

**SKRYPT DO SZKOLENIA  
Z ZAKRESU RATOWNICTWA CHEMICZNEGO  
REALIZOWANEGO PRZEZ KSRG  
W ZAKRESIE PODSTAWOWYM**

**WARSZAWA, 2019 r.**



**UWAGA!**

*Niniejszy materiał jest przeznaczony dla uczestników i absolwentów zajęć z tego zakresu prowadzonych w Szkołach i Ośrodkach Szkolenia PSP. Materiał ten nie może zastąpić czynnego uczestnictwa w zajęciach, a jedynie stanowi uzupełnienie omawianych tam zagadnień. Ponadto wiedza w tym zakresie podlega ciągłej ewaluacji dlatego ważne jest stałe śledzenie aktualnej literatury i doskonalenie umiejętności z tego zakresu.*

## ***Niniejszy Skrypt powstał na zlecenie Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej***

### ***Nadzór nad opracowaniem:***

- nadbryg. Tadeusz Jopek

### ***Opracowanie:***

- 1. Ratownictwo chemiczne i ekologiczne realizowane przez ksrg w zakresie podstawowym**  
mł. bryg. Artur Ankowski
- 2. Zagrożenia powodowane przez materiały niebezpieczne**  
bryg. Marek Poterek, st. kpt. Dawid Kręciwilk, Michał Łupiński
- 3. Środki ochrony indywidualnej**  
kpt. Adam Derda
- 4. Urządzenia i techniki pomiarowe**  
mł. bryg. Piotr Chruściel
- 5. Techniki kontrolowania emisji substancji niebezpiecznych**  
mł. bryg. Artur Ankowski
- 6. Działania ratownicze**  
bryg. Marek Poterek, mł. bryg. Mariusz Przygoda, mł. bryg. Artur Ankowski
- 7. Dekontaminacja**  
bryg. Marek Poterek

### ***Konsultacje merytoryczne:***

- mł. ogn. Marcin Glinka
- Michał Łupiński
- przedstawiciele jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej

### ***Opracowanie redakcyjne:***

- mł. bryg. Artur Ankowski



*W skrypcie wykorzystano fotografie i rysunki autorów poszczególnych rozdziałów. W przypadku obrazów z publikacji zewnętrznych i stron internetowych – źródła znajdują się pod zapożyczonym materiałem. Zawarte treści są zgodne z programem szkolenia.*

Spis treści

1.	Ratownictwo chemiczne i ekologiczne realizowane przez ksrg w zakresie podstawowym.....	6
2.	Zagrożenia powodowane przez materiały niebezpieczne.....	12
2.1	Podstawowe pojęcia z chemii ogólnej.....	12
2.2	Gazy .....	18
2.3	Palność i wybuchowość .....	19
2.4	Reaktywność.....	21
2.5	Toksyczność .....	22
2.5.1	Klasyfikacja substancji chemicznych i ich mieszanin .....	22
2.5.2	Pojęcie trucizny, toksyczność, dawka .....	24
2.5.3	Drogi wchłaniania substancji toksycznych przez organizm .....	26
2.5.4	Stężenia i natężenia czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (awarii).....	28
2.5.5	Sposoby działania i przykłady trucizn .....	31
2.6	Promieniotwórczość .....	40
2.6.1	Dawki promieniowania i ich jednostki.....	47
2.6.2	Skutki promieniowania jonizującego dla organizmu ludzkiego.....	51
2.6.3	Zasady ochrony przed promieniowaniem .....	52
3.	Środki ochrony indywidualnej .....	57
4.	Urządzenia i techniki pomiarowe .....	66
5.	Techniki kontrolowania emisji substancji niebezpiecznych .....	82
6.	Działania ratownicze .....	93
7.	Dekontaminacja .....	116
7.1	Dekontaminacja ratowników .....	116
7.1.1	Metody dekontaminacji.....	116
7.1.2	Strefa dekontaminacji wstępnej.....	117
7.2	Dekontaminacja osób poszkodowanych .....	118
7.3	Doraźne metody dekontaminacji.....	120
7.4	Dekontaminacja w warunkach skażenia środkami cbrn w przypadku zdarzeń masowych.....	126
8.	Literatura .....	130



## 1. Ratownictwo chemiczne i ekologiczne realizowane przez ksrg w zakresie podstawowym

Podstawowymi uregulowaniami prawnymi normującymi organizację ratownictwa chemicznego i ekologicznego są:

- Ustawa o Państwowej Straży Pożarnej,
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego,
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej,
- Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym.

Dodatkowe zagadnienia uzupełniające tematykę zostały zawarte w normach, rozporządzeniach i innych dokumentach określonych w dalszej części opracowania.

**Ratownictwo chemiczne** – zespół czynności podjętych w celu ratowania życia i zdrowia ludzi oraz środowiska podczas likwidacji bezpośrednich zagrożeń stwarzanych przez substancje niebezpieczne.

**Ratownictwo ekologiczne** – zespół czynności podjętych w celu ratowania środowiska poprzez ograniczenie lub likwidację skażeń z zastosowaniem skutecznych zabezpieczeń lub środków neutralizujących.

**Ratownictwo chemiczne i ekologiczne w zakresie podstawowym realizują:**

- wszystkie jednostki ratowniczo-gaśnicze Państwowej Straży Pożarnej (JRG PSP),
- jednostki ochrony przeciwpożarowej, w tym jednostki OSP włączone do ksrg, które zadeklarowały w gotowości operacyjnej zdolność do realizacji tych zadań według posiadanych możliwości organizacyjno-sprzętowych i wyszkolenia,
- inne podmioty ratownicze współpracujące z ksrg, które zadeklarowały w gotowości operacyjnej zdolność do realizacji tych zadań według posiadanych możliwości organizacyjno-sprzętowych i wyszkolenia.

**Zakres podstawowy ratownictwa chemicznego i ekologicznego obejmuje:**

- rozpoznanie i zabezpieczenie miejsca zdarzenia oraz wyznaczenie strefy zagrożenia,
- podjęcie próby identyfikacji zagrożenia – źródło informacji np.: kierowca, konwojent, maszynista, pracownicy zakładu, oznakowanie pojazdów i opakowań, dokumenty przewozowe, dokumentacja techniczno-ruchowa, plany ratownicze itp.,
- ewakuację poszkodowanych i zagrożonych ludzi oraz zwierząt poza strefę zagrożenia,
- ostrzeganie i alarmowanie o zagrożeniu oraz informowanie o zasadach zachowania się,
- przeprowadzenie pomiarów za pomocą dostępnych przyrządów,
- ograniczanie skutków wycieku substancji ropopochodnych,
- stawianie kurtyn wodnych,
- prowadzenie czynności w zakresie dekontaminacji wstępnej ludzi na granicy strefy zagrożenia przy użyciu dostępnego sprzętu,
- kwalifikowaną pierwszą pomoc poza strefą zagrożenia,
- współdziałanie z innymi podmiotami ratowniczymi, w tym z SGR CHEM-EKO lub ZRCHEM,
- wykonywanie innych czynności wg posiadanego sprzętu oraz wiedzy w danym zakresie.

W przypadku jednostek, które nie spełniają standardu wyposażenia w zakresie podstawowym, a także OSP oraz innych podmiotów ratowniczych współpracujących z kserg, które nie zadeklarowały w gotowości operacyjnej zdolności do realizacji zadań ratownictwa chemicznego i ekologicznego, pierwszy zastęp przybyły na miejsce zdarzenia realizuje następujące zadania:

- określenie warunków zewnętrznych zdarzenia, w tym zjawiska towarzyszące zdarzeniu np.: pożar, wybuch, opary, efekty dźwiękowe, stan nasycenia infrastrukturą techniczną, itp.,
- podejmuje próbę identyfikacji substancji chemicznej – źródło informacji np.: kierowca, konwojent, maszynista, pracownicy zakładu, oznakowanie pojazdów i opakowań, dokumenty przewozowe, dokumentacja techniczno-ruchowa, plany ratownicze, itp.,
- zabezpiecza miejsce zdarzenia i wyznacza strefę zagrożenia,
- ustala liczbę osób poszkodowanych i zagrożonych (bez wchodzenia w strefę zagrożenia),
- realizuje co najmniej pierwszą pomoc poza strefą zagrożenia,
- ostrzega ludność o zagrożeniu i w razie konieczności ewakuuje ludzi, zwierzęta i mienie poza strefę zagrożenia,
- wykonuje inne czynności według posiadanego sprzętu oraz wiedzy w danym zakresie,
- przekazuje informacje do właściwego Stanowiska Kierowania KM/P PSP.

Zasady bezpieczeństwa zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 roku w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. poz. 1115) – rozdział czwarty – szkolenie oraz rozdział piąty – bezpieczeństwo i higiena służby podczas akcji ratowniczych, a także w wytycznych organizacji ratownictwa chemicznego.

Poniżej opisano elementarne zasady bezpieczeństwa strażaków lub ratowników w ratownictwie chemicznym (również specjalistycznym).

- 1) **ZASADA I** – Na etapie dojazdu do miejsca zdarzenia oraz wstępnego ustawienia pojazdów ratowniczych stosować poniższe zasady:
  - a) w miarę możliwości dojechać do miejsca zdarzenia oraz ustawić pojazdy z wiatrem oraz w górnych partiach terenu,
  - b) przestrzegać minimalnej odległości od miejsca zdarzenia:
    - ✓ dla gazów oraz dla substancji, przedmiotów lub obiektów tworzących zagrożenie wybuchem – nie mniej niż 150 m,
    - ✓ dla substancji, przedmiotów lub obiektów tworzących zagrożenie promieniowaniem jonizującym – nie mniej niż wstępny promień strefy awaryjnej (3 m, zalecane 30 m),
    - ✓ dla pozostałych substancji, przedmiotów lub obiektów tworzących zagrożenie – nie mniej niż 50 m,
  - c) w przypadku dokładniejszego rozpoznania okoliczności zdarzenia lub określenia wielkości strefy przyrządami pomiarowymi lub przeprowadzenia analizy substancji niebezpiecznej, minimalna odległość określona w ppkt. b) może zostać zmieniona,
  - d) zapewnić możliwość wycofania sił i środków,
  - e) uwzględniać warunki meteorologiczne (temperaturę, opady, wyładowania atmosferyczne i inne),
  - f) uwzględniać dynamikę sytuacji,
  - g) uwzględnić obecną infrastrukturę, ukształtowanie oraz inne właściwości terenu.
- 2) **ZASADA II** – Stosować odpowiedni sprzęt ochrony osobistej strażaków lub ratowników, adekwatny do zagrożenia i okoliczności zdarzenia. Dobór sprzętu powinien uwzględniać m.in.:
  - a) stężenia wybuchowe tlenu oraz substancji toksycznych w otoczeniu,
  - b) właściwości substancji niebezpiecznej,
  - c) odporność chemiczną sprzętu.
- 3) **ZASADA III** – Rozpoznać substancję chemiczną i miejsce zdarzenia oraz wyznaczyć strefę zagrożenia (stosować dostępne przyrządy służące do detekcji i pomiarów).
- 4) **ZASADA IV** – Stosować absolutne pierwszeństwo działań dla ratowania zagrożonych ludzi.
- 5) **ZASADA V** – Bezpieczeństwo strażaków lub ratowników:
  - a) działania w strefie zagrożenia muszą być prowadzone przez minimum 2 strażaków lub ratowników,
  - b) strażacy lub ratownicy pracujący w strefie zagrożenia muszą być asekurowani minimum przez dwóch ratowników wyposażonych w sprzęt ochronny o takim samym stopniu zabezpieczenia, jak ratownicy pracujący w strefie,



- c) należy utrzymywać łączność z ratownikami pozostającymi w strefie I i pozostającymi w asekuracji,
  - d) należy kontrolować czas przebywania strażaków lub ratowników w strefie zagrożenia,
  - e) unikać wprowadzania nadmiernej liczby strażaków lub ratowników do strefy bezpośredniego zagrożenia,
  - f) w razie potrzeby przed wejściem strażaków lub ratowników do strefy należy przygotować obszar dekontaminacji wstępnej strażaków i ratowników.
- 6) **ZASADA VI** – Bezpośrednie działania ratownicze w strefie zagrożenia mogą prowadzić odpowiednio przeszkoleni ratownicy.
- 7) **ZASADA VII** – Zdarzenie chemiczne może nagle zmienić swój charakter (pożar, wybuch, niebezpieczna reakcja), należy bezwzględnie przestrzegać „reguły 10 minut”, tj. w procesie decyzyjnym należy przewidywać rozwój sytuacji z wyprzedzeniem 10 minut.
- 8) **ZASADA VIII** – Należy zwracać uwagę na otoczenie i zjawiska towarzyszące akcji ratowniczej, ponieważ mogą one powodować dodatkowe zagrożenia.
- 9) **ZASADA IX** – Unikać zbędnej kontaminacji strażaków lub ratowników podczas działań oraz zwracać szczególną uwagę na możliwość wystąpienia kontaminacji wtórnej. Dekontaminację organizować według potrzeb.
- 10) **ZASADA X** – Bezwzględnie przestrzegać zabezpieczenia medycznego działań ratownictwa chemicznego i ekologicznego.

Kierujący działaniem ratowniczym może odstąpić w trakcie działania ratowniczego od zasad uznanych powszechnie za bezpieczne, zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie.

Podczas realizacji czynności ratowniczych w ratownictwie chemicznym, PSP jest służbą wiodącą i współpracuje z podmiotami takimi jak:

- Policja,
- Państwowe Ratownictwo Medyczne,
- Inspekcje Ochrony Środowiska,
- struktury Zarządzania Kryzysowego,
- Straż Miejska i inne.

Dysponowanie sił i środków w zakresie podstawowym ratownictwa chemicznego i ekologicznego następuje zgodnie z procedurami dysponowania, każdorazowo do zdarzenia chemicznego i ekologicznego oraz do zdarzenia mogącego mieć domniemany charakter chemiczny lub ekologiczny.

Odpowiednie stanowiska kierowania dysponują do zdarzenia chemicznego JRG PSP lub jednostki, które zadeklarowały w swojej gotowości operacyjnej zdolność do realizacji zadań ratownictwa chemicznego i ekologicznego.

Szczegółowe zasady dysponowania zawarte są w „Ramowych wytycznych Komendanta Głównego PSP do opracowania procedur dysponowania sił ksrq oraz zasad doraźnego zabezpieczenia operacyjnego terenu powiatu po zadysponowaniu zasobów ratowniczych” i będących narzędziem pomocniczym dyżurnych dyspozytorów SKKP i SKKM.

Współdziałanie z SGR CHEM-EKO na miejscu działań realizowane jest w oparciu o możliwości techniczno-operacyjne zastępów realizujących podstawowe czynności ratownicze. Oprócz wiedzy i umiejętności ratowników, zakres współpracy ograniczony jest minimalnym normatywem sprzętowym. Współdziałanie to dotyczyć może przede wszystkim przygotowania sprzętu do działań, realizacji dekontaminacji ludzi i sprzętu, udzielenia pomocy poszkodowanym i dostarczania wody.

Do realizacji zadań z zakresu podstawowego, zgodnie z wytycznymi, niezbędne są:

- standardowy sprzęt i pojazdy ratownicze do realizowania podstawowych czynności ratowniczych,
- ubranie specjalne chroniące przed czynnikami chemicznymi minimum typ 3, wg normy PN-EN 14605+A1:2009, wraz z rękawicami i butami zapewniającymi odporność chemiczną – 6 kpl.,



Fot. 1. Ubranie ochrony chemicznej wraz z rękawicami i butami. Źródło własne

- aparat ochrony układu oddechowego – 6 kpl.,



Fot. 2. Aparat ochrony układu oddechowego. Źródło: J. Maleszko

- sprzęt do wytwarzania kurtyny wodnej – 1 szt.,



Fot. 3. Sprzęt do wytwarzania kurtyny wodnej. Źródło własne

- zestaw przyrządów umożliwiających pomiar: stężeń wybuchowych, tlenu, tlenku węgla i siarkowodoru (dopuszcza się przyrządy wielofunkcyjne) i urządzenie wykrywające promieniowanie jonizujące (nie jest obowiązkowy w OSP) – 1 szt.,



Fot. 4. Zestaw przyrządów umożliwiających pomiar: stężeń wybuchowych, tlenu, tlenku węgla i siarkowodoru i urządzenie wykrywające promieniowanie jonizujące.  
Źródło własne

Teren działań SGR CHEM-EKO stanowi odcinek bojowy, którego dowódcą jest Dowódca SGRChem-Eko inny niż KDR, a siły i środki z zakresu podstawowego realizują pomocnicze czynności ratownicze oraz współpracują w zakresie możliwości sprzętowych i zadań przewidzianych do tego poziomu ratownictwa.

## 2. Zagrożenia powodowane przez materiały niebezpieczne

### 2.1 Podstawowe pojęcia z chemii ogólnej

#### Stany skupienia, zmiany stanów skupienia

Parametry przemiany fazowej ciała stałego:

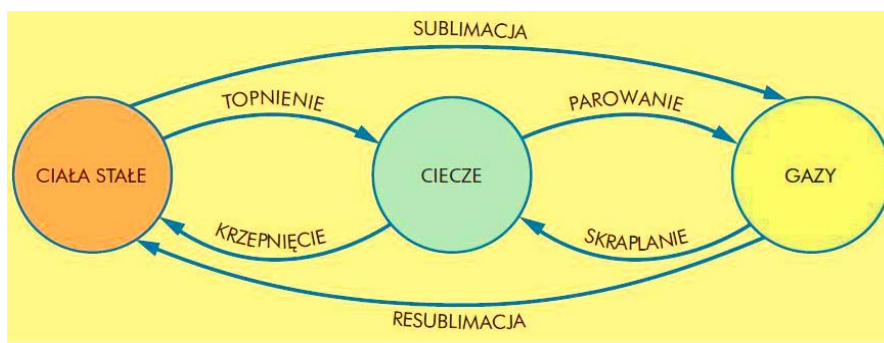
- temperatura topnienia,
- temperatura sublimacji.

Parametry przemiany fazowej cieczy:

- temperatura krzepnięcia,
- temperatura parowania (wrzenie).

Parametry przemiany fazowej gazu:

- temperatura skraplania,
- temperatura resublimacji.



**Rys.1. Przemiany fazowe.**  
Źródło: Opracowanie własne

**Rozpuszczalność** – zdolność substancji chemicznej (stałej, ciekłej i gazowej) do tworzenia z innymi substancjami (rozpuszczalnikami) mieszanin jednorodnych (roztworów).

#### Stężenie procentowe

$$C_p = \frac{m_s}{m_s + m_{rozp}} \cdot 100\%$$

#### Stężenie molowe

$$C_m = \frac{n}{V_{rozt}} = \frac{m_s}{MV_{rozt}}$$

$m_s$  – masa substancji

$m_{rozp}$  – masa rozpuszczalnika

$n$  – liczba moli

$V_{rozt}$  – objętość roztworu

$M$  – masa molowa

**Podstawowe jednostki układu SI**

Układ SI zawiera 7 jednostek podstawowych:

- 1) metr [m] - długość
- 2) kilogram [kg] - masa
- 3) sekunda [s] - czas
- 4) kelwin [K] - temperatura
- 5) amper [A] - natężenie prądu elektrycznego
- 6) kandela [cd] - światłość
- 7) mol [mol] - liczność materii

**Tab. 1. Przedrostki stosowane przy jednostkach**

Przedrostek	Oznaczenie	Mnożnik
eksa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
kilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hekto	h	$10^2 = 100$
deka	da	$10^1 = 10$
-----	---	$10^0 = 1$
decy	d	$10^{-1} = 0,1$
centy	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
mikro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
piko	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
atto	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

**Przykładowe przeliczanie jednostek**

— temperatura

$$^{\circ}F = ^{\circ}C \frac{9}{5} + 32$$

$$K = ^{\circ}C + 273,15$$

— ciśnienie (w przybliżeniu dla potrzeb obliczeniowych)  
 1atm (atmosfera fizyczna) = 1,01bar = 760mmHg = 760Tr = 10332,27mmH<sub>2</sub>O = 1,03 kG/cm<sup>2</sup>  
 = = 101325 Pa = 101325 N/m<sup>2</sup> = 14,70 PSI (funt-siła na cal kwadratowy)

Tab. 2. Porównanie pierwiastka i związku chemicznego

Pierwiastek chemiczny	Związek chemiczny
substancja prosta	substancja złożona
nie daje się rozłożyć na prostsze substancje metodami chemicznymi	można ją rozłożyć na prostsze substancje metodami chemicznymi
zbiór atomów o identycznych właściwościach chemicznych	zbiór cząsteczek (zbudowanych z dwóch lub więcej rodzajów atomów) o stałym składzie chemicznym i stałych właściwościach

**Mieszanina** – układ dwóch lub więcej pierwiastków lub związków chemicznych zmieszanych ze sobą w dowolnym stosunku i wykazujących swoje indywidualne właściwości, charakteryzujące się brakiem wiązań pomiędzy sobą.

**Mieszaniny jednorodne** (homogeniczne) – mieszaniny, których składniki są bardzo silnie rozdrobnione – najczęściej do pojedynczych cząsteczek (np. powietrze, niedestylowana woda, stal).

**Mieszaniny niejednorodne** (heterogeniczne) – mieszaniny, których składniki są słabo rozdrobnione i zawierają duże zespoły cząsteczek (np. mąka z makiem, piasek z wodą).

### Mechanizmy transportu ciepła

Są trzy podstawowe mechanizmy transportu ciepła:

- przewodnictwo cieplne,
- unoszenie (konwekcja),
- promieniowanie cieplne (radiacja)

**Przewodnictwo cieplne** – wymiana energii drogą bezpośredniej styczności cząsteczek, przy czym przenoszenie energii w ciałach stałych odbywa się za pośrednictwem fal sprężystych, natomiast w gazach i cieczach drogą dyfuzji. Jest to najbardziej istotny sposób przenoszenia ciepła w ciałach stałych.

Przewodzenie ciepła decyduje w początkowej fazie rozwoju pożaru o tym jak szybko materiał ogrzewa się, rozkłada termicznie itp.

**Unoszenie ciepła (konwekcja)** – przemieszczenie się masy cieczy lub gazu, w konsekwencji zmiany ciśnienia spowodowanej różnicami temperatury i gęstości między ośrodkiem propagacji, a rozchodzącym się gazem i cieczą. Konwekcja naturalna występuje np. w czasie

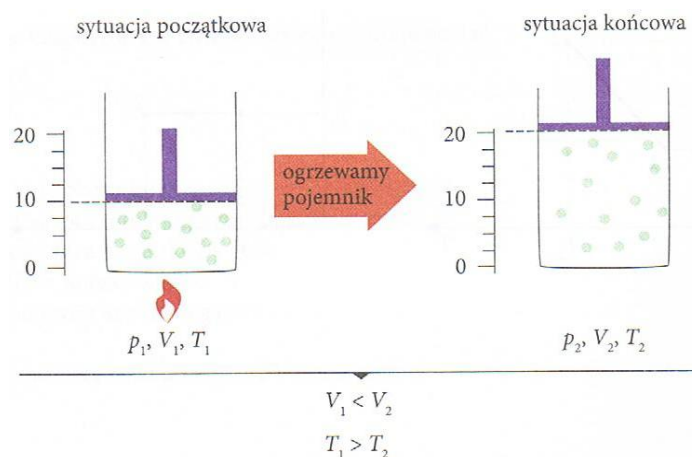
pożaru i spowodowana jest samoistną zmianą temperatury ogrzewanego powietrza, a konwekcja wymuszona spowodowana jest np. działaniem wentylacji i wiatru.

**Promieniowanie ciepłe** – wymiana ciepła, która odbywa się za pomocą niewidzialnych dla oka fal elektromagnetycznych wywołanych ruchem ciepłych atomów lub cząsteczek jakiegoś ciała. Promieniowanie ciepłe rozchodzi się prostoliniowo we wszystkich kierunkach. Ten rodzaj przenoszenia ciepła odgrywa istotną rolę w rozprzestrzenianiu się pożarów.

### Przemiany termodynamiczne

Substancje gazowe mogą podlegać przemianom, w czasie których określony parametr nie ulega zmianie, podczas gdy pozostałe zmieniają się w sposób, który wynika z tego warunku. Trzy podstawowe parametry: ciśnienie  $P$ , temperatura  $T$  i objętość właściwa  $V$  dają następujące **przemiany charakterystyczne**:

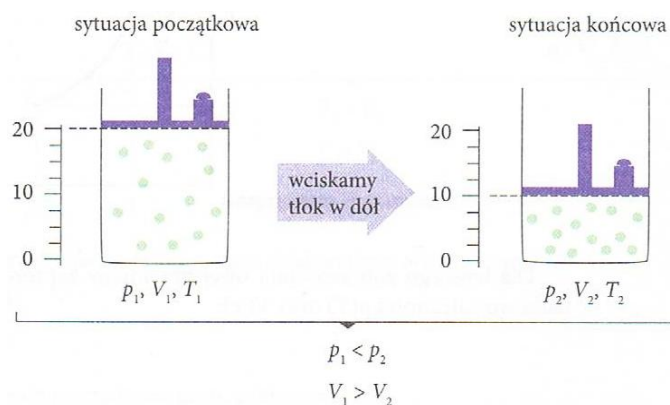
a) **izobaryczną**:  $p = \text{const}$ ,



**Rys.2. Przemiana izobaryczna.**

Źródło: E. Senderska, Repetytorium Fizyka, Kraków 2015

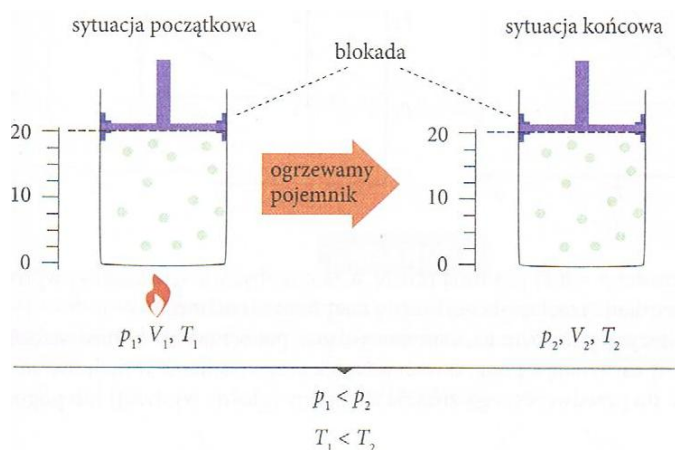
b) **izotermiczną**:  $T = \text{const}$ ,



**Rys.3. Przemiana izotermiczna.**

Źródło: E. Senderska, Repetytorium Fizyka, Kraków 2015

c) **izochoryczną:**  $V = \text{const}$ ,



Rys.4. Przemiana izochoryczna.

Źródło: E. Senderska, Repetytorium Fizyka, Kraków 2015

**Gęstość** – stosunek masy danego ciała do jego objętości.

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$m$  – masa ciała (cieczy) w [kg],

$V$  – objętość ciała (cieczy) w [ $\text{m}^3$ ].

**Gęstość czystej wody przy temperaturze 4°C wynosi 1000 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ].**

**Ciężar właściwy (objętościowy)** – stosunek ciężaru danego ciała do jego całkowitej objętości.

$$\gamma = \frac{G}{V} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

$G$  – ciężar ciała (cieczy) w [N] lub [kG],

$V$  – objętość ciała (cieczy) w [ $\text{m}^3$ ].

**Ciężar objętościowy wody** biorąc pod uwagę wartość przyspieszenia ziemskiego  $g = 9,81$  [ $\text{m}/\text{s}^2$ ] wynosi **9810 [ $\text{N}/\text{m}^3$ ].**



### Gęstość substancji lotnej w stosunku do powietrza

Na podstawie stosunku **gęstości** danego płynu do powietrza ( $d_p$ ) określa się dla **gazów i par cieczy** sposób ich rozprzestrzeniania się w powietrzu.

$$d_p = \frac{d_{gaz}}{d_{pow}} = \frac{d_{gaz}}{1,29} \qquad d_{gaz} = \frac{M}{V} = \frac{M}{22,4_{(w.n.)}}$$

$d_{gaz}$  – gęstość substancji

$d_{pow}$  – gęstość powietrza

$M$  – masa molowa substancji

$V$  – objętość jaką zajmuje 1 mol substancji

(w.n.) – warunki normalne  $p = 101325 \text{ Pa}$ ,  $T = 273,15 \text{ K}$

**Gazy i pary cieczy** dzielimy na:

- **gazy lżejsze** od powietrza – unoszące się, o masie molowej mniejszej niż 23 g/mol ( $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ),  **$d_p < 0,8$**
- **gazy z gęstością zbliżoną** powietrzu – rozchodzące się we wszystkich kierunkach (acetylen, CO, etan, etylen, HCN),  **$0,8 \leq d_p < 1,1$**
- **gazy cięższe** od powietrza – opadające i pełzające przy podłożu o masie powyżej 32 g/mol i pary wszystkich cieczy ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ )  **$d_p \geq 1,1$**

### Lotność

Lotność – „łatwość” parowania danej substancji. Jest to iloraz ciśnienia cząstkowego danego składnika w parze nad cieczą do jego ułamka molowego w cieczy.

Miara lotności dla stałej temperatury (układ izotermiczny) to ciśnienie pary nasyconej (prężność pary nasyconej) – im wyższe ciśnienie pary nasyconej, tym wyższa lotność.

Miara lotności dla stałego ciśnienia (układ izobaryczny) to temperatura wrzenia – im wyższa temperatura wrzenia, tym niższa lotność.

Określenie to można stosować w celu porównania np.:

- łatwości parowania różnych cieczy (alkohol i woda),
- wielkości strefy w której będzie występowało zagrożenie toksyczne w skutek parowania (rtęć),
- dla określenia parametrów ciał stałych sublimujących (Iód, „suchy” Iód).

### Lepkość

Lepkość (**tarcie wewnętrzne cieczy**) – opór przeciwstawiający się wzajemnemu przesunięciu sąsiednich warstewek cieczy.

$$T = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta x} [N]$$

$T$  – siła lepkości cieczy w [N],

$A$  – powierzchnia zetknięcia dwóch sąsiednich warstewek cieczy w [m<sup>2</sup>],

$\Delta v/\Delta x$  – stosunek różnicy prędkości dwóch sąsiednich warstewek cieczy do odległości pomiędzy warstewkami w [(m/s)/m],

$\eta$  – współczynnik lepkości dynamicznej cieczy w [Pa · s]

## 2.2 Gazy

**Temperatura krytyczna** – temperatura, powyżej której substancja w stanie lotnym nie może być skroplona, niezależnie od wielkości zastosowanego ciśnienia.

**Ciśnienie krytyczne** – ciśnienie, poniżej którego nie jest możliwe przeprowadzenie gazu w stan ciekły w temperaturze krytycznej.

**Współczynnik ekspansji** – parametr określający zdolność do zwiększenia objętości przez daną substancję podczas zmiany stanu skupienia z ciekłego w gazowy (np: dla LPG ok. 250; dla CO<sub>2</sub> ok. 630).

**Ciecze kriogeniczne (kriociecze)** – substancje w stanie skroplonym, charakteryzujące się temperaturą niższą niż temperatura wrzenia metanu przy ciśnieniu normalnym (111.1 K; -162,05 °C). Do najpowszechniej używanych w technice kriogenicznej substancji zaliczane są: azot, tlen, hel i metan (np: w LNG).

**CNG (Compressed Natural Gas)** – gaz ziemny w postaci sprężonej do ciśnienia 20-25 MPa.

**LNG (Liquefied Natural Gas)** – gaz ziemny w postaci ciekłej o temperaturze poniżej -162°C (temperatura wrzenia metanu). Współczynnik ekspansji ok. 630.

**LPG (Liquefied Petroleum Gas)** – mieszanina propanu i butanu z możliwą domieszką innych węglowodorów. Przechowywany w pojemnikach pod ciśnieniem w stanie ciekłym. Czysty chemicznie propan-butan jest bezwonny. Nawanianie specjalnymi środkami ma na celu wykrycie ewentualnych nieszczelności. Jest mieszaniną palną i w stanie gazowym cięższą od powietrza. Współczynnik ekspansji ok. 250.

**Acetylen (etyln) (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)** – węglowódor nienasycony, w warunkach normalnych bezbarwny gaz, lżejszy od powietrza. Czysty acetylen jest bezwonny jednak najczęściej występuje zanieczyszczony głównie związkami siarki i fosforu, które nadają mu specyficzny, nieprzyjemny zapach, o szerokim zakresie wybuchowości od ok. 2,3% do ponad 80%, stwarzający niebezpieczeństwo w wyniku rozpadu, polimeryzacji czy spalania.

**Wodór (H<sub>2</sub>)** – bezbarwny, bezwonny gaz, około 14 razy lżejszy od powietrza o szerokim zakresie wybuchowości od ok. 4% do 75%.

**Tlen ( $O_2$ )** – gaz bezbarwny i bezwonny, nietoksyczny i niepalny, słabo rozpuszczalny w wodzie, jest gazem podtrzymującym proces spalania – podstawowy utleniacz w tych reakcjach (w powietrzu w stężeniu około 20,95%). Jest on niezbędny do życia dla większości organizmów. Temperatura topnienia:  $-219\text{ }^\circ\text{C}$ , temperatura wrzenia:  $-183\text{ }^\circ\text{C}$ .

### 2.3 Palność i wybuchowość

Czynnikami warunkującymi wystąpienie spalania płomieniowego jako reakcji ciągłej są:

- materiał palny w odpowiedniej ilości,
- utleniacz w odpowiednim stężeniu,
- źródło ciepła o odpowiedniej energii,
- obecność pośrednich produktów (wolnych rodników – katalizatorów spalania) warunkujących ciągłość spalania.

**Zapłon** – polega na zapaleniu mieszaniny palnej punktowym (pilotowym) bodźcem energetycznym, tylko w bardzo ograniczonej przestrzeni, wokół której powstaje czoło płomienia przemieszczające się następnie na całą pozostałość mieszaniny.

**Temperatura zapłonu** – najniższa temperatura cieczy ogrzewanej w ściśle określony sposób, której pary tworzą z powietrzem mieszaninę zapalającą się przy zbliżeniu źródła zapłonu.

**Samozapłon** – samoistny zapłon mieszaniny palnej w całej jej objętości po osiągnięciu granicznej, charakterystycznej dla danej mieszaniny temperatury bez udziału zewnętrznego bodźca energetycznego.

**Temperatura zapalenia** – najniższa temperatura materiału, który ogrzewany strumieniem ciepła dostarczonym z zewnątrz w wyniku rozkładu termicznego wydziela palną fazę lotną o stężeniu umożliwiającym jego zapalenie się, tzn. samorzutne pojawienie się płomienia.

**Piroliza** – nieodwracalny chemiczny rozkład materiału bez utleniania spowodowany wzrostem temperatury.

**Dolna granica wybuchowości (DGW)** – najniższe stężenie materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem, poniżej którego nie jest możliwy jej zapłon pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego), w określonych warunkach badania.

