



Euro - Centrum

Studia Podyplomowe

EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu

**Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji
Zarządzania Energią**

**Bezpieczeństwo i higiena pracy w energetyce
Cz. 6**

Jacek Przędzik

ELEKTRYCZNOŚĆ STATYCZNA I ENERGIA ELEKTRYCZNA

Zagrożenia od elektryczności statycznej i energii elektrycznej:

- zagrożenia od elektryczności statycznej,
- porażenia oraz oparzenia prądem i łukiem elektrycznym,
- zagrożenia pożarowe,
- zagrożenia wybuchem,
- szkodliwe oddziaływania silnych pól elektrycznych i elektromagnetycznych.

Zagrożenia od elektryczności statycznej :

- ❑ **Elektryczność statyczna** jest to zespół zjawisk towarzyszących pojawieniu się nie zrównoważonego ładunku elektrycznego na materiałach o małej przewodności elektrycznej (dielektrykach, materiałach izolacyjnych) lub na odizolowanych od ziemi obiektach przewodzących, np. ciele człowieka.

Zagrożenia od elektryczności statycznej :

- ❑ Ładunki te wytwarzają wokół siebie pole elektrostatyczne o natężeniu tym większym, im większa jest ich wartość.
- ❑ Jeżeli obiekt znajduje się w polu elektrostatycznym, to może pojawić się na jego powierzchni niezrównoważony ładunek elektryczny.

Zagrożenia od elektryczności statycznej :

- ❑ **Elektryzowanie (elektryzacja)** jest to wytwarzanie w danym ciele nadmiaru ładunków elektrycznych jednego znaku, które następuje zwykle w warunkach zetknięcia ciał lub ich zbliżenia.
- ❑ **Elektryzowanie obiektów** występuje zwykle w warunkach zetknięcia i następującego po nim rozdzielenia dwóch nie naelektryzowanych ciał, przy czym mogą to być: ciała stałe, ciało stałe i ciecz, ciało stałe i gaz, ciecz i gaz.

Rodzaje zagrożeń elektrycznością statyczną :

- niekorzystne oddziaływanie na człowieka,
- zakłócenia procesów technologicznych,
- pożarowo-wybuchowe.

Zagrożenie pożarowo-wybuchowe:

- ❑ wyładowanie elektrostatyczne jest jednym z możliwych źródeł inicjacji zapłonu,
- ❑ przyjmuje się, że zagrożenie występuje, jeśli jest spełniony warunek:

$$W_w > k \cdot W_{zmin}$$

- ❑ gdzie:
- ❑ W_w - energia wyładowania elektrostatycznego;
- ❑ k - współczynnik bezpieczeństwa;
- ❑ W_{zmin} - minimalna energia zapłonu.

Powstawanie ładunku elektrostatycznego na ludziach :

- ładunki elektrostatyczne mogą powstawać na ludziach drogą kontaktową w czasie chodzenia, zdejmowania odzieży albo wykonywania czynności domowych lub zawodowych,
- elektryzacja ludzi może również nastąpić przez indukcję.

Powstawanie ładunku elektrostatycznego na ludziach :

- ❑ Stopień naelektryzowania w odniesieniu do ludzi określa się zwykle wartością napięcia względem ziemi:

$$U = Q/C [V]$$

- ❑ gdzie:
- ❑ Q - ładunek elektrostatyczny na ciele człowieka,
C
- ❑ C - pojemność człowieka względem ziemi, F.

Powstawanie ładunku elektrostatycznego na ludziach :

- ❑ przebywanie pod wpływem pola elektrostatycznego przez dłuższy czas ma ujemny wpływ na stan zdrowia i samopoczucie ludzi,
- ❑ wyładowania elektrostatyczne powstają przy zbliżeniu do uziemionego obiektu; poza niemiłym lub groźnym uczuciem, wyładowania mogą prowadzić do urazów mechanicznych przy występujących odruchach,

Powstawanie ładunku elektrostatycznego na ludziach :

- ❑ wyładowanie zwykle jest słabo odczuwalne lub nieodczuwalne, a przy wyższych poziomach napięcia i energii (o energii ok. 250 mJ) może spowodować wystąpienie ciężkiego szoku, niebezpieczeństwo inicjacji wybuchu przy wyładowaniu z człowieka w warunkach zagrożenia wybuchowego lub pożarowego.

Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

- ❑ Najbardziej rozpowszechnionym środkiem przenoszenia energii elektrycznej jest prąd przemienny o:
 - ❑ **częstotliwości 50 Hz**
 - ❑ **napięciu 400/230 V.**

Rodzaje oddziaływania prądu elektrycznego

```
graph TD; A[Rodzaje oddziaływania prądu elektrycznego] --> B[Działanie pośrednie]; A --> C[Działanie bezpośrednie];
```

Działanie pośrednie

Działanie bezpośrednie

Skutki działania pośredniego:

- oparzenia ciała wskutek pożarów wywołanych zwarceniem elektrycznym,
- groźne dla życia oparzenia ciała łukiem elektrycznym ,
- uszkodzenia wzroku wskutek dużej jaskrawości łuku elektrycznego,
- uszkodzenia mechaniczne ciała w wyniku upadku z wysokości.

Skutki działania bezpośredniego:

- Porażenie elektryczne może objawiać się:**
- odczuwaniem przepływu prądu, uczuciem bólu, lekkimi kurczami mięśni
- silnymi kurczami mięśni dłoni uniemożliwiającymi samouwolnienie się rażonego
- zatrzymaniem oddechu, zaburzeniami krążenia krwi
- zaburzeniami wzroku, słuchu i zmysłu równowagi
- utratą przytomności
- migotaniem komór sercowych - bardzo groźnym dla życia człowieka
- oparzeniami skóry i wewnętrznych części ciała.

OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

Środki ochrony przeciwporażeniowej:

środki nietechniczne takie, jak:

- popularyzacja sposobów i zasad bezpiecznego użytkowania energii elektrycznej,
- szkolenie wstępne i okresowe wszystkich pracowników użytkujących urządzenia elektryczne i obsługujących urządzenia elektryczne
- wymagania kwalifikacyjne dla pracowników obsługujących urządzenia elektryczne,

Środki ochrony przeciwporażeniowej:

środki nietechniczne takie, jak:

- organizacja pracy (instrukcje eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych, pisemne polecenia wykonywania prac)
- egzekwowanie przestrzegania reguł bezpieczeństwa,
- badania okresowe,
- szkolenie w zakresie udzielania pierwszej pomocy przy porażeniach.

Środki ochrony przeciwporażeniowej:

środki techniczne takie, jak:

- ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa),
- ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa),
- ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim - realizowana przez zasilanie napięciem bezpiecznym,
- sprzęt ochronny (w tym środki ochrony indywidualnej) – dla zastosowań, w których wyżej wymienione nie mogą być wykorzystane (np. przy naprawie urządzeń elektroenergetycznych).

WARTOŚCI NAPIĘĆ BEZPIECZNYCH

Rodzaj prądu	Napięcie bezpieczne U_L (V) w warunkach		
	normalnych	szczególnych	ekstremalnego zagrożenia
Prąd przemienny	50	25	12
Prąd stały	120	60	30

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim

- W urządzeniach elektrycznych o napięciu do 1kV** wymaga się zastosowania przynajmniej jednego z następujących środków ochrony:
 - izolowanie części czynnych,
 - stosowanie obudów lub osłon,
 - stosowanie ogrodzeń,
 - stosowanie barier i przeszkód,
 - umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki,
 - ochrona przed napięciami szczytkowymi.

Ochrona przed dotykiem pośrednim

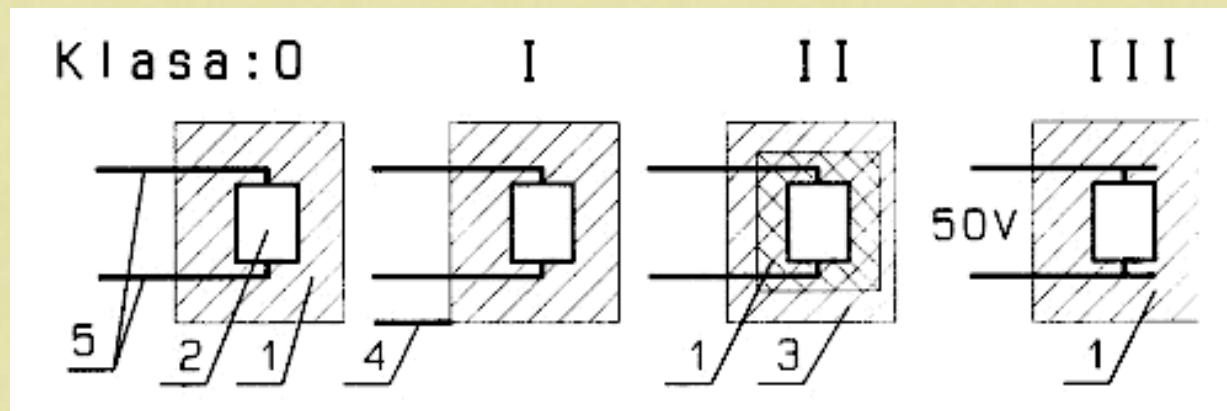
- ❑ Ma na celu ograniczenie skutków porażenia w razie dotknięcia do części przewodzących dostępnych, które niespodziewanie znalazły się pod niebezpiecznym napięciem (np. wyniku uszkodzenia izolacji).

Ochrona przed dotykiem pośrednim

- Ochrona przed dotykiem pośrednim w urządzeniach elektrycznych niskiego napięcia** może być osiągnięta przez zastosowanie co najmniej jednego z poniżej wymienionych środków:
 - samoczynnego wyłączenia zasilania,
 - urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej,
 - izolowanie stanowiska,
 - nie uziemionych połączeń wyrównawczych,
 - separacji elektrycznej.

Klasy ochronności

- Urządzenia elektryczne, z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej, dzieli się na cztery klasy ochronności: 0, I, II i III.



Klasy ochronności urządzeń elektrycznych:

1 - izolacja podstawowa, 2 - części czynne urządzenia, 3 - izolacja dodatkowa, 4 - przewód ochronny, 5 - przewody zasilające

HAŁAS

Dźwięk

- ❑ **Dźwięki** to drgania cząstek powietrza (lub innego ośrodka sprężystego) względem położenia równowagi.
- ❑ Drgania te propagują się w powietrzu w postaci fal akustycznych, czyli następujących po sobie lokalnych zagęszczeń i rozrzedzeń cząstek powietrza.
- ❑ Prędkość z jaką rozprzestrzeniają się drgania cząsteczek powietrza nazywana jest prędkością dźwięku i wynosi ona ok. 340m/s.

Hałas

□ **Hałasem** przyjęto określać wszelkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe, uciążliwe lub szkodliwe dźwięki oddziałujące na narząd słuchu i inne zmysły oraz części organizmu człowieka.

Hałas



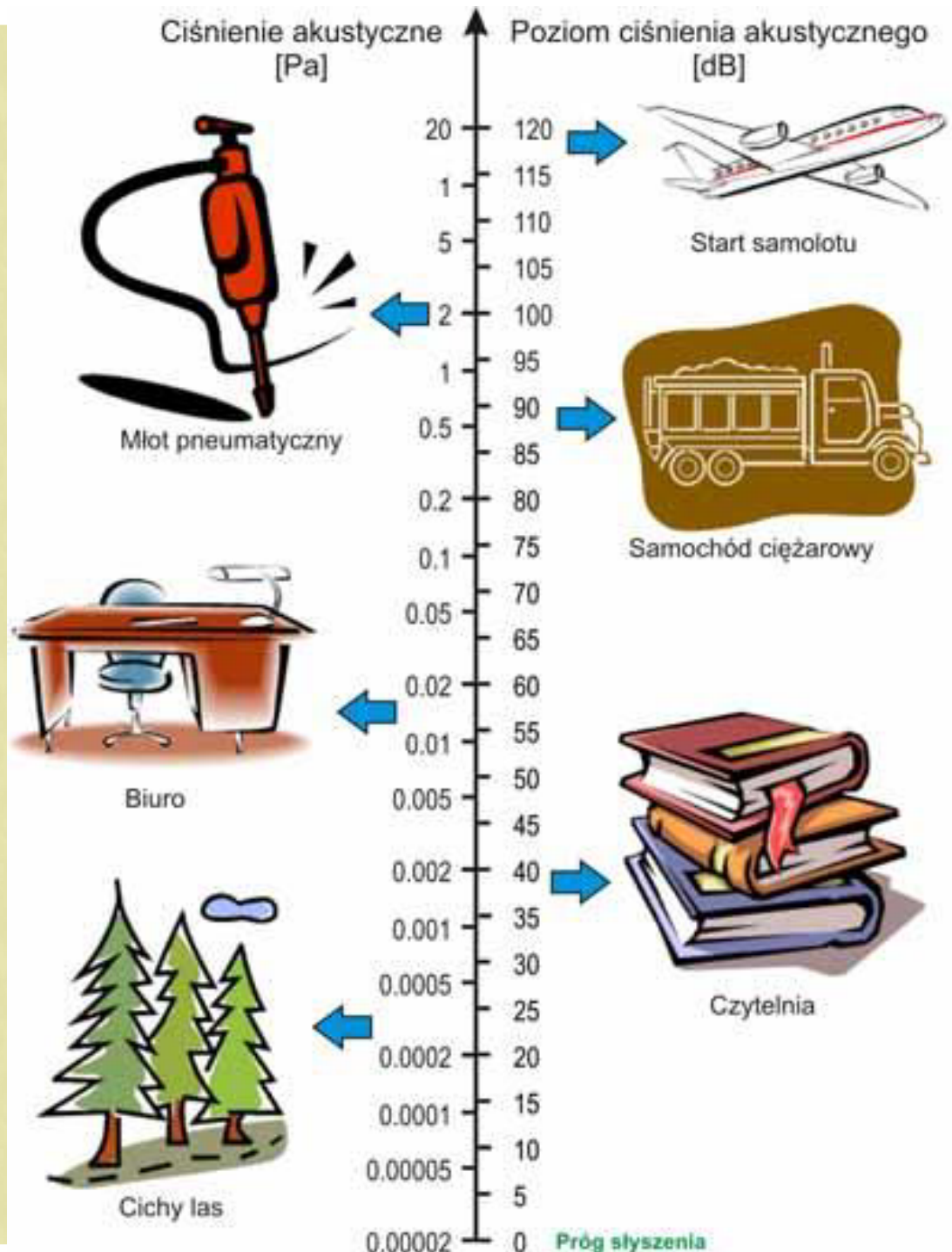
Różnica między chwilową wartością ciśnienia w ośrodku przy przejściu fali akustycznej a wartością ciśnienia statycznego (atmosferycznego) jest zwana ciśnieniem akustycznym p , wyrażanym w Pa

❖ W praktyce stosuje się skalę logarytmiczną i operuje się pojęciem poziomu ciśnienia akustycznego, wyrażonego w decybelach [dB], jako wartości względnej odniesionej do 20 μPa.

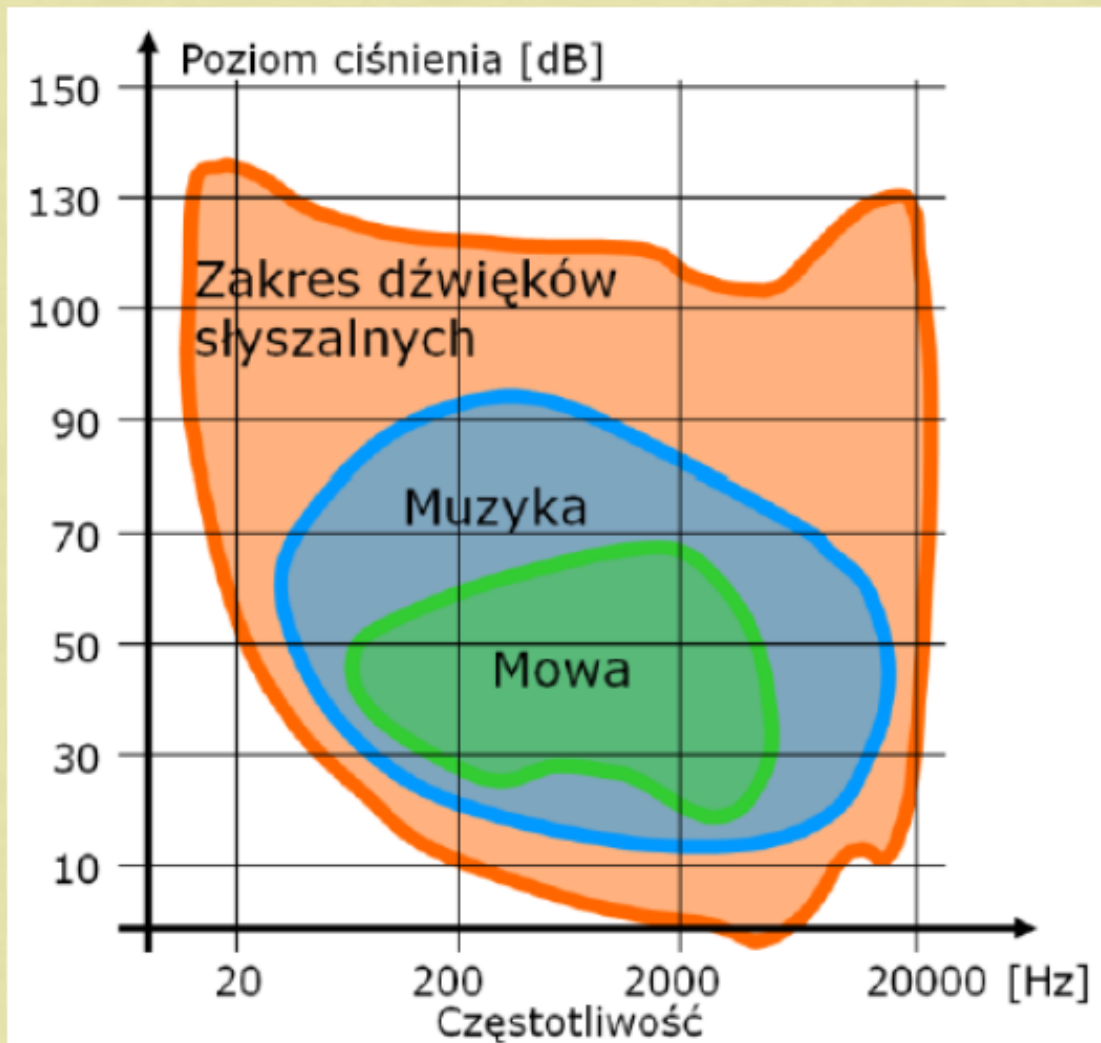
❖ Poziom ciśnienia akustycznego dźwięku L o ciśnieniu p wyznacza się na podstawie zależności:

$$L = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

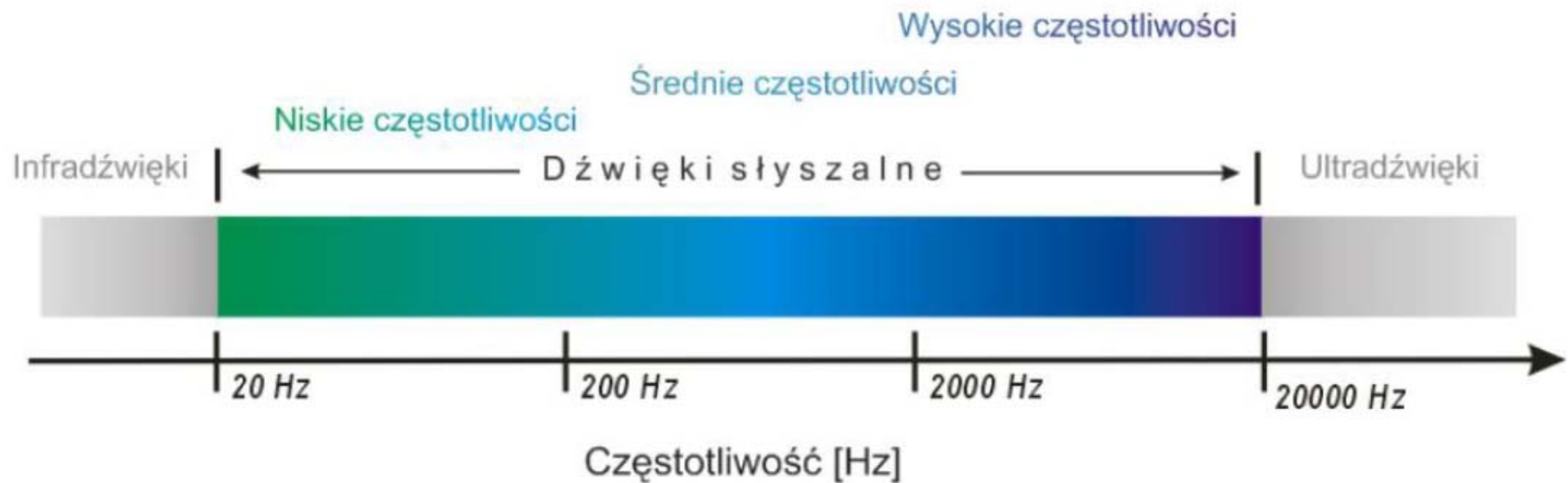
gdzie: p_0 jest ciśnieniem odniesienia.



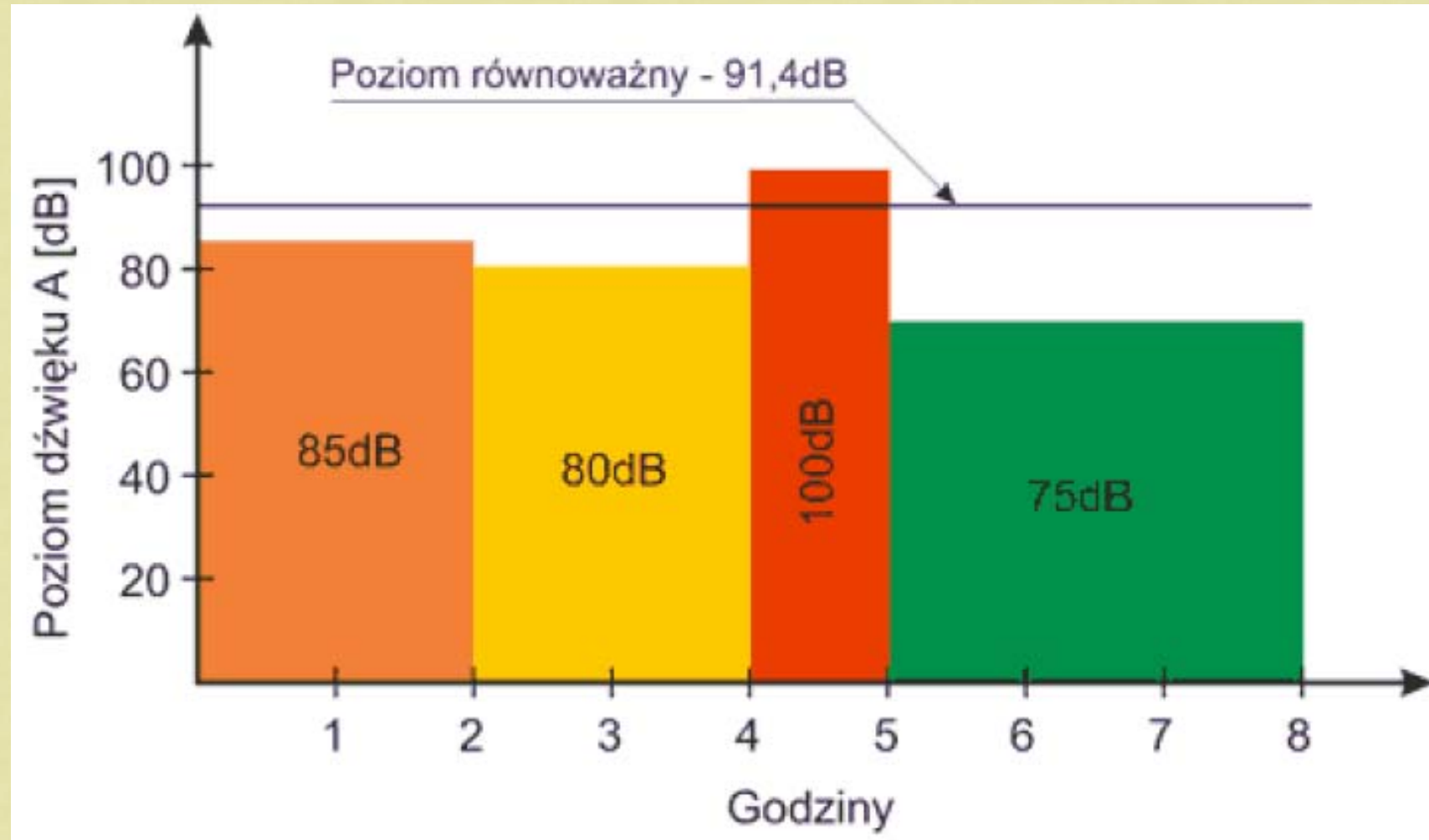
Obszar dźwięków słyszalnych oraz obszary muzyki i mowy dla osoby ze słuchem prawidłowym



Częstotliwości dźwięków



Równoważny poziom dźwięku A



Równoważny poziom dźwięku A

- Dla hałasu nieustalonego, w którym występują wyraźnie rozróżnialne, ustalone poziomy dźwięku A, poziom równoważny dźwięku A można obliczyć z zależności:

$$L_{Aeq,T_e} = 10 \lg \frac{1}{T_e} \sum_{i=1}^n \left(T_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,T_i}} \right)$$

- gdzie:
- L_{Aeq,T_i} - równoważny poziom dźwięku A uśredniony w przedziale czasu T_i ,
- n - całkowita liczba wyraźnie rozróżnialnych poziomów, L_{Aeq,T_i}

$$T_e = \sum_{i=1}^n T_i$$

- - całkowity czas ekspozycji na hałas.

