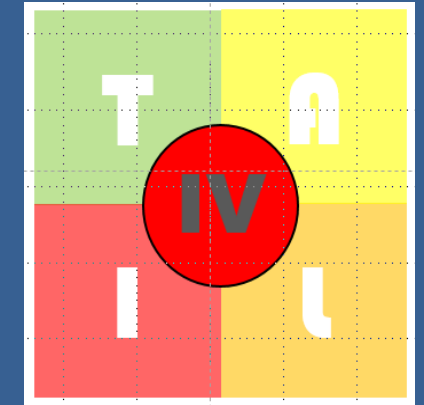


TAIL

Nowy wskaźnik jakości klimatu wewnętrznego w pomieszczeniach



Pawel Wargocki
pawar@dtu.dk

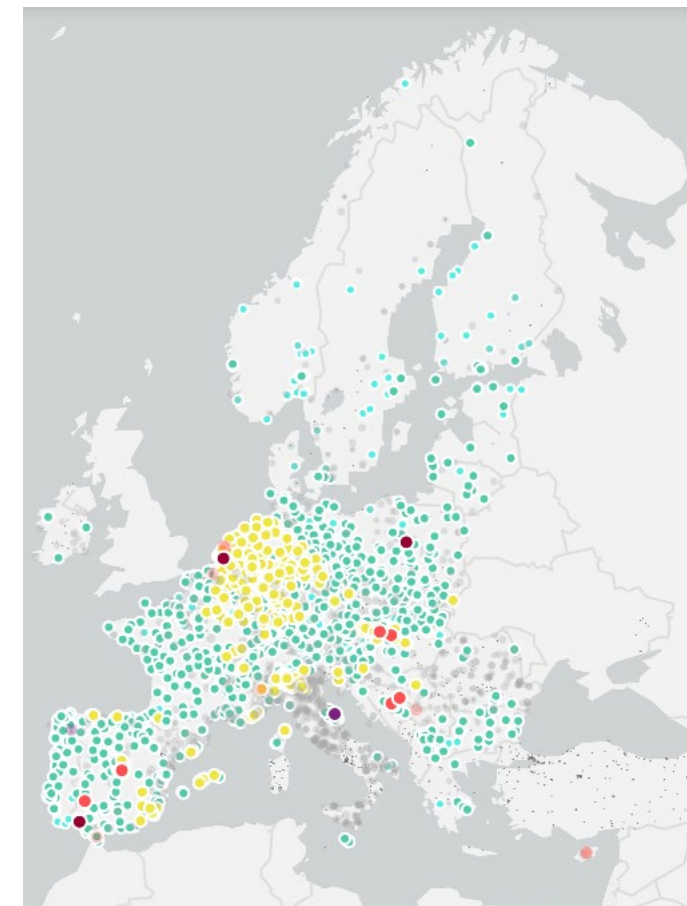
WPROWADZENIE

BRAK METODY ETYKIETOWANIA KLIMATU WEWNETRZNEGO

Nutrition Facts	
Serving Size 1 cup (228g) Servings Per Container 2	
Amount Per Serving	
Calories 250	Calories from Fat 110
% Daily Value*	
Total Fat 12g	18%
Saturated Fat 3g	15%
Trans Fat 3g	
Cholesterol 30mg	10%
Sodium 470mg	20%
Potassium 700mg	20%
Total Carbohydrate 31g	10%
Dietary Fiber 0g	0%
Sugars 5g	
Protein 5g	
Vitamin A	4%
Vitamin C	2%
Calcium	20%
Iron	4%
* Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your Daily Values may be higher or lower depending on your calorie needs.	
	Calories: 2,000 2,500
Total Fat	Less than 65g 80g
Sat Fat	Less than 20g 25g
Cholesterol	Less than 300mg 300mg
Sodium	Less than 2,400mg 2,400mg
Total Carbohydrate	300g 375g
Dietary Fiber	25g 30g

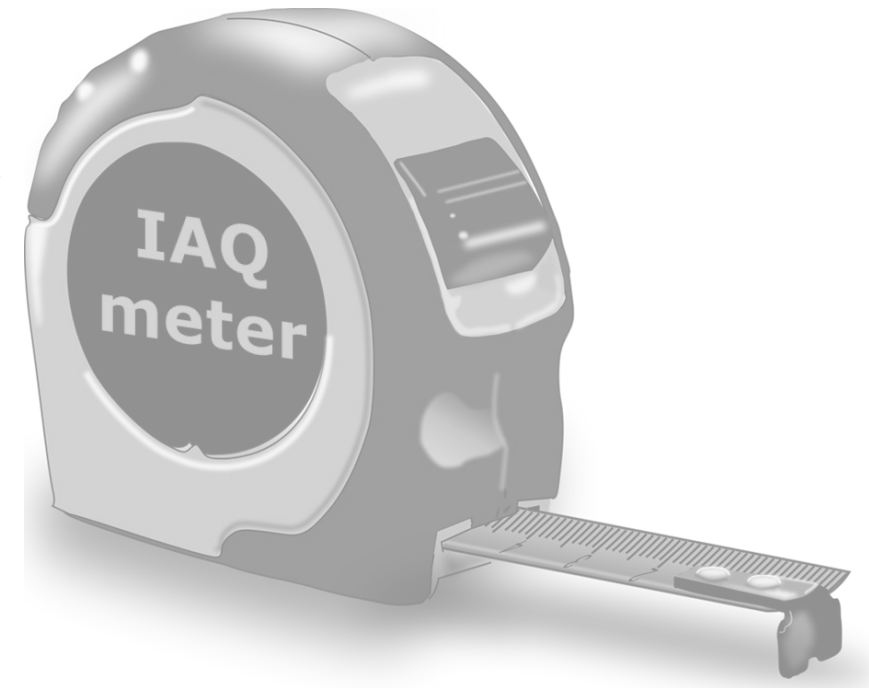


Europejski wskaźnik jakości powietrza (dla powietrza na zewnątrz budynków)



CZY JEST POTRZEBA OZNACZANIA JAKOSCI KLIMATU W POMIESZCZENIACH

- Brak oznaczania klimatu w pomieszczeniach lub brak umowy co powinno stanowić takie oznaczenie jest istotną **barierą hamującą innowacyjność technologii klimatu w pomieszczeniach**, powoduje pojawianie się niesprawdzonych metod pomiaru klimatu w pomieszczeniach, które sugerują, że są bardzo skuteczne i autentyczne, a w sumie prowadzi to do tego że niedoceniane jest znaczenie klimatu wewnętrznego w różnych programach które dofinansowują prace w celu poprawy jakości powietrza w budynkach