**Górna granica wybuchowości (GGW)** – najwyższe stężenie materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem, powyżej którego nie jest możliwy jej zapłon pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego), w określonych warunkach badania.

**Granice wybuchowości są zmienne i zależne głównie od:**

- ciśnienia,
- temperatury,
- wielkości i rodzaju energii zapłonu,

- stężenia w mieszaninie gazów obojętnych (gazów chemicznie obojętnych, nie uczestniczących w przebiegu reakcji chemicznej np.: azot , dwutlenek węgla, argon),
- stężenia tlenu w mieszaninie,
- składu chemicznego mieszaniny,
- parametrów przestrzeni określającej obszar spalania.

**Minimalna energia zapłonu** – najmniejsza energia, która jest wystarczająca do spowodowania zapłonu najłatwiej zapalnej atmosfery wybuchowej w określonych warunkach.

**Wybuch fizyczny** – składniki mieszaniny nie ulegają reakcjom chemicznym, tylko zmianom parametrów fizycznych, np. wybuch butli ze skroplonym gazem spowodowany promieniowaniem cieplnym. Po wybuchu substancja, w wyniku której wybuch nastąpił, jest tą samą substancją.

**Wybuch chemiczny** – szybko przebiegająca reakcja spalania, której towarzyszy powstanie dużej ilości gazowych produktów spalania lub wydzielanie się bardzo dużej ilości ciepła.

#### **Spalanie deflagacyjne:**

- związane jest z wymianą ciepła i masy w obszarze spalania,
- znajdująca się przed frontem płomienia świeża mieszanina jest ogrzewana ciepłem wywiązującym się w strefie spalania,
- wymiana ciepła następuje w wyniku przewodnictwa cieplnego, promieniowania i konwekcji (mechanizm rozprzestrzeniania oparty jest o wymianę ciepła),
- przebiega z prędkościami w zakresie od kilku cm/s do prędkości dźwięku.

#### **Spalanie detonacyjne** (w przedziałach węższych niż granice wybuchowości):

- strefa reakcji przemieszcza się z prędkością najczęściej od 1000 m/s do 8000 m/s,
- mechanizm polega na gwałtownym adiabatycznym sprężaniu występującym w fali uderzeniowej, co powoduje ogrzanie reagentów powyżej ich temperatury zapłonu powodując dalsze spalanie,
- nie występuje zjawisko wyprzedzania strefy reakcji przez falę ciśnienia, stąd nie ma możliwości użycia tej fali jako sygnału ostrzegającego o nadchodzącym zagrożeniu.

**Wybuchy gazów i pyłów** – rozróżnienie pomiędzy wybuchem gazu lub pyłu odbywa się na podstawie fizycznego określenia eksplodującego materiału.

**Wybuchy gazu** mogą nastąpić w wyniku oddziaływania bodźca energetycznego na uformowaną wcześniej mieszaninę materiału palnego w postaci gazowej najczęściej z powietrzem, której stężenie zawarte jest w granicach wybuchowości.

**Wybuchy pyłu** mają miejsce wtedy, gdy palne materiały są intensywnie mieszane z powietrzem. Rozproszony materiał stały występuje w postaci proszku/pyłu o bardzo małej wielkości cząsteczek. Wybuch może następować po wydarzeniach inicjujących,

np. pożar lub niewielka eksplozja, które powodują, że proszek/pył osiadły na powierzchni zostaje rozproszony w powietrzu. W wyniku wymieszania z powietrzem i oddziaływania występującego bodźca energetycznego zachodzi wtórna eksplozja, która w rezultacie powodować może kolejne wybuchy.

**Wybuchy par cieczy** – aby ciecz spalała się lub wybuchiała, musi przejść w stan lotny i dopiero pary mieszając się z utleniaczem i wytwarzając obłok mogą dać zjawisko wybuchu po kontakcie z odpowiednim bodźcem energetycznym. W temperaturze zapłonu stężenie par cieczy jest równe stężeniu odpowiadającemu dolnej granicy wybuchowości tej cieczy.

## 2.4 Reaktywność

**Utleniacz** – substancja (pierwiastek lub związek chemiczny) przyjmująca elektrony podczas reakcji chemicznej.

### Rodzaje utleniaczy:

- gazy: tlen; powietrze wzbogacone w tlen; ozon; fluor; chlor; dwutlenek węgla,
- ciecze: kwasy; brom; nadtlenek wodoru,
- ciała stałe: azotany; chlorany; podchloryny; nadmanganian potasu; nadtlenki organiczne i nieorganiczne.

**Nadtlenki** – związki chemiczne (nieorganiczne i organiczne) zawierające grupy dwóch powiązanych ze sobą atomów tlenu [-O-O-], którym przypisuje się stopień utlenienia -I. (np.  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ;  $\text{BaO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}_2$  oraz liczne nadtlenki organiczne).

**Temperatura samoprzyspieszającego się rozkładu** – najniższa temperatura, przy której może rozpocząć się samorzutny rozkład nadtlenku znajdującego się w opakowaniu.

**Temperatura robocza** (w umowie ADR kontrolowana) – najwyższa temperatura, przy której nadtlenek może być bezpiecznie przechowywany i transportowany.

**Temperatura alarmowa** (w umowie ADR awaryjna) – temperatura, przy której powinny rozpocząć się działania ratownicze uniemożliwiające osiągnięcie przez nadtlenek temperatury samoprzyspieszającego się rozkładu.

**Kwas** – związek chemiczny zbudowany z atomu/ów wodoru i reszty kwasowej (zawierającej atomy jednego, bądź więcej pierwiastków chemicznych), który w roztworze wodnym dysocjuje (na  $\text{H}^+$ , a właściwie  $\text{H}_3\text{O}^+$  i aniony reszty kwasowej).

**Zasada** – wodorotlenek (związek chemiczny zbudowany z atomu metalu i grup wodorotlenowych  $\text{OH}^-$ ), który rozpuszcza się w wodzie.

**Skala pH** – ilościowa skala kwasowości i zasadowości roztworów wodnych związków chemicznych.

**Neutralizacja poprzez zobojętnianie** – reakcja wzajemnego oddziaływania zasady i kwasu. Podczas działań należy zobojętniać mocny kwas – słabą zasadą, mocną zasadę – słabym kwasem, bądź przez reakcję wzajemnego oddziaływania słabego kwasu i słabej zasady.

### **Materiały reagujące z powietrzem, wodą i pomiędzy sobą**

Niektóre substancje chemiczne ze względu na swoje chemiczne właściwości mogą ulegać reakcjom w specyficznych warunkach. W zależności od **bodźca inicjującego** reakcję, substancje te można podzielić na trzy grupy:

- reagujące z lub pod wpływem **powietrza** (O<sub>2</sub>) np.: fosfor biały, pył aluminiowy,
- reagujące z lub pod wpływem **wody** (H<sub>2</sub>O) np.: metale alkaliczne (m.in. sól, potas), nadtlenek sodu;
- reagujące na skutek **powinowactwa ze sobą**.

**Polimeryzacja** – reakcja chemiczna monomerów prowadząca do powstania polimerów. Podczas polimeryzacji następuje rozerwanie wiązań podwójnych, potrójnych albo otwarcie pierścienia.

**Katalizator** – substancja chemiczna, która przyspiesza przebieg reakcji chemicznej.

**Inhibitor** – substancja chemiczna, która powoduje zmniejszenie szybkości reakcji chemicznej np.: działanie proszków gaśniczych BC lub ABC.

## **2.5 Toksyczność**

### **2.5.1 Klasyfikacja substancji chemicznych i ich mieszanin**

Zgodnie z treścią art. 4. pkt 1. ustawy z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach<sup>1</sup> oraz § 2 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji chemicznych i ich mieszanin<sup>2</sup>, substancjami niebezpiecznymi i mieszaninami niebezpiecznymi są substancje i mieszaniny:

- 1) o właściwościach wybuchowych (zwane również substancjami i mieszaninami wybuchowymi) – ciała stałe, ciecze i materiały o konsystencji pasty lub żelu, które w wyniku reakcji egzotermicznej (również bez udziału tlenu z powietrza) gwałtownie wydzielają gazy, oraz takie materiały, które w określonych warunkach badania detonują, ulegają szybkiej deflagracji lub wybuchają podczas podgrzewania w częściowo zamkniętej przestrzeni;
- 2) o właściwościach utleniających (zwane również substancjami i mieszaninami utleniającymi) – substancje i mieszaniny, których reakcje wywołane kontaktem

<sup>1</sup> Dz. U. z 2015 r. poz. 1203 (t. j., z 2016 r. poz. 2003);

<sup>2</sup> Załącznik do obwieszczenia Ministra Zdrowia z dnia 12 stycznia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji chemicznych i ich mieszanin (Dz. U. poz. 208);

- z innymi substancjami, w szczególności łatwopalnymi, są reakcjami wysoce egzotermicznymi;
- 3) skrajnie łatwopalne – substancje i mieszaniny w stanie ciekłym o wyjątkowo niskiej temperaturze zapłonu i wyjątkowo niskiej temperaturze wrzenia oraz substancje i mieszaniny w stanie gazowym, które w normalnych warunkach ciśnienia i temperatury palą się w kontakcie z powietrzem, w tym substancje i mieszaniny ciekłe o temperaturze zapłonu poniżej 0°C oraz o temperaturze wrzenia (lub w przypadku zakresu temperatur wrzenia – temperaturze początku wrzenia) niższej lub równej 35°C, a także substancje i mieszaniny w postaci gazu, palne w kontakcie z powietrzem przy ciśnieniu atmosferycznym i w temperaturze otoczenia;
  - 4) wysoce łatwopalne:
    - a) substancje i mieszaniny, które bez dostarczenia energii w normalnych warunkach ciśnienia i temperatury, w kontakcie z powietrzem mogą nagrzewać się i w konsekwencji zapalić się,
    - b) substancje i mieszaniny w stanie stałym, które w wyniku krótkotrwałego kontaktu ze źródłem zapłonu mogą zapalić się i proces palenia się lub tlenia trwa nadal po usunięciu źródła zapłonu,
    - c) substancje i mieszaniny w stanie ciekłym o bardzo niskiej temperaturze zapłonu, (substancje i mieszaniny ciekłe o temperaturze zapłonu poniżej 21°C, które nie są skrajnie łatwopalne),
    - d) substancje i mieszaniny, które w kontakcie z wodą lub wilgotnym powietrzem wydzielają skrajnie łatwopalne gazy w niebezpiecznych ilościach (z szybkością wynoszącą co najmniej 1 m<sup>3</sup>/kg/godzinę),
    - e) łatwopalne substancje i mieszaniny w stanie ciekłym o niskiej temperaturze zapłonu;
    - f) substancje i mieszaniny w stanie ciekłym, o temperaturze zapłonu od 21°C do 55°C. Mieszanin o temperaturze zapłonu równej lub wyższej niż 21°C i niższej lub równej 55°C nie klasyfikuje się jako łatwopalnych, jeżeli nie mogą podtrzymać palenia oraz jeżeli nie stwarzają zagrożeń dla ich użytkowników i dla innych osób;
  - 5) bardzo toksyczne – substancje i mieszaniny, które w przypadku połknięcia, wchłonięcia drogą oddechową lub przez skórę ich bardzo małych ilości mogą spowodować zgon albo ostre lub przewlekłe niekorzystne skutki dla zdrowia człowieka;
  - 6) toksyczne – substancje i mieszaniny, które w przypadku połknięcia, wchłonięcia drogą oddechową lub przez skórę ich małych ilości mogą spowodować zgon albo ostre lub przewlekłe niekorzystne skutki dla zdrowia człowieka;
  - 7) szkodliwe – substancje i mieszaniny, które w przypadku połknięcia, wchłonięcia drogą oddechową lub przez skórę mogą spowodować zgon albo ostre lub przewlekłe niekorzystne skutki dla zdrowia człowieka;
  - 8) żrące – substancje i mieszaniny, które w zetknięciu z żywymi tkankami mogą powodować ich zniszczenie;

- 9) drażniące – substancje i mieszaniny niewykazujące działania żrącego, które w przypadku krótkotrwałego, długotrwałego lub wielokrotnego kontaktu ze skórą lub błoną śluzową mogą powodować ich stany zapalne;
- 10) uczulające (alergeny) – substancje i mieszaniny, które w przypadku wchłonięcia do organizmu drogą oddechową lub przez skórę mogą wywoływać stan nadwrażliwości, a kolejne narażenie na substancję spowoduje niekorzystne dla zdrowia człowieka charakterystyczne skutki;
- 11) rakotwórcze (kancerogenne) – substancje i mieszaniny, które w przypadku przyjmowania drogą pokarmową, wchłaniania drogą oddechową lub przez skórę mogą być przyczyną raka lub wzrostu częstości jego występowania;
- 12) mutagenne – substancje i mieszaniny, które w przypadku przyjmowania drogą pokarmową, wchłaniania drogą oddechową lub przez skórę mogą być przyczyną dziedzicznych wad genetycznych lub wzrostu częstości ich występowania;
- 13) działające szkodliwie na rozrodczość (teratogenne) – substancje i mieszaniny, które w przypadku przyjmowania drogą pokarmową, wchłaniania drogą oddechową lub przez skórę mogą być przyczyną szkodliwych skutków u potomstwa, innych niż wady genetyczne, lub wzrostu częstości występowania takich skutków oraz zaburzeń funkcji lub możliwości rozrodczych u człowieka;
- 14) niebezpieczne dla środowiska – substancje i mieszaniny, które po przedostaniu się do środowiska stwarzają lub mogą stwarzać natychmiastowe lub opóźnione zagrożenie dla jednego lub większej liczby elementów środowiska.

### 2.5.2 Pojęcie trucizny, toksyczność, dawka

**Trucizna** – substancja, która po wchłonięciu do organizmu lub wytworzona w organizmie powoduje zaburzenie jego funkcji lub śmierć.

Każda substancja obecna w środowisku w postaci stałej, ciekłej lub gazowej wywierająca szkodliwy wpływ uchodzi za substancję skażającą otoczenie. Substancje uchodzące za szkodliwe wywołują określone efekty biologiczne lub zdrowotne, które występują podczas narażenia lub w okresie późniejszym, a także w następnych pokoleniach. Bardzo toksyczna substancja powoduje te skutki po podaniu bardzo małych ilości (dawk), natomiast substancja toksyczna wywiera działanie szkodliwe po podaniu w odpowiednio dużej ilości.

Objawy i skutki działania substancji niebezpiecznych na organizmy żywe określa się mianem **zatrucia**.

**Podział zatruc z względu na kryterium:**

- 1) czasu działania substancji toksycznej:
  - zatrucie ostre,
  - zatrucie przewlekłe,



2) przyczyny wystąpienia zatrucia:

- zatrucie przypadkowe (omyłkowe przyjęcie trucizny, skażenie środowiska naturalnego),
- zatrucie umyślne (zbrodnicze, samobójcze, samozatrucie bez tendencji samobójczych, egzekucja),
- zatrucie chorobowe (bakteryjne, ciężowe),
- zatrucie przemysłowe (skażenie środowiska pracy).

**Zatrucie ostre** – zatrucie charakteryzujące się szybkim rozwojem szkodliwych zmian w organizmie, powstających w ciągu krótkiego czasu po wprowadzeniu jednorazowej dawki trucizny dożołądkowo, inhalacyjnie lub po naniesieniu na skórę. Na ogół objawy uszkodzenia lub śmierć występują po 24 godzinach. Charakteryzują się przeważnie dużą dynamiką objawów klinicznych.

**Zatrucie przewlekłe** – zatrucie powstające wskutek działania małych dawek trucizny podawanych przez dłuższy okres, na ogół pod wpływem kumulacji trucizny w organizmie. Zatrucia przewlekłe powstają zwykle w wyniku zatruc przypadkowych, np. przebieg zatruc zawodowych ma przeważnie charakter przewlekły. Substancje toksyczne, zanieczyszczające środowisko człowieka, występują przeważnie w tak małych stężeniach, że wywołują tylko działanie przewlekłe.

Cechą substancji chemicznych polegającą na powodowaniu zaburzeń funkcji lub śmierci komórek żywych, narządów lub całych organizmów po dostaniu się w ich pobliże jest tzw. **toksyczność**.

Dokonując oceny toksyczności należy wziąć pod uwagę:

- ilość (dawkę) substancji podanej lub wchłoniętej,
- drogę podawania tj. np. wdychanie, podanie doustne, na skórę, wstrzyknięcie,
- częstość podawania (jednorazowo, kilkakrotnie), czas potrzebny do wystąpienia zmian (efektów) niekorzystnych oraz zakres stopnia uszkodzenia.

Stwierdzenie czy dana substancja stanowi, czy nie stanowi trucizny jest trudne, bowiem niemal dla każdego związku chemicznego można określić dawkę, która będzie śmiertelna.

**WSZYSTKO JEST TRUCIZNĄ I NIC NIE JEST TRUCIZNĄ, BO TYLKO DAWKA CZYNI TRUCIZNĘ**

*Paracelsus*

**Dawka** to ilość substancji chemicznej podana, pobrana lub wchłonięta do organizmu określoną drogą, warunkująca brak lub wystąpienie określonych efektów biologicznych, wyrażonych odsetkiem organizmów odpowiadających na tę dawkę. Zwykle dawka jest wyrażona w jednostkach wagowych na masę lub powierzchnię ciała, niekiedy dodatkowo na dobę.

W zależności od skutków wywołanych przez substancje chemiczne rozróżnia się następujące dawki:

- **dawka nieskuteczna** – ilość substancji chemicznej nie działająca na organizm testowy,
- **dawka progowa** – najmniejsza ilość substancji, która po wprowadzeniu do organizmu wywołuje określony efekt biologiczny lub kliniczny u 5% organizmów testowych,
- **dawka śmiertelna bezwzględna (LD100)** – najmniejsza ilość substancji powodująca śmierć 100% organizmów testowych,
- **dawka śmiertelna medialna (LD50)** – statystycznie obliczona dawka substancji, która w badaniach toksyczności ostrej powinna spowodować śmierć 50% badanych organizmów danej populacji. Wartość LD50 jest wyrażona w wadze substancji badanej na jednostkę masy badanego zwierzęcia (mg/kg m.c.),
- **stężenie śmiertelne (LC)** – stężenie substancji chemicznej w medium środowiskowym powodujące śmierć organizmów żywych w określonym czasie po narażeniu,
- **stężenie śmiertelne medialne (LC50)** – statystycznie obliczone stężenie substancji chemicznej w medium środowiskowym, powodujące śmierć 50% organizmów danej populacji w określonych warunkach,
- **stężenie progo** – najniższe stężenie lub dawka substancji chemicznej powodująca zmiany czynności poszczególnych narządów lub układów w organizmie, przekraczające fizjologiczne możliwości adaptacyjne.

Zastosowana do określenia dawki substancji jednostka [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] oznacza zawartość danej substancji wyrażonej w jednostkach masy – miligram w objętości jednego metra sześciennego powietrza (większe wartości stężeń przedstawiane są w jednostkach [ $\text{g}/\text{m}^3$ ] lub [ $\text{g}/\text{dm}^3$ ]). Ponadto do określania stężeń substancji w atmosferze stosowane są następujące jednostki:

- [% obj.] – jednostka ta wyraża zawartość objętościową zanieczyszczenia w 100 jednostkach objętości powietrza;
- [ppm] – (parts per milion) jednostka ta służy do oznaczania śladowych obecności gazów toksycznych i oznacza zawartość jednostek objętości zanieczyszczenia w milionie jednostek objętości powietrza np. 1[ppm] oznacza zawartość 1[ $\text{cm}^3$ ] gazu w 1[ $\text{m}^3$ ] powietrza.

### 2.5.3 Drogi wchłaniania substancji toksycznych przez organizm

Wchłanianie substancji toksycznych zachodzi następującymi drogami:

- pokarmową,
- skórną (dermalną),
- wziewną (inhalacyjną),

- pozajelitową (parenteralną): dożylną, dootrzewnową, domięśniową, skórną, podskórną, dordzeniową,
- przez jamy ciała: dospojówkową, donosową, doodbytniczą, dopochwową.

W toksykologii największe znaczenie ma droga **doustna, wziewna i skórna**. Niezależnie od drogi podania wchłanianie ksenobiotyków<sup>3</sup> zależy od masy cząsteczkowej, konfiguracji przestrzennej, rozpuszczalności w lipidach<sup>4</sup>, stężenia, rozdrobnienia, a także od wielkości powierzchni wchłaniania ukrwienia miejsca, w którym zachodzi absorpcja.

Szybkość wchłaniania wpływa na intensywność nasilenia objawów i czasu trwania zatrucia.

### **Wchłanianie przez skórę**

Absorpcja ksenobiotyków przez skórę ma szczególne znaczenie w zatruciach zawodowych, zwłaszcza przy pracy z chemicznymi środkami ochrony roślin, oraz w niektórych gałęziach przemysłu.

Skóra stanowi najważniejszą barierę oddzielającą organizm ludzki od środowiska zewnętrznego, jest jednak w różnym stopniu przepuszczalna dla bardzo wielu związków chemicznych. W porównaniu z innymi drogami wchłanianie przez nieuszkodzoną skórę zachodzi wolno. Przenikalność skóry zmniejsza się wraz z wiekiem.

Wchłanianie przez skórę zwiększają również detergenty, zmieniające strukturę naskórka.

### **Wchłanianie przez układ oddechowy**

Wchłanianie ksenobiotyków przez układ oddechowy (inhalacyjne) odgrywa szczególną rolę w zatruciach zawodowych i środowiskowych. W ten sposób przedostaje się do organizmu tlenek węgla, będący przyczyną największej liczby zatruc ostrych, oraz krzemionka wywołująca najbardziej rozpowszechnioną chorobę zawodową – pylicę. Droga wziewna ma również znaczenie w zatruciach przypadkowych i samobójstwach.

Duża powierzchnia dróg oddechowych i minimalna grubość bariery powietrze – krew sprawiają, że wchłanianie gazów i par przez płuca zachodzi bardzo szybko i z dużą wydajnością. Trucizny wchłonięte tą drogą są rozprowadzane z krwią, z pominięciem wątroby, do tkanek i narządów. Wchłanianie w drogach oddechowych jest uzależnione w dużym stopniu od stanu skupienia substancji.

Wchłanianie gazów i par odbywa się głównie na zasadzie dyfuzji. Substancje lotne dobrze rozpuszczalne w wodzie (amoniak, chlorowodór, etanol) wchłaniają się już w górnych drogach oddechowych, słabo rozpuszczalne (ozon, tlenki azotu, benzen, fosgen) trafiają prawie w całości do pęcherzyków płucnych. W przypadku substancji słabo rozpuszczalnej (disiarczek węgla, etylen, cyklopropan) podczas każdego oddechu tylko niewielka jej część przechodzi z płuc do krwi.

Na nieco innych zasadach wchłaniane są w drogach oddechowych aerozole (pyły, dymy, mgły). Aerozole są to wielofazowe układy, w których ośrodkiem dyspersyjnym jest powietrze

---

<sup>3</sup> Substancja chemiczna niebędąca naturalnym składnikiem żywego organizmu; substancja obca wprowadzona do organizmu;

<sup>4</sup> Naturalny związek organiczny, wchodzący w skład struktury każdej komórki organizmów roślinnych i zwierzęcych; lipid; tłuszczowiec;

atmosferyczne, zaś cząstki stałe lub ciecze tworzą fazę rozproszoną. Najważniejszym czynnikiem decydującym o miejscu zatrzymania aerozoli w drogach oddechowych, a często także i związanych z tym działaniach biologicznych, jest wielkość cząstek. Na osadzanie się aerozoli wpływa także sposób oddychania. Przy spokojnym oddychaniu znaczna część zanieczyszczeń zostaje usunięta z wydychanym powietrzem. Przy zwiększonym wysiłku fizycznym lub zatrzymaniu oddechu (np. w terapii aerozolowej) zwiększa się ilość zatrzymanego w płucach aerozolu.

### **Wchłanianie z przewodu pokarmowego**

Najwięcej trucizn przedostaje się do organizmu drogą pokarmową. W ten sposób trafia do organizmu większość leków oraz zanieczyszczenia chemiczne wody i żywności. Droga ta odgrywa również największą rolę w zatruciach rozmyślnych (samobójstwach i zabójstwach) oraz w zatruciach przypadkowych. Ma również pewne znaczenie w zatruciach zawodowych, zwłaszcza przy nieprzestrzeganiu podstawowych wymogów higieny np. w czasie jedzenia lub palenia papierosów bez umycia rąk mogą przedostać się do przewodu pokarmowego toksyczne pyły. Wchłanianie ksenobiotyków zachodzi na całej długości przewodu pokarmowego, jednak najczęściej w jelitach.

### **2.5.4 Stężenia i natężenia czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (awarii)**

Wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń chemicznych i pyłowych oraz natężeń fizycznych czynników szkodliwych dla zdrowia określa Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. poz. 817).

W myśl § 2 ww. rozporządzenia przez **najwyższe dopuszczalne stężenie** (NDS, TLV) należy rozumieć wartość średnią ważoną stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

**Najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe** (NDSCh, STEL) to wartość średnia stężenia, które nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika, jeżeli występuje w środowisku pracy nie dłużej niż 15 minut i nie częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej, w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.

**Najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe** (NDSP, TLV-C) zostało zaś zdefiniowane jako wartość stężenia, która ze względu na zagrożenie zdrowia lub życia pracownika nie może być w środowisku pracy przekroczona w żadnym momencie.

W załączniku nr 1 ww. rozporządzenia zamieszczono wykaz wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń chemicznych i pyłowych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, obejmujący 524 substancje chemiczne i 19 rodzajów pyłów.

Nie obowiązującymi w Polsce, lecz spotykanymi w literaturze zagranicznej, dotyczącej oddziaływania substancji chemicznych na organizm człowieka są opisane poniżej parametry.

**IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)** – stężenie substancji, która stanowi bezpośrednie zagrożenie dla życia lub mogłoby spowodować nieodwracalne lub opóźnione niekorzystne skutki zdrowotne lub będzie zakłócać zdolność osoby do ucieczki z niebezpiecznej atmosfery. Gdy stężenie substancji szkodliwych jest powyżej IDLH, pracownik musi korzystać ze sprzętu ochrony układu oddechowego. W tabeli 3 podano przykładowe wartości tego parametru.

Tab. 3. Przykładowe parametry IDLH

Tlenek węgla	1380 mg / m <sup>3</sup>	1200 ppm
Dwutlenek węgla	72000 mg / m <sup>3</sup>	40000 ppm
Cyjanowodór	55 mg / m <sup>3</sup>	50 ppm
Siarkowodór	140 mg / m <sup>3</sup>	100 ppm
Propan	3780 mg / m <sup>3</sup>	2100 ppm

### Wskaźniki ERPG

Dla oszacowania bardziej odległych skutków toksycznych substancji wykorzystuje się tak zwane wskaźniki **ERPG**<sup>5</sup> opracowane przez AIHA<sup>6</sup> stosowane w obliczeniach dotyczących skutków rozprzestrzeniania się substancji niebezpiecznych w wyniku awarii. Wskaźnik ERPG to maksymalne stężenie substancji niebezpiecznej skażającej powietrze, poniżej którego prawie każda osoba ekspozycja przez czas do 1 godziny, nie doznaje określonych negatywnych skutków zdrowotnych.

Rozróżnia się trzy wskaźniki ERPG, definiowane następująco:

**ERPG-1 (AIHA)** – maksymalne stężenie substancji w powietrzu, poniżej którego prawie każda osoba może być ekspozycja przez czas do 1 godziny nie doznając efektów zdrowotnych poważniejszych niż percepcja zapachu lub podrażnienie.

**ERPG-2 (AIHA)** – maksymalne stężenie substancji w powietrzu, poniżej którego prawie każda osoba może być ekspozycja przez czas do 1 godziny bez poważnego nieodwracalnego efektu zdrowotnego lub symptomów, na podstawie, których można sądzić, że został uszkodzony naturalny system obronny organizmu.

<sup>5</sup> Emergency Response Planning Guideline;

<sup>6</sup> American Industrial Hygiene Association;

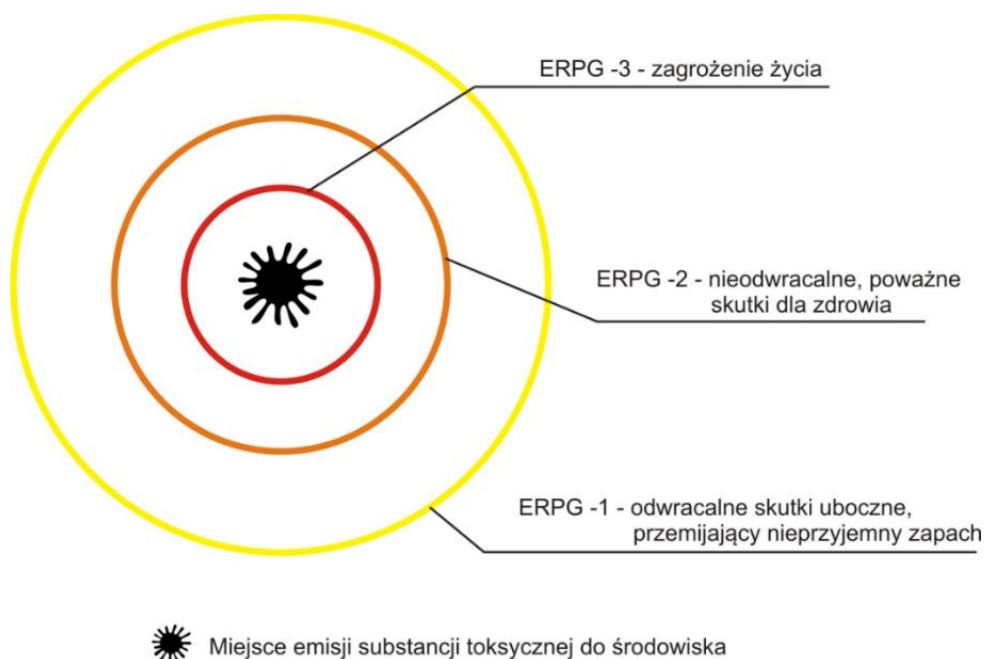
**ERPG-3 (AIHA)** – maksymalne stężenie substancji w powietrzu, poniżej którego każda osoba może być ekspozycja przez czas do 1 godziny nie doznając skutków zdrowotnych zagrażających życiu.

W tabeli 4 przedstawiono wartość wskaźników dla niektórych substancji (ppm).

**Tab. 4. Przykładowe wskaźniki ERPG**

Substancja	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3
Tlenek węgla	200	350	500
Cyjanowodór	---	10	25
Siarkowodór	0,1	30	100

Wskaźniki te uwzględniają zarówno obecność szczególnie wrażliwej części populacji, jak i pewne niepewności związane z oddziaływaniem substancji toksycznych na życie i zdrowie człowieka. Operowanie wskaźnikami ERPG pozwala na wyznaczenie stref o określonym promieniu od źródła uwolnienia. Wskaźnik ERPG-3 charakteryzują najpoważniejsze skutki, a wyznaczona w oparciu o jego wartość strefa znajduje się najbliżej źródła uwolnienia. Kolejne strefy, odpowiadające wskaźnikom ERPG-2 oraz ERPG-1 charakteryzują mniejsze stężenia, a co za tym idzie, granice tych stref znajdują się w większej odległości od miejsca awarii. W obrębie tych stref oddziaływanie substancji toksycznej wywołuje określone skutki, a służby ratownicze zmusza do podjęcia działań zgodnych z procedurami ratowniczymi.



**Rys. 5. Strefy zagrożenia wg ERPG. Źródło: Opracowanie własne**

### Stężenia progowe AEGL

Dla opisanego ryzyka wystąpienia skutków medycznych u osób narażonych na oddziaływanie substancji toksycznej stosuje się zestaw stężeń AEGL (Acute Exposure Guideline Levels) opracowany przez US Environmental Protection Agency.

Baza AEGL uwzględnia kilka poziomów narażenia, poniżej których nie występują lub są mało prawdopodobne określone efekty zdrowotne dla ludzi oraz różne czasy ekspozycji na działanie toksycznych gazów. Zestaw stężeń progowych opracowany został dla ochrony populacji i określa toksyczne efekty u ludzi dla pięciu czasów ekspozycji: 10 min, 30 min, 60 min, 240 min, 480 min. Określono trzy poziomy stężeń:

- **AEGL-1** – stężenie substancji w powietrzu, powyżej którego przedstawiciel populacji, włączając w to wrażliwych osobników, może doznać tylko zauważalnego dyskomfortu, podrażnienia; ponadto efekt jest przejściowy i ustępuje po ustaniu narażenia,
- **AEGL-2** – stężenie substancji w powietrzu, powyżej którego przedstawiciel populacji, włączając w to wrażliwych osobników, może doznać nieodwracalnego lub innego poważnego niekorzystnego długotrwałego efektu zdrowotnego lub ograniczenia zdolności do ucieczki, może wystąpić problem z ewakuacją osób narażonych,
- **AEGL-3** – stężenie substancji w powietrzu, powyżej którego przewiduje się, że generalna populacja, włączając w to wrażliwych osobników, może doznać zagrażającego życiu efektu zdrowotnego lub zginąć.

W tabeli 5 przedstawiono przykładowe wartości parametrów dla tlenku węgla (ppm).

Tab. 5. Przykładowe stężenia AEGL

	10 minut	30 minut	60 min	4 godz.	8 godz.
AEGL 1	----	----	----	----	----
AEGL 2	420	150	83	33	27
AEGL 3	1700	600	330	150	130

#### 2.5.5 Sposoby działania i przykłady trucizn

Wszystkie środki toksyczne można podzielić na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią **Toksyczne Środki Przemysłowe**, natomiast drugą **Bojowe Środki Trujące**. Taka klasyfikacja nie jest jednak ścisła. Istnieją bowiem substancje, które można umiejscowić w obu grupach. Przykładem może być chlor, który jest obecnie powszechnie używany przez przemysł chemiczny, kiedyś zaś stanowił gaz bojowy. Podobna sytuacja jest z fosgenem. Fosgen to substancja powszechnie znana jako gaz bojowy, jednak wydziela się także podczas spalania różnych tworzyw sztucznych.

## Toksyczne Środki Przemysłowe

### – Środki o działaniu ogólnotrującym

Do wspólnych cech środków ogólnotrujących należy zaliczyć ich stan skupienia. W warunkach standardowych występują w postaci lotnych cieczy. Do zatrucia organizmu ludzkiego dochodzi poprzez wdychanie par substancji trujących, które zawarte są w powietrzu (inhalacyjnie), doustnie i dermalnie (przez skórę). Posiadają właściwość blokowania funkcji biologicznych hemoglobiny. Związki takie łączą się z hemoglobina i uniemożliwiają jej transportowanie tlenu. W efekcie następuje niedotlenienie organizmu, które może doprowadzić do śmierci przez uduszenie. Przy niewielkich stężeniach pierwszymi objawami są zawroty głowy. Człowiek zatruty czuje także metaliczny posmak. Szybko następuje utrata przytomności oraz śmierć. Przy wyższych stężeniach takich substancji człowiek może umrzeć nawet w ciągu kilku sekund.

