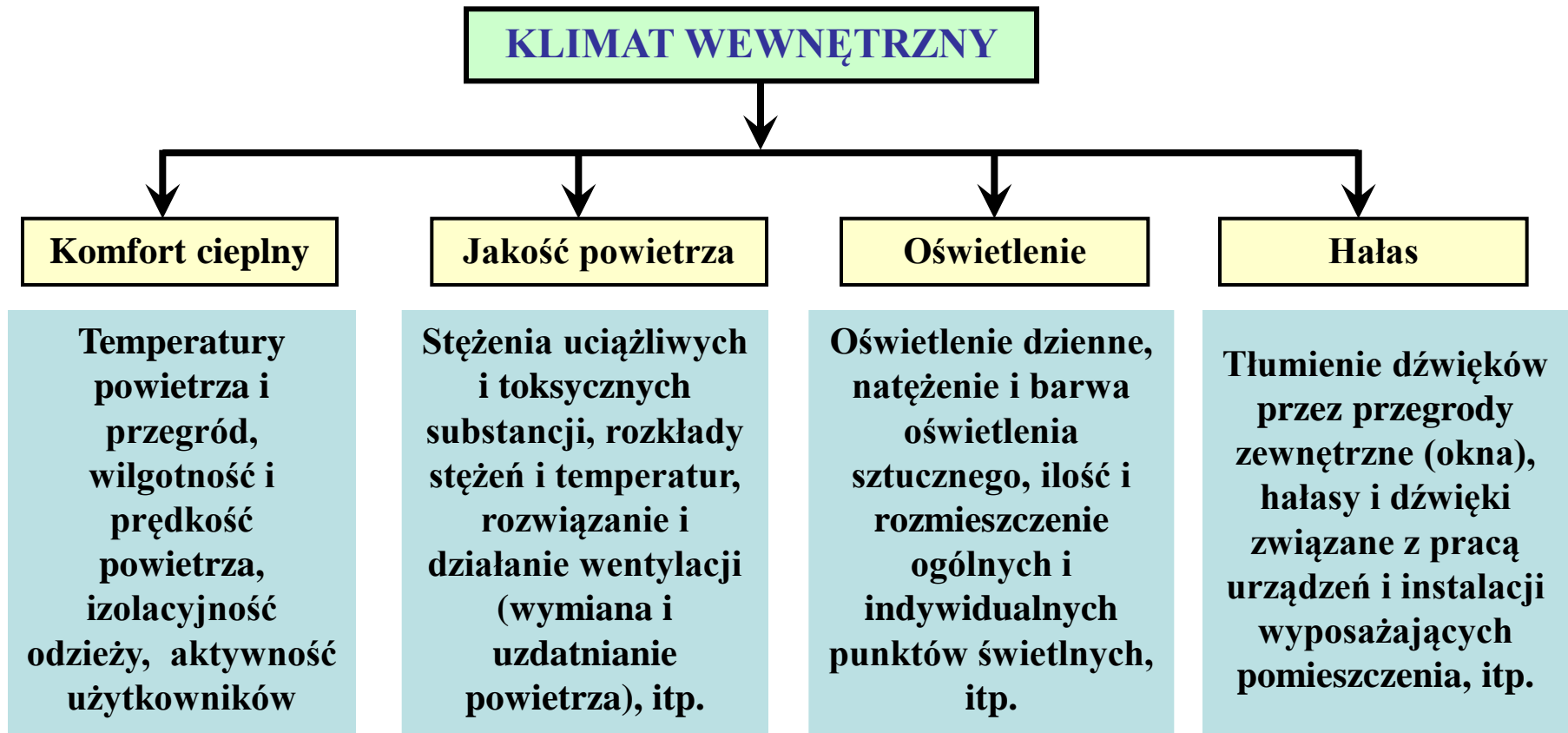


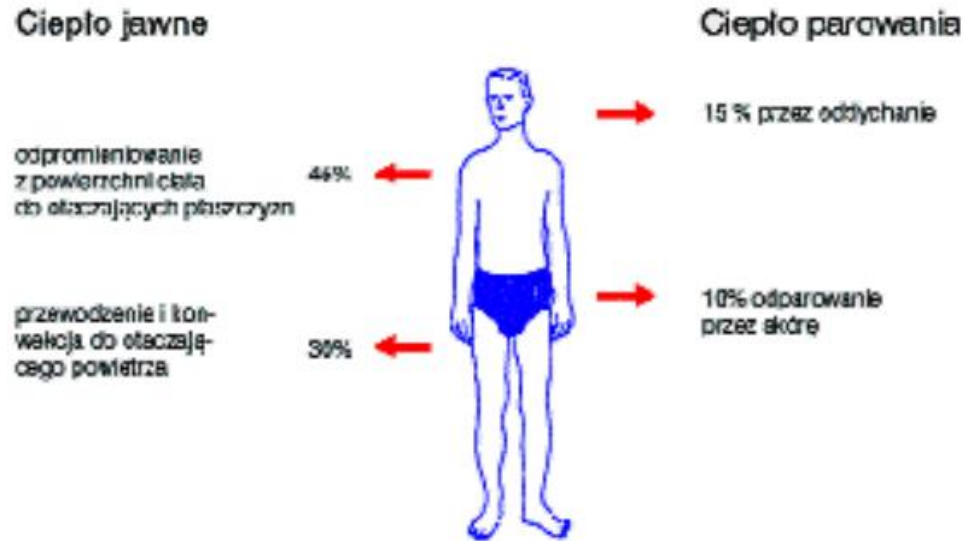
# KLIMAT WEWNĘTRZNY

Na pojęcie klimatu wewnętrznego składa się szereg parametrów powietrza, przy czym ich odczuwanie ma związek z dużą ilością czynników praktycznie niemierzalnych. **To właśnie tego typu czynniki o charakterze subiektywnym mają często decydujące znaczenie dla wynikowych odczuć użytkowników**



# Komfort cieplny

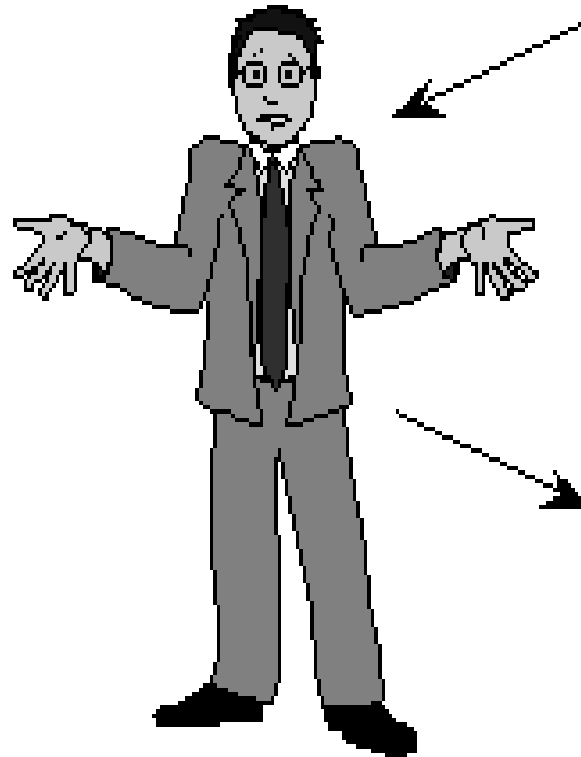
W celu utrzymania stałej temperatury wewnętrznej w organizmie powinna być zachowywana równowaga między produkcją a utratą ciepła. Jeżeli suma energii wyprodukowanej (metabolizm) i energii uzyskanej ze środowiska nie równoważą utraty energii wówczas nadwyżkowe ciepło jest gromadzone w organizmie lub tracone do środowiska



Jednostką izolacyjności cieplnej jest *clo-value* (**clothing insulation**); 1 clo jest to opór przewodzenia ciepła od skóry do zewnętrznej powierzchni odzieży równy  $0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Wpływy od:

- Izolacyjności odzieży
- Wiek
- Rodzaju czynności
- Temperatury promieniowania
- Wilgotności względnej



### Dopływ ciepła:

- Metabolizm
- Żywność
- Oddychanie
- Środowisko

### Odpływ ciepła:

- Przewodzenie (niewiele)
- Promieniowanie
- Odparowanie wilgoci

**Ogólnie - w zakresie wewnętrznych temperatur powietrza +18÷24°C większość użytkowników odczuwa pozytywnie stan komfortu cieplnego, przy czym uzależnione jest to także od bilansu cieplnego organizmu oraz jego indywidualnych cech, izolacyjności odzieży, rodzaju wykonywanych czynności - aktywności organizmu**

W rozważaniach dotyczących komfortu cieplnego **nie sposób pominąć rolę odzieży**, która stanowi barierę pomiędzy powierzchnią skóry a otoczeniem, która oddziałuje na wymianę ciepła przez konwekcję i promieniowanie, jak i na wymianę ciepła przez odparowywanie stale wydzielonego potu

CZĘŚĆ ODZIEŻY	$I_{cl}$	
	$[m^2 \cdot ^\circ C / W]$	$[clo]$
Rajstopy	0,002	0,01
Skarpety: - lekkie	0,005	0,03
- grube	0,006	0,04
Bielizna: - biustonosz i majtki	0,008	0,05
- figi	0,020	0,13
- slipy	0,029	0,19
- majtki	0,008	0,05
- podkoszulka	0,009	0,06
Koszula: - z otwartym kołnierzykiem i krótkimi rękawami	0,014	0,09
- lekka z krótkimi rękawami	0,031	0,20
- lekka z długimi rękawami	0,043	0,28
- gruba z krótkimi rękawami	0,039	0,25
Spódnica: - ciepła	0,034	0,22
Sukienka: - lekka	0,026	0,17
- gruba	0,098	0,63
Sweter: - lekki z krótkimi rękawami	0,026	0,17
- gruby z krótkimi rękawami	0,057	0,37
Marynarka: - gruba	0,076	0,49
Spodnie: - lekkie	0,040	0,26
- średnie	0,050	0,32
- grube	0,068	0,44
Obuwie: - lekkie	0,006	0,04