BUDYNKI TERMOMODERNIZOWANE

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej

Artykuł 2a. Długoterminowa strategia renowacji

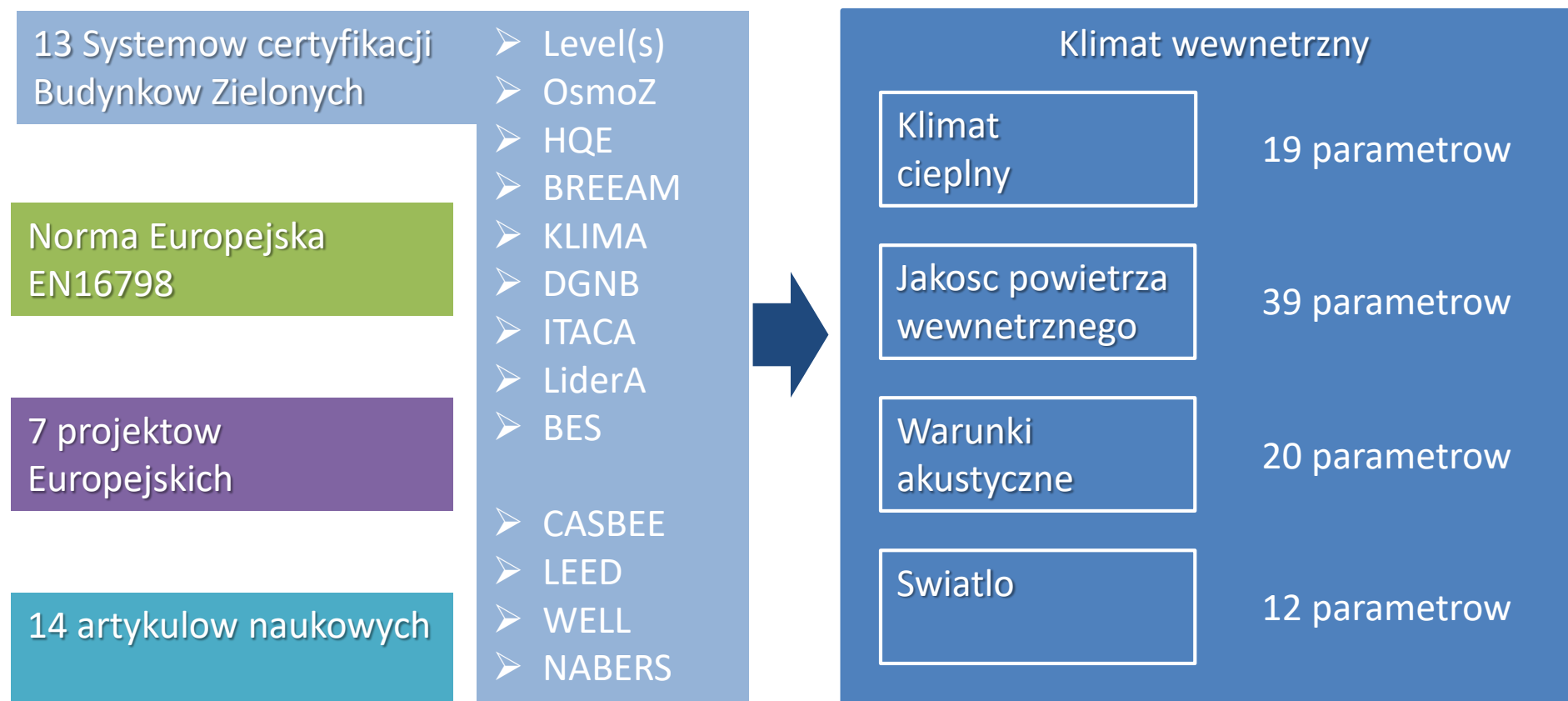
1. Każde państwo członkowskie ustanawia długoterminową strategię renowacji służącą wspieraniu renowacji krajowych zasobów budynków mieszkaniowych i niemieszkaniowych, zarówno publicznych, jak i prywatnych, aby zapewnić do 2050 r. wysoką efektywność energetyczną i dekarbonizację zasobów budowlanych, umożliwiając opłacalne przekształcenie istniejących budynków w budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Każda długoterminowa strategia renowacji jest przedkładana zgodnie z mającymi zastosowanie obowiązkami dotyczącymi planowania i sprawozdawczości i obejmuje:
(...)

(g) oparte na faktach szacunki spodziewanych oszczędności energii i szersze korzyści, dotyczące np. zdrowia, bezpieczeństwa i jakości powietrza.

DLACZEGO KLASYFIKACJA KLIMATU WEWNĘTRZNEGO JEST KONIECZNA?

- 1) Aby zagwarantować, że jakość środowiska wewnętrznego nie ulegnie pogorszeniu podczas termomodernizacji, w celu spełnienia wymagania dyrektywy charakterystyki energetycznej budynków (EPBD).
- 2) Aby udokumentować poprawę jakości środowiska wewnętrznego w budynku po termomodernizacji, jeśli taka nastąpi.
- 3) Aby oszacować potencjalne dodatkowe korzyści wynikające z termomodernizacji, w tym korzyści dla zdrowia i dobrego samopoczucia, a także korzyści finansowe wynikających z poprawy wydajności pracy i wzrostu wartości rynkowej budynku.

ROZNE PARAMETRY DEFINIUJACE JAKOSC SRODOWISKA WEWNETRZNEGO SA OBECNIE ZAMIESZCZONE W NORMY I SYSTEMACH CERTYFIKACJI



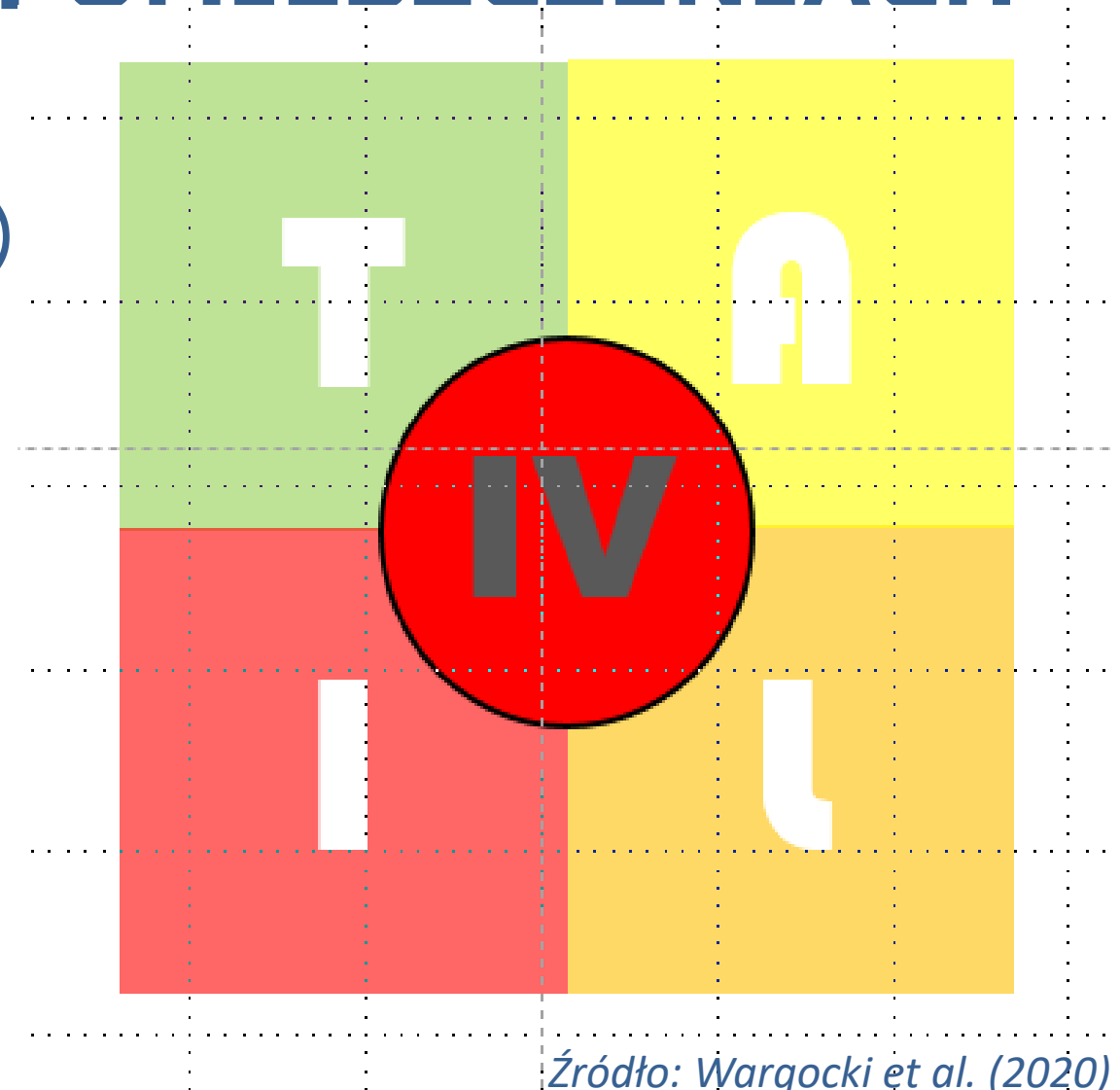
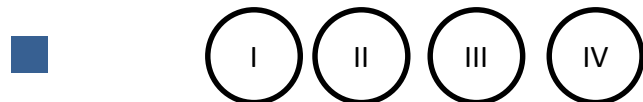
ROZWIAZANIE

