-2:2010 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 2: Dane godzinowe do obliczania mocy chłodniczej</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-2:2009 [IDT], ISO 15927-2:2009 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>	 <p>PN-EN ISO 15927-5:2006 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 5: Dane do wyznaczania obliczeniowej mocy cieplnej systemu ogrzewania</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-5:2004 [IDT], ISO 15927-5:2004 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>
 <p>PN-EN ISO 15927-3:2010 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 3: Obliczanie wskaźnika zacinającego deszczu dla powierzchni pionowych z danych godzinowych wiatru i deszczu</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-3:2009 [IDT], ISO 15927-3:2009 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>	 <p>PN-EN ISO 15927-6:2010 - wersja polska</p> <p>Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych -- Część 6: Zakumulowane różnice temperatury (stopniodni)</p> <p>Wprowadza: EN ISO 15927-6:2007 [IDT], ISO 15927-6:2007 [IDT]</p> <p>Dowiedz się więcej</p>

Projekt SKP 2000 – Metody obliczeń

Podręcznik **ASHRAE Fundamentals** podaje **co 4 lata** aktualizowane parametry obliczeniowe zimy i lata dla stacji meteorologicznych Polski.

CHAPTER 14

CLIMATIC DESIGN INFORMATION

Climatic Design Conditions 14.1 *Generating Design-Day Data* 14.11

Monthly Design Conditions 14.3 *Estimation of Degree-Days* 14.11

CALCULATING CLEAR-SKY SOLAR RADIATION 14.7 *Representativeness of Data and Sources of Uncertainty* 14.12

TRANSPOSITION TO RECEIVING SURFACES 14.9 *Other Sources of Climatic Information* 14.15

OF VARIOUS ORIENTATIONS 14.9 *Appendix: Design Conditions for Selected Locations* 14.18

This chapter and the data on the accompanying CD-ROM provide the climatic design information for 5564 locations in the United States, Canada, and around the world. This is an increase of 1142 stations from the 2005 *ASHRAE Handbook—Fundamentals*. The large number of stations, along with the addition of several new table elements, made printing the whole tables impractical. Conse-

chapter. The tables also list heating and cooling degree-days for bases 18.3 and 10°C, as well as cooling degree-hours for bases 23.3 and 26.7°C. The calculation of daily dry-bulb and wet-bulb temperature profiles, which are useful for generating 24 h weather data sequences suitable as input to many HVAC analysis methods, has been significantly updated, with the inclusion of mean dry-bulb and

Poland

BIALYSTOK	122950	53.10N	23.17E	151	POZNAN	123300	52.42N	16.85E	84
BIELSKO-BIALA	126000	49.80N	19.00E	399	PRZEMYSL	126950	49.80N	22.77E	280
CHOJNICE	122350	53.72N	17.55E	172	RACIBORZ	125400	50.05N	18.20E	206
CZESTOCHOWA	125500	50.82N	19.10E	295	RESKO	122100	53.77N	15.42E	56
ELBLAG	121600	54.17N	19.43E	43	RZESZOW-JASIONKA	125800	50.10N	22.05E	201
GDANSK-REBIECHOWO	121500	54.38N	18.47E	138	SANDOMIERZ	125850	50.70N	21.72E	218
GDANSK-SWIBNO	121500	54.33N	18.93E	7	SIEDLCE	123850	52.25N	22.25E	155
GORZOW WLKP	123000	52.73N	15.28E	73	SNIEZKA	125100	50.73N	15.73E	1613
HEL	121350	54.60N	18.82E	3	SULEJOW	124690	51.35N	19.87E	189
JELENIA GORA	125000	50.90N	15.80E	344	SUWALKI	121950	54.13N	22.95E	186
KALISZ	124350	51.78N	18.08E	140	SWINOUJSCIE	122000	53.92N	14.23E	5
KASPROWY WIERCH	126000	49.23N	19.98E	1989	SZCZECIN	122050	53.40N	14.62E	7
KATOWICE	125600	50.23N	19.03E	284	SZCZECINEK	122150	53.72N	16.68E	144
KETRZYN	121850	54.07N	21.37E	110	TARNOW	125750	50.03N	20.98E	209
KIELCE	125700	50.82N	20.70E	261	TERESPOL	123990	52.07N	23.62E	137
KLODZKO	125200	50.43N	16.62E	357	TORUN	122500	53.05N	18.58E	72
KOLO	123450	52.20N	18.67E	117	USTKA	121150	54.58N	16.87E	11
KOLOBRZEG	121000	54.18N	15.86E	5	WARSZAWA-OKECIE	123750	52.17N	20.97E	106
KOSZALIN	121050	54.20N	16.15E	34	WIELUN	124550	51.22N	18.57E	201
KOZIENCE	124800	51.57N	21.55E	126	WLODAWA	124970	51.55N	23.53E	179
KRAKOW	125600	50.08N	19.80E	237	WROCLAW II	124240	51.10N	16.88E	124
LEBA	121200	54.75N	17.53E	6	ZAKOPANE	126250	49.30N	19.97E	857
LEBORK	121250	54.55N	17.75E	41	ZAMOSC	125950	50.70N	23.25E	213
LEGNICA	124150	51.20N	16.20E	124	ZIELONA GORA	124000	51.93N	15.53E	192
LESKO	126900	49.47N	22.35E	422					
LESZNO	124180	51.83N	16.53E	92					
LODZ	124650	51.73N	19.40E	190					
LUBLIN RADAWIEC	124950	51.22N	22.40E	240					
MIKOLAJKI	122800	53.78N	21.58E	132					
MILAWA	122700	53.10N	20.35E	149					
NOWY SACZ	126600	49.62N	20.70E	295					
OLSZTYN	122720	53.77N	20.42E	137					
OPOLE	125300	50.80N	17.97E	163					
OSTROLEKA	122850	53.08N	21.97E	97					
PILA	122300	53.13N	16.75E	73					
PLOCK	123600	52.58N	19.73E	109					

2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

© 2009 ASHRAE, Inc.

WARSZAWA-OKECIE, Poland

WMO#: 123750

Lat: 52.17N Long: 20.97E Elev: 106 StdP: 100.06 Time Zone: 1.00 (EUW) Period: 82-06 WBAN: 99999

Annual Heating and Humidification Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB	
			99.6%			99%			0.4%		1%			
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD
1	-16.6	-13.1	-19.2	0.7	-16.1	-15.8	1.0	-12.7	14.1	4.6	12.4	4.5	2.8	90

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%			
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	10.3	29.6	20.0	27.6	19.2	25.9	18.1	21.2	27.2	20.2	25.7	19.2	24.2	3.9	170

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Hours 8 to 4 & 12.8/20.6
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
19.1	14.1	23.8	18.2	13.3	22.6	17.2	12.5	21.5	61.9	27.4	58.4	25.7	55.2	24.3	890

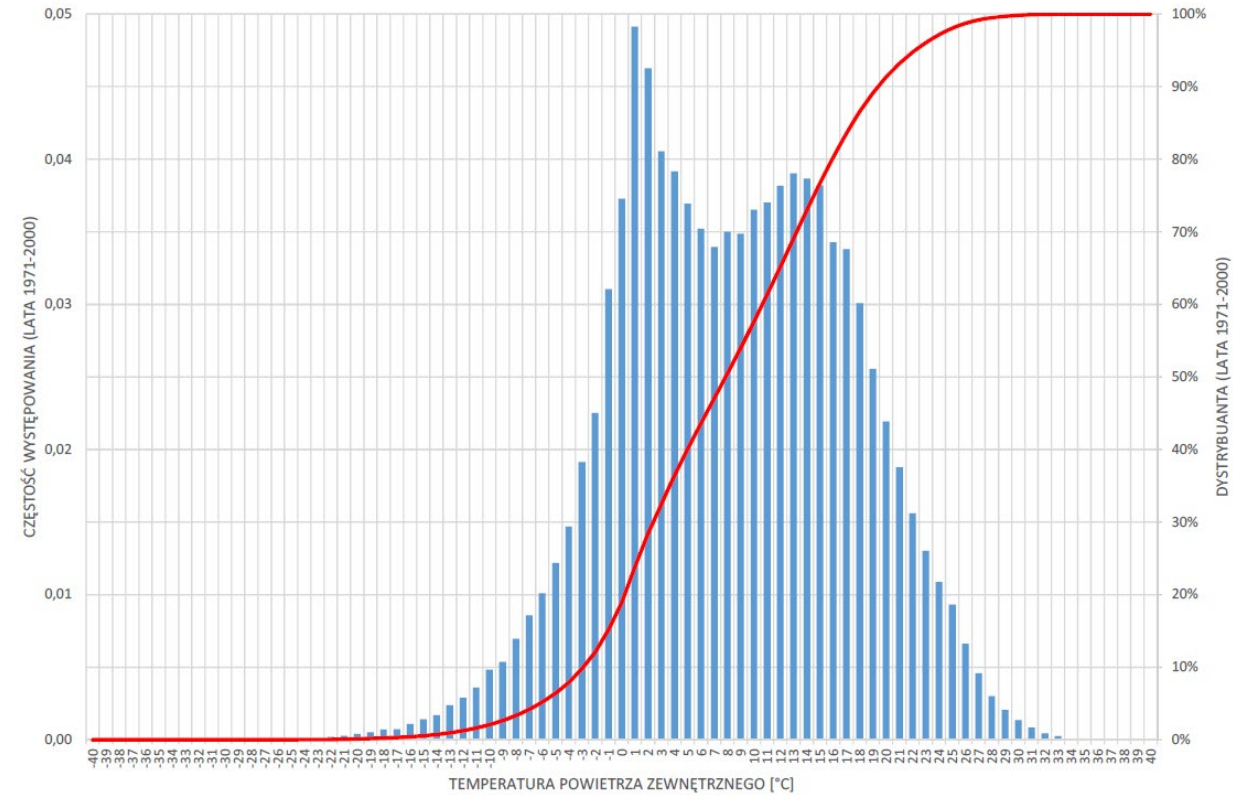
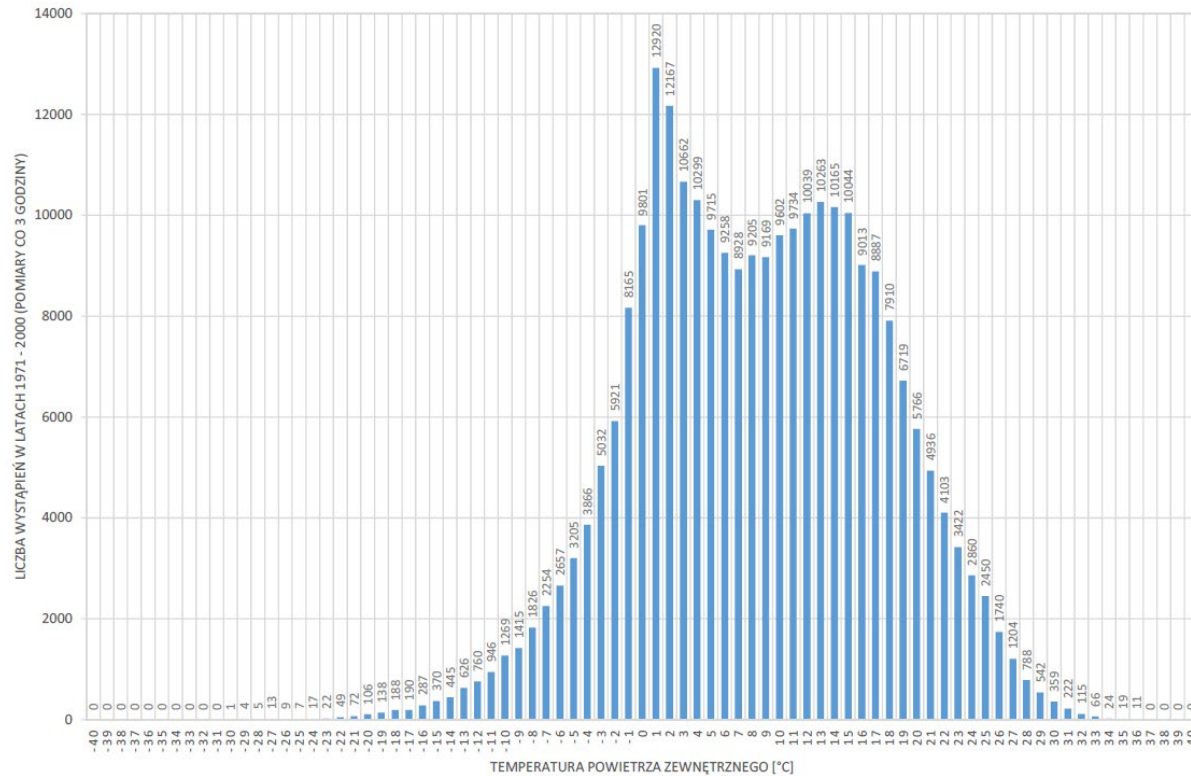
Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Max WB	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB							
				Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
1%	2.5%	5%		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
10.3	9.1	8.2	24.2	-18.4	32.9	4.8	1.7	-21.8	34.2	-24.7	35.2	-27.4	36.1	-30.9	37.4

