



Wioletta Maria Bajdur, Magdalena Roman, Mateusz Maj

Politechnika Częstochowska

Katedra Systemów Technicznych i Bezpieczeństwa

al. Armii Krajowej 36 B, 42–200 Częstochowa

ANALIZA I WPŁYW ZAGROZEŃ CHEMICZNYCH NA ŚRODOWISKO I ZDROWIE PRACOWNIKÓW STRAŻY POŻARNEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagrożenia występujące w środowisku pracy strażaka, z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych. Głównym celem artykułu jest analiza zagrożeń występujących podczas akcji ratowniczo-gaśniczych, odpowiednie zachowanie, przeciwdziałanie niepożądanym skutkom podczas kontaktu z niebezpiecznymi substancjami oraz ocena wpływu zagrożeń chemicznych na środowisko i zdrowie pracowników Straży Pożarnej.

Słowa kluczowe: substancje niebezpieczne, analiza zagrożeń chemicznych, pracownicy Straży Pożarnej.

ANALYSIS AND IMPACT OF CHEMICAL HAZARDS ON THE ENVIRONMENT AND HEALTH OF FIRE BRIGADE EMPLOYEES

Abstract. The paper presents threats existing in the firefighter's work environment, with special focus on chemical threats. The principal aim of the paper is to analyze the hazards occurring during rescue and firefighting operations, to describe the appropriate behavior and prevention of any adverse effects during contact with hazardous substances and to assess the impact of chemical hazards on the environment and health of Fire Brigade employees.

Keywords: hazardous substances, analysis of chemical hazards, Fire Brigade employees.

Charakterystyka zagrożeń w środowisku pracy

1. Zagrożenia biologiczne

Niebezpieczne czynniki biologiczne obejmują drobnoustroje komórkowe, jednostki bezkomórkowe zdolne do replikacji, jak i przenoszenia materiału genetycznego, oraz zmodyfikowane genetycznie hodowle komórkowe, które przyczyniają się do zakażenia, alergii, a także zatrucia, pasożyty wewnętrzne [5].

Wirusy

Mają one zdolność wzrostu oraz rozmnażania się wyłącznie wewnątrz zakażonej komórki. Reprodukacja ich zachodzi tylko przez żywą komórkę (bakterijną, roślinną i zwierzęcą), podczas swego rozwoju uszkodzają komórki gospodarza. Rozprzestrzenianie się chorób wirusowych zachodzi najczęściej drogą kropelkową, np. przy kichaniu, głośnym mówieniu osoby zainfekowanej lub kasłaniu. Zakazić się możemy również przez przewód pokarmowy (wirusowe zapalenie wątroby typu A), także przez bezpośredni kontakt z wydaliniami chorego oraz przez spożycie zakażonego jedzenia.

Bakterie

To drobnoustroje komórkowe, które rozmnażają się przez podział. Bakterie [5] występujące u człowieka możemy podzielić w zależności od ich zdolności do barwienia metodą Grama na bakterie G (+) oraz G (-). Niektóre z tych bakterii mają umiejętność tworzenia przetrwalników w warunkach niesprzyjających dalszemu wzrostowi komórki. Przetrwalniki te mogą przejść ponownie w formy rozwojowe wtedy, gdy warunki zewnętrzne staną się sprzyjające. Wrotami wniknięcia są przeważnie drogi oddechowe, układ pokarmowy, uszkodzone błony śluzowe oraz skóra.

Grzyby

Mogą wywoływać zakażenia ogólne, a także zmiany miejscowe, np. na skórze i błonach śluzowych [1]. Dość często u dzieci, a zwłaszcza u noworodków i niemowląt występuje zakażenie drożdżakiem *Candida albicans*. Szczególnie ciężko przebiegają zakażenia płuc i ośrodkowego układu nerwowego wywołane przez *Cryptococcus neoformans*. Wspomniane powyżej bakterie powodują nadkażenia u ciężko chorych osób leczonych antybiotykami oraz u chorych z rozległymi oparzeniami.

2. Zagrożenia fizyczne

Drgania mechaniczne – wibracja

Wibracja wpływa na pracownika w miejscu kontaktu tkanek ze źródłem drgań (zatem na skutek bezpośredniego działania mechanicznego), a także wpływa przez układ nerwowy na cały organizm. Najczęstsze przyczyny wytwarzania drgań mechanicznych w urządzeniach i maszynach:

- konstrukcyjne (wtedy, gdy maszyny są wyposażone w mechanizmy krzywkowe, korbowodzikowe, zapadkowe oraz wibratory),
- eksploatacyjne (w przypadku, gdy maszyny zużywają się, powstają w nich luzy, ich smarowanie jest niewłaściwe, powierzchnie ulegają zniekształceniu itd.),
- technologiczne (w przypadku, gdy maszyny posiadają niedokładności montażowe, elementy obrotowe są niewłaściwie wyważone, w maszynach występują luzy łożyskowe).

Hałas

Hałas jest to dźwięk niepożądany, którego działanie może być uciążliwe bądź szkodliwe dla człowieka. Rozróżniamy hałasy ciągłe o nieznacznych zmianach natężenia i widma częstotliwości w czasie (szmer, szum), jak i także hałasy impulsowe (np. huk, trzask). Szkodliwość hałasu jest zależna od jego natężenia, widma częstotliwości, charakteru zmian w czasie oraz zawartości składowych niesłyszalnych, a także długotrwałości działania.

Rys. 1. Źródła hałasu



Źródło: <http://psse-kolo.pl/menu-strony/oddzialy/oddzial-higieny-komunalnej/informacje-oddzial-higieny-komunalnej/hałas>.