**Oporność indywidualną (cieplną) różnych części odzieży ocenia się wg tablic Fangera, natomiast oporność całkowitą dla całego zastawu odzieży oblicza się ze wzoru**

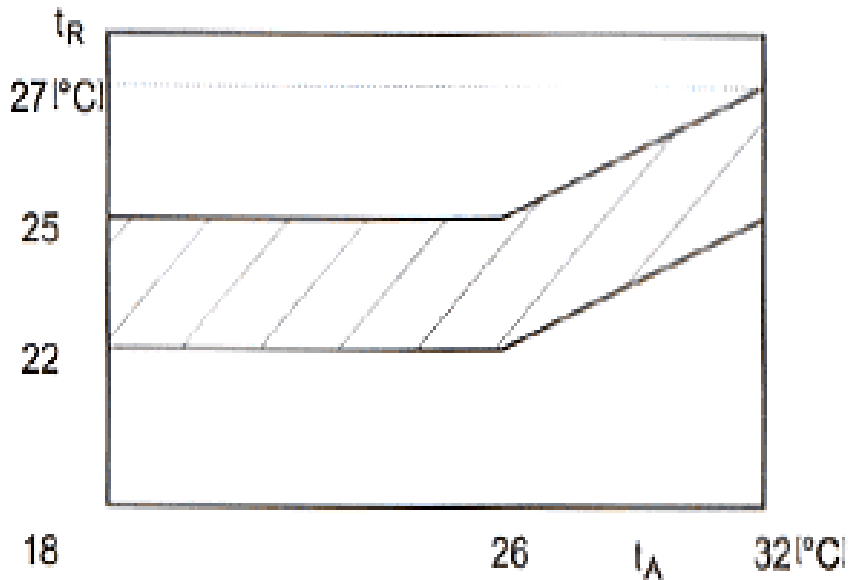
$$I_{cl} = 0.75 \sum I_{cli} + c$$

$$c = 0.12 m^2 \cdot ^\circ C / W = 0.08 clo$$

Kolejnym parametrem, od którego zależy komfort cieplny jest **aktywność fizyczna**, która stanowi podstawę do częściowego wyznaczenia dopuszczalnej prędkości i temperatury powietrza w pomieszczeniu. Ogólnie rozróżnia się **pracę lekką** (*strata energii do 200W*) – praca w pozycji siedzącej, stojącej lub związana z chodzeniem, **średnio ciężką** (*strata energii 200-300W*) – praca związana ze stałym chodzeniem, przenoszeniem niewielkich ciężarów (do 10 kg) i wykonywana w pozycji stojącej oraz **ciężką** (*strata energii powyżej 300 W*) – praca związana ze stałym wysiłkiem fizycznym, a także ze stałym przesuwaniami i przenoszeniem znacznych ciężarów powyżej 10kg.

Jednostką aktywności jest 1 met, który oznacza wytwarzanie ciepła metabolicznego w ilości 58W/m<sup>2</sup>

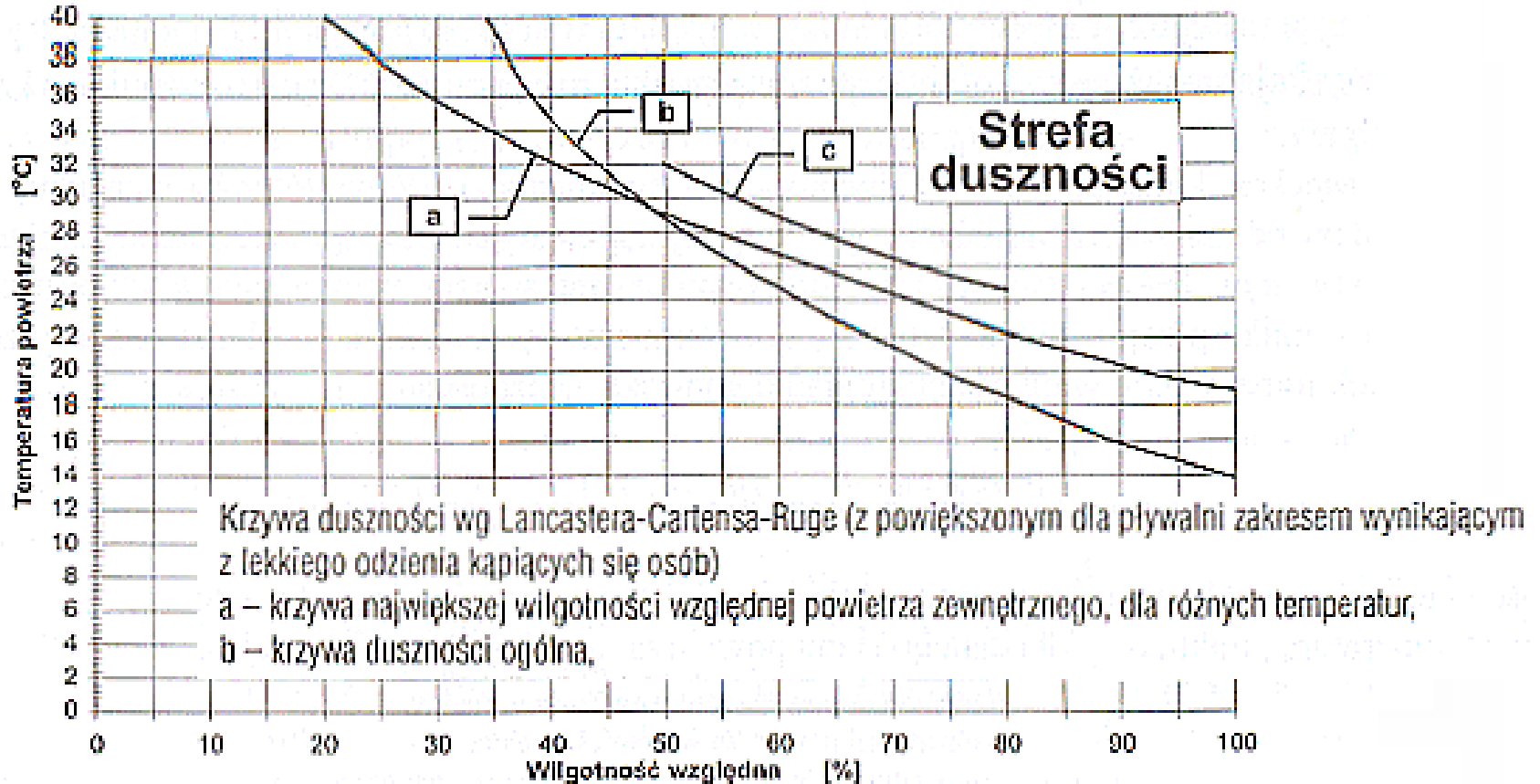
<b>AKTYWNOŚĆ</b>	<b>Wytwarzanie energii metabolicznej</b>	
	<b>W/m<sup>2</sup></b>	<b>met</b>
Wypoczynek w pozycji: pólleżącej/siedzącej/stojącej	46/58/70	0,8/1,0/1,2
Aktywność niewielka w pozycji siedzącej (biuro, mieszkanie, szkoła, laboratorium)	70	1,2
Aktywność niewielka w pozycji stojącej (zakupy, laboratorium, praca w przemyśle lekkim)	93	1,6
Aktywność średnia w pozycji stojącej (praca sprzedawcy, praca w domu, przy maszynie)	116	2,0
Aktywność duża (ciężka praca przy maszynie, praca w warsztacie samochodowym)	174	3,0



**Zakres dopuszczalnych zmian temperatury  $t_R$  w zależności od temperatury zewnętrznej  $t_A$**

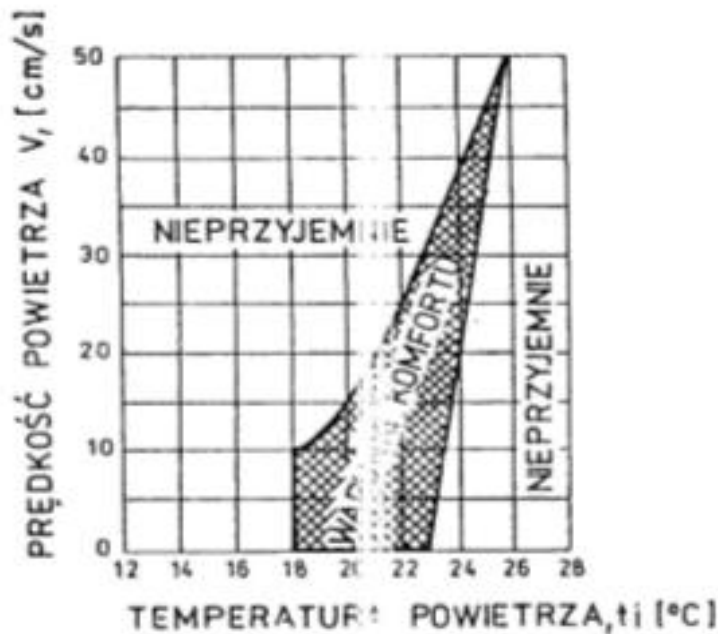
**Temperatura powietrza w pomieszczeniu**, a także jej rozkład jest bardzo istotnym parametrem charakteryzującym warunki komfortu cieplnego. Aby odczucie człowieka względem temperatury było przyjemne powinny one wynosić *22÷25°C lub 23÷25°C ±1,5°C (okres zimowy) oraz 20÷22°C lub 21÷22°C ±1,5°C (okres letni)*

**Wilgotność względna** w pomieszczeniu jest bardzo istotnym parametrem charakteryzującym warunki komfortu cieplnego, szczególnie w połączeniu z temperaturą w pomieszczeniu (pojęcie duszności).