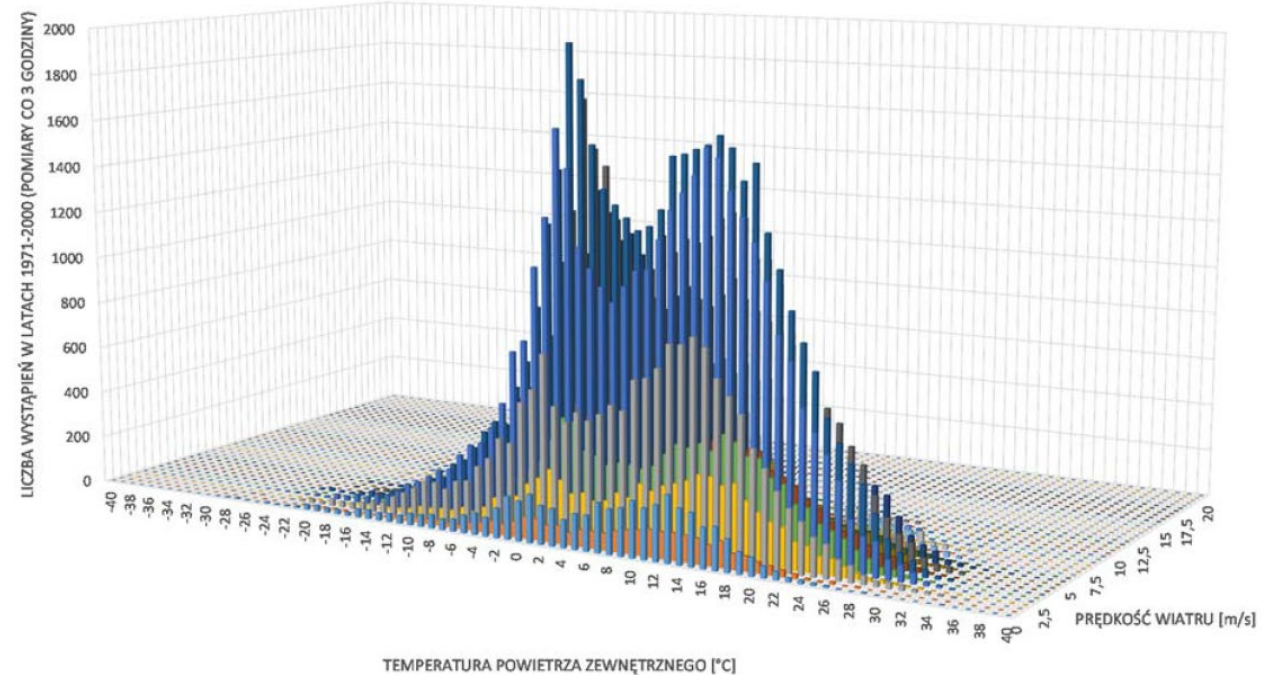
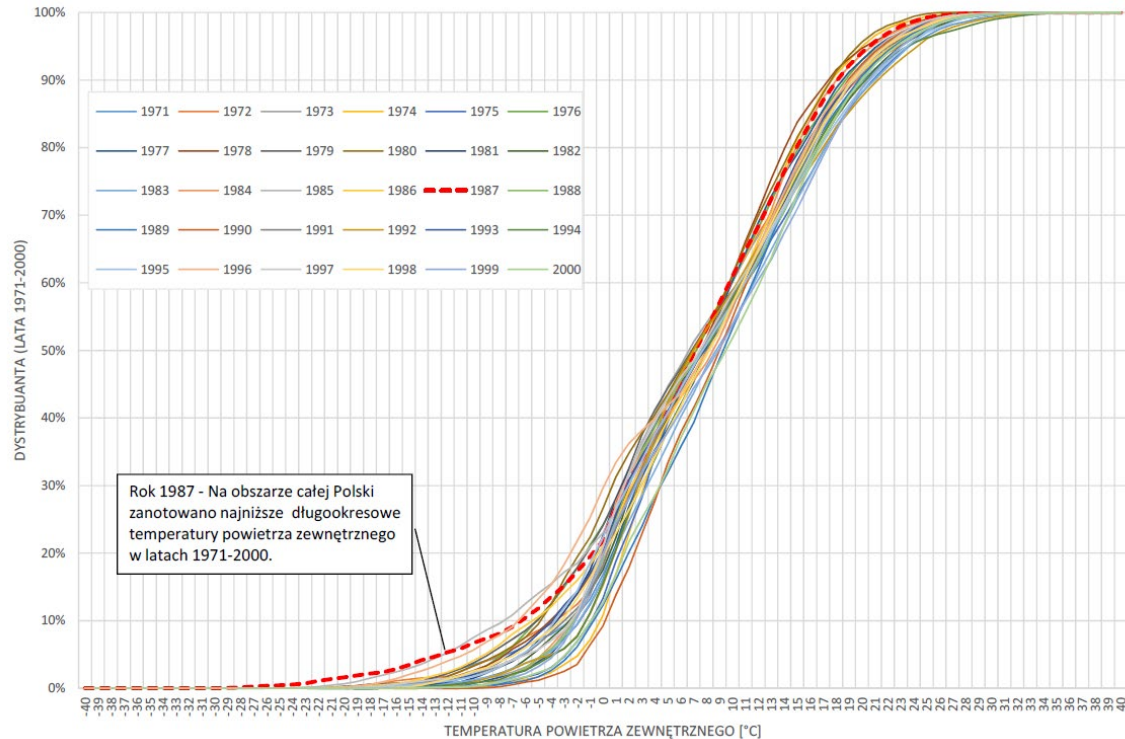
Monthly Climatic Design Conditions

		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	Tavg	8.3	-2.0	-1.2	2.5	8.4	13.9	16.3	18.8	18.2	13.4	8.6
	Sd		5.96	5.31	4.27	4.35	3.75	3.32	3.23	3.08	3.23	4.20	4.36	4.80
	HDD10.0	1637	371	313	234	81	9	0	0	6	76	217	329	
	HDD18.3	3771	629	547	492	299	145	79	34	151	301	466	587	
	CDD10.0	1021	0	0	1	32	128	189	272	254	109	34	1	0
	CDH18.3	112	0	0	0	0	6	18	48	37	3	0	0	0
	CDH23.3	1079	0	0	0	9	85	182	442	331	29	1	0	0
	CDH26.7	266	0	0	0	0	12	41	129	81	3	0	0	0

Obliczenia z 2019 r. dane z lat 1971-2000



Obliczenia z 2019 r. dane z lat 1971-2000



Dystrybuanty temperatury
 powietrza zewnętrznego dla
 Warszawy w latach 1971 - 2000

Dystrybuanty temperatury powietrza
 zewnętrznego i współwystępującej
 prędkości wiatru dla Warszawy w latach
 1971 - 2000

obliczeń i analiz

2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

© 2009 ASHRAE, Inc.