### ✓ Tlenek węgla (CO)

Tlenek węgla, potocznie nazywany czadem, to związek nieorganiczny, o porównywalnej gęstości z powietrzem. Występuje w stanie gazowym jako bezbarwna i bezwonna substancja. Jest chemicznie obojętny, nie rozpuszcza się w wodzie. Pali się niebieskim płomieniem wraz z utworzeniem dwutlenku węgla. Wykazuje właściwości silnie toksyczne. Produkt spalania niecałkowitego. Powstaje w wyniku spalania węgla przy niedostatecznym dostępie powietrza. Stanowi przemysłowy produkt przetwarzania węgla oraz jest wydzielany podczas redukcji rud żelaza, przy uzyskiwaniu stali. Już niewielkie ilości tlenu węgla mogą doprowadzić do zgonu, ponieważ związek ten blokuje funkcje hemoglobiny. NDS  $30 \text{ mg/m}^3$ , co stanowi 26 ppm, NDSCh  $180 \text{ mg/m}^3$ , co stanowi 158 ppm. Granice wybuchowości w powietrzu: GGW 12,5% obj. ,GGW 75% obj.

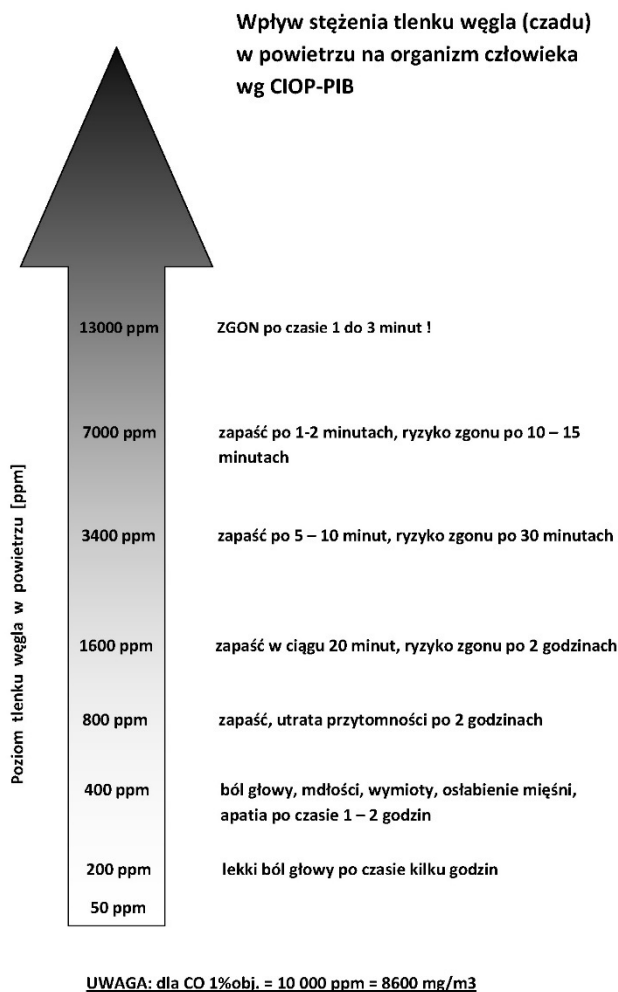
Objawy zatrucia ostrego<sup>7</sup> to: nieodwracalne uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, niewydolność wieńcowa i zawał u osób ze zmianami w sercu (chorobą niedokrwienną serca).

W przypadku wykrycia obecności tlenu węgla w pomieszczeniach mieszkalnych przy użyciu detektorów domowych lub w wyniku przeprowadzonych pomiarów zachodzą przesłanki do ewakuacji osób. Objawy oddziaływania na człowieka zostały przedstawione na rys. 6.

---

<sup>7</sup> [www.ciop.gov.pl](http://www.ciop.gov.pl)





Rys. 6. Oddziaływanie tlenu węgla na organizm ludzki. Źródło: [www.kgsp.gov.pl](http://www.kgsp.gov.pl)

### ✓ Siarkowodór (H<sub>2</sub>S)

Silnie trujący, bezbarwny gaz o silnym zapachu zepsutych jaj, który może być wyczuwalny przy stężeniu mniejszym od 0,1 ppm. Występuje w wyniku rozkładu beztlenowego białek. Siarkowodór jest palny, nieznacznie cięższy względem powietrza. Niebezpieczeństwo zatrucia siarkowodorem zachodzi m.in. podczas prac związanych z opróżnianiem szamba, wierceniem i kopaniem studni, wchodzeniem do studni, studzienek kanalizacyjnych lub niewentylowanych korytarzy podziemnych. Wchłania się głównie przez płuca i nieznacznie przez skórę. Działanie ogólne polega na blokowaniu tkankowych enzymów oddechowych oraz w małych stężeniach – na pobudzeniu, a potem porażeniu układu oddechowego (w dużych stężeniach dochodzi do natychmiastowego porażenia). Przy małych stężeniach powstaje podrażnienie spojówek i rogówki oczu, objawy kataralne nosa, kaszel, mdłości, ślinienie, ból głowy, obniżenie ciśnienia tętniczego, przyspieszenie tętna; po dłużej trwającym narażeniu może wystąpić obrzęk płuc.

Granice wybuchowości w powietrzu: DGW 4,3% obj, GGW 45,5% obj.

NDS: 7 mg/m<sup>3</sup>, NDSch: 14 mg/m<sup>3</sup>.

### ✓ **Amoniak (NH<sub>3</sub>)**

Bezbarwny, silnie toksyczny gaz o charakterystycznym zapachu. Powstaje jako produkt gnicia substancji białkowych, stosowany w przemyśle m.in. jako czynnik chłodniczy i do produkcji nawozów. Jest palny, lżejszy od powietrza (0,6), bardzo dobrze rozpuszcza się w wodzie tworząc roztwory o odczynie zasadowym. W postaci gazu i par wywołuje ból i łzawienie oczu, zaczerwienienie spojówek, obrzęk i skurcz powiek, kaszel, ból gardła, chrypkę, ślinotok, mdłości, wymioty, ból za mostkiem, duszność. Kontakt skóry z gazem, mgłą lub roztworem amoniaku powoduje oparzenie chemiczne. Ciekły amoniak wywołuje odmrożenia skóry. Próg wykrywalności 25 ppm. Podrażnienie śluzówki oczu, nosa i dróg oddechowych występuje przy stężeniu 400–700 ppm. Spala się żółtawym płomieniem na azot i wodę. Granice wybuchowości w powietrzu DGW 15% obj. GGW 28% obj. NDS: 14 mg/m<sup>3</sup>, NDSCh: 28 mg/m<sup>3</sup>

### ✓ **Chlor (Cl<sub>2</sub>)**

Chlor jest żółtozielonym, niepalnym, silnie trującym gazem, około dwa i pół razy cięższym od powietrza, o nieprzyjemnym, duszącym zapachu. Jest silnym utleniaczem, wybielaczem i środkiem dezynfekującym. Chlor był stosowany jako gaz bojowy podczas I wojny światowej. Stężenie śmiertelnie to ponad 800 ppm. Trujące gazy (trichlorek azotu) mogą się wydzielać przy kontakcie wybielaczy zawierających chlor z moczem, a także z amoniakiem lub innymi produktami czyszczącymi. Przyczyną zatruć mogą być awarie przemysłowe przewodów lub zbiorników (butli). Indywidualne zatrucia zdarzają się wskutek nieprzestrzegania przepisów bhp w laboratoriach. Chlor działa drażniąco na układ oddechowy i błony śluzowe, może prowadzić do obrzęku płuc, a w dużych stężeniach do śmierci. W powietrzu jest wyczuwalny przy stężeniu 0,4 -3,5 ppm. NDS: 0,7 mg/m<sup>3</sup>, NDSCh: 1,5 mg/m<sup>3</sup>

### ✓ **Cyjanowodór (HCN)**

Cyjanowodór nieorganiczny związek chemiczny, będący bezbarwną, lotną i silnie trującą cieczą o zapachu gorzkich migdałów. Z wodą tworzy słaby kwas cyjanowodorowy (kwas pruski).

Szerokie zastosowanie przemysłowe i techniczne (m.in. w galwanizerniach, w fotografii, w syntezach chemicznych) mają sole kwasu cyjanowodorowego, a przede wszystkim cyjanek potasu. Jest on też najczęstszą przyczyną zatruć omyłkowych. Jest stosowany do dezynfekcji i deratyzacji pomieszczeń. Zalicza się go do ogólnotrujących bojowych środków trujących. Wykazuje dużą lotność. Łatwo miesza się z wodą i alkoholami. Na powietrzu spala się niebieskim płomieniem. Jest silnie toksyczny, łatwo wchłania się do organizmu przez płuca, skórę i układ pokarmowy. Trujące działanie cyjanowodoru polega na blokowaniu enzymów oddychania komórkowego. Transport tlenu z płuc do tkanek jest zachowany, ale dochodzi do niedotlenienia tkankowego. Powoduje to różowe zabarwienie skóry. Gęstość porównywalna z powietrzem, produkt spalania tworzyw sztucznych (poliuretan). 1 mg/m<sup>3</sup> ≈ 0,91 ppm, NDS 1 mg/m<sup>3</sup>, natychmiastowy zgon około 300 mg/m<sup>3</sup>, DGW 6,% obj., GGW 41% objętościowych.

### – Środki o działaniu duszącym

Ich działanie na organizm ludzki polega na niszczeniu pęcherzyków płucnych. Dostają się do płuc drogą oddechową, a następnie uszkadzają drobne naczynka włosowate wokół pęcherzyków płucnych, dzięki którym możliwe jest transportowanie tlenu z płuc do całego organizmu. Jeżeli stężenie substancji o takim działaniu nie było wysokie, to objawy mogą wystąpić po pewnym czasie i być poprzedzone obrzękiem twarzy i szyi, zasinieniem lub wystąpieniem piany w ustach.

#### ✓ Azot

Azot jest podstawowym składnikiem powietrza (78,09% objętości). Gaz niepalny. Pod normalnym ciśnieniem jest obojętny dla organizmów żywych. Może jednak wywołać objawy zatrucia u osób przebywających w powietrzu o zwiększonym ciśnieniu. Co prowadzi do pojawienia się objawów zatrucia, takich jak euforia, skłonność do śmiechu, gadulstwo, spowolnienie reakcji na bodźce. Przy ciśnieniu 10 atmosfer występuje ostre zaburzenia pracy mięśni, koordynacji ruchów, zawroty głowy zaburzenia świadomości. Przy ciśnieniu powyżej 10 atmosfer po kilku minutach następuje utrata świadomości i śpiączka. Stosowany w stałych urządzeniach gaśniczych gazowych, przechowywaniach płodów rolnych oraz owoców w celu obniżenia stężenia tlenu w pomieszczeniu.

#### ✓ Dwutlenek węgla

W temperaturze pokojowej jest to bezbarwny, bezwonny i niepalny gaz, dobrze rozpuszczalny w wodzie i cięższy od powietrza (ok. 1,5 raza). Pod normalnym ciśnieniem przechodzi ze stanu stałego do gazowego (sublimuje) z pominięciem fazy ciekłej w temperaturze  $-78,5^{\circ}\text{C}$  (gaśnica na  $\text{CO}_2$ ). Pod zwiększonym ciśnieniem (5,1 atm) można go jednak skroplić w temperaturze  $-57^{\circ}\text{C}$ . Dwutlenek węgla jest produktem spalania i oddychania. Występuje w kopalniach, gdzie zostaje uwalniany z pokładu oraz w cukrowniach, gorzelniach, wytwórniach win, silosach zbożowych, browarach i studzienkach kanalizacyjnych, gdyż tworzy się przy utlenianiu i fermentacji substancji organicznych. Stosowany w stałych urządzeniach gaśniczych gazowych. W większych stężeniach jest szkodliwy dla zdrowia, a nawet zabójczy. Przy oddychaniu powietrzem zawierającym dwutlenek węgla w małych stężeniach (poniżej 5% w powietrzu wdechowym) zwiększa się jego ciśnienie parcjalne we krwi (hiperkapnia), co powoduje uczucie duszności, niepokój, pobudzenie ośrodka oddechowego i zwiększenie częstości oddechów. Przy zwiększaniu się jego stężenia dochodzi do bólów i zawrotów głowy, szumu w uszach, zaburzeń postrzegania, tachykardii, nadmiernej potliwości i przekrwienia spojówek. Przy stężeniach powyżej 10% narasta duszność i osłabienie, pojawiają się omamy i zaburzenia świadomości do śpiączki włącznie oraz drgawki. Stężenia powyżej 20% powodują śmierć w ciągu kilkunastu minut, a powyżej 30% śmierć natychmiastową.

### ✓ Gazy szlachetne

Obojętne chemicznie gazy szlachetne teoretycznie (nie wchodzące w reakcje) nie są dla człowieka toksyczne, podobnie jak nie jest toksyczny azot (główny składnik powietrza), wodór, gaz ziemny zawierający proste węglowodory alifatyczne. Gdy jednak człowiek przebywa w źle wentylowanych pomieszczeniach, do których wydziela się gaz chemicznie obojętny, może dojść do wystąpienia objawów typowych dla ostrego niedotlenienia organizmu wskutek narastania jego stężenia w atmosferze pomieszczeń i przez to wypierania z niej tlenu. A więc substancja teoretycznie całkowicie nietoksyczna staje się w tej szczególnej sytuacji niebezpieczna dla człowieka.

### ✓ Toksyczne produkty spalania

Występujące w środowisku pożaru produkty spalania i rozkładu termicznego (lub pirolizy) tworzą złożoną mieszaninę gazów i zawieszonych cząstek stałych i ciekłych, która stwarza dla człowieka poważne zagrożenia. Oprócz dwutlenku węgla i tlenku węgla są to m.in.: tlenki siarki, pięciotlenek fosforu, tlenki azotu, pary cyjanowodoru, chlorowodoru i siarkowodoru. Substancje te najczęściej przez układ oddechowy dostają się do organizmu człowieka wywołując zatrucia, a przy większych stężeniach w powietrzu śmierć, np. cyjanowodór przy zawartości 0,02% w wydychanym powietrzu, dwutlenek siarki – 0,3%, tlenek azotu – 0,05%.

### ✓ Metale ciężkie

Metale i półmetale charakteryzujące się dużą gęstością, często także właściwościami toksycznymi. Wśród nich występują mikroelementy, czyli pierwiastki niezbędne do prawidłowego wzrostu, rozwoju i funkcjonowania organizmów żywych (np. miedź, cynk, chrom, żelazo) oraz takie, które są dla nich zbyteczne (m.in. kadm, ołów, rtęć). Jednakże ich wspólną cechą jest to, iż po przekroczeniu pewnej granicy stają się toksyczne i są bardzo niebezpieczne dla roślin, zwierząt i człowieka. Toksyczność metali ciężkich zależy przede wszystkim od stopnia skażenia, ale także od gatunku i wieku organizmu, drogi wprowadzenia ich do organizmu, postaci chemicznej, rodzaju oddziaływania z innymi metalami, czy stanu fizjologicznego organizmu. Metale wnikają do organizmu przez drogi oddechowe lub przewód pokarmowy, a następnie wraz z krwią transportowane są do tkanek i organów, gdzie są koncentrowane i magazynowane. Części komórek, w których są magazynowane to głównie jądra, mitochondria i błona komórkowa. Ogólnie rzecz biorąc, chroniczne narażenie na metale ciężkie negatywnie wpływa na parametry morfologiczne krwi, działanie enzymów, aktywność transportu białek oraz strukturę i funkcję komórek, tkanek i narządów.

### ✓ Azbest

Azbest to grupa minerałów krzemianowych tworzących włókna. Wykonane z nich płyty cementowo-włóknowe, elementy izolacji są bowiem materiałem niepalnym, elastycznym, dobrze izolującym. Narażenie zawodowe na pył azbestu podczas wydychania może być przyczyną następujących chorób: pylicy azbestowej (azbestozy), łagodnych zmian opłucnowych, raka płuca i międzybłoniaków, a także obturacyjnego przewlekłego zapalenia

oskrzeli. Z tego względu podczas rozbiórki takich elementów budowlanych niezbędne jest zastosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego.

### ✓ Pestycydy<sup>8</sup>

Niebezpieczeństwo zatrucia pestycydami, a wśród nich szczególnie tymi, które są organicznymi związkami fosforu, istnieje już w miejscu ich produkcji, w czasie transportu, magazynowania, a przede wszystkim w czasie ich stosowania. Obecność tych środków jest możliwa m.in. na terenie gospodarstw rolnych, opuszczonych magazynów, składowisk odpadów, gdzie mogą występować w postaci ciekłej i stałej w butlach i pojemnikach. Zatrucie może nastąpić przez przewód pokarmowy, drogi oddechowe, spojówki oczu i skórę. Preparaty te produkowane są w różnych postaciach: jako płyn, proszek, tabletki, papki, gaz. Różna więc będzie droga wniknięcia ich do organizmu. W przypadku dostania się pestycydów do organizmu przez przewód pokarmowy i drogi oddechowe ich działanie będzie niemal natychmiastowe (do pół godziny), jeżeli przez skórę czy spojówki, działanie może uwidocznić się dopiero po kilku godzinach.

Ostre zatrucie może się objawiać: nudnościami, wymiotami, gwałtownymi bólami brzucha, biegunką, zwężeniem źrenic, łzawieniem, zaburzeniem w widzeniu, bólem i zawrotami głowy, ogólną pobudliwością, drgawkami, trudnościami w oddychaniu oraz utratą przytomności, a nawet śmiercią.

Zatrucie przewlekłe charakteryzuje się: złym samopoczuciem, mruganiem powiek, uczuciem znużenia, zawrotami i bólami głowy, uczuciem lęku, ślinotokiem, osłabieniem, drżeniem mięśni, nudnościami i wymiotami.

### Bojowe środki trujące

Substancje nazywane także bojowymi środkami trującymi lub bojowymi środkami chemicznymi. Używane podczas wojen i innych konfliktów zbrojnych jako broń chemiczna. Są silnie toksyczne zarówno dla ludzi, jak i zwierząt i roślin. Ponadto powodują skażenie środowiska naturalnego. W wyniku ich stosowania zanieczyszczeniu ulegają wody, gleby, powietrze, budynki i itp.

Bojowe środki chemiczne mogą występować w różnych stanach skupienia. W większości są trudno rozpuszczalne w wodzie, za to łatwo rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych np. olejach, alkoholach itp. Organizm ludzki atakują poprzez układ oddechowy, skórę, śluzówki lub też dostają się drogą pokarmową.

---

<sup>8</sup> Syntetyczne lub naturalne substancje używane do zwalczania organizmów szkodliwych lub niepożądanych, stosowane głównie do ochrony roślin uprawnych, lasów, zbiorników wodnych, ale także zwierząt, ludzi, produktów żywnościowych, oraz do niszczenia żywych organizmów, uznanych za szkodliwe, w budynkach inwentarskich, mieszkalnych, szpitalnych i magazynach. Pojęcie „pestycydy” jest szersze niż „środki ochrony roślin”, ponieważ te pierwsze obejmują również zwalczanie organizmów szkodliwych poza produkcją roślinną.

**Bojowe środki chemiczne** ze względu na objawy, jakie wywołują u zatrutych ludzi dzieli się na:

– **Środki o działaniu paralityczno-drgawkowym**

Wszystkie środki bojowe o działaniu paralityczno-drgawkowym wywołują podobne objawy zatrucia. Należą do nich: zwężenie źrenic, doprowadzające do silnego bólu gałek ocznych, duszności, związane ze skurczem oskrzeli, a także wymioty, biegunka. Następnymi objawami są: skurcze mięśni, kończące się paraliżem. Bezpośrednią przyczyną zgonu jest paraliż mięśnia sercowego. Wśród substancji o takim działaniu można wyróżnić:

✓ **Sarin (GB)**

Sarin to organiczny związek chemiczny, który zalicza się do związków fosforoorganicznych, będących pochodnymi kwasu fosforowego. Jest cieczą pozbawioną zapachu i barwy. Łatwo rozpuszcza się zarówno w rozpuszczalnikach organicznych, jak i w wodzie. Na człowieka działa rażąco. Przedostaje się do organizmu najczęściej poprzez skórę, a także błony śluzowe oraz drogą oddechową. Niewielka dawka kilkunastu miligramów może doprowadzić do śmierci nawet po kilku minutach.

✓ **Tabun (GA)**

Tabun, podobnie jak sarin zalicza się do związków fosforoorganicznych. Występuje w stanie ciekłym. Jest bezbarwny lub zabarwiony na jasnobrunatny kolor. Posiada charakterystyczny zapach migdałów. Do organizmu człowieka przedostaje się przez skórę, śluzówki oraz drogi oddechowe.

✓ **Soman (GD)**

Jest cieczą trudno rozpuszczalną w wodzie, o charakterystycznym zapachu kamfory. Jest bezbarwny. Do zatrucia dochodzi na skutek przedostania się par tego związku do organizmu człowieka, najczęściej drogą oddechową lub poprzez skórę.

✓ **V-gazy**

Nazwą V-gazy określa się liczną grupę gazów, zaliczanych do środków paralityczno-drgawkowych, wykazujących silną toksyczność. W warunkach standardowych występują jako ciecze o oleistej konsystencji. Dość trudno rozpuszczają się w wodzie.

✓ **Cyklosarin (GF)**

Bezbarwna ciecz o słodkim zapachu stęchlizny, praktycznie nierozpuszczalna w wodzie. Jest dość odporny na hydrolizę – rozkłada się dopiero przy ogrzewaniu lub w obecności alkaliów z wytworzeniem kwasu fluorowodorowego. Główną drogą narażenia jest układ oddechowy, choć cyklosarin może wnikać do organizmu również przez skórę i układ pokarmowy.

– **Środki o działaniu parzącym (inaczej: nekrozuującym)**

Wspólną cechą środków parzących jest to, iż wnikają do organizmu ludzkiego poprzez drogi oddechowe oraz skórę. Objawami zatrucia są najczęściej zmiany w rogówce i spojówce, które doprowadzają do trwałej utraty wzroku. Ponadto występują zaburzenia oddychania, chrypka i kaszel. Najpoważniejszymi skutkami kontaktu z tymi środkami są poparzenia skórne. Tworzą się trudno gojące rany i owrzodzenia. Wśród środków parzących można wyróżnić:

✓ **Luizyt (L)**

Ma kolor brunatny i występuje w postaci cieczy o charakterystycznym zapachu kwiatów pelargonii. Działa bezpośrednio po skażeniu. Jego działanie jest podobne do działania iperytów. Wywołuje objawy ogólnoustrojowego zatrucia organizmu oraz poparzeń skóry.

✓ **Iperyty (H, HD)**

Iperyty jako środki bojowe spotyka się w postaci aerozoli, kropel lub jako gazy. Najbardziej niebezpieczne są poparzenia wywołane działaniem iperytów, gdyż po kontakcie z nimi powstają ropiejące rany i pęcherze. Szczególnie narażone na działanie iperytów są oczy. Objawy zauważalne po okresie utajenia wynoszącym 4-24 godziny. Wśród całej rodziny iperytów można wyróżnić kilka najczęściej wykorzystywanych – wśród nich iperyt siarkowy, który częściej znany jest pod nazwą gazu musztardowego.

– **Środki o działaniu ogólnotrującym**

✓ **Chlorocyjan**

Chlorocyjan jest bezbarwną, ruchliwą i bardzo lotną cieczą o ostrym zapachu. Czasami zapach może być niewyczuwalny ze względu na silne działanie drażniące na oczy, nos i układ oddechowy. Jego lotność jest kilkakrotnie większa od cyjanowodoru, co obniża jego trwałość, pozwalając jednak na łatwe uzyskiwanie bardzo wysokich stężeń. W odróżnieniu od cyjanowodoru, chlorocyjan ma bardzo silne właściwości drażniące i duszące. Dobrze rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych, iperycie oraz chloropikrynie.

– **Środki o działaniu drażniącym**

✓ **Chloroacetofenon**

Występujący w postaci przezroczystych kryształów, produkt techniczny koloru szarobrunatnego o zapachu czeremchy. Należy do lakrymatorów, czyli środków powodujących łzawienie. Nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalny w rozpuszczalnikach organicznych oraz niektórych BST m.in. w iperycie, fosgenie, chlorocyjanie. W wodzie nie hydrolizuje. Stosowany przez policję, składnik granatów dymnych.

### ✓ Chloropikryna

Produkt techniczny jest zielono-żółtą cieczą o ostrej, przenikliwej woni. Wrze w temperaturze 112°C, a krzepnie dopiero przy -96°C. Jest prawie nierozpuszczalny w wodzie. Pod działaniem kwasów, zasad i wody nie rozkłada się. Pary chloropikryny silnie drażnią błony śluzowe oczu i dróg oddechowych wywołując łzawienie (lakrymator), kichanie i kaszel (sternit) przy stężeniach od 0,002 mg/dm<sup>3</sup>. Działa dusząco (z objawami w postaci bólu w okolicy żołądka, wymiotów, obrzęku płuc i utraty przytomności) przy stężeniach powyżej 0,1 mg/dm<sup>3</sup>. W stanie ciekłym powoduje oparzenia skóry.

### – Środki o działaniu duszącym

#### ✓ Fosgen

Bezbarwny gaz o zapachu zgniłego siana, używany był jako gaz bojowy. Powstawać może przy rozkładzie w wyższych temperaturach rozpuszczalników: trichloru etylenu i tetrachloru węgla. Przy dużych stężeniach śmierć następuje po kilku minutach wśród objawów duszenia, zanim rozwinie się pełny obraz obrzęku płuc. Przy mniejszych stężeniach na początku stwierdza się tylko podrażnienie spojówek i błon śluzowych górnych dróg oddechowych, natomiast obrzęk płuc występuje po kilkugodzinnym okresie utajenia. Są to na ogół ciężkie postaci obrzęku, trudne do opanowania, a w razie przeżycia, pozostawiają trwałe uszkodzenia. Fosgen jest produktem spalania, który wydziela się podczas spalania tworzyw sztucznych.

## 2.6 Promieniotwórczość

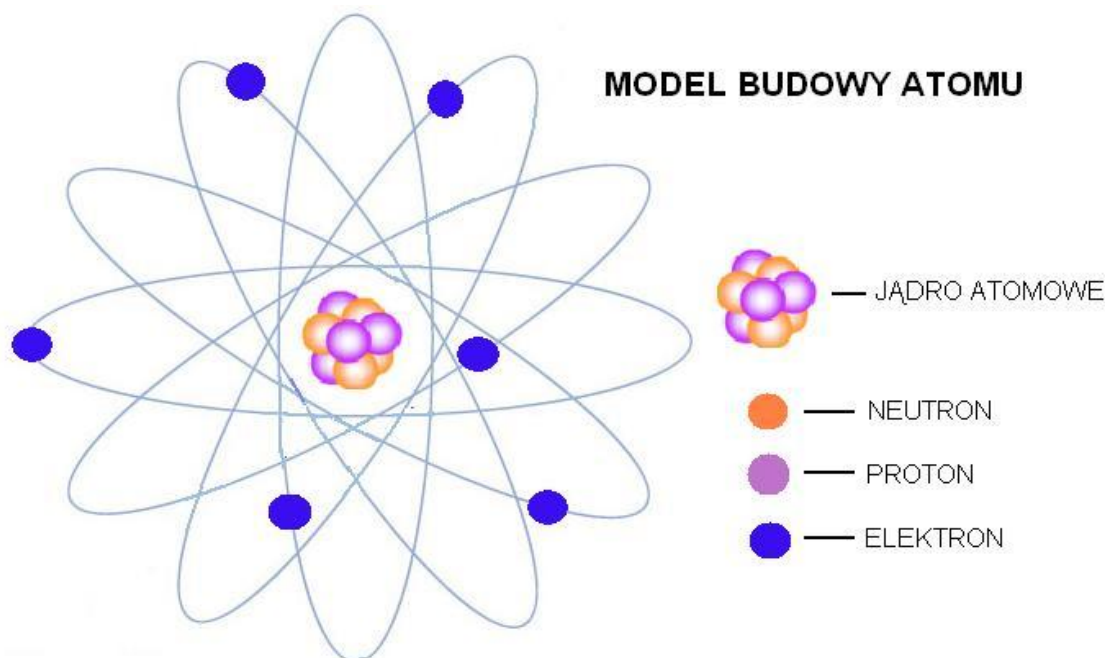
**Promieniotwórczość (radioaktywność)** – jest to zdolność jąder atomowych do rozpadu promieniotwórczego, najczęściej związanego z emisją **cząstek alfa (α)**, **beta (β)** oraz **promieniowania gamma (γ)**.



Rys. 7. Znaki ostrzegawcze przed promieniowaniem jonizującym. Źródło własne



**Atom** to najmniejsza część pierwiastka chemicznego zachowująca jego właściwości chemiczne. Atom jest układem elektrycznie obojętnym, zbudowanym z jądra atomowego (o rozmiarach 100 tysięcy razy mniejszych od rozmiaru atomu) i z krążących wokół niego elektronów. Jądro ma ładunek dodatni, elektrony ujemny.



Rys. 8. Model budowy atomu.

Źródło: <https://brainly.pl/zadanie/5514720>; dostęp 05.07.2017

Symboliczny zapis **nuklidu** (jądra o określonym składzie) ma postać  ${}^A_Z E$ , gdzie **A** oznacza sumę protonów i neutronów (liczba masowa), a **Z** to liczba protonów elektronów (liczba atomowa).

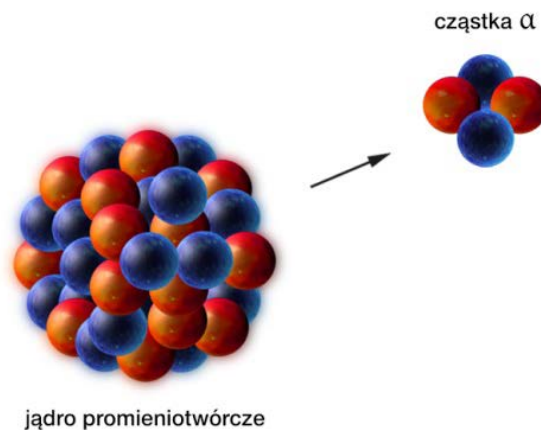
**Pierwiastkiem** jest zbiór atomów o tej samej liczbie protonów w jądrze (tej samej liczbie atomowej – Z). Jądra tego samego pierwiastka mogą mieć różną liczbę neutronów (liczbę masową – A), wówczas są względem siebie **izotopami** (w dalszej części skryptu).

**Promieniowanie jonizujące** – wysyłanie i przenoszenie energii, wywołujące na swej drodze jonizację. Zjawisko to polega na wyrwaniu elektronów z atomów i powstaniu w ten sposób jonu dodatniego i swobodnego elektronu. Wyróżniamy cztery rodzaje promieniowania jonizującego:

- promieniowanie alfa,
- promieniowanie beta,
- promieniowanie rentgenowskie i gamma,
- promieniowanie neutronowe.

Każdy rodzaj promieniowania jonizującego ma inny charakter oraz inne właściwości.

Promieniowanie  $\alpha$  (alfa) – jest to samorzutny proces emisji z wnętrza jądra cząstki  $\alpha$ , która składa się z dwóch protonów i dwóch neutronów, czyli jest jądrem pierwiastka – helu  $\text{He}_2^4$ . Promieniowanie to jest bardzo silnie jonizujące bezpośrednio, a więc groźne przy wchłonięciach do organizmu. Jest przy tym słabo przenikliwe, czyli silnie pochłaniane przez materię. Skutecznie zatrzymywane jest przez naskórek człowieka, czy kartkę papieru.



Rys. 9. Graficzna interpretacja promieniowania alfa. Źródło własne

Maksymalny zasięg w powietrzu to ok. 10 cm.

Przykładowe izotopy  $\alpha$ -promieniotwórcze:

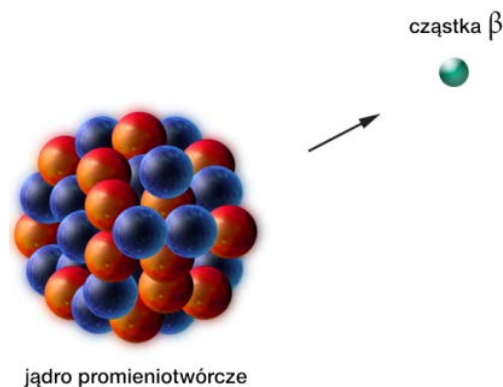
- Am-241 (izotopowe czujki dymu),
- Ra-226,
- Th-232

**Promieniowanie  $\beta$  (beta)** – jest to strumień elektronów lub pozytonów.

Wywołuje ono jonizację bezpośrednio, jest przenikliwe, a maksymalny zasięg w powietrzu to 10 metrów. Skutecznie pochłaniane jest przez materiały lekkie np. tworzywa sztuczne, aluminium. Uwaga: jako osłony przed promieniowaniem  $\beta$  nie wolno stosować ołowiu ze względu na występowanie wtórnego promieniowania hamowania (w wyniku oddziaływania promieniowania  $\beta$  z ołowiem powstaje promieniowanie X).

Przykładowe izotopy  $\beta$ -promieniotwórcze:

- Sr-90 (czujniki oblodzenia w śmigłowcach),
- C-14 (archeologia),
- P-32 (medycyna nuklearna).

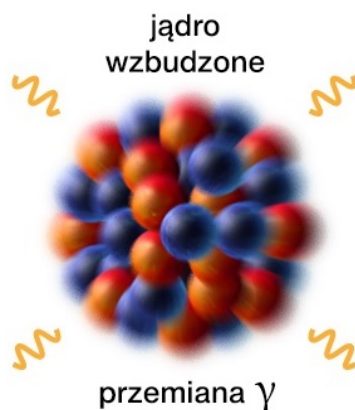


Rys. 10. Graficzna interpretacja promieniowania beta. Źródło własne

**Promieniowanie  $\gamma$  (gamma)** – jest to promieniowanie elektromagnetyczne o bardzo dużej przenikliwości, emitowane przez izotopy promieniotwórcze m.in. w czasie przemian jądrowych. Promieniowanie gamma może stanowić zagrożenie dla całego ciała, a nie tylko dla zewnętrznych organów. Skutecznie pochłaniane jest przez materiały ciężkie np. ołów, beton, kombinację tych materiałów.

Przykładowe izotopy  $\gamma$ -promieniotwórcze:

- Co-60, Cs-137 (medycyna, przemysł),
- Ir-192 (przemysł, badania metalurgiczne),
- I-131 (medycyna).