Równoważny poziom dźwięku A

- Jeżeli poziom dźwięku A (L_A) hałasu za określony czas T_i nie zmienia się, to równoważny poziom dźwięku A (L_{Aeq,T_i}) za ten czas równy jest poziomowi dźwięku A (L_A).

Źródła dźwięku

- ❑ Źródłami, które wprawiają cząsteczki powietrza w drgania (czyli **źródłami dźwięku**) mogą być różnego rodzaju drgające obiekty, elementy maszyn, przepływ powietrza (np. jak w gwizdku), uderzenia.
- ❑ Dźwięki mogą rozprzestrzeniać się nie tylko w powietrzu ale również w innych ciałach sprężystych, np. w stali, betonie itp.

TYPowe WARTOŚCI POZIOMÓW DŹWIĘKU A HAŁASU GENEROWANEGO PRZEZ ŹRÓDŁA HAŁASU

Źródło hałasu	Poziom dźwięku A w dB	90 100 110 120 130 dB				
Maszyny stanowiące źródło energii	98 – 130					
Urządzenia przepływowe	98 – 120					
Maszyny do obróbki plastycznej	92 – 120					
Narzędzia i silniki pneumatyczne	90 – 120					
Urządzenia transportu wewnątrzzakładowego	98 – 112					
Maszyny włókiennicze	93 – 114					
Maszyny do rozdrabniania, kruszenia, przesiewania, przecinania, oczyszczania	96 – 111					
Obrabiarki skrawające do drewna	92 – 108					
Obrabiarki skrawające do metali	92 – 105					

EKSPOZYCJA I POZIOM EKSPZYCJI NA HAŁAS

- Szkodliwy efekt oddziaływania hałasu na słuch zależy od wielkości energii akustycznej docierającej do uszu pracownika, a zatem od poziomu ciśnienia akustycznego hałasu i czasu jego oddziaływania.
- Do oceny szkodliwego oddziaływania na organ słuchu zmieniającego się w czasie hałasu wprowadzono wielkość zwaną **ekspozycją na hałas**.
- W praktyce częściej stosowany jest **poziom ekspozycji na hałas**.

POZIOM EKSPOZYCJI NA HAŁAS

- **Poziom ekspozycji na hałas** odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) lub tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) definiowany jest jako równoważny poziom dźwięku A, wyznaczony dla czasu ekspozycji na hałas równemu znormalizowanemu czasowi pracy.

POZIOM EKSPOZYCJI NA HAŁAS

- Określa się wzorem:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_e} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0}$$
$$L_{EX,w} = 10 \lg \left[\frac{1}{5} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{EX,8h,i}} \right]$$

- gdzie:
- L_{Aeq,T_e} - równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla czasu ekspozycji T_e ,
- T_0 - czas odniesienia = 8h,
- i - kolejny dzień roboczy w tygodniu,
- n - liczba dni roboczych w tygodniu (może być różna od 5).

POZIOM EKSPOZYCJI NA HAŁAS

- Gdy czas ekspozycji T_e równy jest czasowi odniesienia T_0 , czyli 8-godzinnemu dobowemu czasowi pracy, to poziom ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$ odpowiada równoważnemu poziomowi dźwięku A , L_{Aeq,T_e} .

POZIOM EKSPOZYCJI NA HAŁAS

- Odpowiednikiem poziomu ekspozycji na hałas, odniesionego do dnia lub tygodnia pracy, jest tzw. dzienna lub tygodniowa ekspozycja na hałas $E_{A,Te}$ określana również jako "**dawka hałasu**" i wyrażana w $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$.
- Poziom ekspozycji na hałas i dzienną ekspozycję na hałas wiąże następująca zależność:

$$E_{A,Id} = 1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{EX,8h}}$$

Maksymalny poziom dźwięku A

- ❑ **Maksymalny poziom dźwięku A (L_{Amax})**, jest to maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku A.
- ❑ Parametr służy do oceny hałasów krótkotrwałych i impulsowych o dużych poziomach.

Szczytowy poziom dźwięku C

- ❑ **Szczytowy poziom dźwięku C, (L_{Cpeak})**, jest to maksymalna wartość chwilowa poziomu dźwięku C.
- ❑ Parametr ten podobnie jak maksymalny poziom dźwięku A, pozwala oceniać hałasy krótkotrwałe i impulsowe o dużych poziomach.

WARTOŚCI PROGÓW DZIAŁANIA DLA WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCYCH HAŁAS

Wielkość charakteryzująca hałas w środowisku pracy	Wartość proggu działania
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ($L_{EX,w}$)	80 dB
Szczytowy poziom dźwięku C (L_{Cpeak})	135 dB

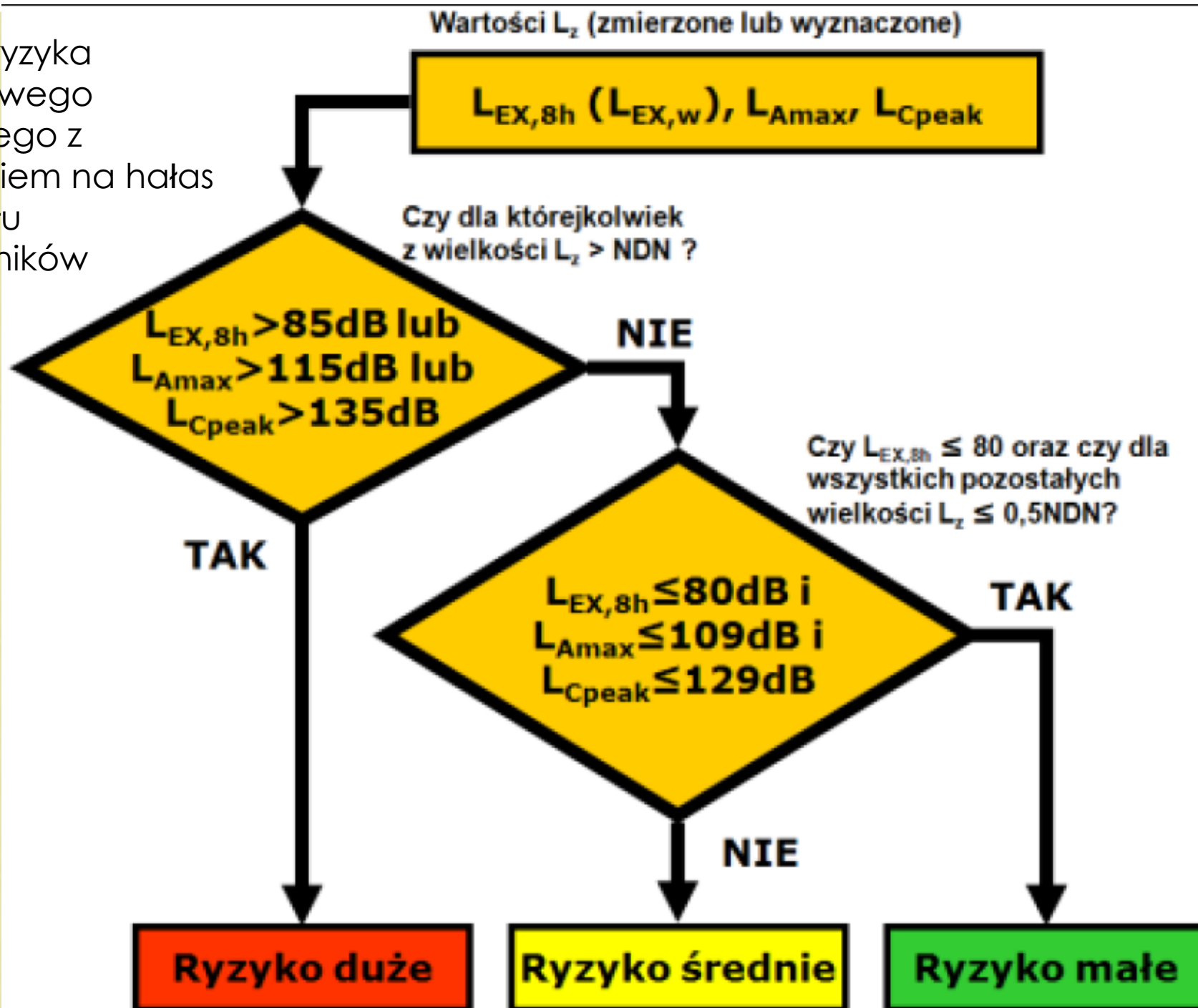
WARTOŚCI DOPUSZCZALNE (NDN) HAŁASU

Wielkość charakteryzująca hałas	Wartość dopuszczalna
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$)	85 dB
Ekspozycja dzienna ($E_{A,d}$)	$3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ($L_{EX,w}$)	85dB
Ekspozycja tygodniowa ($E_{A,w}$)	$18,2 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$
Maksymalny poziom dźwięku A	115 dB
Szczytowy poziom dźwięku C	135 dB

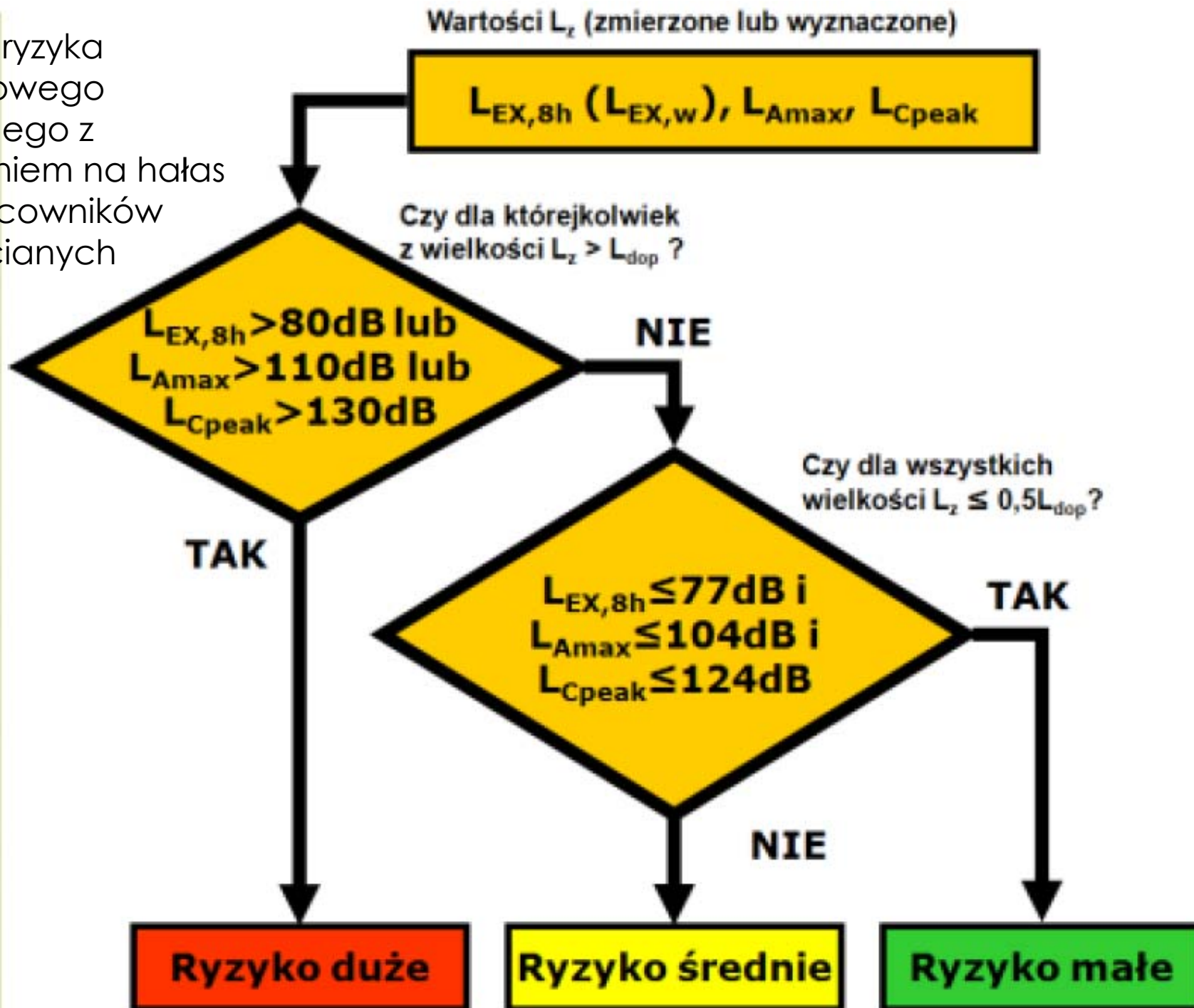
WARTOŚCI DOPUSZCZALNE HAŁASU DLA MŁODOCIANYCH ORAZ KOBIET W CIAŻY

Wielkość charakteryzująca hałas	Wartość dopuszczalna	
	młodociani	kobiety w ciąży
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$)	80 dB	65 dB
Maksymalny poziom dźwięku A	110 dB	110 dB
Szczytowy poziom dźwięku C	130 dB	130 dB

Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas dla ogółu pracowników



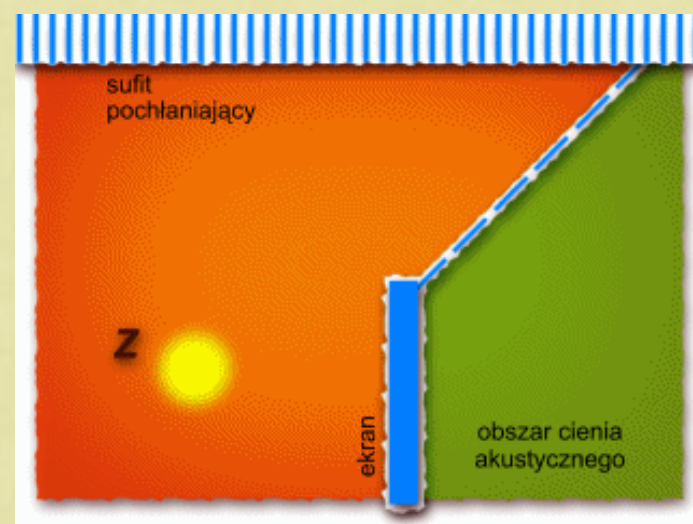
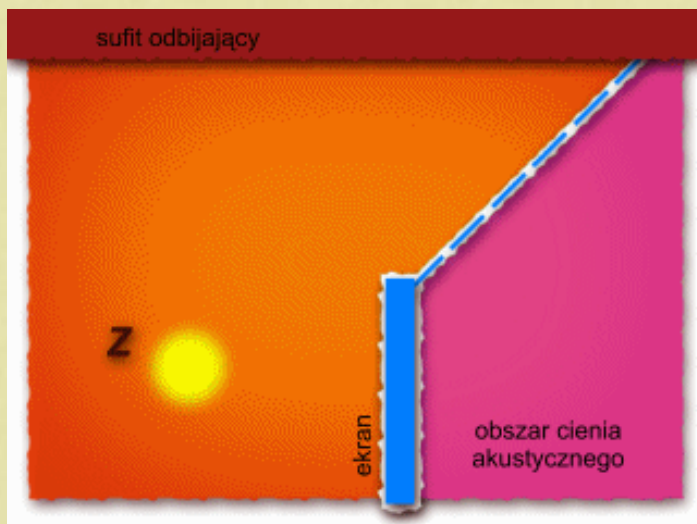
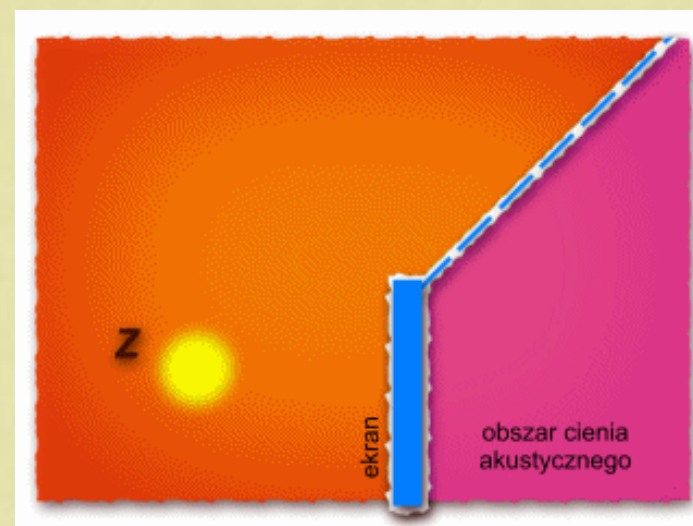
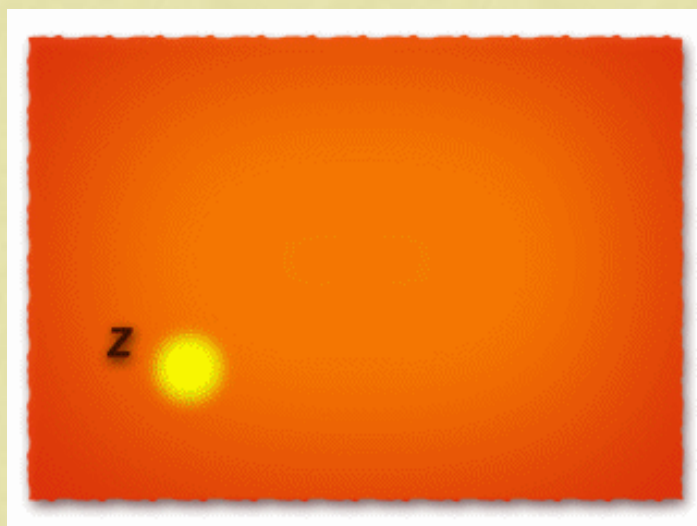
Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas dla pracowników młodocianych



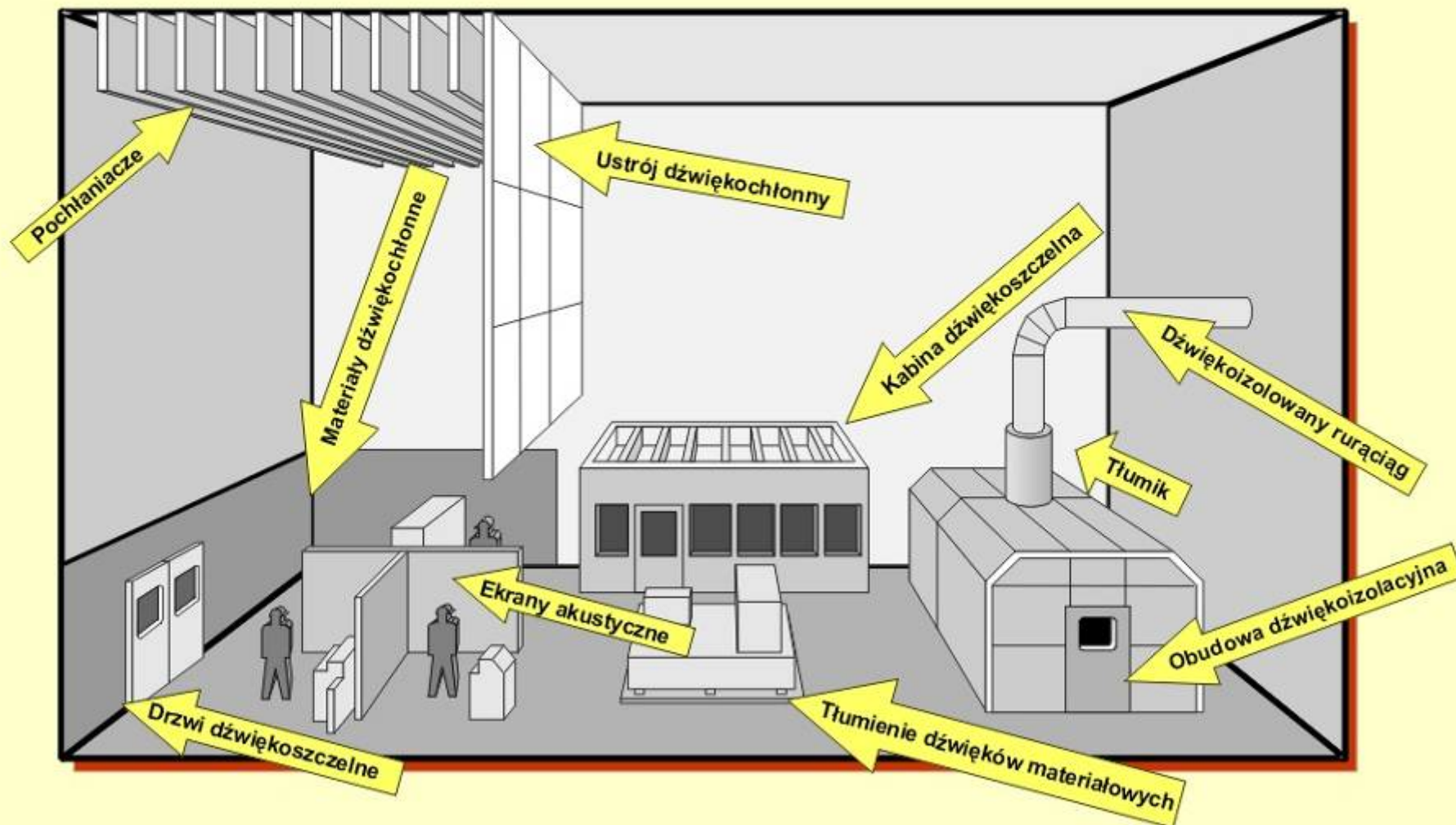
Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas dla kobiet w ciąży



Metody i środki ochrony przed hałasem

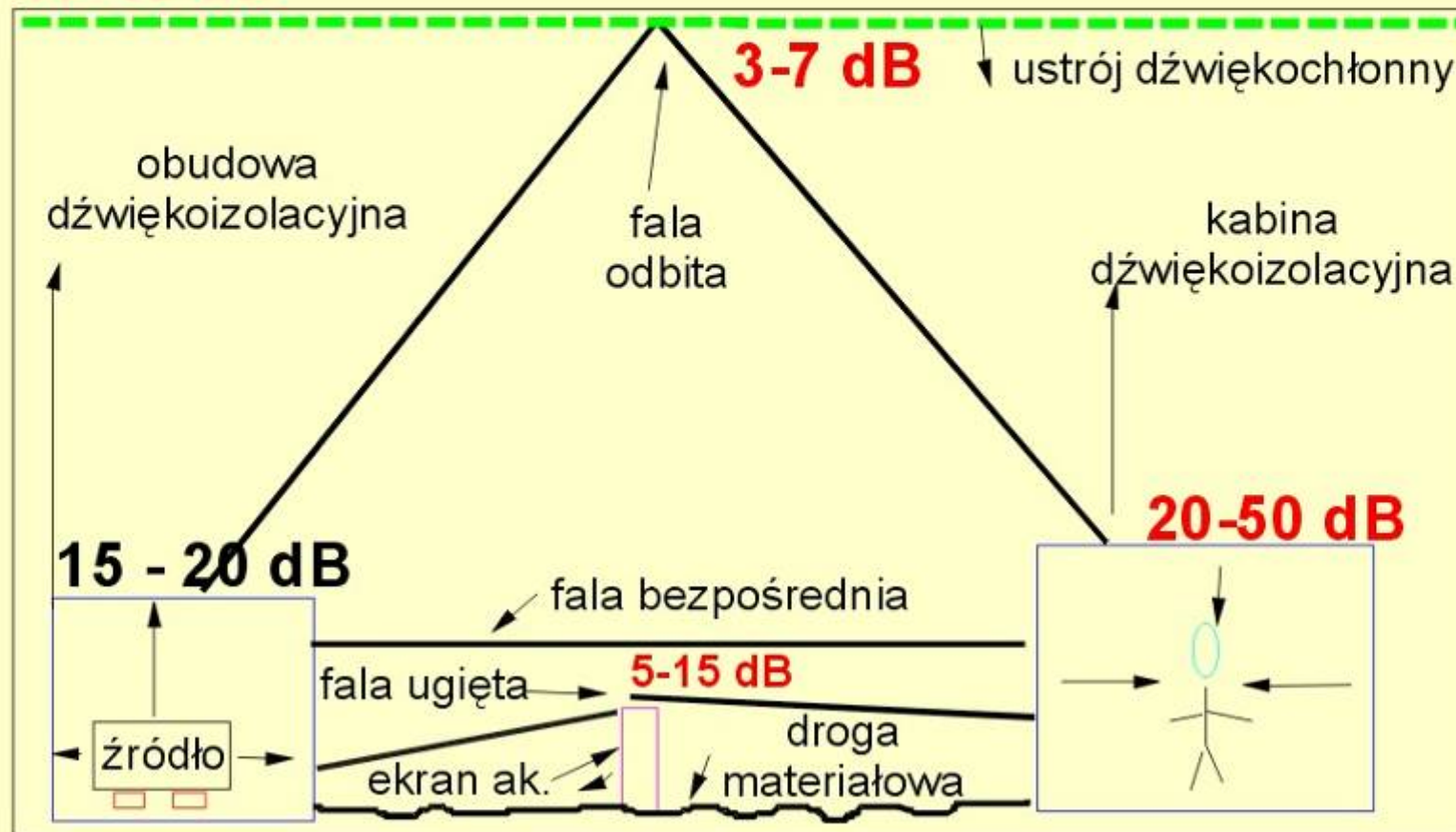


Stosowane środki techniczne umożliwiające ograniczenie hałasu na stanowiskach pracy



Propagacja fali akustycznej od źródła do stanowiska pracy

10-40 dB



0-10 dB

Niezależne i nakłmowe nauszniki przeciwhałasowe



DRGANIA MECHANICZNE (WIBRACJE)

Drgania mechaniczne

- ❖ **Drganiami** nazywane są procesy, w których charakterystyczne dla nich wielkości fizyczne są zmienne w czasie.
- ❖ Węższym pojęciem są **drżania mechaniczne**, definiowane jako ruch cząstek ośrodka sprężystego względem położenia równowagi.
- ❖ Drgania mechaniczne mogą rozprzestrzeniać się w ośrodkach zarówno płynnych, jak i stałych.
- ❖ Jednak w aspekcie ochrony i bezpieczeństwa człowieka w środowisku pracy, rozpatrywane są jedynie drżania mechaniczne (wibracje), które rozprzestrzeniają się w ośrodkach stałych.

