



Propozycja kryterium niskoemisyjności na podstawie wyników badań emisji LZO z wyrobów budowlanych

**dr Mateusz Kozicki
Pracownia Chemii Środowiska
Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska
Instytut Techniki Budowlanej**

Definicje materiałów niskoemisyjnych



choose unit

m³



| GWP [kg CO₂ eq / m³]
| module A1-A3

choose unit

kg



| GWP [kg CO₂ eq / kg]
| module A1-A3

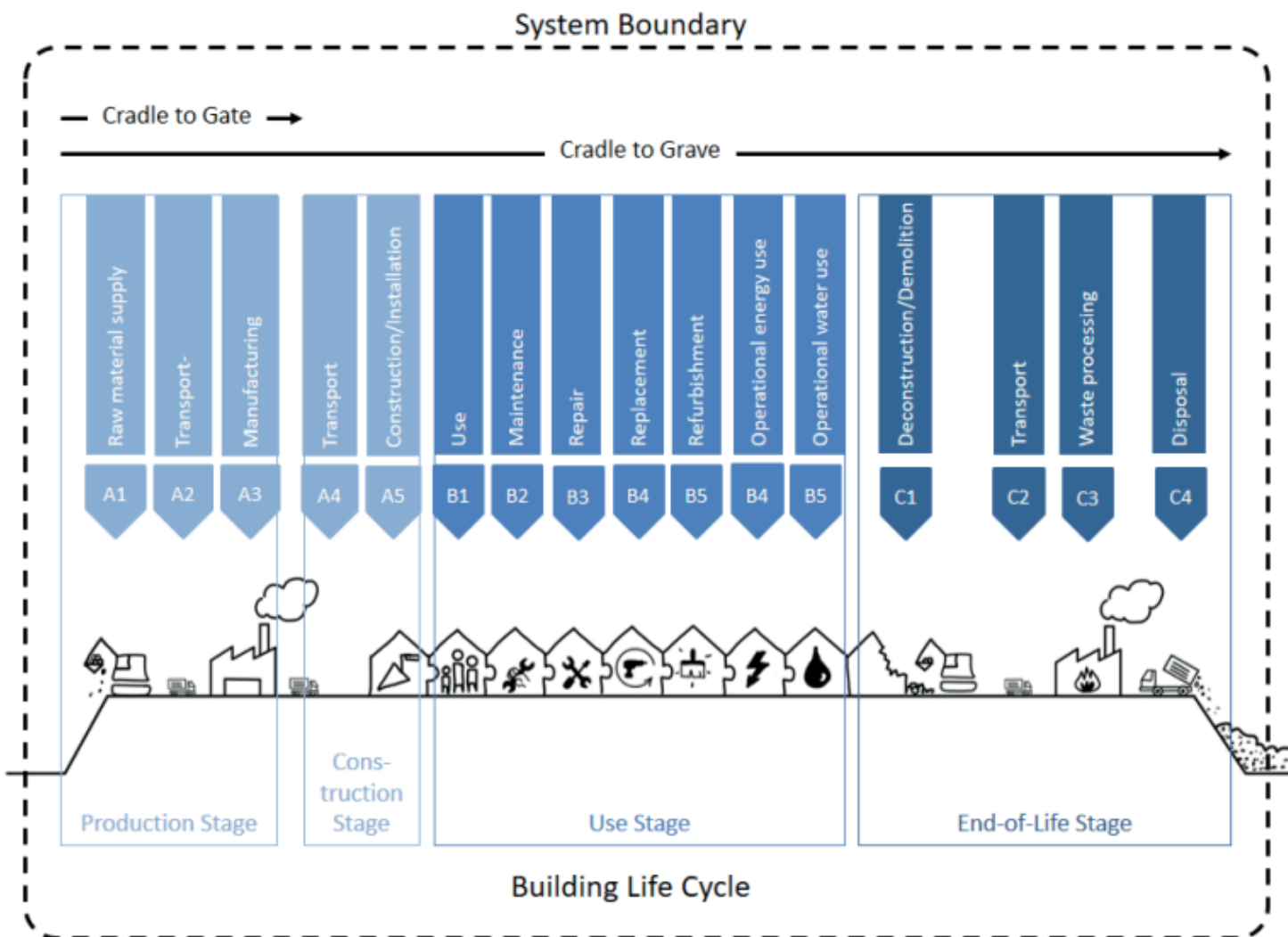


VOC [µg / m³]

Niskoemisyjne materiały/wyroby budowlane to te, które podczas procesów wydobywania, produkcji, montażu i transportu zużywają i wykorzystują niewielkie nakłady energii (a więc i emisji CO₂).

Są one podawane ilościowo w ekwiwalencie kg CO₂ na jednostkę funkcjonalną.

Metody LCA umożliwiają ocenę wpływ na środowisko materiału, wyrobu budowlanego a nawet całych budynków.



Przykłady granic systemu:

Od kołyski do bramy (Cradle to Gate) - wydobywanie i przeróbka surowców, transport do producenta, proces produkcyjny

Od kołyski do grobu (Cradle to Grave) - dodatkowo: użytkowanie produktu, demontaż, przetwarzanie, składowanie