Aby odczucie wilgotności było przyjemne powinna ona wynosić **30÷60% lub 50±10% (latem) oraz 40÷70% lub 45±10% (zimą)**

**Prędkość ruchu powietrza** wewnątrz pomieszczenia wywiera znaczny wpływ na samopoczucie przebywających w nim ludzi. Przy niskiej temperaturze już nieznaczne prędkości powietrza są odczuwalne jako przykre, natomiast przy wysokiej temperaturze wyczuwalne prędkości powietrza sprawiają wrażenie przyjemne

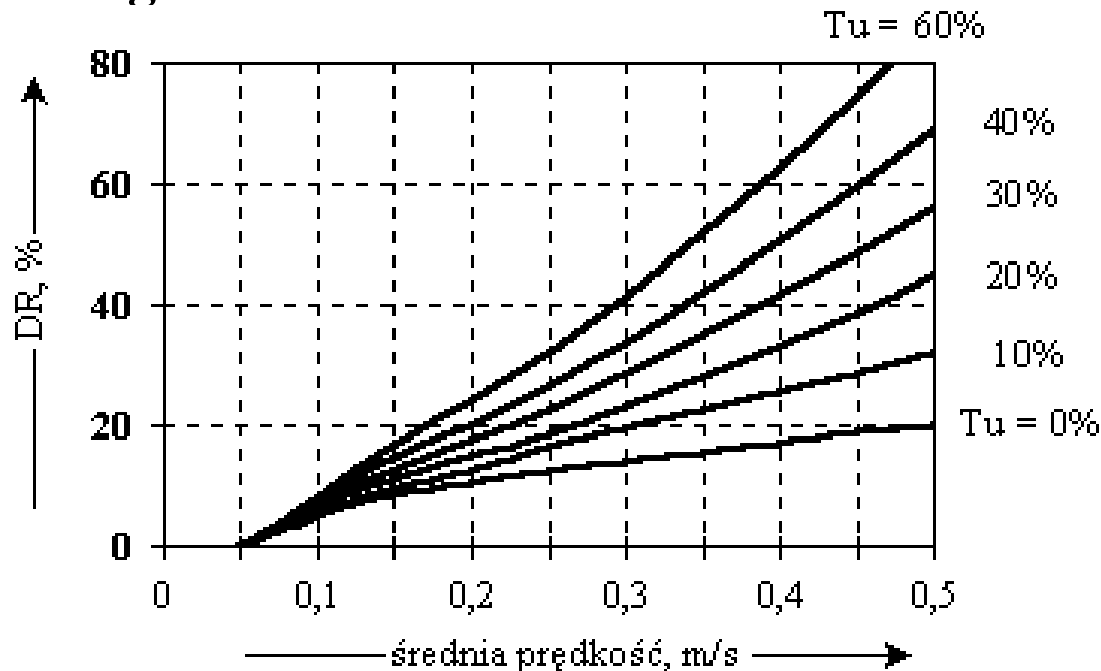


W pomieszczeniach wentylowanych ruch powietrza jest często turbulentny i występują fluktuacje prędkości, co oczywiście wpływa niekorzystnie na organizm człowieka. Dlatego też należy utrzymywać *prędkość powietrza w pomieszczeniach powinna wynosić 0,1÷0,5m/s (latem) oraz 0,1÷0,3m/s (zimą)*

**Istotny wpływ na odczucie komfortu cieplnego człowieka ma również wyposażenie pomieszczenia i niezbędne instalacje wewnętrzne w pomieszczeniu. Każda osoba przebywająca w pomieszczeniu odbiera w sposób indywidualny odczucia związane z komfortem cieplnym**



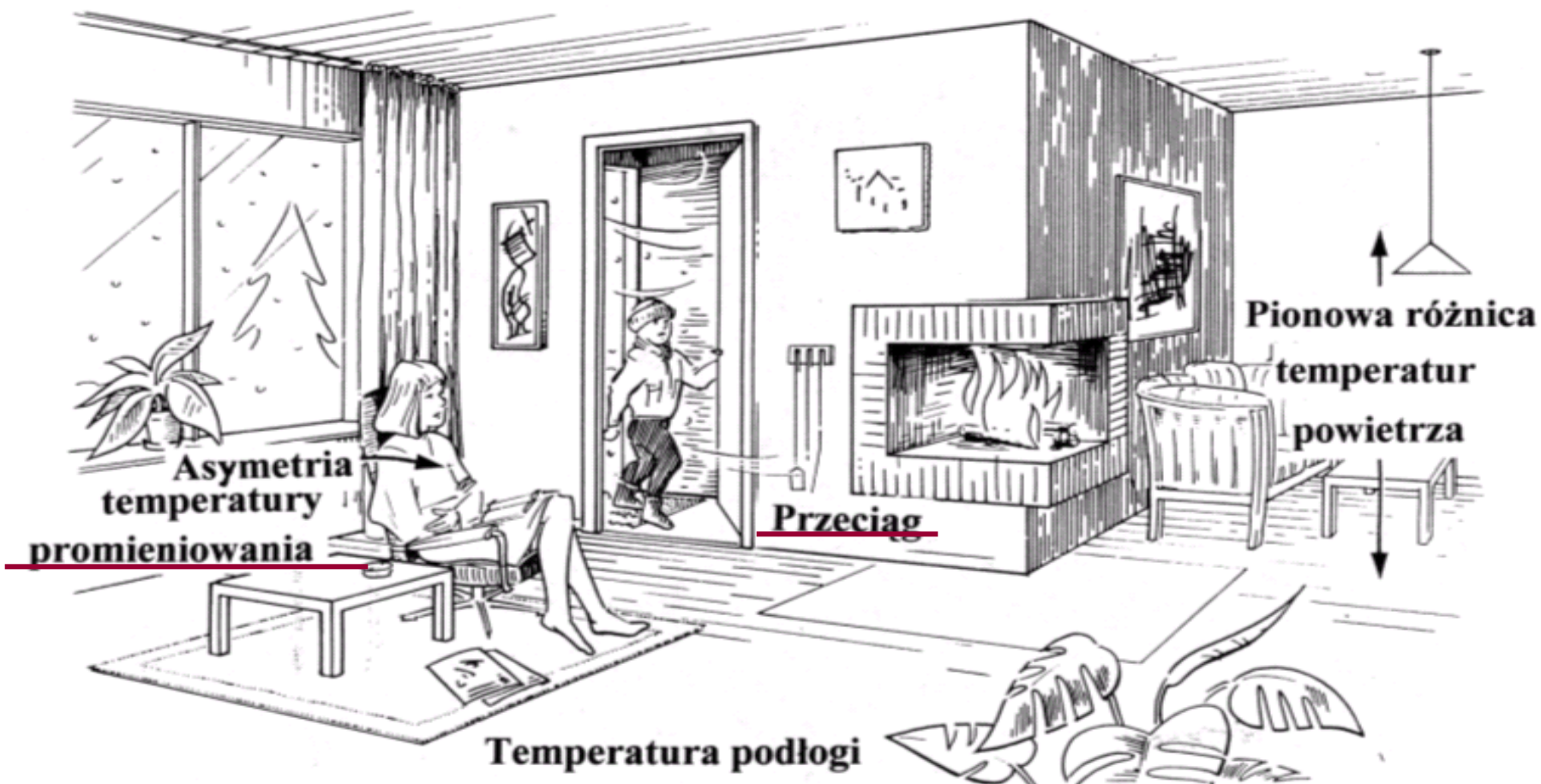
Decydujące znaczenie dla omawianych odczuć ma wystąpienie tzw. **przeciągu**. Jest on definiowany jako niepożądane lokalne ochłodzenie ciała przez ruch powietrza. Ryzyko jego wystąpienia zwiększa się wraz ze **wzrostem średniej prędkości powietrza i spadkiem jego temperatury**. Na jego występowanie wpływ ma także **intensywność turbulencji przepływu powietrza i widmo częstotliwości fluktuacji prędkości**. W celu oceny *przeciągu* wyznacza się wartość odsetka ludzi niezadowolonych z przeciągu (DR - *Draught Rating/Draught Risk*) oraz wartości średniej prędkości powietrza dopuszczalnej dla wybranej kategorii komfortu



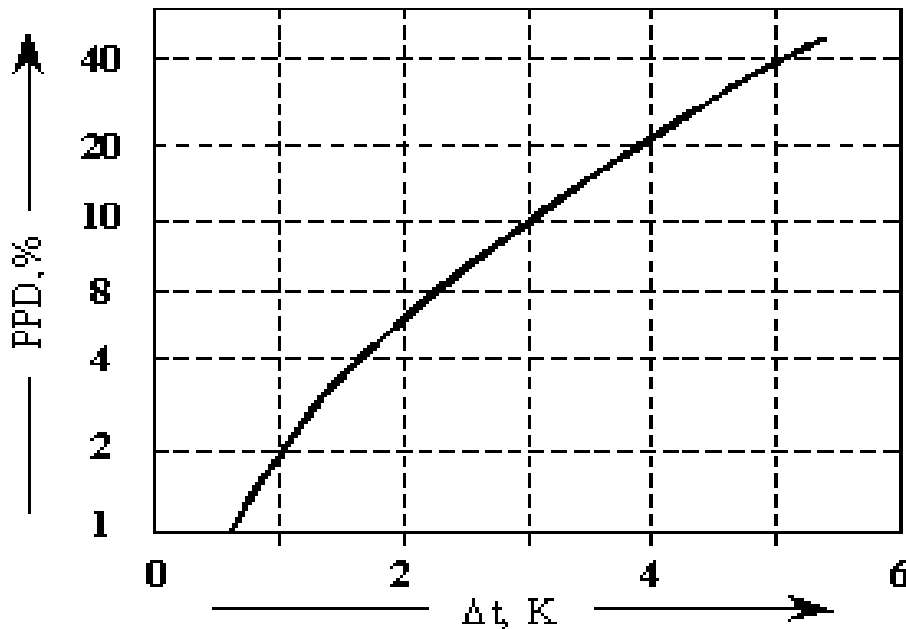
Odsetek ludzi niezadowolonych z przeciągu DR w funkcji średniej prędkości przepływu powietrza i lokalnej intensywności turbulencji ( $T_u$ ) dla temperatury powietrza  $t_i = +23^{\circ}\text{C}$