Drgania mechaniczne - określenia

- ❖ **Drgania własne** - drgania, których charakter zależy tylko od właściwości fizycznych układu drgającego (bezwładności, tłumienia i sprężystości), a nie od sposobu wymuszenia drgań.
- ❖ **Drgania wymuszone** - drgania układu drgającego wywołane zewnętrznym źródłem energii, mające taki sam charakter, jak siły wymuszające.

Drgania mechaniczne - określenia

- ❖ **Rezonans drgań** - zjawisko zachodzące w układach fizycznych, polegające na gwałtownym wzroście amplitudy drgań danego układu pod wpływem wymuszającej siły zewnętrznej o częstotliwości wymuszenia równej lub bliskiej częstotliwości drgań własnych układu bez dostarczania dodatkowej energii.
- ❖ **Źródło drgań mechanicznych** - układ fizyczny wytwarzający drgania mechaniczne, które są przekazywane do innych układów fizycznych, w tym także do organizmu człowieka.

Wielkości charakteryzujące drgania mechaniczne na stanowiskach pracy

- ❖ Podstawowymi parametrami charakteryzującymi drgania są:
 - ❖ **amplituda**
 - ❖ **częstotliwość**

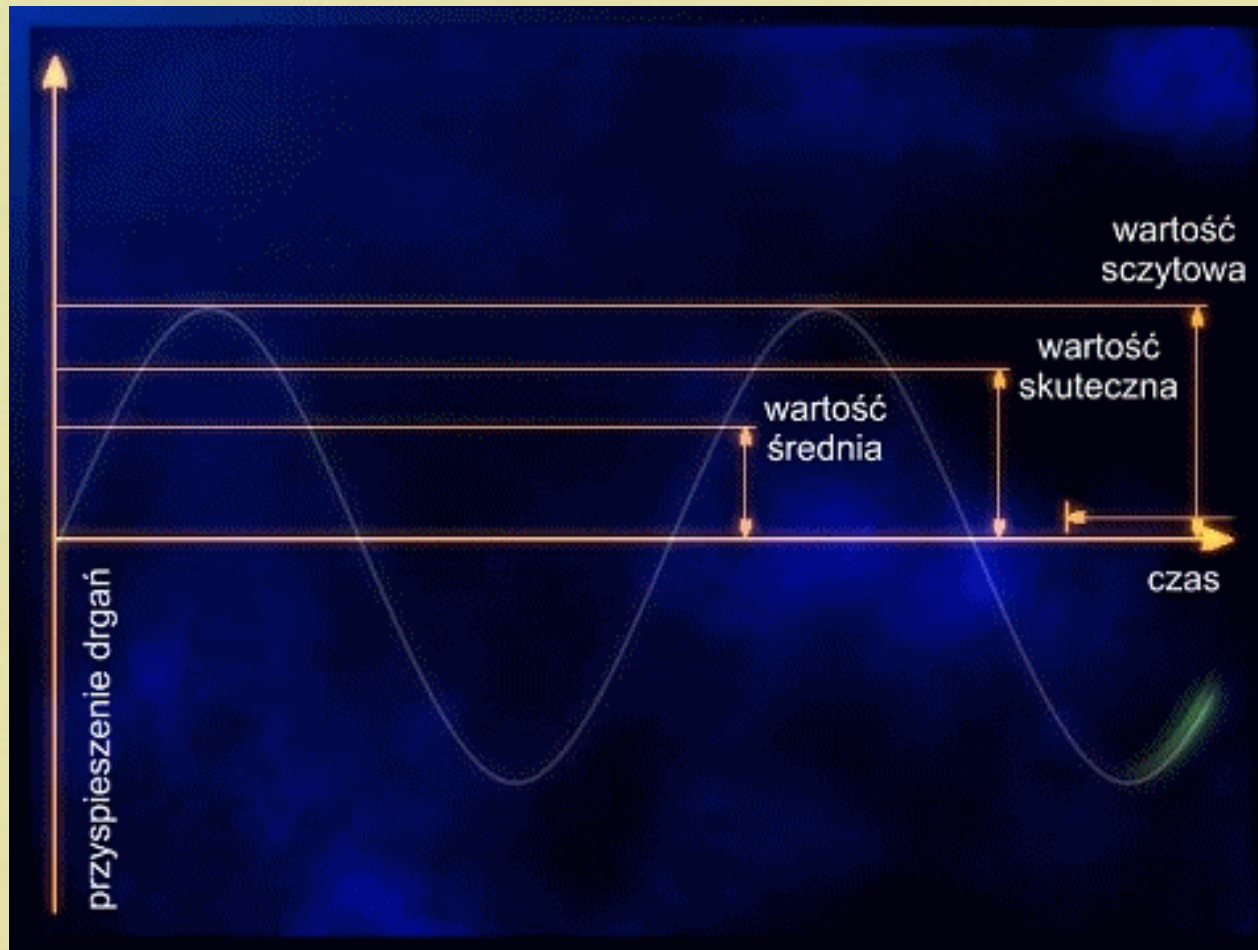
Wielkości charakteryzujące drgania mechaniczne na stanowiskach pracy

- ❖ Amplituda drgań mechanicznych może być opisana przez jedną z następujących wielkości:
 - ❖ przemieszczenie (wychylenie),
 - ❖ prędkość,
 - ❖ **przyspieszenie.**

Wielkości charakteryzujące drgania mechaniczne na stanowiskach pracy

- ❖ Przy ocenie wpływu drgań mechanicznych na organizm człowieka na stanowisku pracy wykorzystywaną zazwyczaj miarą amplitudy jest przyspieszenie drgań.
- ❖ Wielkość ta charakteryzuje stronę energetyczną ruchu drgającego

SYGNAŁ DRGANIOWY W FUNKCJI CZASU



Wielkości charakteryzujące drgania mechaniczne na stanowiskach pracy

Na stanowisku pracy wykorzystywana jest **wartość skuteczna przyspieszenia drgań a_{RMS} , w m/s^2 ,** która uwzględnia zarówno historię czasową przebiegu drgań, jak i informacje o wielkości amplitudy.

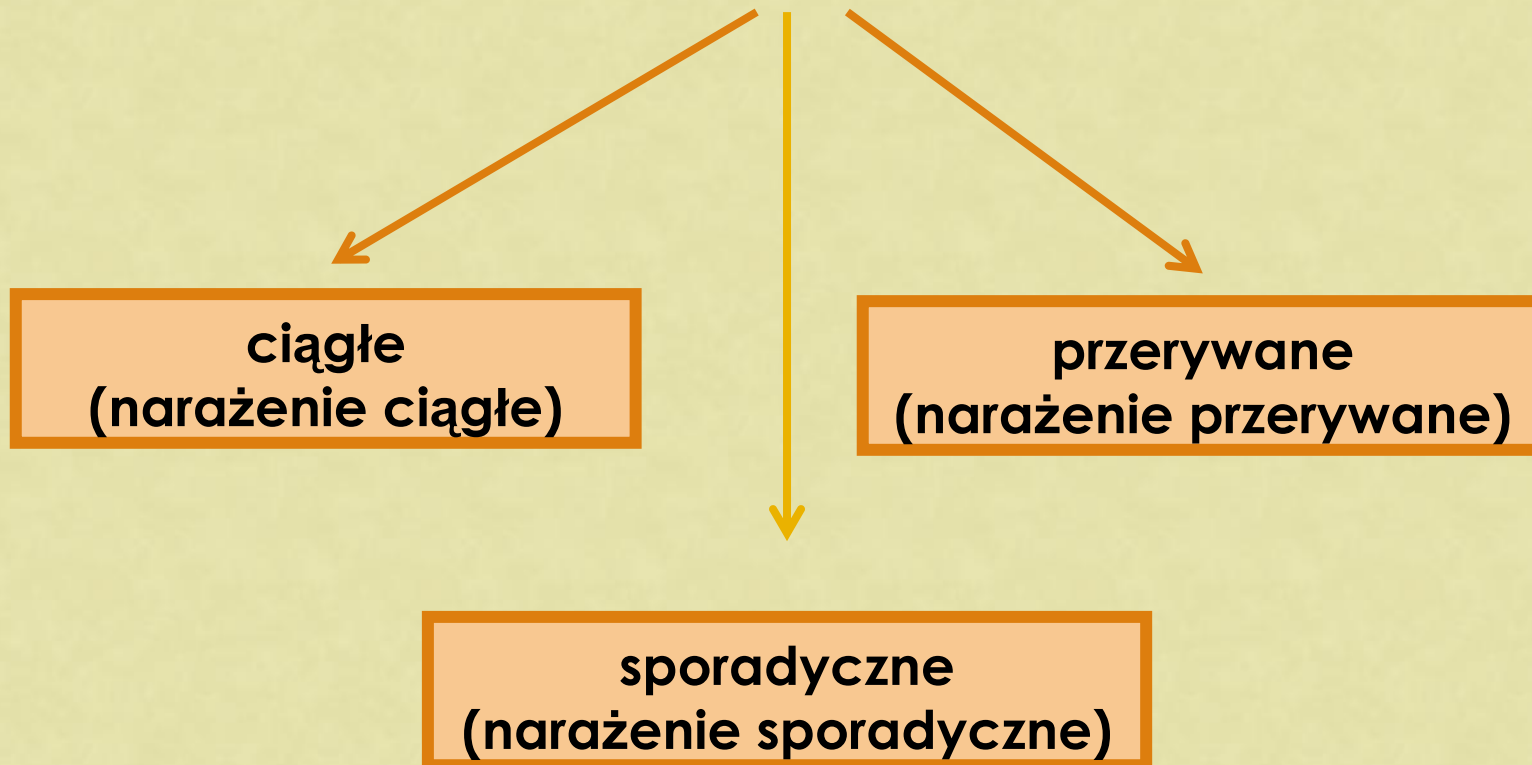
Wielkości charakteryzujące drgania mechaniczne na stanowiskach pracy

Po zastosowaniu charakterystyk korekcyjnych
uzyskiwane są:

**skorygowane w dziedzinie częstotliwości wartości
skuteczne przyspieszenia drgań
(skorygowane wartości przyspieszenia drgań)**

$a_{w,RMS}$, w m/s^2 .

Podział drgań ze względu na charakter narażenia

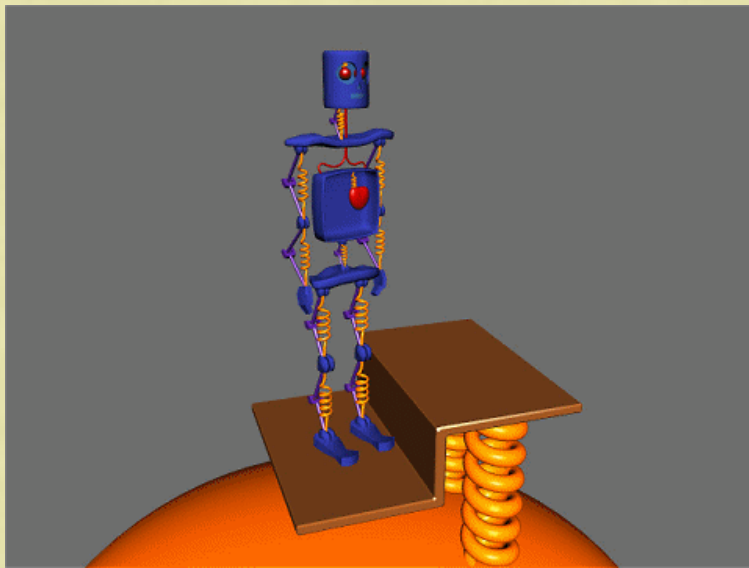


Podział drgań

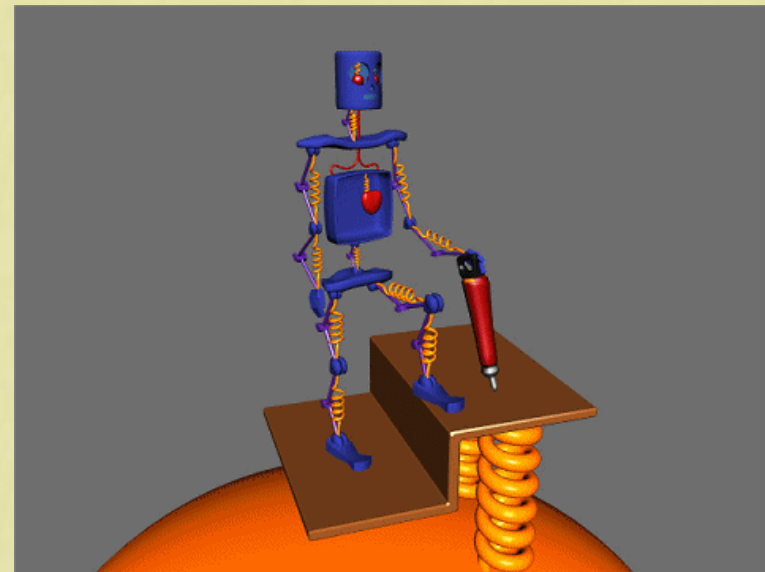
- ❖ **Drgania ciągłe** są to drgania występujące bez przerw w trakcie całej zmiany roboczej, z pominięciem: regularnych przerw w pracy, przerw na posiłki, czynności przed podjęciem pracy i po jej zakończeniu.
- ❖ **Drgania przerywane** są to drgania występujące wielokrotnie w ciągu zmiany roboczej, z przerwami, które mogą być spowodowane przemieszczaniem się osób narażonych, cyklicznością technologii, wyłączaniem źródeł itp.
- ❖ **Drgania sporadyczne** są to drgania występujące nieregularnie, związane z czynnościami wykonywanymi dorywczo, np. raz w ciągu zmiany roboczej, raz w tygodniu itp.

Podział drgań ze względu na sposób ich oddziaływania na organizm człowieka

o ogólnym działaniu na organizm człowieka



działające na organizm człowieka przez kończyny górne



Narażenie pracownika na drgania działające na jego organizm przez kończyny górne



SKUTKI SZKODLIWEGO ODDZIAŁYWANIA DRGAŃ NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

FUNKCJONALNE

ZAKŁÓCENIA KOORDYNACJI RUCHÓW

WYDŁUŻENIE CZASU REAKCJI
WZROKOWEJ

WYDŁUŻENIE CZASU REAKCJI
RUCHOWEJ

NADMIERNE ZMĘCZENIE

OBNIŻENIE JAKOŚCI
WYKONYWANEJ PRACY

FIZJOLOGICZNE

ZABURZENIA CZYNNOŚCI NARZĄDÓW
WEWNĘTRZNYCH

ZMIANY W UKŁADZIE NERWOWYM

SCHORZENIA NACZYŃ KRWIONOŚNYCH

ZMIANY W UKŁADZIE KOSTNO
STAWOWYM

ZABURZENIA CZYNNOŚCI MIĘŚNI I
ŚCIĘGIEN

ROZWÓJ ZMIAN
CHOROBYCH

SKUTKI SPOŁECZNE I
EKONOMICZNE

Zespół wibracyjny



Źródło: P.L.Pelmar, M.D.; W.Taylor,M.D.; D.E.Wasserman: MSEE „HAND-ARM VIBRATION...”

Zespół wibracyjny



Źródło: P.L.Pelmar, M.D.; W.Taylor,M.D.; D.E.Wasserman: MSEE „HAND-ARM VIBRATION...”

POMIARY DRGAŃ MECHANICZNYCH I OCENA NARAŻENIA

WARTOŚCI DOPUSZCZALNE

Ogólne zasady

- ❖ **Wielkością mierzoną na stanowisku pracy jest skorygowane przyspieszenie drgań.**
- ❖ Zarówno dla drgań ogólnych jak i miejscowych pomiary wartości skorygowanej przyspieszenia wykonuje się w trzech prostopadłych do siebie kierunkach: x , y , z prawoskrętnego, prostokątnego układu współrzędnych.

Ogólne zasady

❖ Pomiar przeprowadza się w typowych warunkach występujących na danym stanowisku pracy, przy wykonywaniu przez pracownika typowych czynności, podczas normalnej eksploatacji pojazdu, narzędzia, maszyny lub urządzenia.

Ogólne zasady

❖ Zmierzone na stanowisku pracy skorygowane skuteczne przyspieszenie drgań, charakteryzujące drgania w poszczególnych kierunkach x, y i z, wraz z czasem ich działania jest podstawą do wyznaczenia wielkości służących do oceny narażenia na drgania:

- ❖ **dziennej ekspozycji (odniesionej do 8 godzin),**
- ❖ **ekspozycji krótkotrwałej (trwającej 30 min lub krócej).**

Wartości progów działania – drgania miejscowe

Rodzaj drgań	Wielkość charakteryzująca drgania mechaniczne w środowisku pracy	Wartość progu działania
drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	Ekspozycja dzienna A(8) wyrażona w postaci równoważnej energetycznie dla 8 godzin działania sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz})	2,5 m/s²

Wartości progów działania – drgania ogólne

Rodzaj drgań	Wielkość charakteryzująca drgania mechaniczne w środowisku pracy	Wartość progu działania
drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	Ekspozycja dzienna A(8) wyrażona w postaci równoważnego energetycznie dla 8 godzin działania skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań, dominującego wśród przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych z uwzględnieniem właściwych współczynników ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz})	0,5 m/s²

Wartości dopuszczalne (NDN) drgań mechanicznych

Rodzaj drgań	Wielkość charakteryzująca drgania mechaniczne w środowisku pracy	Wartość dopuszczalna
drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	2,8 m/s ²
	Krótkotrwała ekspozycja na drgania, $a_{hv, 30min}$	11,2 m/s ²
drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	0,8 m/s ²
	Krótkotrwała ekspozycja na drgania, $a_{w, 30min}$	3,2 m/s ²

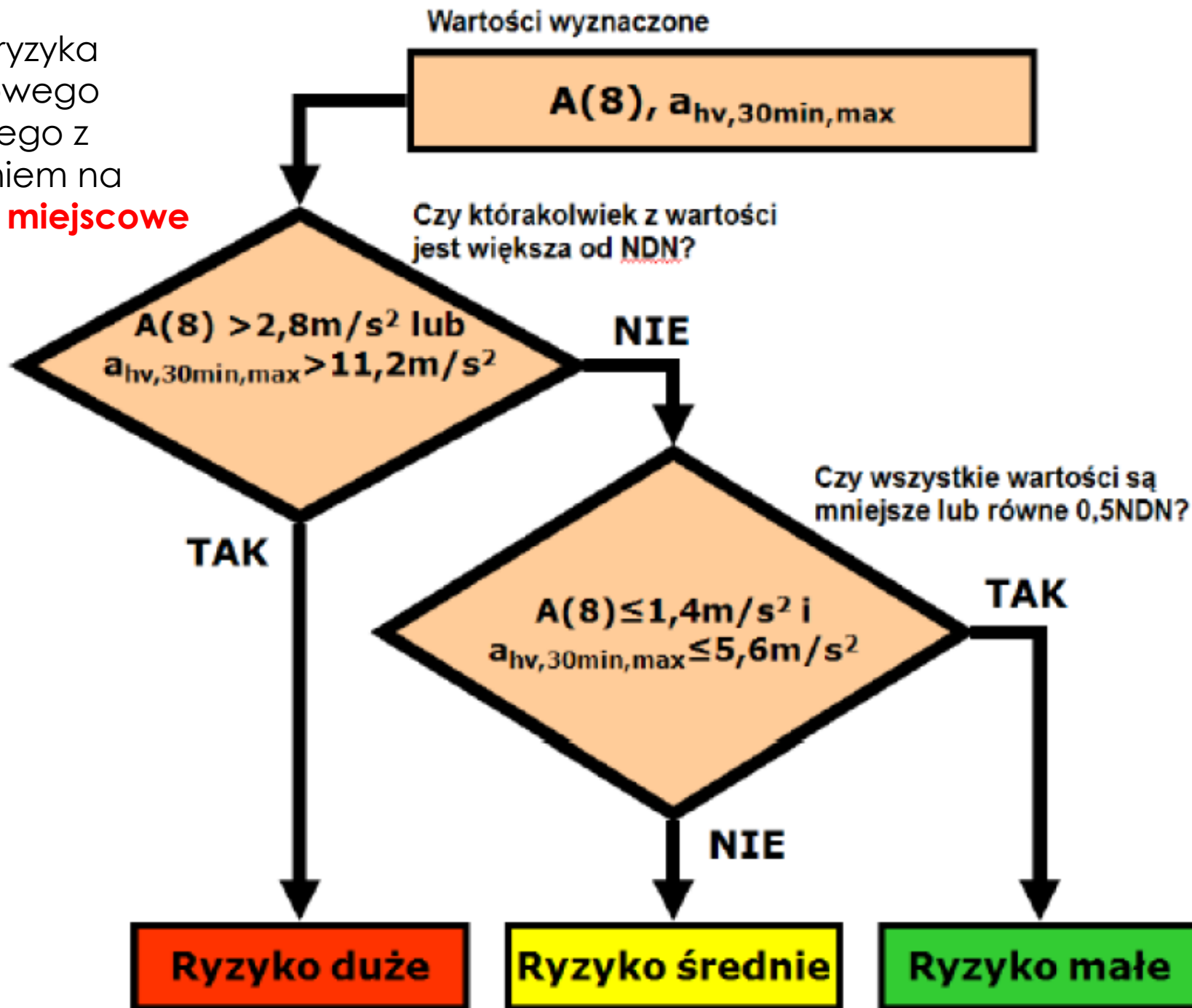
Wartości dopuszczalne (NDN) drgań mechanicznych - młodociani

Rodzaj drgań	Wielkość charakteryzująca drgania mechaniczne w środowisku pracy	Wartość dopuszczalna
drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	1,0 m/s ²
	Krótkotrwała ekspozycja na drgania, $a_{hv, 30min}$	4,0 m/s ²
drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	0,19 m/s ²
	Krótkotrwała ekspozycja na drgania, $a_{w, 30min}$	0,76 m/s ²

Wartości dopuszczalne (NDN) drgań mechanicznych – kobiety w ciąży

Rodzaj drgań	Wielkość charakteryzująca drgania mechaniczne w środowisku pracy	Wartość dopuszczalna
drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	1,0 m/s ²
	Krótkotrwała ekspozycja na drgania, $a_{hv, 30min}$	4,0 m/s ²
drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	Dzienna ekspozycja na drgania, $A(8)$	Praca wzbroniona

Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na **drgania miejscowe**



Wartości wyznaczone

$A(8), a_{hv,30min,max}$

Czy którakolwiek z wartości
jest większa od NDN?

$A(8) > 1,0m/s^2$ lub
 $a_{hv,30min,max} > 4,0m/s^2$

NIE

Czy wszystkie wartości są
mniejsze lub równe 0,5NDN?