TAIL-WSKAŹNIK JAKOŚCI KLIMATU WEWNĘTRZNEGO W POMIESZCZENIACH

Cztery elementy:

- Środowisko cieplne (**T**hermal)
- Akustyka (**A**coustic)
- Jakość powietrza (**I**AQ)
- Oświetlenie (**L**ight)

Sumaryczna jakość klimatu wewnętrznego:



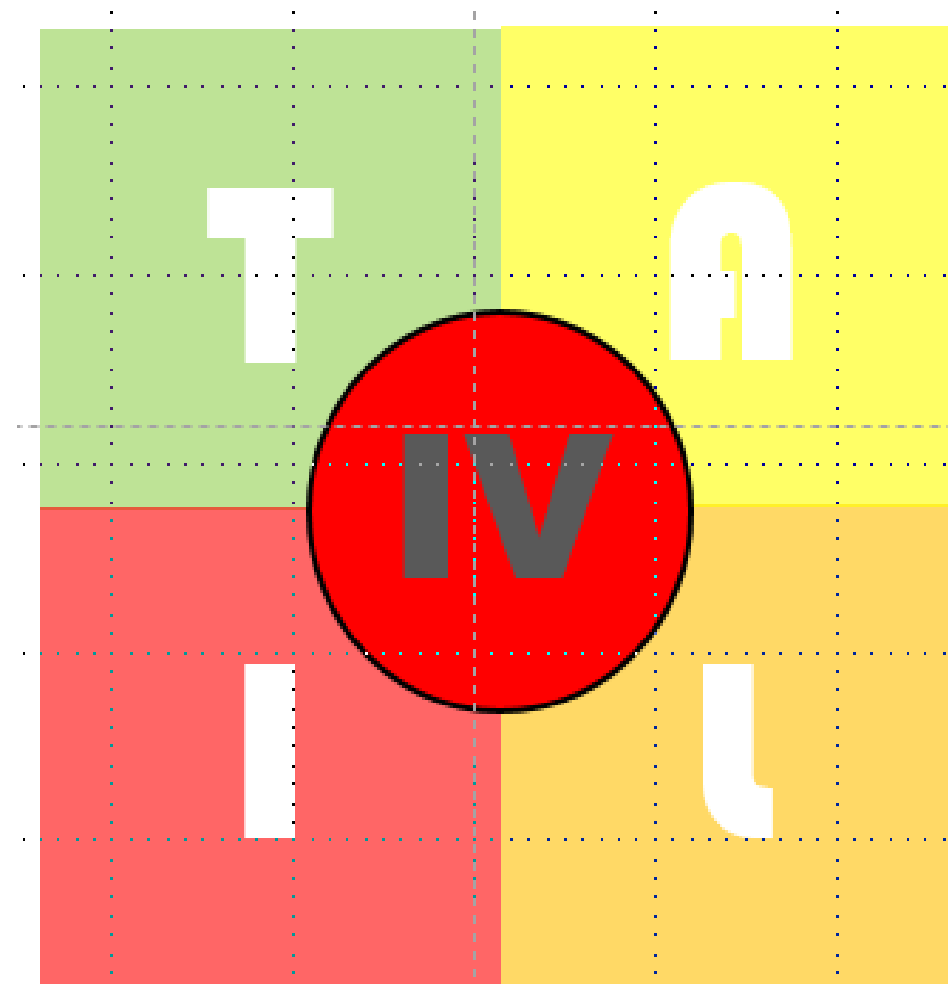
Źródło: Wargocki et al. (2020)

TAIL-WSKAŹNIK JAKOŚCI KLIMATU WEWNĘTRZNEGO W POMIESZCZENIACH

- Kolory: zielony, żółty, pomarańczowy, czerwony (najniższa kategoria)
- Kategorie: I, II, III, IV (najniższa kategoria)

Zgodne z EN16798-1(2019)

- Kat. I: Wysoki poziom oczekiwan, zalecany do pomieszczeń użytkowanych przez osoby bardzo wrażliwe i wale o specjalnych wymaganiach, np. osoby niepełnosprawne, chorzy, bardzo małe dzieci i osoby starsze
- Kat. II: Normalny poziom oczekiwan, zalecany w przypadku nowych i modernizowanych budynków
- Kat. III: Dopuszczalny, umiarkowany poziom oczekiwan, który może być stosowany w przypadku istniejących budynków
- Kat IV: Wartości nie mieszczące się w kryteriach powyższych kategorii. Zaleca się przyjmowanie tej kategorii tylko w odniesieniu do ograniczonej części roku



Źródło: Wargocki et al. (2020)

SKAD POCHODZI TAIL?

- Działanie koordynacyjne i wspierające, Horizon 2020 (Coordination and Support Action)
- Alliance for Deep RENovation in buildings (ALDREN). (Sojusz w celu głębokiej termomodernizacji budynków). Implementacja Europejskiego Wspólnego i Dobrowolnego Systemu Certyfikacji (European Common Voluntary Certification Scheme, EVCS) jako modelu wspierającego proces termomodernizacji
- Główny cel: Skonsolidowanie, promowanie i wdrożenie rozszerzonej zharmonizowanej procedury opartej na Europejskim Dobrowolnym Systemie Certyfikacji budynków użyteczności publicznej (EVCS) oraz zestawie odpowiednich instrumentów w celu wspierania termomodernizacji budynków w całym procesie termomodernizacji począwszy od organizacji i finansów a także obejmującym elementy techniczne.
- **Cel pośredni: Włączenie jakości środowiska wewnętrznego do zakresu głębokiej termomodernizacji budynków w celu promowania rozwiązań wspierających komfort i zdrowie oraz zapewnienia, że termomodernizacje nie będą szkodliwe dla warunków środowiska w pomieszczeniu.**

TUZIN PARAMETROW DO OCENY JAKOSCI SRODOWISKA WEWNETRZNEGO

	Parametr	Pomiar	Modelowanie	Inspekcja
<u>T</u>	Temperatura (°C)	x		
<u>A</u>	Poziom hałasu (dB(A))	x		
<u>I</u>	Stężenie CO ₂ (ppm)	x		
	Wydatek wentylacji (L/s)	x		
	Stężenie formaldehyd (µg/m ³)	x		
	Stężenie benzenu (µg/m ³)	x		
	Poziom pyłu PM _{2.5} (µg/m ³)	x		
	Poziom Radonu (Bq/m ³)	x		
	Wilgotność względna (%)	x		
	Widoczny poziom zagrzybienia (cm ²)			x
<u>L</u>	Poziom światła dziennego (%)		x	
	Nateżenie oświetlenia (lux)	x		