Mikroklimat środowisko termiczne

Środowisko termiczne (warunki cieplne miejsca pracy) jest ważnym czynnikiem, który wpływa na samopoczucie, zdrowie, wydajność pracy, także na jej bezpieczeństwo i higienę. Kluczową rzeczą jest zapewnienie pracownikowi komfortu cieplnego. Przez komfort cieplny rozumiemy stworzenie takich warunków, w których pracownik ubrany odpowiednio do rodzaju i warunków pracy nie odczuwa gorąca lub chłodu podczas jej wykonywania.

Mikroklimat umiarkowany

Mikroklimat umiarkowany określa warunki cieplne środowisk termicznych umiarkowanych, głównie odczucia termiczne odnoszące się do równowagi cieplnej całego organizmu. Wpływ na tą równowagę ma aktywność fizyczna pracownika, jego odzież, a także parametry otoczenia:

- temperatura powietrza,
- prędkość przepływu powietrza,
- wilgotność powietrza,
- średnia temperatura promieniowania.

Mikroklimat gorący

Mikroklimat gorący na stanowisku pracy określany jest przez wskaźnik obciążenia termicznego WBGT (Wet Bulb Globe Temperature). Niniejszy wskaźnik określa wpływ temperatury, wilgotność bezwzględna powietrza, prędkość ruchu powietrza, średnią temperaturę promieniowania otoczenia.

Oddziaływanie mikroklimatu na organizm

Mikroklimat gorący – działanie zbyt wysokiej temperatury skutkuje utratą ciepła w sposób bierny (przewodzenie oraz konwekcja, promieniowanie) i czynny (parowanie potu). W trakcie ciężkiej pracy fizycznej w warunkach wysokiej temperatury ilość potu może osiągnąć nawet 3–4 litry na godzinę. Pocienie się powoduje utratę elektrolitów (Na, Cl, K), może to skutkować zaburzeniami w gospodarce energetycznej pracownika. Wysoka temperatura otoczenia niesie ze sobą ryzyko wywołania omdleń cieplnych, kurczy cieplnych, wyczerpania oraz udaru.

Mikroklimat zimny – stopień zagrożenia występowaniem zmian wywołanych przez działanie zimna jest uzależniony od stopnia utraty ciepła na drodze przewodnictwa (wilgotna odzież, kontakt z zimnym metalem), promieniowania (zależnie od różnicy między temperaturą ciała a otoczenia), konwekcji (oziębienie przez wiatr). Ogólne zmiany wywołane wpływem niskich temperatur to hipotermia (czyli obniżenie temperatury ciała, które prowadzi do utraty świadomości, zwolnienia albo zatrzymania oddychania, a w końcowym etapie zatrzymania krążenia).

Aklimatyzacja

Aklimatyzacja – to efekt procesu fizjologicznej adaptacji, powoduje zwiększenie tolerancji osoby ekspozowanej na określone środowisko w odpowiednio długim czasie. Osoba zaaklimatyzowana przy takim samym obciążeniu termicznym jest w mniejszym stopniu obciążona fizjologicznie w porównaniu z osobą, która nie jest zaaklimatyzowana. Efekt aklimatyzacji można osiągnąć na dwa sposoby. Sztucznie, poprzez powtarzaną ekspozycję w komorze klimatycznej lub w warunkach naturalnych. Drugi sposób polega na wykonywaniu przez pracownika czynności na stanowisku roboczym, początkowo przez krótkie okresy, które wraz z upływem czasu są zwiększane. Zalecane jest zwiększanie czasu pracy od stanu niezaaklimatyzowania do zaaklimatyzowania stopniowo w ciągu 7 dni.

Profilaktyka – jest to zapobieganie niekorzystnemu oddziaływaniu środowiska termicznego polegające na stosowaniu poniższych punktów:

- zapewnienie pracownikowi odpowiedniej odzieży,
- zapewnienie odpowiednich napoi zawierających sole mineralne,
- stosowanie środków ochrony osobistej,
- zapewnienie odpowiedniej wentylacji,
- zapewnienie odpowiedniej temperatury w zależności od wykonywanej pracy,
- zmniejszenie wydatku energetycznego pracownika podczas nadmiernego obciążenia środowiskiem termicznym,
- wprowadzenie skróconego czasu ekspozycji pracownika na działanie niekorzystnych temperatur.

Promieniowanie elektromagnetyczne

Fale elektromagnetyczne są wytwarzane w sposób naturalny lub sztuczny. Mogą się różnić długością fali oraz częstotliwością, jednak ich wspólną cechą może być ta sama wartość prędkości rozchodzenia się w próżni. Podczas gdy fale elektromagnetyczne rozchodzą się w jakimś ośrodku, wtedy zazwyczaj prędkość rozchodzenia się będzie odmienna dla fal o różnych długościach (dispersja fal).

3. Czynniki chemiczne

Szkodliwe czynniki chemiczne, które występują w powietrzu na stanowiskach pracy, możemy podzielić na:

substancje toksyczne [2] – różna toksyczność związków chemicznych występujących w środowisku pracy jest zależna od stopnia powinowactwa danego związku do narządów i tkanek ustroju, a także od sposobu działania na organizm. W związku z powyższym, dla takich związków zostały ustalone dopuszczalne dawki określone w [Q 273] jako Najwyższe Dopuszczalne Stężenie

(NDS), Najwyższe Dopuszczalne Stężenie Chwilowe (NDSCh) i Najwyższe Dopuszczalne Stężenie Pułapowe (NDSP).

Substancje toksyczne są zdolne działać na człowieka w sposób:

- niezależny (różne substancje o różnym działaniu),
- sumujący (skutki biologiczne działania substancji kumulują się),
- synergistyczny (jedna substancja chemiczna wzmacnia działanie drugiej np. alkohol i rozpuszczalnik),
- antagonistyczny (jeśli substancje szkodliwe występują jednocześnie, to spada ich toksyczność).