TAK

$A(8) \leq 0,5m/s^2$ i
 $a_{hv,30min,max} \leq 2,0m/s^2$

TAK

NIE

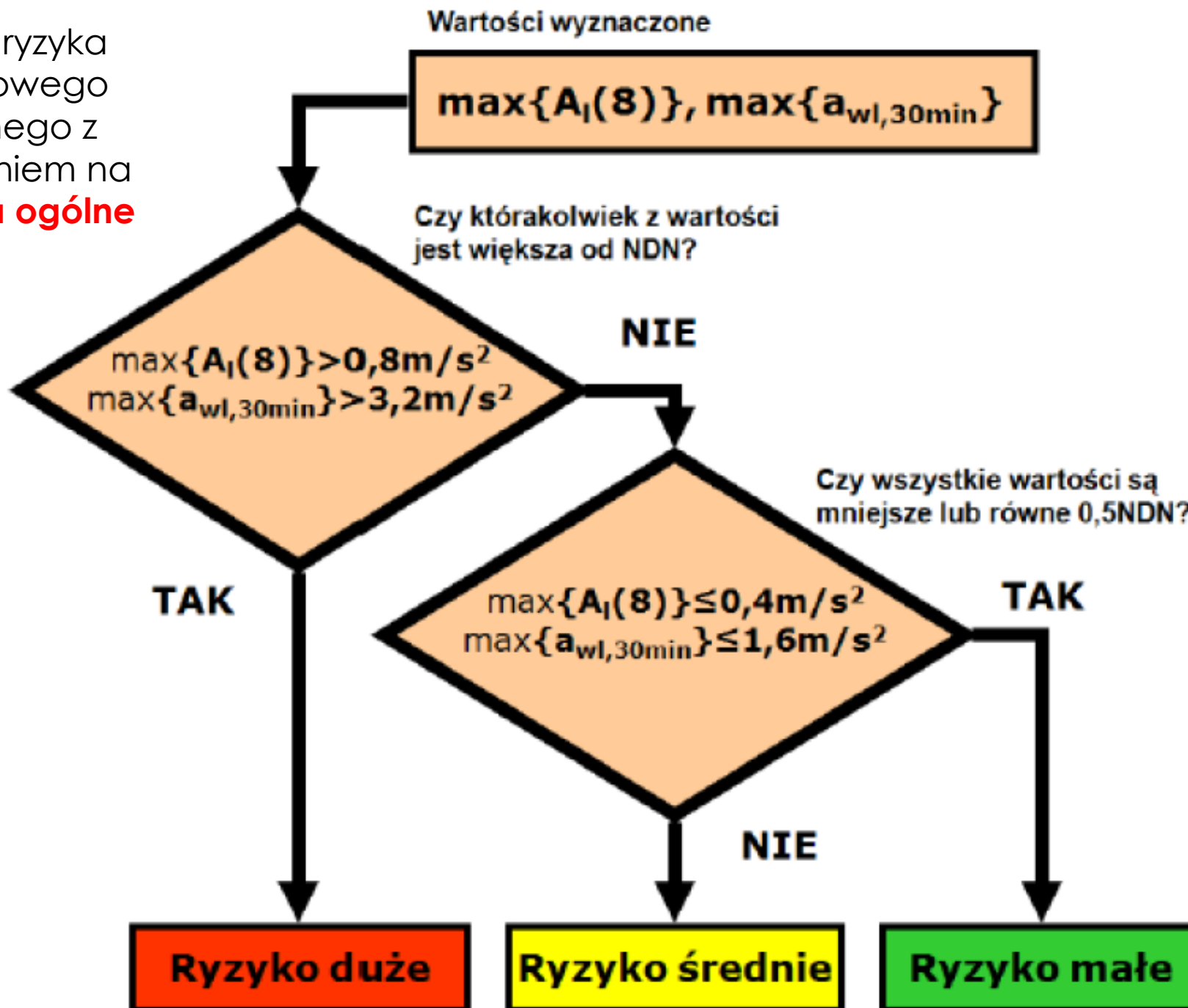
Ryzyko duże

Ryzyko średnie

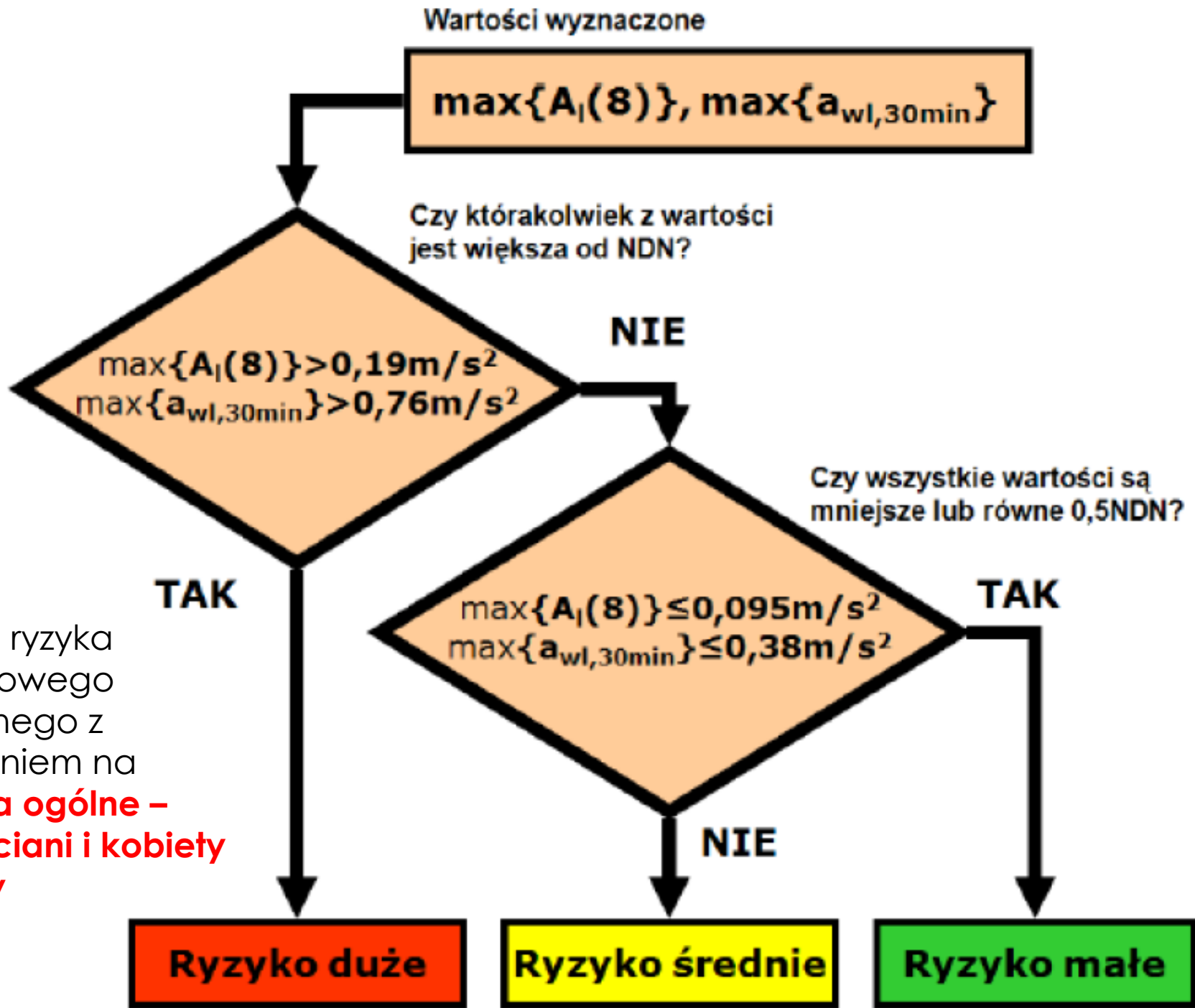
Ryzyko małe

Ocena ryzyka
zawodowego
związanego z
narażeniem na
**drżania miejscowe –
młodociani i kobiety
w ciąży**

Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na **drżenia ogólne**



Ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na **drgania ogólne – młodociani i kobiety w ciąży**



Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi

❖ Metody techniczne:

- ❖ minimalizowanie drgań u źródła ich powstawania (zmniejszanie wibroaktywności źródeł),
- ❖ minimalizowanie drgań na drodze ich propagacji
- ❖ automatyzację procesów technologicznych i zdalne sterowanie źródłami drgań.

Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi

❖ Metody organizacyjno-administracyjne:

- ❖ skracanie czasu narażenia na drgania w ciągu zmiany roboczej,
- ❖ wydzielanie specjalnych pomieszczeń do odpoczynku,
- ❖ przesuwanie do pracy na innych stanowiskach osób szczególnie wrażliwych na działanie drgań,
- ❖ szkolenia pracowników w celu uświadomienia ich o występujących zagrożeniach powodowanych ekspozycją na drgania oraz w zakresie możliwie bezpiecznej obsługi maszyn i narzędzi.

Metody ograniczania zagrożeń drganiami mechanicznymi

❖ **Profilaktyka medyczna.**

Dopuszczalny czas pracy przy określonych warunkach narażenia na drgania

$$t_{\text{dop}} = \left(\frac{a_{w,\text{dop}}}{a_{w,\text{eq},8\text{h}}} \right)^2 \times t_r$$

- $a_{w,\text{dop}}$ – dopuszczalna wartość ważona przyspieszenia drgań, m/s^2
- $a_{w,\text{eq},8\text{h}}$ – równoważna za 8 godzin wartość ważona przyspieszenia drgań, m/s^2
- t_r - rzeczywisty czas narażenia na drgania o wartości ważonej przyspieszenia drgań $a_{w,\text{RMS}}$ stałej w ciągu zmiany roboczej trwającej 8 godzin

Profilaktyka w przypadku drgań miejscowych

- ❖ Siła docisku na narzędzie nie powinna przekraczać 200 N.
- ❖ Siła zaciskania ręki przy pracy z narzędziami nie powinna przekraczać 50 N.
- ❖ Na stanowisku pracy temperatura powietrza powinna wynosić co najmniej 16 °C.
- ❖ Wilgotność względna 40-60 % a prędkość ruchu powietrza 0,3 m/s.
- ❖ Operatorzy powinni stosować rękawice przeciwwibracyjne.

Rękawice antywibracyjne



Zgodnie z wymaganiami normy EN ISO 10819:1996:

- nie wzmacniają drgań w zakresie częstotliwości 32÷200 Hz,
- tłumią drgania w zakresie częstotliwości 200÷1250 Hz co najmniej o 40%.

Profilaktyka w przypadku drgań ogólnych

- ❖ Stosowanie materiałów wibroizolacyjnych wpływających na osłabienie drgań ogólnych.
- ❖ Stosowanie materiałów wibroizolacyjnych wpływających na osłabienie energii drgań akustycznych i mechanicznych na drodze ich propagacji (wibratory gumowe, sprężyny i wyroby wibroizolacyjne z korka lub tworzyw sztucznych).
- ❖ Stosowanie powłok tłumiących i tłumików drgań.

Profilaktyka w przypadku drgań ogólnych



POLA ELEKTROMAGNETYCZNE

Pola elektromagnetyczne

❖ Terminy

„pola i promieniowanie elektromagnetyczne”,
a w skrócie

„pola elektromagnetyczne” lub „pola”
dotyczą pól elektrostatycznych,
magnetostatycznych i elektromagnetycznych
zmiennych w czasie o częstotliwościach nie
przekraczających 300 GHz (tj. 300 000 000 000 Hz).

Najistotniejsze właściwości pól elektromagnetycznych to:

- ❖ fizyczny czynnik środowiska,
- ❖ opisany parametrami wektorowymi,
- ❖ częstotliwość do 300 GHz,
- ❖ długość fali większa niż promieniowania podczerwonego (> 1 mm),
- ❖ brak zdolności do jonizacji ośrodka - promieniowanie niejonizujące,
- ❖ zdolność indukowania prądów i ładunków elektrycznych w eksponowanych obiektach,
- ❖ propagacja w powietrzu z prędkością światła.

Pola i promieniowanie elektromagnetyczne - wiadomości podstawowe

❖ **Ładunki elektryczne** wytwarzają w swoim otoczeniu **pola elektryczne** (wielkością opisującą pole elektryczne jest natężenie pola elektrycznego E , którego jednostką jest V/m), a jeżeli są w ruchu (czyli tworzą prąd elektryczny) to również **pola magnetyczne** (wielkością opisującą pole magnetyczne jest natężenie pola magnetycznego H , którego jednostką jest A/m lub indukcja magnetyczna B , którego jednostką jest tesla $[T]$, przy czym $1 T = 800\,000 A/m$).

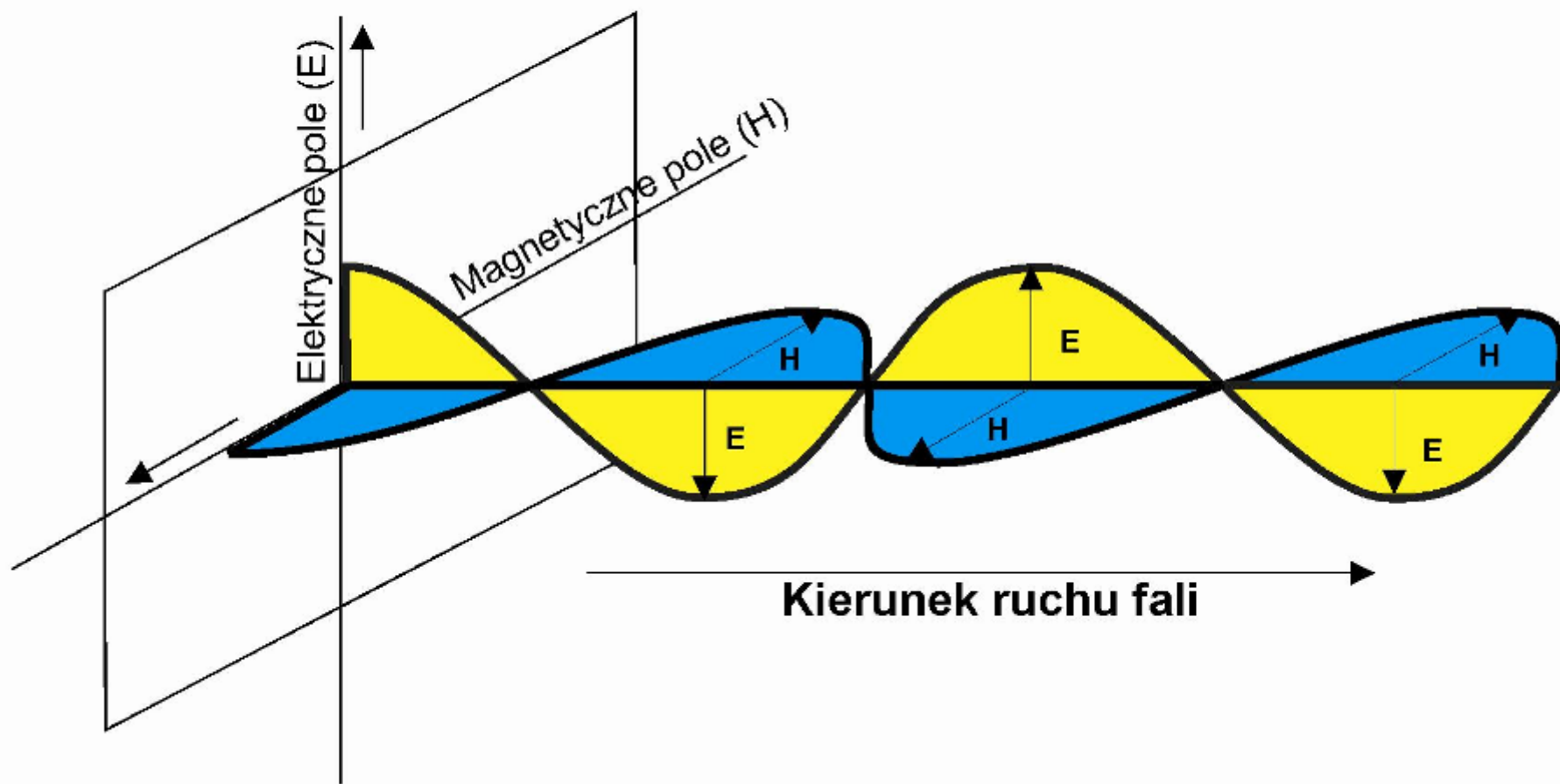
Pola i promieniowanie elektromagnetyczne - wiadomości podstawowe

- ❖ W polach zgromadzona jest energia, odpowiednio elektryczna i magnetyczna.
- ❖ Jeżeli pola zmieniają się w czasie (z częstotliwością f), to energia w nich zgromadzona rozchodzi się w przestrzeni z prędkością światła c .
- ❖ Tę rozchodzącą się energię nazywamy **promieniowaniem elektromagnetycznym**.

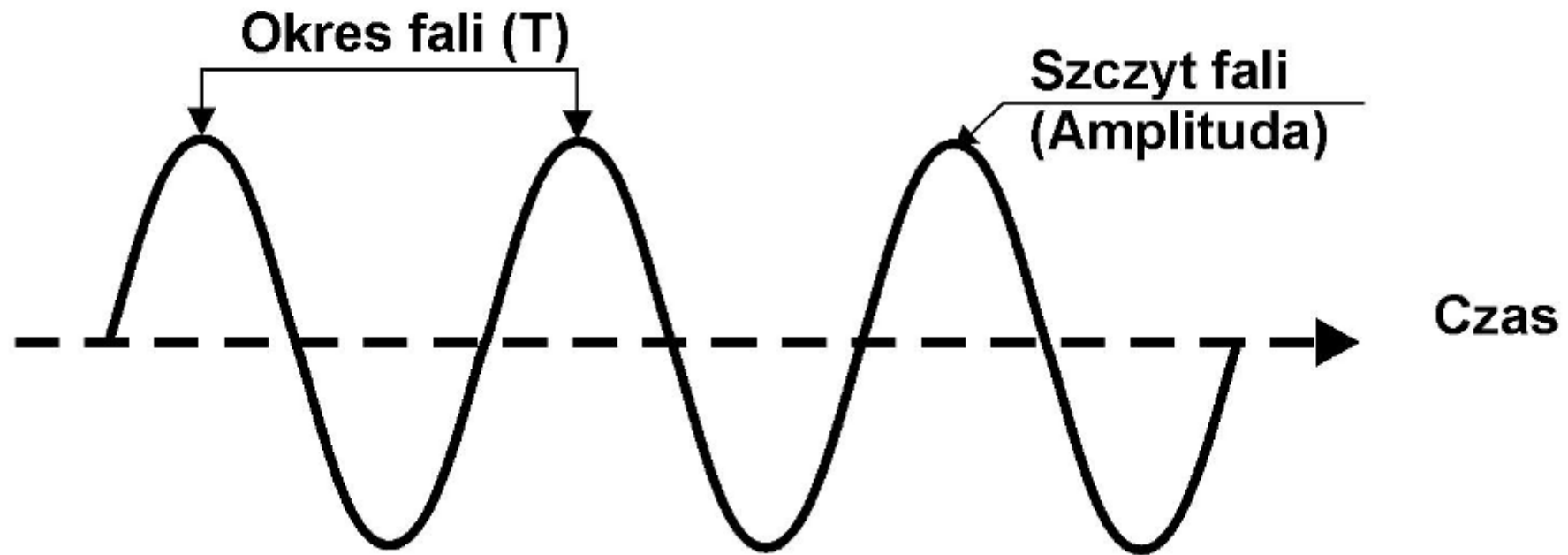
Pola i promieniowanie elektromagnetyczne - wiadomości podstawowe

- ❖ Wraz z energią rozchodzą się również pola, które w dowolnym miejscu okresowo zmieniają się z częstotliwością f .
- ❖ Takie okresowe zmiany pola elektrycznego i magnetycznego zachodzące z prędkością światła nazywamy **falą elektromagnetyczną**.
- ❖ Oprócz częstotliwości do opisu fali często stosuje się długość fali λ ($\lambda=c/f$).

Fala elektromagnetyczna



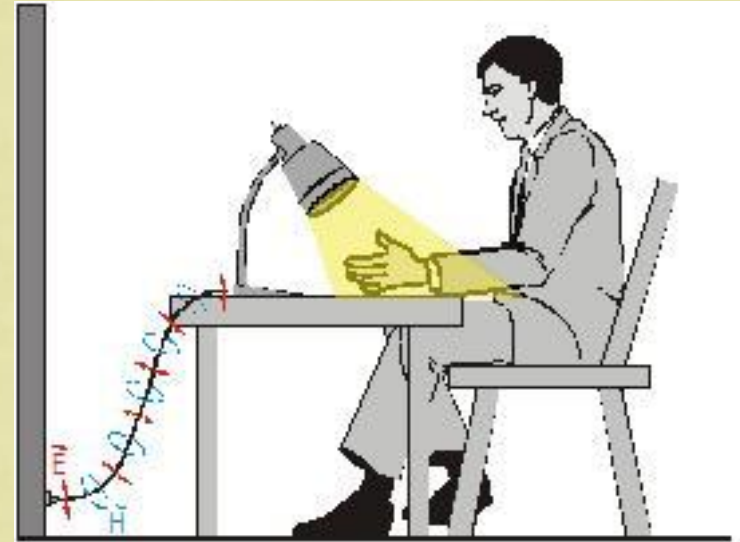
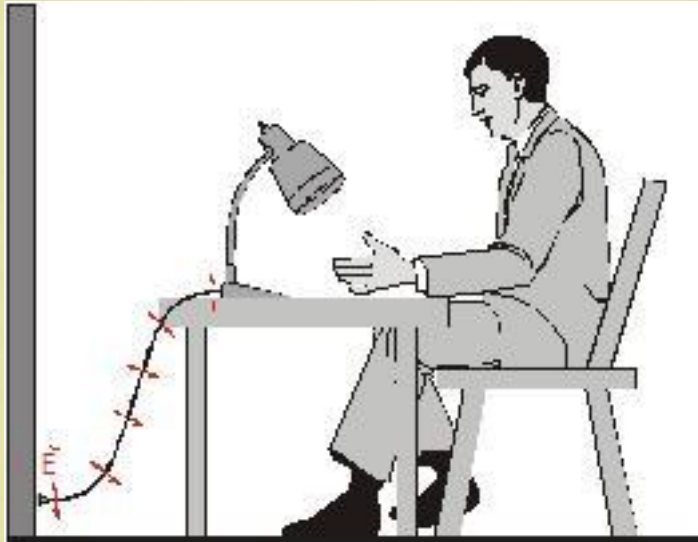
Podstawowe parametry fali



$$\text{częstotliwość} = \frac{1}{\text{okres fali}} \quad \left(f = \frac{1}{T} \right)$$

$$\text{długość fali} = \frac{\text{prędkość}}{\text{częstotliwość}} \quad \left(\lambda = \frac{c}{f} \right)$$

Pola wytwarzane wokół lampki elektrycznej

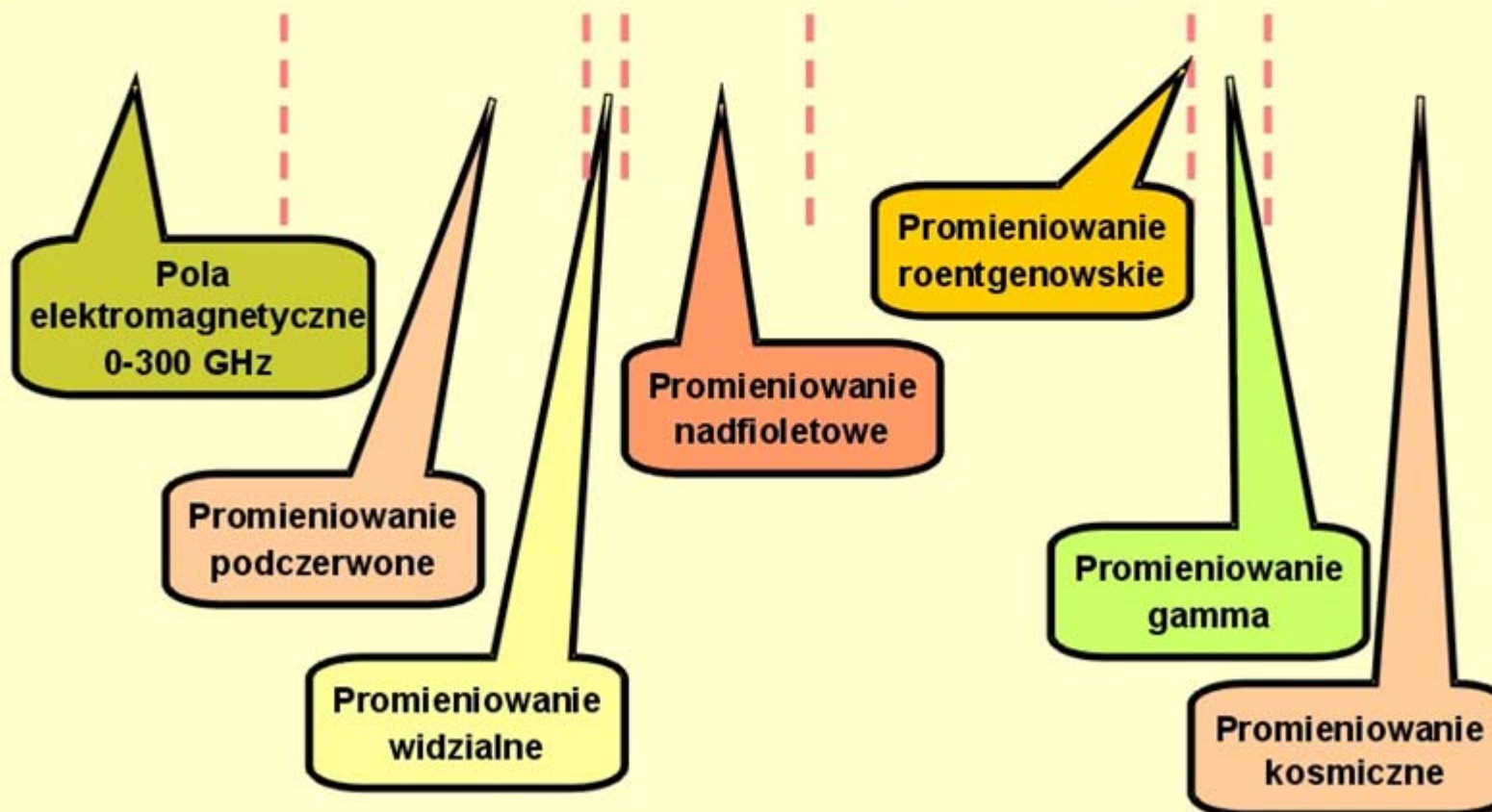


Jeżeli lampka nie świeci ale jest podłączona do gniazdka wytwarza wokół siebie jedynie pole elektryczne, a w chwili zaświecenia żarówki pojawia się również pole magnetyczne.