Rys. 11. Graficzna interpretacja promieniowania gamma. Źródło własne

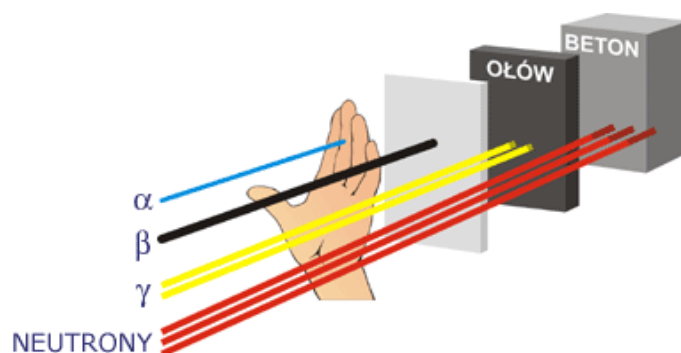
**Promieniowanie X** (promieniowanie Roentgena) – promieniowanie elektromagnetyczne, które uzyskuje się np. w lampie rentgenowskiej poprzez wyhamowywanie rozpędzonych elektronów na materiale o dużej (powyżej 20) liczbie atomowej. Promieniowanie X wykorzystuje się w medycynie (aparaty do prześwietleń, tomografy) oraz w służbie ochrony (np. prześwietlanie bagaży, ładunków).

**Promieniowanie neutronowe (n)** – promieniowanie jonizujące, które składa się z wolnych neutronów.

Jest to promieniowanie bardzo przenikliwe. Do jego zatrzymania stosuje się grube warstwy betonu, bloków wodnych, parafiny lub ich kombinacje np. woda – beton – parafina...

Źródłem promieniowania neutronowego jest:

- reaktor atomowy,
- świeże paliwo jądrowe,
- zużyte (wypalone) paliwo jądrowe,
- $\text{Cf}^{252}$ .



Rys. 12. Przenikliwość różnych rodzajów promieniowania. Źródło własne

Należy pamiętać, że promieniowanie jonizujące jest naturalnym elementem naszego otoczenia tzw. promieniotwórczość naturalna. Promieniotwórczość naturalna pochodzi z naturalnych pierwiastków radioaktywnych obecnych w glebie, skałach, powietrzu i wodzie:

- obecnych w minerałach, a także używanych jako materiały konstrukcyjne,
- syntezowanych w atmosferze (i przenikających do hydrosfery) wskutek reakcji składników atmosfery z promieniowaniem kosmicznym,
- materiały promieniotwórcze przenikłe do środowiska wskutek działalności przemysłowej człowieka (wydobycie rud uranu, spalanie węgla zawierającego pierwiastki promieniotwórcze).

Z promieniotwórczością naturalną związane jest pojęcie **tła naturalnego**, czyli natężenie promieniowania naturalnie występującego w otoczeniu – średnie tło promieniowania naturalnego na Ziemi wynosi **2,4 mSv/rok** (w dalszej części zostanie wyjaśnione pojęcie Sv).



Fot. 5. Minerale zawierające naturalne izotopy promieniotwórcze. Źródło własne

**Źródło promieniowania jonizującego** – urządzenie lub substancja promieniotwórcza wytwarzająca promieniowanie jonizujące. Źródła promieniotwórcze dzielimy na **zamknięte i otwarte**.

- **Źródło zamknięte** to takie, w którym substancja promieniotwórcza w warunkach eksploatacji nie ma możliwości wydostania się do otoczenia; wykorzystywane są tylko właściwości fizyczne źródła,
- **Źródła otwarte** to takie, w którym substancja promieniotwórcza w warunkach eksploatacji ma możliwość wydostania się do otoczenia; wykorzystywane są właściwości fizyko-chemiczne źródła.



Fot. 6. Zdjęcia zamkniętego źródła promieniotwórczego. Źródło własne



Fot. 7. Zdjęcia otwartego źródła promieniotwórczego. Źródło własne

Z punktu widzenia bezpieczeństwa dużo korzystniejsze jest wykorzystanie źródeł zamkniętych. Promieniowanie bowiem dociera do nas jedynie w momencie bezpośredniego kontaktu ze źródłem oraz, co najważniejsze, nie ma możliwości przedostania się materiału promieniotwórczego do organizmu.

Cechą charakterystyczną źródła promieniotwórczego jest jego **aktywność**. Jednostką aktywności źródła promieniotwórczego jest bekerel [Bq] – równa się jednej przemianie jądrowej na sekundę (1 przemiana/1s, tj.  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$ ).

Bekerel jest jednostką małą i dlatego często używa się jednostek będących jego wielokrotnością.

**Izotopy promieniotwórcze** – są to atomy takiego samego pierwiastka, posiadające taką samą liczbę protonów w jądrze, a różniące się liczbą neutronów. Izotopy mają identyczną liczbę atomową  $Z$ , natomiast inne liczby masowe  $A$ . Możemy je podzielić na izotopy **naturalne**, które występują w przyrodzie, oraz **sztuczne**, które zostały sztucznie otrzymane przez człowieka w wyniku reakcji jądrowych.

**Rozpad promieniotwórczy** – każde źródło po wyprodukowaniu ma pewną aktywność początkową ( $A_0$ ). Z upływem czasu jego aktywność maleje. Jest to tzw. **prawo rozpadu promieniotwórczego**, które można przedstawić w postaci zależności aktywności źródła ( $A$ ) od czasu ( $t$ ):

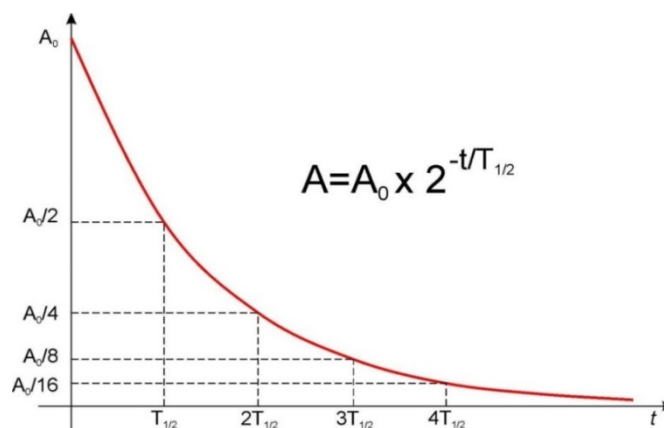
$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

gdzie symbolem  $\lambda$  (lamda) oznaczono tzw. **stałą rozpadu**, która jest wielkością charakterystyczną dla danego izotopu promieniotwórczego i określa szybkość spadku aktywności.

Częściej stosuje się inną postać prawa rozpadu:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

gdzie:  $T_{1/2}$  oznacza czas, po którym aktywność źródła zmniejszy się o połowę,  $T_{1/2}$  nazywany **okresem połowicznego rozpadu**.



Rys. 13. Zależność okresu połowicznego rozpadu. Źródło: opracowanie własne

**Materiał promieniotwórczy (substancja promieniotwórcza)** – jest to izotop promieniotwórczy, zaaktywowany materiał lub skażony promieniotwórczo materiał.

**Materiały rozszczepialne** – materiały, z których może powstać masa krytyczna i lawinowa reakcja rozszczepienia. Należą do tej grupy takie izotopy jak  $U^{235}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $U^{233}$ . Przykładem materiału rozszczepialnego jest świeże paliwo jądrowe.

**Skażenie promieniotwórcze** – jest to niezamierzona obecność substancji promieniotwórczej na przedmiotach, organizmach żywych, budynkach i obszarach powodująca ich podwyższony poziom aktywności promieniotwórczej.

### 2.6.1 Dawki promieniowania i ich jednostki

Narażenie na promieniowanie jonizujące określa **pojęcie dawki promieniowania** oraz **moc dawki** promieniowania.

Czynniki mające wpływ na efekt napromienienia organizmu człowieka:

- wielkość pochłoniętej energii na jednostkę masy ciała – dawka pochłonięta;
- rozkład dawki w czasie – dawka rozłożona w czasie powoduje łagodniejsze skutki niż dawka jednorazowa;
- rodzaj promieniowania;
- napromienienie całego ciała czy tylko jego części;
- wielkości napromienionego obszaru ciała;
- jaki narząd lub tkanka zostały napromienione;
- rodzaj napromienienia: zewnętrzne czy wewnętrzne;
- wiek i stan zdrowia.

**Dawka** to miara otrzymanego lub pochłoniętego promieniowania. Dawki promieniowania jonizującego podzielono na 3 zasadnicze rodzaje:

- dawka pochłonięta,
  - dawka równoważna,
  - dawka skuteczna.
- **Dawka pochłonięta (D)** – jest miarą pochłaniania promieniowania przez różne materiały, czyli ośrodki, w których rozchodzi się promieniowanie. Takim ośrodkiem może być ciało ludzkie, powietrze, woda.
  - **Jednostką dawki pochłoniętej jest grej [Gy]. 1 Gy = 1J/kg.**

Dawkę pochłoniętą w jednostce czasu nazywa się **mocą dawki**, czyli inaczej jest to energia promieniowania jonizującego pochłonięta przez określoną, jednostkową masę materii w jednostce czasu. Jednostką mocy dawki pochłoniętej jest Gy/s (grej na sekundę).

Obliczenie dawki pochłoniętej następuje przy pomocy wzoru:

$$D_p = D * t$$

gdzie:

$D_p$  – dawka pochłonięta,

$D$  – moc dawki promieniowania

$t$  – czas narażenia na promieniowanie

- **Dawka równoważna ( $H_T$ )** – jest to dawka pochłonięta w tkance lub narządzie, wyznaczona z uwzględnieniem rodzaju i energii promieniowania jonizującego.

$$H_T = w_R * D$$

gdzie:

$H_T$  – dawka równoważna,

$w_R$  – współczynnik wagi promieniowania,

$D$  – dawka pochłonięta uśredniona w tkance lub narządzie.

**Jednostką dawki równoważnej jest siwert [Sv]. 1 Sv = 1J/kg.**



Tab. 6. Współczynniki wagowe promieniowania

RODZAJ I ENERGIA PROMIENIOWANIA	WSPÓŁCZYNNIK WAGOWY PROMIENIOWANIA $W_R$
promieniowanie X, promieniowanie $\gamma$	1
promieniowanie $\beta$	1
neutrony, energie < 10 keV	5
neutrony, energie > 10 keV do 100 keV	10
neutrony, energie > 100 keV do 2 MeV	20
neutrony, energie > 2 MeV do 20 MeV	10
neutrony, energie > 20 MeV	5
promieniowanie $\alpha$ , fragmenty rozszczepienia, ciężkie jądra	20

Stwierdzono, że jednakowe dawki pochłonięte różnego rodzaju promieniowania w różnych tkankach i organach powodują różne skutki biologiczne. Na przykład promieniowanie alfa, powodujące intensywną jonizację, wywołuje skutki około 20 razy większe, niż taka sama dawka pochłonięta promieniowania gamma.

- **Dawka skuteczna (efektywna) (E)** – suma dawek równoważnych pochodzących od zewnątrznego i wewnętrznego narażenia wyznaczona z uwzględnieniem odpowiednich współczynników wagowych narządów lub tkanek, obrazująca narażenie całego ciała.

$$E = w_{T1}H_1 + w_{T2}H_2 + \dots$$

gdzie:

E – dawka skuteczna

$H_1$  – dawka równoważna

$w_T$  – współczynnik wagowy tkanki

**Jednostką dawki skutecznej (efektywnej) jest siwert [Sv]. 1 Sv = 1J/kg.**

Tab. 7. Współczynniki wagowe narządów i tkanek

TKANKA, NARZĄD	WSPÓŁCZYNNIK WAGOWY $w_T$ NARZĄDU/TKANKI
gonady	0,20
czerwony szpik kostny	0,12
jelito grube	0,12
płuca	0,12
żołądek	0,12
pęcherz moczowy	0,05
gruczoły piersiowe	0,05
wątroba	0,05
przełyk	0,05
tarczyca	0,05
skóra	0,1
powierzchnia kości	0,1
pozostałe	0,05

- **Dawka graniczna (wartość graniczna dawki skutecznej)** – dla ogółu ludności (wyłączając osoby zawodowo narażone na działanie promieniowania jonizującego) wynosi **1 mSv/rok** ponad promieniowanie tła. Jeśli wartość tła naturalnego nie jest ustalona, przyjmuje się pewną wartość odniesienia. W Polsce wynosi ona **2,4 mSv/rok**.

### System dawek granicznych

Narażenie poszczególnych osób na promieniowanie powinno być ograniczone i nie może przekraczać wartości tzw. dawek granicznych. Dawki graniczne zostały określone w Ustawie Prawo Atomowe oraz w przepisach wykonawczych do tej ustawy.

Wartości dawek granicznych dla normalnych sytuacji przy narażeniu całego ciała (przy równomiernym napromienieniu) wynoszą:

- **dla osób zawodowo narażonych** – dawka skuteczna nie powinna przekroczyć średnio 20 mSv/rok; w danym roku może być do 50 mSv pod warunkiem, że w ciągu pięciu kolejnych lat wartość sumaryczna nie przekroczy 100 mSv,
- **dla pojedynczych osób z ludności** – średnio 1 mSv/rok; dopuszcza się dawkę do 5 mSv w ciągu jednego roku, jeśli zostanie zachowana wartość średnia 1 mSv/rok w okresie 5 lat.

Przy narażeniu (napromienieniu) nierównomiernym, gdy najbardziej narażony jest narząd lub tkanka, dawki graniczne wyraża się jako dawki równoważne w tym narządzie lub tkance.

Tab. 8. Dawki graniczne

	DAWKA SKUTECZNA (mSv/rok)	DAWKA RÓWNOWAŻNA (mSv/rok)		
		OCZY	SKÓRA <sup>1)</sup>	DŁONIE, PRZEDRAMIONA, STOPY, PODUDZIA
<b>OSOBY NARAŻONE ZAWODOWO</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
<b>PRAKTYKANCY I STUDENCI (16-18 LAT)</b>	<b>6</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>OGÓŁ LUDNOŚCI</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	

<sup>1)</sup> jako wartość średnia dla dowolnej powierzchni 1 cm<sup>2</sup> napromienionej części skóry

#### Dawki graniczne dla funkcjonariuszy PSP podczas realizacji działań ratowniczych:

- **1 mSv na rok – dopuszczalna wartość dawki promieniowania, jaką może przyjąć ratownik**
- **Narażenia wyjątkowe:**
  - **100 mSv na rok – Dopuszczalna dawka dla ratowników ratujących zdrowie,**
  - **500 mSv na rok – Dopuszczalna dawka dla ratowników ratujących życie.**

W przypadku narażeń wyjątkowych należy pamiętać: do działań ratowniczych mogą być wskazani tylko ochotnicy.

Ponadto:

- muszą pisemnie lub ustnie w obecności dwóch świadków wyrazić zgodę;
- odmowa wykonania działań w powyższym przypadku nie może skutkować odpowiedzialnością służbową;
- po zakończeniu działań funkcjonariusze „ochotnicy” powinni bezwzględnie podlegać oszacowaniu otrzymanej dawki skutecznej oraz kontroli medycznej o przestrzeganiu przepisów określających możliwość ponownego udziału tych funkcjonariuszy w zdarzeniach tego typu.

#### **2.6.2 Skutki promieniowania jonizującego dla organizmu ludzkiego**

Przy napromieniowaniu (ekspozycji) organizmu człowieka wyróżnia się, w zależności od wielkości dawki promieniowania oraz czasu ekspozycji, dwa rodzaje skutków:

- **deterministyczne**, które muszą wystąpić po przekroczeniu pewnego progu dawki (dotyczą dużych dawek, występują zazwyczaj po krótkim czasie),
- **stochastyczne**, które mogą (ale nie muszą) wystąpić po dłuższym czasie z prawdopodobieństwem proporcjonalnym do otrzymanej dawki promieniowania.

Przy silnym krótkotrwałym napromieniowaniu występuje tzw. **skutek deterministyczny**, który jest następstwem śmierci pewnej liczby komórek. Skutek ten występuje dopiero przy przekroczeniu pewnego progu dawki promieniowania, gdyż przy niewielkich dawkach organizm może łatwo naprawić uszkodzenia w komórce lub zastąpić zniszczone komórki nowymi, bez zauważalnego wpływu na ich funkcje czy funkcje określonych organów. W przypadku napromieniowania całego ciała skutek deterministyczny występuje w postaci tzw. **choroby popromiennej**, która w najcięższych przypadkach może doprowadzić do zgonu. Przy napromieniowaniu fragmentów ciała może dojść do **poparzeń popromiennych** lub **uszkodzeń pewnych narządów** (tzw. choroba popromienna). Im większa dawka, tym skutki są cięższe i występują wcześniej.



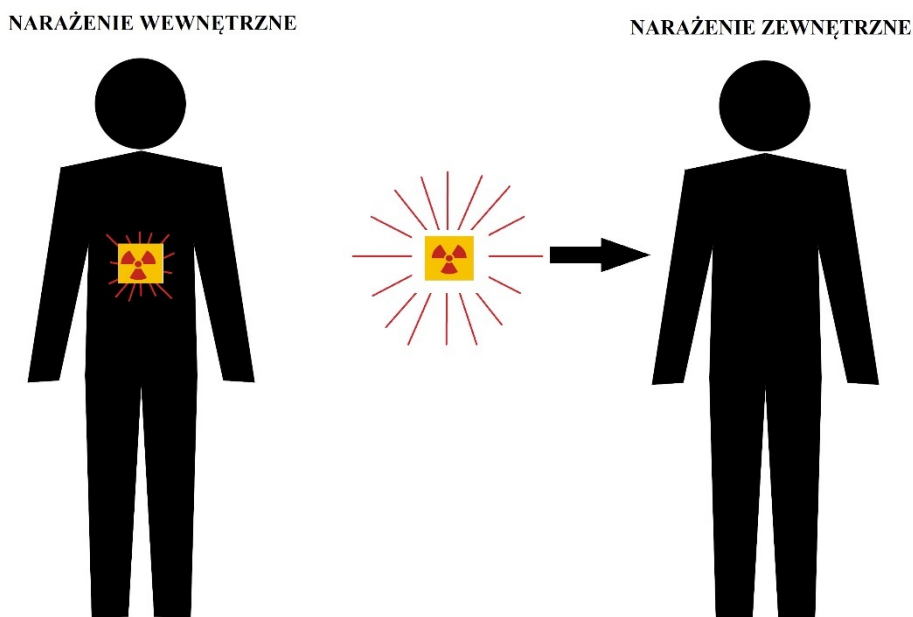
Fot. 8. Skutki deterministyczne – oparzenia popromienne. Źródło IAEA

Drugi typ skutków stanowią tzw. **skutki stochastyczne**, do których należą choroby nowotworowe i skutki genetyczne, czyli ujawniające się dopiero u potomstwa osób napromieniowanych. Skutki stochastyczne wynikają ze zmian w strukturze komórki wywołanych przez promieniowanie jonizujące. Przyjmuje się obecnie, że dla tego typu skutków nie ma określonego progu dawki i mogą one wystąpić nawet przy bardzo małych dawkach, ale z małym prawdopodobieństwem. Należy jednak podkreślić, że małe dawki promieniowania występujące przy bezpiecznym, zgodnym z przepisami, stosowaniu źródeł promieniowania stanowią niewielki dodatek do naturalnego tła promieniowania i powodują znikomy, praktycznie niewykrywalny wzrost ryzyka utraty zdrowia.

### 2.6.3 Zasady ochrony przed promieniowaniem

Zadaniem ochrony przed promieniowaniem jest ograniczenie narażenia ludzi na szkodliwe działanie promieniowania jonizującego.

Bezpieczeństwo pracy ze źródłami promieniowania jonizującego wymaga przestrzegania pewnych zasad w celu ograniczenia narażenia na promieniowanie jonizujące. Zasady te wynikają z właściwości poszczególnych rodzajów promieniowania jonizującego oraz z właściwości substancji promieniotwórczych. Możemy zatem mówić o zasadach ochrony radiologicznej przy narażeniu zewnętrznym oraz wewnętrznym.



Rys. 14. Rodzaje narażenia na promieniowanie jonizujące – zewnętrzne i wewnętrzne. Źródło własne

Inne bowiem zasady obowiązują przy narażeniu spowodowanym napromienieniem wiązką promieniowania jonizującego ze źródła zewnętrznego (narażenie zewnętrzne), a inne w celu uniknięcia lub zminimalizowania skutków wchłonięcia substancji promieniotwórczej do organizmu (narażenie wewnętrzne).

Przy **narażeniu zewnętrznym** możemy wyróżnić trzy główne zasady ochrony radiologicznej:

#### 1. Zachowanie odpowiedniej odległości od źródła promieniowania

Jest to najprostsza metoda ograniczenia dawek otrzymywanych przez ludzi. Istnieją jednak sytuacje, kiedy niemożliwe jest zastosowanie fizycznych barier ograniczających dystans od źródła, wówczas ludzie muszą posługiwać się takimi urządzeniami, które pozwalają pracować na odległość. Istotne jest tu również wykształcenie nawyków warunkujących bezpieczną pracę ze źródłami promieniowania jonizującego np. przenoszenie źródeł za pomocą odpowiednich przyrządów np. manipulatorów. Warto przedstawić wzór do proporcjonalnego wyliczania mocy dawki

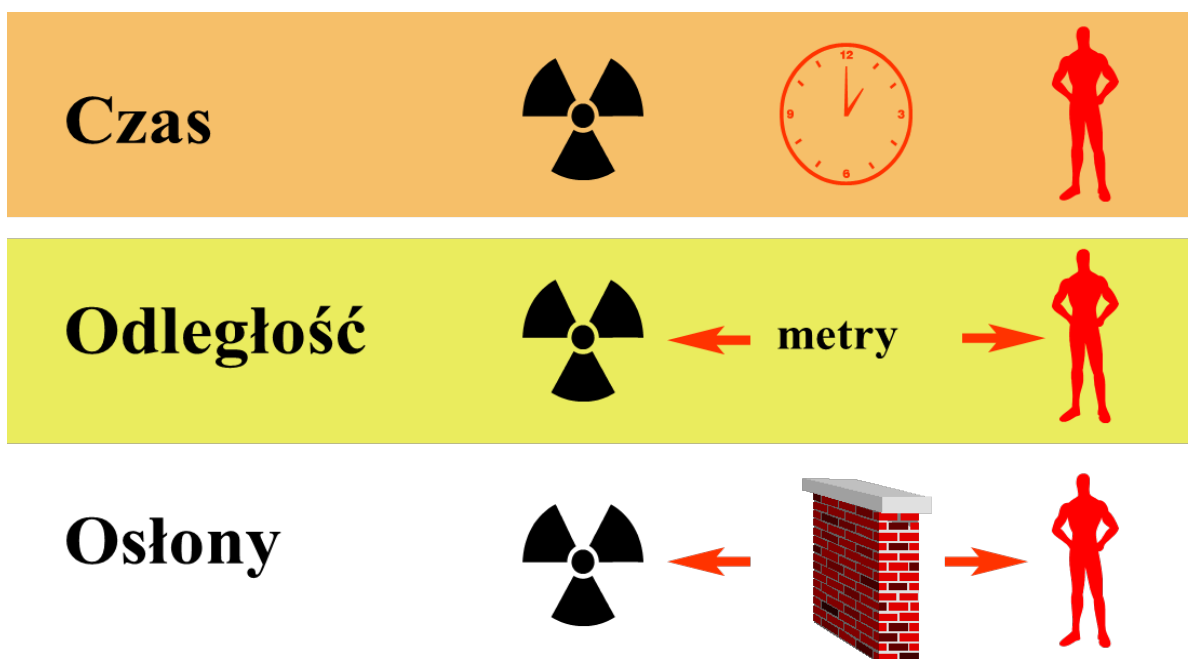
$$\frac{Dawka1}{Odległość1^2} = \frac{Dawka2}{odległość2^2}$$

## 2. Ograniczenie czasu przebywania w pobliżu źródła

Aby zachować tę zasadę należy odpowiednio zorganizować czas pracy ze źródłami np. poprzez wcześniejsze przygotowanie się i upewnienie, że posiadamy wszelkie niezbędne narzędzia i wyposażenie stanowiska pracy lub przetrenowanie czynności najpierw bez źródła tak, aby odpowiednio przygotować się do szybkiej i sprawnej pracy.

## 3. Stosowanie odpowiednich osłon

Gdy dwie pierwsze zasady nie są możliwe do zachowania należy stosować odpowiednie osłony. Grubość i rodzaj materiału wykorzystanego na osłony zależy od rodzaju, natężenia i energii promieniowania jonizującego. Właściwy dobór osłon wymaga znajomości mechanizmów oddziaływania promieniowania jonizującego z materią. Niewłaściwe osłony nie tylko nie ograniczają dawek otrzymywanych przez pracowników, ale również mogą być powodem zwiększenia narażenia na promieniowanie jonizujące (promieniowanie hamowania w przypadku oddziaływania promieniowania X z osłoną ołowianą).



Rys. 15. Zasady ochrony przed promieniowaniem jonizującym. Źródło własne

W przypadku narażenia zewnętrznego najistotniejszym czynnikiem jest **moc dawki promieniowania jonizującego**, którą należy stale monitorować. Służy do tego sprzęt dozymetryczny przeznaczony do pomiarów mocy dawki promieniowania jonizującego, który został przedstawiony na fot. 9.



Fot. 9. Wybrane przyrządy dozymetryczne przeznaczone do pomiaru mocy dawki promieniowania jonizującego, znajdujące się na wyposażeniu PSP. Źródło własne

Podczas działań w narażeniu na promieniowanie jonizujące należy pamiętać **o kontroli otrzymanej dawki od narażenia zewnętrznego**, służą do tego m.in. elektroniczne dawkomierze osobiste z odczytem bezpośrednim.



Fot. 10. Elektroniczne dawkomierze indywidualne, znajdujące się na wyposażeniu PSP. Źródło własne

Przy **narażeniu wewnętrznym** możemy natomiast wyróżnić następujące zasady ochrony radiologicznej:

#### 1. Kontrola skażeń promieniotwórczych

W miejscach pracy z otwartymi źródłami promieniotwórczymi bardzo ważnym elementem bezpieczeństwa jest ciągły monitoring skażeń promieniotwórczych i substancji promieniotwórczych znajdujących się poza źródłem. Skażenia promieniotwórcze mogą powstać, gdy zostanie rozsypana lub rozlana substancja promieniotwórcza na powierzchni roboczej, podłożu czy odzieży. Skażenia nie muszą być niebezpieczne, gdy zostaną zlokalizowane i określone ich poziomy, ale muszą zostać natychmiast usunięte, jeżeli istnieje możliwość szybkiego rozprzestrzenienia się np. w sytuacji, gdy do skażenia doszło w miejscu ogólnie dostępnym.

Kontrola skażeń promieniotwórczych odbywa się za pomocą monitorów skażeń promieniotwórczych – np. monitora skażeń promieniotwórczych typu EKO-C lub radiometru RKP-2.



Fot. 11. Wybrane przyrządy dozymetryczne przeznaczone do pomiaru skażeń promieniotwórczych, znajdujące się na wyposażeniu PSP. Źródło własne

## 2. Stosowanie odzieży roboczej i środków ochrony osobistej

Stosowanie się do tej zasady zapobiega wystąpieniu skażeń zewnętrznych, które z kolei mogą być przyczyną skażeń wewnętrznych. Bardzo istotnym elementem jest przestrzeganie zasad BHP, w tym szczególnie przestrzeganie zakazów jedzenia, picia i palenia tytoniu w strefie potencjalnych skażeń. W przypadku możliwości narażenia na skażenia promieniotwórcze **należy bezwzględnie stosować odzież typu 3 i sprzęt OUO.**

## 3. Kontrola skażeń osobistych przy opuszczaniu skażonego terenu

Istotą tej zasady jest ochrona nie tylko pracowników, ale również osób z ogółu ludności, ponieważ źródłem skażenia może być np. ratownik opuszczający teren skażony substancją promieniotwórczą bez należytej kontroli dozymetrycznej.

Kontrola skażeń promieniotwórczych odbywa się za pomocą monitorów skażeń promieniotwórczych – np. monitora skażeń promieniotwórczych typu EKO-C lub radiometru RKP-2.



### 3. Środki ochrony indywidualnej

Środki ochrony indywidualnej przeznaczone dla ratowników powinny być używane w sytuacjach, gdy nie można uniknąć zagrożeń, albo ich wystarczająco ograniczyć innymi metodami. Mogą również stanowić dodatkowe zabezpieczenie.

Warunkiem podstawowym prawidłowego funkcjonowania środków ochrony indywidualnej w ramach prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych są:

- właściwy dobór,
- przeszkolenie w zakresie użytkowania tych środków oraz ich parametrów ochronnych,
- właściwe rozpoznanie czynników szkodliwych oraz ich stężenia,
- ciągły monitoring zagrożeń.

Poniżej został przedstawiony ogólny podział na kategorie i typy z uwzględnieniem minimalnych wymagań stawianych ubraniom ochronnym pod względem ryzyka przed którym chronią na podstawie Dyrektywy 89/686/EWG i norm Centralnego Instytutu Ochrony Pracy.

**Kategoria I** – podstawowy krój ubrania wykonany z tkanin ochronnych trudnozapalnych i pyłochłonnych. Ubrania nie podlegają ocenie zgodności przez jednostki certyfikujące. Stosowanie w przypadku minimalnych zagrożeń, tzn.:

- usuwanie zabrudzeń nieszkodliwych dla zdrowia z wykorzystaniem ogólnodostępnych środków czystości,
- praca w podwyższonej temperaturze,
- ochrona przed czynnikami atmosferycznymi typu deszcz, wiatr i niska temperatura.

**Kategoria II** – obejmuje swoim zakresem ubranie chroniące przed znanym czynnikiem, tzn.:

- ochrona przed przecięciem,
- ograniczające zagrożenia podczas prac spawalniczych,
- kamizelki odbłaskowe (ostrzegawcze).


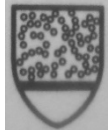

**Kategoria III** – ubranie o specjalnej konstrukcji przeznaczone do ochrony przed czynnikami chemicznymi (rozpoznanymi/nierozpoznanymi), mogącymi spowodować najpoważniejsze w skutkach następstwa dla zdrowia i życia ratownika. Przykładem mogą być:

- chemoodporne ubrania gazoszczelne (CUG),
- ubrania chroniące przed płomieniem i/lub wysoką temperaturą (tzw. ubranie żarochronne).

Poniżej w tabeli 9 zostały przedstawione typy ubrań chroniących przed czynnikami chemicznymi. Im typ ubrania „niższy”, tym poziom ochrony jest wyższy.

Tab. 9. Typy ubrań chroniących przed czynnikami chemicznymi.

Źródło: Opracowanie własne

Typ ubrania		Parametry ochronne
1a		Chemoodporne ubranie gazoszczelne – całkowita izolacja od atmosfery zewnętrznej, sprzęt ochrony układu oddechowego umieszczony pod ubraniem. Ubranie chroniące przed stałymi, ciekłymi i gazowymi niebezpiecznymi substancjami chemicznymi oraz stałymi i płynnymi aerozolami (PN-EN 943-1:2015-12).
1b		Chemoodporne ubranie gazoszczelne – sprzęt ochrony układu oddechowego umieszczony na zewnątrz.
1c		Chemoodporne ubranie gazoszczelne – połączenie z linią sprężonego powietrza (zasilanie ciągłe).
2		Chemoodporne ubranie niegazoszczelne (nie spełnia wymagań normy PN-EN 464 dotyczącej testu szczelności). Ciśnienie wytwarzane wewnątrz ubrania zabezpiecza przed wnikaniem substancji niebezpiecznej.
3		Ubranie chroniące przed działaniem substancji chemicznej w postaci zwartego strumienia cieczy do wartości 2 bar. Wymagania i metodykę badania przedstawia norma PN-EN ISO 17491-3: 2008, PN-EN 14605+A1:2009 (dawna norma 463).
4		Ubranie chroniące przed działaniem rozpylonej cieczy.
5		Ubranie chroniące przed pyłami.
6		Ubranie chroniące przed opryskaniem cieczą.

W służbach ratowniczych stosuje się specjalny rodzaj ubrań gazoszczelnych oznaczonych literami ET (Emergency Team) np. typ 1a-ET. Norma PN-EN 943-2:2005 opisuje wymagania podstawowe postawione tego rodzaju ubraniom, jak i również inne dotatkowe np. tzw. klasy odporności chemicznej.

Praca w ubraniach typ 1a-ET wymaga od funkcjonariusza odpowiedniego przeszkolenia w zakresie jego właściwego użytkowania. Ubranie powinno posiadać książkę paszportową

oraz być poddawane okresowym przeglądom, a w przypadku jego użycia – po każdej akcji ratowniczej. Przeglądy wykonywane są zgodnie z zaleceniami producenta danego ubrania.

Jednym z najważniejszych parametrów ubrania jest odporność na przenikanie substancji chemicznej, określana tzw. czasem przebicia (min. kl. 2):

**Tab. 10. Klasy odporności chemicznej.**

Źródło: Opracowanie własne

Klasa odporności	Czas przebicia materiału [min]
6	> 480
5	> 240
4	> 120
3	> 60
2	> 30
1	> 10

Każda instrukcja użytkowania dołączona przez producenta musi zawierać informację dotyczącą klasy odporności materiału (od 1 do 6 – określoną w części 1 normy PN-EN 943) w stosunku do każdego z 15 związków testowych podanych w tabeli poniżej:

**Tab. 11. Zestawienie 15 testowych związków chemicznych.**

Źródło: Opracowanie własne

L.p.	Związek chemiczny	Stan skupienia (faza)
1.	Aceton	ciekła
2.	Acetonitryl	ciekła
3.	Amoniak	gaz
4.	Chlor	gaz
5.	Chlorowodór	gaz
6.	Dichlorometan	ciekła
7.	Dietyloamina	ciekła
8.	Dwusiarczek węgla	ciekła
9.	Heksan	ciekła
10.	Kwas siarkowy 96 %	ciekła
11.	Metanol	ciekła
12.	Octan etylu	ciekła
13.	Tetrahydrofuran	ciekła
14.	Toluen	ciekła
15.	Wodorotlenek sodu 40 %	ciekła

W zakresie podstawowym ratownictwa chemiczno-ekologicznego najczęściej stosowanym ubraniem jest ubranie typu 3.

W zależności od konstrukcji ubrania, rękawice mogą być na stałe połączone z rękawami lub występować osobno. Zamek ubrania może być umieszczony z przodu, bądź poziomo na plecach. Kaptur ubrania może posiadać także dodatkową kryzę gumową w celu zapewnienia uszczelnienia na masce aparatu ochrony układu oddechowego. Z tego też względu, w niektórych sytuacjach wymagane jest połączenie elementów ubrania. Proponowana do tego jest taśma klejąca o różnym stopniu odporności chemicznej. Za pomocą taśmy można połączyć zarówno rękawice, jak i maskę oraz buty. Zamek błyskawiczny posiada patkę z klejem lub patkę na rzep.