Substancje drażniące – są to związki chemiczne, zazwyczaj w postaci gazowej, działają drażniąco na skórę i błony śluzowe. Do tej grupy substancji można zaliczyć: amoniak, chlorowodór, fosgen, fluorowodór, fluor, izocyjaniany, chlor, tlenki azotowe, tworzywa poliuretanowe, kleje i rozpuszczalniki, związki ftalowe, ftalonowoglikolowe, utwardzacze łączone z kwasem siarkowym, fosforowym lub innymi, a także inne związki o działaniu drażniącym.

Substancje uczulające – to związki chemiczne które wywołują uczulenie (alergie). Jest to swoista reakcja organizmu na obecność tych substancji. Obecnie w praktyce przemysłowej największe znaczenie mają tzw. alergeny kontaktowe. Alergeny te w kontakcie z powierzchnią skóry wywołują rumień, stany zapalne, wypryski oraz inne zmiany skórne, umiejscowione zazwyczaj w miejscach kontaktu. Do takich substancji, zalicza się np: związki kobaltu, chromu, niklu, formalinę, rezorcynę, fenol oraz wymienione powyżej substancje drażniące.

Substancje rakotwórcze – są to związki, których kancerogenne działanie na ludzi zostało udowodnione.

Substancje mutagenne – są to związki chemiczne wywołujące zmiany w genach, zaś wadliwe geny są przekazywane następnemu pokoleniu. Czynniki mutagenne to np: iperyt, barwniki azowe, akrydynowe, benzen, formalina, pochodne puryny i pirymidyny oraz kwas azotowy. Do tej grupy zalicza się także leki wprowadzone do organizmu matki i szkodliwie działające na płód.

Substancje, które upośledzają funkcje rozrodcze.

Szkodliwe związki chemiczne możemy podzielić w zależności od dróg wchłaniania:

Wchłanianie poprzez drogi oddechowe substancji toksycznych pod postacią par, dymów, gazów, aerozoli i pyłów to najczęstsze źródło przenikania tych substancji do organizmu. Sposób i szybkość wchłaniania są wysoce zależne od miejsca wchłaniania w drogach oddechowych, a także od właściwości chemicznych i fizycznych danej substancji. Zazwyczaj wchłanianie substancji toksycznych w obszarze górnych i środkowych dróg oddechowych jest znikome. Wchłanianie zachodzi najszybciej w pęcherzykach płucnych.

Wnikanie przez skórę szkodliwych substancji chemicznych do krwi może wywołać zatrucie ogólne, czasem ciężkie, a nawet śmiertelne. Przez skórę zdolne są przenikać przede wszystkim substancje rozpuszczalne w tłuszczach (najszybsze jest wnikanie substancji jednocześnie rozpuszczalnych w wodzie). Pocienie i wilgotność skóry to czynniki nasilające wchłanianie. Otarcia skóry powodują, że zdolność wchłaniania zwiększa się nawet kilkadziesiąt tysięcy razy.

Szkodliwe substancje chemiczne wchłaniają się przez przewód pokarmowy w stosunkowo niewielkim stopniu. Substancje takie trafiają do żołądka przezważnie drogą pośrednią, wraz z pożywieniem lub przeniesione rękami, w czasie picia lub palenia papierosów, czyli w przeważającym stopniu przy zaniedbaniach higienicznych.

4. Czynniki psychofizyczne

Czynniki te możemy podzielić na:

- obciążenie psychoneurwowe,
- obciążenie fizyczne (praca fizyczna).

Obciążenie fizyczne

Fizyczne obciążenie organizmu człowieka, jest spowodowane głównie czynnościami związanymi z obsługą maszyn i stanowisk pracy. W związku z powyższym można mówić o:

- **obciążeniu rąk** – jest to związane głównie z czynnościami sterowania przedmiotami podczas pracy, zatem podstawowymi kryteriami obciążenia rąk będą opory elementów służących do sterowania, a także inne siły pokonywane rękami w trakcie operacji technologicznych. Do podstawowych kryteriów należy także równomierność rozłożenia czynności na obie ręce.
- **obciążeniu nóg** – ten rodzaj obciążenia wynika z potrzeby pokonywania elementów sterowniczych, przenoszenia ciężarów, pracy w pozycji stojącej lub chociażby chodzenia.

Obciążenie psychoneurwowe (psychiczne)

Obciążenie psychiczne charakterystyczne jest dla pracy umysłowej. Jego nasilenie zależy głównie od ważności, zmienności, powtarzalności, złożoności i dokładności wykonywanych czynności.

Obciążenia psychiczne

Obciążenie psychiczne spowodowane wykonywaniem zadań wynika głównie:

- z warunków i sposobu odbierania informacji, na co wpływ mają:
 - cechy przestrzeni wirtualnej,
 - jakość oświetlenia,
 - jakość elementów informacji,

- ryzyko pomyłek w odbiorze informacji i konsekwencje z tego wynikające,
- z warunków podejmowania decyzji, czyli:
 - konsekwencji błędnych decyzji,
 - stopni i ilości skomplikowanych informacji, które poprzedzają decyzje,
 - dróg wyboru (alternatyw),
- z warunków i sposobu wykonywania czynności:
 - rytmu pracy określonego przez proces technologiczny albo maszynę,
 - cech przestrzeni operacyjnej,
 - możliwości zaistnienia błędów oraz wynikających z tego konsekwencji,
 - materialnych warunków utrudniających czynność,
 - jakości elementów sterowania.

Czynniki zagrażające bezpieczeństwu podczas pracy strażaka

Praca strażaków bardzo często odbywa się w trudnych warunkach, które niejednokrotnie zagrażają ich życiu i zdrowiu. Strażacy Państwowej Straży Pożarnej oraz członkowie ochotniczych straży pożarnych wraz z pracownikami jednostek ochrony przeciwpożarowej, którzy uczestniczą w akcjach ratowniczych, narażeni są na szkodliwe działanie substancji chemicznych bądź czynników fizycznych (głównie termicznych).