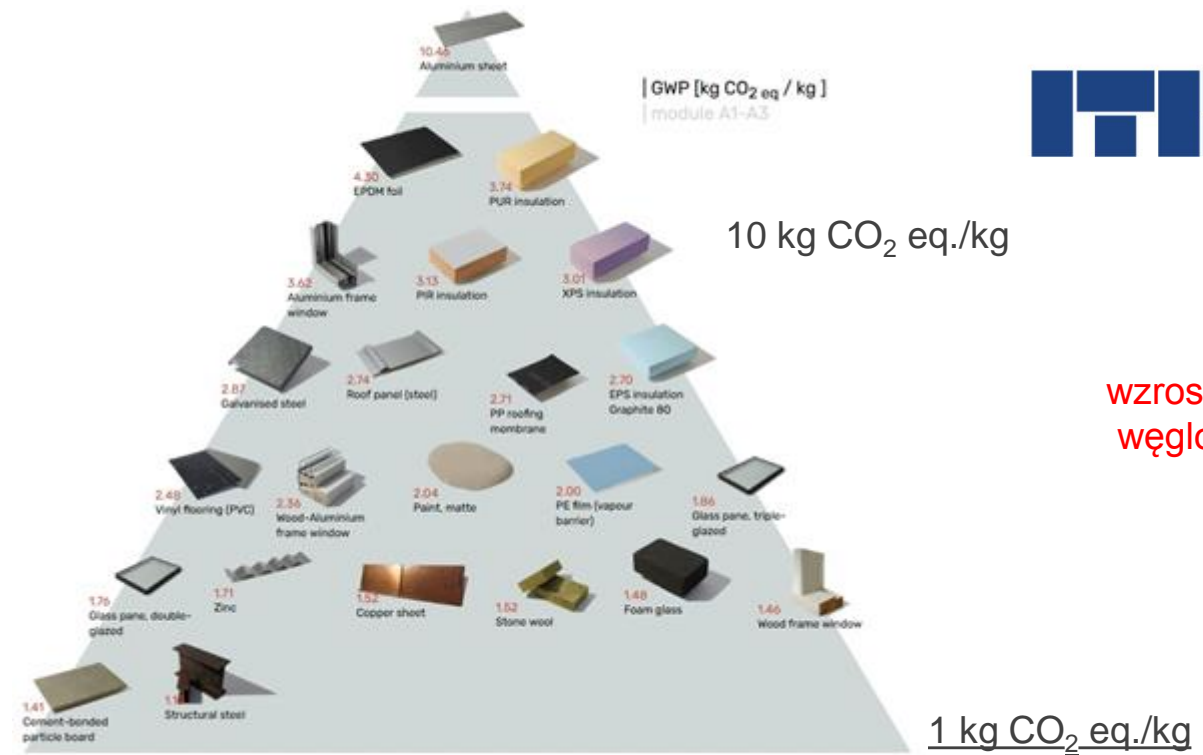
Gobbo, Emilie ; et. al. *Reuse in Environmental Impact Assessment Tools : A prospective report.* (2021)

Piramida materiałów budowlanych



Jednostka funkcjonalna: **1 kg** materiału lub **1 m²** czy **1 m³** wyrobu

Biorąc pod uwagę jednostkę funkcjonalną masy (kg) zamiast objętości (m³), rozkład materiałów w piramidzie jest nieco inny.



<https://www.materialepyramiden.dk/>

Projekt w ramach Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej (EUKI)



Tytuł projektu: **CirCon4Climate** - Wzmocnienie praktyk gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze budowlanym na rzecz ochrony klimatu

- Czas trwania: **01.12.22- 31.03.25**
- Sektor: **Budownictwo**
- Kraje realizacji: **Czechy, Niemcy, Polska, Słowenia**
- Lider: **Czech Technical University in Prague, University Centre for Energy Efficient Buildings**



Partnerzy Projektu



Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung



ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Supported by:



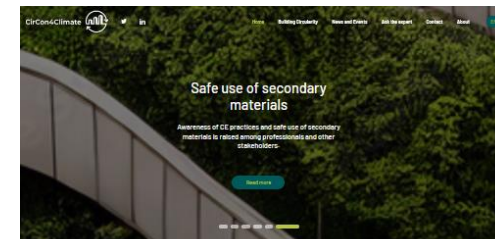
Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



European
Climate Initiative
EUKI

on the basis of a decision
by the German Bundestag

<https://buildingcircularity.eu/>



Building circularity through CirCon4Climate

The mission of the project is to contribute to climate change mitigation and security of supply in the construction sector by strengthening circular construction in the Czech Republic, Poland, and Slovenia, using best practices from Germany.

The project will increase the representation of circular building practices in public procurement, to encourage private firms to consider the circularity of their construction materials. Finally, it will raise the awareness and adoption of circular materials for reuse and recycling, for established and new actors in the sector.

Initiatives

Problem

In Czechia, Poland, and Slovenia, most of the construction industry's waste is landfilled instead of recycled. However, within construction up to 70 per cent of demolition waste can be used anew.

The construction industry in these countries is struggling with the increasing amount of waste produced. This leads to high disposal costs and environmental damage. In addition, the industry is not fully utilizing the potential of secondary materials. This leads to a high demand for primary materials, which in turn leads to a high carbon footprint. The project aims to address these issues by promoting the use of secondary materials and reducing waste.