KRYTERIA WYBORU PARAMETRÓW OKREŚLAJĄCYCH TAIL

- Parametry, które można zmienić w procesie (głębokiej) termomodernizacji budynków, nawet przy braku działań w celu zmiany jakości środowiska wewnętrznego.
- Parametry, które są zawarte w istniejących systemach certyfikacji budynków lub są określone przez obecne normy (aby umożliwić szybkie przyjęcie procedur opracowanych przez ALDREN).
- Parametry, które można zmierzyć lub modelować (aby umożliwić weryfikację TAIL).
- Parametry, które dokumentowano że mają wpływ na produktywność, zdrowie, samopoczucie i komfort użytkowników budynku (aby umożliwić oszacowanie korzyści ekonomicznych).
- Nie wybrano parametrów bezpośrednio mierzących komfort, dobre samopoczucie, zdrowie lub wydajność np. Oceny subiektywne lub pomiary reakcji fizjologicznych

PARAMETRY TAIL W CERTYFIKATACH BUDYNKOW

	TAIL IEQ parameters	EN16798	Level(s)	WELL	HQE	Osmoz	BES	LEED	BREEAM	KLIMA	CASBEE	NABERS	DGNB	LiderA	ITACA
<u>T</u>	Indoor temperature (°C)	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	
<u>A</u>	Noise level (dB(A))	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<u>I</u>	CO ₂ (ppm)	X	X	X		X	X	X		X		X			
	Ventilation rate (L/s)	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
	Formaldehyde (µg/m ³)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
	Benzene (µg/m ³)	X	X	X	X	X									
	PM _{2.5} (µg/m ³)	X	X	X	X	X		X							
	Radon (Bq/m ³)	X	X	X	X		X								
	Indoor air relative humidity (%)	X	X	X						X					
	Visible mould (cm ²)		X	X											
<u>L</u>	Daylight factor (%)	X	X		X	X			X		X		X		X
	Illuminance (lux)	X	X	X			X	X	X		X			X	
	<i>Number of parameters</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>8</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>2</i>

KLASYFIKACJA PARAMETROW WCHODZACYCH W SKŁAD TAIL: JAKOŚĆ POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO

Quality of indoor air quality (I)	Green	Yellow	Orange	Red
Carbon dioxide (concentration above outdoors) ^{1,2}	≤550 ppm	≤800 ppm	≤1350 ppm	If other quality levels cannot be achieved
Ventilation rate ^{3,7}	≥(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor) and <(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(4 L/s/p + 0.8 L/s/m ² floor) and <(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor)	If other quality levels cannot be achieved
Relative humidity offices ^{2,4} hotel rooms ^{2,4,5}	≥30% <50% ≥30% and ≤50%	≥25% <60% ≥25% and ≤60%	≥20% <70% ≥20% and ≤60%	If other quality levels cannot be achieved
Visible mold ^{6,7}	No visible mould	Minor moisture damage, minor areas with visible mould (<400 cm ²)	Damaged interior structural component, larger areas with visible mould (<2500 cm ²)	Large areas with visible mould (≥2500 cm ²)
Benzene ⁷	<2 µg/m ³	≥2 µg/m ³	no criteria	≥5 µg/m ³
Formaldehyde ⁷	<30 µg/m ³	≥30 µg/m ³	no criteria	≥100 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (gravimetric) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (optical) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Radon ^{7,8}	<100 Bq/m ³	≥100 Bq/m ³	no criteria	≥300 Bq/m ³

OCENA PARAMETROW WCHODZACYCH W SKLAD TAIL



Biuro



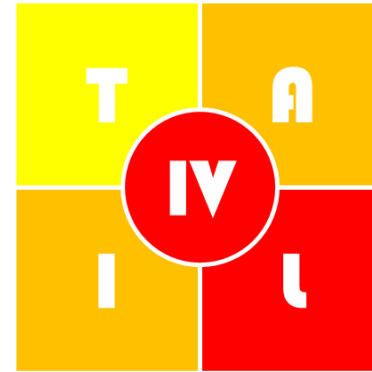
Hotel

Parametr	Metoda	Urządzenie
Temperatura	Pomiar ciągły	
Wilgotność względna	Pomiar ciągły	
CO ₂	Pomiar ciągły	
Hałas	Pomiar ciągły	
Formaldehyd	ISO 16000-4:2011	 
Benzen	ISO 16017-2:2003	
PM _{2.5}	EN 12341:2014	  
Radon	ISO 11665-8:2013	
Oświetlenie	Pomiar chwilowy (punktowy)	  
Wydatek wentylacji	Pomiar chwilowy (punktowy)	
Plesn/grzyb	Inspekcja	
Światło dzienne	EN 15193-1	

PRZYKŁADOWE POMIARY



Biurowiec



Listopad-Grudzien 2019





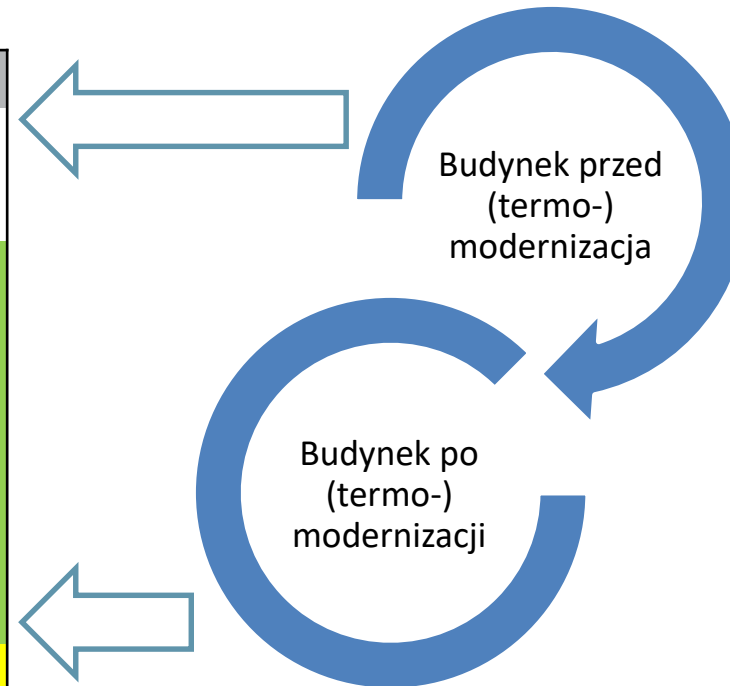
Hotel



Kwiecien 2019

KLASYFIKACJA JAKOSCI KLIMATU WEWNETRZNEGO PODCZAS UZYTKOWANIA BUDYNKU

PRZED MODERNIZACJĄ	PO MODERNIZACJĘ
	
Temperatura	Temperatura
Halas	Halas
CO ₂	CO ₂
Wydatek wentylacji	Wydatek wentylacji
Formaldehyd	Formaldehyd
Benzen	Benzen
PM _{2.5}	PM _{2.5}
Radon	Radon
Wilgotnosc wzgledna	Wilgotnosc wzgledna
Plesn/grzyb	Plesn/grzyb
Oswietlenie	Oswietlenie
Swiatlo dzienne	Swiatlo dzienne



ROZWIAZANIE, CZESC 2.