Temperatura oraz gęstość strumienia promieniowania cieplnego

Czynnikiem, który stwarza zagrożenie, będący skutkiem pożaru jest wysoka temperatura oraz związane z nią promieniowanie cieplne. Pożar [4], czyli niekontrolowane spalanie, związany jest zawsze z powstaniem obszarów o wysokiej temperaturze. W strefie spalania materiałów stałych, cieczy oraz gazów średnia temperatura oscyluje wokół 1000 stopni Celsjusza. Podczas pożaru strażacy narażeni są często na oddziaływanie cieplne, które powoduje nadmierny wzrost temperatury ciała. Poprzez oddziaływanie ciepła na organizm człowieka mogą wystąpić zaburzenia temperatury ciała. Podwyższenie temperatury do 39°C może być przyczyną nagłej utraty przytomności. Podobny skutek może wystąpić, gdy głowa zostanie zbyt intensywnie napromieniowana. Podczas akcji gaśniczej strażak działa zazwyczaj w aparacie ochrony dróg oddechowych oraz ubraniu ochronnym, często zmuszany jest do skrajnego wysiłku fizycznego, gdyż przenosi dodatkowy sprzęt ratowniczo-gaśniczy konieczny do wykonania poszczególnych zadań. W efekcie przedłużającej się pracy strażaka w pomieszczeniu zajęтым przez ogień oraz wydłużającym się wysiłku może nastąpić zakłócenie procesu termoregulacji oraz przegrzanie organizmu. Pożar związany jest z powstaniem promieniowania cieplnego. Jego źródłem są żar

oraz płomienie, które stwarzają bezpośrednie niebezpieczeństwo dla strażaków w wyniku np. zetknięcia się z nimi nieosłoniętym ciałem. Napromieniowanie cieplne organizmu człowieka jest związane z doznaniem bólu, którego granice określa się poprzez strefę oddziaływania ciepłego gazu o temperaturze 60–70°C. Ból fizyczny u ludzi powoduje wartość gęstości strumienia promieniowania, który wynosi około 2,5 kW/m².

Toksyczne produkty powstające w czasie pożaru

Występujące w wyniku pożaru produkty spalania, rozkładu termicznego oraz pirolizy tworzą złożoną mieszaninę gazów oraz zawieszonych cząstek stałych lub ciekłych, która tworzy dla człowieka poważne zagrożenie. Są to między innymi:

- dwutlenek węgla,
- tlenek węgla (czad),
- dwutlenek siarki,
- ozon,
- tlenki azotu,
- pył zawieszony,
- ołów,
- pięciotlenek fosforu,
- pary siarkowodoru, chlorowodoru oraz cyjanowodoru,
- lotne zanieczyszczenia organiczne (np. benzen, benzopiren).

Substancje te dostają się do organizmu człowieka zazwyczaj przez układ oddechowy, powodując zatrucia, a przy wyższych stężeniach w powietrzu nawet śmierć, np. z zawartością: cyjanowodor – 0,02%, dwutlenek siarki – 0,3%, a tlenek azotu – 0,05% w wydychanym powietrzu. Niektóre substancje mogą działać natychmiast, inne mogą spowodować zatrucia przy kilkunastogodzinnym opóźnieniu.

Tlenek węgla

(CO), potocznie zwany czadem – silnie trujący, w temperaturze pokojowej występuje jako bezbarwny, bezwonny oraz niedrażniący gaz o nieco mniejszej gęstości od powietrza, przez co łatwo się z nim miesza i rozprzestrzenia. Gaz ten powstaje w wyniku niepełnego spalania wielu paliw, np. węgla, drewna, benzyny, ropy, oleju, nafty, gazu, spowodowanego brakiem odpowiedniej ilości tlenu, niezbędnego do całkowitego spalania. Wynikać to może z braku dopływu powietrza z zewnątrz do urządzenia, gdzie następuje spalanie lub z powodu zanieczyszczenia, zużycia bądź złej regulacji palnika gazowego, jak i również przez przedwczesne zamknięcie paleniska pieca, kuchni. Szczególnie niebezpieczne i groźne jest to w mieszkaniach i pomiesz-

zeniach, gdzie okna są szczelnie zamknięte lub uszczelnione na zimę bez właściwej wentylacji. Czad bardzo często powstaje podczas pożaru, a wtedy narażeni na kontakt z nim są strażacy. Tlenek węgla jest niewyczuwalny dla człowieka, stąd bardzo duże niebezpieczeństwo zaszadzenia się. Gaz ten jest wchłaniany przez układ oddechowy, skąd później dostaje się do układu krążenia. W płucach tlenek węgla wiąże się z hemoglobina 210 razy szybciej aniżeli tlen, przez co znacznie ogranicza dopływ tlenu do organizmu, dochodzi do niedotlenienia tkanek – hipoksji. Wskutek tego uniemożliwione jest prawidłowe rozprowadzanie tlenu we krwi, co powoduje uszkodzenia mózgu i innych narządów, a w konsekwencji często śmierć. Dlatego czad często nazywany jest także „cichym zabójcą”.

Tabela 1. Objawy zależne od stężenia CO

Stężenie objętościowe CO w powietrzu	Objawy zatrucia
0,01% – 0,02%	lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2–3 godziny
0,04%	silny ból głowy zaczynający się około 1 godzinę po wdychaniu tego stężenia
0,08%	zawroty głowy, wymioty oraz konwulsje po 45 minutach wdychania, po dwóch godzinach trwała śpiączka
0,16%	silny ból głowy, wymioty, konwulsje po 20 minutach, zgon po 2 godzinach
0,32%	intensywny ból głowy oraz wymioty po 5–10 minutach, zgon po 30 minutach
0,64%	ból głowy i wymioty po 1–2 minutach, zgon w niecałe 20 minut
1,28%	utrata przytomności po 2–3 wdechach, śmierć po około 3 minutach

Źródło: <http://www.straz.gov.pl/data/other/czaaad.htm>.