Pojęcie to wynika z uśrednienia odczuć różnych badanych grup ludzi, co nie stanowi żadnej przeszkody aby komfort cieplny w prywatnych pomieszczeniach każda osoba dostosowała do własnych potrzeb

## LOKALNY DYSKOMFORT CIEPLNY



✓ **Pionowe profile temperatury powietrza.** Decydujące znaczenie ma różnica temperatury pomiędzy poziomem kostek u nóg a poziomem głowy (szyi). W celu oceny pionowych gradientów temperatury wyznacza się wartość odsetka ludzi niezadowolonych PPD oraz dopuszczalną wartość różnicy temperatury powietrza  $\Delta t$  dla wprowadzonych kategorii środowiska termicznego. Poniżej przedstawiono charakter zmienności wskaźnika PPD w funkcji różnicy temperatur między temperaturami na poziomie głowy i stóp. Wskaźnik PPD mierzony jest na wysokościach 0,1 m i 1,1 m – w przypadku osób siedzących oraz 0,1 m i 1,7 m – w przypadku osób stojących



**Charakter przewidywanego odsetka osób niezadowolonych (PPD) z dyskomfortu spowodowanego różnicą temperatury powietrza pomiędzy głową a stopami ( $\Delta t$ ).**

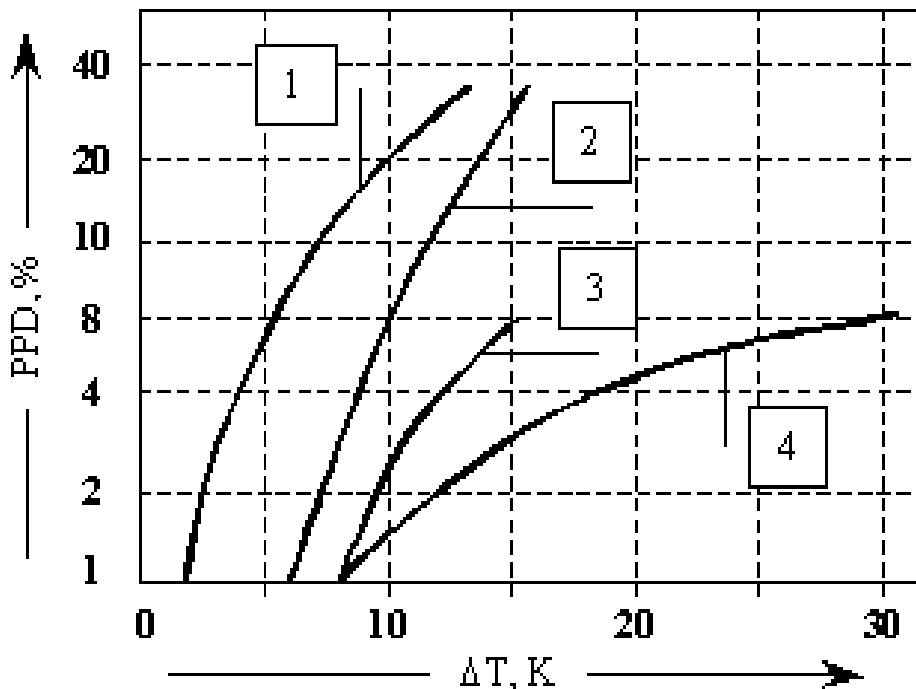
**zależności odsetka osób niezadowolonych (PPD) z cieplnego**

✓ **Ciepłe i zimne podłogi.** Zbyt niska lub zbyt wysoka temperatura powierzchni podłogi może powodować odczucie dyskomfortu cieplnego. Wyznacza się wartość odsetka ludzi niezadowolonych PPD i dopuszczalne wartości temperatury podłogi dla danej kategorii środowiska termicznego. Dopuszczalne zmiany temperatury podłogi wynoszą w pomieszczeniach kategorii A i B  $\rightarrow +19\div 29^{\circ}\text{C}$ , zaś w pomieszczeniach kategorii C  $\rightarrow +17\div 31^{\circ}\text{C}$ . W tabeli poniżej zestawiono przewidywany odsetek niezadowolonych PPD w zależności od temperatury powierzchni podłogi

<b>Temperatura powierzchni podłogi, <math>^{\circ}\text{C}</math></b>	<b>Przewidywany odsetek niezadowolonych PPD, %</b>	<b>Uwagi</b>
23÷24	6	Zakres optymalny
26	8	Maksymalna temperatura zalecana.
29	12	Maksymalna temperatura dopuszczalna (dla kategorii A i B).
31	17	Maksymalna temperatura dopuszczalna (dla kategorii C).

Zaleca się, aby temperatura podłogi nie przekraczała  $+26^{\circ}\text{C}$ . Dla osób spacerujących oraz siedzących (3-godz. Ekspozycji), temperatura w strefie stóp może wynosić nawet do  $29^{\circ}\text{C}$ , natomiast dla podłóg zimnych jako dolną granicę przyjęto  $17\div 19^{\circ}\text{C}$

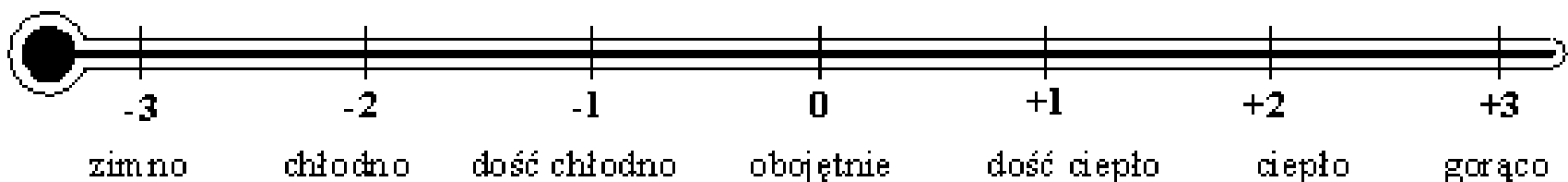
✓ **Asymetria temperatury promieniowania** to różnica między temperaturami promieniowania płaszczyzn ograniczających z przeciwnych stron mały, płaski element. W celu oceny asymetrii temperatury promieniowania wyznacza się wartość odsetka ludzi niezadowolonych PPD i dopuszczalną wartość asymetrii temperatury  $\Delta T$  dla danej kategorii środowiska termicznego. Jak widać z rys. dyskomfort powodować mogą głównie chłodne powierzchnie okien w zimie, ogrzewanie przez oświetlenie nad głową, a także krótkofalowe promieniowanie słoneczne przez nie zacięzione powierzchnie oszklone.



Charakter zmienności przewidywanego odsetka osób niezadowolonych (PPD) z dyskomfortu cieplnego spowodowanego asymetrią przepływu ciepła drogą promieniowania od ciepłego sufitu (1), zimnej ściany (2), zimnego sufitu (3) oraz ciepłej ściany (4)

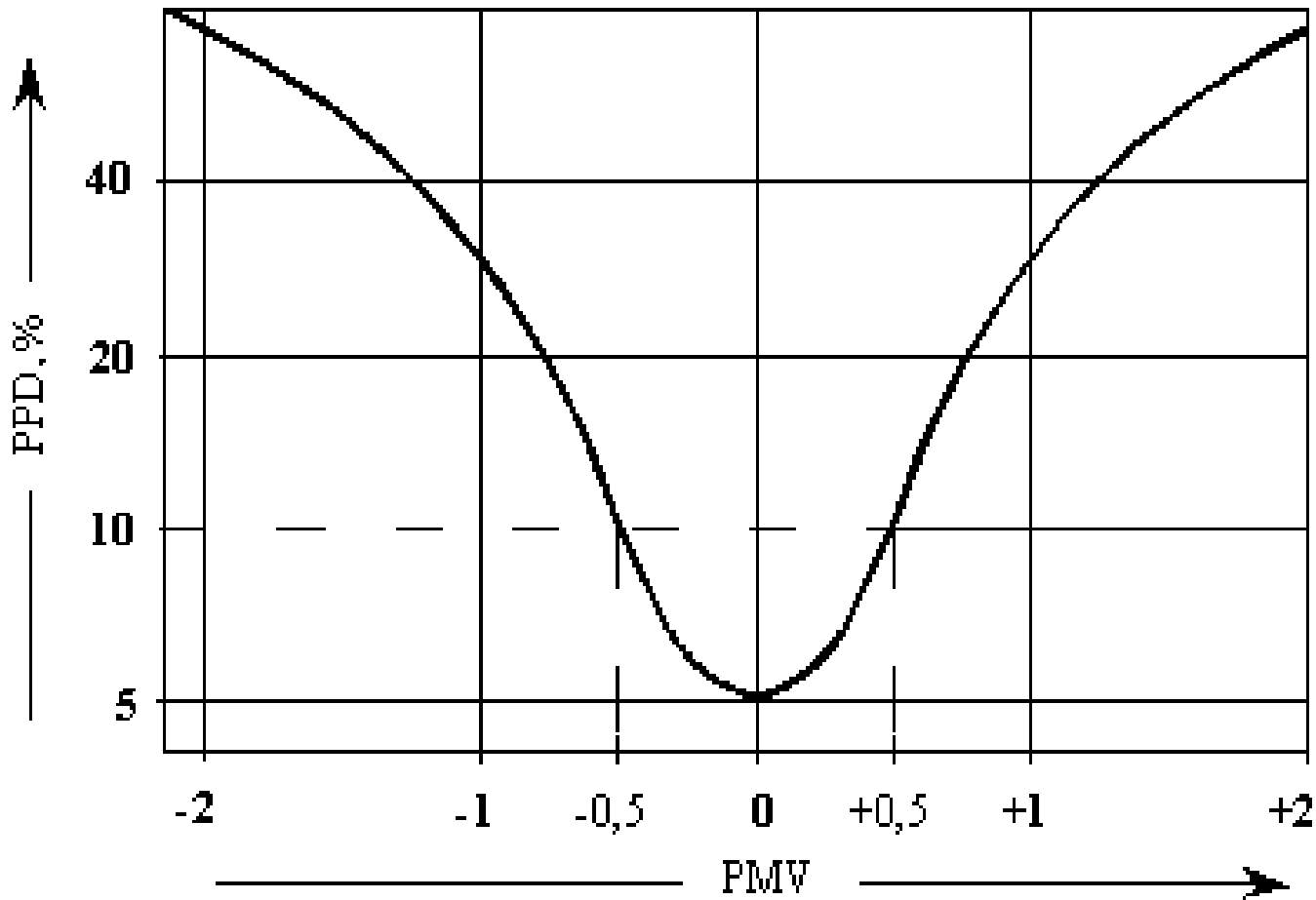
**Komfortem cieplnym** określa się stan, w którym człowiek nie czuje chłodu ani ciepła. W warunkach komfortu cieplnego bilans cieplny organizmu jest zrównoważony, a oddawanie ciepła odbywa się przez promieniowanie, konwekcję i pocenie niewyczuwalne oraz przez parowanie z dróg oddechowych

