

# Zagrożenia zawodowe związane z produkcją elementów prefabrykowanych

Dr hab. inż. Bożena Hoła, dr inż. Marek Sawicki, Politechnika Wroclawska

## 1. Wprowadzenie

Każdy proces produkcyjny realizowany jest w określonej przestrzeni, w której istnieje specyficzne środowisko pracy. W środowisku pracy mogą pojawić się czynniki, które dla człowieka mogą okazać się niebezpieczne, szkodliwe bądź uciążliwe [2, 3]. Klasyfikację tych czynników przedstawiono na rysunku 1.

Ze względu na skutek jaki czynniki niebezpieczne, szkodliwe bądź uciążliwe wywołują w organizmie człowieka zagrożenia środowiska pracy dzielą się na:

- wypadkowe, kończące się urazami o różnej ciężkości (wypadki lekkie, ciężkie i śmiertelne),
- chorobowe, kończące się chorobami i schorzeniami zawodowymi o różnej ciężkości, aż do inwalidztwa i śmierci włącznie.

Do zagrożeń wypadkowych zalicza się niebezpieczne czynniki, natomiast do zagrożeń chorobowych zalicza się czynniki szkodliwe i uciążliwe dla zdrowia, których skutki pojawiają się dopiero po pewnym czasie od chwili ekspozycji na ich działanie.

Przedmiotem artykułu są wybrane czynniki szkodliwe generowane w procesach produkcji żelbetonowych elementów prefabrykowanych i ich wpływ na zdrowie pracowników.

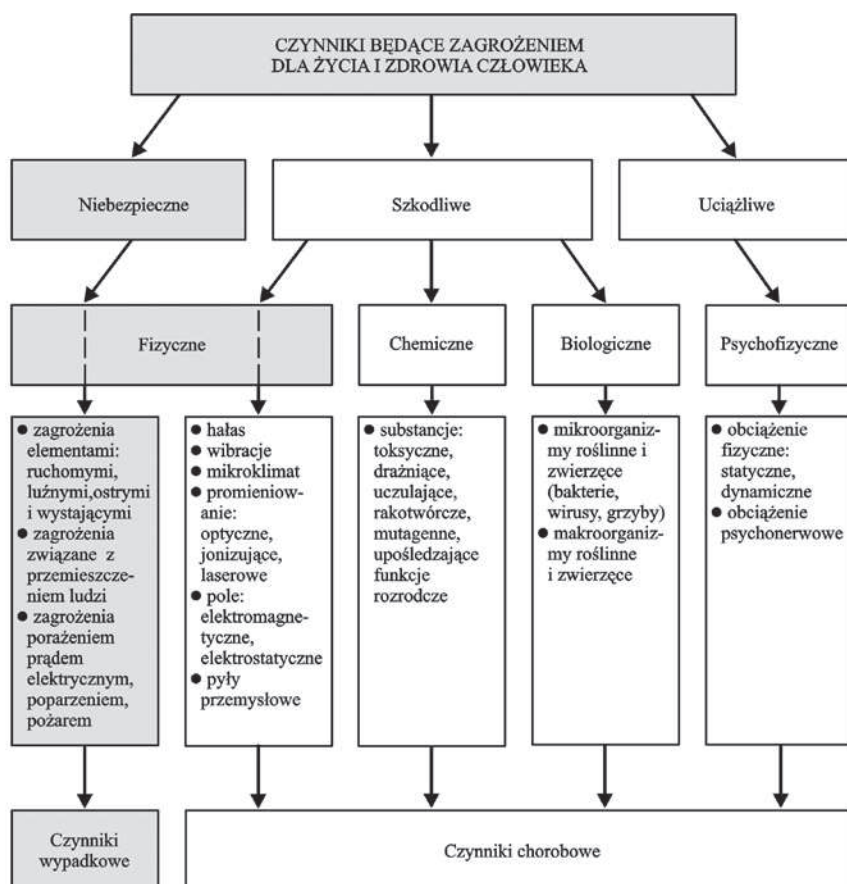
## 2. Mierniki czynników szkodliwych dla zdrowia

Zagrożeniami chorobowymi są wszystkie przypadki pracy w warunkach przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń – NDS, najwyższych dopuszczalnych natężeń – NDN oraz dopuszczalnych stężeń w materiale biologicznym – DBS. Na rysunku 2 przedstawiono wzajemne relacje miar zagrożenia czynnikami szkodliwymi, które mogą wystąpić w środowisku pracy.