Substancje szkodliwe, które powstały w wyniku spalania, przedostają się do organizmu ludzkiego przez wdychanie ich podczas oddychania, poprzez przenikanie przez skórę bądź są wchłaniane przez przewód pokarmowy. Dość

często zdarza się, iż 90% składników dymu to mieszaniny węglowodorów, co sprawia, że dym jest także gazem palnym, który w niekorzystnych warunkach może ulec podpaleniu lub wybuchowi.

Zadymienie

Dym – są to gazowe produkty spalania materiałów organicznych, w których rozproszone są małe cząsteczki ciekłe oraz gazowe. Cząstki dymu powstają w efekcie niecałkowitego spalania. Powstają [4] one w wyniku spalania płomieniowego oraz bezpłomieniowego (tlenie). Dym tworzący się w wyniku spalania płomieniowego składa się głównie ze stałych cząstek węgla (sadzy). Część cząstek sadzy może powstawać przez oblepienie ciekłych produktów spalania podczas oddziaływania strumienia ciepła płomienia. Jednak znaczna większość cząstek sadzy tworzy się w fazie gazowej, powstają jako produkt niecałkowitego spalania. Ilość wytwarzanego dymu jest zależna od wielu czynników. Głównym jest chemiczna budowa paliwa, np. małe ilości CH_2OH , HCOH , CO , HCOOH spalają się, dając przy tym płomień nieświecący, bez cząstek dymu. W takich samych warunkach inne paliwa dają gęstość dymu zależnie od ich budowy, np. proste łańcuchowe węglowodory (alifatyczne) dają dużo mniej dymu w stosunku do węglowodorów aromatycznych. Intensywność dymienia materiału jest zależna także od szybkości rozkładu termicznego, składu chemicznego głównego składnika, szybkości zapalenia, a także od rodzaju dodatków: wypełniacz oraz materiał ognioodporny. Surowce, które mają w cząsteczkach tlen dają w czasie spalania mniejsze ilości dymu niż węglowodory. Dla ochrony przeciwpożarowej najważniejsza jest dymotwórczość materiałów, którą określa się poprzez ilość dymu powstałą z 1 kg materiału palnego.

Dym jest podstawowym nośnikiem ciepła w środowisku pożarowym, powoduje duże zagrożenie dla strażaków nie tylko z powodu możliwego wdychania toksycznych związków chemicznych, lecz także ze względu na zaciemnienie przestrzeni objętej pożarem oraz pomieszczeń, które sąsiadują z wysokoenergetycznym środowiskiem pożarowym. Siła dymienia materiałów ma duży wpływ na ograniczenie widzialności w obszarze zajęтым przez pożar. Ograniczona widoczność, wywołana przez warstwę dymu powoduje np. nieprzenikalność światła latarki przez dym, jak również łzawienie i pieczenie wywołane drażniącymi składnikami dymu (przez oczy, które zostały podrażnione w dymie, widzialność jest 2,5 razy mniejsza od zasięgu przy niepodrażnionych w tych samych warunkach zadymienia) [6]. Poprzez ograniczenie widoczności zostaje zwiększone prawdopodobieństwo utraty orientacji w zadymionych budynkach, co z kolei prowadzić może do upadku, uderzenia o niewidoczne przedmioty bądź skaleczenia o ostre, wystające elementy. Efektem takiej widoczności jest utrudniona lub nawet niemożliwa ewakuacja strażaka w bezpieczne miejsce. W czasie pożaru zarówno jasny dym, jak i para wodna, która

powstaje w wyniku gaszenia pożaru, mogą być przyczyną utraty widoczności. Barwa dymu nie ma przy tym podstawowego znaczenia. Najwyższą toksyczność oraz gęstość optyczną mają produkty spalania powstające w czasie spalania tworzyw sztucznych: materiałów wykończeniowych oraz wykładzin, które zawierają między innymi: żywicę epoksydową, żywicę poliestrową wzmocnioną włóknem sztucznym oraz poliizobutylen i inne toksyczne, trujące związki.

Niedobór tlenu

Przeważnie podczas pożaru w dymie jest mniej tlenu niż go potrzebuje człowiek do oddychania. Najbardziej wrażliwy na niedobór tlenu jest nasz mózg – centralna część układu nerwowego. Zagrożeniem dla układu oddechowego człowieka jest niedobór tlenu poniżej 17% we wdychanym powietrzu, naturalnie zawartość tego pierwiastka w powietrzu wynosi około 21%. Podczas zmniejszenia się ilości tlenu w dymie, który zużywa się przy podtrzymywaniu procesu spalania, nasila się dodatkowe ryzyko dla zdrowia i życia funkcjonariusza straży pożarnej. Przy właściwej zawartości tlenu w powietrzu materiały palne spalają się z charakterystyczną dla siebie szybkością. Obniżenie się zawartości tego pierwiastka w danym środowisku pożarowym powoduje zmniejszenie szybkości spalania, co jest przyczyną spalania niecałkowitego. Takie warunki powodują, iż dym staje się bardziej gęsty oraz czarny. Zbyt duży niedobór tlenu może być przyczyną bardziej intensywnego tworzenia się związków wzmacniających działanie toksyczne, trujące generowanych w pożarach różnego rodzaju produktów spalania i rozkładu termicznego. Innym niebezpieczeństwem jest zmniejszona ilość tlenu w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie pożar rozwija się dłużej. Powoduje to dodatkowe zagrożenie, które polega na gromadzeniu się rozgrzanych gazowych produktów spalania oraz rozkładu termicznego, które tworzą palną, wybuchową mieszaninę gazową. Poprzez otwarcie okien lub drzwi i nagłym dopływem tlenu z powietrza zgromadzona w pomieszczeniu mieszanina może ulec gwałtownemu zapaleniu. W takowej sytuacji, pomimo groźby zatrucia, istnieje ryzyko poparzenia skóry oraz dróg oddechowych gorącymi gazami.