Dla oceny komfortu cieplnego, jako wielkości statystycznej, wprowadzono dwa wskaźniki wyrażające dyskomfort cieplny – PMV i PPD. Pierwszy z nich (PMV- *Predicted Mean Vote*) to wskaźnik przewidywanej średniej oceny. Przy danym metabolizmie wrażenia cieplne są funkcją obciążeń cieplnych organizmu, wyrażone różnicą między wydatkiem ciepła wytwarzanego w organizmie a stratami ciepła do otoczenia. Wrażenie cieplne można szacować za pomocą siedmiostopniowej skali ocen



Drugim wskaźnikiem opisującym stan komfortu cieplnego, będący prognozą liczby osób odczuwających jego brak, jest przewidywany odsetek niezadowolonych (PPD - *Predicted Percentage of Dissatisfied*). Wzajemne powiązanie pomiędzy oboma wskaźnikami będące zilustrowano poniżej

$$PPD = 1 - 95e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)}$$



# **Prawo do zdrowego powietrza**

## **(WHO, Bilthoven, Holandia 2000)**

- 1. *Zgodnie z zasadą prawa człowieka do zdrowia,* każdy człowiek ma prawo oddychać zdrowym powietrzem wewnętrznym**
- 2. *Zgodnie z zasadą poszanowania autonomii („samookreślenia”),* każdy człowiek ma prawo do odpowiedniej informacji na temat potencjalnych czynników szkodliwych, na działanie których jest narażony i do otrzymania skutecznych środków kontroli przynajmniej części tych oddziaływań w pomieszczeniach, w których przebywa**



3. ***Zgodnie z zasadą nieszkodzenia („niekrzywdzenia”),*** nie wolno wprowadzać do powietrza wewnętrznego żadnego środka o takim stężeniu, które narażałoby mieszkańców na ryzyko zdrowotne, a którego można uniknąć
  
4. ***Zgodnie z zasadą czynienia dobra,*** wszystkie jednostki, grupy i organizacje, które mają związek z budynkiem, zarówno prywatne, publiczne, jak i rządowe, są odpowiedzialne za promowanie takiej jakości powietrza, która jest do zaakceptowania przez mieszkańców lub za pracę na rzecz osiągnięcia takiej jakości
  
5. ***Zgodnie z zasadą sprawiedliwości społecznej,*** status społeczny i ekonomiczny mieszkańców nie powinien wpływać na ich dostęp do zdrowego powietrza wewnętrznego, ale status zdrowotny może określać specjalny rodzaj potrzeb dla pewnych grup

5. ***Zgodnie z zasadą odpowiedzialności***, wszystkie odnośne organizacje powinny ustanowić jasne kryteria szacowania i oceny jakości powietrza oraz jego wpływ na zdrowie populacji i na środowisko
6. ***Zgodnie z zasadą ostrożności***, tam gdzie istnieje ryzyko szkodliwego wpływu na powietrze wewnętrzne istniejąca niepewność nie powinna być wykorzystana jako powód do odkładania kosztownych środków do zapobiegania takiemu wpływowi
7. ***Zgodnie z zasadą „strona zanieczyszczająca płaci”***, strona zanieczyszczająca jest odpowiedzialna za wszelkie szkody zdrowotne i/lub materialne wynikające z niezdrowego oddziaływania powietrza wewnętrznego. Prócz tego strona zanieczyszczająca odpowiada za łagodzenie skutków i stosowanie środków zaradczych

**9. Zgodnie z zasadą trwałości, nie można oddzielać kwestii zdrowia od dbałości o środowisko, a zapewnienie zdrowego powietrza wewnętrznego nie powinno narażać na szwank globalnej lub lokalnej integralności ekologicznej lub praw przyszłego pokolenia (*klimatyzacja vs. freon i dziura ozonowa*)**

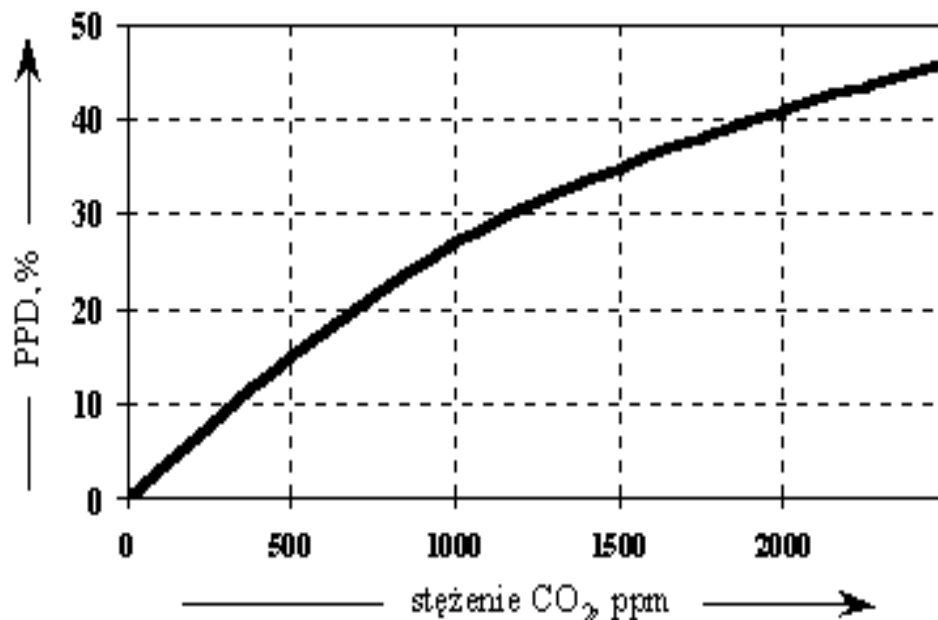
## **Przyczyny zwiększającego się zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach**

- wprowadzenie wielu materiałów budowlanych i meblarskich o nie w pełni rozpoznanych parametrach: fizycznych, chemicznych, biologicznych,
- stosowanie nowych układów funkcjonalnych i nowej wielkości mieszkań, nowych systemów ogrzewania i wentylacji,
- zmniejszenie wysokości pomieszczeń, zwiększenie liczby kondygnacji budynków
- zwiększające się zanieczyszczenie powietrza zewnętrznego

**Zanieczyszczenia powietrza** w pomieszczeniach mogą być różnego pochodzenia. Na **jakość powietrza** wpływają m.in. ludzie, syntetyczne materiały budowlane, dym tytoniowy, produkty spalania pochodzące z przygotowywania potraw, podgrzewania wody czy ogrzewania mieszkań, szczelność przegród budowlanych, a także powietrze zewnętrzne dostające się do pomieszczenia. **W pomieszczeniach źródłem emisji dwutlenku węgla są ludzie.** Jest on wydychany wraz z powietrzem z płuc w ilości zależnej od aktywności człowieka i diety. **Graniczna wartość stężenia, dla której zakłada się brak szkodliwego oddziaływania na organizm to 5000ppm (w pomieszczeniach pracy)**

Przy niższych stężeniach rzędu nie ma wprawdzie negatywnego oddziaływania na organizm, ale użytkownicy mogą odczuwać dyskomfort z powodu wrażenia zaduchu powietrza. **Dlatego też ogólnie proponuje się wartość dopuszczalną równą 1000ppm (lub 750ppm).** Stężenia wyższe niż 5000ppm stwarzają zagrożenia nie tylko zdrowia.

Na rys. poniżej przedstawiono zależności wskaźnika PPD w funkcji stężenia dwutlenku węgla, przy czym są to wartości bez uwzględnienia stężenia CO<sub>2</sub> w powietrzu zewnętrznym. Jak widać dopuszczalny poziom tego stężenia może być negatywnie odbierany przez 25÷35% osób znajdujących się w pomieszczeniu



Badania zanieczyszczeń dokonywane ostatnio wskazują jednak, że pomijając już innego rodzaju źródła zanieczyszczeń, człowiek oprócz wydychania dwutlenku węgla wydala szereg innych substancji, takich jak: substancje zapachowe, cząsteczki organiczne i nieorganiczne, feromony, bakterie, wirusy, itp. To właśnie one powodować mogą, że pomimo nie przekraczania wartości dopuszczalnych stężeń CO<sub>2</sub>, wyraźnie negatywne jest odczucie dyskomfortu

<b>Standard (norma)</b>		<b>Strumień powietrza, m<sup>3</sup>/h×osoba</b>
<b>Standardy Unii Europejskiej CR EU 1752</b>	<b>kategoria A</b>	<b>36</b>
	<b>kategoria B</b>	<b>25,2</b>
	<b>kategoria C</b>	<b>14,4</b>
<b>USA/ASHRAE 62-2001</b>		<b>36</b>
<b>RP/PN/83/B-03430 + Az3:2000</b>		<b>30</b>
<b>Maksymalna liczba osób niezadowolonych wynosi 15% (kategoria A), 20% (kategoria B) i 30% (kategoria C)</b>		

**Dlatego też podane w powyższej tabeli wartości strumieni powietrza, wynikające z przyjęcia stężenia CO<sub>2</sub> jako wskaźnika intensywności wymiany powietrza (wentylacji) mają jedynie charakter orientacyjny, a szereg wytycznych zawiera informację o konieczności zwiększenia tych wartości o co najmniej 100%. Obecnie czynione są próby obniżenia wartości dopuszczalnych nawet do poziomu odczuwania**

**Zwiększone stężenie CO<sub>2</sub> ponad 1000 ppm może mieć negatywny wpływ na niektóre konstrukcje budowlane. Dwutlenek węgla jest gazem chemicznie agresywnym i powoduje korozję węglanową i przyspiesza karbonizację betonów**

Oprócz CO<sub>2</sub> do najważniejszych zanieczyszczeń powietrza zalicza się tlenek węgla, tlenki azotu, formaldehyd, lotne związki organiczne, ozon, radon, dym papierosowy, pył zawieszony, azbest oraz mikroorganizmy

*Tlenek węgla* jest między innymi produktem procesów spalania w warunkach niedoboru tlenu. Jest to gaz toksyczny, silnie duszący. W pomieszczeniach głównym źródłem tego związku są domowe urządzenia gazowe użytkowane w warunkach niedostatecznej wymiany powietrza. Źródłem CO jest także palenie tytoniu.