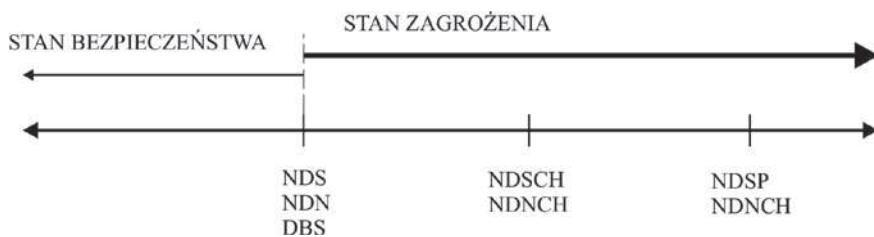
Graniczne wartości stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy zawarte są w rozporządzeniu [5]. Należy wyjaśnić, że [6]:

- NDS, NDN, DBS są takimi wartościami różnych czynników, których oddziaływanie na pracownika przez ośmiogodzinny dzień pracy w ciągu całej aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie jego zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.

- NDSCH, NDNCH – najwyższe



Rys. 1. Klasyfikacja czynników stanowiących zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka [1]



Rys. 2 Wzajemne relacje miar zagrożenia wg [8]

dopuszczalne stężenia/natężenia chwilowe są takimi wartościami różnych czynników, które nie powinny spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika oraz w stanie zdrowia jego pokoleń, jeśli ich czas utrzymywania się w środowisku pracy nie przekracza 15 min. i jednocześnie nie zdarza się częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.

- NDSP, NDNP – najwyższe dopuszczalne stężenie/natężenie progu jest to taka wartość szkodliwego czynnika pracy, która nie może zostać przekroczona w żadnym momencie.

### 3. Czynniki zagrożeń zawodowych w produkcji prefabrykatów z betonu

Zagrożenia w miejscu pracy mogą powstać w związku z:

- warunkami środowiska naturalnego,
- wykorzystywaną energią oraz stosowanym wyposażeniem,
- wykorzystywaną technologią,
- stosowanymi materiałami,
- popełnieniem przez ludzi niebezpiecznych błędów.

Produkcja elementów prefabrykowanych w większości przypadków odbywa się w stałych zakładach o charakterze przemysłowym. Cechami charakterystycznymi tego rodzaju produkcji są: koncentracja produkcji w jednym miejscu, stałość miejsca produkcji, masowość i seryjność produkcji, niezależność od wpływów atmosferycznych. Cechy te sprawiają, że produkcja elementów prefabrykowanych dla

budownictwa odbywa się w innych warunkach niż te, które istnieją na placu budowy. Czynniki narażenia zawodowego związane są z wyposażeniem technicznym linii produkcyjnych oraz z realizowanym procesem technologicznym. Zatrudnione osoby narażone są zarówno na negatywne oddziaływanie czynników niebezpiecznych powodujących wypadki przy pracy jak też na działanie czynników szkodliwych i uciążliwych wywołujących choroby zawodowe.

W zakładach produkujących żelbetonowe elementy prefabrykowane występują, z różnym nasileniem, następujące czynniki szkodliwe dla zdrowia: mikroklimat, oświetlenie, hałas i drgania mechaniczne (wibracja) oraz zanieczyszczenie powietrza. Szczególnie niebezpieczny jest hałas i drgania mechaniczne. Źródłem zarówno hałasu, jak i drgań mechanicznych są urządzenia wykorzystywane w procesie technologicznym, a mianowicie: urządzenia do transportu mieszanek betonowych, jak: agregaty do układania mieszanki betonowej przemieszczające się po torach, wózki przejezdne, taśmociągi; urządzenia do produkcji siatek zbrojeniowych, jak: nożyce, giętarki, zgrzewarki, wirówki i bębny naciągowe stosowane przy produkcji elementów sprężonych kołowych, prasy do sprężania; urządzenia do zagęszczania mieszanki betonowej, jak: stoły wibracyjne, platformy wibracyjne, wibratory stałe i przenośne; urządzenia do obróbki termicznej, jak: komory naparzenia, autoklawy, wtywnice pary.