SUWALKI, Poland

WMO#: 121950

Lat: 54.13N Long: 22.95E Elev: 186 StdP: 99.11 Time Zone: 1.00 (EUW) Period: 82-06 WBAN: 99999

Annual Heating and Humidification Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB	
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB		
1	-20.2	-16.7	-22.4	0.5	-20.0	-18.9	0.7	-16.5	15.2	2.5	13.2	2.1	1.8	60

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
7	10.0	27.8	19.2	25.9	18.4	24.2	17.4	20.4	25.8	19.4	24.3	18.3	22.8	3.2	180

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB					Hours 8 to 4 & 12.8/20.6	
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth		MCDB
18.5	13.6	22.8	17.5	12.8	21.6	16.5	12.0	20.5	59.3	25.8	55.9	24.5	52.4	22.8	872

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Max WB	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB							
1%	2.5%	5%		Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
10.3	8.6	7.7	24.7	-22.2	30.7	4.5	1.8	-25.5	32.0	-28.1	33.1	-30.6	34.1	-33.9	35.4

Monthly Climatic Design Conditions

		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	Tavg	6.6	-3.6	-3.5	0.1	6.6	12.0	14.6	17.2	16.6	11.8	7.1	1.3	-2.3
	Sd	6.41	6.41	5.81	4.55	4.35	3.80	3.14	3.14	2.97	3.22	3.91	4.39	5.13
HDD10.0	HDD10.0	2016	423	378	307	120	22	2	0	0	17	105	262	381
	HDD18.3	4352	681	612	565	351	198	118	62	71	196	348	512	639
	CDD10.0	758	0	0	0	19	85	141	222	205	72	15	0	0
	CDD18.3	52	0	0	0	0	2	7	25	17	1	0	0	0
	CDH23.3	558	0	0	0	5	35	73	244	188	13	0	0	0
CDH26.7	107	0	0	0	0	3	9	61	33	1	0	0	0	

Obecnie obowiązująca temperatura obliczeniowa dla Suwałk:

-24 °C

Wyznaczona na podstawie danych IMGW z lat 1971-2000:

-20,2 °C

ASHRAE 2013 z lat 1986-2010:

-19,7 °C

SKP 2000 z lat 1991-2020:

-18,8 °C

Wyniki obliczeń i analiz

Parametry obliczeniowe **dla zimy** wg PN-EN ISO 15927

UWAGA: Norma PN-EN ISO 15927 zakłada różne wartości temperatury obliczeniowej dla budynków o różnych bezwładnościach cieplnych.

Parametry obliczeniowe **dla lata** wg PN-EN ISO 15927

UWAGA: **Dni obliczeniowe** to rzeczywiste parametry meteorologiczne występujące w określonych dniach wielolecia odpowiadające przyjętym kryteriom wyboru.

Statystyki miesięczne wg PN-EN ISO 15927

Parametry obliczeniowe **dla zimy** wg ASHRAE

Parametry obliczeniowe **dla lata** wg ASHRAE

Politechnika
Warszawska **Statystyki miesięczne** wg ASHRAE

Wyniki obliczeń i analiz – przykładowe pliki

Parametry obliczeniowe: **dzień obliczeniowy** – Warszawa – typ 2 – lipiec- prawdopodobieństwo przekroczeń **1%**
wg – PN EN ISO 15729

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	month	probabilit	design_da	ashrae_co	code	short_cod	name	year	month	day	hour	surface_tc	surface_d	surface_d	dry_bulb	relative_h	wet_bulb	dew_poin	pressure_	wind_dire	wind_speed
986	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	0	0	0	0	21,4	76	18,5	17	1008,8	0	0
987	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	1	0	0	0	20	82	17,9	16,8	1008,6	0	0
988	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	2	0	0	0	19,5	82	17,5	16,3	1008,4	0	0
989	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	3	3,93	0,61	3,32	19,4	86	17,8	17	1008,6	0	0
990	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	4	63,99	29,12	34,87	21,3	79	18,8	17,5	1008,6	100	1
991	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	5	180,86	112,62	68,24	23,5	68	19,4	17,3	1008,9	90	2
992	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	6	324,5	232,13	92,37	25,2	61	19,8	17,1	1009,2	100	3
993	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	7	471,24	360,7	110,54	26,4	54	19,7	16,3	1009,5	110	3
994	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	8	606,08	482,31	123,77	27,8	49	20	16,1	1009,3	110	3
995	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	9	717,59	584,68	132,91	28,7	48	20,5	16,6	1009	80	3
996	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	10	790,87	652,95	137,92	28,9	48	20,7	16,8	1008,7	40	4
997	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	11	821,43	679,55	141,88	30,4	41	20,5	15,7	1008,2	70	4
998	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	12	808,59	669,51	139,08	30,7	39	20,4	15,2	1007,8	80	3
999	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	13	743,52	604,49	139,03	30,9	36	19,9	14,1	1007,3	60	3
000	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	14	656,82	531,65	125,17	31,3	33	19,5	13,1	1006,8	70	4
001	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	15	526,18	408,77	117,41	30,9	33	19,2	12,8	1006,3	40	3
002	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	16	382,39	283,23	99,16	30,8	33	19,2	12,7	1005,9	50	3
003	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	17	237,13	160,31	76,82	29,6	41	19,9	15	1006	60	5
004	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	18	105,22	56,6	48,62	28,6	42	19,3	14,4	1006,3	70	4
005	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	19	17,48	5,74	11,74	26,3	50	19	15	1006,5	70	2
006	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	20	0	0	0	25,5	56	19,3	16,1	1006,9	80	1
007	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	21	0	0	0	24	62	18,9	16,3	1006,8	70	2
008	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	22	0	0	0	23,6	64	18,8	16,4	1006,9	90	2
009	7	1	2	123750	352200375	375	WARSZAWA-OKĘCIE	2010	7	11	23	0	0	0	22,6	69	18,6	16,6	1007	110	1

Dla wszystkich 56 stacji dla każdego miesiąca wyznaczono 6 dni obliczeniowych: typ 1 i 2 i prawdopodobieństwa 1%, 2% i 5%.

Łączna **liczba dni obliczeniowych** dla pojedynczej stacji meteorologicznej Polski to **336**.