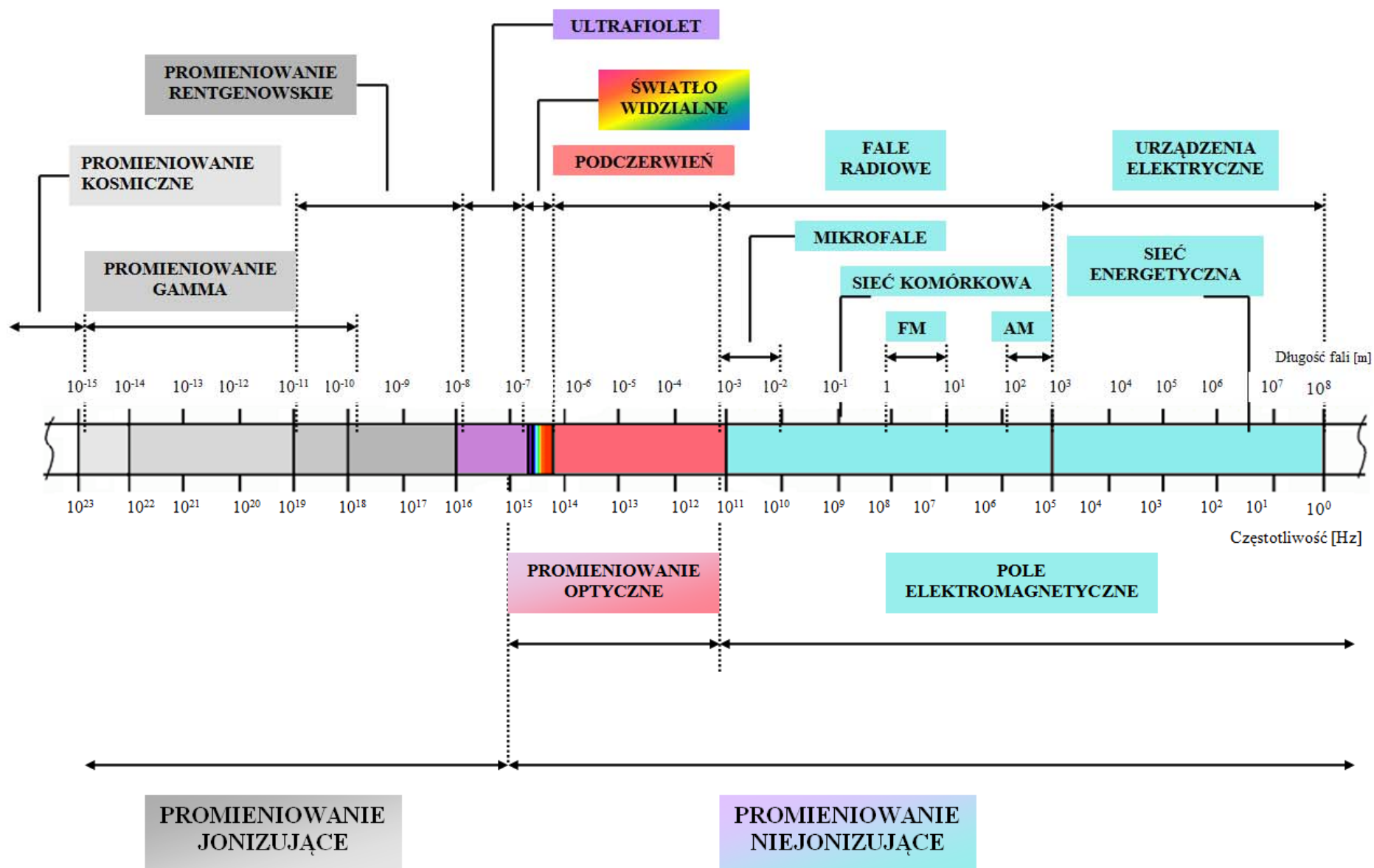
(według obecnego stanu wiedzy, właśnie pole magnetyczne stanowi największe zagrożenie dla osób eksponowanych na PEM)

Widmo promieniowania elektromagnetycznego

0 10^2 10^4 10^6 10^8 10^{10} 10^{12} GHz



WIDMO ELEKTROMAGNETYCZNE



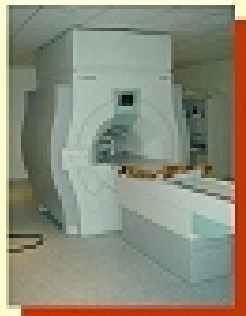
Źródła pól elektromagnetycznych (1)

0 10^2 10^4 10^6 10^8 10^{10} $3 \cdot 10^{11}$ Hz

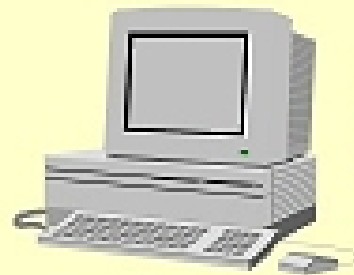
(10 kHz)

(1 MHz)

(10 GHz)



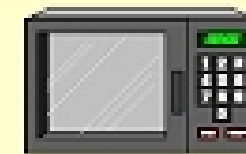
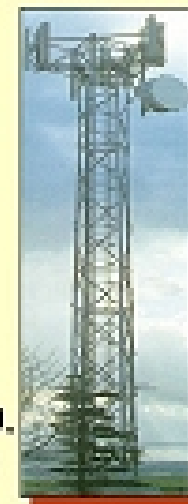
Tomografy NMR
0 Hz



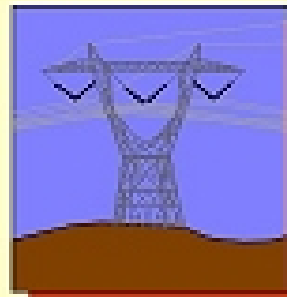
Monitory
komputerowe
50 ÷ 100 Hz
i 15 ÷ 100 kHz



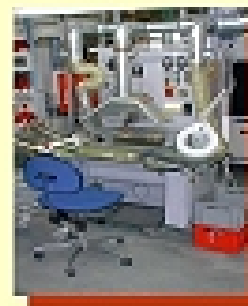
Telefonia
komórkowa 450,
900, 1800 MHz



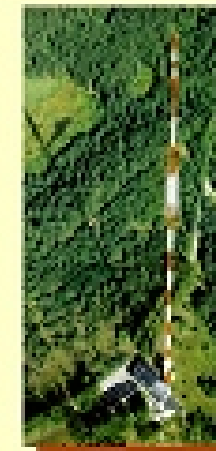
Kucharki
mikrofalowe
2,45 GHz



Urządzenia elektroenergetyczne 50 Hz



Urządzenia elektrotermiczne 50 Hz ÷ 27 MHz



Stacje
nadawcze
radiowo-
telewizyjne
0,2 ÷ 1000 MHz

Parametry charakteryzujące środowiskowe pola elektromagnetyczne

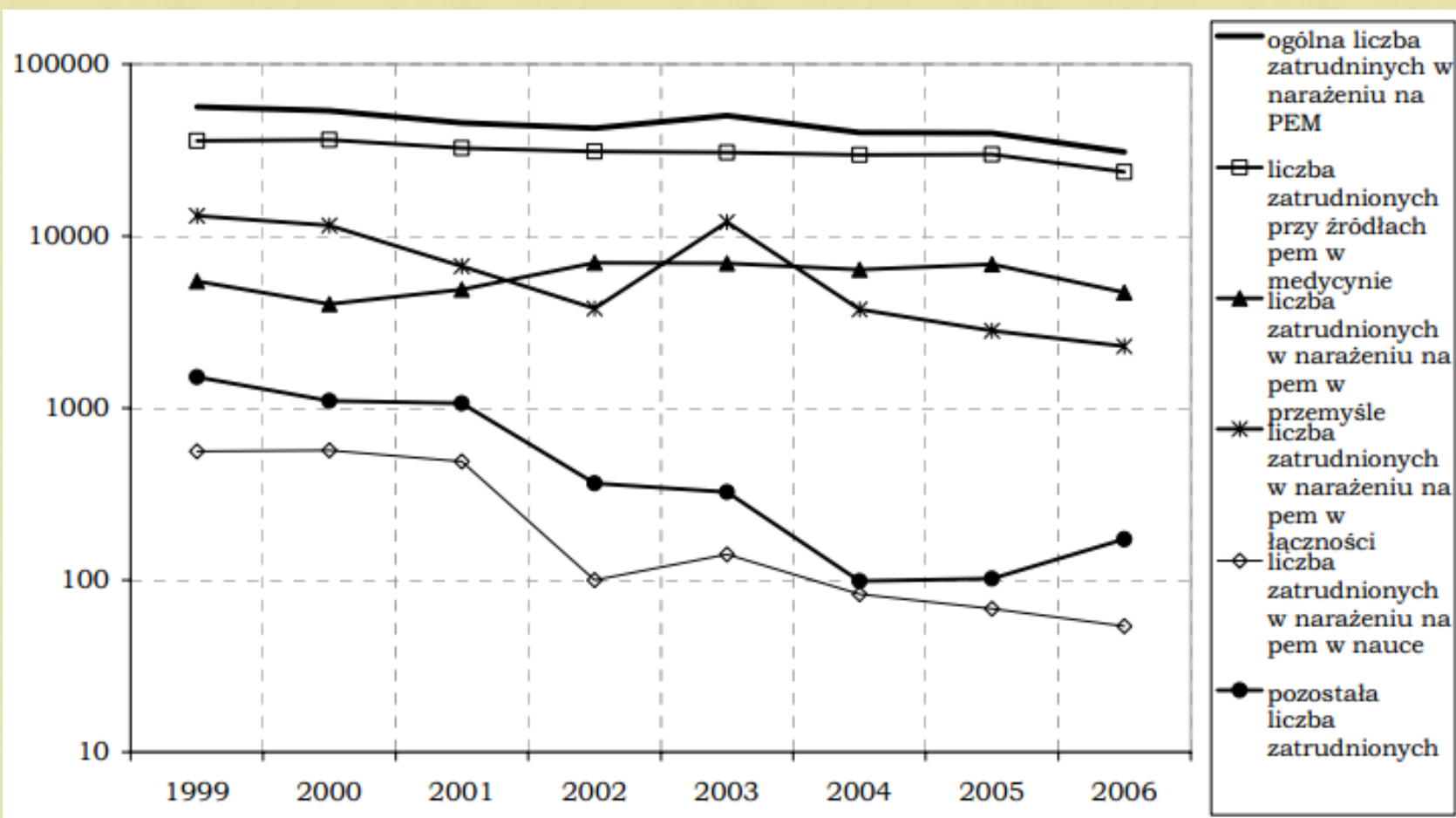
- ❖ natężenie pól elektrycznych (V/m)
- ❖ natężenie pól magnetycznych (A/m)
- ❖ indukcja magnetyczna (T) – alternatywnie do natężenia pola magnetycznego
- ❖ częstotliwość pól sinusoidalnie zmiennych w czasie (Hz)
- ❖ parametry zmienności w czasie pól niesinusoidalnych (np. modulacja lub widmo częstotliwości)
- ❖ czas trwania ekspozycji

Wielkości do scharakteryzowania skutków oddziaływania pola elektromagnetycznego występujących w organizmie człowieka :

- ❖ **szybkość pochłaniania właściwego energii (SAR)** – szybkość, z jaką energia jest pochłaniana w jednostce masy tkanki eksponowanego ciała, wyrażona w watach na kilogram (W/kg).
- ❖ **gęstość prądu (J)** – natężenie prądu przepływającego w przewodniku objętościowym (np. w ludzkim ciele) przez jednostkowe pole przekroju prostopadłe do kierunku przepływu prądu, (A/m^2).

ZAGROŻENIA BEZPIECZEŃSTWA I ZDROWIA
ZWIĄZANE Z ODDZIAŁYWANIEM PÓL
ELEKTROMAGNETYCZNYCH

Pracownicy zatrudnieni przy źródłach pól elektromagnetycznych (wg danych Państwowej Inspekcji Sanitarnej)



Skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego bezpośrednio na ludzi

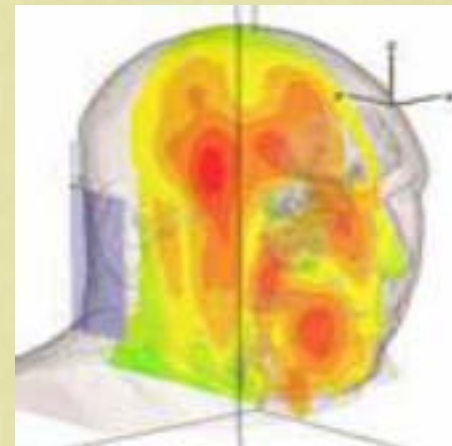
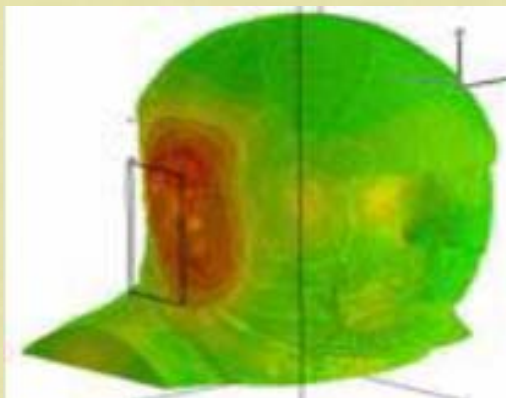
- ❖ Wśród zagrożeń fizycznych, które zostały zidentyfikowane jako znacząco lub bardzo znacząco narastające w środowisku pracy (ocena w 5-punktowej skali Liekerta), aż 3 zagrożenia związane są z ekspozycją pracowników na pola elektromagnetyczne:
 - ❖ silne pola magnetyczne przy urządzeniach rezonansu magnetycznego,
 - ❖ spawanie silnym prądem powodujące ekspozycję na pola elektromagnetyczne,
 - ❖ pola elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości urządzeń mikrofalowych i łączności bezprzewodowej.

Skutki oddziaływania pola magnetostaticznego silnego magnesu nadprzewodzącego tomografu rezonansu magnetycznego

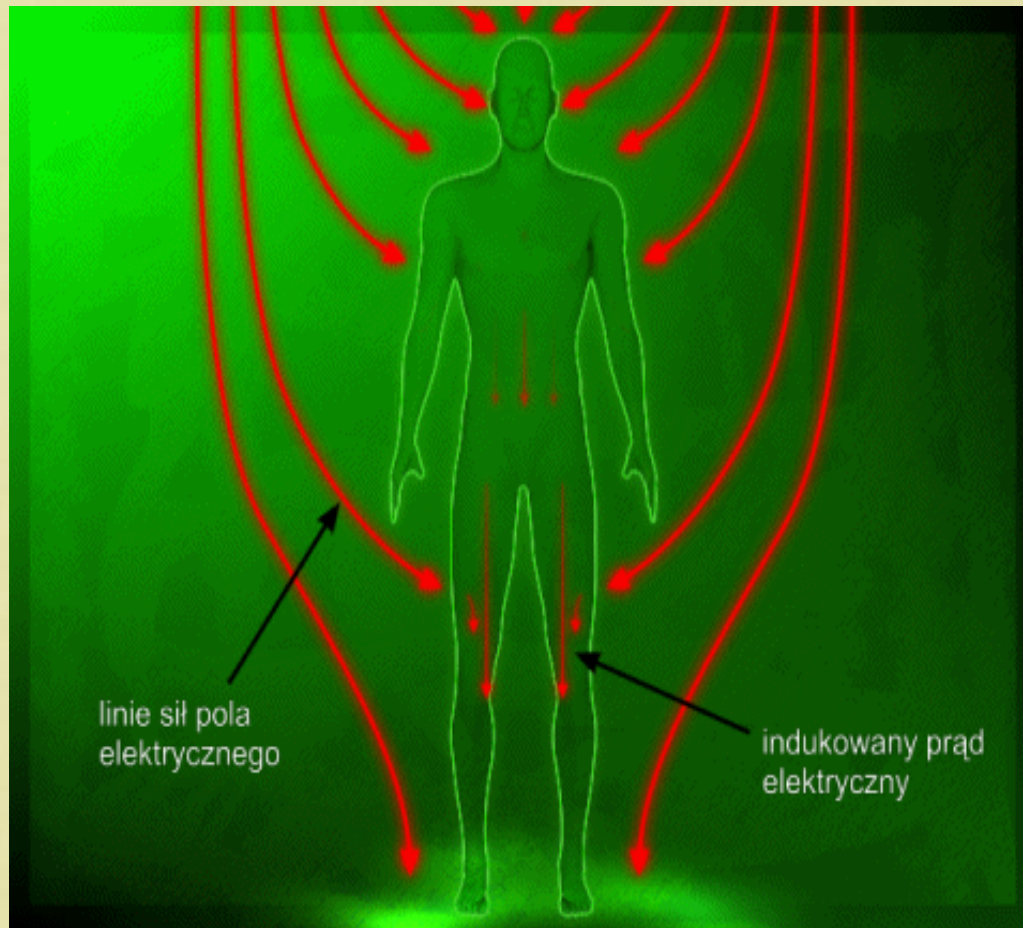


Natychmiastowe skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego bezpośrednio na ludzi

- ❖ prądy elektryczne indukowane wewnątrz ciała
- ❖ ogrzewanie tkanek na powierzchni lub wewnątrz ciała
- ❖ prądy kontaktowe

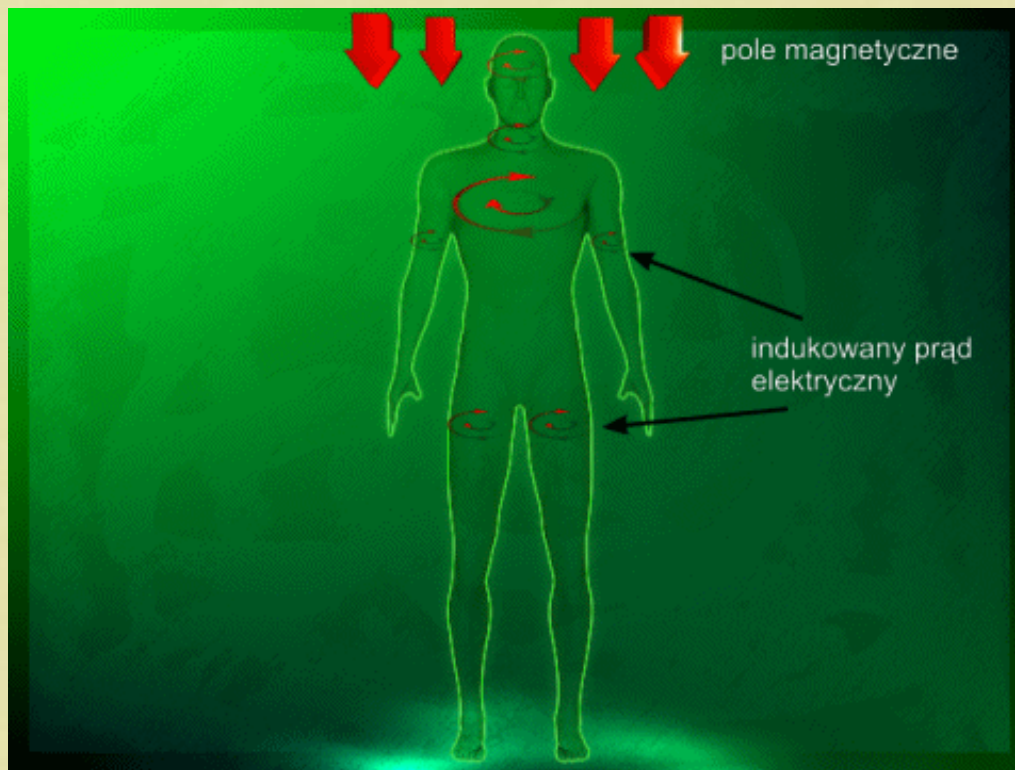


Prądy indukowane w organizmie człowieka przez pole elektryczne



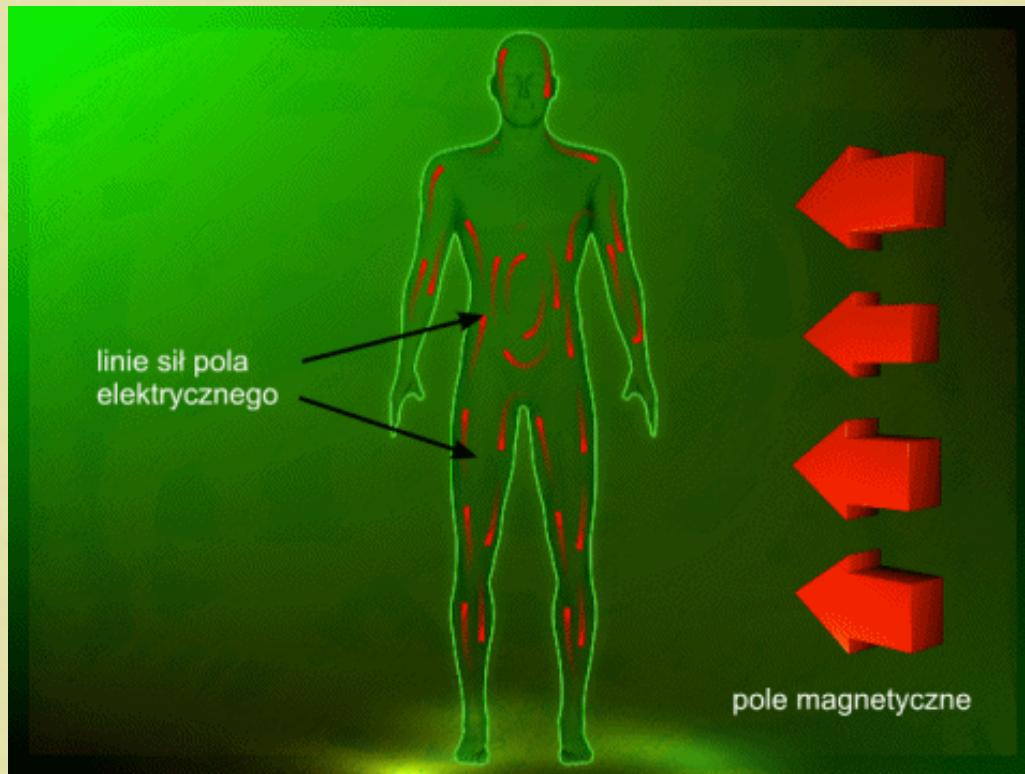
Człowiek w
polu
elektrycznym o
polaryzacji
pionowej

Prądy indukowane w organizmie człowieka przez pole magnetyczne



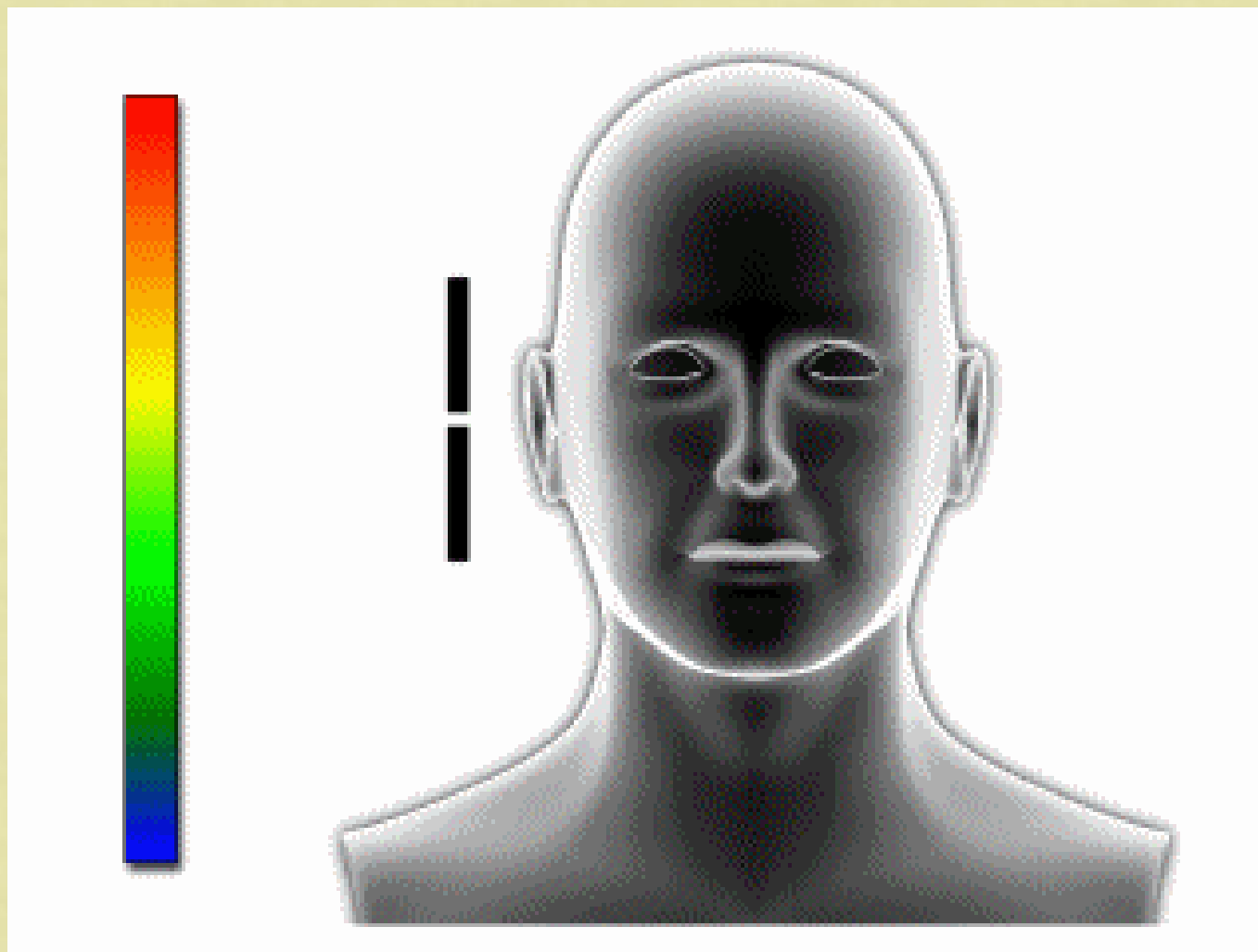
Człowiek w
polu
magnetycznym
o polaryzacji
pionowej