W przypadku wykorzystania ubrania należy pamiętać:

- ubrania tego typu są jednorazowe,
- o zabezpieczeniu ubrania przed przypadkowym zsunięciem się na połączeniu z rękawicami, butami i maską przy pomocy taśmy (fot. 14 i 15),
- rękawy i nogawki ubrania zakładamy zawsze na rękawice i buty, nigdy odwrotnie,
- kaptur ubrania zakładamy na maskę, nigdy odwrotnie,
- na założony kaptur ubrania zakładany jest hełm strażacki; użycie ubrania ochrony przeciwchemicznej nie zwalnia z obowiązku stosowania hełmu strażackiego,
- oklejanie taśmą połączenia ubrania z butami wykonujemy przy zgiętej nodze w stawie kolanowym pod kątem 90 stopni (fot. 16); powyższa czynność dotyczy ubrań nieposiadających dodatkowych mankietów oraz tzw. skarpet,
- oklejenie taśmą połączenia ubrania z rękawicami wykonujemy przy zgiętym ramieniu, w stawie łokciowym pod kątem 90 stopni, a ewentualne łączenie taśmą wykonujemy na zaciśniętej pięści (14 i 15); powyższa czynność ma na celu umożliwienie zdjęcia ubrania bez potrzeby odklejania taśmy i odłączania rękawic; taki sposób zabezpieczenia ubrania pozwoli zminimalizować zagrożenie kontaminacją ratownika przy jego rozbieraniu,
- oklejenie taśmą połączenia ubrania z maską wykonujemy w taki sposób, aby początek i koniec taśmy oklejającej nigdy nie znajdował się pod brodą ratownika, a końcówka taśmy umożliwiała łatwy sposób jej odklejania (końcówka taśmy nie może przylegać do ubrania (fot. 13),
- jeżeli suwak ubrania nie posiada możliwości fabrycznej ochrony (uszkodzone taśmy przylepne) można zabezpieczyć go taśmą.



**Fot. 12-13. Połączenie ramki wizjera maski pełnotwarzowej z kapturem ubrania ochronnego przy użyciu taśmy. Źródło własne**

Na fot. 14 i 15 przedstawiono połączenie rękawic z ubraniem.

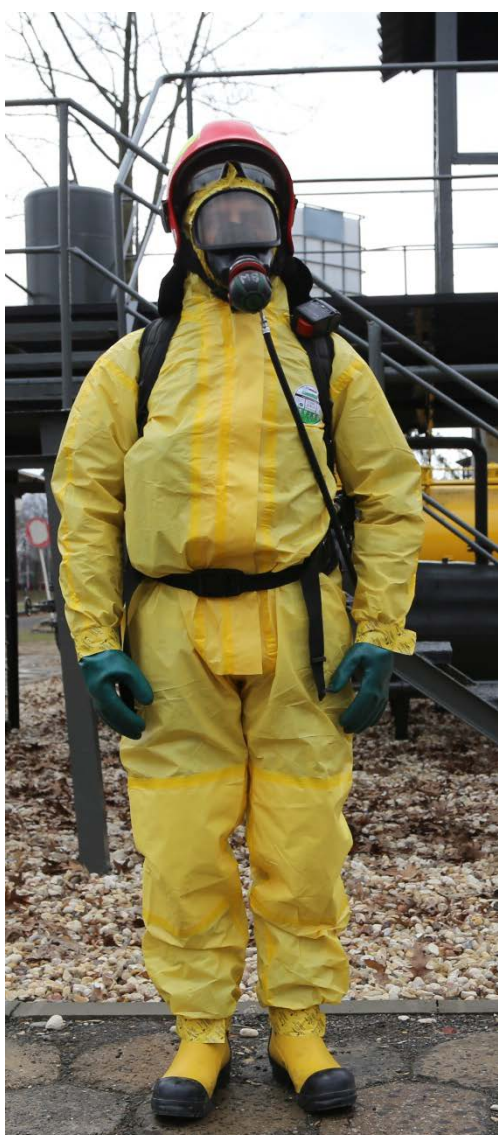


**Fot. 14 - 15. Połączenie rękawic z mankietem ubrania ochronnego przy użyciu taśmy o odporności chemicznej. Źródło własne**

Ubrania ochronne stosowane w zakresie podstawowym mają na celu przede wszystkim ochronę strażaka przed obłaniem substancjami chemicznymi, z którymi możliwy jest kontakt w ramach adekwatnie do zakresu przypisanych zadań. Na fot. 9 – 10. zaprezentowano ratownika przygotowanego do wejścia do działań.



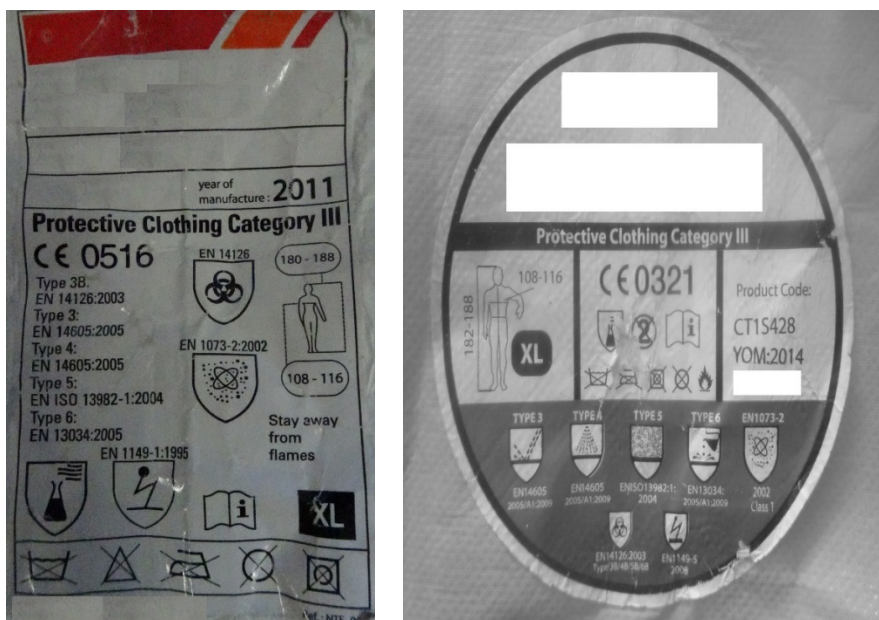
Fot. 16. Połączenie butów z ubraniem ochronnym przy użyciu taśmy ze zgiętą nogą w kolanie.  
Źródło własne



Fot. 17 – 18. Ratownik przygotowany do działań  
Źródło własne

Ubrań ochronnych należy używać według zaleceń producenta. Ubrania zapewniają ochronę ratownika przed różnymi czynnikami chemicznymi. Szwy szyte i klejone taśmą są stosowane dla dodatkowej ochrony przed cieczami. Kaptur ze ściągaczem ułatwia dopasowanie do każdego rodzaju maski pełnotwarzowej i sprzętu ochrony układu oddechowego. Elastyczne ściągacze rękawów i nogawek zapewniają użytkownikowi pełen zakres ruchowy i redukują luźno zwisający materiał.

Należy zwracać uwagę na instrukcję użytkowania dołączoną przez producenta. Poniżej zostały przedstawione przykładowe „wszywki” znajdujące się na ubraniach ochronnych kategorii III wraz z wyjaśnieniem symboli graficznych. Ubranie w opakowaniu zachowuje swoje właściwości ochronne przez okres podany w instrukcji. Na fot. 19 i 20 przedstawiono przykładowe oznakowanie ubrań.



Fot. 19 - 20. Informacja producenta tzw. „wszywka”.  
Wewnętrzna lub zewnętrzna strona ubrania ochronnego.  
Źródło własne

#### Oznaczenia:

1. Year of manufacture (rok produkcji) – 2011.
2. Protecting clothing category III (ubranie ochronne kategoria 3).
3. Stay away from flames (nie pracować w pobliżu płomieni).
4. EN 14126 – ochrona przed czynnikami biologicznymi.
5. EN 1073-2:2002 – ochrona przed czynnikami promieniotwórczymi.
6. EN 1149-1:1995 – odzież antystatyczna.

#### Znaczenie symboli graficznych w dolnej części „wszywki”:

1. Nie prac.
2. Nie wybielać/chlorować.

3. Nie prasować.
4. Nie czyścić chemicznie.
5. Nie suszyć mechanicznie.

### Ochrona rąk

Rękawice ochronne przeciwchemiczne przeznaczone do ochrony przed chemikaliami, mikroorganizmami i zagrożeniami mechanicznymi. Wykonane są z neoprenu, butylu. Powinny być szczelne, elastyczne, antypoślizgowe w części wewnętrznej dłoni i placów. Powinny spełniać następujące normy:

- ochrona przed mikroorganizmami, zgodnie z normą EN374.
- ochrona przed chemikaliami, zgodnie z normą EN374,
- ochrona przed zagrożeniami mechanicznymi, zgodnie z normą EN388.

Rękawice powinny mieć określone poziomy oporności: ochrona przed przecięciem, rozdarciem i przekłuciem 1.

Na fotografii 21 i 22 przedstawiono przykładowe rękawice oraz ich oznakowanie.



Fot. 21-22. Rękawice ochronne.

Źródło własne

### Obuwie

Do wykonywania działań w ramach zakresu podstawowego ratownictwa chemicznego należy stosować strażackie buty gumowe lub inne, które spełniają następujące wymagania dyrektywy UE 89/686/CEE oraz normy EN ISO 20345:2011:

- podnosek oraz wkładka wykonane ze stali,
- syntetyczna wyściółka,
- antypoślizgowa podeszwa z mieszanki winylu z PVC,
- odporność na oleje, benzynę i inne rozpuszczalniki,
- antyelektrostatyczne,
- absorpcja energii w części piętowej,
- podnosek ochronny odporny na uderzenie.



### **Ochrona układu oddechowego**

Stosowanym sprzętem do ochrony układu oddechowego ratowników na tym poziomie ratownictwa jest sprzęt izolujący. Nie stosuje się sprzętu filtrującego. Możliwe jest zastosowanie półmasek (azbest) oraz innych przy współpracy z SGRChem.

### **Po zastosowaniu ubrania**

Zdejmując ubranie należy stosować się do następujących zasad:

- zdjąć aparat ochrony układu oddechowego z pleców, z zachowaniem połączenia z maską układu oddechowego,
- odkleić połączenie ubrania z maską (jeśli producent ubrania nie przewidział innych rozwiązań) i zdjąć kaptur,
- wyjąć ręce z rękawic (bez rozklejania połączeń),
- otworzyć ubranie i wywijając je na zewnątrz wyjść na zewnątrz,
- podczas zdejmowania, w razie konieczności, wspomagać się pomocą innego ratownika, będącego również w środkach ochrony indywidualnej,
- zdjąć maskę aparatu,
- unikać dotykania zewnętrznej warstwy ubrania bez rękawic,
- zużyte ubranie traktować jako odpad.

Ponadto w celu prawidłowego funkcjonowania w jednostkach PSP i OSP środków ochrony indywidualnej, sprzętu ochrony układu oddechowego należy prowadzić systematyczne kontrole stanu technicznego oraz wprowadzić skuteczne sposoby przechowywania. Kontrole powinny być regularne. Zalecana jest również okresowa kontrola tych środków przez kompetentną, specjalnie do tego celu przeszkoloną osobę w jednostce lub bezpośrednio przez producenta. Do konserwacji stosuje się środki myjące, dezynfekujące i impregnujące.

## 4. Urządzenia i techniki pomiarowe

### Przyrządy do pomiaru stężenia substancji toksycznych, wybuchowych oraz radioaktywnych

W czasie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych ratownicy mogą być narażeni na szereg niebezpieczeństw związanych między innymi z:

- obecnością gazów i par wybuchowych,
- obecnością toksycznych i żrących gazów,
- brakiem lub nadmiarem tlenu w atmosferze,
- obecnością źródeł promieniowania jonizującego.

Szeroki zakres konstrukcji urządzeń umożliwia ratownikowi wykrycie jednego lub nawet kilku jednocześnie niebezpiecznych substancji mogących znajdować się w atmosferze.

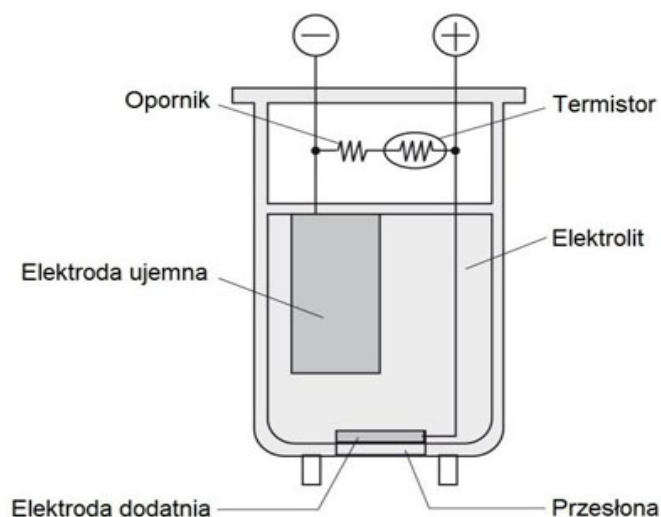
Ogólnie materiały i urządzenia do wykrywania oraz oznaczania wielkości stężeń substancji niebezpiecznych możemy podzielić na:

- elektroniczne przyrządy pomiarowe (toksymetry, eksplozometry, tlenomierze, sprzęt dozymetryczny promieniowania jonizującego),
- papierki wskaźnikowe (indykatory).

### Toksymetry

Toksymetry – elektroniczne przyrządy pomiarowe (detektory) służące do wykrywania oraz oznaczania wartości stężeń gazów w atmosferze.

W przeważającej większości rozwiązań zasada działania oparta jest na znajdującym się wewnątrz urządzenia czujniku elektrochemicznym. Wnikający gaz lub pary cieczy przenikają do elektrody ulegając na jej powierzchni utlenieniu. Prąd płynący przez celę czujnika jest proporcjonalny do stężenia gazu.



Rys. 16. Schemat przykładowego układu pomiarowego



Fot.23. Przyrząd do pomiaru gazu toksycznego.

Źródło własne

Urządzenia jednogazowe są często oznaczone na obudowie do jakiego gazu są przeznaczone. W przypadku urządzeń wielogazowych informacja o mierzonych gazach pojawia się na wyświetlaczu. Urządzenia mają zaprogramowane progi alarmowe, o których przekroczeniu informują w sposób akustyczny i optyczny.

### **Eksplozymetry**

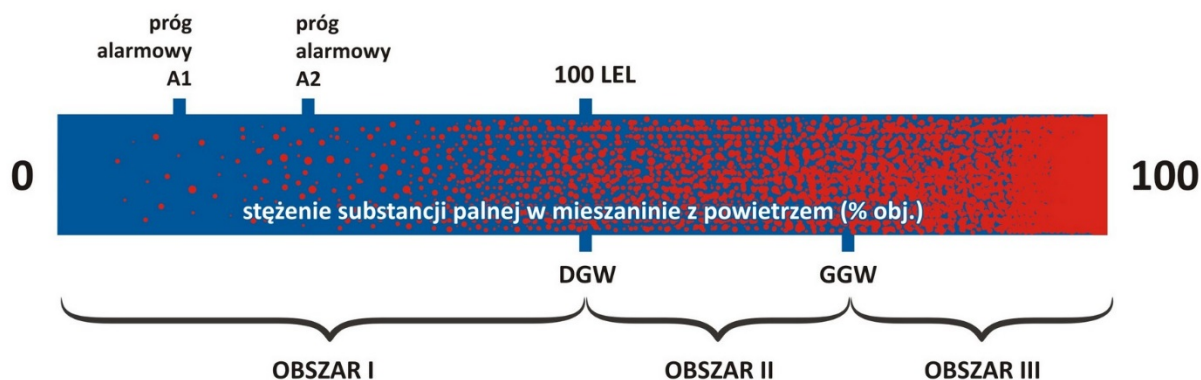
Eksplozymetry – elektroniczne przyrządy pomiarowe służące do wykrywania oraz oznaczania stężeń gazów oraz par cieczy palnych. Włókno katalizatora pracuje w układzie mostka Wheatstonea. Gaz wybuchowy lub pary cieczy wnikają do komory spalania katalitycznego (tzw. sensor kataliczny), ciepło uwalniane podczas spalania powoduje zmianę rezystancji elementu detekcyjnego przetwornika. Zmiana ta jest sygnałem pomiarowym, który zamieniany jest na sygnał napięciowy.

Pomiar oparty jest o procentową wartość stężenia gazu palnego w stosunku do stężenia powietrza tworzącego mieszaninę palną.

Znakowanie skal przyrządów pomiarowych może się odnosić do stężeń w % objętościowych (% obj. lub % CH<sub>4</sub>), jak i również w (% DGW)

- w języku polskim % DGW,
- w języku niemieckim % UEG (Untere Explosionsgrenze),
- w języku angielskim % LEL (Lower Explosive Limit),
- w języku niemieckim i angielskim % Vol. (Volumen, Volume).

Na rys. 17 przedstawiono zależność składu mieszaniny palnej z powietrzem.



Rys.17. Interpretacja mieszanin palnych z powietrzem

Obszar I – stężenie substancji palnej w mieszaninie do osiągnięcia poziomu Dolnej Granicy Wybuchowości (DGW).

Obszar II - stężenie substancji palnej w mieszaninie od osiągnięcia poziomu Dolnej Granicy Wybuchowości (DGW) do osiągnięcia poziomu Górnej Granicy Wybuchowości (GGW).

Obszar III - stężenie substancji palnej w mieszaninie po osiągnięciu poziomu Górnej Granicy Wybuchowości (GGW).

**Obszar I** – jest to obszar w którym stężenie materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem nie spowoduje zapłonu pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego) w określonych warunkach badania.

Względnie jest to obszar bezpieczny dla pracy ratownika. Jednak z uwagi na możliwość gwałtownego wzrostu stężenia materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem, osiągnięcie DGW może nastąpić w bardzo krótkim czasie. Urządzenia pomiarowe stosowane w PSP pozwalają na pomiar stężenia maksymalnie do poziomu DGW.

**Obszar II** – jest to obszar w którym stężenie substancji palnej w mieszaninie od osiągnięcia poziomu Dolnej Granicy Wybuchowości (DGW) do osiągnięcia poziomu Górnej Granicy Wybuchowości (GGW) powoduje zapłon pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego) w określonych warunkach badania.

Jest to obszar, w którym praca ratownika jest zabroniona z uwagi na możliwość niekontrolowanego zapłonu pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego). Urządzenia pomiarowe stosowane w PSP nie mierzą stężeń powyżej DGW.

**Obszar III** – jest to obszar w którym stężenie substancji palnej w mieszaninie po osiągnięciu poziomu Górnej Granicy Wybuchowości (GGW) nie powoduje zapłonu pod wpływem czynnika inicjującego (bodźca energetycznego) w określonych warunkach badania.

Względnie jest to obszar bezpieczny dla pracy ratownika. Jednak z uwagi na możliwość gwałtownego/niekontrolowanego spadku stężenia materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem lub niekontrolowanego wzrostu stężenia utleniacza, osiągnięcie

poziomu poniżej GGW może nastąpić w bardzo krótkim czasie. Jest to obszar, w którym praca ratownika jest zabroniona z uwagi na brak możliwości utrzymania stężeń powyżej GGW. Urządzenia pomiarowe stosowane w PSP nie mierzą stężeń powyżej GGW.

W celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa ratowników w przypadku możliwości powstania zagrożenia wybuchem, w urządzeniach pomiarowych wprowadzono poziomy ostrzegawcze, tzw. progi alarmowe (A1 i A2). Progi alarmowe sygnalizowane są tylko w **Obszarze I** (rys. 17). W urządzeniach pomiarowych wartości Obszaru I są zakresem pomiarowym w skali od 0% (brak gazu palnego w mieszaninie gazów) do osiągnięcia DGW i traktowane jako 100% zakresu.

Wprowadzono dwa poziomy alarmów:

- alarm A1 załącza się po przekroczeniu od 10 do 20 % wartości Obszaru I. Wartości te ustalane są na potrzeby użytkowników końcowych i dostępne są do odczytu w urządzeniu lub instrukcji obsługi.
- alarm A2 załącza się po przekroczeniu od 20 do 40 % wartości Obszaru I. Wartości te ustalane są na potrzeby użytkowników końcowych i dostępne są do odczytu w urządzeniu lub instrukcji obsługi.

Alarm przekazywany jest na urządzeniu w sposób akustycznych i optyczny.

Sygnalizacja poziomu A1 informuje ratownika, że w obszarze którym się znajduje występują substancje palne (wybuchowe). Nie jest jednak znany ich rodzaj oraz ilość. Alarm ten powinien być sygnałem o możliwości powstania zagrożenia wybuchem lecz nie zawsze stanowi on podstawę do natychmiastowego opuszczenia terenu działań. Należy wzmocnić czujność podczas prowadzonych działań oraz w miarę możliwości, zastosować inne (drugie) uprzedzenie pomiarowe dla potwierdzenia / kontrolowania zagrożenia.

Sygnalizacja poziomu A2 informuje ratownika, że w obszarze którym się znajduje występują substancje palne (wybuchowe) a ich stężenie stale rośnie. Nie jest jednak znany ich rodzaj oraz ilość. Alarm ten jest potwierdzeniem możliwości powstania zagrożenia wybuchem i sygnałem do opuszczenia terenu działań.

Z uwagi na możliwość gwałtownego wzrostu stężenia materiału palnego w mieszaninie z utleniaczem, pojawienie się alarmów jeden po drugim może nastąpić w bardzo krótkim odstępie czasu.

Przykład:

W powietrzu granice wybuchowości metanu wynoszą 4,4% (DGW) i 15% (GGW). Zakładamy że urządzenie jest skalibrowane na pomiar metanu. Zakres pomiarowy urządzenia wynosi 0-100% DGW, progi alarmowe I i II załączają się odpowiednio przy 10 i 20% DGW.

Dla naszego przykładowego pomiaru metanu, jeżeli na urządzeniu wyświetli się:

- alarm A 1 – dla I progu 10%DGW, tzn., że mamy 0,44% zawartości metanu w mieszaninie gazów,

- alarm A 2 - dla II progu 20% DGW, tzn., że mamy 0,88% zawartości metanu w mieszaninie gazów,
- 100% DGW tzn., że mamy 4,4% zawartości metanu w mieszaninie gazów.

W przypadku osiągnięcia wartości 100% DGW (cały obszar I) na wyświetlaczu może pojawić się informacja o przekroczeniu zakresu pomiarowego urządzenia np.: OR (over range) lub OL (over level). Niektóre urządzenia ulegają automatycznemu wyłączeniu w przypadku przekroczenia poziomu A2 bez osiągnięcia wartości DGW. Spadek stężenia substancji palnej w mieszaninie poniżej alarmów A2 lub A1 powoduje ich wyłączenie.

W przypadku wykorzystywania eksplozometrów do działań ratowniczych należy zwrócić na następujące elementy, tj.:

- uruchomienie urządzenia – powinno odbywać się poza strefą bezpośrednich działań ratowniczych. Dokonywanie pomiarów w środowiskach o zmiennym stężeniu tlenu będzie skutkowało niewłaściwą dokładnością pomiarową urządzeń, a tym samym prowadziło do zaniżonych lub zawyżonych wartości pomiarowych, co należy uwzględnić podczas prowadzonych działań ratowniczych.
- działanie eksplozometrów w większości urządzeń uzależnione jest od obecności tlenu w badanej atmosferze. W przypadku bardzo małej ilości tlenu może nie zajść proces spalania katalicznego, a tym samym urządzenie nie wskaże zagrożenia. Nie jest to sygnał, że w atmosferze nie ma substancji palnych.
- praca urządzenia - należy pamiętać o zwłocie czasowej pomiędzy miejscem wykonywania pomiarów a wskazaniami urządzenia wynikającej z zachodzącej reakcji spalania.
- kalibracji urządzeń, która realizowana jest przez wyspecjalizowany serwis i odbywa się w oparciu o dowolnie wybrany gaz. Z uwagi na koszty oraz dostępność gazów, najczęściej stosuje się: metan, pentan, izobutan. Odczyt urządzenia skalibrowanego np. na metan, może być obarczony błędem wynikającym z wykrycia innego gazu palnego w badanej atmosferze. W celu ograniczenia tego typu błędów wskazane jest zastosowanie przeliczenia według wzoru:

$$\text{DGW (LEL)} = \text{wskazanie} \times \text{współczynnik}$$

gdzie wartość współczynnika odczytujemy z opracowanych zestawień – przykładowa tabela nr 12 dla metanu. W sytuacji braku informacji odnoszącej się do atmosfery w jakiej prowadzimy działania (większość działań PSP), dla zapewnienia większego bezpieczeństwa stosownym staje się przyjęcie najwyższego współczynnika pomiarowego dla danego gazu kalibracyjnego, w celu określenia dokładniejszych wartości.

Tab. 12. Przykładowe współczynniki kalibracyjne<sup>9</sup>

Gaz mierzony	Gaz kalibracyjny Metan
Aceton	1,7
Acetylen	1,3
Benzen	1,9
Butan	1,7
Etan	1,3
Etanol	1,5
Etylen	1,3
Heksan	2,3
Wodór	0,9
Izopropanol	1,9
Metan	1,0
Metanol	1,1
Pentan	1,9
Propan	1,6
Styren	2,2
Toluen	2,1
Ksylen	2,5

Odczytując pomiar o wartości 10% DGW dla przyrządu kalibrowanego na metan w środowisku wycieku propanu należy otrzymany wynik pomnożyć przez współczynnik 1,6 zawarty w tabeli. Otrzymujemy w ten sposób wartość 16% DGW (LEL).

### Tlenomierze

Tlenomierze – elektroniczne urządzenia służące do monitorowania stężenia tlenu w atmosferze.

Można wyróżnić urządzenia służące jako indywidualne wyposażenie ratownika, jak również często spotykane dodatkowe sensory w miernikach wielogazowych.

Pomiar stężenia tlenu dokonywany jest w oparciu o czujnik elektrochemiczny. Znajdujący się w atmosferze tlen przenika przez przepuszczającą gaz membranę do środka elektrochemicznej komory czujnika. Komory elektrochemiczne zbudowane są podobnie jak element galwaniczny z dwiema lub trzema elektrodami z różnych metali oraz rozpuszczalnika elektrolitu. Między elektrodą roboczą i przeciwną wytwarza się odpowiednio proporcjonalne do koncentracji gazu napięcie elektryczne, zamieniane na przetworzony elektronicznie wynik odczytywany z ekranu urządzenia. Ze względu na metodykę pomiaru, urządzenia te posiadają zwłokę w pomiarze, co wymaga przeprowadzenia pomiaru umożliwiającego wskazanie stężenia tlenu w danym miejscu.

<sup>9</sup> Przegląd pożarniczy nr 7/2015 „Ratownictwo chemiczne – poziom podstawowy”;



Fot. 25. Przykładowy przyrząd do pomiaru stężenia tlenu.  
Źródło własne

### Przyrządy do pomiaru promieniowania jonizującego

Przyrządy do pomiaru promieniowania jonizującego (**dozymetry**), to urządzenia służące do pomiaru dawki lub mocy dawki promieniowania, które możemy podzielić na:

- sygnalizatory ostrzegające o przekroczeniu dawki lub mocy dawki progowej,
- radiometry służące do pomiaru mocy dawki.

### Zastosowanie urządzeń zostało opisane w rozdziale 2.3.3 – Zasady ochrony przed promieniowaniem

Przykładem takiego urządzenia, które znajduje się na wyposażeniu PSP jest monitor skażeń promieniotwórczych EKO-C. Przeznaczony jest do pomiaru mocy dawki i skażenia promieniotwórczego.

Zastosowanie przyrządu:

- kontrola szczelności czujek dymu,
- wykrywanie, lokalizacja i pomiar skażeń powierzchniowych nuklidami, alfa, beta lub gamma promieniotwórczymi,
- lokalizacja źródeł promieniotwórczych,
- wykrywanie nielegalnie przewożonych źródeł promieniotwórczych w środkach transportu i na przejściach granicznych,
- kontrolowanie terenu po pożarach i katastrofach transportowych,
- reagowanie i usuwanie skutków zdarzeń radiacyjnych.





Fot. 26. Monitor skażeń radioaktywnych EKO-C.  
Źródło własne

Monitor wskazuje dane pomiarowe w trzech odrębnych jednostkach:

- $\text{Bq/cm}^2$  – skażenie powierzchni radioaktywnymi izotopami alfa,
- cps (liczba zliczeń na sekundę) – skażenie radioaktywnymi izotopami beta,
- $\mu\text{Sv/h}$  – przestrzenny równoważnik mocy dawki promieniowania X i gamma.

Zakresy pomiarowe monitora są następujące:

- moc dawki: 0.01 - 1000  $\mu\text{Sv/h}$ ,
- skażenie powierzchni: 0.1 - 10000  $\text{Bq/cm}^2$ ,
- częstość impulsów: 0.1 - 10000 cps.

Elementem detekcyjnym w monitorze skażeń EKO-C jest okienkowy detektor Geigera-Mullera. Cienkie mikowe okienko detektora o grubości 2-3  $\text{mg/cm}^2$  pozwala na detekcję nie tylko promieniowania gamma i X, ale także alfa i beta. Przesuwana osłona okienka spełnia rolę filtra przy pomiarach promieniowania X i gamma („wycina” cząstki alfa i beta).

Cienkie okienko licznika jest bardzo delikatnym elementem i należy zachować szczególną ostrożność pracując bez osłony okienka.

Zakres energetyczny wykrywanego promieniowania jest następujący:

- promieniowanie X i gamma: 50 keV - 1.5 MeV;
- promieniowanie beta: powyżej 100keV;
- promieniowanie alfa: powyżej 4 MeV.

Monitor zasilany jest z akumulatorów, które pozwalają na co najmniej 30 h pracy ciągłej.

Tab. 13. Funkcje przycisków urządzenia EKO-C

Przycisk	Funkcja
<b>ON</b>	pierwsze naciśnięcie – włączenie funkcji pomiarowych i sygnalizacji dźwiękowej, powtórne naciśnięcie – uaktywnienie funkcji wykrywania promieniowania, przycisk „off”- wyłączenie monitora
<b>Bq/cm<sup>2</sup>, cps μSv/h</b>	wybór odpowiedniej jednostki przy poszczególnych rodzajach skażeń (zmiana jednostki w trakcie pomiaru powoduje utratę informacji o zapamiętanym poziomie tła i wyłącza precyzer)
<b>E</b>	naciśnięcie go przy nieczynnym monitorze uruchamia pomiar i automatyczne ustalenie poziomu promieniowania; naciśnięcie przy włączonym monitorze – uruchamia tzw. precyzer (uśrednianie pomiarów)
<b>-B</b>	wybranie pomiaru z automatycznym odejmowaniem tła promieniowania

### Pomiary z automatycznym odejmowaniem tła

W miejscu oddalonym od obszaru podejrzanego o skażenie włączyć monitor. Wybrać odpowiednie jednostki. Po upływie ok 20 sekund włączyć precyzer (E) i po ustabilizowaniu się wskazań radiometru włączyć pamięć tła (-B). Od tej chwili przyrząd będzie wskazywał poziom promieniowania „netto”, czyli po automatycznym odjęciu poziomu tła.

### Pomiary w trybie „wykrywania promieniowania”

W miejscu poza obszarem, na którym występuje podwyższona moc dawki promieniowania jonizującego, przy wyłączonym monitorze nacisnąć przycisk „E” – zostanie włączona funkcja ustalania poziomu tła promieniowania (pomiar trwa ok. 3-5 min.). Monitor zapamięta zmierzoną wielkość i wyłączy się. Aby przystąpić do pomiarów należy włączyć monitor w tryb „wykrywania promieniowania” przez dwukrotne naciśnięcie przycisku „on”. Przesuwać monitor w stronę spodziewanego źródła promieniowania jonizującego. Wykryciu zwiększonego poziomu promieniowania będzie towarzyszył sygnał dźwiękowy (częstość sygnału będzie rosła wraz z poziomem promieniowania).

### Papierki wskaźnikowe pH – indykatory

Papierki wskaźnikowe występują w postaci pociętych pasków bibuły nasyconej odpowiednimi wskaźnikami, wysuszone i zamknięte w opakowaniu.

Służą między innymi do przybliżonego określania odczynu roztworów.

Zmieniają barwę w zależności od stężenia jonów  $H^+$  i  $OH^-$ , stąd określane są często jako wskaźniki (indykatory) pH.

Po zwilżeniu badanym roztworem przyjmują barwę pozwalającą określić zbliżoną wartość pH roztworu. Odczyt zabarwienia oraz jego intensywność porównywane są do zamieszczonej na opakowaniu skali wartości pH.

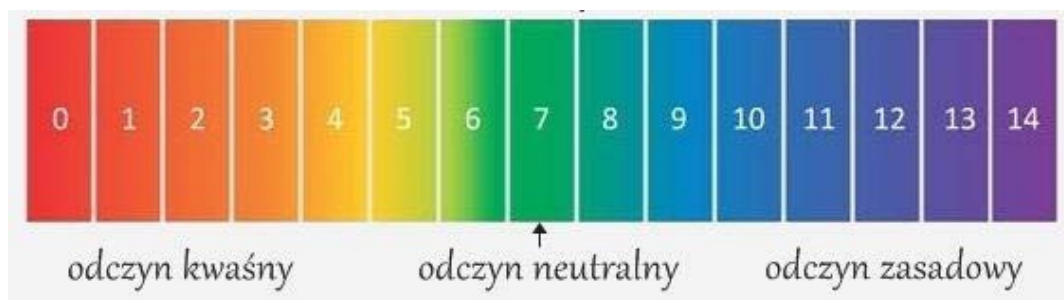
Najczęściej stosowane są papierki uniwersalne dające odczyt w pełnym zakresie pH (1-14), jak i w zawężonych zakresach (1-10), a nawet w bardzo wąskich przedziałach skali o większej dokładności np. pH 2-4.

Zabarwienie koloru czerwonego (pH=5), powstanie w środowisku kwaśnym, a koloru niebieskiego (pH=8) wystąpi w środowisku zasadowym. W roztworach obojętnych o wartości (pH=7), kolor papierka pozostanie naturalnie żółty. Możemy w ten sposób określić obecność substancji niebezpiecznej, bądź jej brak. Porównując intensywność zabarwienia z dołączoną do zestawu paletą barw możemy określić przybliżone stężenie substancji.



Fot. 27. Papierki do określania pH roztworu.

Źródło własne



Rys.18. Przykładowe wartości skali pH.

Źródło <http://www.chemia-gimnazjum.info/index.php?podstrona=klasa2&dzial=1&temat=6>,  
dostęp 09.06.2017 r.