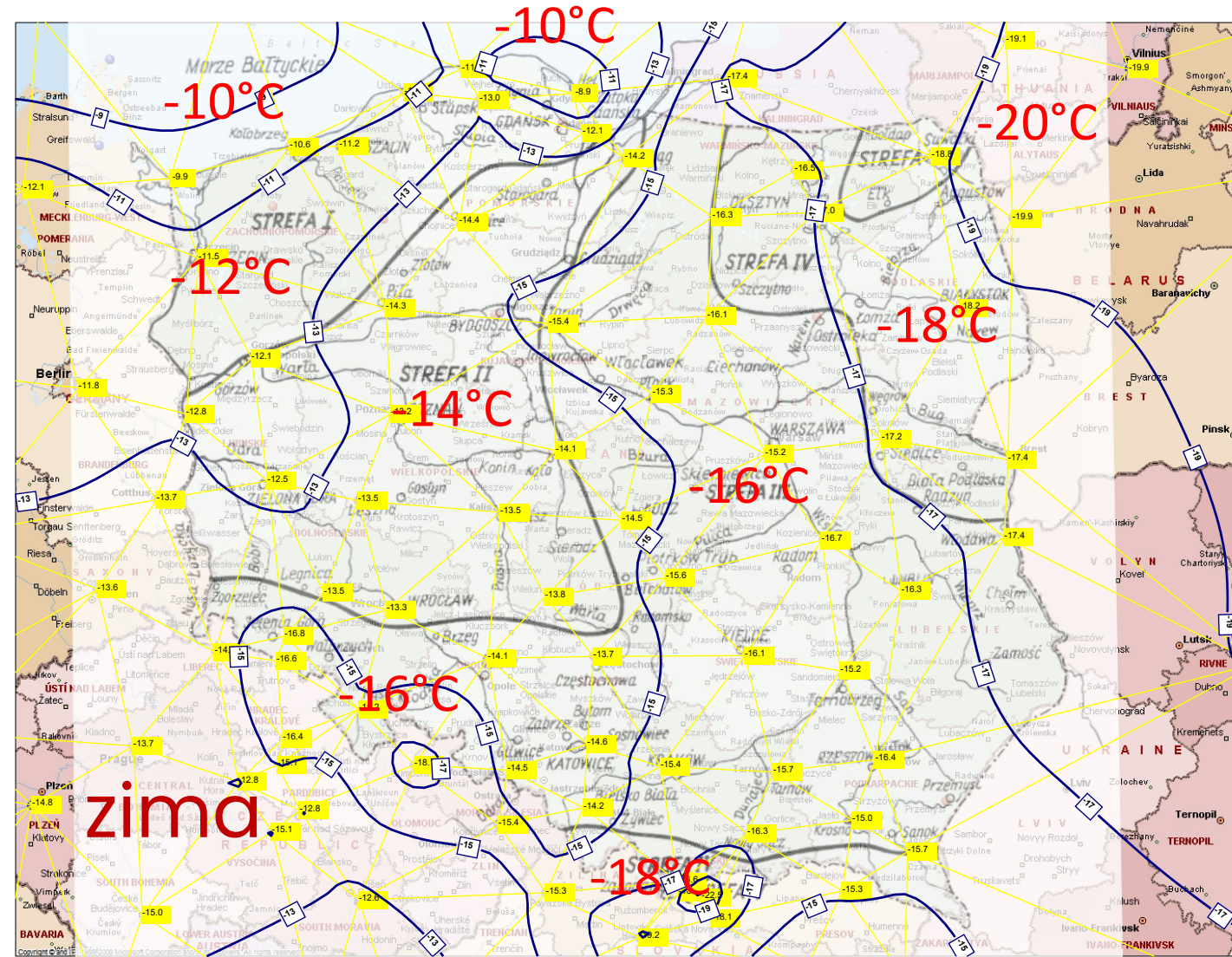
Wyniki obliczeń i analiz – SKP 2000

short_code	name	ASHRAE		PN EN ISO 1597-5				
		dbt_996	dbt_990	cm_dbt_h	dbt_1d	dbt_2d	dbt_3d	dbt_4d
295	Białystok	-18,2	-14,7	-20,9	-18,5	-17,5	-16,7	-16,0
600	Bielsko-Biała	-14,2	-11,5	-16,2	-15,4	-14,7	-14,0	-13,7
235	Chojnice	-14,4	-11,4	-16,4	-15,2	-14,1	-14,1	-13,5
550	Częstochowa	-12,9	-9,8	-16,4	-14,6	-13,5	-13,0	-12,5
160	Elbląg-Milejewo	-14,2	-11,4	-16,4	-15,4	-14,0	-13,8	-13,6
140	Gdańsk-Port Północny	-12,1	-9,2	-14,2	-12,4	-11,9	-11,5	-11,0
300	Gorzów Wielkopolski	-12,1	-9,3	-15,1	-12,7	-12,2	-11,8	-11,2
135	Hel	-8,9	-6,7	-10,2	-9,6	-9,0	-8,8	-8,3
500	Jelenia Góra	-16,8	-13,1	-19,3	-15,9	-15,3	-14,0	-13,2
435	Kalisz	-13,5	-10,5	-15,6	-14,2	-13,4	-13,0	-12,5
650	Kasprowy Wierch	-18,9	-16,8	-21,3	-19,6	-18,4	-17,6	-17,2
560	Katowice-Muchowiec	-14,6	-11,5	-16,7	-14,9	-13,7	-13,3	-12,9
185	Kętrzyn	-16,5	-13,4	-19,0	-17,2	-16,4	-15,8	-15,6
570	Kielce-Suków	-16,1	-13,0	-18,6	-16,2	-15,3	-15,0	-14,5
520	Kłodzko	-15,2	-12,3	-17,8	-15,8	-14,8	-14,4	-13,6
345	Koło	-14,1	-11,2	-16,5	-15,2	-14,5	-14,8	-13,7
100	Kołobrzeg-Dźwirzyno	-10,6	-7,9	-12,4	-11,2	-10,5	-9,9	-9,9
105	Koszalin	-11,2	-8,5	-13,0	-11,6	-10,9	-10,5	-10,2
488	Kozienice	-16,7	-13,0	-19,8	-16,6	-16,3	-15,2	-14,7
566	Kraków-Balice	-15,4	-12,4	-17,2	-15,8	-14,7	-14,3	-14,0
670	Krosno	-15,0	-11,9	-16,7	-16,0	-14,6	-14,1	-14,2
415	Legnica	-13,5	-10,2	-15,9	-14,0	-13,0	-12,9	-12,4
690	Lesko	-15,7	-12,4	-17,4	-15,9	-14,6	-14,4	-14,0
418	Leszno	-13,5	-10,3	-15,5	-13,9	-13,4	-12,9	-12,4
125	Lębork	-13,0	-10,0	-15,1	-13,5	-12,6	-11,9	-11,8
495	Lublin-Radawiec	-16,3	-13,0	-18,8	-16,8	-16,0	-15,2	-14,2
120	Łeba	-11,2	-8,5	-13,0	-11,4	-10,5	-9,9	-10,0
465	Łódź-Lublinek	-14,5	-11,6	-17,1	-15,1	-14,0	-13,7	-13,1
280	Mikołajki	-16,8	-13,5	-19,3	-14,3	-13,7	-12,9	-11,5

short_code	name	ASHRAE		PN EN ISO 1597-5				
		dbt_996	dbt_990	cm_dbt_h	dbt_1d	dbt_2d	dbt_3d	dbt_4d
270	Mława	-16,1	-13,1	-18,4	-16,5	-15,6	-15,3	-14,5
660	Nowy Sącz	-16,4	-12,8	-18,7	-16,5	-15,4	-15,1	-14,5
272	Olsztyn	-16,3	-13,0	-18,8	-16,7	-15,4	-15,4	-15,1
530	Opole	-14,1	-10,9	-16,7	-14,4	-13,8	-13,0	-12,5
230	Piła	-14,3	-11,1	-16,8	-14,4	-13,7	-13,5	-12,9
360	Płock	-15,3	-12,3	-17,7	-16,0	-15,4	-14,7	-14,3
330	Poznań-Ławica	-13,2	-10,1	-15,7	-13,3	-13,2	-12,7	-12,3
540	Racibórz	-14,5	-11,4	-16,4	-15,4	-14,3	-13,4	-13,0
580	Rzeszów-Jasionka	-16,4	-13,0	-18,8	-16,5	-15,8	-15,0	-15,0
585	Sandomierz	-15,2	-12,3	-17,6	-15,9	-15,2	-14,5	-13,9
385	Siedlce	-17,2	-13,4	-19,8	-18,0	-16,8	-16,1	-15,5
310	Słubice	-12,8	-9,6	-15,7	-13,0	-12,7	-11,8	-11,2
469	Sulejów	-15,6	-12,3	-18,7	-16,0	-15,2	-14,8	-14,1
195	Suwałki	-18,8	-15,4	-21,1	-19,3	-18,0	-17,3	-17,0
205	Szczecin	-11,5	-8,5	-14,1	-11,9	-11,2	-11,1	-10,5
510	Śnieżka	-16,6	-14,7	-19,9	-17,3	-16,6	-16,0	-15,6
200	Świnoujście	-9,9	-7,3	-12,1	-10,6	-9,8	-9,6	-9,1
575	Tarnów	-15,7	-12,2	-18,0	-15,8	-15,1	-14,7	-14,1
399	Terespol	-17,4	-13,9	-20,5	-17,9	-17,1	-16,2	-15,9
250	Toruń	-15,4	-11,9	-17,7	-15,9	-15,1	-14,6	-13,9
115	Ustka	-10,6	-8,0	-12,4	-11,2	-10,7	-10,0	-10,0
375	Warszawa-Okęcie	-15,2	-12,0	-17,8	-15,9	-15,1	-14,2	-13,9
455	Wieluń	-13,8	-10,8	-16,1	-14,7	-13,6	-13,5	-12,7
497	Włodawa	-17,4	-13,7	-20,3	-18,0	-17,0	-16,3	-15,5
424	Wrocław-Strachowice	-13,3	-10,3	-15,9	-14,2	-13,3	-12,5	-12,2
625	Zakopane	-16,6	-14,0	-17,0	-16,5	-15,5	-14,9	-14,7
400	Zielona Góra	-12,5	-9,4	-14,8	-12,8	-12,7	-12,3	-11,7

Wyniki obliczeń i analiz

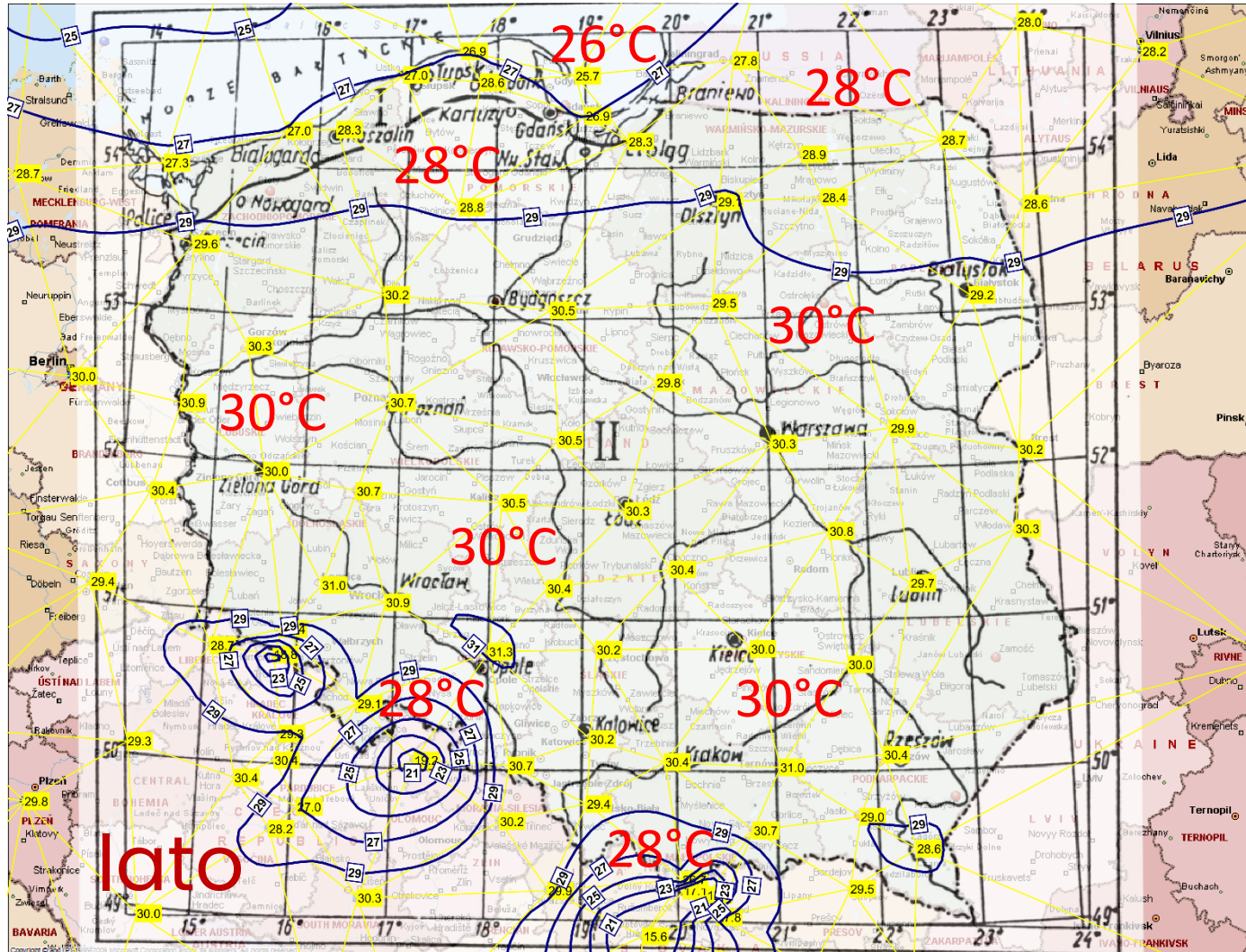
Analiza porównawcza obowiązujących i wyznaczonych z danych 1991 -2020 wartości temperatury obliczeniowej powietrza zewnętrznego dla zimy.



Łeba	–	I strefa (-16°C → -11,2°C)	30%
Zielona Góra	–	II strefa (-18°C → -12,5°C)	31%
Łódź	–	III strefa (-20°C → -14,5°C)	28%
Warszawa	–	III strefa (-20°C → -15,2°C)	24%
Siedlce	–	IV strefa (-22°C → -17,2°C)	22%
Zakopane	–	V strefa (-24°C → -16,6°C)	31%
Suwałki	–	V strefa (-24°C → -18,8°C)	22%

Mapa stref klimatycznych Polski dla potrzeb ogrzewnictwa opracowana na podstawie danych meteorologicznych z lat 1991-2020.