Prądy indukowane w organizmie człowieka przez pole magnetyczne



Człowiek w
polu
magnetycznym
o polaryzacji
poziomej

Efekty termiczne pochłaniania energii pól elektromagnetycznych we wnętrzu organizmu



PROFILAKTYKA TECHNICZNA I ORGANIZACYJNA

POLA ELEKTROMAGNETYCZNE

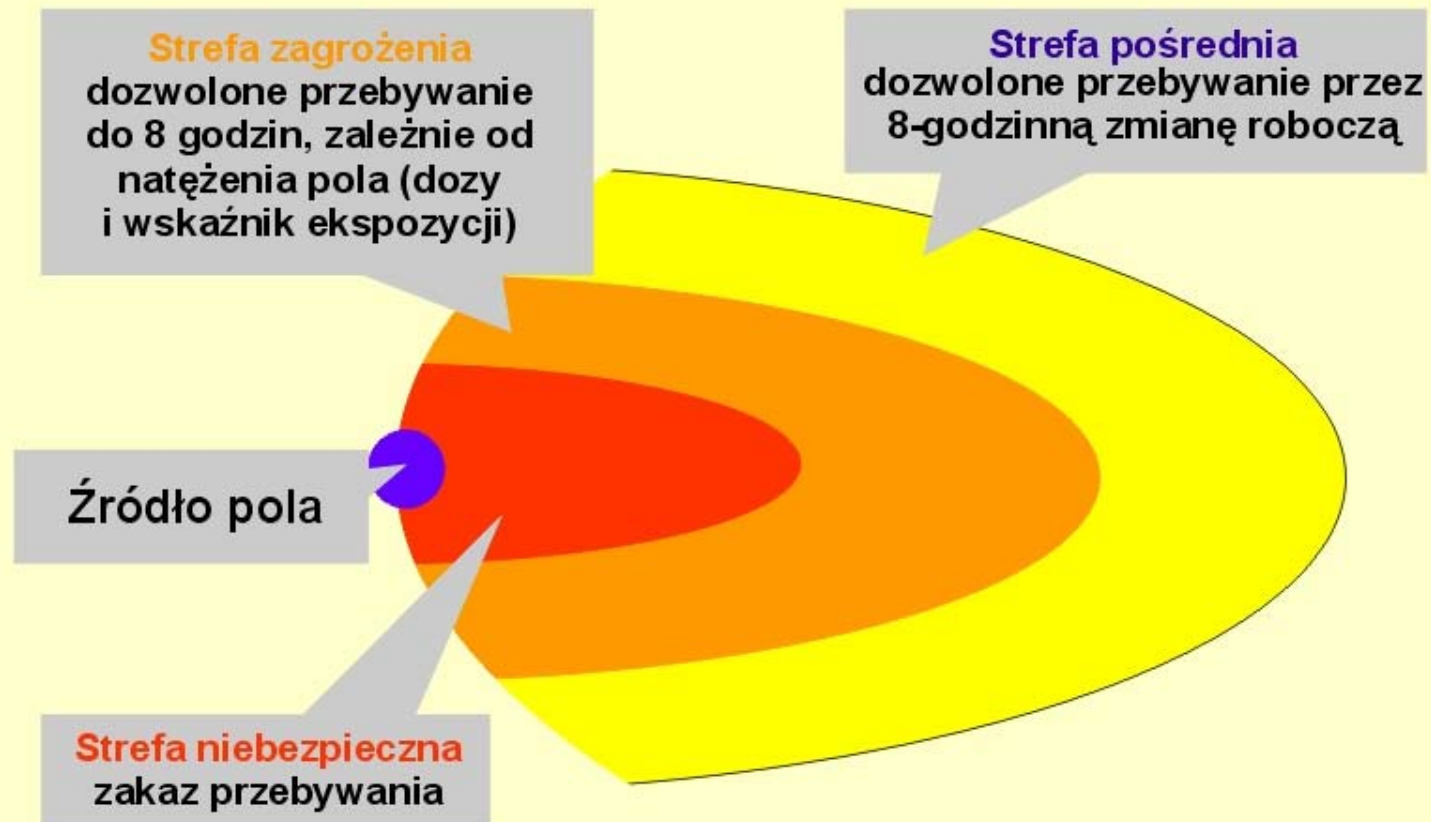
Warunki dopuszczalnej ekspozycji zawodowej w polach elektromagnetycznych

- ❖ W strefach ochronnych mogą przebywać jedynie pracownicy po przejściu specjalistycznego przeszkolenia i poddaniu się badaniom lekarskim, potwierdzającym brak przeciwwskazań zdrowotnych do ekspozycji – **ekspozycja zawodowa**
- ❖ Pozostali pracownicy podlegają ekspozycji według zasad dotyczących ogółu ludności – **ekspozycja pozazawodowa** – tylko w polach strefy bezpiecznej

Środki organizacyjne:

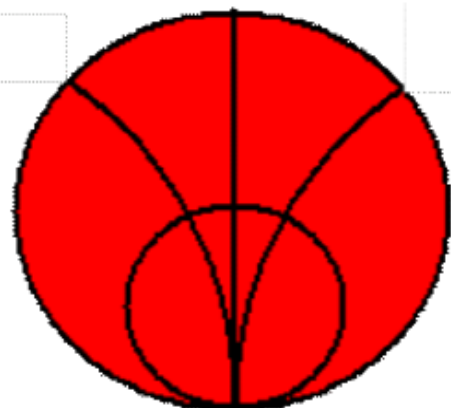
- ❖ odsunięcie pracownika, który nie obsługuje źródła pola od obszaru silnych pól poprzez zmianę lokalizacji stanowisk pracy,
- ❖ skrócenie zmianowego czasu narażenia na pola elektromagnetyczne,
- ❖ informowanie wszystkich pracowników przebywających stale lub czasowo w pobliżu źródeł o miejscach występowania silnych pól,
- ❖ znakowanie źródeł pól elektromagnetycznych,
- ❖ szkolenie pracowników w zakresie bezpiecznego obchodzenia się z urządzeniami wytwarzającymi pola.

Strefy ochronne wokół źródeł pól elektromagnetycznych

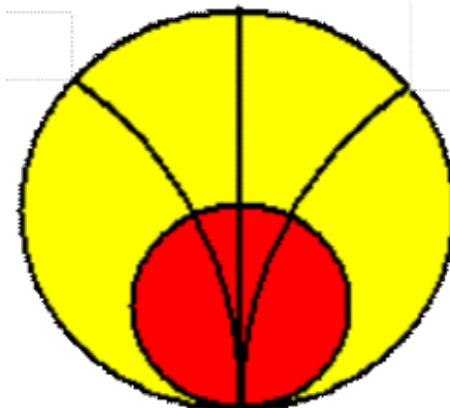


**Znaki
ostrzegawcze
dla stref
ochronnych i
źródeł pola
elektromagnety
cznego**

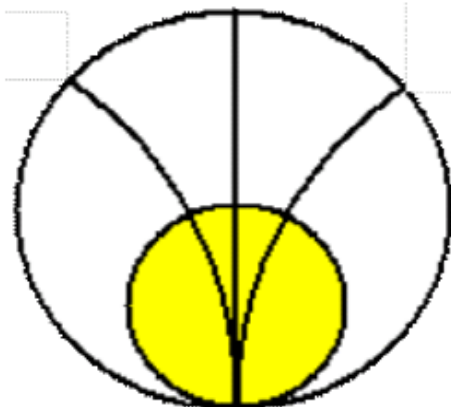
wg PN-74/T-06260



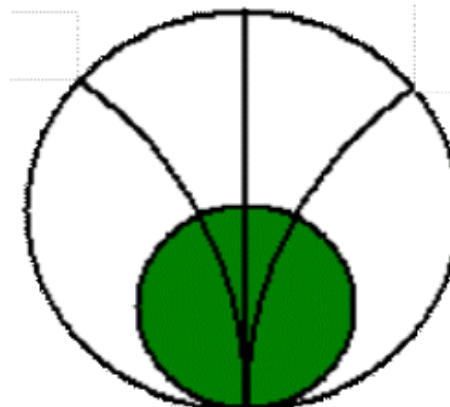
Strefa niebezpieczna



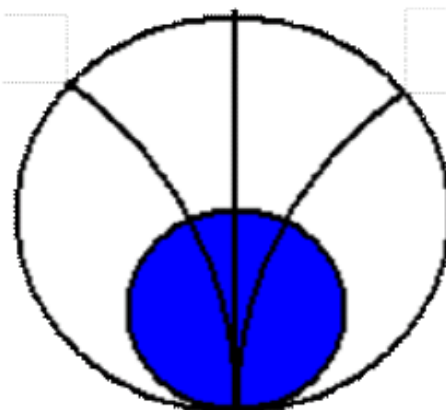
Strefa zagrożenia



Strefa pośrednia



Strefa bezpieczna



Źródło pola elektromagnetycznego

Znaki ostrzegawcze dla stref ochronnych i źródeł pola elektromagnetycznego

wg PN-93/N-01256/03



Silne pola magnetyczne



Promieniowanie niejonizujące



**Zakaz wstępu dla osób
elektrostymulatorami serca**



**Zakaz wnoszenia przedmiotów
z metali magnetycznych**

Środki techniczne:

- ❖ ekranowanie źródeł pól (tzw. ekranowanie lokalizujące),
- ❖ ekranowanie stanowisk pracy (tzw. ekranowanie osłaniające),
- ❖ odsunięcie pracowników od źródeł pól poza obszar występowania silnych pól elektromagnetycznych,
- ❖ zmiana parametrów pracy urządzeń, taka jak np. zmniejszenie mocy wyjściowej
- ❖ stosowanie przez pracowników środków ochrony indywidualnej ekranujących człowieka przed polem elektromagnetycznym (obecnie dostępne jedynie przy ekspozycji na pola o częstotliwościach radiowych).

Ograniczanie zagrożeń elektromagnetycznych – działania techniczne (1)



**Ekran wzbudnika
nagrzewnicy**

Ekranowanie urządzeń (lub ich elementów) stanowiących źródła pola

– tzw. ekranowanie lokalizujące

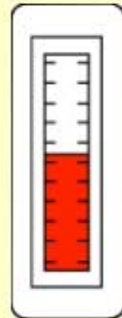
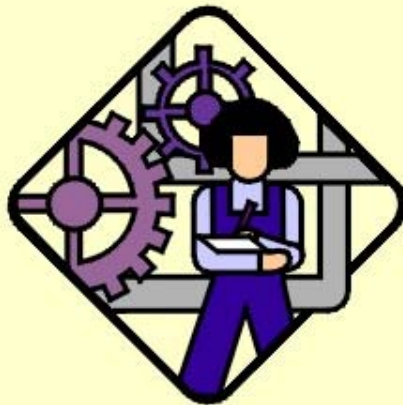


**Siatka ekranująca
przejście**

Ekranowanie przestrzeni,
w której przebywają pracownicy

– tzw. ekranowanie osłaniające

Ograniczanie zagrożeń elektromagnetycznych – działania techniczne (2)



Zmiana technologii użytkowania. Zmniejszanie mocy wyjściowej urządzeń do poziomu zapewniającego normalną eksploatację.



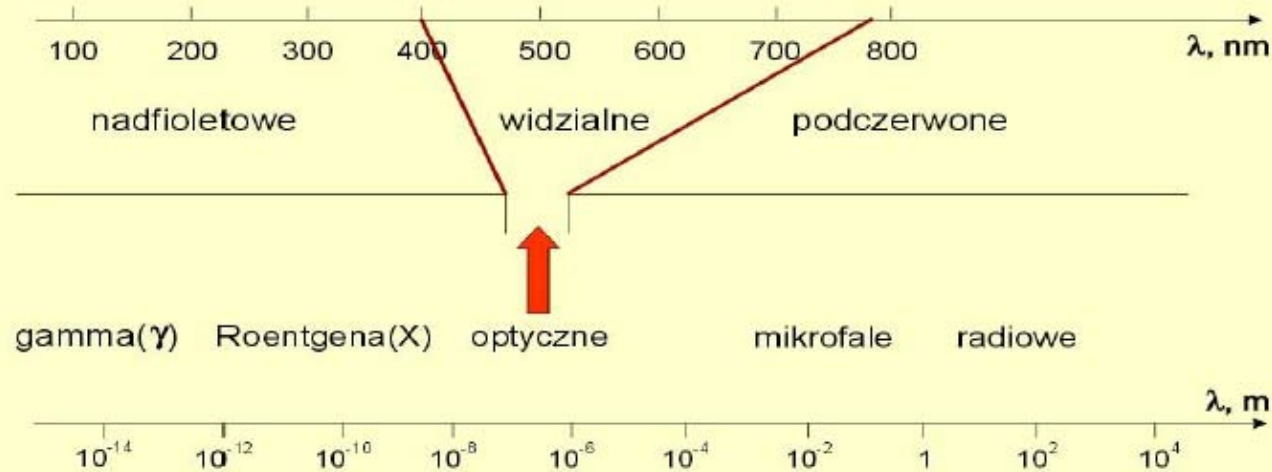
Obsługa urządzeń spoza zasięgu występowania silnych pól elektromagnetycznych (stref ochronnych) – stosowanie podajników i automatyzacja obsługi urządzeń.

PROMIENIOWANIE OPTYCZNE

(NADFIOLETOWE, WIDZIALNE I PODCZERWONE)

PODZIAŁ PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO:

Widmo promieniowania elektromagnetycznego



- ❖ promieniowanie widzialne (światło)
- ❖ niewidzialne - promieniowanie nadfioletowe i podczerwone.

Źródła nielaserowego promieniowania nadfioletowego (1)

A. Promienniki UV



- lampy fluorescencyjne UV (tzw. świetlówki UV): UV-A, bakteriobójcze, superaktywniczone, BLB itd.

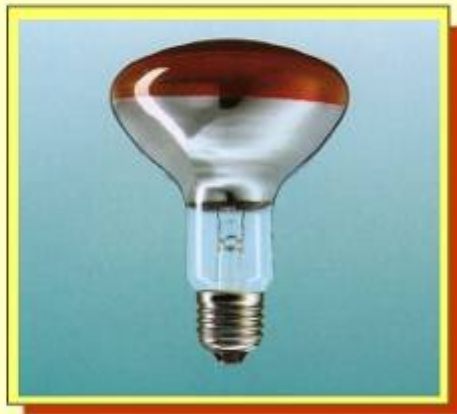


- lampy rtęciowe UV wysoko- i średniociśnieniowe
- wysokociśnieniowe halogenkowe promienniki UV
- lampy: wodorowe, ksenonowe, halogenowe itp.

Źródła nielaserowego promieniowania podczerwonego (1)

A. Promienniki elektryczne

- **promienniki podczerwieni:** lampowe, kwarcowe, lampy halogenowe, lampy ksenonowe, itp.



Źródła nielaserowego promieniowania nadfioletowego (2)

B. Procesy technologiczne



- spawanie łukowe
- spawanie gazowe
- cięcie łukiem plazmowym
- natryskiwanie cieplne
- elektrodrażenie
- cięcie tlenowe

Źródła nielaserowego promieniowania podczerwonego (2)

B. Procesy technologiczne

- **piece** hutnicze, paleniska, piece hartownicze, ceramiczne, szklarskie, laboratoryjne, itd. (roztopione lub rozgrzane materiały, przedmioty, elementy)
- **procesy** zgrzewania, cięcia tlenowego, spawania gazowego, itp.



Zakresy promieniowania nadfioletowego (UV)

(zgodnie z PN-E-01005:1990 Technika świetlna.Terminologia)

UV-A – od 315 nm do 400 nm

UV-B – od 280 nm do 315 nm

UV-C – od 100 nm do 280 nm



największa skuteczność biologiczna

(poniżej 200 nm tzw. nadfiolet próżniowy)

Energia (E) fotonów promieniowania UV od 3,3 eV do 125 eV.

Promieniowanie UV o $E < 12$ eV ($\lambda > 104$ nm) nie powoduje jonizacji powietrza i tkanki biologicznej. Może natomiast wywołać w tkance biologicznej reakcje fotochemiczne.

Skutki działania promieniowania nadfioletowego na organizm człowieka

- ❖ **Nadfiolet z zakresu UV-C** wywołuje rumień o jasnym odcieniu, po okresie utajenia trwającym średnio 2-3 godziny. Rumień ten ustępuje stosunkowo szybko, a zwiększanie dawki promieniowania nie powoduje dużego wzrostu jego intensywności.
- ❖ **Promieniowanie z zakresu UV-B** wytwarza rumień intensywniejszy i trwający dłużej, przy czym wzrost dawki promieniowania znacznie zwiększa jego intensywność.
- ❖ **Skuteczność wywoływania rumienia przez UV-A** jest od 1000 do 10000 razy mniejsza niż w wypadku UV-B czy UV-C.

Skutki działania promieniowania nadfioletowego na organizm człowieka

- ❖ Promieniowanie o długości fali poniżej 290 nm jest silnie pochłaniane przez rogówkę i spojówkę oka.
- ❖ Absorpcja promieniowania z tego zakresu powoduje stany zapalne spojówki i rogówki, a w przypadku ekspozycji oka na promieniowanie laserowe może dodatkowo wystąpić uszkodzenie rogówki.

Skutki działania promieniowania nadfioletowego na organizm człowieka

- ❖ **Stany zapalne spojówki i rogówki** objawiają się zaczerwienieniem, swędzeniem i pieczeniem spojówek, wzmożonym łzawieniem, światłowstrętem, uczuciem obcego ciała w oku, spazmem powiek, upośledzeniem widzenia.
- ❖ **Objawy zapalenia spojówek** obserwuje się zwykle po czasie utajenia trwającym od 5 do 10 godzin w zależności od dawki promieniowania i długości fali.

Kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym

❖ Jako kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym przyjęto niedopuszczenie do powstania rumienia skóry, zapalenia rogówki i spojówki oka, rozwoju zmian nowotworowych skóry i zaćmy soczewki.

Kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym

- ❖ Obowiązują następujące wartości NDN:
- ❖ **najwyższe dopuszczalne napromienienie skuteczne N_s** promieniowaniem nadfioletowym oka i skóry w ciągu dobowego wymiaru czasu pracy bez względu na długość jego trwania wynosi **30 J/m^2** , wyznaczone według krzywej skuteczności S_λ w zakresie $180 \div 400 \text{ nm}$.
- ❖ w celu niedopuszczenia do powstania zaćmy UV, dodatkowo ograniczono **całkowite nieselektywne napromienienie N_c** oczu promieniowaniem pasma $315 \div 400 \text{ nm}$ do wartości **$10\ 000 \text{ J/m}^2$** w ciągu dobowego wymiaru czasu pracy bez względu na długość jego trwania.

Zakresy promieniowania podczerwonego (IR)

(zgodnie z PN-E-01005:1990 Technika świetlna.Terminologia)

Promieniowanie podczerwone:

długość fali λ w zakresie $<780 \text{ nm} \div 1 \text{ mm}>$

zakresy:

IR-A (podczerwień bliska) – od 780 nm do 1400 nm

IR-B (podczerwień średnia) – od 1400 nm do 3000 nm

IR-C (podczerwień daleka) – od 3000 nm do 1 mm

Energia (E) fotonów promieniowania IR – od 0,001 eV do 1,6 eV.

Promieniowanie podczerwone wywołuje w tkance biologicznej przede wszystkim reakcje termiczne.

Skutki działania promieniowania podczerwonego na organizm człowieka

- ❖ **Promieniowanie podczerwone** wywołuje w tkance biologicznej przede wszystkim reakcje termiczne.
- ❖ **Skutki ekspozycji na podczerwień** zależą głównie od natężenia napromienienia oraz w mniejszym stopniu od czasu ekspozycji i długości fali.
- ❖ Dla czasów ekspozycji większych niż 0,1 s bardzo ważną rolę odgrywa przepływ krwi i odprowadzanie ciepła drogą przewodnictwa.

Skutki działania promieniowania podczerwonego na organizm człowieka

- ❖ **Oczy** są narażone na szkodliwe działanie podczerwieni w większym stopniu niż skóra.
- ❖ **Gałka oczna** w zasadzie nie ma mechanizmów (receptorów ciepła) ostrzegających przed tym rodzajem promieniowania.
- ❖ **Podczerwień** jest najsilniej pochłaniana przez rogówkę: całkowicie w paśmie IR-C i częściowo w paśmie IR-B (powyżej 2500 nm).
- ❖ **W rogówce** znajdują się receptory wywołujące ból, gdy jej temperatura osiągnie około **47 °C**. Natomiast oparzenie rogówki może wystąpić już w temperaturze o kilka stopni niższej.

Skutki działania promieniowania podczerwonego na organizm człowieka

- ❖ Długotrwała ekspozycja na promieniowanie podczerwone może również wywoływać stany zapalne tęczynek i spojówek, wysuszenie powiek i rogówek oraz zapalenie brzegów powiek.

Kryterium oceny zagrożenia promieniowaniem podczerwonym

- ❖ Jako kryterium zagrożenia promieniowaniem podczerwonym przyjmuje się niedopuszczenie do powstania uszkodzenia termicznego rogówki, spojówki, soczewki i siatkówki oka oraz **skóry**.

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE) dla zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem 780 – 1400 nm w zależności od czasu ekspozycji i wielkości źródła światła (od której zależy współczynnik C_a we wzorach na MDE)

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE)	Czas ekspozycji (jednorazowy)	Bezwymiarowy współczynnik C_a
$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$t_i > 10 \text{ s}$	$C_a = 11$ dla $\alpha < 11$ mrad $C_a = \alpha$ dla $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ dla $\alpha > 100$ mrad
$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a \cdot t^{0,25}} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$10^{-6} \text{ s} \leq t_i \leq 10 \text{ s}$	
$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$t_i < 10^{-6} \text{ s}$	

Ocena zagrożenia termicznego rogowki i soczewki

- ❖ **Dla zakresu 780 - 3000 nm** należy dokonywać na podstawie pomiaru całkowitego natężenia napromienienia (E_{IR}) w tym zakresie, a wartości MDE zależą od czasu jednorazowej ekspozycji i wynoszą odpowiednio:
 - ❖ **$E_{IR} = 18\ 000 t_i^{-0,75} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i < 1\ 000 \text{ s}$,**
 - ❖ **lub:**
 - ❖ **$E_{IR} = 100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i \geq 1\ 000 \text{ s}$.**

Ocena obciążenia termicznego skóry

❖ Dla całego zakresu 380-3000 nm należy dokonywać w przypadku, gdy czas jednorazowej ekspozycji $t_i < 10$ s.

❖ Wówczas całkowite napromienienie skóry $H_{skóra}$ nie powinno przekraczać wartości określonej równaniem:

$$H_{skóra} = 20\,000 * t_i^{0,25} \text{ J} * \text{m}^{-2}$$

PROMIENIOWANIE WIDZIALNE

(OŚWIETLENIE)

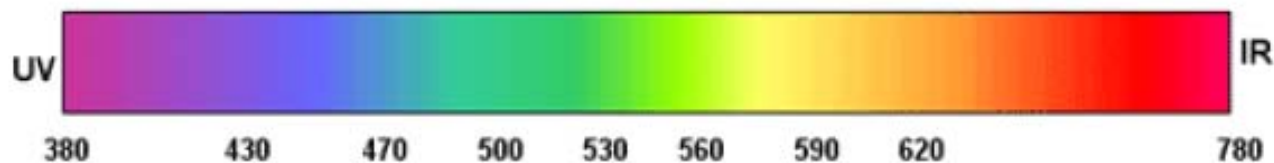
Źródła promieniowania widzialnego

- ❖ Najważniejszym z punktu widzenia życia na Ziemi naturalnym źródłem promieniowania optycznego jest **Słońce**.
- ❖ **Promieniowanie słoneczne** przy powierzchni Ziemi podczas niezachmurzonego nieba zawiera około:
 - ❖ 7% promieniowania nadfioletowego,
 - ❖ 43% promieniowania widzialnego
 - ❖ 50 % promieniowania podczerwonego.