Naturalnymi źródłami *tlenków azotu* są pożary oraz wyładowania atmosferyczne. Antropogenicznymi źródłami tych związków jest komunalne i przemysłowe spalanie paliw na potrzeby ciepło – energetyczne oraz motoryzacja. W pomieszczeniach tlenki azotu powstają w wyniku użytkowania domowych urządzeń gazowych oraz wskutek palenia papierosów

***Formaldehyd*** to substancja chemiczna używana do produkcji żywic syntetycznych, a także używana przy wytwarzaniu płyt wiórowych, pilśniowych i laminatów, pianek izolacyjnych, materiałów ognioodpornych itp. **Znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle budowlanym, papierniczym, włókienniczym itp. Głównym źródłem emisji formaldehydu w budownictwie mieszkaniowym są więc materiały budowlane i wykończeniowe, meble, elementy wyposażenia wnętrz, a także produkty spalania (dym papierosowy)**

Głównym źródłem ***OZONU*** w powietrzu atmosferycznym jest oddziaływanie promieni słonecznych na węglowodory i tlenki azotu. Antropogenicznymi źródłami tego zanieczyszczenia w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie, są drukarki laserowe, kopiarki, elektrostatyczne filtry powietrza, jonizatory powietrza, urządzenia, w których stosowany jest freon itp. **Ozon jest związkiem silnie drażniącym układ oddechowy człowieka, a szczególnie komórki nabłonek oskrzeli i śródbłonki pęcherzyków płucnych. Utleniając składniki komórek zmienia niekorzystnie ich metabolizm (działa toksycznie). Wraz ze wzrostem jego stężenia obserwuje się zwyrodnienie, a następnie złuszczenie i zniszczenie komórek śródbłonki oskrzeli**

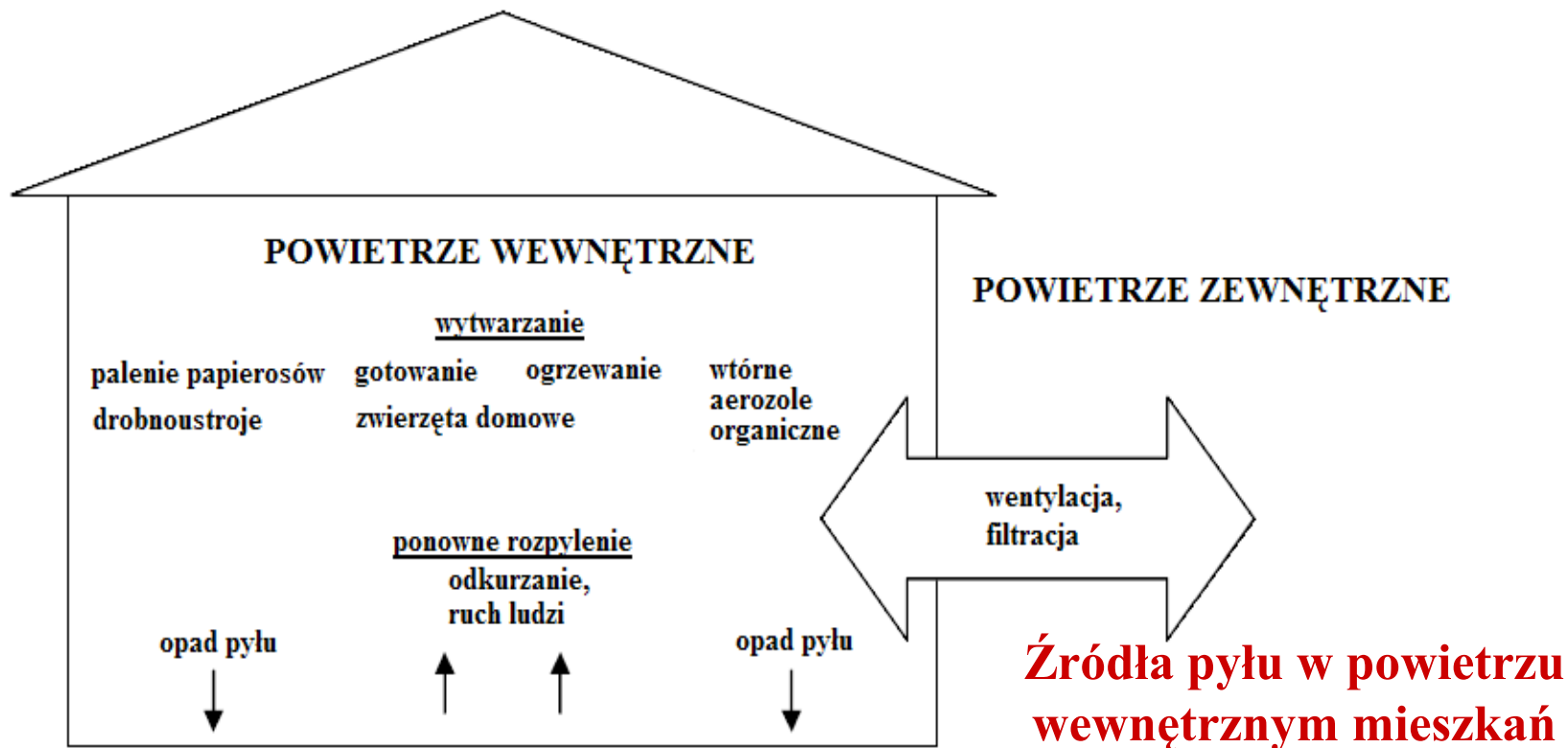


***Radon*** to bezwonny i bezbarwny gaz radioaktywny, który powstaje w wyniku rozpadu niektórych izotopów uranu oraz toru. Głównym naturalnym źródłem radonu są skały, woda gruntowa i gleba. Z gleby ten radioaktywny gaz przenika do piwnicy, a następnie migruje we wnętrzu budynku. Dodatkowym źródłem zanieczyszczenia są także materiały budowlane, takie jak np. cegła, tynk, cement, wytwarzane ze składników z domieszką uranu. **Stężenie radonu w łazience, gdzie podgrzewana woda wypływająca z kranów paruje i radioaktywne cząsteczki dostają się do powietrza, jest około 3 razy wyższe niż w kuchni i około 40 razy wyższe niż w pozostałych pomieszczeniach. Radon może być bardzo poważną przyczyną występowania raka płuc; powoduje także powstawanie mutacji chromosomów w limfocytach**

***Dym papierosowy*** jest aerozolem, na który składa się faza cząsteczkowa i faza gazowa. Skład chemiczny dymu zależy m.in. od rodzaju tytoniu, typu papierosa, jego wilgotności, dodatków chemicznych do tytoniu oraz temperatury żarzenia. **W dymie tytoniowym wykryto ponad 3000 trujących substancji chemicznych, które wchłaniane do ustroju ludzkiego powodują liczne następstwa patologiczne**

**Pył** jest zbiorem cząstek stałych o zróżnicowanych kształtach i rozmiarach, które mogą być zawieszane w powietrzu w postaci bioaerozolu. Pył zawieszony w powietrzu w zależności od warunków powstawania może zawierać m.in. cząsteczki **dymu, sadzy, popiołu, związków nieorganicznych, drobiny materiałów budowlanych, roztocza i ich odchody, bakterie i wirusy, zarodniki grzybów pleśniowych, toksyny drobnoustrojowe, cząstki pochodzenia roślinnego, włosy ludzkie, sierść zwierzęcą, azbest, pestycydy, rozkładające się pozostałości artykułów spożywczych, fragmenty tkanin i wyposażenia mieszkań, składniki cząstek nieorganicznych, a także metale ciężkie**

Pył jest zbiorem cząstek stałych o zróżnicowanych kształtach i rozmiarach. układ dwufazowy, składający się z gazu i zawieszonych w nim cząstek stałych i ciekłych. W jego skład mogą więc wchodzić substancje organiczne nieorganiczne oraz włókna. Mogą one pochodzić zarówno ze środowiska zewnętrznego, jak i wewnętrznego m.in. od ludzi, zwierząt i materiałów budowlanych. Cząstki te są zatem zawieszane w powietrzu także w postaci bioaerozolu (patrz rysunek poniżej)



**Pyły wywołują szereg dolegliwości, na których podstawie można je następująco klasyfikować na pyły o działaniu:**

✓ **pylicotwórczym** – pyły pochodzenia mineralnego, zawierające krystaliczny dwutlenek krzemu; wnikając do układu oddechowego, powodują rozrost tkanki łącznej płuc i doprowadzają do pylicy krzemowej (zalicza się do nich również pyły azbestu, kaolinu, talku, berylu),

✓ **alergizującym** – pyły pochodzenia organicznego (pyły bawełny, lnu, tytoniu, sierści, itp.) oraz pyły pochodzenia chemicznego (np. tworzywa sztuczne, leki); po przedostaniu się do układu oddechowego mogą wywoływać choroby o podłożu uczuleniowym, takie jak: astma oskrzelowa, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych,