Wyniki obliczeń i analiz



Analiza porównawcza obowiązujących i wyznaczonych z danych 1991 -2020 wartości temperatury obliczeniowej powietrza zewnętrznego dla lata.

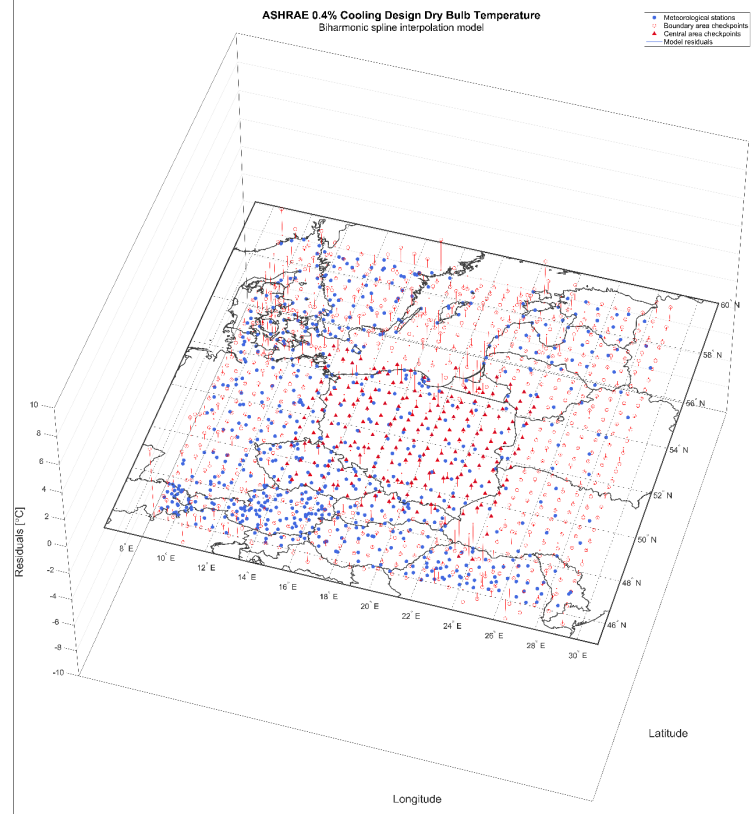
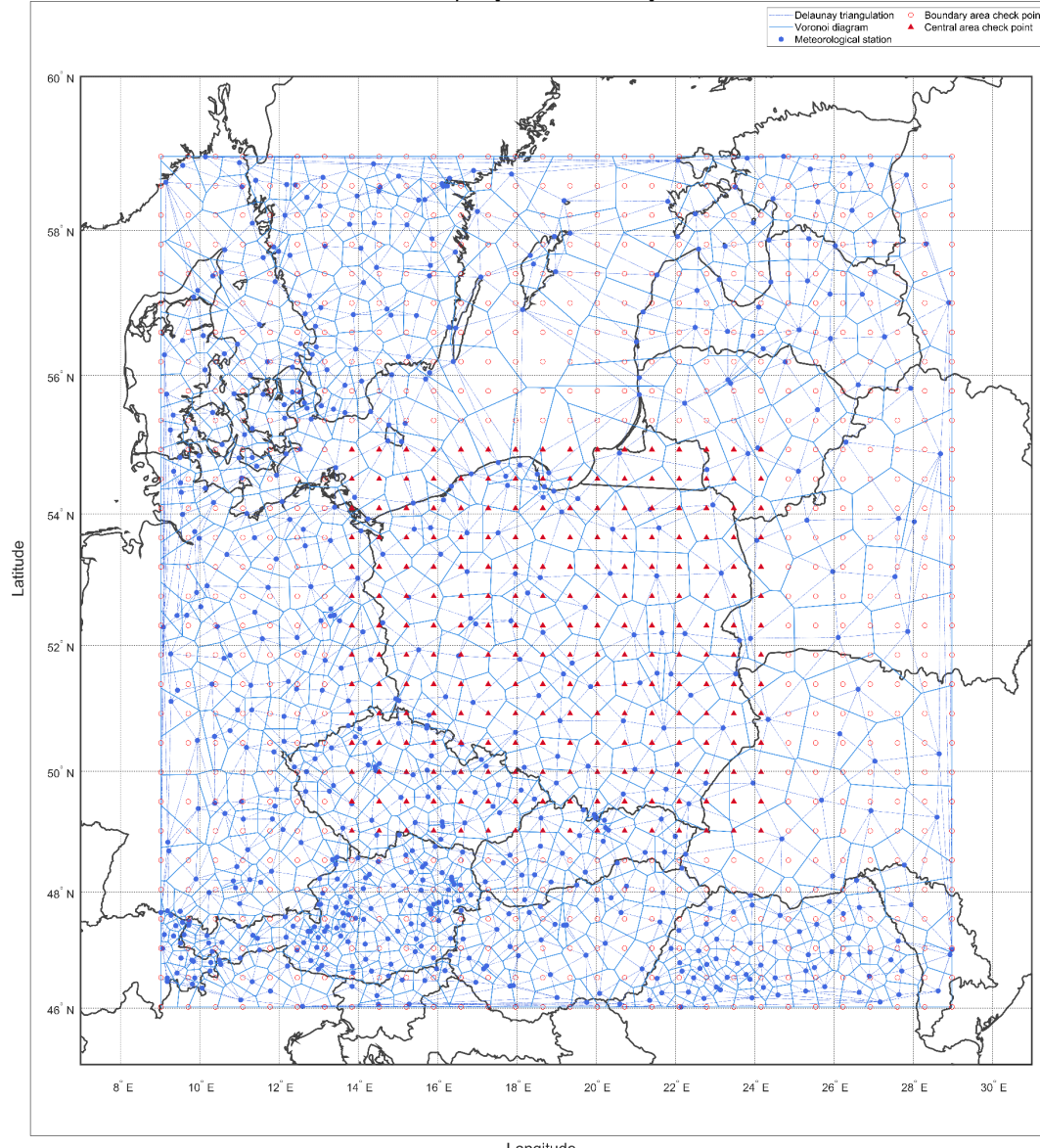
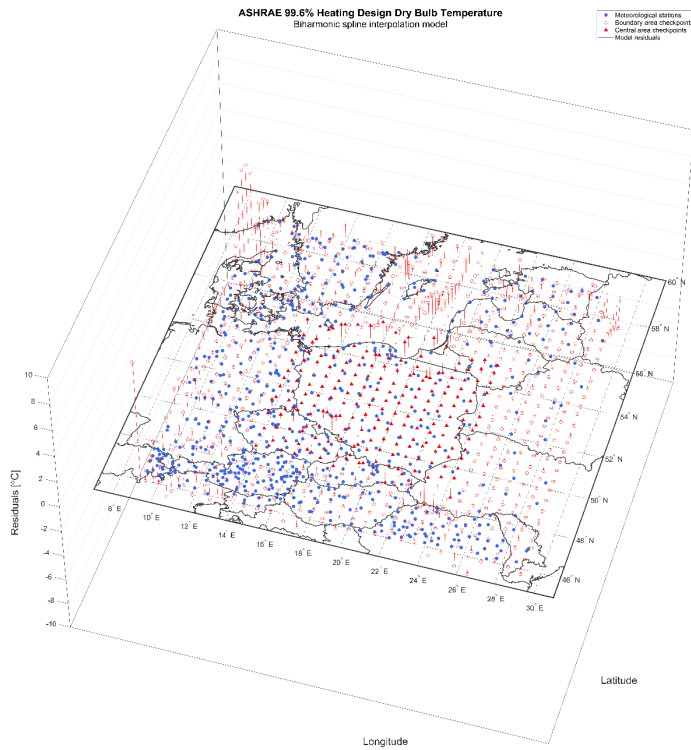
Łódź	–	I strefa (28°C → 26,9°C) -4%
Zielona Góra	–	II strefa (30°C → 30,0°C) 0%
Łódź	–	II strefa (30 °C → 30,3°C) 1%
Warszawa	–	II strefa (30°C → 30,3°C) 1%
Siedlce	–	II strefa (30°C → 29,9°C) 0%
Zakopane	–	II strefa (30°C → 26,7°C) -11%
Suwałki	–	II strefa (30°C → 28,7°C) -4%

Mapa stref klimatycznych Polski dla potrzeb wentylacji i klimatyzacji opracowana na podstawie danych meteorologicznych z lat 1991-2020.