### Ogólne zasady prowadzenia pomiarów

#### Zagrożenia radiacyjne

Pomiary mogą wykonywać funkcjonariusze, którzy zdobyli odpowiednie umiejętności posługiwania się urządzeniami oraz zapoznali się z instrukcją obsługi producenta. Szczególnie istotnym jest częste sprawdzanie za pomocą źródeł testowych, czy ustalone progi alarmowe są właściwe. Ewentualne korekty i ustawienia powinny zostać zgłoszone do serwisu. Szczegółowe instrukcje w jaki sposób należy sprawdzać i testować monitory zamieszczone są w dokumentacji technicznej urządzenia.

W przypadku posługiwania się przenośnymi przyrządami dozymetrycznymi należy przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów, niezależnie od typu przyrządu jaki stosujemy, skontrolować jego działanie:

- sprawdzić ogólny stan przyrządu (ewentualne uszkodzenie mechaniczne, stan detektorów, a szczególnie okienek sond licznikowych, itp.),
- sprawdzić stan baterii/akumulatorów zasilających,
- sprawdzić wskazanie przyrządu od źródła kontrolnego w standardowej geometrii przewidzianej przez producenta – wskazanie powinno mieścić się w klasie przyrządu,
- jeżeli przyrząd poza sygnalizacją optyczną (wskaźnik alfanumeryczny, miernik analogowy – wychyłowy, dioda świecąca, itp.) posiada sygnalizację akustyczną – należy ją uruchomić, chyba że inne względy nakazują nieujawnianie faktu wykonywania pomiaru,
- przyrząd powinien być uruchamiany zawsze w znacznej odległości od planowanego miejsca wykonywania pomiarów tak, aby można było zmierzyć poziom naturalnego tła promieniowania, a dopiero następnie z włączonym przyrządem należy zbliżyć się do obiektu pomiaru,
- pomiar rozpoczynać przy najczulszym zakresie pomiarowym w przypadku przyrządów, które mają ręczny przełącznik zakresów,
- przyrządy przeznaczone do pomiarów skażeń należy tak zabezpieczyć, aby żadną częścią nie stykały się z obiektami skażonymi.

Mając na uwadze ograniczenie narażenia na promieniowanie jonizujące oraz narażenia na skażenie promieniotwórcze, wprowadzono pojęcie **strefy awaryjnej** (w rozumieniu Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych).

**STREFA AWARYJNA** – strefa wokół miejsca zdarzenia obejmująca teren, na którym **może występować jakiegokolwiek skażenie promieniotwórcze** lub moc dawki promieniowania przekraczająca **100 mikrosiwertów na godzinę ( $\mu\text{Sv/h}$ )**.



Fot. 28. Oznaczenia strefy awaryjnej oraz przykładowe wyznaczenie tej strefy. Źródło COSSG

Pomiary mogą wykonywać funkcjonariusze PSP, którzy zdobyli odpowiednie umiejętności posługiwania się sprzętem dozymetrycznym oraz zapoznali się z instrukcją obsługi producenta urządzenia. Szczegółowe instrukcje w jaki sposób należy uruchamiać i używać dany przyrząd dozymetryczny, zamieszczone są w dokumentacji technicznej urządzenia. Dlatego też

**NALEŻY BEZWARUNKOWO ZAPOZNAĆ SIĘ INSTRUKCJĄ OBSŁUGI DOŁĄCZONĄ DO URZĄDZENIA DOZYMETRYCZNEGO!**

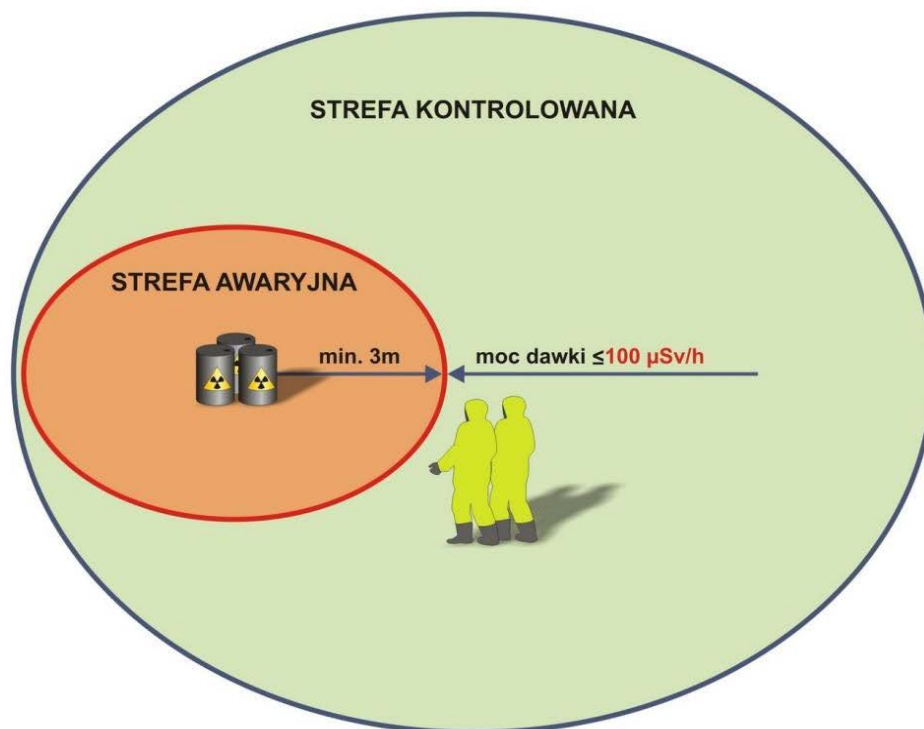
Podczas posługiwania się przenośnymi przyrządami dozymetrycznymi należy przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów, niezależnie od rodzaju przyrządu jaki stosujemy, skontrolować jego działanie:

- sprawdzić ogólny stan przyrządu (ewentualne uszkodzenie mechaniczne, stan detektorów, itp.),
- sprawdzić stan baterii/akumulatorów zasilających,

- przyrząd powinien być uruchamiany zawsze w znacznej odległości od planowanego miejsca wykonywania pomiarów tak, aby można było zmierzyć poziom naturalnego tła promieniowania, a dopiero następnie z włączonym przyrządem należy zbliżyć się w kierunku źródła promieniowania.

Wyznaczane wielkości strefy awaryjnej wokół miejsca zdarzenia należy przeprowadzić na podstawie wskazań przyrządów pomiarowych:

- granicę strefy wyznaczyć w miejscu, w którym moc dawki nie przekracza **100  $\mu\text{Sv/h}$** ,
- wielkość strefy nie może być mniejsza niż **3 m** od źródła,
- w przypadku działań na terenie otwartym zaleca się wyznaczyć strefę od źródła w odległości **30 m**,
- w sytuacji wybuchu, pożaru, powstających obłoków dymu, strefę bezpieczną (rozpoznanie sytuacji), wyznaczyć w odległości **300 m**,
- w przypadku zdarzeń w obiektach, za granicę strefy należy przyjąć ściany pomieszczenia/budynku, o ile spełnione są warunki (mniej niż **100  $\mu\text{Sv/h}$**  i nie mniej niż 3 metry).



Rys.19. Wyznaczanie wielkości stref. Źródło: Jan Kołdej, Artur Ankowski, Marek Poterek „Bezpieczeństwo prowadzenia działań podczas realizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej”. Bezpieczeństwo pracy środowisko zarządzanie, tom II s. 19 - 30, Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, Katowice 2015

**Przed rozpoczęciem działania na miejscu zdarzenia radiacyjnego, przeprowadź rozpoznanie:**

- pozyskaj od personelu, uczestników, świadków zdarzenia jak największą ilość informacji na temat okoliczności zdarzenia,
- nie zbliżaj się do materiału promieniotwórczego **bez włączonego sprzętu dozymetrycznego**: włącz miernik mocy dawki promieniowania jonizującego. Jeżeli posiadasz elektroniczny dawkomierz indywidualny: uruchom go,
- określ czy w przypadku pożaru doszło do uszkodzenia pojemnika/opakowania zawierającego materiał promieniotwórczy.

**PAMIĘTAJ!**

**POŻAR SPRZYJA ROZPRZESTRZENIANIU SIĘ MATERIAŁU  
PROMIENIOTWÓRCZEGO!**

- do gaszenia pożarów, w których występuje materiał promieniotwórczy (np. pożar samochodu) podawaj prądy proszku gaśniczego lub prądy piany gaśniczej ciężkiej, w szczególnych przypadkach prądy rozproszone wody, zachowując bezpieczną odległość (należy starać się ograniczyć, w miarę możliwości, ilość podawanego czynnika gaśniczego, co zapewni powstawanie jak najmniejszego obszaru skażenia),
- pamiętaj, że środki ochrony dróg oddechowych wystarczająco dobrze chronią przed skażeniami promieniotwórczymi oraz przedostawaniem się do organizmu promieniotwórczych aerozoli, lecz **nie chronią** przed zewnętrznym promieniowaniem beta, gamma i neutronowym!
- określ czy doszło do uszkodzenia pojemnika/opakowania i czy doszło do uwolnienia materiału promieniotwórczego (ocena wizualna na odległość, informacje od personelu, świadków zdarzenia),
- gdy nie jesteś pewien czy doszło do uwolnienia materiału promieniotwórczego z pojemnika/opakowania – uznaj, że taka sytuacja ma miejsce („pesymizacja” zdarzenia),
- w sytuacji gdy stwierdzisz, że doszło do uwolnienia materiału promieniotwórczego, **zastosuj maksymalne środki ochrony** (ubranie typu 3 oraz OUO) przyjmując, że jest to najbardziej niebezpieczny przypadek,
- pamiętaj o pomiarach skażeń promieniotwórczych (ocena występowania skażenia promieniotwórczego – wykluczenie/potwierdzenie); pomiar skażenia promieniotwórczego wykonywany jest tylko i wyłącznie przez SGRChem-Eko,
- pamiętaj, że pojazd przewożący materiały promieniotwórcze podlega obowiązkowemu oznakowaniu według przepisów Umowy europejskiej ADR (materiały promieniotwórcze podlegają pod **ADR klasy 7**).



Rys. 20. Oznakowanie samochodu transportującego materiały promieniotwórcze. Źródło własne

### Ogólne zasady pomiarów gazów toksycznych i wybuchowych

Pomiary, bez względu na warunki jakie powstały na miejscu działań, muszą być oparte na zasadach zgodnych z obecnie panującymi przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyznaczenie strefy bezpiecznej dla par i gazów toksycznych będzie najczęściej wartością najwyższego dopuszczalnego stężenia NDS, a dla gazów palnych i par cieczy palnych stężenie to przyjmuje się w granicach 10-50% dolnej granicy wybuchowości (DGW).

Należy pamiętać o panujących warunkach atmosferycznych, jak i o tym, że dalszy rozwój sytuacji może być zależny od okoliczności w jakich powstało zdarzenie.

Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów należy przestrzegać podstawowych zasad:

- używać urządzeń posiadających ważny przegląd serwisowy,
- dokonać oględzin zewnętrznych urządzeń pod względem ewentualnych uszkodzeń mechanicznych elementów konstrukcji,
- sprawdzić stan naładowania baterii,
- przyrządy pomiarowe włączać i wyłączać w czystej atmosferze,
- po załączeniu urządzenia w zależności od typu i wskazań producenta należy odczekać wskazany czas na przygotowanie do działania,
- nie wyłączać urządzenia, które wskazuje alarm i poczekać do oczyszczenia sensora.

Wykonywanie pomiarów powinno być związane między innymi z ciągłym monitorowaniem tlenu w atmosferze z uwagi na fakt, iż przyrząd w chwili kalibracji pracuje w obecności stężenia tlenu w granicach 21%. Każde odstępstwo od tej wartości może spowodować błąd pomiaru: jego wzrost lub zaniżoną wartość. Urządzenia zwykle informują nas o ubogiej wartości tlenu w atmosferze przy stężeniu 19%, jak również przy nadmiarze o wartości 23%. Alarm niskiego stężenia tlenu wskazuje na zastosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego.



W sytuacji pomiaru stref wybuchowych bardzo ważne jest, aby wiedzieć na jaki gaz został skalibrowany nasz przyrząd pomiarowy. Wiedza posłuży nam do właściwego przeliczania otrzymanych wartości, stosując tabele dla różnych gazów kalibracyjnych i ich współczynników.

Podczas uruchomienia urządzenia możliwe jest uzyskanie następujących informacji:

- rodzaj gazu/ gazów wykrywanych przez urządzenie,
- rodzaj gazu kalibracyjnego (eksplozometry),
- progi alarmowe (I i II alarm),
- progi alarmowe dla stężeń tlenu (niskie i wysokie)
- informacje dotyczące daty przeglądu i kalibracji.

Niezwykle ważnym aspektem są miejsca dokonywania pomiarów. Wynika to ze zmienności stężeń par i gazów w czasie i przestrzeni. Wybrane miejsca w większości oparte będą o zastaną sytuację na miejscu działań oraz najbardziej dogodne i bezpieczne stanowisko pracy dla ratowników. Należy pamiętać, że na sam wybór miejsc pomiarowych mają wpływ: gęstość gazu, miejsce awarii lub wycieku, warunki terenowe i meteorologiczne.

Wyniki prowadzonych pomiarów i ich wartości stężenia w powietrzu wyświetlane na ekranie urządzenia najczęściej przedstawiane są w jednostce ppm (parts per milion – części na milion).

Można również spotkać się z innymi jednostkami przeliczeniowymi jak np: objętościowa zawartość procentowa w powietrzu oraz często spotykana w kartach charakterystyk substancji niebezpiecznych jednostka  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

Do przeliczania jednostek ppm na  $\text{mg}/\text{m}^3$  i z  $\text{mg}/\text{m}^3$  na ppm w temperaturze  $20^\circ\text{C}$  stosuje się następujące wzory:

$$y(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{M}{24,04} x(\text{ppm})$$

$$x(\text{ppm}) = \frac{24,04}{M} y(\text{mg}/\text{m}^3)$$

$x$  – stężenie w ppm,  $y$  – stężenie w  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $M$  – masa cząsteczkowa związku chemicznego

## 5. Techniki kontrolowania emisji substancji niebezpiecznych

Pod pojęciem kontrolowania emisji należy rozumieć działania techniczno-organizacyjne podejmowane przez służby ratownicze i mające na celu ograniczenie niekorzystnego wpływu tych substancji na ludzi i środowisko.

Techniczne sposoby polegają m.in. na:

- doraźnym uszczelnieniu wycieków,
- zastosowaniu pojemników na wyciekające substancje,
- ograniczeniu parowania,
- ograniczeniu rozprzyskania się substancji (obwałowanie).

### Doraźne uszczelnienia wycieków

Są to działania polegające na ograniczeniu lub zatrzymaniu emisji substancji. Do ich przeprowadzenia stosuje się kołki, kliny, pakuły, folie, maty, taśmy, sznury itp. Ich zastosowanie wiąże się bezpośrednio z dostępnością, a także charakterem rozszczelnienia oraz inwencją ratowników. Na fot. 29 przedstawiono przykładowy sprzęt służący do kontrolowania wycieków.

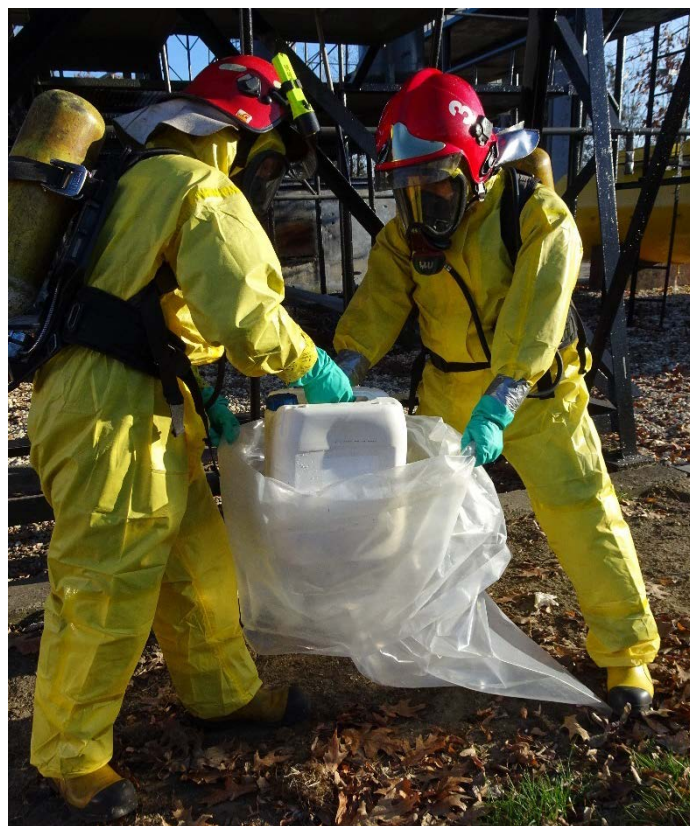


Fot. 29. Przykładowy zestaw sprzętu uszczelniającego w zakresie podstawowym.

Źródło własne



Fot. 30. Uszczelnianie beczki folią Strech. Źródło własne



Fot. 31. Zastosowanie worka jako opakowania zastępczego. Źródło własne

Przy użyciu folii możliwe jest doszczelnienie doraźne opakowań. Worki mogą posłużyć jako opakowanie zastępcze, które zminimalizuje wpływ wyciekającej substancji na środowisko wodno-glebowe i umożliwi manipulowanie zabezpieczonym zbiornikiem.



Fot. 32. Uszczelnianie rury folią Stretch. Źródło własne

Ze względu na dostępność i szeroki zakres zastosowań, folia jest często używana do kontrolowania wycieków grawitacyjnych. Innym sposobem ograniczenia wycieku jest użycie sprzętu mechanicznego (narzędzia ręczne) lub sprzętu hydraulicznego (rozpieracz ramieniowy) w celu zaciśnięcia rury, przez którą wycieka substancja niebezpieczna.



Fot. 33. Uszczelnianie rury narzędziami ręcznymi (klucz „żaba”). Źródło własne

Użyte kołki i kliny drewniane dopasowane do kształtu otworu równie skutecznie mogą ograniczyć wyciek. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie kołków w skorodowanych beczkach może powiększyć trwale otwór wycieku.



Fot. 34-36. Uszczelnianie rury i zbiornika kołkiem drewnianym. Źródło własne

W pewnych przypadkach wypływającą substancję można ograniczyć poprzez zastosowanie mokrych szmat oraz gaśnicy z CO<sub>2</sub>, tworząc korek lodowy umożliwiając kontrolowanie wycieku i wypracowanie trwalszych sposobów uszczelnień.



Fot. 37-39. Uszczelnienie przy użyciu gaśnicy z CO<sub>2</sub>. Źródło własne

Niezależnie od zastosowanej techniki, należy w pierwszej kolejności rozważyć możliwość zamknięcia zaworu sterującego wyciekami lub usytuowania zbiornika tak, aby poziom cieczy wewnątrz znajdował się poniżej otworu uszkodzenia. Często metody łączone dają dobre rezultaty, zwłaszcza w przypadku trudnodostępnych uszkodzeń.



Fot. 40. Uszczelnienie zaworu zbiornika DPPL gumą i folią stretch. Źródło własne

### Zastosowanie pojemników na wypływające substancje

Jednym ze sposobów ograniczenia rozprzestrzeniania się substancji niebezpiecznej do środowiska wodno-gruntowego jest zastosowanie dostępnych zbiorników na ciała stałe i ciecze.

Do tego celu można zastosować:

- skrzynki,
- wiadra,
- plandeki.

Na fotografiach powyżej można zaobserwować użycie skrzynek, w celu gromadzenia wypływającej substancji.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie plandeki lub folii w celu gromadzenia cieczy z wycieków, zwłaszcza na dużej powierzchni.



Fot. 41. Kontrolowanie wycieku przy użyciu plandeki z linami. Źródło własne

W przypadku małych zbiorników lub wiader możliwe jest włożenie ich do worka foliowego i zamknięcie. Umożliwi to zabezpieczenie przed wyciekami i parowaniem.

### Ograniczenie parowania

Działanie to realizowane jest poprzez:

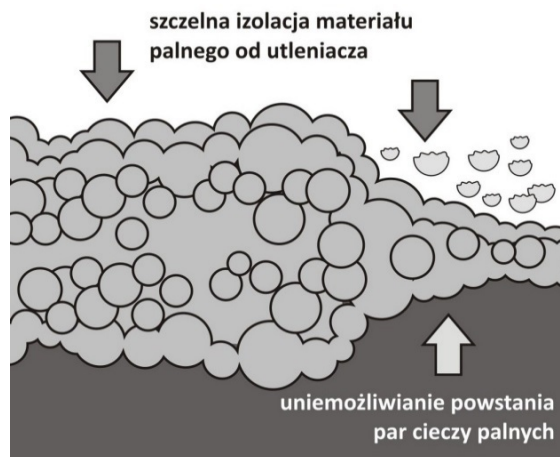
- przykrycie otwartego zbiornika folią (plandeką),
- zamknięcie otwartych zbiorników,
- zastosowanie pian gaśniczych w celu pokrycia powierzchni rozlewiska.

Piany gaśnicze są efektywnym środkiem gaśniczym w trakcie działań z pożarami grupy A i B. Praktycznie nie są przydatne do gaszenia pożarów gazów oraz metali.

Piana gaśnicza może także służyć do zabezpieczania rozlewisk paliw przed zapaleniem, np. podczas wypadków drogowych. Do takiego zastosowania nie będą się jednak nadawały wszystkie rodzaje pian gaśniczych. W trakcie działań prewencyjnych uniemożliwiających zapłon rozlewiska węglowodorów najlepiej swoją rolę będzie spełniała piana wytworzona ze środka pianotwórczego typu AFFF lub FFFP. Tego typu środki będą zapewniały wytworzenie na powierzchni cieczy palnej filmu wodnego, który minimalizuje bezpośredni kontakt piany z cieczą palną. Zwiększa to odporność piany na niszczące działanie ze strony par cieczy palnych.



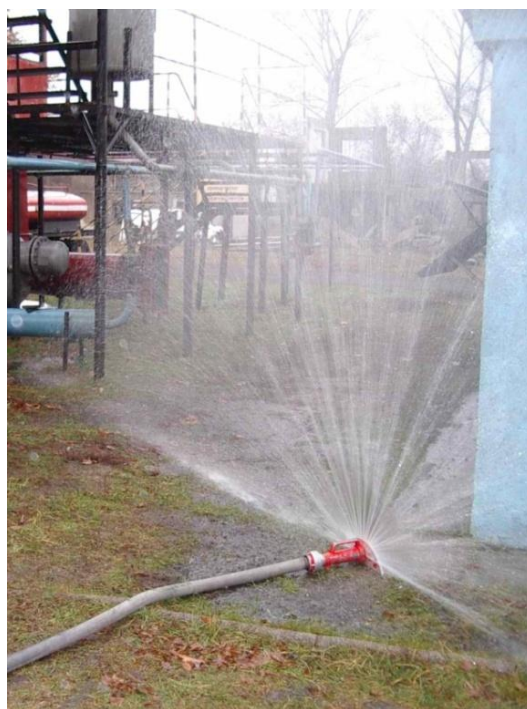
W przypadku, gdy mamy do czynienia z rozlewiskiem cieczy polarnej należy pamiętać o użyciu pian wytworzonych ze środków pianotwórczych typu AR. Wszystkie inne piany będą niszczone przez ciecz polarną. Użycie pian gaśniczych będzie dodatkowo chłodziło ciecz palną i izolowało możliwość mieszania się jej par z utleniaczem.



**Rys.21. Mechanizm działania piany gaśniczej.**  
**Źródło własne na podstawie M. Sobolewski, B. Król**

Rozpraszanie obłoków substancji niebezpiecznych realizowane jest poprzez zastosowanie:

- wentylatorów,
- zwartych i rozproszonych prądów wody, które wymuszają przepływ powietrza,
- zasłon wodnych.



**Fot. 42. Wykorzystanie zasłony wodnej. Źródło własne**

### **Obwałowanie wycieków**

Obwałowanie ma na celu zmniejszenie powierzchni powstałego rozlewiska oraz zapobieganie wplywaniu substancji niebezpiecznej do cieków wodnych oraz kanalizacji.

Do wykonania obwałowania mogą służyć:

- napełnione wodą odcinki węzowe,
- piasek,
- sorbenty z ziemi okrzemkowej.

**Sorpcja** jest ogólnym pojęciem, obejmującym pochłanianie objętościowe – absorpcję i powierzchniowe – adsorpcję.

W pożarnictwie, pojęciem **sorbentów** określa się różnego rodzaju materiały sypkie i porowate, stosowane do zbierania rozlanych cieczy, takich jak paliwa napędowe i oleje, ale także szeregu innych substancji niebezpiecznych.

W zależności od pochodzenia sorbenty można podzielić na organiczne i nieorganiczne. Każda z tych grup zawiera sorbenty pochodzenia naturalnego i sztuczne. Najczęściej używane w PSP są sorbenty sypkie, na bazie ziemi okrzemkowej.

**Dyspergenty** są to ciecze, związki powierzchniowo-czynne, które modyfikują napięcie powierzchniowe cieczy substancji ropopochodnych, przez co istnieje możliwość odtłuszczenia powierzchni.

W pierwszej fazie działań na drogach, gdzie wystąpiło rozlewisko substancji ropopochodnej najważniejsze jest zabezpieczenie miejsca zdarzenia realizowane poprzez:

- odpowiednie ustawienie pojazdów i ustawienie znaków drogowych, stożków ostrzegawczych zgodnie z przepisami ruchu drogowego,
- zabezpieczenie studzienek kanalizacyjnych, kratek ściekowych (obsypanie piaskiem, sorbentem, itp.) w celu uniemożliwienia rozwoju skażenia.

Zabezpieczenie terenu działań ma na celu także zabezpieczenie ratowników oraz innych użytkowników dróg przed rozjeżdżaniem plamy.

Zbieranie plamy przeprowadza się poprzez posypanie plamy sorbentem przy użyciu siewnika lub podając sorbent ręcznie. Rozsypany sorbent należy wymieszać z pochłanianą cieczą za pomocą szczotki do zamiatania ulic.



Fot. 43-44. Zabezpieczenie wycieku. Źródło własne

Takie działanie pozwala na równomierne nasączenie materiału zbieraną cieczą. Końcowym efektem powinna zostać osuszona plama. Użyty sorbent należy usunąć z powierzchni drogi, gdyż w przeciwnym wypadku będzie powodował zagrożenie poślizgiem, a wypływająca z niego ciecz spowoduje zagrożenie podobne do pierwotnego.

**PAMIĘTAJ!**  
**UŻYTY SORBENT JEST ODPADEM I NIE NALEŻY GO ZABIERAĆ Z TERENU DZIAŁAŃ**  
**RATOWNICZYCH.**

Następnym działaniem będzie odtłuszczenie osuszonej plamy i wydobywanie cząstek substancji ze szczelin przy użyciu dyspergentów. W PSP używane są sorbenty i środki dyspergujące posiadające świadectwo dopuszczenia wydawane przez CNBOP-BIP w Józefowie. Tam też można odszukać listę nazw handlowych aktualnie dopuszczonych środków. Preparaty te występują w formie roztworów roboczych lub koncentratów przeznaczonych do rozcieńczenia. Dyspergenty są cieczami, które umożliwiają odtłuszczenie powierzchni. W zależności od preparatu możemy się spotkać z koncentratami tych środków lub gotowymi roztworami wodnymi do użycia w spryskiwaczach.



Fot. 45-46. Mieszanie sorbentu i odtłuszczenie powierzchni. Źródło własne

Rozprowadzony na powierzchni plamy dyspergent należy wetrzeć w powierzchnię likwidowanej plamy przy pomocy szczotki do zamywania ulic. Umożliwi to dokładniejsze odtłuszczenie powierzchni. Ostatnim etapem jest spłukanie zawiesiny z powierzchni z wykorzystaniem prądu wody. Dyspergenty mogą być także wykorzystywane do likwidacji cienkich filmów olejowych z powierzchni.



Fot. 47. Dyspergowanie cienkiej plamy substancji ropopochodnej.  
Źródło własne

## 6. Działania ratownicze

**Źródłami informacji w celu podjęcia próby identyfikacji zagrożenia są:**

- kierowca, konwojent, maszynista,
- pracownicy zakładu,
- oznakowanie pojazdów i opakowań,
- dokumenty przewozowe, dokumentacja techniczno-ruchowa,
- plany ratownicze itp.,
- okoliczności zdarzenia – swoiste oddziaływanie substancji niebezpiecznych na otoczenie.

**Informacje zebrane na miejscu zdarzenia powinny umożliwić ustalenie m.in.:**

- liczby osób poszkodowanych,
- liczby osób objętych oddziaływaniem substancji niebezpiecznych,
- nazwy substancji, stanu skupienia,
- ilości substancji,
- rodzaju uszkodzenia zbiornika, opakowania,
- wystąpienia zagrożeń wtórnych (pożar, samonagrzewanie się substancji),
- możliwości samodzielnego działania w zakresie posiadanego sprzętu i umiejętności.

### **Oznakowanie w transporcie drogowym**

System informacji o przewożonych materiałach uregulowany został w Części 5 „Procedury nadawcze” umowy ADR.

W transporcie drogowym materiałów niebezpiecznych najważniejszym i najbardziej widocznym źródłem informacji o przewożonych materiałach dla innych użytkowników dróg, osób postronnych, a przede wszystkim służb ratowniczych jest czytelne i prawidłowe oznakowanie za pomocą tablic ostrzegawczych i nalepek ostrzegawczych umieszczanych na jednostkach transportowych, cysternach, kontenerach i sztukach przesyłki.













Elementy oznakowania w transporcie drogowym zależą od formy przewozu tj.:


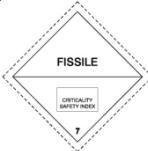




- w sztukach przesyłki,
- luzem w kontenerach, cysternach, pojazdach cysternach.

**Sztuka przesyłki** – końcowy produkt operacji pakowania, składający się z opakowania, dużego opakowania lub DPPL (duży pojemnik do przewozu luzem) wraz z jego zawartością, które przygotowane są do wysyłki. Określenie to obejmuje naczynia do gazów, jak również przedmioty, które ze względu na swój rozmiar, masę lub kształt mogą być przewożone bez opakowania, albo w pakietach, klatkach lub urządzeniach do przenoszenia.

W przypadku przewozu w sztukach przesyłki elementami oznakowania opakowań są:

- nalepki ostrzegawcze określone w dziale 5.2.2.2 Umowy ADR,
- numer rozpoznawczy materiału poprzedzony literami UN,
- oraz w przypadku klas 1, 2 i 7 – prawidłowej nazwy przewozowej materiału.

Klasa	Nr nalepki	Wzór nalepki	Klasa	Nr nalepki	Wzór nalepki
Klasa 1 Materiały i przedmioty wybuchowe	Nr 1		Klasa 5.2 Nadtlenki organiczne	Nr 5.2	
Klasa 2 Gazy	Nr 2.1 Gazy palne		Klasa 6.1 Materiały trujące	Nr 6.1	
	Nr 2.1 Gazy niepalne i nietrujące		Klasa 6.2 Materiały zakaźne	Nr 6.2	
	Nr 2.3 Gazy trujące		Klasa 7 Materiały promienio- twórcze	Nr 7A	
Klasa 3 Materiały ciekłe zapalne	Nr 3			Nr 7B	
Klasa 4.1 Materiały stałe zapalne, samoreaktywne i materiały wybuchowe stałe odczulone	Nr 4.1			Nr 7C	

Klasa 4.2 Materiały samozapalne	Nr 4.2			Nr 7E Materiał rozsze- pialny	
Klasa 4.3 Materiały wytwarzające w kontakcie z wodą gazy palne	Nr 4.3		Klasa 8 Materiały żrące	Nr 8	
Klasa 5.1 Materiały utleniające	Nr 5.1		Klasa 9 Różne materiały i przedmioty niebezpie- czne	Nr 9	

Rys. 22. Wzory nalepek ostrzegawczych wg ADR 2017-2019

Inne oznaczenia stosowane w transporcie towarów niebezpiecznych wg ADR:



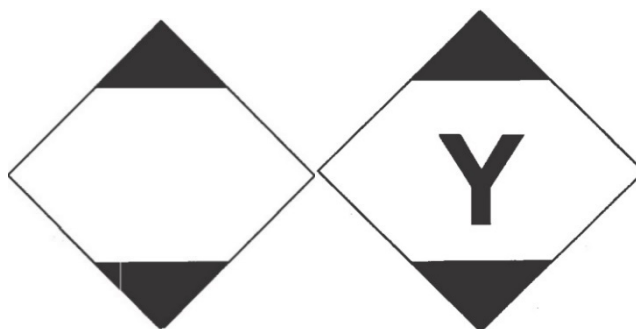
Rys. 23. Materiały zagrażające środowisku – informujące o zagrożeniu w przypadku przedostania się do środowiska wodnego lub kanalizacji



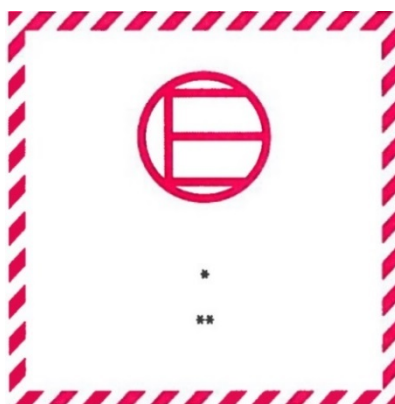
Rys. 24. Materiały o podwyższonej temperaturze – informujące o zagrożeniu poparzeniem



Rys. 25. Znak dla akumulatorów litowych – stosowany na sztukach przesyłki zawierających ogniwa lub akumulatory litowe (\* - numer lub numery UN, \*\* - miejsce na numer telefonu w celu uzyskania dodatkowych informacji)

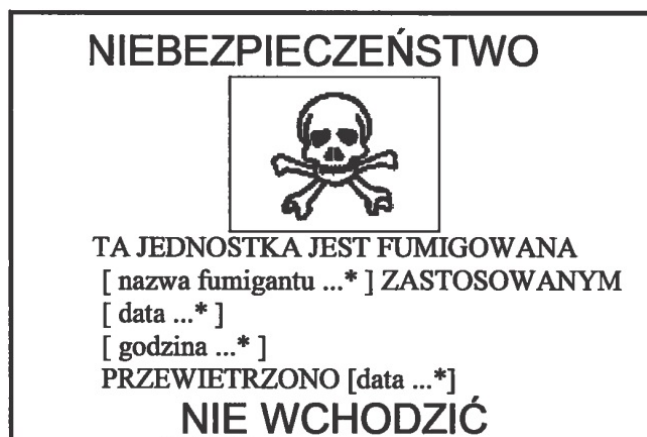


Rys. 26. Towary niebezpieczne pakowane w ilościach ograniczonych



Rys. 27. Towary niebezpieczne pakowane w ilościach wyłączonej (\* - nr nalepki ostrzegawczej, \*\* - nazwa nadawcy lub odbiorcy)





Rys. 28. Oznaczenie jednostek fumigowanych



Rys. 29. Oznaczenie pojazdów lub kontenerów, w których zastosowano towary niebezpieczne w celu schłodzenia lub klimatyzowania (\* - nazwa czynnika, \*\* Zwrot „JAKO CZYNNIK CHŁODZĄCY” lub „JAKO CZYNNIK KLIMATYZUJĄCY”)

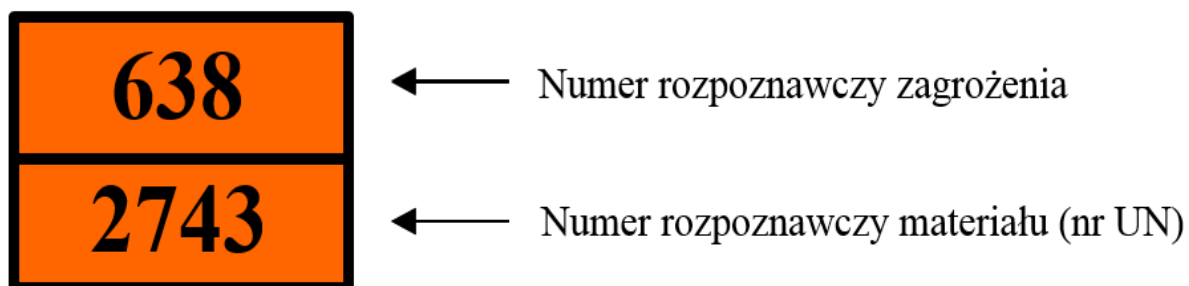


Fot. 48. Oznakowanie sztuki przesyłki. Źródło własne

Pojazd przewożący towary niebezpieczne w sztukach przesyłki powinien być oznakowany dwiema prostokątnymi tablicami odblaskowymi barwy pomarańczowej umieszczonymi z przodu i z tyłu.