and Solution

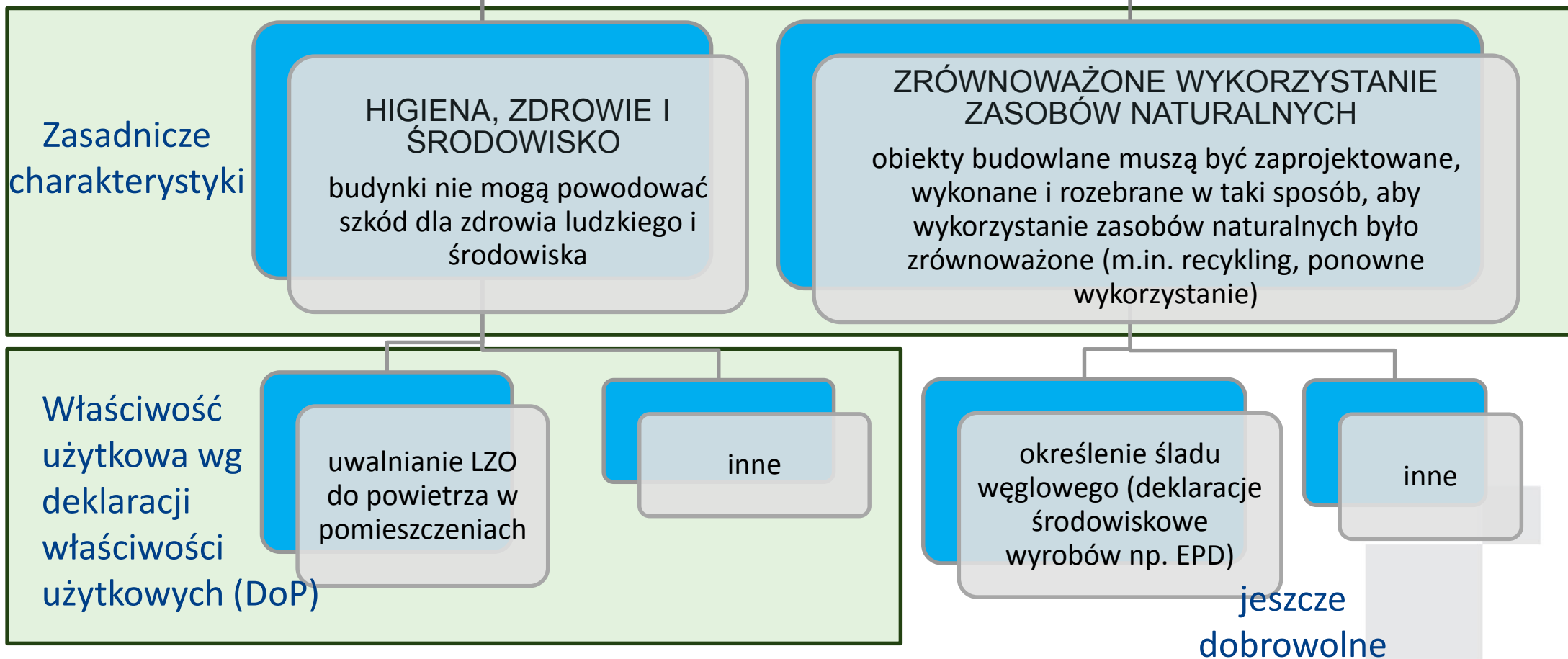


Increasing awareness regarding the circular construction process among regional governments and municipalities as well as key players within the industry.

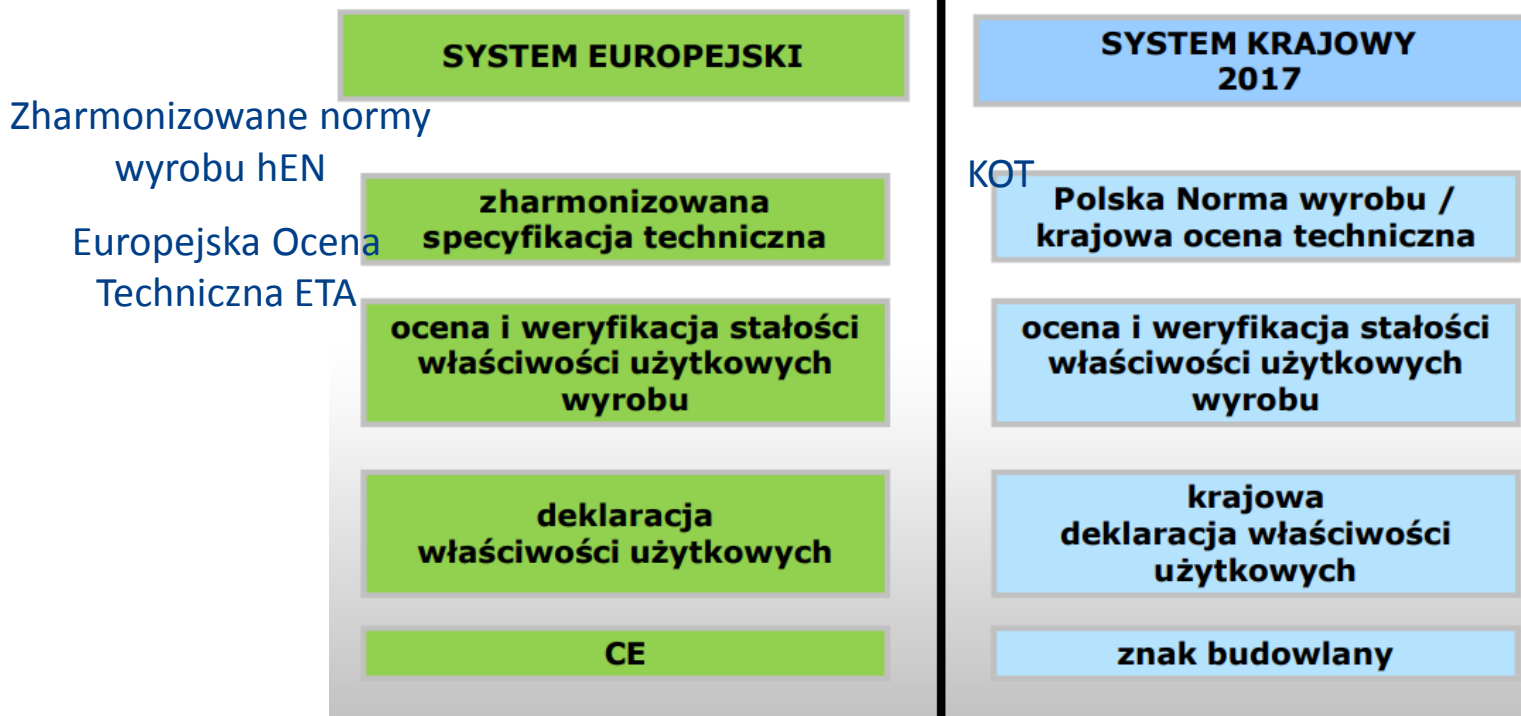
The project strengthens circular construction in Czechia, Poland, and Slovenia with the help of best practices from Germany. To achieve this objective, knowledge from Germany regarding the circular construction process, construction standards and best practices will be shared. In particular, the project will focus on raising awareness and promoting the use of secondary materials. This will be achieved through various activities, including workshops, seminars, and the development of guidelines. The project will also focus on promoting the use of secondary materials in public procurement. This will be achieved through the development of guidelines and the promotion of circular construction in public procurement. The project will also focus on promoting the use of secondary materials in private procurement. This will be achieved through the development of guidelines and the promotion of circular construction in private procurement. The project will also focus on promoting the use of secondary materials in the construction sector. This will be achieved through the development of guidelines and the promotion of circular construction in the construction sector.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH otrzymała od German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) zlecenie na realizację Europejskiej Inicjatywy Klimatycznej (EUKI). <http://www.euki.de/?lang=en>

Rozporządzenie UE Nr 305/2011 w sprawie wyrobów budowlanych **CPR** (ang. *Construction Product Regulation*) określa warunki wprowadzania do obrotu lub udostępniania na rynku europejskim wyrobów budowlanych



Zgodnie z rozporządzeniem nr 305/2011 (CPR) do oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych i definicji metod badawczych służą **normy zharmonizowane**.