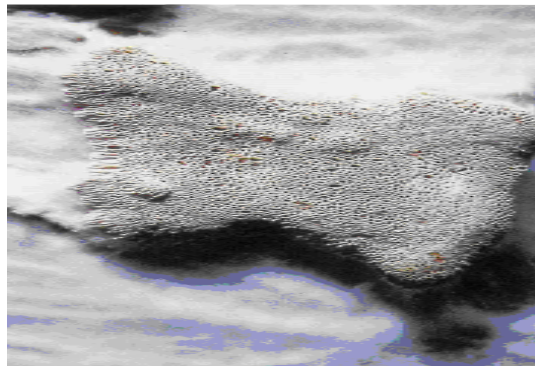
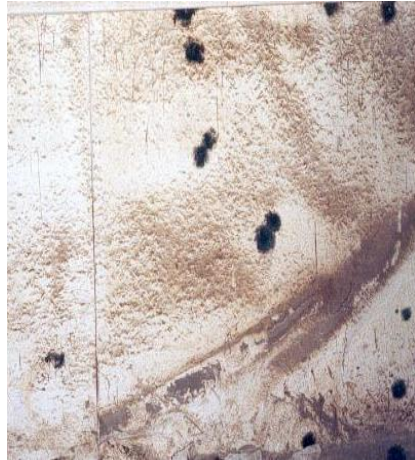
✓ **drażniącym** – pyły pochodzące z nierozpuszczalnych ciał stałych (m.in. pyły korundu, szkła, żelaza, węgla.); po wnikięciu do płuc, zostają zatrzymane na błonach śluzowych, gdzie wywołują nieżyty i choroby układu oddechowego,

✓ **toksycznym** – pyły związków toksycznych, takich jak: berylu, ołowiu, manganu, które po wnikięciu do organizmu wywołują objawy zatrucia; pyły te mogą być rozpuszczane w płynach ustrojowych,

✓ **rakotwórczym** – np. pyły azbestu, drewna twardego, skór, oraz pyły radioaktywne – zawierające pierwiastki promieniotwórcze.

***Mikroorganizmy*** to mikroskopijnej wielkości cząstki czynnie biologiczne, które są łatwo absorbowane przez cząstki pyłów i cieczy. Do mikroorganizmów zalicza się grzyby, pierwotniaki, sinice, bakterie i niektóre glony. W ostatnich latach wzrosło zagrożenie skażenia powietrza wewnętrznego z powodu rozwoju na przegrodach budowlanych grzybów pleśniowych i domowych poprzez m.in. kondensację pary wodnej połączonej z niedostateczną wymianą powietrza lub jej brakiem, nieodpowiedniej kombinacji parametrów fizycznych powietrza wewnętrznego, nieprzemyślanych działań modernizacyjnych oraz występowania w elementach wyposażenia pomieszczeń pożywienia organicznego

Szacuje się, że około 30 % wszystkich chorób spowodowanych jakością powietrza wynika z obecności grzybów pleśniowych. Do ich rozwoju wystarczają niewielkie ilości substancji organicznych, występujących w większości materiałów budowlanych lub wykończeniowych. Grzyby pleśniowe pojawiają się w mieszkaniach z niedostateczną wentylacją i dużym zawilgoceniem





południowa ściana

zachodnia ściana

<b>Właściwość i działanie</b>	<b>Sposób oddziaływania</b>
<b>Mutagenne</b>	Zaburzenia w transkrypcji genetycznej i w translacji informacji genetycznej u mikro- i makroorganizmów
<b>Tetragenne</b>	Zaburzenia w organogenezie prowadzące do potworkowości płodu
<b>Kancerogenne</b>	Rakotwórcze, powodujące proces nowotworowy wątroby, płuc, mózgu, szpiku kostnego, grasicy, śledziony, i itp.
<b>Bakteriobójcze</b>	Zaburzenia życia większości bakterii
<b>Grzybobójcze</b>	Zaburzenia życia większości grzybów niższych i wyższych
<b>Cytotoksyczne</b>	Zaburzenia pracy żywych komórek roślinnych i zwierzęcych
<b>Fitotoksyczne</b>	Zaburzenia rozwoju roślin niższych i wyższych
<b>Inhibitory enzymów</b>	Zaburzenia aktywności enzymów prowadzące do blokady syntezy białek (i innych metabolitów)
<b>Neurotoksyczne</b>	Porażenia nerwów obwodowych i centralnego systemu nerwowego
<b>Nefrotoksyczne</b>	Wywoływanie schorzeń, uszkodzeń i nowotworów nerek
<b>Krzepliwości krwi</b>	Zaburzenia w syntezie i działaniu protrombiny i syntezie witaminy K
<b>Przewód pokarmowy</b>	Zaburzenia fizjologiczne przewodu pokarmowego (uporczywe biegunki, zapalenie błon śluzowych, nieżyty jelit)
<b>Odporność</b>	Zaburzenia immunologiczne powodujące zanik i osłabienie naturalnej odporności przeciwnowotworowej
<b>Samopoczucie</b>	Objawy zmęczenia, bojaźliwość, apatia, zanik pamięci, omdlenia, itp.



# Inne czynniki klimatu wewnętrznego

**Natężenie i barwa *oświetlenia*, a także jasność i barwa powierzchni oświetlonych lub świecących (luminescencja)** odgrywają istotną rolę z punktu widzenia spełnienia wymagań fizjologiczno-psychicznych. Konieczne jest **równomierne oświetlanie poszczególnych pomieszczeń światłem o natężeniu dobranym do czynności i potrzeb indywidualnych, stosowane źródła światła sztucznego powinny emitować światło o składzie widmowym i barwie zbliżonej do światła słonecznego, oświetlenie światłem dziennym powinno niezależnie od pory roku trwać średnio od 5 do 8 godzin dziennie (powierzchnia okien - przeszklenie rzędu 50% to zapewnia, ale jest także źródłem dużych strat ciepła)**

**Dodatkową zaletą dużego nasłonecznienia pomieszczeń jest ich nagrzewanie (i ewentualne wysuszanie) przegród oraz bakteriobójcze działanie promieni słonecznych**

**Zdolność przegród w zakresie *izolacji akustycznej* oraz *cicha praca urządzeń i instalacji wewnętrznych* ma decydujący i wciąż nie rozumiany wpływ na funkcjonowanie organizmu człowieka. Powszechnie uważa się, że stały poziom hałasu wyższy od 40 dB(A) stanowi graniczną wartość (jest to poziom hałasu związany z normalną rozmową). W praktyce hałas jest wynikiem wpływu zewnętrznych źródeł (ruch uliczny, lokalizacja w pobliżu np. budynków mieszkalnych zakładów przemysłowych lub obiektów o innym przeznaczeniu jak długo-otwarte centra handlowe, restauracje, kina, dyskoteki, itp.), instalacji wewnętrznych i urządzeń wyposażających pomieszczenia (źle zaprojektowane i zużyte układy grzewcze, wentylacyjno-klimatyzacyjne, wodociągowo-kanalizacyjne, zsypy śmieci, windy, itp.) oraz braku kultury w eksploatacji pomieszczeń (czynności gospodarcze, rozmowy i spotkania towarzyskie, użytkowanie RTV, itp.)**

**W istniejących budynkach (mieszkalnych) przegrody zewnętrzne (okna i różnego typu mostki dźwiękowe) i wewnętrzne (szczeliny w przegrodach związane np. z prowadzeniem instalacji) mają niedoskonałe własności; ich akustyczna izolacyjność sięga najwyżej 60-70 dB(A) i to w obszarze fal dźwiękowych o wysokiej częstotliwości. Przy najbardziej niekorzystnych dla człowieka częstotliwościach rzędu 100 Hz właściwa izolacyjność akustyczna tych przegród wynosi około 20 dB(A).**

**W atmosferze zewnętrznej jonizacja wolnego od zanieczyszczeń powietrza** zachodzi w sposób ciągły i nie stanowi zagrożenia dla ludzi. Jonizację powodują min. promieniowanie kosmiczne i promieniowanie izotopów zawartych w skorupie ziemskiej, tj. potas, tor, uran. Jonizacja jest zatem procesem zachodzącym w sposób ciągły pod wpływem promieniowania kosmicznego, promieniowania ww. izotopów i oczywiście promieniowania ultrafioletowego. Jony małe „ $n\pm$ „ powstające wskutek działania jednego z czynników łączą się z cząsteczkami elektrycznie obojętnymi tworząc jony o większej masie; te z kolei mogą być absorbowane przez cząstki aerozolu i tworzą jony ciężkie „ $N\pm$ „. Powstałe jony są w ciągłym ruchu i zderzają się z sobą; w przypadku różnych znaków następuje przy tym wymiana ładunków i cząsteczki powracają do stanu pierwotnego (tzn. stają się elektrycznie obojętne). Gdy przestanie działać czynnik powodujący jonizację może nastąpić po pewnym czasie (zależnym od stopnia jonizacji) zanik jonów

**W pomieszczeniach jonizację powodują: obecność ludzi, lampy kwarcowe, grzejniki, promienniki elektryczne lub gazowe, kuchenki elektryczne i gazowe, lampy naftowe, rozpylanie wody, zanieczyszczenie powietrza, itp. Na stan zjonizowania powietrza duży ma wpływ jego wilgotność. Przy małej wilgotności (okres grzewczy) rośnie zanieczyszczenie powietrza, co powoduje osiadanie większych ilości pyłu na grzejnikach. Produkty jego suchej destylacji łączą się z cząsteczkami zjonizowanymi tworząc ciężkie jony dodatkowo potęgujące wrażenie suchości powietrza (podobnie działają instalacje wentylacyjne). Wpływ zjonizowanego powietrza na organizm ludzki zależy od ilości i wielkości jonów, ich koncentracji, biegunowości oraz własności chemicznych nośników jonów (aerozole, bakterie). Korzystnie oddziałują wszystkie jony ujemne i częściowo - małe jony dodatnie. Ujemna jonizacja wywołuje odczucie świeżości powietrza i wpływa na poprawę samopoczucia. Dodatnia jonizacja, szczególnie w większych stężeniach (powyżej kilku tysięcy jonów w 1cm<sup>3</sup> powietrza) wywołuje uczucie suchości powietrza, podrażnia błony śluzowe, a nawet powoduje wzrost ciśnienia, co przejawia się wzmożoną drażliwością, pobudliwością i złym samopoczuciem**