W przypadku materiałów niebezpiecznych klasy 1 (z wyjątkiem 1.4 S) i 7 poza oznakowaniem tablicami, pojazdy powinny być zaopatrzone w nalepki ostrzegawcze na obu bokach i z tyłu pojazdu.

Pojazdy przewożące materiały niebezpieczne luzem, pojazdy cysterny, pojazdy baterie, MEMU (pojazd do produkcji materiałów wybuchowych) i pojazdy z cysternami odejmowanymi powinny być oznakowane nalepkami ostrzegawczymi umieszczonymi na obu bokach i z tyłu pojazdu oraz tablicami zaopatrzonymi w numery rozpoznawcze umieszczonymi z przodu i z tyłu pojazdu.



Rys. 30. Oznakowanie tablicami wg ADR. Źródło własne

W przypadku przewozu dwóch lub więcej towarów niebezpiecznych w wielokomorowym pojeździe-cysternie lub w wielokomorowej cysternie odejmowalnej, odpowiednie nalepki powinny być umieszczone na obu bokach pojazdu na wysokości każdej komory, a ponadto jedna nalepka odpowiadająca każdemu z wzorów nalepek występujących na bokach powinna być umieszczona z tyłu pojazdu. Dodatkowo w wielokomorowym pojeździe -cysternie każdą komorę oznakowuje się tablicą z odpowiednimi numerami (po obu stronach pojazdu), natomiast z przodu oraz z tyłu pojazdu umieszcza się tablice pomarańczowe bez numerów rozpoznawczych. W przypadku przewozu towarów niebezpiecznych w kontenerach, kontenerach-cysternach, MESG lub cysternach przenośnych jednostki te powinny być oznakowane nalepkami ostrzegawczymi z każdej strony oraz tablicami z odpowiednimi numerami rozpoznawczymi zagrożenia oraz numerami UN substancji, natomiast pojazdy powinny być oznakowane tablicą barwy pomarańczowej z przodu i z tyłu pojazdu.

**Tab. 14. Znaczenie numerów rozpoznawczych zagrożenia**

<b>Cyfra</b>	<b>Znaczenie</b>
2	emisja gazu spowodowana ciśnieniem lub reakcją chemiczną
3	zapalność materiałów ciekłych (par) i gazów lub materiał ciekły samonagrzewający się
4	zapalność materiałów stałych lub materiał stały samonagrzewający się
5	działanie utleniające (wzmagające palenie)
6	działanie trujące lub zakaźne
7	działanie promieniotwórcze
8	działanie żrące
9	zagrożenie samorzutną i gwałtowną reakcją
Powtórzenie cyfry wskazuje na nasilenie wskazanego nią zagrożenia	
Jeżeli zagrożenie właściwe dla danej substancji może być wystarczająco określone jedną cyfrą, to po takiej cyfrze podaje się zero	
Jeżeli numer rozpoznawczy zagrożenia jest poprzedzony literą „X”, oznacza to, że substancja reaguje niebezpiecznie z wodą	

W załączniku do skryptu przedstawione zostały numery rozpoznawcze zagrożenia oraz ich znaczenie.

### **Dokumentacja**

Źródłem informacji o przewożonych towarach niebezpiecznych w transporcie drogowym są również dokumenty (m.in. dokument przewozowy), które powinny znajdować się w każdej jednostce transportowej.

Dokument przewozowy powinien zawierać następujące informacje:

- 1) numer UN poprzedzony literami „UN”,
- 2) prawidłowa nazwa przewozowa,
- 3) oraz dodatkowo:
  - a. dla materiałów i przedmiotów klasy 1: kod klasyfikacyjny;
  - b. dla materiałów promieniotwórczych klasy 7: numer klasy „7”;
  - c. dla materiałów i przedmiotów pozostałych klas: numery wzorów nalepek;
- 4) grupa pakowania,
- 5) liczba i opis sztuk przesyłek,
- 6) ilość całkowita każdego towaru niebezpiecznego,
- 7) nazwa i adres nadawcy,
- 8) nazwa i adres odbiorcy(ów).

Kolejność podanych informacji w dokumencie przewozowym jest ściśle określona w ADR. W tej sytuacji niezależnie od kraju nadawcy, przewoźnika czy odbiorcy oraz kraju, w którym doszło do ewentualnego zdarzenia, prawidłowo sporządzona dokumentacja jest cennym źródłem informacji.

Oznakowanie materiałów chemicznych w obrocie i magazynowaniu reguluje Ustawa o substancjach chemicznych i ich mieszaninach.











CLP (ang. *classification, labelling and packaging*) jest aktem prawnym wdrażającym w Unii Europejskiej, w tym w Polsce, globalny system klasyfikacji i oznakowania substancji i mieszanin chemicznych (system GHS) przyjęty przez ONZ w 2003 roku.

### Zawartość oznakowania

Zgodnie z artykułem 17 rozporządzenia CLP oznakowanie substancji lub mieszaniny zaklasyfikowanej jako stwarzająca zagrożenie powinno zawierać:

- nazwę, adres i numer telefonu dostawcy lub dostawców,
- ilość substancji lub mieszaniny, jeżeli substancja lub mieszanina jest dostępna dla ogółu społeczeństwa, jeżeli informacja ta nie jest podana w innym miejscu na opakowaniu,
- identyfikator produktu,
- piktogramy określające rodzaj zagrożenia (znaki ostrzegawcze),
- hasło ostrzegawcze (wyraz wskazujący na odpowiedni stopień zagrożenia), w celu ostrzeżenia użytkownika substancji czy mieszaniny o potencjalnym zagrożeniu: „**niebezpieczeństwo**” – kategoria zagrożeń wyższego stopnia, „**uwaga**” – kategoria zagrożeń niższego stopnia,
- zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia (zwroty H),
- zwroty wskazujące środki ostrożności (zwroty P).

### Piktogramy CLP

zagrożenia dla zdrowia			
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• toksyczność ostra kat. 1, 2, 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• działanie żrące na skórę</li> <li>• poważne uszkodzenie oczu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• działanie drażniące na skórę/oczy</li> <li>• działanie uczulające na skórę</li> <li>• toksyczność ostra kat. 4</li> <li>• działanie toksyczne na narządy docelowe, narażenie jednorazowe kat. 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakotwórczość</li> <li>• działanie mutagenne</li> <li>• działanie szkodliwe na rozrodczość</li> <li>• działanie uczulające na drogi oddechowe</li> <li>• działanie toksyczne na narządy docelowe kat. 1, 2</li> <li>• zagrożenie spowodowane aspiracją</li> </ul>
zagrożenia fizyczne			
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• wybuchowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• łatwopalne</li> <li>• samoreaktywne</li> <li>• piroforyczne</li> <li>• nadtlenki organiczne</li> <li>• samonagrzewające się</li> <li>• uwalniające gazy w kontakcie z wodą</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utleniające</li> </ul>	
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• działające korodująco na metale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gazy pod ciśnieniem</li> </ul>		
zagrożenie dla środowiska			
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ostre zagrożenie dla środowiska wodnego kat. 1</li> <li>• przewlekłe zagrożenie dla środowiska wodnego kat. 1, 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zagrożenie dla warstwy ozonowej kat. 1</li> </ul>		

Rys. 31. Piktogramy CLP.

Źródło: [www.clp.gov.pl](http://www.clp.gov.pl), dostęp 10.06.2017



Rys. 32. Oznakowanie wg CLP. Źródło własne

## Znakowanie butli

Oznaczenia barwne umieszczone na butli wskazują jej zawartość i są uzupełnieniem etykiety butli, które są podstawą identyfikacji zawartości butli.

Cechowanie jest to oznaczanie butli metodą grawerowania lub odlewania w sposób trwały. Natomiast w przypadku butli kompozytowych umieszczana jest drukowana etykieta pod warstwą żywicy.





Etykiety ostrzegające stosowane na butlach mają za zadanie ułatwić identyfikację każdej butli i jej zawartości oraz ostrzeganie o głównych niebezpieczeństwach związanych z omawianą zawartością.

## Oznaczenia kolorystyczne

Gazy i ich mieszaniny, poza acetylenem, tlenem i podtlenkiem azotu powinny być oznaczone kodem barwnym określającym własności gazu zawartego w butli.

Kod barwny umieszcza się na kielichu butli.






Tab.8. Rodzaje kodów barwnych butli gazowych PN-EN 1089-3

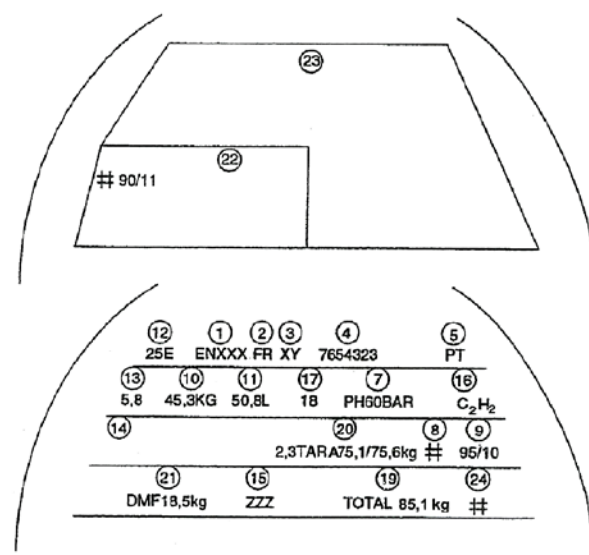
Lp.	Barwa	Opis	Przykład
1.	żółty	Czynnik trujący lub żrący	
2.	czerwony	Czynnik palny	
3.	jasnoniebieski	Czynnik utleniający	
4.	jasnozielony	Czynnik obojętny (nie trujący, nie żrący, niepalny, nieutleniający). Barwy jasnozielonej nie należy stosować do oznaczenia butli z powietrzem do inhalacji (np. przy aparatach do oddychania)	
Jeżeli czynnik zawarty w butli może spowodować podwójne zagrożenie dopuszczalne jest naniesienie barwy przedstawiające zagrożenie drugiego rzędu w następujących zestawieniach			
1	żółty plus czerwony	Czynnik trujący (i/lub żrący) i palny	
2	żółty plus jasnoniebieski	Czynnik trujący (i/lub żrący) i utleniający	

Tab. 9. Rodzaje kodów barwnych butli gazowych – gazy szczególne – PN-EN 1089-3

1. Gazy szczególne		
a) gazy palne	acetylen	kasztanowy 
b) gazy utleniające	tlen	biały/niebieski      biały   Tlen techniczny    tlen medyczny
	podtlenek azotu	niebieski/biały 
c) gazy obojętne	argon	ciemnozielony 
	azot	czarny 



	dwutlenek węgla	szary 
	hel	brązowy 
2. Mieszanki gazów obojętnych	Zestaw barw dotyczących poszczególnych składników jak wyżej w punkcie c.	
3. Mieszanki gazów stosowane do inhalacji	powietrze lub powietrze syntetyczne	biały plus czarny 
	hel/tlen	biały plus brązowy
	tlen/dwutlenek węgla	biały plus szary 
	tlen/podtlenek azotu	biały plus niebieski 



Rys.33. Znakowanie butli - cechowanie – dla acetyleny źródło PN-EN 1089-1:1999

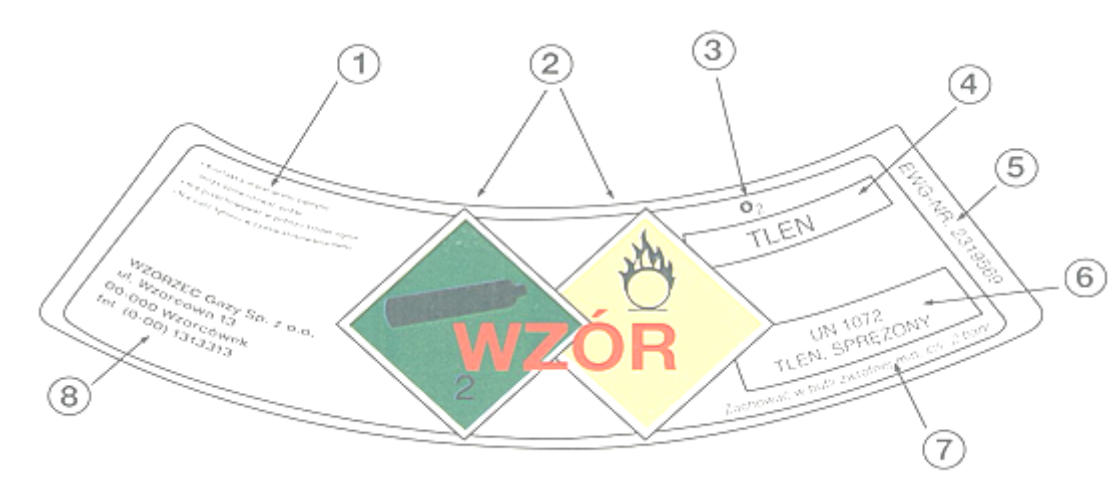
Tab. 15. Grupy obowiązkowego oznaczenia

1.	Norma
2.	Kraj pochodzenia
3.	Znak wytwórcy
4.	Numer serii
5.	Stempel badania nieniszczącego
6.	Identyfikacja zgodności
7.	Ciśnienie próbne
8.	Stempel kontroli
9.	Data badania (rok/miesiąc)
10.	Masa butli
11.	Pojemność wodna
12.	Oznaczenie gwintu butli
13.	Minimalna gwarantowana grubość ścianki
14.	Oznaczenie stopu
15.	Oznaczenie masy porowatej
16.	Identyfikacja zawartości
17.	Ciśnienie robocze
18.	Maksymalna dopuszczalna masa napełniania
19.	Masa całkowita
20.	Tara, jeśli jest wymagana
21.	Oznaczenie rozpuszczalnika w przypadku butli do acetyleny
22.	Stempel organu kontrolnego i data badania okresowego
23.	Powierzchnia na oznaczenia dodatkowe nanoszone na życzenie zamawiającego lub na etykiety
24.	Stempel organu kontrolnego potwierdzający prawidłowość masy
25.	Okres użytkowania dla butli kompozytowych

## Butle – Etykiety ostrzegające

Etykiety składają się z dwóch głównych elementów:

- jednej lub kilku części w kształcie rombu, na których przedstawione jest główne niebezpieczeństwo – romb główny oraz jeden lub dwa romby pomocnicze,
- tabliczki.



Rys. 34. Znakowanie butli – etykieta ostrzegająca – przykład dla tlenu PN-EN 1089-2:1998

Tab. 16. Grupy obowiązkowego oznaczenia

1.	Instrukcje lub środki ostrożności
2.	Nalepki ostrzegawcze (zgodne z ADR) – romby
3.	Wzory chemiczne gazów lub mieszanin gazowych
4.	Nazwa handlowa produktu
5.	Opcja: numer EWG dla gazów jednoskładnikowych lub sformułowanie „Mieszanina gazowa”
6.	Pełne określenie gazu – zgodnie z ADR
7.	Wskazówka producenta
8.	Nazwa, adres, numer telefonu producenta

## Oznakowanie stref zagrożenia wybuchem

Strefa zagrożenia wybuchem to przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, właściciele, zarządcy lub użytkownicy budynków oraz placów składowych są zobowiązani oznakować miejsca zaklasyfikowane jako strefy zagrożenia wybuchem. W tym zakresie należy oznakować wyżej wspomniane miejsca znakami zgodnymi z PN-EN 1127-1.

Tab. 17. Rodzaje oraz oznakowanie stref zagrożenia wybuchem

Źródło: www.znaki24.pl, Dostęp: 16.08.2018 r.

Strefy dla gazów i par cieczy palnych		Strefy dla pyłów	
Opis strefy	Oznaczenie	Opis strefy	Oznaczenie
Strefa 0 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary i mgły z powietrzem występuje stale, w długim czasie lub często		Strefa 20 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu występuje stale, w długim czasie lub często	
Strefa 1 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary i mgły z powietrzem może wystąpić w normalnych warunkach pracy (w trakcie normalnego działania)		Strefa 21 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania	
Strefa 2 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary i mgły z powietrzem nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa przez krótki czas		Strefa 22 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa przez krótki czas	

Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej, wskazuje dodatkowe oznakowanie stref zagrożenia wybuchem.

Przestrzenie, w których istnieje możliwość wystąpienia atmosfery wybuchowej w ilościach zagrażających bezpieczeństwu i zdrowiu, pracodawca oznacza, w miejscach wstępu do tych przestrzeni, znakiem ostrzegawczym określonym w załączniku do rozporządzenia, o którym mowa powyżej.



Rys.35. Oznakowanie występowania atmosfery wybuchowej.

Źródło: [www.znaki24.pl](http://www.znaki24.pl), dostęp 16.08.2018 r.

### **CBRN**

Jako CBRN rozumie się zagrożenia związane z użyciem do celów terrorystycznych substancji chemicznych, mikroorganizmów chorobotwórczych, izotopów promieniotwórczych, ładunków jądrowych oraz materiałów wybuchowych.

Użycie w celu terrorystycznym wskazanych czynników może mieć charakter jawny lub skryty. Oznakami użycia tych środków na miejscu zdarzenia, w zależności od użytego czynnika może być:

- zwiększone tło promieniowania jonizującego,
- nietypowe zachowanie się ludzi i zwierząt (apatia, otępienie, pobudzenie),
- dziwne zapachy w pomieszczeniach,
- miejscowe więdnienie roślin,
- martwe zwierzęta,
- występowanie nietypowych pojemników ciśnieniowych, z przewodami i bateriami,
- miejsce, w którym nastąpił wybuch.

### **Rozpoznanie objawów i symptomów zatrucia**

Tylko niektóre zatrucia wywołują charakterystyczne objawy przedmiotowe. W większości przypadków symptomatologia kliniczna nie daje żadnej pewności diagnostycznej.

Niemniej w wielu przypadkach baczna obserwacja poszkodowanego może być istotna w ustaleniu rozpoznania. Przeprowadzenie wywiadu z zatrutym lub jego otoczeniem może zdecydowanie pomóc w ustaleniu:

- czy jest to zatrucie;
- jaki jest najbardziej prawdopodobny rodzaj i jaka dawka substancji, która wywołała zatrucie (należy zabezpieczyć opakowania leków, środków chemicznych);
- jakie były objawy we wczesnym okresie zatrucia;
- jaki był psychiczny stan chorego przed zatruciem (depresja, alkoholizm);
- czy poszkodowany był uprzednio leczony, a jeśli tak, to z jakiego powodu i jakie przyjmował leki.

## **Ważniejsze objawy przedmiotowe mogące sugerować zatrucie**

### **Skóra i błony śluzowe**

Sinica może być skutkiem przemiany hemoglobiny w methemoglobinę powstającą w zatruciach m.in.: aniliną, azotynami, azotanami (zatrucia wodą studzienną u niemowląt). Nadżerki, oparzenia mogą powstawać w rezultacie działania substancji żrących. Nadmierna suchość skóry występuje np. w zatruciach lekami cholinolitycznymi, wzmożona potliwość zaś może być wynikiem działania np. pestycydów fosforoorganicznych, nikotyny lub muskaryny. Żółtaczka może być spowodowana uszkodzeniem wątroby (muchomor sromotnikowy, czterochlorek węgla, paracetamol) lub hemolizą (arsenowodór).

### **Oczy (źrenice)**

Rozszerzenie źrenic powodują zatrucia: atropiną i jej pochodnymi, trójcyklicznymi lekami antydepresyjnymi, lekami przeciw-histaminowymi. Zwężenie źrenic (mioza) może wystąpić wskutek zatrucia np. morfiną, fizostyginą, związkami fosforoorganicznymi, muskaryną. Widzenie barwne powoduje najczęściej naparstnicą, marihuana, solanina, narcyzica. Zaburzenia widzenia (aż do całkowitej ślepoty) występują u chorych zatrutych alkoholem metylowym, bromkiem lub chlorkiem metylu.

### **Ośrodkowy układ nerwowy**

Pojawienie się senności, śpiączki to przede wszystkim wynik działania leków, ale również alkoholi, tlenku węgla, rozpuszczalników organicznych i pestycydów.

### **Skala AVPU – wstępna ocena stanu przytomności osoby poszkodowanej**

- A (Alert) przytomny, skupia uwagę
- V (Verbal) reaguje na polecenia głosowe
- P (Pain) reaguje na bodźce bólowe
- U (Unresponsive) nieprzytomny, nie reaguje na żadne bodźce

### **Układ oddechowy**

Objawy ze strony układu oddechowego mogą być skutkiem skurczów oskrzeli (działanie swoistych alergenów, ale również np. zatrucia adrenolitykami), rozwijania się toksycznego obrzęku płuc (np. zatrucia chlorem, amoniakiem, tlenkami azotu), powstawania nadmiernej ilości wydzieliny w drogach oddechowych (zatrucia związkami fosforoorganicznymi) lub porażenia ośrodka oddechowego (zatrucia morfiną, barbituranami, alkoholami).

### **Układ krążenia**

Niektóre leki i związki chemiczne mogą powodować nadmierne przyspieszenie czynności serca (atropina, nikotyna, kokaina), inne zwalniają tę czynność (naparstnica, fizostygmina, muskaryna, związki fosforoorganiczne), jeszcze inne mogą spowodować zaburzenia rytmu serca (naparstnica, trójcykliczne leki antydepresyjne, rozpuszczalniki organiczne). Obniżone

ciśnienie tętnicze krwi jest objawem mało charakterystycznym. Występuje w licznych ciężko przebiegających zatruciach.

### **Przewód pokarmowy**

Objawy ze strony tego układu, takie jak: nudności, wymioty, bóle brzucha, biegunka – może wywołać większość substancji, zwłaszcza po przyjęciu doustnym.

### **Przebieg zatruc może być różnorodny. Objawy zatrucia mogą wystąpić:**

- natychmiast, np. kontakt ze środkami żrącymi,
- w ciągu kilku minut lub godzin, narastając stopniowo, np. zatrucia lekami uspokajającymi,
- z pewnym okresem utajenia, po którym dopiero pojawiają się pierwsze objawy, np. zatrucia wziewne tlenkami azotu,
- dwufazowo, tzn. po okresie wstępnych objawów występuje poprawa, po której pojawiają się objawy uszkodzenia narządowego, np. w zatruciu muchomorem sromotnikowym.

Badając poszkodowanego, który uległ zatruciu, należy ocenić stan czynnościowy układów: krążenia, oddechowego, moczowego i pokarmowego.

W ocenie wydolności krążenia należy posługiwać się metodami pośrednimi, do których m.in. należy stałe monitorowanie czynności serca.

O istniejącej niewydolności oddechowej można wnosić z obserwacji wentylacji płuc minutowej, która jest iloczynem liczby oddechów na minutę i objętości jednego oddechu.

W większości przypadków pojawia się sinica. Ostra niewydolność oddechowa u osoby zatrutej może być spowodowana zapadaniem nasady języka, zaleganiem wydzieliny w drogach oddechowych lub porażeniem ośrodka oddechowego.

### **Ostrzeżenie i alarmowanie**

Sygnaty alarmowe i komunikaty ostrzegawcze powszechnie obowiązujące na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach.

Do tego celu wykorzystuje się:

- syreny z komunikatami głosowymi,
- informacje przekazywane przez Policję/PSP poprzez głośniki samochodowe i megafony,
- media lokalne.

Pomiędzy alarmowaniem i ostrzeganiem zachodzi relacja przedstawiona na poniższym rysunku.



Rys. 36. Ostrzeganie i alarmowanie. Źródło własne

**Alarmowanie** to działania mające na celu natychmiastowe przekazanie sygnału do właściwych terytorialnie władz, służb i do ludności na danym terenie, informującego o zagrożeniu skażeniem, skażeniu lub o sytuacji kryzysowej, które zaistniały na skutek katastrofy naturalnej lub awarii technicznej, działań terrorystycznych lub na skutek zagrożenia wojennego lub wojny.

**Ostrzeganie** to działania mające na celu przekazanie komunikatów i informacji uprzedzających o prawdopodobnych zagrożeniach i zalecających podjęcie działań zabezpieczających i ochronnych oraz instruujące o sposobach wykonania takich działań.



## Rodzaje alarmów, sygnały alarmowe

Tab. 18. Rodzaje alarmów, sygnały alarmowe

Lp.	Rodzaj alarmu	Sposób ogłoszenia alarmów		
		Akustyczny system alarmowy	Środki masowego przekazu	Wizualny sygnał alarmowy
1.	Ogłoszenie alarmu	Sygnał akustyczny – modulowany dźwięk syreny w okresie trzech minut	Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna:  Uwaga! Uwaga! Uwaga! Ogłaszam alarm (podać przyczynę, rodzaj alarmu itp.) dla	Znak żółty w kształcie trójkąta lub w uzasadnionych przypadkach innej figury geometrycznej
2.	Odwołanie alarmu	Sygnał akustyczny – ciągły dźwięk syreny w okresie trzech minut	Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna:  Uwaga! Uwaga! Uwaga! Odwołuję alarm (podać przyczynę, rodzaj alarmu itp.) dla	

Tab. 19. Rodzaje komunikatów ostrzegawczych

Lp.	Rodzaj komunikatu	Sposób ogłoszenia komunikatu		Sposób odwołania komunikatu	
		Akustyczny system alarmowy	Środki masowego przekazu	Akustyczny system alarmowy	Środki masowego przekazu
1.	Uprzedzenie o zagrożeniu skażeniami		Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Uwaga! Uwaga! Osoby znajdujące się na terenie około godz. min. może nastąpić skażenie  (podać rodzaj skażenia) w kierunku (podać kierunek)		Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Uwaga! Uwaga! Odwołuję uprzedzenie o zagrożeniu  (podać rodzaj skażenia) dla

2.	Uprzedzenie o zagrożeniu zakażeniami		Formę i treść komunikatu uprzedzenia o zagrożeniu zakażeniami ustalają organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej		Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Uwaga! Uwaga! Odwołuję uprzedzenie o zagrożeniu  (podać rodzaj zakażenia) dla
3.	Uprzedzenie o klęskach żywiołowych i zagrożeniu środowiska		Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Informacja o zagrożeniu i sposobie postępowania mieszkańców ..... (podać rodzaj zagrożenia, spodziewany czas wystąpienia i wytyczne dla mieszkańców)		Powtarzana trzykrotnie zapowiedź słowna: Uwaga! Uwaga! Odwołuję uprzedzenie o zagrożeniu  (podać rodzaj klęski) dla

Należy mieć na uwadze, że najkorzystniejszym kierunkiem samorzutnej ewakuacji osób ze strefy zagrożenia substancjami chemicznymi jest kierunek prostopadły do kierunku wiatru na miejscu zdarzenia. Umożliwia to potencjalnie najkrótszy czas przebywania w strefie wpływu substancji niebezpiecznych.

### **Wyznaczanie stref niebezpiecznych**

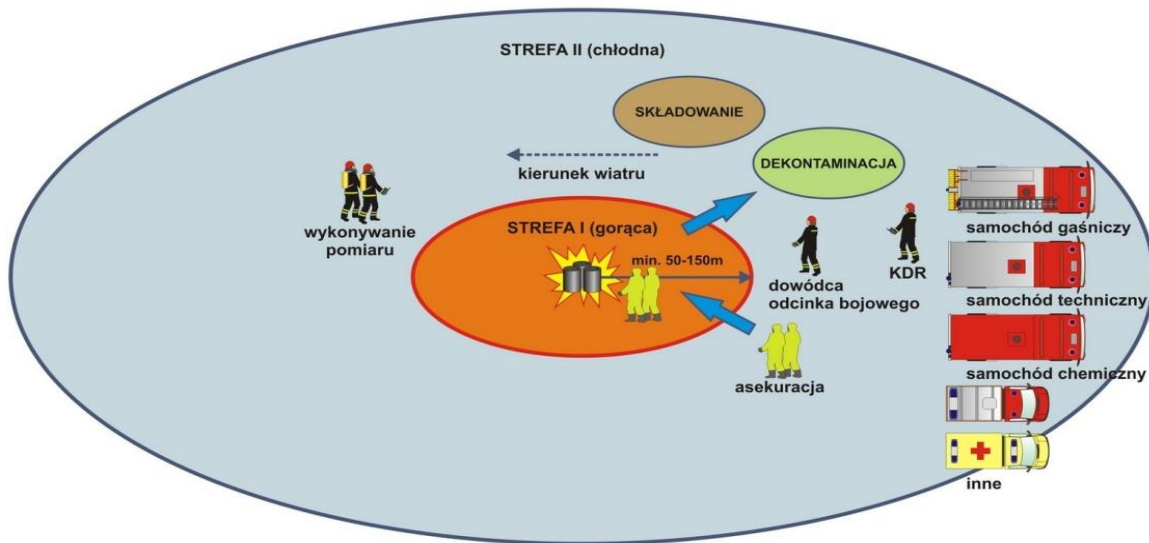
W działaniach ratownictwa chemicznego wyznacza się następujące strefy:

**Strefa I (gorąca)** – strefa, w której występuje zagrożenie dla życia lub zdrowia osób nieodpowiednio zabezpieczonych w stosunku do występującego zagrożenia. Jest to strefa bezpośrednich działań strażaków lub ratowników.

Za strefę I (gorącą) uważa się między innymi:

- strefę wstępnie nierozpoznaną, co do której istnieje podejrzenie występowania zagrożenia dla życia i zdrowia, ze względu na okoliczności zdarzenia,
- strefę zagrożoną wybuchem lub strefę potencjalnego odłamkowania powybuchowego,
- strefę, w której występuje deficyt tlenowy lub podwyższone stężenie tlenu,
- strefę, w której występuje znaczne podwyższenie stężeń gazów, par, aerozoli toksycznych.

**Strefa II (chłodna)** – obszar pracy służb ratowniczych poza strefą I i obszar zabezpieczenia logistycznego z uwzględnieniem dekontaminacji wstępnej.



Rys. 37. Schemat organizacji działań.

Źródło: Jan Kołdej, Artur Ankowski, Marek Poterek „Bezpieczeństwo prowadzenia działań podczas realizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej”. Bezpieczeństwo pracy środowisko zarządzanie, tom II s. 19 - 30, Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, Katowice 2015

Podczas działań Kierujący Działaniami Ratowniczymi korzysta ze swoich uprawnień, w tym możliwości odsunięcia z miejsca działań osób postronnych. Podczas organizacji działań istotne jest określenie sygnału alarmowego wspólnego dla wszystkich służb na wypadek eskalacji zagrożenia, a także znajomość znaku gestowego oznaczającego ewakuację, bądź niebezpieczeństwo. W korespondencji radiowej nakaz alarmowego opuszczenia strefy zagrożonej ogłaszany jest sygnałem alarmowym **GEJZER**.



Rys. 38. Znak gestowy „NIEBEZPIECZEŃSTWO, ROTY WRÓĆ, WYCOFAĆ SIĘ, NA POMOC”<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Wykaz zasadniczych umówionych znaków operacyjnych właściwych dla komórek organizacyjnych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz jednostek organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji;

## 7. Dekontaminacja

**Dekontaminacja** jest to proces obejmujący całość działań mających na celu usuwanie i likwidację zanieczyszczeń powodujących skażenie biologiczne, chemiczne, radiologiczne z powierzchni ciała organizmów żywych, środowiska naturalnego oraz mienia<sup>11</sup>.

### 7.1 Dekontaminacja ratowników

Proces dekontaminacji można podzielić na dwa, zasadnicze etapy, z których pierwszy stanowi **dekontaminacja wstępna**, drugi – **dekontaminacja właściwa**.

Pierwszy etap dekontaminacji realizowany jest bezpośrednio po zakończeniu działań i najczęściej prowadzony jest na terenie akcji ratownictwa chemicznego. Jej głównym zadaniem jest odkażenie ratownika w stopniu umożliwiającym mu bezpieczne zdjęcie ubrania ochronnego, aparatu ochrony układu oddechowego, itd. Dekontaminacja powinna na tym etapie zapewnić poziom skażenia nie zagrażający zdrowiu i życiu ratownika. Natomiast sprzęt i urządzenia używane w trakcie działań nie powinny być źródłem dalszego skażenia środowiska i ludzi z nim się stykających.

Dekontaminacja właściwa prowadzona jest poza terenem akcji ratownictwa chemicznego w strażnicy lub specjalnie przeznaczonym do tego celu miejscu. Jej zadaniem jest pełne odkażenie ratowników oraz sprzętu. Dekontaminacja właściwa, o ile jest możliwa do przeprowadzenia, ma przywrócić skażonym urządzeniom wszystkie cechy użytkowe. W przypadku materiałów, które nie mogą być odkażone dostępnymi metodami na tym etapie, należy zapewnić ich właściwe zabezpieczenie poprzez utylizację.

W zakresie podstawowym wykonywana jest tylko dekontaminacja wstępna.

#### 7.1.1 Metody dekontaminacji

Zarówno dekontaminację wstępną, jak i właściwą można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- 1) dekontaminacja dotycząca ubiorów ochronnych ratowników,
- 2) dekontaminacja dotycząca sprzętu.

Dekontaminacja może być przeprowadzana metodą **fizyczną** lub **chemiczną**.