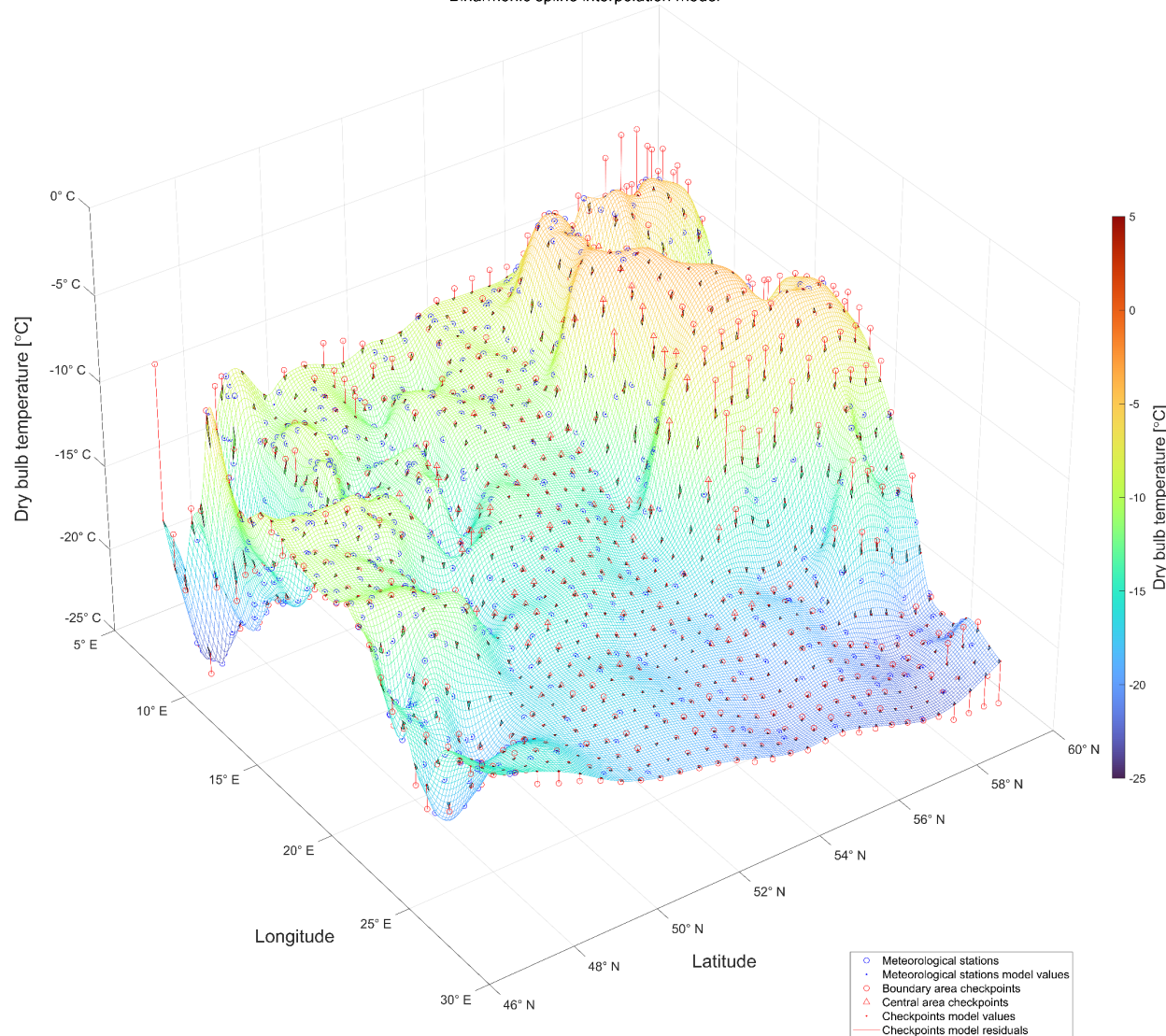
Analiza i modele temperatury obliczeniowej

zima

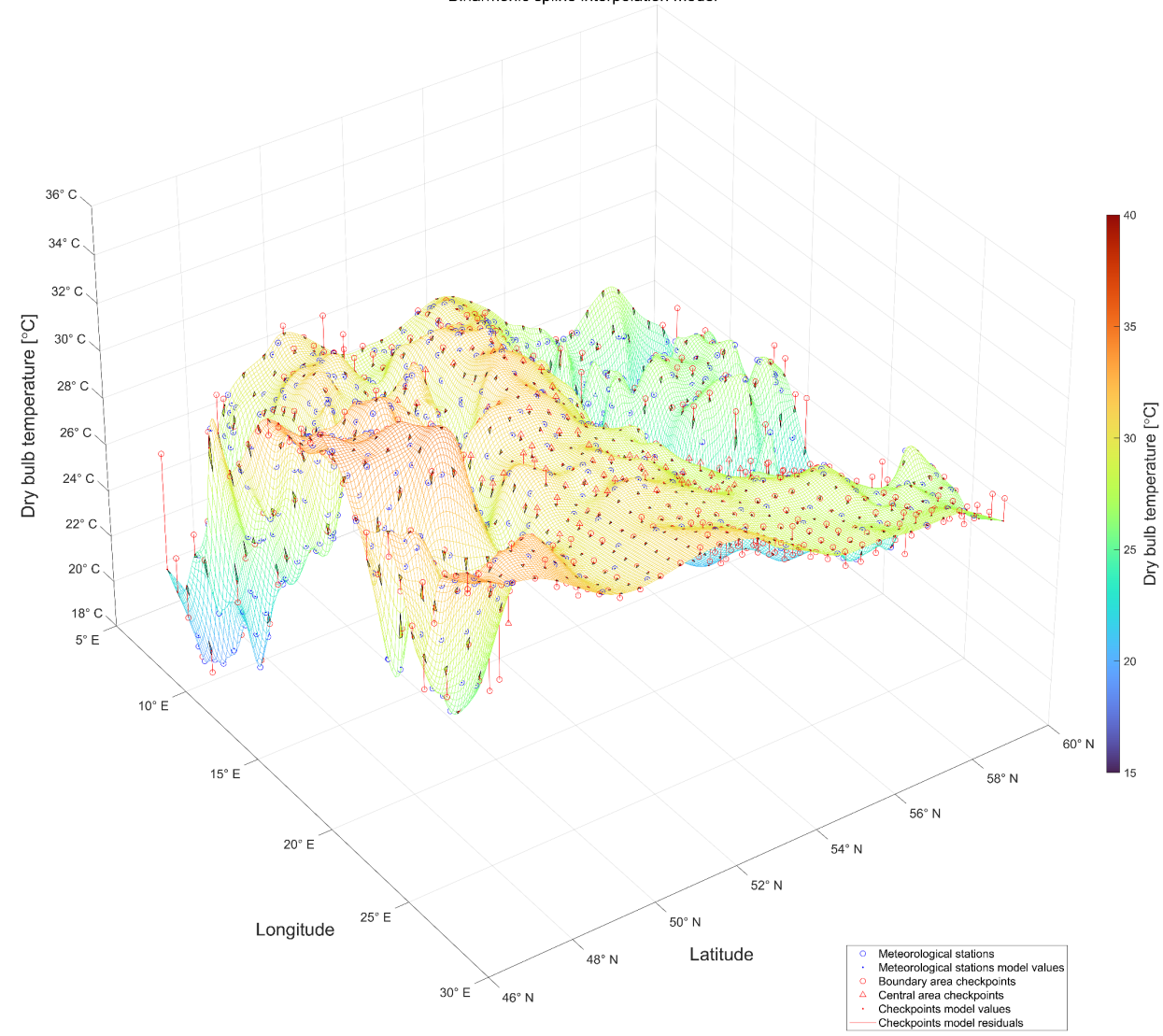
Analysed area meteorological stations and check points
Delaunay triangulation and Voronoi diagram



ASHRAE 99.6% Heating Design Dry Bulb Temperature
Biharmonic spline interpolation model

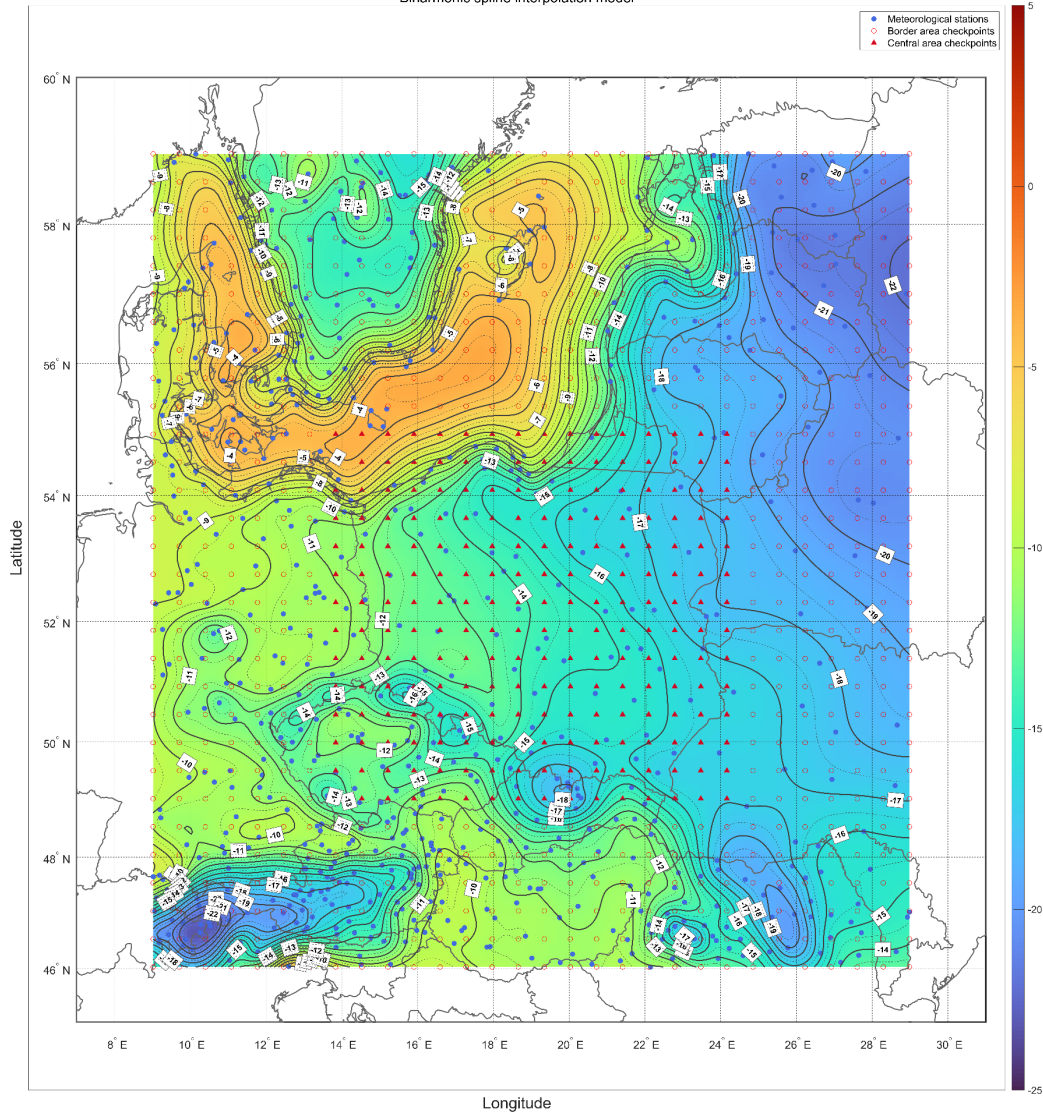


ASHRAE 0.4% Cooling Design Dry Bulb Temperature
Biharmonic spline interpolation model