Widmo promieniowania widzialnego

Zakresy długości fal promieniowania widzialnego odpowiadające grupom barwowym

Barwa światła	Zakres długości fal, nm
fioletowa	380 - 436
niebieska	436 - 470
niebieskozielona	470-500
zielona	500 - 530
zielonożółta	530 - 566
żółta	566 - 589
pomarańczowa	589 - 620
czerwona	620 - 780



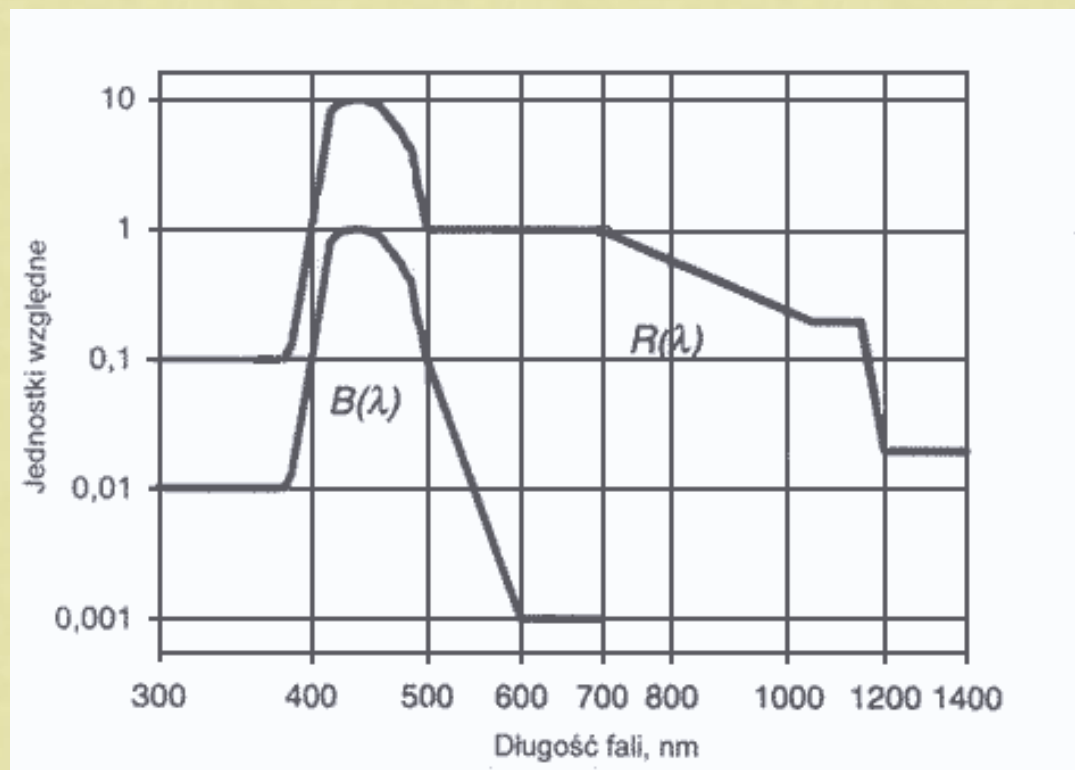
Skutki działania promieniowania widzialnego na organizm człowieka

- ❖ **Intensywne promieniowanie widzialne, zwłaszcza tzw. światło niebieskie**, o długościach fali 400 - 500 nm, może powodować termiczne lub fotochemiczne uszkodzenia i schorzenia siatkówki oka.
- ❖ Promieniowanie takie występuje podczas procesów technologicznych jak np. spawanie oraz jest emitowane przez promienniki elektryczne, np. lampy do naświetlania warstw światłoczułych.
- ❖ Jest ono także składową promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi.

Skutki działania promieniowania widzialnego na organizm człowieka

- ❖ W praktyce najczęściej dochodzi do uszkodzenia fotochemicznego siatkówki z uwagi na sumowanie się skutków ekspozycji w ciągu całodziennego okresu narażenia.
- ❖ Natomiast termiczne uszkodzenie siatkówki źródłami przemysłowymi praktycznie nie zdarza się z powodu naturalnego odruchu obronnego oka przed źródłami światła o dużej jaskrawości.

Skutki działania promieniowania widzialnego na organizm człowieka



Względna skuteczność widmowa zagrożenia termicznego (R_λ) i fotochemicznego (B_λ) siatkówki (źródło: PN-T 06704: 2003)

Wartości MDE przy ocenie zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE)		Czas ekspozycji (całkowity)
Duże źródła $\alpha \geq \text{mrad}$	Małe źródła $\alpha < \text{mrad}$	
$L_B = 10^6 / t \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$E_B = 100 / t \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$	$t \leq 10000 \text{ s (166 min 40 s)}$
$L_B = 100 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$E_B = 0,01 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}]$	$t > 10000 \text{ s}$

Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem z zakresu 380-1400 nm

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE)	Czas ekspozycji (jednorazowy)	Bezwymiarowy współczynnik C_a
$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$t_i > 10 \text{ s}$	$C_a = 1,7$ dla $\alpha < 1,7 \text{ mrad}$ $C_a = \alpha$ dla $1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a = 100$ dla $\alpha > 100 \text{ mrad}$
$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a \cdot t^{0,25}} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$10^{-6} \text{ s} \leq t_i \leq 10 \text{ s}$	
$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$	$t_i < 10^{-6} \text{ s}$	

PROMIENIOWANIE LASEROWE

Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy

Klasa	Nowy podział	Klasa	Stary podział
1	Lasery, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy	1	Lasery, które są bezpieczne w racjonalnie przewidywanych warunkach pracy
1M	Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne		

Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy

Klasa	Nowy podział	Klasa	Stary podział
2	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne.	2	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w zakresie długości fal od 400 nm do 700 nm. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne, w tym odruch mrugania oka
2M	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.		

Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy

Klasa	Nowy podział	Klasa	Stary podział
3R	Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 10^6 nm, dla których bezpośrednie patrzenie w wiązkę jest potencjalnie niebezpieczne.	3A	Lasery bezpieczne przy patrzeniu okiem nieuzbrojonym. W przypadku laserów emitujących promieniowanie w zakresie długości fal od 400 nm do 700 nm ochrona oka zapewniona jest przez instynktowne reakcje obronne. W przypadku innych długości fal zagrożenie nie uzbrojonego oka nie jest większe niż dla urządzeń klasy 1. Bezpośrednie patrzenie w wiązkę przez przyrządy optyczne może być niebezpieczne
3B	Lasery, które są niebezpieczne podczas bezpośredniej ekspozycji promieniowania. Patrzenie na odbicia rozproszone są zwykle bezpieczne.	3B	Lasery, które są niebezpieczne podczas bezpośredniej ekspozycji promieniowania. Patrzenie na odbicia rozproszone są zwykle bezpieczne.

Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy

Klasa	Nowy podział	Klasa	Stary podział
4	Lasery, które wytwarzają niebezpieczne odbicia rozproszone. Mogą one powodować uszkodzenie skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Podczas obsługi laserów klasy 4 należy zachować szczególną ostrożność.	4	Lasery, które wytwarzają niebezpieczne odbicia rozproszone. Mogą one powodować uszkodzenie skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Podczas obsługi laserów klasy 4 należy zachować szczególną ostrożność.

Poziom promieniowania laserowego

- ❖ Najwyższy poziom promieniowania laserowego nie powodujący uszkodzeń oczu lub skóry jest określany jako:

maksymalna dopuszczalna ekspozycja – MDE.

Poziom promieniowania laserowego

- ❖ Wartości MDE zależą od:
- ❖ **długości fali promieniowania laserowego**
- ❖ **czasu trwania impulsu laserowego lub czasu trwania ekspozycji**
- ❖ **rodzaju tkanki narażonej na działanie promieniowania**
- ❖ **charakteru ekspozycji (bezpośrednie patrzenie w wiązkę promieniowania lub patrzenie na promieniowanie rozproszone)**
- ❖ **rozmiaru obrazu na siatkówce oka, w przypadku promieniowania w zakresie 400 – 14000 nm.**

MIKROKLIMAT

Wymiana ciepła między człowiekiem a jego otoczeniem

- ❖ Warunek zachowania homeotermii narzuca konieczność ograniczenia czasu przebywania człowieka w gorącym lub zimnym środowisku.
- ❖ Czułymi wskaźnikami obciążenia cieplnego organizmu są :
 - ❖ wzrost tętna,
 - ❖ maksymalny poziom produkcji potu,
 - ❖ wzrost temperatury wewnętrznej ciała.
- ❖ Wyznaczają one granice tolerancji niekorzystnego wpływu na organizm człowieka gorącego środowiska i pracy wykonywanej w takich warunkach.

Wymiana ciepła między człowiekiem a jego otoczeniem

Komfortem cieplnym określa się stan, w którym człowiek nie czuje chłodu ani ciepła.

Wymiana ciepła między człowiekiem a jego otoczeniem

❖ Po przeprowadzeniu oceny lub pomiarów powyższych czynników można na podstawie aktualnego stanu wiedzy przewidzieć wrażenia cieplne człowieka, wyrażone w 7-stopniowej skali wrażeń cieplnych, jako:

- ❖ **gorące (+3),**
- ❖ **ciepłe (+2),**
- ❖ **lekko ciepłe (+1),**
- ❖ **neutralne (0),**
- ❖ **lekko chłodne (-1),**
- ❖ **chłodne (-2),**
- ❖ **zimne (-3),**

Komfort cieplny

- ❖ Komfort cieplny można określić obliczając wskaźniki:
- ❖ **PMV (przewidywana ocena średnia)** i związany z nim wskaźnik
- ❖ **PPD (przewidywany procent osób niezadowolonych).**

Komfort cieplny

- ❖ Na podstawie wskaźników PMV i PPD proponuje się określenie granic komfortu cieplnego jako zadawalających dla 80% ludzi, co odpowiada wartości wskaźnika PMV zawartej w granicach:

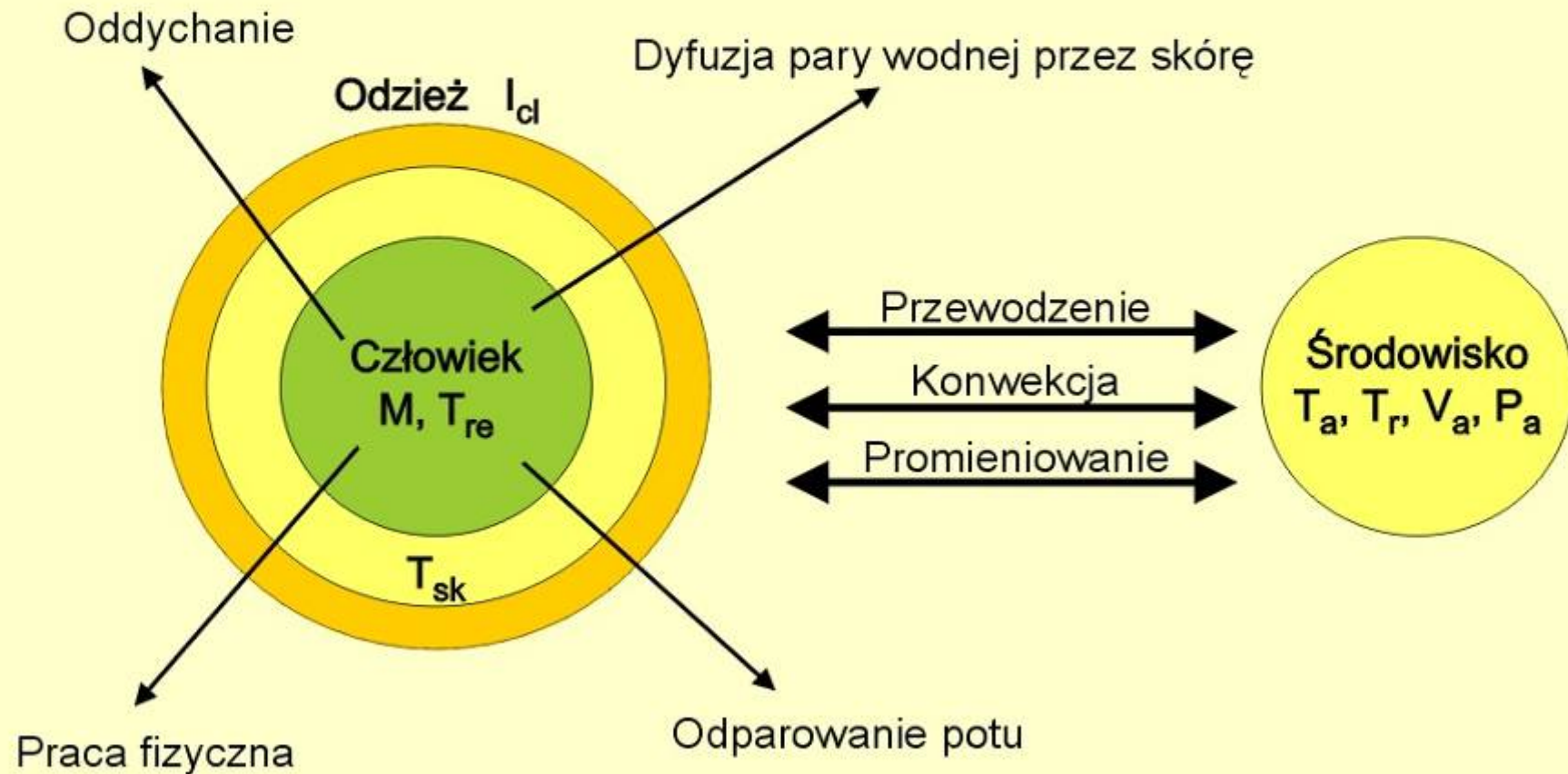
$$0,5 < PMV < + 0,5.$$

- ❖ Wskaźnik PMV wykorzystywany jest również do klasyfikacji środowisk termicznych gorących i zimnych.

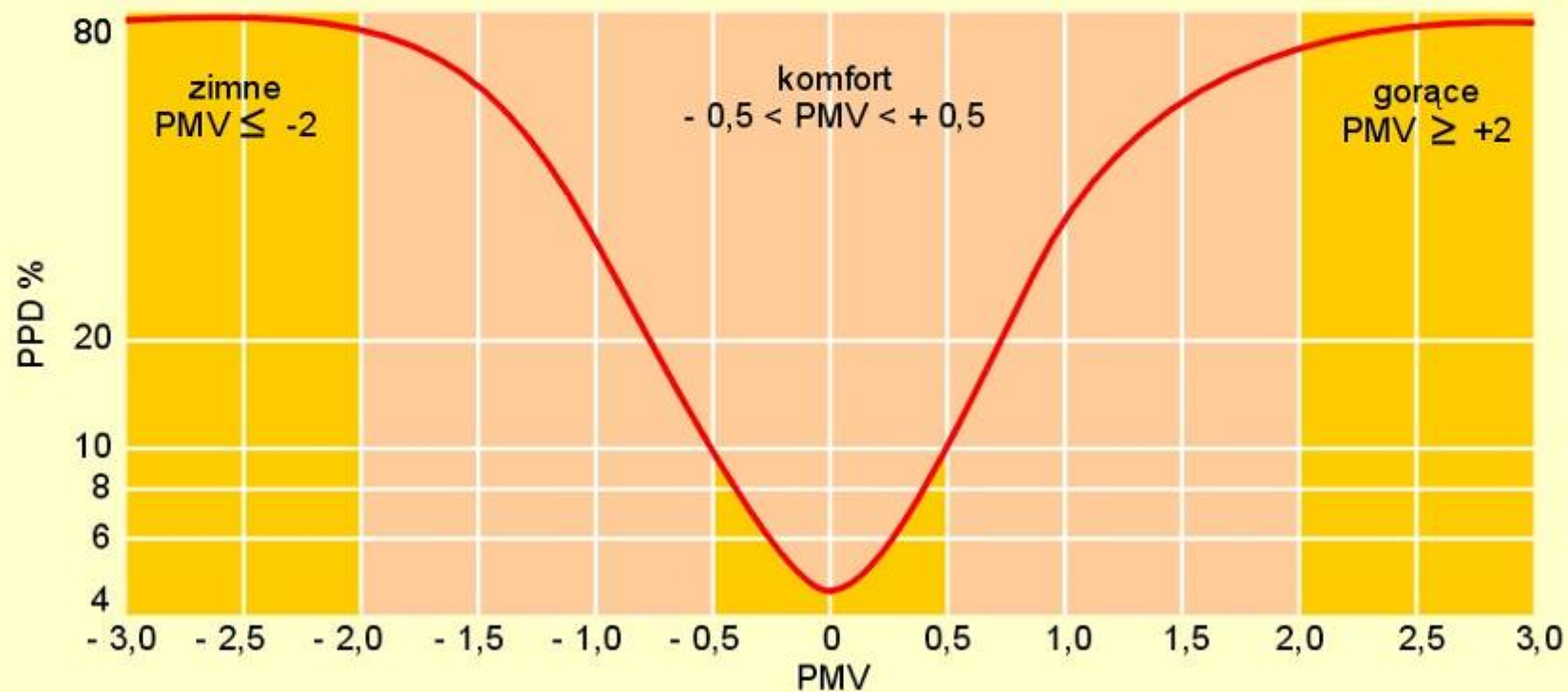
Mikroklimat umiarkowany

- ❖ W celu obliczenia wartości wskaźników PMV i PPD należy uwzględnić następujące wielkości:
- ❖ **metabolizm [W/m²]**
- ❖ **praca zewnętrzna [W]**
- ❖ **oporność cieplna odzieży [m⁰C/W]**
- ❖ **temperatura powietrza [°C]**
- ❖ **średnia temperatura promieniowania [°C]**
- ❖ **prędkość przepływu powietrza [m/s]**
- ❖ **cząstkowe ciśnienie pary wodnej [Pa]**

Różnorodne czynniki wymiany i rozpraszania ciepła między człowiekiem a środowiskiem, uwzględniane w bilansie cieplnym



Klasyfikacja środowisk termicznych (komfort cieplny, środowisko gorące i zimne)



Mikroklimat gorący

$$\text{WBGT}_{\text{średnie}} = (\text{WBGT}_{\text{głowy}} + 2 \text{WBGT}_{\text{brzucha}} + \text{WBGT}_{\text{kostkinóg}}) / 4$$

❖ Dla parametrów zmiennych w czasie (metabolizm, WBGT, temperatura termometru z pocznioną kulą) średnią ważoną w czasie wyznacza się w jednogodzinnym przedziale, w którym znajdują się zarówno okresy pracy, jak i odpoczynku. Obliczenia należy rozpocząć od fazy pracy. Ponadto należy wybrać okres, w którym przewiduje się wystąpienie maksymalnego stresu cieplnego.

Poziom ciężkości pracy	Poziom metabolizmu (M) ^{*)} w stosunku do powierzchni skóry [W/m ²]	Dopuszczalne wartości WBGT w °C			
		osoba zaaklimatyzowana w środowisku gorącym		osoba niezaaklimatyzowana w środowisku gorącym	
Spoczynek	$M \leq 65$	33		32	
Praca lekka	$65 < M \leq 130$	30		29	
Praca umiarkowana	$130 < M \leq 200$	28		26	
Praca ciężka	$200 < M \leq 260$	nieodczuwalny ruch powietrza 25	odczuwalny y ruch powietrza 26	nieodczuwalny ruch powietrza 22	odczuwalny ruch powietrza 23
Praca bardzo ciężka	$M > 260$	23	25	18	20

Mikroklimat zimny

❖ Miejscowe działanie zimnego środowiska termicznego należy oceniać za pomocą **wskaźnika siły chłodzącej powietrza WCI.**

❖ Definicja najwyższego dopuszczalnego obciążenia organizmu mikroklimatem zimnym jest oparta na wskaźniku:

WCI (wskaźnik siły chłodzącej powietrza - wind chill index).

Mikroklimat zimny

- ❖ Wskaźnik odnosi się do oceny miejscowego oziębienia części ciała człowieka lub jego powierzchni.
- ❖ Przyjęto, że najwyższe dopuszczalne obciążenie organizmu człowieka mikroklimatem zimnym jest określone przez wartość odniesienia (wartość dopuszczalną) wskaźnika WCI.

Mikroklimat zimny

❖ Wskaźnik WCI oblicza się według wzoru

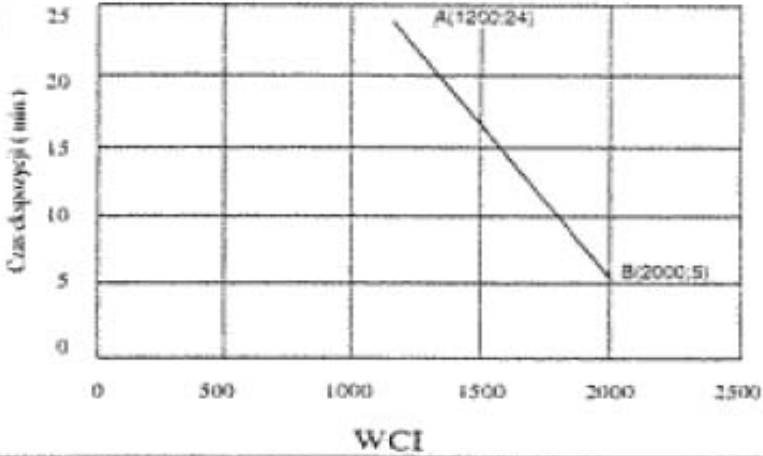
$$WCI = (10.45 + 10V_{ar}^{0.5} - V_{ar})(33 - t_a)$$

❖ gdzie:

- ❖ V_{ar} - prędkość ruchu powietrza, m/s;
- ❖ t_a - temperatura powietrza, w °C.

Dozwolony czas ekspozycji umożliwiający realizację podstawowych funkcji przez pracownika na danym stanowisku pracy należy przyjąć zgodnie z wartościami podanymi w tabeli.

Tabela 3

Wskaźnik siły chłodzącej powietrza WCI	Dozwolony czas ekspozycji
WCI < 1200	Ekspozycja ciągła
1200 ≤ WCI < 2000	Ekspozycja skrócona 
WCI ≥ 2000	Ekspozycja zabroniona nawet w warunkach awaryjnych

CZYNNIKI BIOLOGICZNE

Zagrożenia czynnikami biologicznymi

❖ Czynniki biologiczne w zależności od ich zdolności wywoływania zakażenia kwalifikuje się do **4 grup ryzyka**:

❖ **grupa 1** – czynniki, które prawdopodobnie mogą być przyczyną chorób u ludzi;

❖ **grupa 2** – czynniki, które mogą wywoływać u ludzi chorobę i mogą być szkodliwe dla pracowników; jest mało prawdopodobne, że występują powszechnie w środowisku a ich skuteczna profilaktyka lub leczenie są możliwe;

Zagrożenia czynnikami biologicznymi

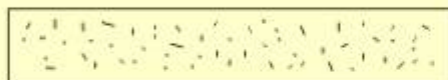
❖ **grupa 3** – czynniki, które mogą wywołać ciężki przebieg choroby u ludzi i ich obecność jest poważnym zagrożeniem dla pracowników; mogą występować powszechnie w środowisku, ale zwykle możliwa jest skuteczna profilaktyka i leczenie;

❖ **grupa 4** – czynniki, które wywołują ciężki przebieg choroby u ludzi i są poważnym zagrożeniem dla pracowników; ich obecność w środowisku pracy wiąże się z dużym ryzykiem, a skuteczna profilaktyka i leczenie zwykle nie są możliwe.

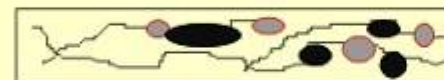
Klasyfikacja czynników zagrożeń biologicznych w środowisku pracy na podstawie kryteriów klasyfikacji przyrodniczej (1)

Mikroorganizmy pochodzenia zwierzęcego, roślinnego lub glebowego i wytwarzane przez nie substancje, które mogą być przyczyną chorób zakaźnych, alergicznych lub immunotoksycznych:

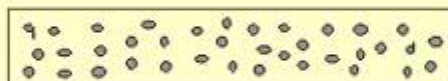
priony



promieniowce



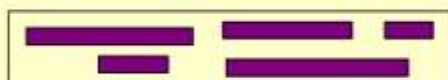
wirusy



grzyby pleśniowe

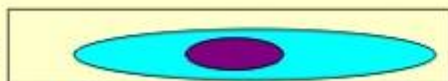


bakterie



Pasożyty wewnętrzne wywołujące choroby inwazyjne:

pierwotniaki



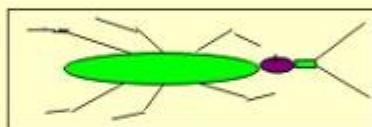
robaki



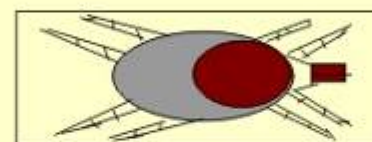
Klasyfikacja czynników zagrożeń biologicznych w środowisku pracy na podstawie kryteriów klasyfikacji przyrodniczej (2)

Stawonogi, które podczas prac magazynowych lub polowych mogą powodować choroby alergiczne, a w wyniku ukąszenia - toksyczne zapalenie skóry lub wprowadzenie do organizmu chorobotwórczych drobnoustrojów:

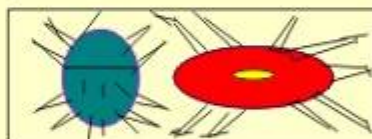
owady



kleszcze



drobne roztocze
(głównie rozkruszki)



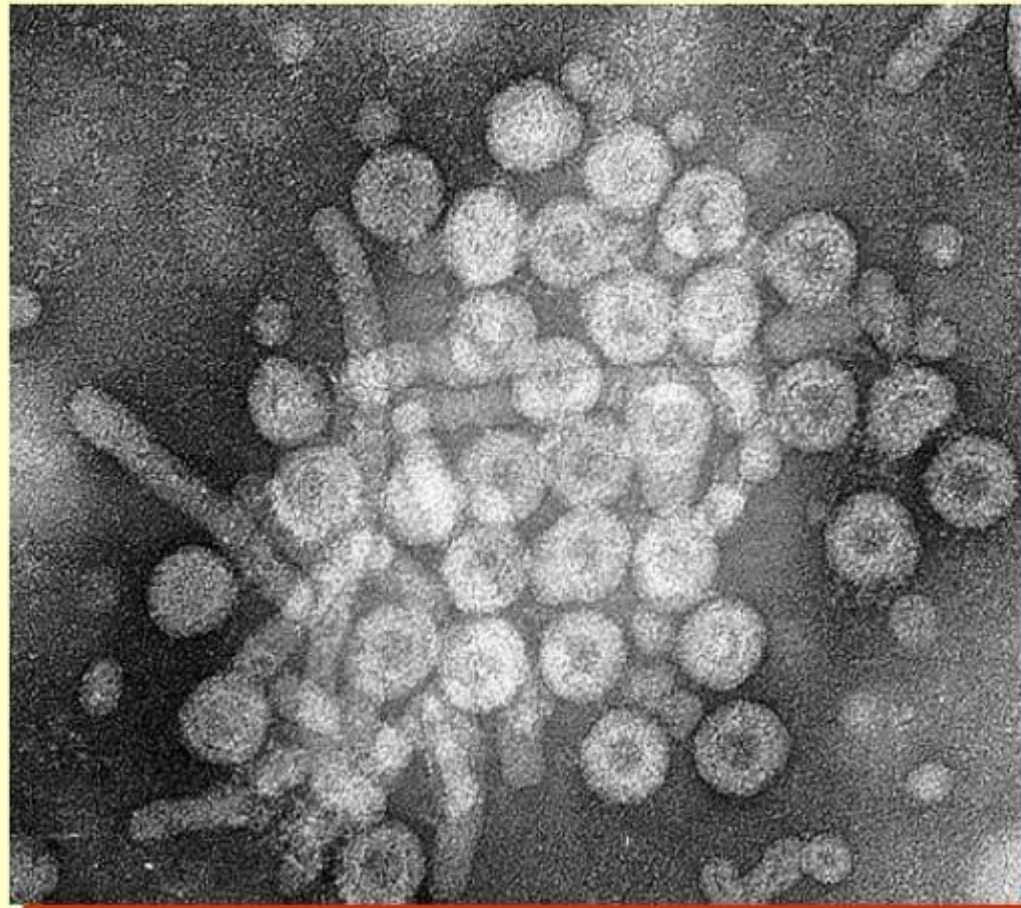
Substancje pochodzenia roślinnego
wywołujące choroby alergiczne i toksyczne.