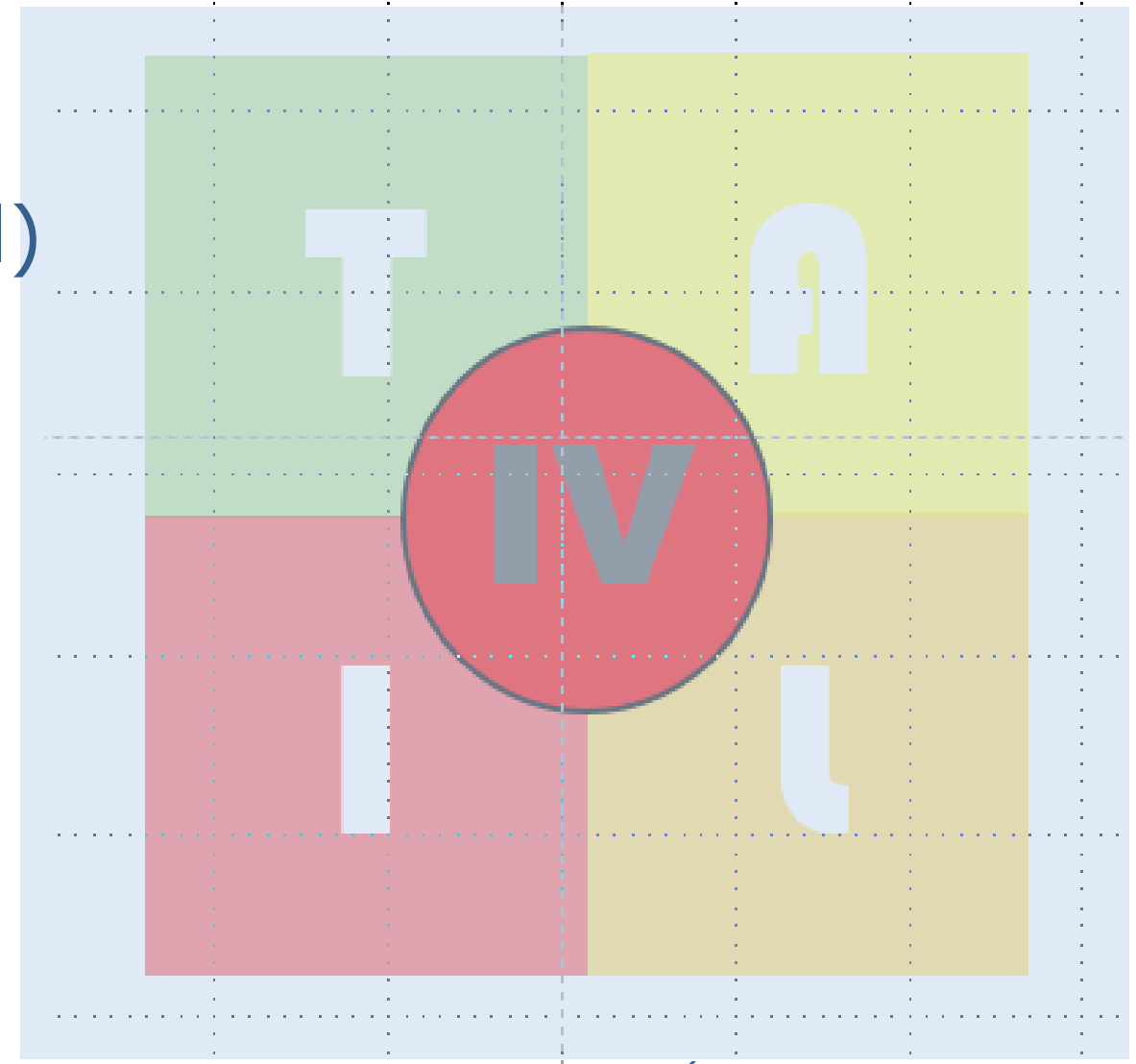
PredicTAIL, metoda szacowania jakości klimatu wewnętrznego w oparciu o SYMULACJE

Cztery elementy:

- Środowisko cieplne (**T**hermal)
- Akustyka (**A**coustic)
- Jakość powietrza (**I**AQ)
- Oświetlenie (**L**ight)

Sumaryczna jakość klimatu wewnętrznego:

- I II III IV



DZIESIEC PARAMETROW WCHODZACYCH W SKŁAD TAIL DO OSZACOWANIA predicTAIL

	Parametr	Pomiar	Modelowanie	Inspekcja
<u>T</u>	Temperatura (°C)		x	
<u>A</u>	Poziom hałasu (dB(A))		x	
<u>I</u>	Stężenie CO ₂ (ppm)		x	
	Wydatek wentylacji (L/s)			
	Stężenie formaldehyd (µg/m ³)		x	
	Stężenie benzenu (µg/m ³)		x	
	Poziom pyłu PM _{2.5} (µg/m ³)		x	
	Poziom Radonu (Bq/m ³)		x	
	Wilgotność względna (%)		x	
	Widoczny poziom zagrzybienia (cm²)			
<u>L</u>	Poziom światła dziennego (%)		x	
	Nateżenie oświetlenia (lux)			

IDENTYCZNA KLASYFIKACJA PARAMETROW WCHODZACYCH W SKLAD predicTAIL JAK W PRZYPADKU PARAMETROW OPISUJACYCH TAIL

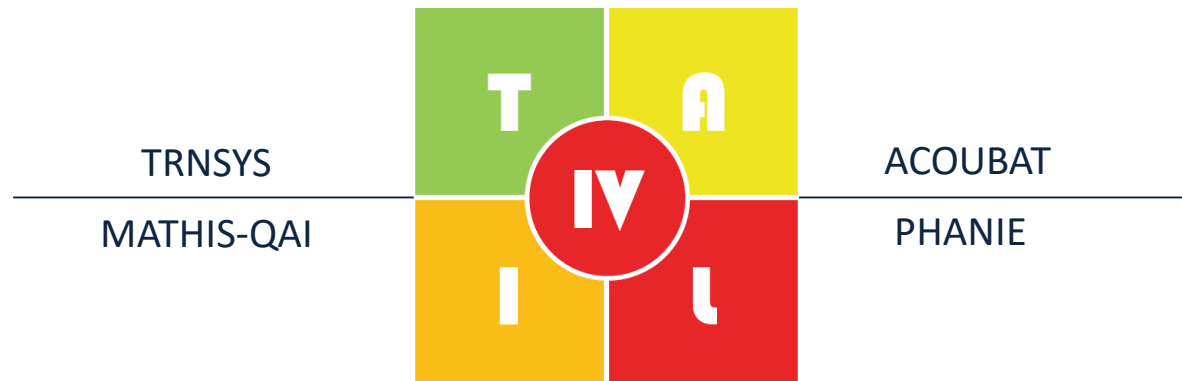
Quality of indoor air quality (I)	Green	Yellow	Orange	Red
Carbon dioxide (concentration above outdoors) ^{1,2}	≤550 ppm	≤800 ppm	≤1350 ppm	If other quality levels cannot be achieved
Ventilation rate^{3,7}	<10 l/s/m² (20 l/s/m² floor)	<7 l/s/m² (14 l/s/m² floor) and <10 l/s/m² (20 l/s/m² floor)	<11 l/s/m² (22 l/s/m² floor) and <14 l/s/m² (28 l/s/m² floor)	If other quality levels cannot be achieved
Relative humidity offices ^{2,4} hotel rooms ^{2,4,5}	≥30% <50% 30% and ≤50%	≥25% <60% ≥25% and ≤60%	≥20% <70% ≥20% and ≤60%	If other quality levels cannot be achieved
Benzene ⁷	<2 µg/m ³	≥2 µg/m ³	no criteria	≥5 µg/m ³
Formaldehyde ⁷	<30 µg/m ³	≥30 µg/m ³	no criteria	≥100 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (gravimetric) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (optical) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³