Uszkodzenie konstrukcji budynku lub jego elementów

Dynamiczność pożarów charakteryzuje się głównie szybkimi zmianami parametrów, takich jak: ciśnienie, temperatura produktów spalania, objętość dymu i inne. Wpływa to znacznie na zmiany wytrzymałości i stateczności konstrukcji budynku, a wynika to z pokaźnego wzrostu ilości ciepła w pomieszczeniu, który źle wpływa na stan elementów budowlanych, nagrzewając je. Poprzez duże ilości ciepła, a także przez działanie siły mechanicznej (fali uderzeniowej), powstającej podczas wybuchu łatwopalnych gazów, par, pyłu, a także rozsadzenia butli z gazem, pieców, itp., konstrukcje budowlane mogą w czasie

pożaru ulec destabilizacji bądź zburzeniu. Fala uderzeniowa posiada bardzo dużą siłę i w łatwy oraz szybki sposób może zniszczyć cały budynek wraz z jego wyposażeniem. Może wystarczyć nadciśnienie 0,14 bar by zawałała się ściana, 0,20 bar by zniszczeniu uległy konstrukcje stalowe budynku, 0,35 bar wystarcza, by go ciężko uszkodzić, a przy 0,42 bar możliwe jest całkowite zniszczenie. Ważnym zagrożeniem dla strażaków w czasie działania fali uderzeniowej, poza zawałaniem się całych konstrukcji bądź ich elementów, są także różnego rodzaju odłamki oraz fakt niekontrolowanego przemieszczenia się strażaka przez działanie podmuchu tej fali. Historia pokazuje jednak, że najczęściej strażakom zagraża zmniejszona trwałość i odkształcenie konstrukcji spowodowane przez działanie obszarów o wysokiej temperaturze pożaru. Duże ilości ciepła powodują zmiany w strukturze materiałów budowlanych, rozszerzeniu ulegają składniki w nią wchodzące (m.in. zbrojenia wykonane z metalowych prętów), powstają procesy palenia oraz rozkładu. Ze względu na to maleje wytrzymałość materiałów budowlanych, mogą powstać deformacje w strukturze, pęknięcia konstrukcji, jak i nawet całkowite zawałenie się obiektu.

Odporność ogniowa – wielkość charakteryzująca zdolność elementów konstrukcyjnych budynku do spełnienia ustalonych wymagań w warunkach pożaru. Miara [3] odporności ogniowej wyrażona jest w minutach od początku pożaru do momentu osiągnięcia przez element konstrukcji jednego z trzech głównych kryteriów:

- Nośność ogniowa R – stan, w którym część próbna przestaje spełniać swoją funkcję nośną, na skutek zniszczenia mechanicznego, utraty stateczności, przekroczenia granicznych wartości odkształceń bądź przemieszczeń.
- Szczelność ogniowa E – stan, w którym część próbna przestaje spełniać swoją funkcję oddzielającą, wskutek pojawienia się płomieni na nienagrzewanej powierzchni, powstania pęknięć bądź szczelin o wymiarach przekraczających wartości graniczne, przez które przedostają się płomienie lub gazy, a także przez element próbny, który odpadnie od konstrukcji.
- Izolacyjność ogniowa I – stan, w którym część próbna przestaje spełniać funkcję oddzielenia wskutek przekroczenia granicznej wartości temperatury na powierzchni nienagrzewanej.

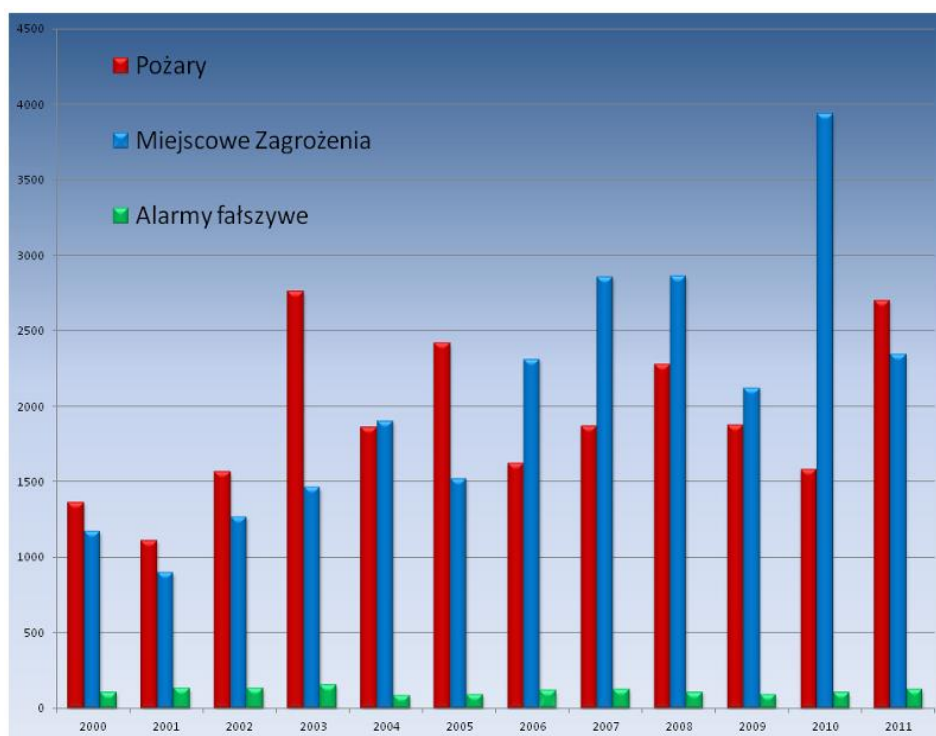
Wskaźniki uzupełniające odporności ogniowej:

- S – ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu
- M – odporność mechaniczna
- W – przepuszczalność promieniowania
- C – samozamykalność

Analiza i ocena zagrożeń chemicznych występujących w badanej jednostce Państwowej Straży Pożarnej

W podrozdziale tym przedstawione zostaną dane statystyczne z lat 2001–2013, liczba pożarów, miejscowych zagrożeń oraz fałszywych alarmów.