Substancje pochodzenia zwierzęcego
wywołujące choroby alergiczne.

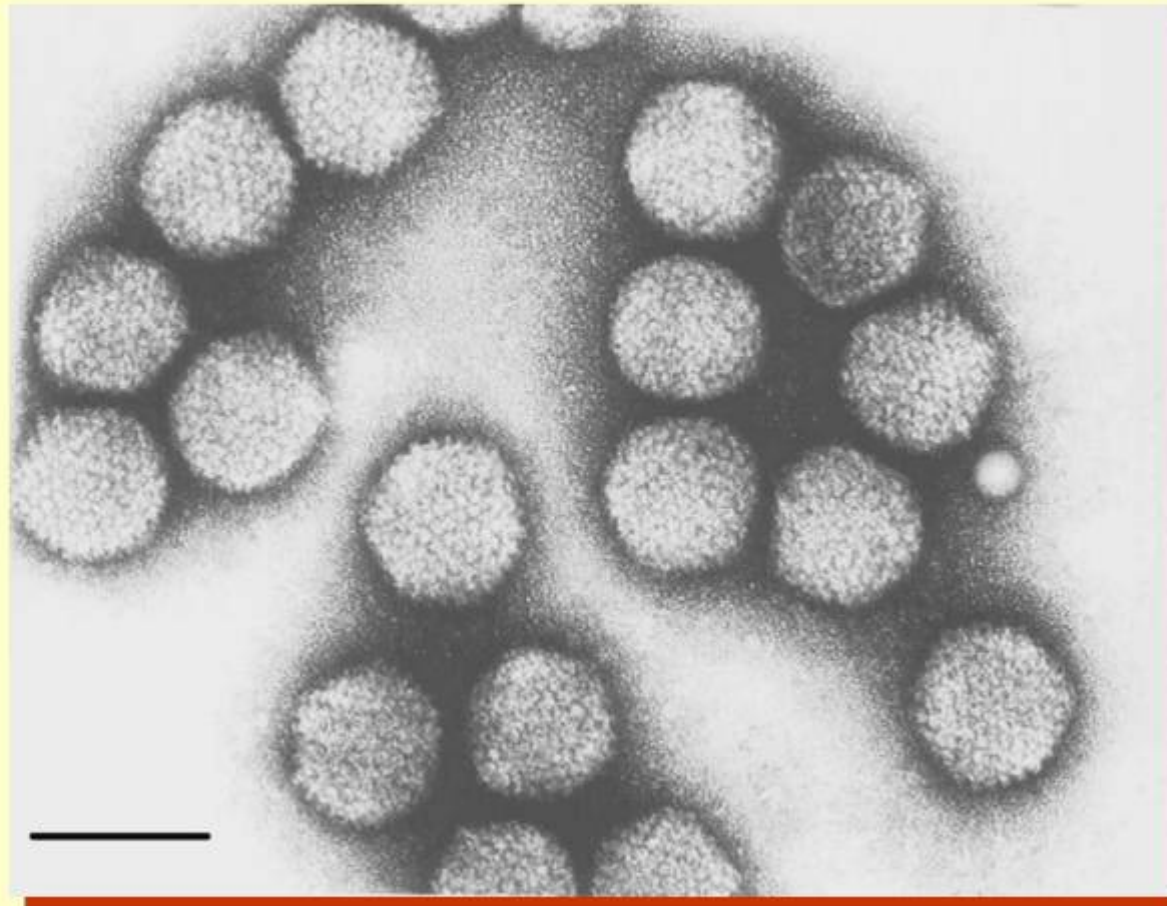


Wirusy zapalenia wątroby typu B (HBV) w surowicy krwi człowieka



Zdjęcie w mikroskopie elektronowym, x 400 000 (wg A.J. Zuckermana, USA)

Adenowirus ludzki (*Mastadenovirus hominis*)



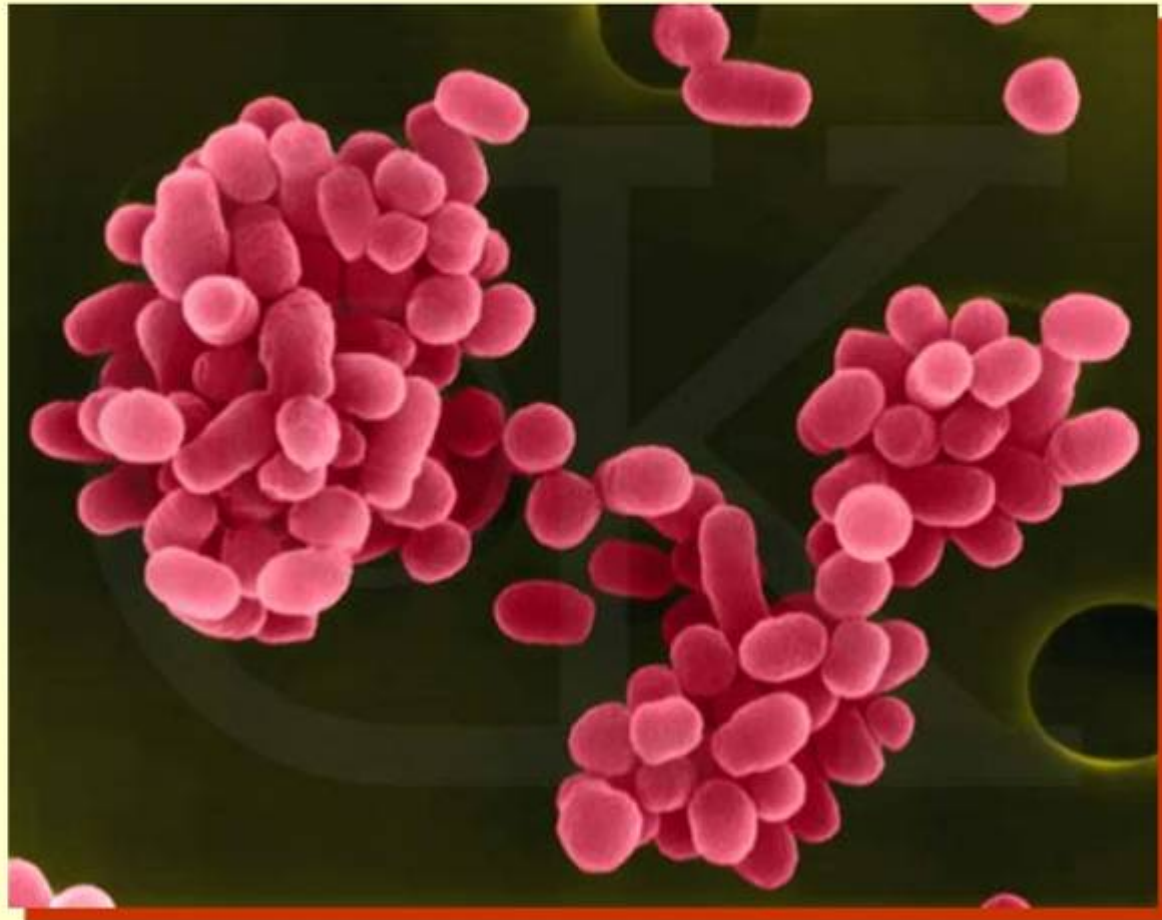
Zdjęcie w mikroskopie elektronowym, x 600 000 (kreska równa się 100 nm),
(wg C. Bäumlchen-Osmond, Canberra, Australia)

Krętek wywołujący boreliozę z Lyme
(*Borrelia burgdorferi*)



Zdjęcie w mikroskopie świetlnym (ciemne pole), x 2000 (wg Centers for Disease Control, USA)

Pałeczka brucelozy (*Brucella abortus*)



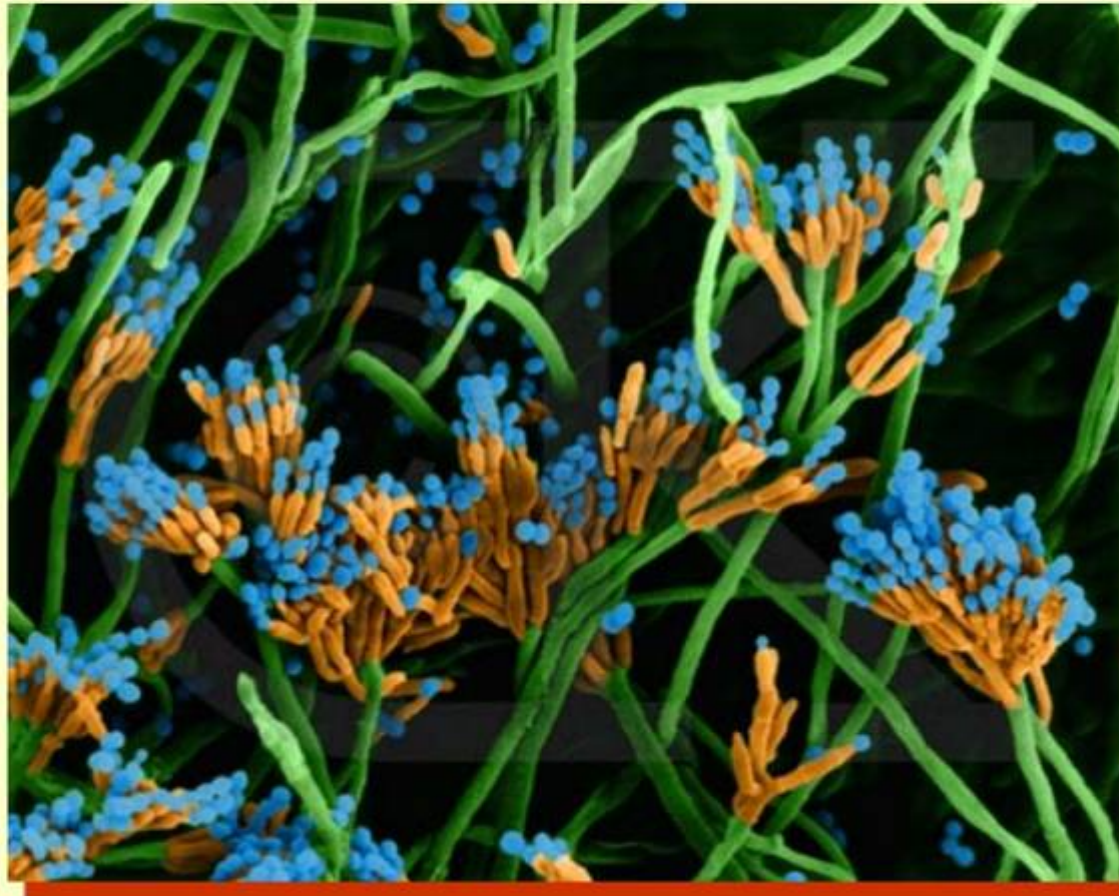
Zdjęcie w mikroskopie elektronowym skaningowym (podbarwione), x 30000 (wg D. Kunkela, Manoa, USA)

Pałeczka legionelozy
(*Legionella pneumophila*)



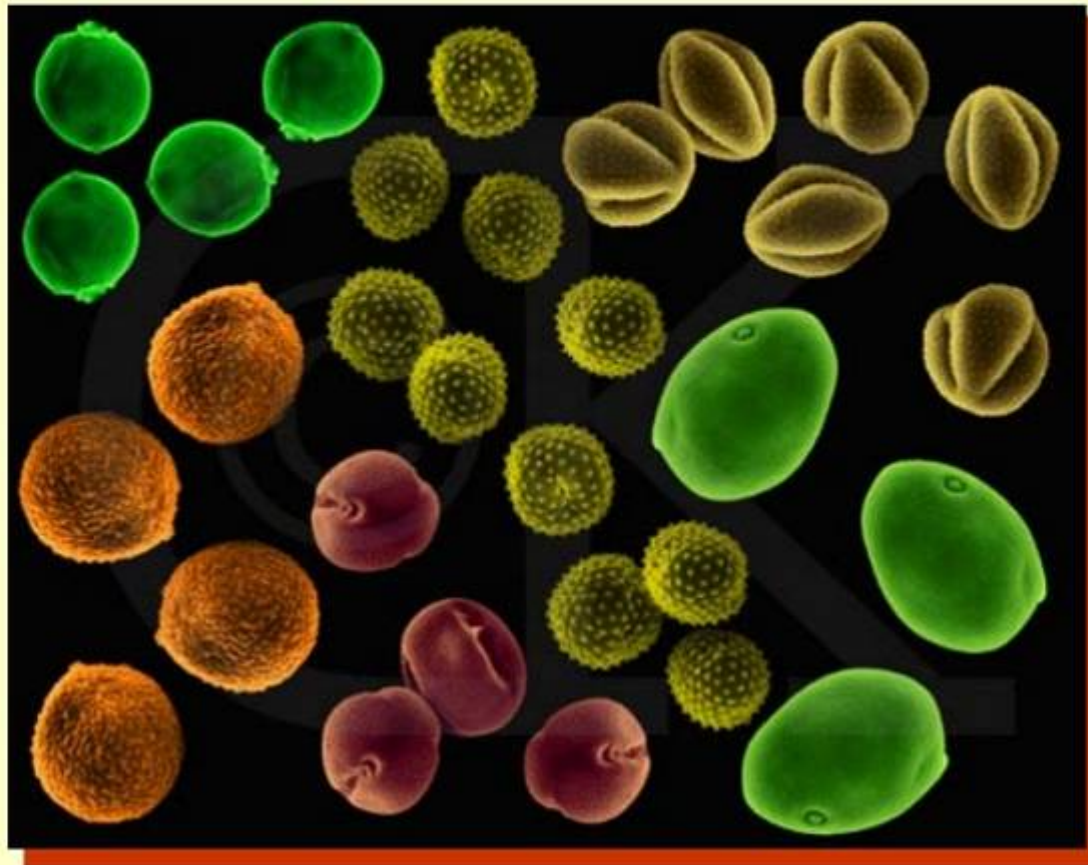
Zdjęcie w mikroskopie elektronowym skaningowym (podbarwione), x 23 000 (wg D. Kunkela, Manoa, USA)

Pędzlak (*Penicillium*)



Zdjęcie w skaningowym mikroskopie elektronowym (podbarwione), x 1600 (wg D. Kunkela, Manoa, USA)

Alergizujące pyłki drzew, traw i chwastów: topoli, olchy, tymotki, bylicy i ambrozji



Zdjęcie w skaningowym mikroskopie elektronowym (wg D. Kunkela, Manoa, USA)

Kleszcz pospolity (*Ixodes ricinus*)



Kolorowy rysunek (wg J. Bosselaersa, Belgia)

Międzynarodowy znak oznaczający zagrożenie czynnikami biologicznymi, głównie zakaźnymi



Główne kierunki i zasady profilaktyki i zwalczania czynników biologicznych

Środki bezpieczeństwa	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4
znaki ostrzegawcze o zagrożeniu biologicznym (umieszczone w widocznych miejscach)	do wyboru	tak	tak
dostęp do strefy kontrolowanej ograniczony tylko do zatrudnionych pracowników	do wyboru	tak	tak, przez zaporę powietrzną
personel powinien nosić ubrania ochronne (środki ochrony indywidualnej)	odzież robocza	odzież ochronna	odzież ochronna (jednorazowego użytku lub poddawana dezynfekcji)
odkażanie powinno być przewidziane dla pracowników strefy kontrolowanej	tak	tak	tak

CZYNNIKI FIZJOLOGICZNE

Metody oceny

❖ **Koszt energetyczny** wykonanej pracy możemy dość precyzyjnie zmierzyć.

❖ **Obciążenie fizjologiczne** związane jest z funkcjonowaniem narządów i układów człowieka związanych z charakterem wykonywanej pracy i nie ma obiektywnych metod pozwalających je dokładnie określić.

Wydolność fizyczna

❖ **Wydolność fizyczną** definiujemy jako zdolność organizmu do wykonywania długotrwałego lub ciężkiego wysiłku, który angażuje duże grupy mięśni, bez szybko narastającego zmęczenia.

❖ Pojęcie to obejmuje również zdolność szybkiego likwidowania zaburzeń homeostazy wywołanych wysiłkiem.

❖ **Wydolność fizyczna** w znacznym stopniu zależy od zdolności pobierania tlenu przez organizm.

Wydolność fizyczna

- ❖ Do oceny wydolności fizycznej organizmu służą różnego rodzaju testy.
- ❖ Najczęściej stosowane są:
 - ❖ bezpośredni pomiar maksymalnego pobierania tlenu,
 - ❖ pośrednia ocena maksymalnego pobierania tlenu,
 - ❖ test chodzenia,
 - ❖ testy stosowane do oceny tolerancji wysiłkowej,
 - ❖ testy stosowane w diagnostyce klinicznej.

Obciążenie względne

❖ Obciążenie względne określa stosunek między zapotrzebowaniem na tlen podczas wykonywania pracy a maksymalnym pobieraniem tlenu przez organizm (% $\text{VO}_{2\text{max}}$).

❖ Dzieli się na:

❖ wysiłki lekkie	< 10%	$\text{VO}_{2\text{max}}$
❖ wysiłki średnio ciężkie	10 ÷ 30%	$\text{VO}_{2\text{max}}$
❖ wysiłki ciężkie	30 ÷ 50%	$\text{VO}_{2\text{max}}$
❖ wysiłki bardzo ciężkie	> 50%	$\text{VO}_{2\text{max}}$

Wysiłek fizyczny

- ❖ W czasie wysiłku fizycznego następuje przetworzenie energii chemicznej, powstającej w czasie metabolizmu komórkowego w energię mechaniczną, niezbędną w pracy mięśni.
- ❖ Organizm człowieka w czasie pracy fizycznej wykorzystuje zaledwie do 30% energii zawartej w produktach żywnościowych. Pozostała część energii jest zamieniana w ciepło.

Wysiłek fizyczny

- ❖ Wysiłki fizyczne można pogrupować w następujący sposób:
- ❖ **wysiłki lokalne** występują wtedy, gdy w wysiłku zaangażowanych jest mniej niż 30% całej masy mięśniowej (np. praca tylko jednej lub dwóch kończyn górnych)
- ❖ **wysiłki ogólne** występują wtedy, gdy w wysiłku zaangażowanych jest ponad 30% masy mięśni (np. praca wykonywana za pomocą obu kończyn dolnych)

Wysiłek fizyczny

- ❖ **wysiłki maksymalne** występują wtedy, gdy zapotrzebowanie na tlen podczas wykonywania pracy jest równe indywidualnej wartości $\text{VO}_{2\text{max}}$
- ❖ **wysiłki supramaksymalne** występują wtedy, gdy zapotrzebowanie na tlen przekracza $\text{VO}_{2\text{max}}$
- ❖ **wysiłki submaksymalne** występują wtedy, gdy zapotrzebowanie na tlen jest mniejsze, niż

$\text{VO}_{2\text{max}}$

Metody pomiaru wydatku energetycznego

- ❖ **Metoda kalorymetrii bezpośredniej**, polegająca na bezpośrednim pomiarze ilości ciepła wytwarzanego przez organizm.
- ❖ **Metoda kalorymetrii pośredniej** polegająca na pomiarze objętości pobieranego przez organizm tlenu. Badania te umożliwiają obiektywny pomiar podstawowej przemiany materii oraz całkowitej przemiany materii.

Metody pomiaru wydatku energetycznego

❖ **Równoważnik energetyczny tlenu.**

- ❖ Na podstawie objętości powietrza wdychanego oraz składu chemicznego powietrza wdychanego można obliczyć ilość zużywanego tlenu w jednostce czasu.

**Zużycie 1 l tlenu odpowiada wydatkowi energii
19-21 kJ.**

CZYNNIKI PSYCHOLOGICZNE I SPOŁECZNE

Pojęcie stresu

❖ Wg Hansa Selye'a:

stres jest „niespecyficzną reakcją organizmu na wszelkie niedomagania”

Fizjologiczne przejawy reakcji stresowej i skutki zdrowotne

- ❖ Bodziec psychospołeczny odebrany zostaje przez receptory (oczy, uszy, dotyk itp.) i drogami sensorycznymi przekazany do mózgu, gdzie w korze nowej uzyskuje interpretację poznawczą a w sprzężonym z nią układzie limbicznym – interpretację emocjonalną (jakie emocje zostały skojarzone z bodźcami tego typu).
- ❖ Gdy bodziec zostanie zinterpretowany jako zagrożenie, to prawdopodobnie wywoła pobudzenie emocjonalne, a jednocześnie uruchomi jedną (lub wszystkie) z psychosomatycznych osi stresu.

Trzy osie stresu

```
graph TD; A[Trzy osie stresu] --> B[Oś I: bezpośrednie pobudzenie organów wewnętrznych przez układ autonomiczny]; A --> C[Oś II: neurohormonalna (zwana też podwzgórzowo-nadnerczową)]; A --> D[Oś III: hormonalna (zwana też podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczową)];
```

Oś I: bezpośrednie pobudzenie organów wewnętrznych przez układ autonomiczny

Oś II: neurohormonalna (zwana też podwzgórzowo-nadnerczową)

Oś III: hormonalna (zwana też podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczową)

Oś I: Bezpośrednie pobudzenie organów wewnętrznych przez układ autonomiczny

❖ Skutki:

- ❖ rozszerzenie źrenic
- ❖ pobudzenie gruczołów potowych
- ❖ przyspieszenie akcji serca
- ❖ rozszerzenie naczyń krwionośnych mięśni szkieletowych
- ❖ zwężenie naczyń krwionośnych skóry
- ❖ rozszerzenie oskrzeli (przyspieszony oddech)
- ❖ hamowanie perystaltyki żołądka i jelit
- ❖ w wątrobie: rozkład glikogenu i uwolnienie glukozy.

Oś II: Neurohormonalna (zwana też podwzgórzowo-nadnerczową)

❖ Adrenalina i noradrenalina powodują także m.in.:

- ❖ wzrost ciśnienia tętniczego,
- ❖ wzrost pojemności minutowej serca,
- ❖ wzrost w osoczu krwi wolnych kwasów tłuszczowych, trójglicerydów, cholesterolu,
- ❖ wzrost napięcia mięśniowego.

Oś III: Hormonalna (zwana też podwzgórzowo-przysadkowo-nadnerczową)

- ❖ **Skutki działania glukortykoidów są różnorodne, a wśród nich m.in.:**
 - ❖ wzrost ilości wytwarzanej glukozy,
 - ❖ wzrost ilości wolnych kwasów tłuszczowych w krwiobiegu,
 - ❖ hamowanie funkcji immunologicznej.

Stres psychospołeczny jest związany z następującymi zaburzeniami:

- ❖ **chorobami sercowo-naczyniowymi** (zwłaszcza chorobą wieńcową, zawałami serca, nadciśnieniem);
- ❖ **zaburzeniami układu trawiennego (szczególnie wrzodami trawiennymi)**; występujące w stresie nadmierne wydzielanie soku żołądkowego – przy pewnych predyspozycjach genetycznych – powodować może nadżerkę ścianki żołądka;

Stres psychospołeczny jest związany z następującymi zaburzeniami:

- ❖ **dolegliwościami mięśniowo-szkieletowymi;** stres powoduje wzrost napięcia mięśni prężkowanych, gdy zaś skurcz mięśnia utrzymuje się długo, zmniejsza się do niego dopływ krwi, a jednocześnie wzrasta ilość produktów przemiany materii, w konsekwencji pojawia się ból; podobny jest mechanizm niektórych bólów głowy;
- ❖ **zmniejszeniem odporności immunologicznej;**

Psychologiczne przejawy reakcji stresowej:

- ❖ **wyczerpanie emocjonalne**, które przejawia się m.in. obniżonym nastrojem, niepokojem, depresją, zniechęceniem, rozczarowaniem, uczuciem bezradności i beznadziejności, a także stałym zmęczeniem i odczuwaniem różnorodnych dolegliwości somatycznych;
- ❖ **depersonalizacja**, która oznacza obojętny, a czasem nawet wrogi stosunek do podwładnego i traktowanie go bardziej jak rzecz niż odczuwającego człowieka;
- ❖ **poczucie braku dokonań w pracy.**

BIBLIOGRAFIA

1. NAUKA O PRACY – BEZPIECZEŃSTWO, HIGIENA, ERGONOMIA, Pakiet edukacyjny dla wyższych uczelni, CIOP-PIB, W-wa 2006,
2. <http://bhpwfirmie.pl/>

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