Badania pilotazowe

Scenariusze

Sytuacja bazowa	Przed modernizacja
Modernizacja ENG#1	Termomodernizacja I (srednia oszczednosc)
Modernizacja ENG#2	Termomodernizacja II (wysoka oszczednosc)
Modernizacja IEQ#1	Poprawa klimatu wnetrznego I (wysoka)
Modernizacja IEQ#2	Poprawa klimatu wewnetrznego II (srednia)

Programy symulacyjne



Zalozenia symulacji

- 1 rok kalendarzowy
- PredicTAIL obliczony przy uzyciu protokolu do pomiaru TAIL



REZULTATY

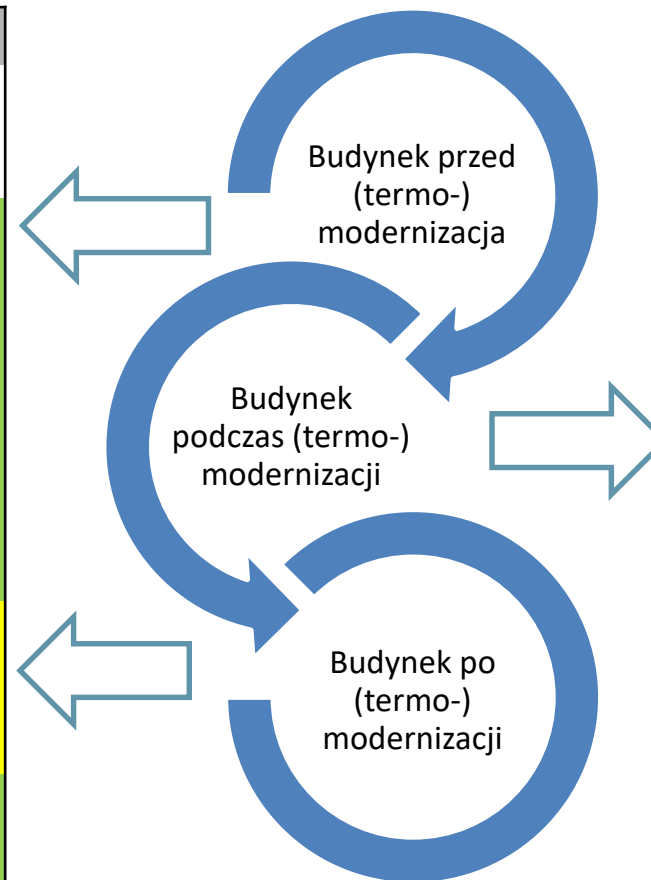
PredicTAIL, SREDNIE WYNIKI PO JEDNOROCZNEJ SYMULACJI

	SYTUACJA BAZOWA	Modernizacja ENG#1	Modernizacja IEQ#1
<p>Biurowiec</p>			
<p>Hotel</p>			

KLASYFIKACJA JAKOSCI KLIMATU WEWNETRZNEGO PODCZAS UZYTKOWANIA BUDYNKU I PODCZAS OPRACOWANIA MODERNIZACJI

TAIL

PRZED MODERNIZACJA	PO MODERNIZACJU
	
Temperatura	Temperatura
Halas	Halas
CO ₂	CO ₂
Wydatek wentylacji	Wydatek wentylacji
Formaldehyd	Formaldehyd
Benzen	Benzen
PM _{2.5}	PM _{2.5}
Radon	Radon
Wilgotnosc wzgledna	Wilgotnosc wzgledna
Plesn/grzyb	Plesn/grzyb
Oswietlenie	Oswietlenie
Swiatlo dzienne	Swiatlo dzienne



PredicTAIL

SYTUACJA BAZOWA	MODERNIZACJA
Temperatura	Temperatura
Halas	Halas
CO ₂	CO ₂
Formaldehyd	Formaldehyd
Benzen	Benzen
PM _{2.5}	PM _{2.5}
Radon	Radon
Wilgotnosc wzgledna	Wilgotnosc wzgledna
Oswietlenie	Oswietlenie
Swiatlo dzienne	Swiatlo dzienne

WNIOSKI KONCOWE

- TAIL i PredicTAIL stanowią kompletne narzędzie umożliwiające klasyfikacje jakości klimatu wewnętrznego w budynkach.
- Oczekuje się, że TAIL i predicTAIL będą uznane jako metoda standardowa do klasyfikacji klimatu wewnętrznego.
- Oczekuje się, że dzięki TAIL i predicTAIL nastąpi poprawa jakości klimatu wewnętrznego w budynkach.

EPILOG

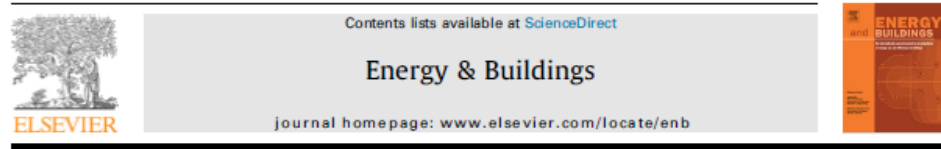
FAIRYTAIL (OPOWIEŚĆ O TAIL)

- Zaproponowano sposób oceny jakości środowiska wewnętrznego i parametrów ją określających.
- TAIL - zintegrowany indeks opisujący jakość środowiska wewnętrznego w biurach i hotelach poddawanych głębokiej termomodernizacji- pozwala na ocenę jakości środowiska wewnętrznego przed i po termomodernizacji.
- Tail umożliwia porównanie budynków w oparciu o klimat wewnętrzny.
- TAIL integruje parametry określające jakość środowiska wewnętrznego na podstawie rzeczywistych pomiarów i wyników pomiarów, nie w oparciu o przyznawane punkty.
- Wszystkie parametry mają tę samą wagę.
- TAIL uzupełnia istniejące metody oceny jakości środowiska wewnętrznego i odnosi się bezpośrednio do wymagań EPBD.
- TAIL jest zgodny z głównymi certyfikatami budynków, norma EN16798-1 i Level(s); metoda raportowania dla zrównoważonych budynków.
- TAIL wymaga weryfikacji.
- Zastosowanie TAIL może być poszerzone na budynki szkolne i mieszkalne, ale wymaga to weryfikacji.
- Mimo że TAIL można postrzegać jako dość prosty/skromny, oczekuje się, że zwiększy zainteresowanie jakością środowiska wewnętrznego i jej poprawą.

PERSPEKTYWY

- Weryfikacja i zastosowanie w duzej ilosci budynkow.
- Rozszerzenie stosowania na budynki szkolne i mieszkalne
- Stworzenie miernika TAIL
- Ocena ekonomiczna roznych klas TAIL
- Wprowadzenie nowych parametrow
- Rodzina TAIL: OccupanTAIL, ResilienTAIL, ...