Statystyka zdarzeń z lat 2001–2011

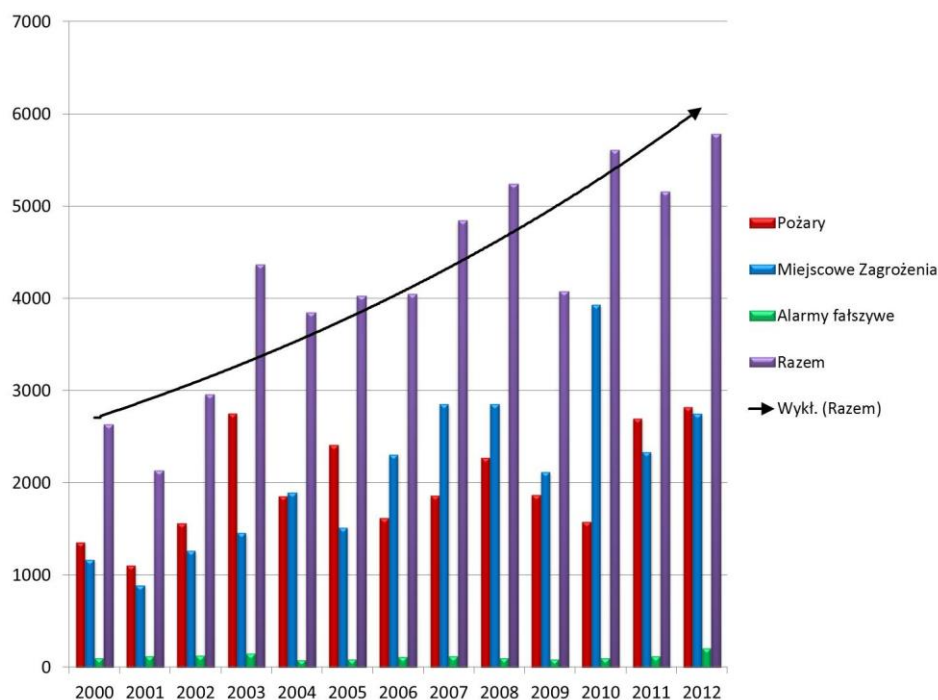


Rys. 2. Wykres zdarzeń z lat 2000–2011

Źródło: http://www.kmpsp.czest.pl/strona_2011/index.php.

Powyższy wykres przedstawia ilość zdarzeń w latach 2001–2011. Wyraźnie zaznacza się systematyczny wzrost ilości interwencji. Od roku 2006 można zaobserwować również przewagę ilości miejscowych zagrożeń nad pożarami. Liczba alarmów fałszywych jest we wszystkich rozpatrywanych latach podobna.

Statystyka zdarzeń z roku 2012



Rys. 3. Wykres zdarzeń z roku 2012

Źródło: http://www.kmpsp.czest.pl/strona_2012/index.php.

W 2012 roku na obszarze działania Komendy [7] Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie – obejmującej zasięgiem miasto Częstochowa i powiat częstochowski powstały ogółem 5782 zdarzenia.

Jednostki ochrony przeciwpożarowej interweniowały:

- 2824 – razy przy pożarach,
- 2753 – razy podczas miejscowych zagrożeń,
- 205 – razy w ramach alarmów fałszywych.

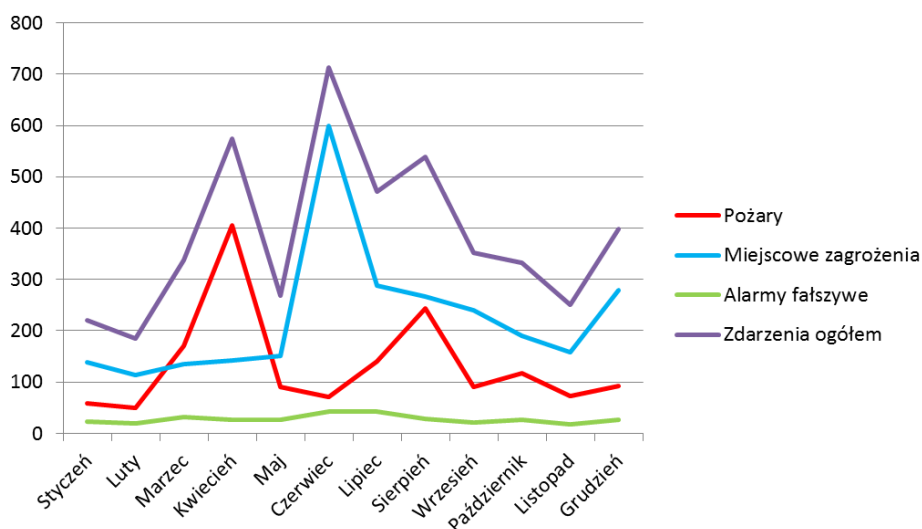
W porównaniu do 2011 roku nastąpił znaczny wzrost ogólnej liczby zdarzeń. Odnotowano o 622 zdarzenia więcej. W stosunku do ogólnej liczby interwencji, pożary stanowiły 48,85%, miejscowe zagrożenia 47,62% natomiast alarmy fałszywe 3,55% zdarzeń.

W odniesieniu do 2011 roku odnotowano :

- wzrost liczby pożarów, o 125 zdarzeń tj. (4,6%),
- znaczny wzrost liczby miejscowych zagrożeń o 413 (17,6 %),
- wzrost liczby alarmów fałszywych o 84 (69,4%).