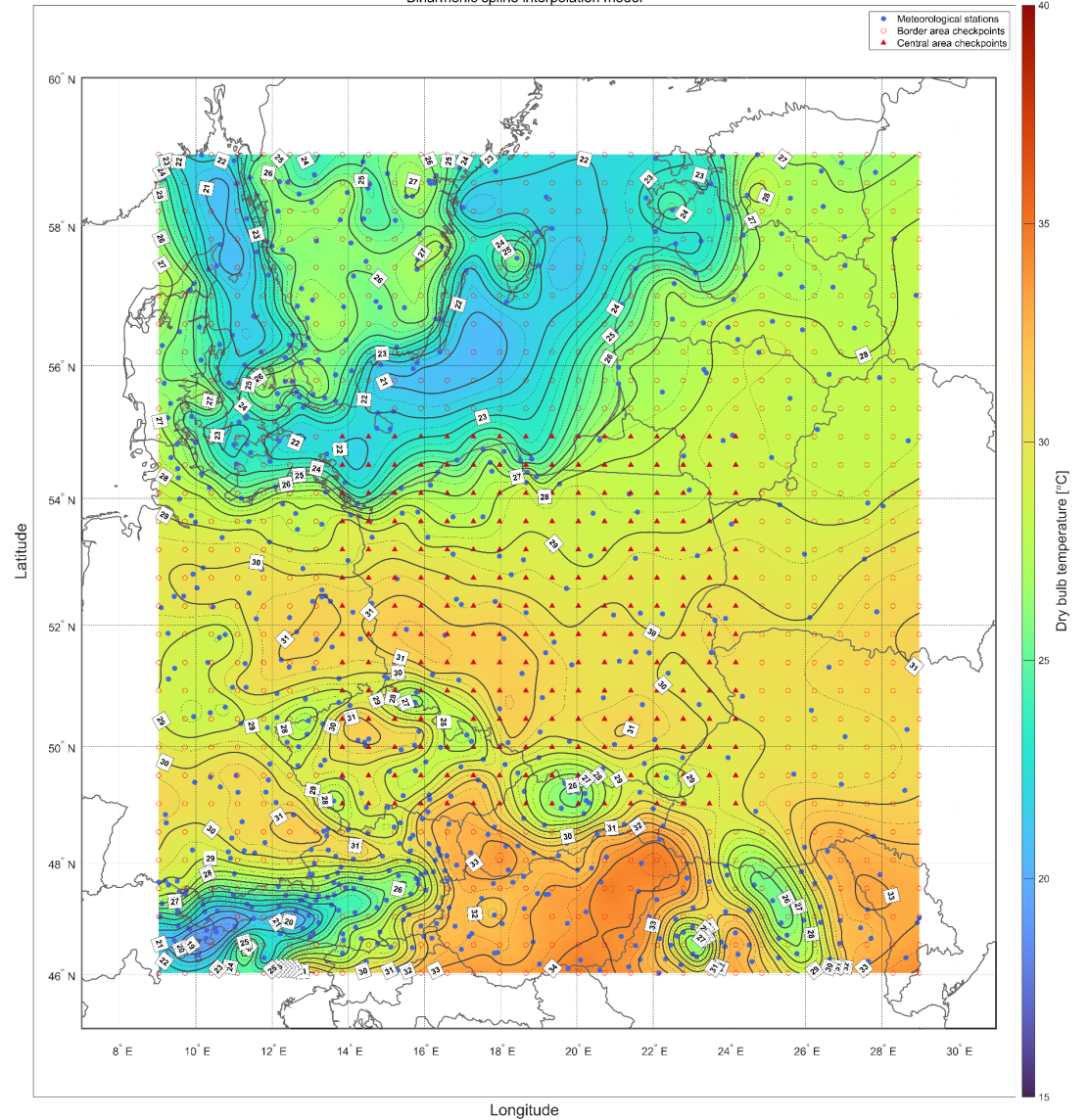


Analiza i modele temperatury obliczeniowej

ASHRAE 99.6% Heating Design Dry Bulb Temperature
Biharmonic spline interpolation model



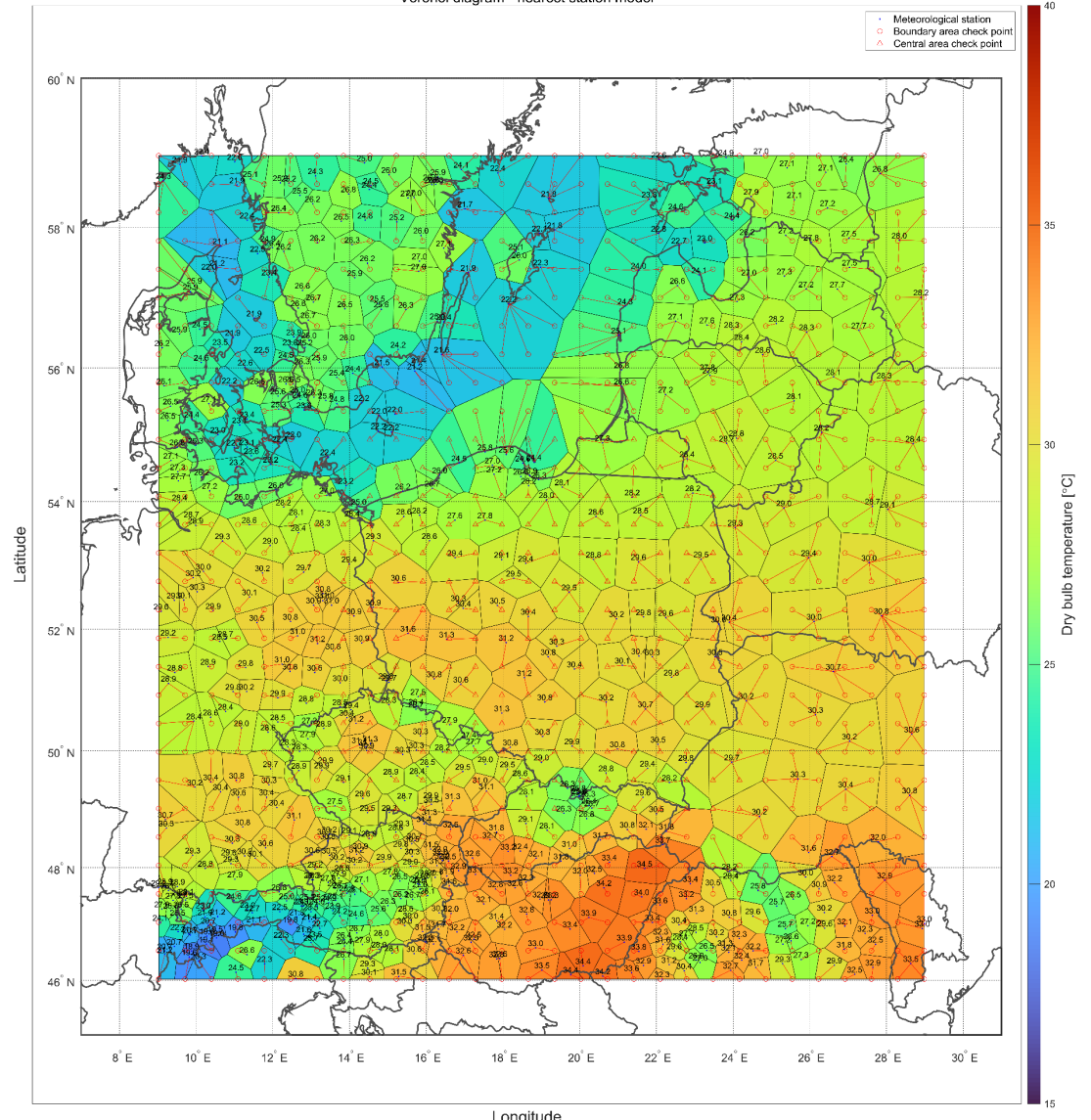
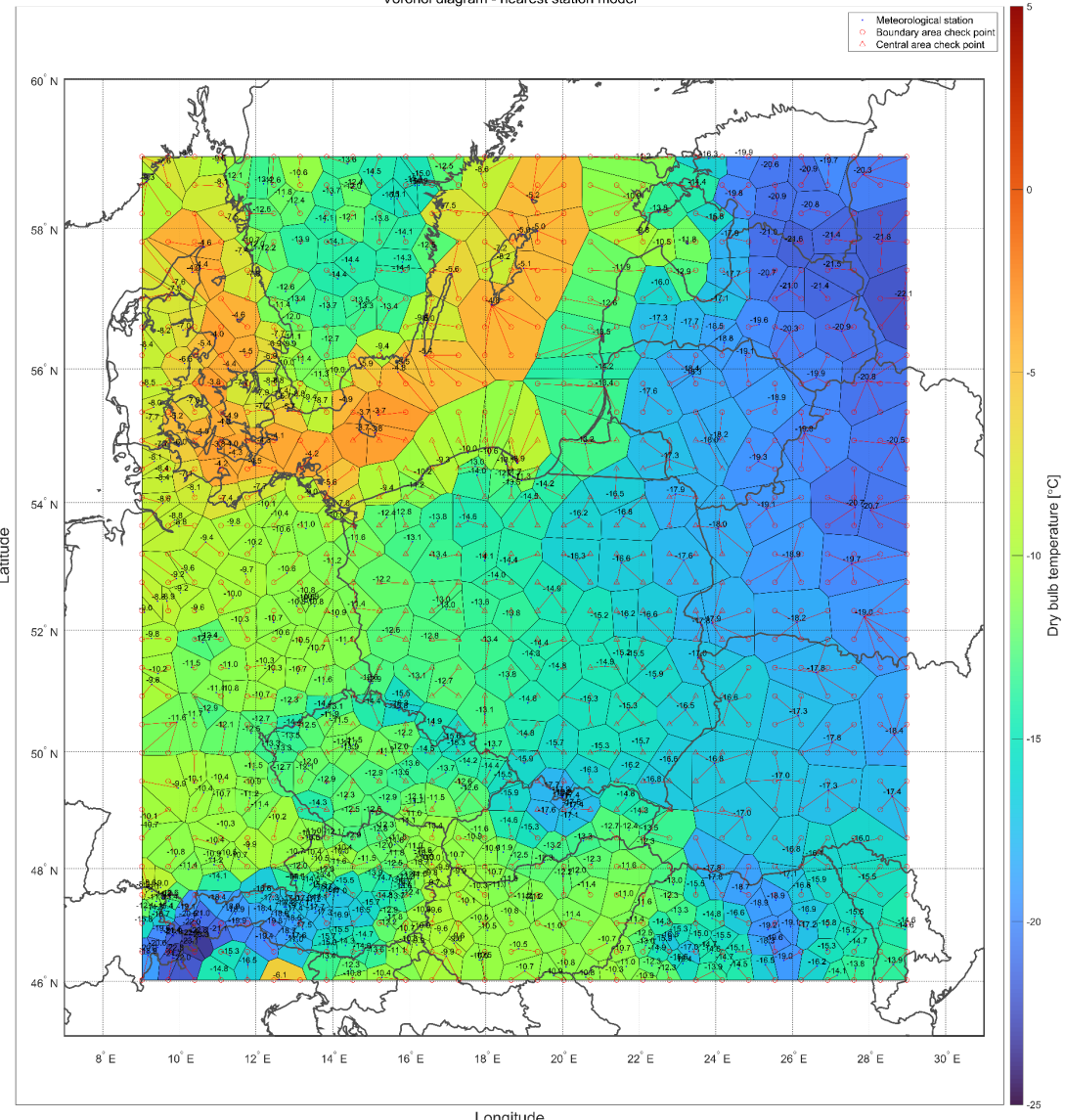
ASHRAE 0.4% Cooling Design Dry Bulb Temperature
Biharmonic spline interpolation model