PISMIENNICTWO



TAIL, a new scheme for rating indoor environmental quality in offices and hotels undergoing deep energy renovation (EU ALDREN project)

Pawel Wargocki^{a,*}, Wenjuan Wei^b, Jana Bendžalová^c, Carlos Espigares-Correa^d, Christophe Gerard^f, Olivier Greslou^b, Mathieu Rivallain^b, Marta Maria Sesana^c, Bjarne W. Olesen^a, Johann Zirngibl^b, Corinne Mandin^b

^aInternational Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark (DTU), Denmark
^bUniversity of Paris-Est, Scientific and Technical Centre for Building (CSTB), Health and Comfort Department, French Indoor Air Quality Observatory (OQAI), France
^cPolitecnico di Milano, Polo Territoriale di Lecco, Italy
^dValencia Institute of Building (IVE), Spain
^eEnvironment and Building Energy Efficiency (ENBEE), Slovakia
^fCertiva, Scientific and Technical Direction, France

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 14 February 2021
 Revised 7 April 2021
 Accepted 13 April 2021
 Available online 19 April 2021

Keywords:
 Indoor environmental quality
 Measurements
 Assessment scheme
 Energy renovation
 Public buildings

ABSTRACT

To avoid health risks and discomfort, the European Energy Performance for Building Directive (EPBD) mandates that "Member States should support energy performance upgrades of existing buildings that contribute to achieving a healthy indoor environment." There is, however, no widely accepted method for rating the overall level of indoor environmental quality (IEQ), although several different approaches are proposed by standards, guidelines, and certification schemes. To fill this void, a new classification rating scheme called TAIL was developed to rate IEQ in offices and hotels undergoing deep energy renovation during their normal use; the scheme is a part of the energy certification method developed by the EU ALDREN project. The TAIL scheme standardizes rating of the quality of the thermal (T) environment, acoustic (A) environment, indoor air (I), and luminous (L) environment, and by using these ratings, it provides a rating of the overall level of IEQ. Twelve parameters are rated by measurements, modelling, and observation to provide the input to the overall rating of IEQ. Their quality levels are determined primarily using Standard EN-16798-1 and World Health Organization (WHO) air quality guidelines and are expressed by colours and Roman numerals to improve communication. The TAIL rating was shown to discriminate IEQ levels when its feasibility was examined in eleven buildings across Europe to provide support for its applicability and input for further modifications. Opportunities for using the scheme in other types of buildings and for its further development and application are discussed.

© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Several policies and actions have been put forward by the European Union (EU) to mitigate and reduce the impact of climate change. One such action is the modernization and renovation of the European building stock, which is responsible for 40% of energy use and 36% of carbon dioxide (CO₂) emissions [14]. The European Commission created instruments to initiate changes in how buildings are constructed, operated, and maintained to achieve significant reductions in energy use. The framework was established by the Energy Performance of Building Directive (EPBD), which was launched in 2003 [13], re-cast in 2010 [14], and amended in

2018 [10]. The main purpose of this Directive is to promote improvements in the energy performance of buildings. This applies both to new construction and existing buildings, of which 25% are commercial buildings, 75% are considered to be inefficient, and about 35% are at least 50 years old.

Despite these high ambitions and good intentions, the implementation of EPBD failed somewhat concerning renovation of the existing building stock. Renovation rates that followed EPBD recommendations have not exceeded 1% to 2% [49], although it is estimated that renovation accounts for 57% of all construction activity, and many renovations do not reach the full amount of energy savings that could be achieved [41]. Renovation rates following EPBD recommendations should reach at least 3% to guarantee that minimum energy reduction goals will be met [41]. One reason for this shortfall could be that renovations, even those leading to reductions in energy

* Corresponding author.
 E-mail address: paw@byg.dtu.dk (P. Wargocki).



PredicTAIL, a prediction method for indoor environmental quality in buildings undergoing deep energy renovation based on the TAIL rating scheme

Wenjuan Wei^{a,*}, Pawel Wargocki^b, Yao Ke^b, Simon Bailhache^a, Thierno Diallo^a, Samuel Carré^a, Pascal Ducruet^a, Marta Maria Sesana^c, Graziano Salvalai^c, Carlos Espigares-Correa^d, Olivier Greslou^a, Johann Zirngibl^a, Corinne Mandin^a

^aUniversity of Paris-Est, Scientific and Technical Centre for Building (CSTB), 84 Avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, 77447 Marne la Vallée Cedex 2, France
^bInternational Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Nils Koppels Alle, Building 402, DK-2800 Kongens Lyngby, Denmark
^cPolitecnico di Milano, ABC Department, via Pontio 31, 20133, Milan, Italy
^dValencia Institute of Building (IVE), Campus de Vera, Vera Road, 46022 Valencia, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 20 August 2021
 Revised 29 October 2021
 Accepted 5 January 2022
 Available online 10 January 2022

Keywords:
 IEQ
 IAQ
 Temperature
 Modeling
 Renovation design
 Indicator

ABSTRACT

The recently developed TAIL rating scheme enables assessment of the changes in the indoor environmental quality (IEQ) associated with a building's deep energy renovation (DER) and classification of the resulting quality levels of the thermal (T), acoustic (A), and luminous (visual) (L) environments and indoor air quality (I). Since the TAIL rating is primarily based on measurements, it cannot be determined prior to renovation operations to help design the IEQ. To fill this gap, the PredicTAIL method was developed in the present study to predict the changes in ten of the twelve TAIL parameters as a result of DER. These parameters are indoor air temperature, relative humidity, sound pressure level, daylight factor, illuminance, and concentrations of carbon dioxide, formaldehyde, benzene, radon, and PM_{2.5}; no prediction is made for ventilation rate or mold. To examine the feasibility of the PredicTAIL method and the sensitivity of the existing models for quantifying changes in the TAIL parameters corresponding to different renovation strategies, simulations were performed in a hotel and an office building using TRNSYS, IDA ICE, ACOBAT, MATHIS-QAL and PHANIE. These modeling tools were first benchmarked against the TAIL parameters measured in the buildings before renovation. Once the agreement between measurements and modeling was considered acceptable, four pragmatic renovation scenarios were applied, and their impact on the IEQ parameters was quantitatively modeled. The simulations showed that the quality levels of the IEQ parameters were improved or unchanged for some parameters but degraded for other parameters after DER. The changes in the IEQ parameters and the TAIL rating depended on the renovation scenarios, suggesting that the PredicTAIL method is sufficiently sensitive to guide renovation design.

© 2022 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The European Union (EU) put forward a series of directives aimed at developing a sustainable, competitive, secure, and decarbonized energy system, providing objectives for reducing energy consumption by 20% by 2020 and at least 40% by 2030 compared with that in 1990 [1–4]. Given that almost 50% of the EU's final energy consumption is used for heating and cooling, 80% of which

is used in buildings [1], performing deep energy renovation (DER) to improve buildings' energy efficiency is a promising way to achieve the EU's energy and climate goals. However, improved insulation may impose risks of higher indoor air humidity, higher indoor pollutant concentrations and overheating, and installing a heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system may compromise the indoor acoustic environment [5]. To account for the influence of DER on the indoor environmental quality (IEQ), the latest amendment of the EU Directive on the energy performance of buildings states that "the energy needs for space heating, space cooling, domestic hot water, ventilation, lighting, and other technical building systems shall be calculated in order to optimize health,

* Corresponding author.
 E-mail address: wenjuan.wei@cstb.fr (W. Wei).