Podobnie jak w latach ubiegłych, w zdecydowanej większości przypadków zarówno w grupie pożarów, jak i miejscowych zagrożeń są to zdarzenia małe. W grupie alarmów fałszywych zdecydowana większość to alarmy w dobrej wierze (109) oraz alarmy z instalacji wykrywania (74), alarmy złośliwe (22). W 2012 roku jednostki ochrony przeciwpożarowej z obszaru chronionego KM PSP Częstochowa podejmowały działania ratowniczo-gaśnicze średnio co 1 godzinę i 31 minut. Pożary powstawały średnio co 3 godzin i 6 minut, natomiast do miejscowych zagrożeń dochodziło średnio co 3 godziny i 21 minut.

Statystyka zdarzeń z roku 2013



Rys. 4. Wykres zdarzeń z roku 2013

Źródło: http://www.kmpsp.czyst.pl/strona_2013/index.php.

W 2013 roku na obszarze działania Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie – obejmującej zasięgiem miasto Częstochowa i powiat częstochowski powstało ogółem 4640 zdarzeń.

Jednostki ochrony przeciwpożarowej interweniowały:

- 1604 – razy przy pożarach,
- 2704 – razy podczas miejscowych zagrożeniach,
- 332 – razy w ramach alarmów fałszywych.

W stosunku do ogólnej liczby interwencji, pożary stanowiły 34,57%, miejscowe zagrożenia 58,28%, natomiast alarmy fałszywe 7,15% zdarzeń. Na powyższym wykresie można łatwo zaobserwować, że najwięcej pożarów miało miejsce w kwietniu, co jest związane z sezonowymi pożarami suchych traw.

Najwięcej miejscowych zagrożeń powstało w czerwcu, wiązało się to z licznymi podtopieniami.

W odniesieniu do 2012 roku odnotowano:

- znaczący spadek liczby pożarów o 1219 zdarzeń tj. (43,2%),
- spadek liczby miejscowych zagrożeń o 49 zdarzeń (1,8 %),
- wzrost liczby alarmów fałszywych o 127 zdarzeń (62,0%).

W porównaniu do 2012 roku nastąpił znaczny spadek ogólnej liczby zdarzeń. Odnotowano o 1142 zdarzenia mniej niż w roku 2012. Podobnie jak w latach ubiegłych, w zdecydowanej większości przypadków zarówno w grupie pożarów, jak i miejscowych zagrożeń dominowały zdarzenia małe. Największy spadek o 43,2% procent odnotowano przy wyjazdach do pożarów (co stanowi mniej o 1220 zdarzeń), spowodowane było to w szczególności przedłużającym się okresem zimowym, co ograniczyło ilość interwencji związanych z gaszeniem suchych traw i nieużytków rolniczych.

Podsumowanie

Ważnym elementem bezpieczeństwa jest niewątpliwie sprawnie oraz skutecznie działające ratownictwo chemiczno-ekologiczne, gdzie wiodącą służbą jest Państwowa Straż Pożarna. Pełni ona bardzo ważną rolę w procesie przeciwdziałania awariom, jak i także reagowania po ich wystąpieniu. Należy podkreślić jej ogromny potencjał w ratownictwie chemicznym oraz ekologicznym. Rozwiązania, które są przyjmowane przez PSP w ramach realizacji podsystemu ratownictwa chemiczno-ekologicznego skupiły się głównie na poprawie efektywności działań w sytuacji nagłego zagrożenia. Przyniosło to efekty w postaci skrócenia czasu przystąpienia do akcji, jak również wzrostu skuteczności w usuwaniu następstw występujących zagrożeń. Doświadczenia, które wynikają z przeprowadzonych akcji ratowniczych pokazują również wysoki poziom współpracy podmiotów ratowniczych, bez naruszeń kompetencji poszczególnych służb.

W celu poprawy bezpieczeństwa oraz stanu środowiska naturalnego niezbędna jest rozbudowa, ale jednocześnie ujednoczenie KSRG, który powinien być otwarty na wszystkie podmioty ratownicze oraz uwzględniać ich autonomiczność. Wymaga to jednak stałego monitorowania i nadzoru. Priorytetem musi być podnoszenie stanu świadomości obywateli związanych z zagrożeniami chemicznymi, a przede wszystkim ratowanie życia oraz zdrowia ludzi.

Istotnym elementem w zakresie bezpieczeństwa pracy strażaka przy niebezpiecznych substancjach chemicznych jest zachowanie szczególnej ostrożności, stosowanie się i praca według ściśle przyjętych procedur. Ważnym elementem są też systematyczne szkolenia i poszerzanie wiedzy w tym elemencie.

Olbrzymie znaczenie ma także nowoczesne, spełniające wszelkie wymogi oraz normy ubranie ochronne, jakim dysponuje strażak, jak i sprzęt do usuwania i neutralizacji skutków zdarzeń z udziałem substancji chemicznych.

Literatura

- [1] Charkowska A., *Zagrożenia biologiczne i pyłowe w środowisku pracy*, Wydawnictwo CIOP PIB, Warszawa 2008.
- [2] Dołęgowski B., Janczała S., *Praktyczny poradnik dla służb BHP*, Wydawnictwo Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Z o.o., Gdańsk 2010.
- [3] Fiszer K., Markiewicz D., *Ochrona przed pożarami i innymi zagrożeniami*, Warszawa 2003.
- [4] Frankowski W., *Skrypt inspektora ochrony przeciwpożarowej*, Wydawnictwo Ośrodek Techniki Pożarnictwa, Warszawa 2012.
- [5] Rączkowski B. *BHP w praktyce*, Wydawnictwo Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Z o.o., Gdańsk 2016.
- [6] Wejman M., Przybylski K., *Identyfikacja zagrożeń na stanowiskach pracy strażaków zawodowych.*, Zeszyty Naukowe Nr 59, Poznań 2013.
- [7] <http://www.kmpsp.czest.pl>.