W ramach metody fizycznej stosowane są takie techniki dekontaminacyjne jak: rozcieńczanie, sorpcja i mechaniczne usuwanie. Natomiast metoda chemiczna polega na zastosowaniu neutralizatorów. W zakresie podstawowym wykonywana jest tylko dekontaminacja wstępna realizowana na drodze rozcieńczania. **W przypadku współpracy**

---

<sup>11</sup> Krause G., ABC dekontaminacji, Przegląd Pożarniczy 11/2006, s. 22;

z grupami specjalistycznym w sytuacji narażenia na czynniki biologiczne w celu przeprowadzania dekontaminacji mogą być stosowane wyłącznie preparaty myjące i dezynfekcyjne wskazane i akceptowane przez Państwową Inspekcję Sanitarną MSW. Preparaty te posiadają działanie bakteriobójcze (B), grzybobójcze (F), prątkobójcze (Tbc), wirusobójcze (V), sporobójcze (S). Najczęściej spotykanym środkiem w PSP jest wykorzystujący nadboran sodu PeraSafe. Innymi używanymi do tego celu preparatami i substancjami jest Virkon, BX 29 i BX 24, nadtlenek wodoru i uniwersalny proszkowy odkażalnik MARS.

#### ▪ Rozcieńczanie

Rozcieńczenie w praktyce wykonywane jest przy użyciu rozproszonego strumienia wody podawanego z prądownicy wodnej lub specjalnie do tego celu przygotowanego stanowiska z dyszami do rozpraszania strumienia wody. Do tego celu może być stosowana prądownica wodna lub zasłona wodna. Metody tej nie stosuje się w zdarzeniach z materiałami promieniotwórczymi.



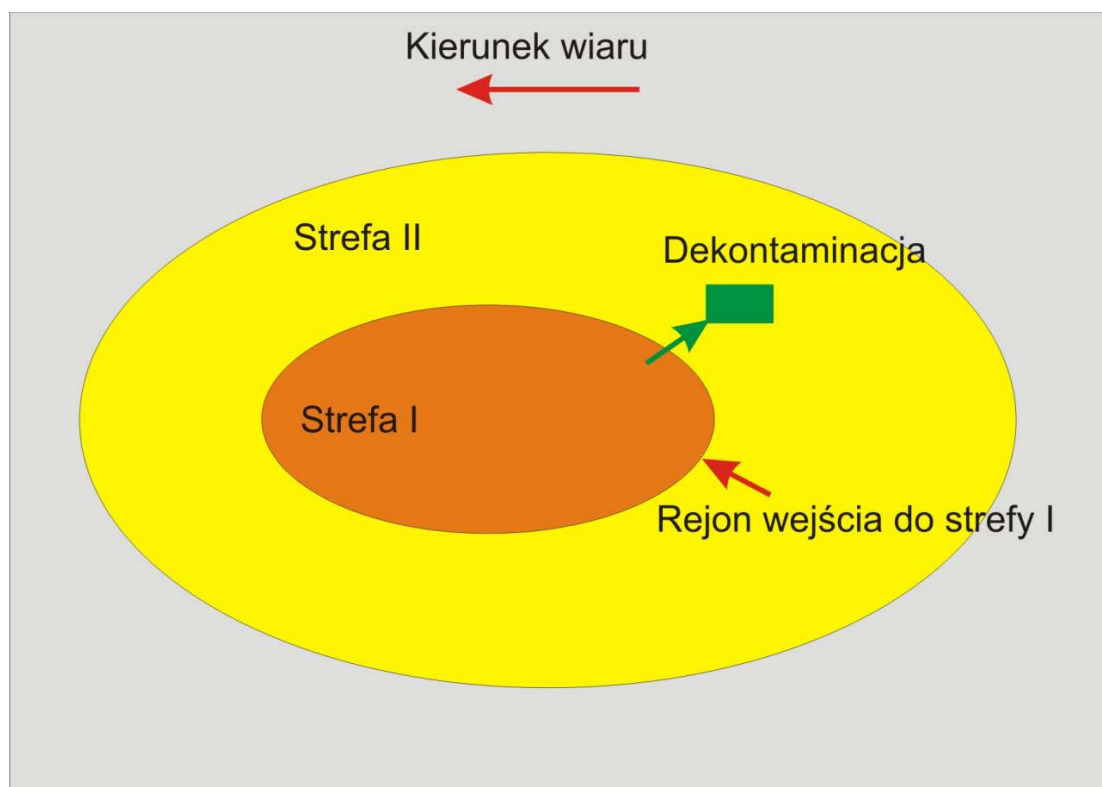
Fot. 49. Stanowisko do dekontaminacji z wykorzystaniem zbiornika i linii gaśniczej.  
Źródło: <http://www.kmpsp.poznan.pl/2015-02-24/jrg-9-cwiczenia-dekontaminacja>

#### 7.1.2 Strefa dekontaminacji wstępnej

W toku organizacji akcji ratownictwa chemicznego i ekologicznego wyznacza się zazwyczaj dwie strefy zagrożenia – I (gorącą) i II (chłodną). Co do zasady, miejsce dekontaminacji wstępnej wyznacza się poza strefą I, jednakże w pobliżu jej granicy tak, aby ratownicy po zdjęciu ubrań ochronnych nie byli narażeni na negatywny wpływ substancji skażającej, a jednocześnie nie doszło do wtórnego skażenia osób przebywających w strefie II.

Bardzo ważnym czynnikiem mającym wpływ na wybór miejsca dekontaminacji są warunki meteorologiczne, a w szczególności siła i kierunek wiatru. Teoretycznie idealne miejsce do

przeprowadzenia dekontaminacji powinno być usytuowane jak najbliżej terenu akcji ratowniczej, od strony nawietrznej, na poziomie wyższym niż teren zdarzenia, o łatwym dojeździe, w bezpiecznej odległości od cieków wodnych, jezior i stawów. Nie zawsze jednak takie miejsce udaje się znaleźć i wówczas przy wyborze należy kierować się kryteriami tzw. „mniejszego zła”. Przykład lokalizacji miejsca dekontaminacji na terenie akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego przedstawiono poniżej.



**Rys. 39. Przykład lokalizacji miejsca dekontaminacji na terenie akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego.**  
**Źródło: opracowanie własne**

## 7.2 Dekontaminacja osób poszkodowanych

Podstawowym celem dekontaminacji masowej jest jak najszybsze odkażenie bardzo dużej liczby ludzi (zgodnie z zasadami medycyny katastrof) po skażeniu chemicznym, biologicznym lub promieniotwórczym. Skażenia te mogą być następstwem poważnej awarii przemysłowej, komunikacyjnej lub ataku terrorystycznego. Dekontaminacja masowa to proces odkażania ludzi nie będących członkami zespołów ratowniczych wykorzystujących sprzęt ochrony osobistej. Proces dekontaminacji skażonych ludzi powinien się odbywać w miejscu powstania zagrożenia w trakcie opuszczania przez nich strefy skażonej. Zapobiega to rozprzestrzenianiu czynnika szkodliwego poza miejsce awarii.

Proces dekontaminacji osób poszkodowanych dzieli się na dekontaminację wstępną – ratowniczą i finalną lub medyczno-szpitalną. Ten podział stosowany jest głównie w przypadku masowej dekontaminacji ludzi.

**Dekontaminacja wstępna**<sup>12</sup> **osób poszkodowanych** to działania prowadzone w trybie pilnym na miejscu zdarzenia wobec osoby ekspozowanej na skażenie (poszkodowanej) i polega na:

- umyciu (przetarciu) odsłoniętych części ciała,
- usunięciu odzieży skażonej,
- zastosowaniu ubioru zastępczego.

**Dekontaminacja właściwa osób poszkodowanych** są to działania polegające na usunięciu skażeń z powierzchni całego ciała i ekspozowanych błon śluzowych, poprzez umycie i splotkiwanie osoby skażonej przy wykorzystaniu wody z dodatkiem substancji myjących i/lub dezaktywujących.

Zadania w zakresie dekontaminacji ostatecznej realizowane są przez wykwalifikowany personel jednostek ochrony zdrowia pod nadzorem lekarskim, przy współudziale strażaków Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego. Dekontaminacja ostateczna powinna być zorganizowana przy szpitalach lub na miejscu wystąpienia zagrożenia (miejsce imprezy masowej, stadion, strefa kibica, itp.). Dekontaminacja masowa może być realizowana na bazie ciągów dekontaminacyjnych, będących na wyposażeniu Państwowej Straży Pożarnej. Ze względu na konieczność zaangażowania dużej liczby osób, istotna jest znajomość montażu zestawu również w zakresie podstawowym. Zasady montażu oraz obsługi zostały zawarte w osobnych dokumentach.<sup>13</sup>

Z przeprowadzonych działań związanych z dekontaminacją sporządzana jest dokumentacja, również w postaci karty dekontaminacji osoby poszkodowanej. Na rys. 39 przedstawiono wzór karty stanowiący załącznik do rozporządzenia w sprawie organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego.

---

<sup>12</sup> § 2 pkt 3 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 roku w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz. U. poz. 1319);

<sup>13</sup> op. cit;

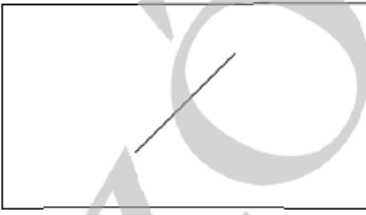
**KARTA DEKONTAMINACYJNA  
OSOBY POSZKODOWANEJ**

Podmiot ksrg  
(pieczęćka)

Nazwisko:  Płeć<sup>1)</sup>: K  M

Imię:  Wiek:

Numer<sup>2)</sup>:



Woda + dodatek:   %

Dekontaminację wykonano<sup>1)</sup>:

Data:   .   .   Godzina:   .

.....  
Podpis ratownika

<sup>1)</sup> wskazanie płci oraz wykonanie dekontaminacji wstępnej zaznaczyć znakiem „X”;  
<sup>2)</sup> wpisując numer osoby poszkodowanej, należy wpisać również numer ciągu dekontaminacyjnego, np.: 3 / III.

Rys. 40. Wzór karty dekontaminacyjnej

### 7.3 Doraźne metody dekontaminacji

W przypadku niewystarczającej liczby stacji dekontaminacyjnych w stosunku do liczby osób skażonych oraz w przypadku braku zbiorników brezentowych, stosowane są prowizoryczne stanowiska do dekontaminacji wstępnej z wykorzystaniem armatury wodnej i samochodów gaśniczych będących na wyposażeniu jednostek ochrony przeciwpożarowej. Na fot. 50 przedstawiono sprzęt niezbędny do budowy takiego stanowiska.





Fot. 50. Sprzęt do sprawienia stanowiska dekontaminacji wstępnej. Źródło: materiały własne

Z odcinków węzowych możliwe jest wykonanie doraźnej wanny, która może zebrać wodę po wykonanej dekontaminacji. Do tego celu materiałem uzupełniającym będzie plandeka foliowa. Na rys. 51 – 52 przedstawiono sposób przygotowania takiej konstrukcji. Mocowanie odcinków możliwe jest z zastosowaniem samoprzylepnej taśmy technicznej.



Fot. 51-52. Sprzęt do sprawienia stanowiska dekontaminacji wstępnej. Źródło: materiały własne

Armaturę wodną można również zainstalować na elementach konstrukcji obiektu budowlanego (tunel, wyjście z hali sportowej) lub infrastruktury drogowej (wiadukt, przejście podziemne). Zastosowanie zasysacza liniowego umożliwia jednocześnie dodanie do wody środków myjących lub/i dezynfekujących. Stanowiska tego typu zapewniają możliwość wstępnego oczyszczenia osób poszkodowanych występujących w licznej grupie (tłum) bez konieczności zatrzymywania ewakuacji ze strefy zagrożenia.



**Fot. 53. Prowizoryczne stanowisko dekontaminacyjne z wykorzystaniem linii gaśniczej, drabiny przenośnej i bosaka. Źródło: materiały własne**

Na drabinach możliwe jest zastosowanie także zasłony wodnej. Na fot. 54 przedstawiono zastosowanie takiego rozwiązania.



**Fot. 54. Prowizoryczne stanowisko dekontaminacyjne z wykorzystaniem linii gaśniczej zakończonej zastoną wodną i drabiny przenośnej. Źródło: materiały własne**

Do przygotowania stanowiska możliwe jest wykorzystanie dwóch pojazdów pożarniczych. W tym celu wskazane jest ustawienie równoległe do siebie dwóch samochodów. Odległość pomiędzy samochodami powinna umożliwić położenie między nimi przęsa (przęseł) drabiny. Konstrukcja taka umożliwia zamocowanie na niej prądownic wodnych i odpowiednie do warunków ukierunkowanie prądów rozproszonych. Do zabezpieczenia pojazdów przed spływającą wodą możliwe jest zastosowanie plandek. Służą one także do zbierania wody na stanowisku. Nieznaczne podgrzewanie wody w zbiorniku samochodu do celu dekontaminacji możliwe jest poprzez uruchomienie autopompy w obiegu zamkniętym. Na fot. 55 i 56 przedstawiono wykorzystanie pojazdów pożarniczych do budowy stanowiska dekontaminacyjnego.



**Fot. 55-56. Prowizoryczne stanowisko dekontaminacyjne z wykorzystaniem linii gaśniczej i pojazdów pożarniczych. Źródło: materiały własne**

## 7.4. Dekontaminacja w warunkach skażenia środkami CBRN w przypadku zdarzeń masowych

### 7.4.1 Planowane rodzaje dekontaminacji

W przypadku wystąpienia zagrożenia podczas zdarzeń masowych możliwe do uruchomienia są następujące rodzaje dekontaminacji:

- a) Dekontaminacja wstępna indywidualna dla osób ochraniających przez SOP, która organizowana będzie przy wykorzystaniu ciągów dekontaminacyjnych będących na wyposażeniu PSP lub Sił Zbrojnych RP w miejscach wskazanych przez SOP (tylko SGRChem-Eko).
- b) Dekontaminacja wstępna indywidualna dla uczestników uroczystości, która organizowana będzie przy wykorzystaniu ciągów dekontaminacyjnych będących na wyposażeniu Państwowej Straży Pożarnej, zlokalizowanych przed wskazanymi przez wojewodów ośrodkami leczniczymi (tylko SGRChem-Eko).
- c) Dekontaminacja wstępna masowa stała, która organizowana będzie w punktach na wybranych drogach wejścia/wyjścia w miejscach głównych uroczystości. Realizowana będzie przy wykorzystaniu wcześniej przygotowanych stanowisk przez PSP. Polegać będzie na podaniu rozporoszonych prądów wody z detergentem (np. mydło w płynie) oraz wody na poszkodowanych.
- d) Dekontaminacja wstępna masowa mobilna, która organizowana będzie doraźnie w przypadku wystąpienia zagrożenia w poszczególnych sektorach w sytuacji możliwości dotarcia sił ratowniczych na miejsce zdarzenia. Celem jest jak najszybsze przeprowadzenie dekontaminacji wstępnej masowej poszkodowanych w pobliżu miejsca zdarzenia co zabezpieczy przed możliwością przeniesienia zagrożenia na inne sektory oraz skrócenie czasu podjęcia udzielania pomocy. Realizowana będzie przy wykorzystaniu zastępów ratowniczo-gaśniczych PSP zlokalizowanych w Posterunkach rozmieszczonych na terenie uroczystości. Polegać będzie na podaniu rozporoszonych prądów wody z detergentem (np. mydło w płynie) oraz wody na poszkodowanych.

### 7.4.2 Dekontaminacja wstępna indywidualna stała.

Organizacja dekontaminacji wstępnej indywidualnej dla uczestników uroczystości polegać będzie na wcześniejszym przygotowaniu i rozmieszczeniu ciągów dekontaminacyjnych przez Państwową Straż Pożarną przed ośrodkami leczniczymi wskazanymi przez wojewodę.

Gotowość do prowadzenia dekontaminacji wstępnej indywidualnej ma zostać osiągnięta do czasu rozpoczęcia uroczystości.

Wydajność dekontaminacji poszkodowanych wynosi ok. 100 osób na godzinę.

Zakres zadań realizowanych przez Państwową Straż Pożarną obejmuje:

- 1) rozstawienie i uruchomienie ciągu dekontaminacyjnego,
- 2) obsługa ciągu dekontaminacyjnego,
- 3) przekazanie dekontaminowanych osób personelowi Ośrodka Leczniczego,

Zakres zadań realizowanych przez personel Ośrodka Leczniczego obejmuje:

- 1) wyznaczenie drogi przejścia osób dekontaminowanych do Ośrodka Leczniczego w uzgodnieniu z PSP,
- 2) wyznaczenie miejsca gromadzenia się ludzi oczekujących na dekontaminację w uzgodnieniu z PSP,
- 3) zapewnienie zasilania ciągu dekontaminacyjnego w niezbędną energię elektryczną i bieżącą wodę,
- 4) zgromadzenie w zasobach Ośrodka Leczniczego środków do dekontaminacji osób,
- 5) przeprowadzenie kwalifikacji poszkodowanych osób na skierowanych do szpitala oraz skierowanych do punktów pobytu czasowego.

### 7.4.3 Dekontaminacja wstępna masowa stała

Organizacja dekontaminacji wstępnej masowej stałej dla uczestników uroczystości polegać będzie na wcześniejszym przygotowaniu przez Państwową Straż Pożarną stanowisk w punktach na wybranych drogach wejścia/wyjścia w miejscach głównych uroczystości. Polegać będzie na podaniu przez ratowników PSP na poszkodowanych rozporoszonych prądów wody ze środkami myjącymi (np. mydło w płynie) oraz wody oraz wydaniu okryć zastępczych typu „poncho” dla poszkodowanych. Przy zdarzeniach o znacznej liczbie poszkodowanych należy zapewnić uruchomienie maksymalnej liczby stanowisk w celu skrócenia czasu przeprowadzania dekontaminacji.

Gotowość do prowadzenia dekontaminacji wstępnej indywidualnej ma zostać osiągnięta do czasu rozpoczęcia uroczystości.

Zdolność dekontaminacyjna poszkodowanych wynosi ok. 450 osób (poruszających się o własnych siłach) na godzinę.

Zakres zadań realizowanych przez Państwową Straż Pożarną obejmuje:

- 1) przygotowanie i uruchomienie stałych stanowisk do dekontaminacji,
- 2) obsługę stanowiska,
- 3) zapewnienie ciągłości zasilania w wodę,
- 4) zapewnienie środka myjącego np. mydło w płynie,
- 5) oznaczenie kierunków wejścia i wyjścia,
- 6) zgromadzenie okryć zastępczych typu „poncho” dla poszkodowanych,
- 7) wyznaczenie miejsc ewentualnego składowania ubrań skażonych,

- 8) wyznaczenie osoby do przekazywania komunikatów dla poszkodowanych przy pomocy urządzeń głośnomówiących,
- 9) zapewnienie segregacji poszkodowanych

### Techniki prowadzenia dekontaminacji wstępnej masowej stałej przy wykorzystaniu zastępów gaśniczych.

Podczas realizacji ww. dekontaminacji należy przeprowadzić następujące czynności:

- 1) Przygotować stanowiska do dekontaminacji:
  - Zainstalować węże specjalne (perforowane) do stałych konstrukcji (mosty, wiadukt itp.). Zasilanie należy zrealizować z samochodu ratowniczo-gaśniczego, w celu podania wody z detergentem na poszkodowanych. Ok 10-20 m za ww. stanowiskiem ustawić samochód ratowniczo-gaśniczy w celu podania prądów wody na poszkodowanych przy użyciu prądownic typu turbo lub prądownic zwykłych z głowicami mgłowymi lub;
  - Ustawić dwa samochody ratowniczo-gaśnicze oddalone od siebie ok. 10-20 m wzdłuż drogi komunikacyjnej. Sprawić na górnym podejściu karoserii (dachu) pierwszego pojazdu dwa stanowiska prądowników (prądownice typu turbo lub prądownice zwykłe z głowicami mgłowymi) do podawania wody z detergentem (np. mydło w płynie, płyn do kąpieli itp.) na poszkodowanych. Sprawić na górnym podejściu karoserii (dachu) drugiego pojazdu dwa stanowiska prądowników (prądownice typu turbo lub prądownice zwykłe z głowicami mgłowymi) do podawania wody. Niezbędne jest wcześniejsze przygotowanie odcinków węży tłocznych o niestandardowej długości lub;
  - Ustawić samochód specjalny drabinę mechaniczną sprawioną poprzecznie do drogi komunikacyjnej. Umocować dwie lub więcej prądownice typu turbo lub prądownice zwykłe z głowicami mgłowymi lub węże specjalne (perforowane) w celu podania wody z detergentem (np. mydło w płynie, płyn do kąpieli itp.) na poszkodowanych. Zasilanie należy zrealizować z samochodu ratowniczo-gaśniczego. Ok 10-20 m za ww. stanowiskiem ustawić samochód ratowniczo-gaśniczy w celu podania prądów wody na poszkodowanych przy użyciu prądownic typu turbo lub prądownic zwykłych z głowicami mgłowymi.
- 2) Zorganizować zaopatrzenie wodne zapewniające ciągłość podawanie wody podczas dekontaminacji.
- 3) Zapewnić detergent w ilości umożliwiającej przeprowadzenie dekontaminacji dla ok. 3000 osób.
- 4) Zbudować układ umożliwiający pobór detergentu w celu przeprowadzenia dekontaminacji, zgodnie z Instrukcją postępowania.
- 5) Wskazać kierunki wejścia i wyjścia.
- 6) Wyznaczyć ratownika do przekazywania komunikatów głosowych dla dekontaminowanych przy pomocy systemu głośnomówiącego.

- 7) Zalecane jest, aby stanowisko dekontaminacyjne powinno być rozstawione na twardym i równym terenie.

#### 7.4.4 Dekontaminacja wstępna masowej mobilna.

Organizacja dekontaminacji wstępnej masowej mobilnej zorganizowana będzie na doraźnie przygotowanym stanowisku do dekontaminacji przez Państwową Straż Pożarną w przypadku wystąpienia zagrożenia w sektorach stosunkowo daleko oddalonych od punktów dekontaminacji stałej masowej. Celem uruchomienia dekontaminacji wstępnej masowej mobilnej jest ograniczenie możliwości przeniesienia zagrożenia na inne sektory oraz skrócenie czasu udzielania pomocy. Polegać będzie na podaniu przez ratowników PSP na uszkodzonych rozporoszonych prądów wody ze środkami myjącymi (np. mydło w płynie) następnie wody oraz wydaniu okryć zastępczych typu „poncho” dla uszkodzonych. Przy zdarzeniach o znacznej liczbie uszkodzonych należy zapewnić uruchomienie maksymalnej liczby stanowisk w celu skrócenia czasu przeprowadzania dekontaminacji.

Gotowość do prowadzenia dekontaminacji wstępnej masowej mobilnej ma zostać osiągnięta do 3 min po dotarciu do strefy o potencjalnym zagrożeniu.

Zdolność dekontaminacyjna uszkodzonych wynosi ok. 450 osób (poruszających się o własnych siłach) na godzinę.

Zakres zadań realizowanych przez Państwową Straż Pożarną obejmuje:

- 1) przygotowanie i uruchomienie doraźnego stanowiska do dekontaminacji,
- 2) obsługa stanowiska,
- 3) zapewnienie ciągłości zasilania w wodę.
- 4) zapewnienie środka myjącego np. mydło w płynie,
- 5) oznaczenie kierunków wejścia i wyjścia,
- 6) zgromadzenie ubrań zastępczych typu „poncho” dla uszkodzonych,
- 7) wyznaczenie potencjalnej strefy skażenia,
- 8) wyznaczenie miejsc ewentualnego składowania ubrań skażonych,
- 9) wyznaczenie osoby do przekazywania komunikatów dla uszkodzonych przy pomocy urządzeń głośnomówiących,
- 10) zapewnienie segregacji uszkodzonych

#### Technika prowadzenia dekontaminacji wstępnej masowej mobilnej przy wykorzystaniu zastępów gaśniczych.

Podczas realizacji ww. dekontaminacji należy przeprowadzić następujące czynności:

- 1) Przygotować stanowisko do dekontaminacji – ustawić dwa samochody ratowniczo-gaśnicze oddalone od siebie ok. 10-20 m wzdłuż drogi komunikacyjnej. Sprawić na górnym podeście karoserii (dachu) pierwszego pojazdu dwa stanowiska



prądowników (prądownice typu turbo lub prądownice zwykłe z głowicami mgłowymi) do podawania wody z detergentem (np. mydło w płynie, płyn do kąpieli itp.) na uszkodzonych. Sprawić na górnym podejściu karoserii (dachu) drugiego pojazdu dwa stanowiska prądowników (prądownice typu turbo lub prądownice zwykłe z głowicami mgłowymi) do podawania wody. Niezbędne jest wcześniejsze przygotowanie odcinków węży tłocznych o niestandardowej długości.

- 2) Zorganizować zaopatrzenie wodne zapewniające ciągłość podawania wody podczas dekontaminacji.
- 3) Zapewnić detergent w ilości umożliwiającej przeprowadzenie dekontaminacji dla ok. 3000 osób.
- 4) Zbudować układ umożliwiający pobór detergentu w celu przeprowadzenia dekontaminacji, zgodnie z Instrukcją postępowania.
- 5) Wskazać kierunki wejścia i wyjścia.
- 6) Wyznaczyć ratownika do przekazywania komunikatów głosowych dla dekontaminowanych przy pomocy systemu głośnomówiącego.
- 7) Zalecane jest, aby stanowisko dekontaminacyjne powinno być rozstawione na twardym i równym terenie.

#### **7.4.5 Dekontaminacja wstępna masowa dla osób uszkodzonych o ograniczonej zdolności poruszania się**

Dekontaminacja wstępna masowa stała i mobilna dla osób uszkodzonych o ograniczonej zdolności poruszania się, zorganizowana będzie na takich samych zasadach jak dla pozostałych uszkodzonych, przy czym za przekazanie osoby uszkodzonej do miejsca oczekiwania na transport odpowiada PSP.

#### **7.4.6 Zaopatrzenie wodne do prowadzenia dekontaminacji**

Należy zorganizować zaopatrzenie wodne zapewniające ciągłość podawania wody poprzez:

- 1) Wykorzystanie istniejącej sieci hydrantowej.
- 2) Zbudowanie stanowisk motopomp przy istniejących akwenach z przygotowanymi odcinkami węży tłocznych.
- 3) Wykorzystanie sił zlokalizowanych w Posterunkach rozmieszczonych na terenie uroczystości/ imprezy.

## 8. Literatura

1. Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz. U. z 2018 r. poz. 143);
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji chemicznych i ich mieszanin (Dz. U z 2015 r., poz.208)
3. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. poz. 1286);
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz. U. poz. 1319);
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. poz. 96);
6. Seńczuk W. (red.), Toksykologia. Podręcznik dla studentów, lekarzy i farmaceutów, wyd. 4, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2002;
7. Sawicki T., Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru, *Bezpieczeństwo pracy*, 7-8/2004;
8. Ochrona przed promieniowaniem jonizującym. Podręcznik dla funkcjonariuszy straży granicznej, Otwock-Świerk 2003;
9. Lewandowska D.: Toksykologia. Materiały pomocnicze dla słuchaczy Policealnego Studium Technik Bezpieczeństwa i Higieny Pracy, <http://absta.pl/toksykologia-materiay-pomocnicze-dla-suchaczy-policealnego-stu.html?page=4>;
10. Kołdej J., Ankowski A., „Aspekty BHP podczas szkoleń z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego”, *Zeszyty Naukowe SGSP* Nr 62/2/2017 s 59-72;
11. Jopek T., Leszko P., Kot B. „Zasady organizacji dekontaminacji w warunkach skażenia środkami CBRN w przypadku zdarzeń masowych podczas Światowych Dni Młodzieży” 27 czerwca 2016 r.
12. Porowska I., Porowski R., Ocena skutków uwolnień substancji toksycznych w przemyśle  
[http://safecon.pl/wpcontent/uploads/2016/05/Ocena\\_skutkow\\_uwolnien\\_substancji\\_toksycznych\\_w\\_przemysle.pdf](http://safecon.pl/wpcontent/uploads/2016/05/Ocena_skutkow_uwolnien_substancji_toksycznych_w_przemysle.pdf);
13. Ranecki J., *Ratownictwo chemiczno-ekologiczne*, Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu, Poznań 1998;
14. Krause G., *ABC dekontaminacji*, *Przegląd Pożarniczy* 11/2006;
15. Wpływ metali ciężkich na organizmy żywe, <http://laboratoria.net/artukul/12107.html>
16. *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, KG PSP Warszawa, 2013;

17. Standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z udziałem materiałów promieniotwórczych – czynności ratownicze na poziomie podstawowym. KG PSP Warszawa, 2019;
18. Zasady organizacji i prowadzenia dekontaminacji ostatecznej przy wykorzystaniu zestawu namiotów dekontaminacyjnych. Program pilotażowy dotyczący zabezpieczenia imprezy „EURO 2012”, Praca zbiorowa, KG PSP 2012.

## Załącznik

## Numery rozpoznawcze zagrożenia

20	gaz duszący lub gaz nie stwarzający dodatkowego zagrożenia
22	gaz skroplony schłodzony, duszący
223	gaz skroplony schłodzony, palny
225	gaz skroplony schłodzony, utleniający (wzmagający palenie)
23	gaz palny
239	gaz palny mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
25	gaz utleniający (wzmagający palenie)
26	gaz trujący
263	gaz trujący, palny
265	gaz trujący, utleniający (wzmagający palenie)
268	gaz trujący, żrący
30	materiał ciekły zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie) lub materiał ciekły zapalny lub materiał stały stopiony o temperaturze zapłonu wyższej niż 61°C, ogrzany do temperatury równej lub wyższej od jego temperatury zapłonu lub materiał ciekły samonagrzewający się
X323	materiał ciekły zapalny, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy palne
33	materiał ciekły łatwo zapalny (temperatura zapłonu niższa niż 23°C)
333	materiał ciekły piroforyczny
336	materiał ciekły łatwo zapalny, trujący
338	materiał ciekły łatwo zapalny, żrący
X338	materiał ciekły łatwo zapalny, żrący, reagujący niebezpiecznie z wodą
339	materiał ciekły łatwo zapalny mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
36	materiał ciekły zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie), słabo trujący lub materiał ciekły samonagrzewający się, trujący
362	materiał ciekły zapalny, trujący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
X362	materiał ciekły zapalny, trujący, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy palne
368	materiał ciekły zapalny, trujący, żrący
38	materiał ciekły zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie), żrący
382	materiał ciekły zapalny, żrący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
X382	materiał ciekły zapalny, żrący, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy palne

39	materiał ciekły zapalny mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
40	materiał stały zapalny lub materiał ulegający samorzutnej reakcji lub materiał samonagrzewający się
423	materiał stały reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
X423	materiał stały zapalny, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy palne
44	materiał stały zapalny, stopiony, w podwyższonej temperaturze
446	materiał stały zapalny, trujący, stopiony, w podwyższonej temperaturze
46	materiał stały zapalny lub samonagrzewający się, trujący
462	materiał stały trujący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
X462	materiał stały, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy trujące
48	materiał stały zapalny lub samonagrzewający się, żrący
482	materiał stały żrący reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
X482	materiał stały, reagujący niebezpiecznie z wodą, wydzielający gazy żrące
50	materiał utleniający (wzmagający palenie)
539	nadtlenek organiczny, palny
55	materiał silnie utleniający (wzmagający palenie)
556	materiał silnie utleniający (wzmagający palenie), trujący
558	materiał silnie utleniający (wzmagający palenie), żrący
559	materiał silnie utleniający (wzmagający palenie), mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
56	materiał utleniający (wzmagający palenie), trujący
568	materiał utleniający (wzmagający palenie), trujący, żrący
58	materiał utleniający (wzmagający palenie), żrący
59	materiał utleniający (wzmagający palenie), mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
60	materiał trujący lub słabo trujący
606	materiał zakaźny
623	materiał ciekły trujący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
63	materiał ciekły trujący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie)
638	materiał ciekły trujący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie), żrący
639	materiał ciekły trujący, zapalny (temperatura zapłonu nie wyższa niż 61°C), mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
64	materiał stały trujący, zapalny lub samonagrzewający się
642	materiał stały trujący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
65	materiał trujący, utleniający (wzmagający palenie)
66	materiał silnie trujący
663	materiał ciekły silnie trujący, zapalny (temperatura zapłonu nie wyższa niż 61°C)

664	materiał stały silnie trujący, zapalny lub samonagrzewający się
665	materiał silnie trujący, utleniający (wzmagający palenie)
668	materiał silnie trujący, żrący
669	materiał silnie trujący, mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
68	materiał trujący, żrący
69	materiał trujący lub słabo trujący, mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
70	materiał promieniotwórczy
72	gaz promieniotwórczy
723	gaz promieniotwórczy, palny
73	materiał ciekły promieniotwórczy, zapalny (temperatura zapłonu nie wyższa niż 61°C)
74	materiał stały promieniotwórczy, zapalny
75	materiał promieniotwórczy utleniający (wzmagający palenie)
76	materiał promieniotwórczy, trujący
78	materiał promieniotwórczy, żrący
80	materiał żrący lub słabo żrący
X80	materiał żrący lub słabo żrący, reagujący niebezpiecznie z wodą
823	materiał ciekły żrący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
83	materiał ciekły żrący lub słabo żrący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie)
X83	materiał ciekły żrący lub słabo żrący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie), reagujący niebezpiecznie z wodą
839	materiał ciekły żrący lub słabo żrący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C), mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
X839	materiał ciekły żrący lub słabo żrący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C), mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji, reagujący niebezpiecznie z wodą
84	materiał stały żrący, zapalny lub samonagrzewający się
842	materiał stały żrący, reagujący z wodą, wydzielający gazy palne
85	materiał żrący lub słabo żrący, utleniający (wzmagający palenie)
856	materiał żrący lub słabo żrący, utleniający (wzmagający palenie), trujący
86	materiał żrący lub słabo żrący, trujący
88	materiał silnie żrący
X88	materiał silnie żrący, reagujący niebezpiecznie z wodą
883	materiał ciekły silnie żrący, zapalny (temperatura zapłonu od 23°C do 61°C włącznie)
884	materiał stały silnie żrący, zapalny lub samonagrzewający się
885	materiał silnie żrący, utleniający (wzmagający palenie)
886	materiał silnie żrący, trujący

X886	materiał silnie żrący, trujący, reagujący niebezpiecznie z wodą
89	materiał żrący lub słabo żrący, mogący samorzutnie ulegać gwałtownej reakcji
90	materiał zagrażający środowisku, różne materiały niebezpieczne
99	różne materiały niebezpieczne przewożone w podwyższonej temperaturze

*W przypadku wszystkich wyżej wymienionych materiałów z oznaczeniem „X” – woda może być stosowana jedynie za zgodą specjalistów.*