Contents lists available at ScienceDirect

Energy & Buildings

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enbuild

Review of parameters used to assess the quality of the indoor environment in Green Building certification schemes for offices and hotels

Wenjuan Wei^a, Pawel Wargocki^{b,*}, Johann Zirngibl^a, Jana Bendžalová^c, Corinne Mandin^a

^a University of Paris-Est, Scientific and Technical Centre for Building (CSTB), Health and Comfort Department, French Indoor Air Quality Observatory (OQA), 84 Avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, 77447 Marne la Vallée Cedex 2, France
^b International Centre for Indoor Environment and Energy, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Nils Koppels Alle, Building 402, DK-2800 Kongens Lyngby, Denmark
^c Environment and Building Energy Efficiency (EMBE), Palkovicova 5, 82108 Bratislava, Slovakia

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 19 September 2016
 Revised 13 November 2019
 Accepted 8 December 2019
 Available online 9 December 2019

Keywords:
 Temperature
 IAQ
 sound
 light
 comfort
 ALDREN project

ABSTRACT

Fourteen Green Building (GB) certification schemes were reviewed to examine the parameters they used to assess indoor environmental quality (IEQ). Ninety different parameters were identified. They were classified into four major IEQ components defining the thermal, acoustic and visual environments, and indoor air quality (IAQ). For the thermal environment, the most commonly used parameters were PMV, PPD, room operative temperature, room air temperature, room air relative humidity, and air speed. For the acoustic environment, the most commonly used parameters were ambient noise and reverberation time. For the visual environment, the most commonly used parameters were illuminance level, daylight factor, and spatial daylight autonomy. For IAQ, the most commonly used parameters were ventilation rate (outdoor air supply rate), TVOC, formaldehyde, CO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, ozone, benzene, and radon. Credits are used to rate the importance of different parameters for the overall level of IEQ in the reviewed schemes. Using these credits and the figures published in peer-reviewed papers, it was found out that the average contribution of the thermal, acoustic, luminous environment and air quality parameters to the overall IEQ rating of a building was respectively 27%, 17%, 22%, and 34%. The present work can be regarded as a reference for selecting parameters that are commonly used to characterize IEQ.

© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The deep energy renovations of existing buildings in Europe will have to be carried out at a much higher rate to decarbonize European building stock in time to achieve the ambitious goals for significant reductions in energy use that have now been set by the European Commission. To this end, the European Commission launched many projects that would provide tools, methods and incentives for securing a higher rate of transformation of existing building stock into one with low energy use. One of these projects is the ALDREN project which was launched in November 2017. It brought together several partners from different European Union member states (<http://aldren.eu/>). ALDREN stands for "Alliance for Deep RENovation in buildings". The primary aim of this project was to extensively consolidate, promote, and implement

harmonized procedures to overcome market barriers and support deep building renovation operations.

One important task within the scope of the ALDREN project was to provide methods for determining whether deep energy renovation has any effects on the health and well-being of building occupants. One reason for this was to address one of the conditions set by EPBD [1,2], which requires that building IEQ should not be degraded in the process of energy renovation. Specifically, EPBD stipulates that "Member States should support energy performance upgrades of existing buildings that contribute to achieving a healthy indoor environment" and that each long-term renovation strategy shall encompass "an evidence-based estimate of expected energy savings and wider benefits such as those related to health, safety and air quality". The ALDREN project therefore planned to develop a measurement protocol and a systematic method for rating IEQ that could also be used to estimate any non-energy benefits associated with improved IEQ that can add financial value. To meet these goals, the parameters that describe IEQ and their levels had to be defined to serve as a verification tool that could be used to

* Corresponding author.
 E-mail address: paw@byg.dtu.dk (P. Wargocki).



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the grant agreement number 839937. The European Union is not liable for any use that may be made of the information contained in this document, which is merely representing the authors' view.



Contents lists available at ScienceDirect

Building and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/buildenv

10 Questions

Ten questions concerning green buildings and indoor air quality

Anne Steinemann^{a,b,c,*}, Pawel Wargocki^d, Behzad Rismanchi^a

^a Department of Infrastructure Engineering, Melbourne School of Engineering, The University of Melbourne, Victoria 3010 Australia
^b College of Science, Technology and Engineering, James Cook University, Townsville QLD 4811, Australia
^c Climate, Atmospheric Sciences, and Physical Oceanography, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, La Jolla, CA 92093 USA
^d International Centre for Indoor Environment and Energy, DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark



ARTICLE INFO

Article history:
 Received 2 September 2016
 Received in revised form
 3 November 2016
 Accepted 3 November 2016
 Available online 5 November 2016

Keywords:
 Green buildings
 Indoor air quality
 Energy efficiency
 Health
 Volatile organic compounds (VOCs)
 Semi-volatile organic compounds (SVOCs)

ABSTRACT

This paper investigates the concern that green buildings may promote energy efficiency and other aspects of sustainability, but not necessarily the health and well-being of occupants through better indoor air quality (IAQ). We ask ten questions to explore IAQ challenges for green buildings as well as opportunities to improve IAQ within green buildings and their programs. Our focus is on IAQ, while recognizing that many factors influence human health and the healthfulness of a building. We begin with an overview of green buildings, IAQ, and whether and how green building certifications address IAQ. Next, we examine evidence on whether green buildings have better IAQ than comparable conventional buildings. Then, we identify so-called green practices and green products that can have unintended and unfavorable effects on IAQ. Looking ahead, we offer both immediate and longer-term actions, and a set of research questions, that can help green buildings to more effectively promote IAQ. This article supports a growing recognition of the importance of IAQ in green buildings, and the opportunities for improvements. As the World Green Building Council [95] and others have emphasized, people are the most valuable asset of organizations, and efforts to improve IAQ can improve health, well-being, productivity, and profitability.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Ten questions

1.1. What are green buildings?

In general, "green buildings" are structures designed to promote efficient use of resources (e.g., energy, water, and materials) and sustainability (e.g. [93]), and to reduce the adverse effects of buildings on the environment). A commonly cited definition of green building is provided by the US Environmental Protection Agency [28]: "Green building is the practice of creating structures and using processes that are environmentally responsible and resource-efficient throughout a building's life-cycle from siting to design, construction, operation, maintenance, renovation and deconstruction."

In recent years, and more specifically, green buildings are typically defined and categorized by green building certification

programs. Many countries around the world have their own programs. Early certification schemes include the Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) in the United Kingdom in 1990 [13], and Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) in the United States in 1994 [83]. Other major programs include the Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) system in Germany [26], Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) in Japan [18], and the Green Star system in Australia [38] [47].

As of October 2016, over 145,000 green certification projects have been completed around the world, using these and other certification schemes [38]. Globally, the percentage of firms with over 60% of their projects certified green is forecast to grow from 18% in 2016 to 37% by 2018, with a greater proportion from developing markets [89].

Today, more than 31 green building certification programs and 55 schemes within those programs (e.g., for different types of buildings) are used in over 30 countries around the world, and some programs (such as BREEAM and LEED) are used in multiple countries [86]. Other programs have emerged with goals to promote indoor air quality and occupant health, such as the WELL

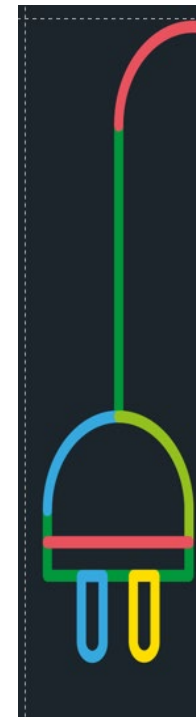
* Corresponding author. Department of Infrastructure Engineering, Melbourne School of Engineering, The University of Melbourne, Victoria 3010 Australia.
 E-mail addresses: anne.steinemann@unimelb.edu.au (A. Steinemann), paw@byg.dtu.dk (P. Wargocki), behzad.rismanchi@unimelb.edu.au (B. Rismanchi).

PODZIEKOWANIA

WYRAZY PODZIĘKOWANIA DLA:

- Jana Bendžalová
- Carlos Espigares-Correa
- Christophe Gerard
- Olivier Greslou
- Mathieu Rivallain
- Marta MariaSesana
- Bjarne W.Olesen
- JohannZirngibl
- Yao Ke
- Simon Bailhache
- Thierno Diallo
- Samuel Carré
- Pascal Ducruet
- Graziano Salvalai

- WenjuanWei
- CorinneMandin



ALDREN Alliance
for Deep RENovation
in buildings



www.aldren.eu

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 754159.

Pytania.....

economy sustainability
energy absenteeism council health green
credits offices performance certification
building indoor quality
environmental