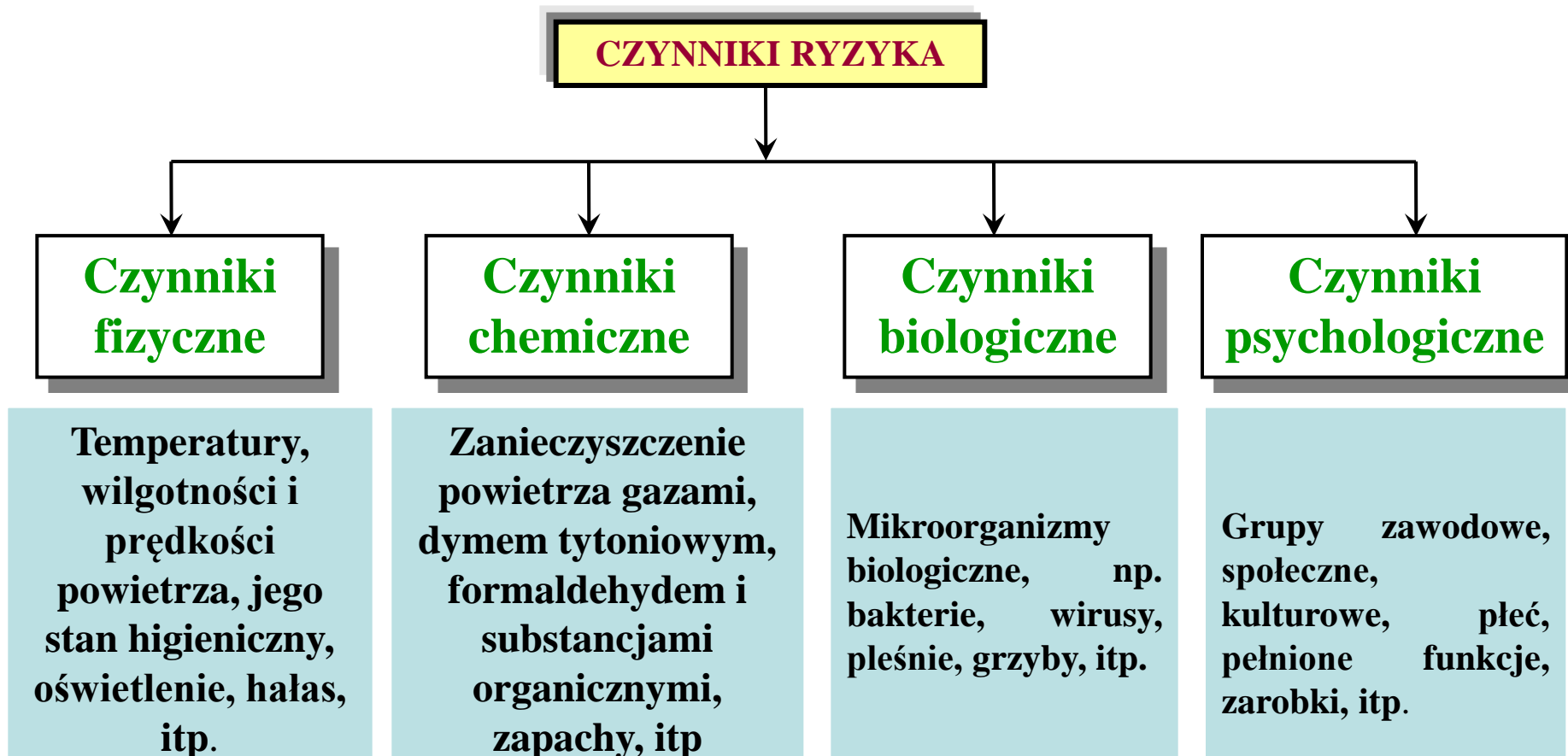
**Niektóre materiały stosowane do wyrobu elementów budowlanych powodują nawet 20-krotny wzrost mocy dawki *promieniowania* w pomieszczeniach w porównaniu z dawką którą człowiek otrzymuje w atmosferze zewnętrznej. Z materiałów pochodzenia naturalnego najwyższą radioaktywność wykazują niektóre odmiany granitu i glin, a najniższą - wapno, gips i kreda**

Jednak zarówno na zewnątrz jak we wnętrzu pomieszczeń charakterystyczny jest jeszcze jeden radioaktywny czynnik jakim jest **gazowa emanacja izotopów naturalnych (radon, toran)**. Dyfundują one z elementów budowlanych, a wdychane z powietrzem (jako gaz lub w postaci aerozoli) działają negatywnie na układ oddechowy. Izotopy radioaktywne działają więc bezpośrednio i pośrednio powodując wzrost jonizacji powietrza. Stężenie tych gazów może być obniżane poprzez zwiększenie wymiany powietrza, lecz podstawowe działanie to ich eliminacja z materiałów budowlanych

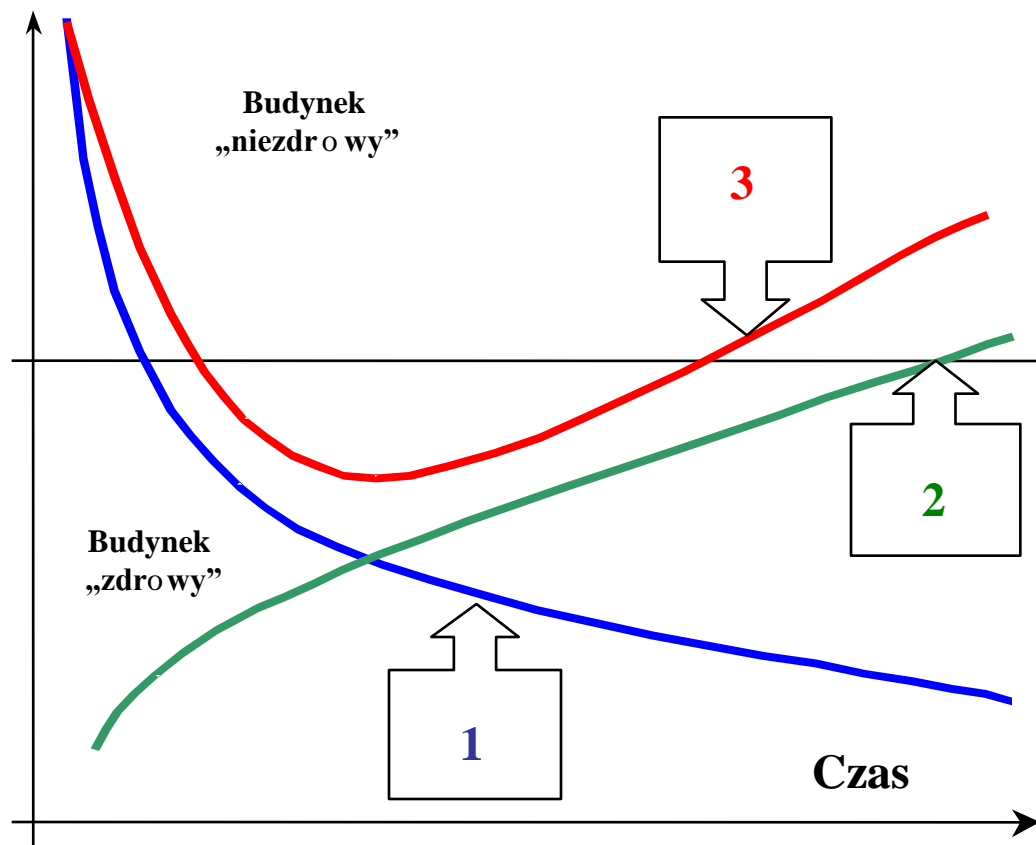
***Promieniowanie elektromagnetyczne*** wynikające z budowy Ziemi i procesów zachodzących w jej wnętrzu należy do naturalnych czynników środowiska zewnętrznego. W wyniku ewolucji ukształtowany został naturalny układ ładunków elektrycznych na ciele ludzkim. Jest on jednak w wielu przypadkach zaburzany przez zmienne pola elektryczne

Ich źródłami, oprócz zewnętrznych urządzeń telekomunikacyjnych i radio-telewizyjnych, są także zmiany pola elektromagnetycznego związane ze stosowaniem w pomieszczeniach materiałów sztucznych ulegających łatwo elektryzowaniu. Powstawanie elektryczności statycznej wiąże się z tworzeniem podwójnej warstwy elektrycznej na granicy rozdziału dwóch ciał oraz występowaniu kontaktowej różnicy potencjałów wywołanej różnicą poziomów energetycznych atomów. Przebywanie w takim środowisku może spowodować stany chorobowe, tj. nerwica wegetatywna (silne bóle głowy, stały niepokój, wzmożona pobudliwość, itp.)

Nadal akcentuje się jedynie niektóre z czynników fizycznych kształtowane głównie przez dobór odpowiednich materiałów w przegrodach budowlanych, a w mniejszym stopniu poprzez uwzględnienie rodzajów i funkcjonowania urządzeń i instalacji wyposażających budynki wśród wielu innych czynników, noszących ogólną nazwę czynników ryzyka



W oparciu o przeprowadzone badania stwierdzić można, że charakterystyczne dla negatywnego odczuwania klimatu wewnętrznego są trzy podstawowe grupy objawów, a mianowicie: *symptomy ogólne* (np. bóle głowy, złe samopoczucie, zmęczenie, itp.), *symptomy związane ze śluzówką* (np. podrażnienia oczu, gardła, nosa, itp.), *symptomy związane ze skórą* (np. wysuszenie lub zawilgocenie skóry, itp.)



**1** – emisja zanieczyszczeń z materiałów budowlanych;

**2** – nasilanie się defektów w wyniku niewłaściwego zastosowania i użytkowania;

**3** – sumaryczne wpływy