<https://www.gunb.gov.pl/>

wymagana notyfikacja NGB



wymagana akredytacja PCA



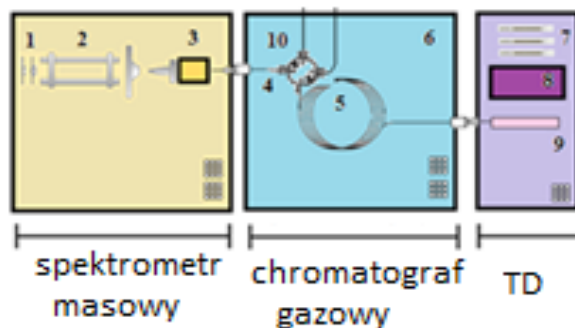
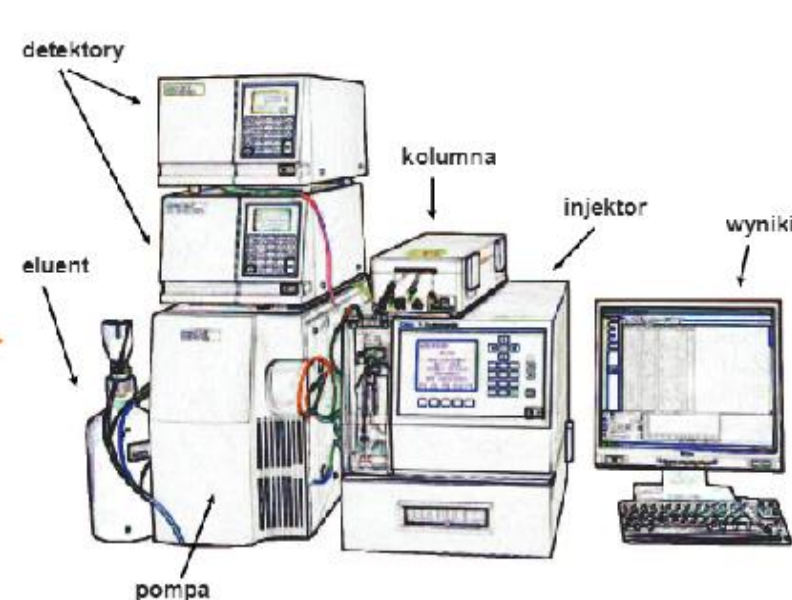
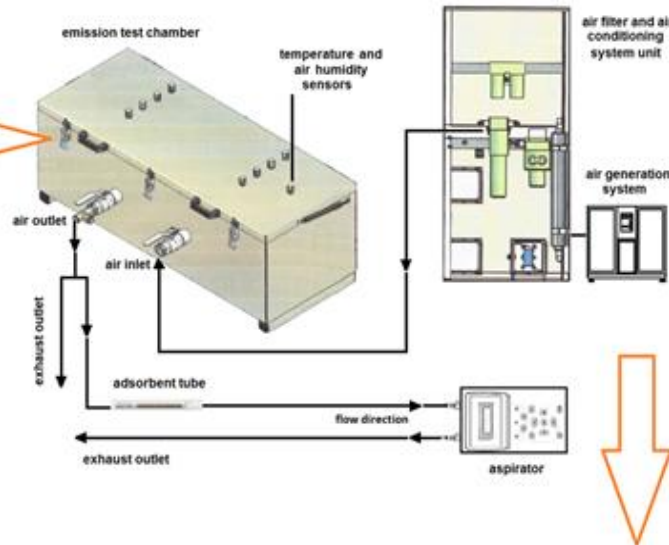
W zakresie uwalniania substancji niebezpiecznych „emisji LZO” z wyrobów budowlanych



Zharmonizowana norma europejska **EN 16516** „Wyroby budowlane: Ocena uwalniania substancji niebezpiecznych – Oznaczanie emisji do powietrza w pomieszczeniach”



Pobór po 3 i 28 dniach



Normy badawcze:

=> EN 16516 + A1:2020

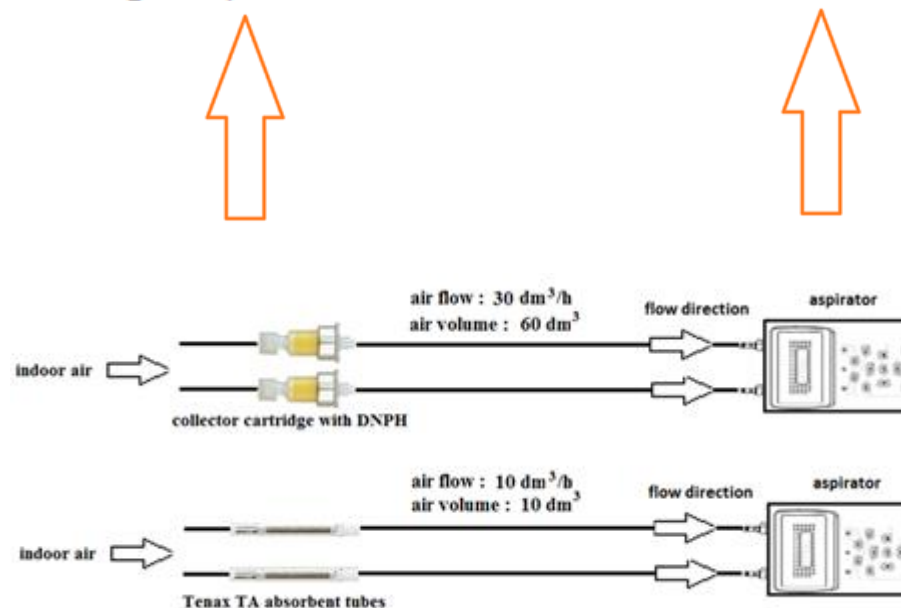
=> ISO 16000-9:2009

=> ISO 16000-6:2021

=> ISO 16000-3:2022

=> strategię poborów opisane w normach serii ISO 16000

=> procedury własne



Badania uwalniania substancji niebezpiecznych z wyrobów budowlanych



$0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$



$0,007 \text{ m}^2/\text{m}^3$



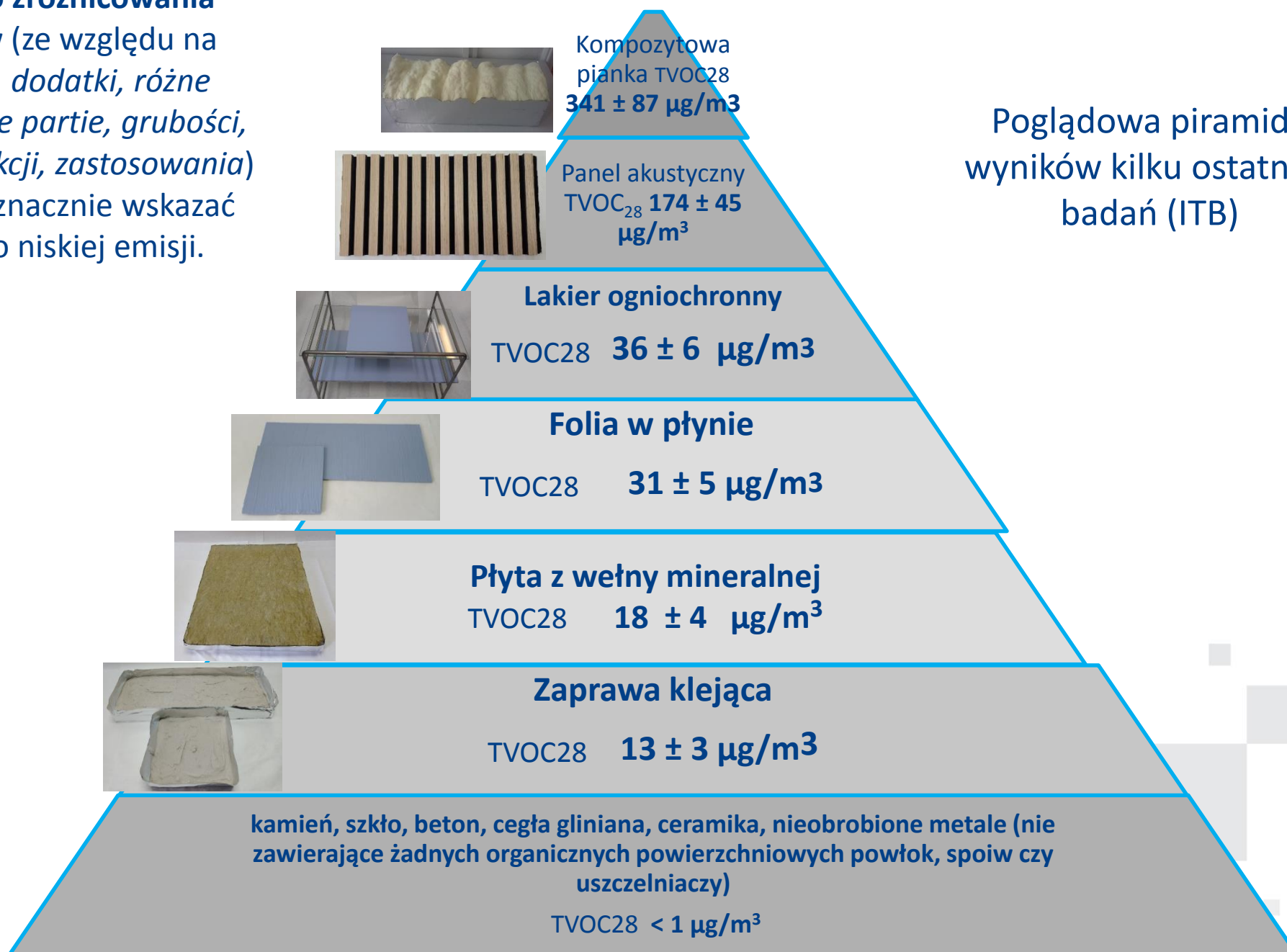
$1,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$

kubatury pomieszczenia
modelowego wg *PN-EN ISO*
EN 16516 + A1:2020



Z powodu braku kryteriów oraz **ogromnego zróżnicowania materiałów** (ze względu na zawartości, dodatki, różne gęstości, różne partie, grubości, czas od produkcji, zastosowania) ciężko jednoznacznie wskazać materiały o niskiej emisji.

Poglądowa piramida wyników kilku ostatnich badań (ITB)



Kleje montażowe do zastosowań wewnętrznych



Klasyfikacja klejów budowlanych w oparciu o Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 13 czerwca 2018 r. wraz z ilością przebadanych wyrobów.

Kozicki M.; Guzik K. **Comparison of VOC Emissions Produced by Different Types of Adhesives Based on Test Chambers.** *Materials* 2021, 14, 1924

Nazwa wyrobu		Emisja po 3 dniach [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Emisja po 28 dniach [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Nasylenie komory wyrobem (L) [m^2/m^3]	
Kleje montażowe do zastosowań wewnętrznych	Kleje do wyrobów posadzkowych i podłogowych KP	R 1	4184 ± 753	234 ± 42	0,4
		R 2	675 ± 122	199 ± 36	
		PUR 1	202 ± 36	< 2	
		PUR 2	80 ± 14	< 2	
		PUR 3	760 ± 114	22 ± 3	
		SR 1	482 ± 72	71 ± 11	
		DA 1	2253 ± 406	1211 ± 218	
		DA 2	1047 ± 189	119 ± 21	
		C 1	40 ± 6	21 ± 3	
		C 2	24 ± 4	< 2	
	Kleje do ścian i sufitów KS	MC 1	59 ± 9	18 ± 3	1,0
		MC 2	51 ± 8	11 ± 2	
		MC 3	72 ± 11	34 ± 5	
		MC 4	65 ± 10	< 2	
		MC 5	61 ± 9	44 ± 7	
		MC 6	19 ± 3	< 2	
	Kleje wykończeniowe KW	R 3	1490 ± 268	428 ± 77	0,05
		R 4	1455 ± 261	459 ± 82	
		R 5	673 ± 101	166 ± 25	
		PH 1	126 ± 19	2 ± 1	
		PH 2	233 ± 35	51 ± 8	
		PH 3	611 ± 92	36 ± 5	
		SR 2	109 ± 16	42 ± 6	
		DA 3	55 ± 8	21 ± 3	
DA 4	27 ± 4	14 ± 2			

Zastosowanie

KP - kleje do wyrobów posadzkowych i podłogowych
 KS - kleje do wykończenia ścian i sufitów
 KW - kleje wykończeniowe (podklejanie krawędzi, płytek, luster)

Baza chemiczna

R - rozpuszczalnikowe
 PUR - poliuretanowe
 SR - żywice syntetyczne
 DA - dyspersja akrylowa
 C - cement
 MC - metyloceluloza
 PH – hybrydowe