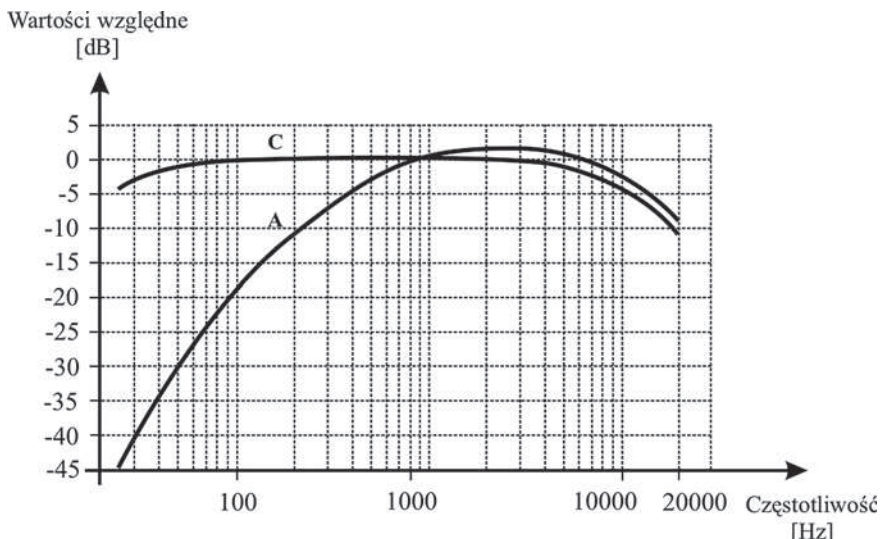
## 4. Hałas jako źródło zagrożeń zawodowych

Hałas uważany jest za najbardziej szkodliwy czynnik środowiskowy. Stanowią go niepożądane, nieprzyjemne i dokuczliwe dźwięki oddziałujące na narząd słuchu i inne zmysły oraz części organizmu człowieka. Źródłami dźwięku są drgające ciała stałe, które wprawiają w ruch cząsteczki powietrza, powodując ich lokalne zagęszczenia i rozrzedzenia. Rozchodzące się w przestrzeni zagęszczenia i rozrzedzenia cząsteczek powietrza tworzą falę akustyczną, która docierając do ucha człowieka wprawia w ruch błonę bębenka wywołując wrażenia słuchowe.

Narażenie zawodowe na hałas ma związek z miejscem i czasem pracy oraz jest sprzężone z określoną czynnością, technologią lub fazą produkcyjną. W stałych zakładach produkcyjnych, jakimi są zakłady produkcji elementów prefabrykowanych, warunki narażenia na hałas są stabilne. Oznacza to, że narażenie na hałas charakteryzuje się długotrwałością oddziaływania, powtarzalnością oraz do pewnego stopnia przymusowością.

### 4.1. Parametry charakteryzujące dźwięki

Każdy dźwięk charakteryzują takie parametry jak: poziom ciśnienia akustycznego oraz częstotliwość. Od wartości tych parametrów zależą wrażenia słuchowe odbierane przez człowieka. Charakterystyczną cechą wrażliwości ucha ludzkiego na dźwięki jest to, że dźwięki charakteryzujące się różnymi częstotliwościami i różnymi ciśnieniami akustycznymi mogą wydać się tak samo głośne. Aby uwzględnić złożoną wrażliwość ucha ludzkiego na dźwięki, opracowano krzywe korekcyjne, które mają zastosowanie do oceny hałasu w środowisku. I tak, poziom ciśnienia akustycznego skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej A nazywany jest poziomem dźwięku A,



Rys. 3. Przebieg krzywych korekcyjnych A i C [7]

a poziom ciśnienia akustycznego skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej C nazywamy poziomem dźwięku C. Przebieg krzywych korekcyjnych przedstawiono na rysunku 3. Pomierzone, a następnie skorygowane wg powyższych charakterystyk wartości dźwięku służą do oceny hałasu w środowisku pracy.

4.2. Ocena hałasu na stanowiskach pracy

Hałas w środowisku pracy charakteryzują następujące wielkości [5]:

- poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego

go wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) i odpowiadająca mu ekspozycja dzienna ( $E_{A,d}$ ) dawki energii akustycznej przekazanej do organizmu lub poziom ekspozycji odniesiony do tygodnia pracy ( $L_{EX,w}$ ) i odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa ( $E_{A,w}$ ) dawki energii,

- maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ ),
- szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{peak}$ ).

Dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu wartości hałasu obowiązują jednocześnie i nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 1.

Tabela 1. Dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu wartości hałasu w środowisku [6]

Wielkości charakteryzujące hałas w środowisku pracy	Wartość dopuszczalna [dB]
Poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) lub poziomy ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ( $L_{EX,w}$ ),	85
Maksymalny poziom dźwięku A	115
Szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ )	135

Tabela 2. Wartości progowe hałasu w środowisku pracy [6]

Wielkości charakteryzujące hałas w środowisku pracy	Wartość progowa działania [dB]
Poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) lub poziomy ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ( $L_{EX,w}$ ),	80
Szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ )	135

Według zaleceń zawartych w rozporządzeniu [6] podstawą oceny hałasu są tzw. progi działania. Są to takie wartości wielkości charakteryzujących hałas, po przekroczeniu których pracodawca jest zobowiązany podjąć określone w przepisach prawa działania mające na celu ograniczenie ryzyka zawodowego związanego z hałasem. Progowe wartości hałasu w środowisku pracy zamieszczono w tabeli 2.