Analiza i modele temperatury obliczeniowej

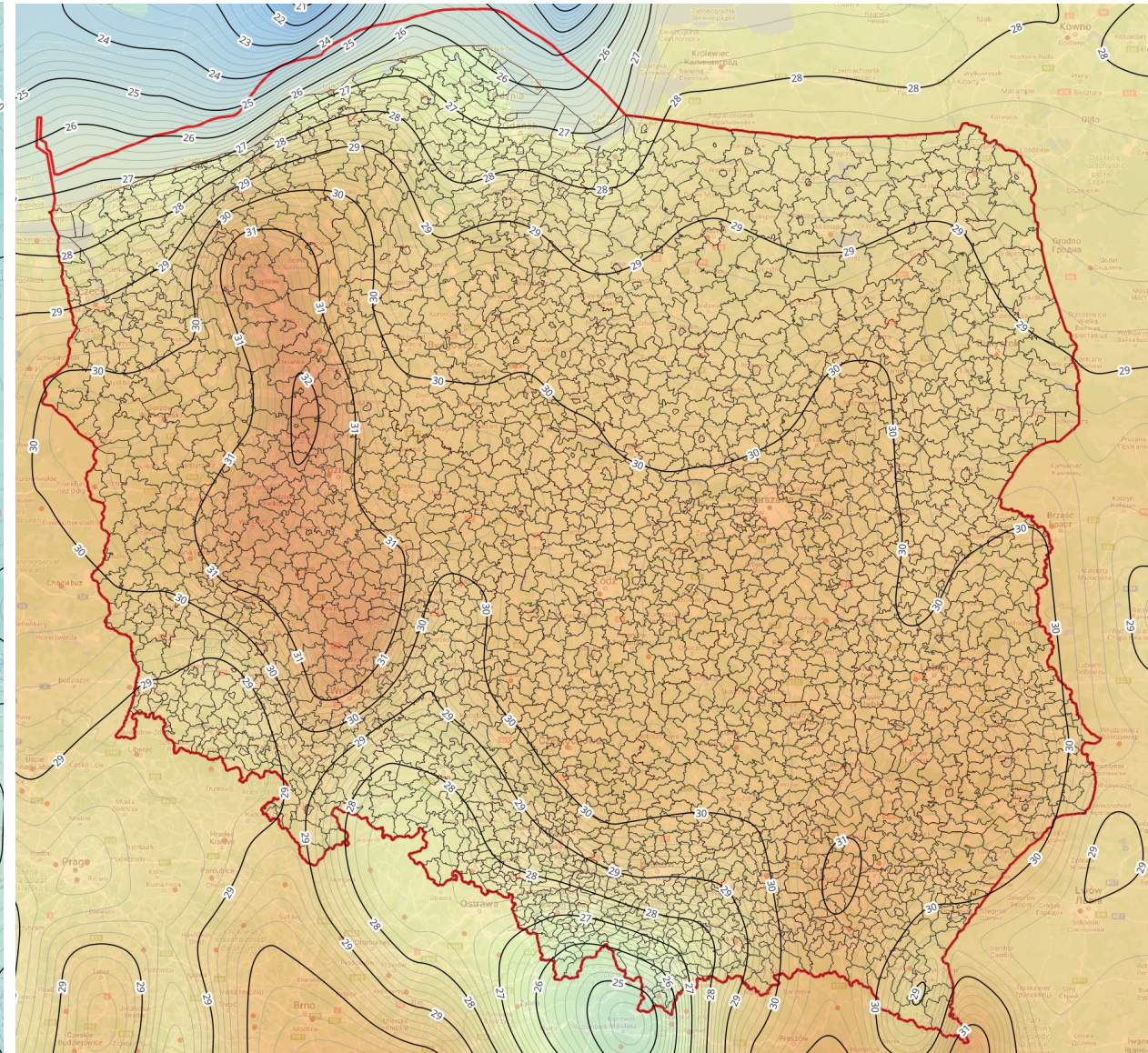
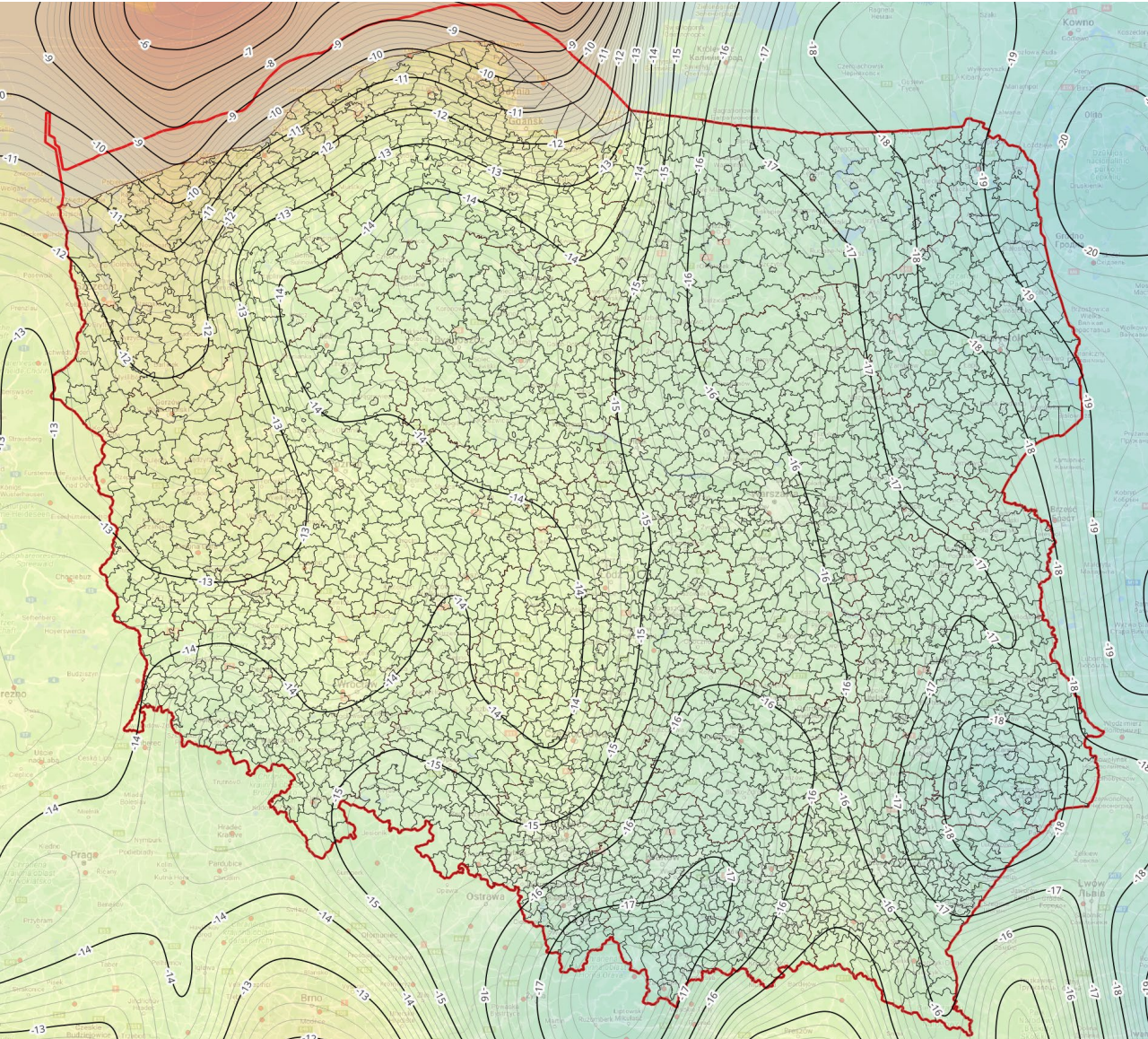
ASHRAE 99.6% Heating Design Dry Bulb Temperature
Voronoi diagram - nearest station model

ASHRAE 0.4% Cooling Design Dry Bulb Temperature
Voronoi diagram - nearest station model



Temperatura obliczeniowa dla każdej gminy?

zima



Podsumowanie

Metoda godzinowa

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

Metoda miesięczna

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

Istniejące oprogramowanie komputerowe

Metoda miesięczna

Niewielkie korekty w istniejących programach obliczeniowych – np. Audytor OZC będzie modyfikowany po przetłumaczeniu normy i powołaniu jej w rozporządzeniu

Metoda godzinowa

Nowe algorytmy obliczeniowe – wymagane przebudowanie istniejącego oprogramowania, które wykorzystywało model 5R1C budynków

**Politechnika
Warszawska**

Dziękuję za uwagę



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

POLITECHNIKA WARSZAWSKA