Kleje montażowe do zastosowań wewnętrznych



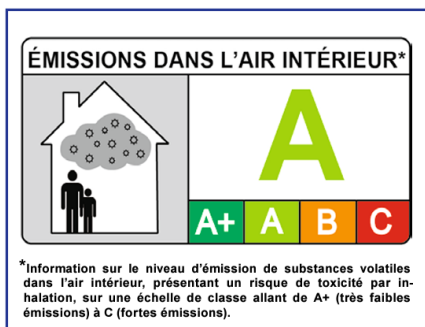
Baza chemiczna		Nazwa wyrobu	q _A po 3 dniach [μg/m ² ·h]	Wartości średnie		q _A po 28 dniach [μg/m ² ·h]	Wartości średnie		Nasylenie komory wyrobem (L) [m ² /m ³]	
Kleje rozpuszczalnikowe (R)		R 1	5230	3037	8451	293	271	2214	0,4	
		R 2	844			249			0,4	
		R 3	14900	12060		4280	3510		0,05	
		R 4	14550			4590			0,05	
		R 5	6730			1660			0,05	
Kleje polimerowe (P)	Kleje poliuretanowe (PUR)	PUR 1	253	434	434	< 1	10	10	0,4	
		PUR 2	100			< 1			0,4	
		PUR 3	950			28			0,4	
	Kleje polimerowe hybrydowe (PH)	PH 1	1260	3233	3233	20	297	297	0,05	
		PH 2	2330			510			0,05	
		PH 3	6110			360			0,05	
	Kleje na bazie żywic syntetycznych (SR)	SR 1	603	603	1096	89	89	58	0,4	
		SR 2	1589	1589		26			0,05	
		Kleje na bazie dyspersji akrylowej (DA)	DA 1	2816	2062	1236	1514	832	504	0,4
			DA 2	1309			149			0,4
	DA 3		550	410	210		175	0,05		
	DA 4		270		140			0,05		
Kleje na bazie dyspersji wodnej (DW)	Kleje na bazie metylocelulozy (MC)	MC 1	30	28	28	9	9	9	1	
		MC 2	26			6			1	
		MC 3	36			17			1	
		MC 4	33			< 1			1	
		MC 5	31			22			1	
		MC 6	10			< 1			1	
	Kleje na bazie cementu (C)	C 1	50	40	40	26	13	13	0,4	
		C 2	30			< 1			0,4	

Nie nazwa
Nie zastosowanie
A skład chemiczny
(nie zawsze znany)

Kozicki M.; Guzik K. Comparison of VOC Emissions Produced by Different Types of Adhesives Based on Test Chambers. *Materials* 2021, 14, 1924

Pomimo wielu udanych wdrożeń klasyfikacji na szczeblach krajowych (Niemcy, Francja, Belgia), jak dotąd nie osiągnięto wspólnego porozumienia dot. klasyfikacji europejskiej do oceny wyrobów budowlanych objętych zharmonizowanymi specyfikacjami technicznymi.

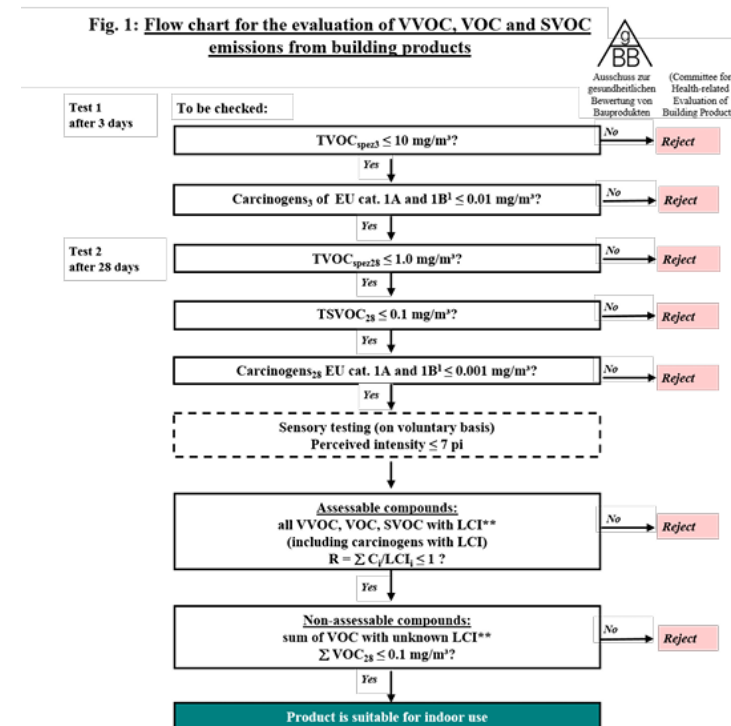
Brak polskiej klasyfikacji



Compulsory French VOC label

niecو odmienne podejścia do parametrów oceny

Classes	C	B	A	A+
TVOC	>2,000	<2,000	<1,500	<1,000
Formaldehyde	>120	<120	<60	<10
Acetaldehyde	>400	<400	<300	<200
Toluene	>600	<600	<450	<300
Tetrachloroethylene	>500	<500	<350	<250
Xylene	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Trimethylbenzene	>2,000	<2,000	<1,500	<1,000
1,4-Dichlorobenzene	>120	<120	<90	<60
Ethylbenzene	>1,500	<1,500	<1,000	<750
2-Butoxyethanol	>2,000	<2,000	<1,500	<1,000
Styrene	>500	<500	<350	<250



* VVOC: retention range < C6, VOC, TVOC: retention range C6 – C16, SVOC: retention range C16 – C22
Emission chamber testing according to EN 16516:2018-01

** LCI: Lowest Concentration of Interest (German: NIK)

1 Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 Appendix VI Table 3.1, see notes in the text <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/committee-for-health-related-evaluation-of-building>

**Załącznik krajowy dla normy *Charakterystyka energetyczna budynków*
Wentylacja budynków PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03
 dot. krajowych kryteriów zalecanych dla środowiska wewnętrznego**

Wskaźnik emisji	Produkty niskoemisyjne	Produkty o bardzo niskiej emisji
Suma LZO	< 1 000 µg/m ³	< 300 µg/m ³
Formaldehyd	< 100 µg/m ³	< 30 µg/m ³
Suma LZO klasyfikowanych jako kancerogenne kat. 1A i/lub 1B	< 1 µg/m ³	< 1 µg/m ³
Pojedyncze LZO [µg/m ³]	≤ EU-LCI	

po 28 dniach od rozpoczęcia badania

odnosi się do normy EN 16516 ; załącznik H tej normy podaje listę 40 kancerogennych VOC kategorii 1A i 1B powołując się na Regulation (EC) No 1272/2008 (Annex VI Part 3)

Czym są wartości UE-LCI ?



LCI - *lowest concentration of interest* - najniższe stężenie znaczące substancji [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

W raporcie Europejskiego Trybunału Obrachunkowego (ECA report No 29) zdefiniowano LCI jako „**wartości oparte na zdrowiu stosowane do oceny emisji z pojedynczego produktu po 28 dniach podczas procedury w laboratoryjnej komorze badawczej**” (zgodnie z definicją zawartą w normie EN 16516).

Dla każdego LCI przygotowywany jest **arkusz informacyjny** zawierający informacje ogólne, bazę danych toksykologicznych dla konkretnej substancji z różnych źródeł literaturowych, informacje w jaki sposób je oceniono i jakie ostatecznie względy leżą u podstaw wyprowadzonego danego LCI.

Nowe wartości są stale umieszczane na liście LCI przez Podgrupę UE ds. Wartości EU-LCI. Lista jest aktualizowana na bieżąco, przynajmniej raz do roku. Obecnie posiada ok. 180 pozycji.

Efekt połączonego oddziaływania w mieszaninie

Wartość LCI_i dla pojedynczej substancji o stężeniu C_i zastosowano do obliczenia współczynnika charakteryzującego **ryzyko narażenia** na toksyczne działanie R_i .

$$R_i = C_i / LCI_i$$

$$R = \sum R_i = \sum (C_i / LCI_i) \leq 1$$

gdzie:

R_i – współczynnik charakteryzujący ryzyko narażenia na toksyczne działanie pojedynczej substancji,

R – suma składowych współczynnika R_i ,

C_i – stężenie substancji w komorze laboratoryjnej [$\mu\text{g}/\text{m}^3$],

LCI_i – najniższe stężenie znaczące substancji [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Kryterium odnosi się do oceny emisji po 28 dniach od rozpoczęcia badania.

Jeżeli suma wszystkich pojedynczych współczynników ryzyka (R) przekracza wartość 1, przewiduje się wystąpienie niekorzystnych skutków, dla których dokonywana jest ocena.

Wielkość wartości R wskazuje poziom ryzyka, tj. im większa wartość R , tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia niekorzystnego wpływu na zdrowie ludzkie w wyniku jednoczesnego narażenia na kilka LZO.

Przyszłość – propozycje dot. klasyfikacji emisji LZO z wyrobów budowlanych



Aktualna koncepcja UE dot. harmonizacji klas emisji zakłada, że:

- ▶ klasy LZO powinny być zgodne z wysokim poziomem ochrony wszystkich użytkowników budynku
- ▶ należy zastosować ocenę informacyjną w postaci piktogramu ze skalą kolorów dla konsumentów
- ▶ klasy emisji LZO odwołuje się do normy horyzontalnej EN 16516 jako metody testowania
- ▶ klasy emisji powinny wykorzystywać co najmniej następujące charakterystyki, które można otrzymać z pomiarów w komorze :
 - suma wszystkich odpowiednich współczynników EU-LCI (wartość R)
 - stężenie rakotwórczych, mutagennych i działających szkodliwie na rozrodczość LZO (kategoria 1A/B)
 - stężenie formaldehydu
 - całkowite stężenie TVOC (ze wskazaniem udziału TVOC bez EU-LCI)
- ▶ Klasy emisji LZO powinny zostać wprowadzone jak najszybciej (prace trwają od 2010 r.)

Table 1: Performance characteristics, performance levels and their minimum and maximum values

Category Performance characteristic	Abbr.	Cat. 0	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
Sum of EU-LCI ratios (R-value)	VOC	≤ 1.0	≤ 2.0	> 2	
CMR _{VOC}	CMR ¹²	≤ 1µg/m ³	> 1 µg/m ³		
Formaldehyde	F	≤ 10 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Limit of REACH Regulation	
TVOC	SUM	≤ 200 µg/m ³	≤ 500 µg/m ³	≤ 1000 µg/m ³	> 1000 µg/m ³
Index for TVOC (SUM)					
Sum of VOC without an LCI (incl. substances from C6 to C22)	Index A, B or C	≤ 100 µg/m ³	≤ 200 µg/m ³	> 200 µg/m ³	



W deklaracjach właściwości użytkowych należy przedstawić indywidualne wyniki (liczbowe) czterech charakterystyk użytkowych.

Dla każdej charakterystyki użytkowej, kategorie będą definiowane za pomocą wartości liczbowych.

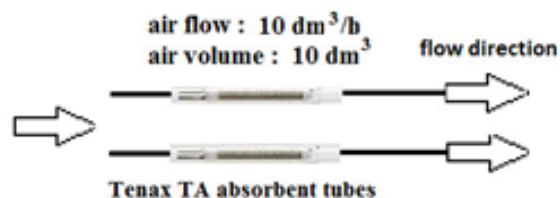
Kombinacja kategorii dla tych czterech charakterystyk użytkowych ma umożliwić zdefiniowanie klasy jakości powietrza w pomieszczeniach w odniesieniu do emisji LZO.

Figure 10: Combining performance levels and deriving indoor air classes (IA).

Performance characteristic	VOC			CMR _{VOC}		Formaldehyde				TVOC			
	0	1	2	0	1	0	1	2	3	0	1	2	3
Category Indoor air	0	1	2	0	1	0	1	2	3	0	1	2	3
IA 0	Green			Green		Green				Green			
IA 1	Light Green			Light Green		Light Green	Light Green			Light Green	Light Green		
IA 2	Yellow			Yellow		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	
IA 3	Orange	Orange		Orange		Orange	Orange	Orange		Orange	Orange	Orange	
IA 4	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink

Przełożenie na informacje z kodem kolorystycznym zrozumiałe dla mniej doświadczonych użytkowników, w tym konsumentów.

Emisja z wyrobów budowlanych a LZO w powietrzu pomieszczeń zamkniętych



Istnieje wiele badań, symulacji i modeli, które mają na celu **powiązać dane dotyczące zmierzonych emisji LZO z rzeczywistą jakością powietrza w pomieszczeniach w „rzeczywistych warunkach”**.

Opracowane modele pomagają projektantom budynków w sprawdzaniu wpływu różnych wyrobów budowlanych na jakość powietrza w pomieszczeniach już na etapie projektowania budynków (BIM), w tym szczególnie systemów wentylacji.

Zakłada się całkowite wymieszanie LZO z wielu źródeł i uwzględnia **różne warunki wpływające na ich stężenia, takie jak temperatura, wilgotność czy ilości wymian / rodzaj wentylacji**.

Załącznik krajowy dla normy *Charakterystyka energetyczna budynków* *Wentylacja budynków* PN-EN 16798-1:2019-06/Ap2:2023-03 dot. krajowych kryteriów zalecanych dla środowiska wewnętrznego



Tablica NA.21 – Zalecane wartości zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach

Nazwa substancji [numer CAS]	Zalecana wartość dopuszczalna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Alkohol butylowy [71-36-3]	300
Cykloheksan [110-82-7]	250
Cykloheksanon [108-94-1]	40
Dichlorobenzeny [541-73-1, 95-50-1, 106-46-7]	30
Etylobenzen [100-41-4]	100
Fenol [108-95-2]	20
Formaldehyd [50-00-0]	50
Glikol etylenowy [107-21-1]	15
Ksylen – mieszanina izomerów [1330-20-7]	100
Naftalen [91-20-3]	10
Octan butylu [123-86-4]	100
Styren [100-42-5]	20
Toluen [108-88-3]	200

Suma lotnych związków organicznych (suma LZO) **nie powinna przekraczać wartości $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przy jednoczesnym warunku, że żadna z wielkości określonych w Tablicy NA.21 nie przekracza wartości dopuszczalnych.**

W przypadku szczególnego zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniu należy dostosować strumień powietrza wentylacyjnego w celu rozcieńczenia zanieczyszczeń oraz rozważyć zastosowanie dodatkowych strategii oczyszczania powietrza.

Wartości z certyfikacji BREEAM

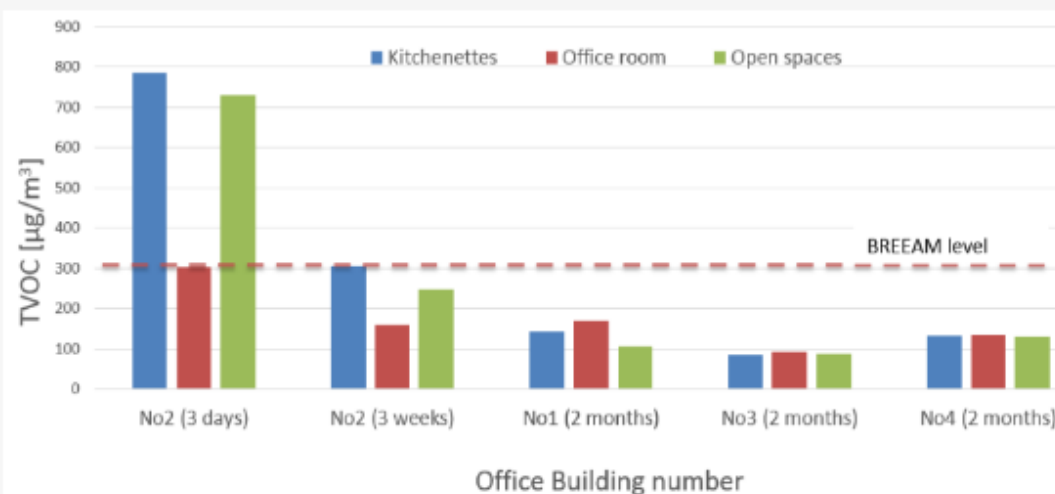


Table 5. Concentration allowed by BREEAM code in the office air (and also suggested by Reference [27]).

Parameter	Concentration Allowed [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Formaldehyde	100
TVOC	300

Piasecki, M.; Kozicki, M.; Firląg, S.; Goljan, A.; Kostyrko, K. The Approach of Including TVOCs Concentration in the Indoor Environmental Quality Model (IEQ)—Case Studies of BREEAM Certified Office Buildings. *Sustainability* **2018**, *10*, 3902

Figure 4. Mean TVOC concentrations obtained for the different types of workplace in 4 analyzed office buildings (No 2—air samples were collected 3 days and 3 weeks after finishing works; for building No 1, 3 and 4—air samples were collected 2 months after finishing works at pre-occupancy stage). Level required by BREEAM system (red dotted line).



Pomieszczenia użytkowane - przykłady

	Stężenie związków w powietrzu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ¹⁾					
	11.05	12.28	14.32	kuchnia	open space p.10	open space p.13
TVOC (w przeliczeniu na toluen)	45 ± 12	29 ± 8	119 ± 31	54 ± 14	27 ± 7	53 ± 14

	Stężenie związków w powietrzu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ¹⁾										
	15	58	60	97	garderoba	101	106	116	118	242	kawiarenka
TVOC (w przeliczeniu na toluen)	67 ± 17	164 ± 43	424 ± 110	58 ± 15	42 ± 11	44 ± 11	94 ± 24	65 ± 17	48 ± 12	83 ± 22	218 ± 57

Lp. (wg ZMZiOS)	Nazwa substancji	Dopuszczalne stężenie pomieszczenia kategorii B, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-LCI (Lowest Concentration of Interest), $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Iloraz ZMZiOS/LCI
6	Butylowy alkohol	300	3000	0,10
10	Cykloheksan	250	6000	0,04
11	Cykloheksanon	100	410	0,24
12	Dichlorobenzen	50	150	0,33
13	Etylobenzen	150	850	0,18
14	Fenol	50	70	0,71
15	Formaldehyd	100	100	1,00
18	Glikol etylenowy	50	3400	0,01
20	Ksylen	150	500	0,30
23	Naftalen	150	10	15,00
24	Octan butylu	150	4800	0,03
30	Styren	30	250	0,12
32	Toluen	250	2900	0,09

Tabela 6. Porównanie stężeń zanieczyszczeń powietrza wg EU-LCI [1] oraz wg zarządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej dla pomieszczeń kategorii B [29]

Podkreśla się, że wartości EU-LCI nie należy uważać za wytyczne dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach, lecz należy je stosować **wyłącznie** w kontekście badania emisji materiałów.

J. Sowa Higieniczne podstawy wentylacji – ewolucja poglądów w Polsce ; Rynek Instalacyjny ; 2022 ; 1-2 ; 52-58

Emisje z materiałów szybko i zazwyczaj wykładniczo spadają w czasie i przede wszystkim ulegają rozrzedzeniu w powietrzu pomieszczenia (np. wentylacja mechaniczna, wietrzenie, nieszczelności, nawiewniki, otwieranie drzwi, ciągi komunikacyjne), więc nie możemy powiększać dopuszczalnych stężeń w powietrzu np. o rząd wielkości, ponieważ byłoby to niebezpieczne dla użytkowników pomieszczeń.



Dziękuję za uwagę !