4.3. Szkodliwy wpływ hałasu na zdrowie człowieka

Hałas jest szkodliwy dla człowieka, z dwóch powodów, a mianowicie [10]:

- słuchanie bardzo głośnych dźwięków powoduje trwałe uszkodzenie zmysłu słuchu,
- przebywanie w hałasie bardzo niekorzystnie i źle wpływa na układ nerwowy człowieka.

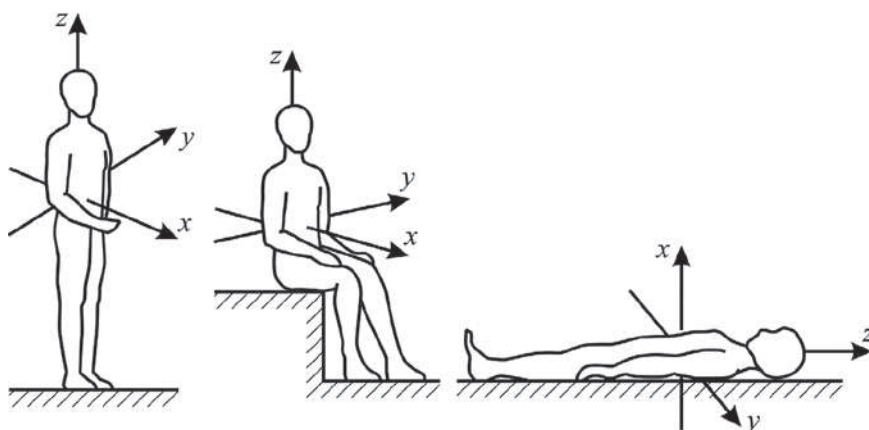
Szkodliwy wpływ hałasu na zdrowie człowieka związany jest z: częściową lub pełną utratą słuchu, zwiększonym zagrożeniem chorobą nadciśnieniową, zaburzeniami nerwowymi, chorobami przemiany materii, utrudnieniami związanymi ze snem i odpoczynkiem.

Negatywne społeczne skutki oddziaływania hałasu to: obniżenie sprawności i wydajności pracy, trudności we wzajemnym porozumiewaniu się, zwiększona liczba wypadków w pracy, powstawanie napięć międzyludzkich.

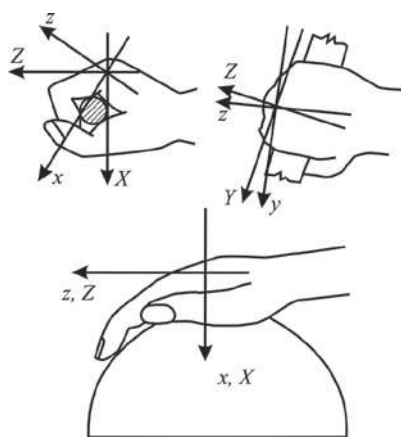
5. Wpływ drgań mechanicznych (wibracji) na organizm ludzki

Drgania mechaniczne są szkodliwym czynnikiem fizycznym często występującym w środowisku pracy. Mogą one być skutkiem złego stanu technicznego maszyny lub urządzenia będącego w ruchu, lub też mogą być czynnikiem celowo wprowadzanym do maszyn i urządzeń, aby umożliwić realizację zadanych procesów technologicznych. Zjawisko drgań mechanicznych wykorzystuje się jako ele-





**Rys. 4.** Miejsce przenikania do organizmu drgań ogólnych [4]



**Rys. 5.** Miejsce przenikania do organizmu drgań miejscowych [4]

ment roboczy w wielu procesach technologicznych – między innymi w maszynach i urządzeniach do wibracyjnego zagęszczania materiałów, czyszczenia i mielenia wibracyjnego, a także do kruszenia materiałów, wiercenia, drążenia i szlifowania.

Po raz pierwszy narzędzia o działaniu wibracyjnym zostały użyte w 1839 roku. Natomiast schorzenie powstałe w wyniku działania wibracji na organizm pracownika zostało po raz pierwszy opisane 1911 roku. Na podstawie wielu badań stwierdzono, że zmiany chorobowe związane z działaniem wibracji są nieodwracalne.

W procesie pracy, drgania mechaniczne są przenoszone do orga-

nizmu pracowników poprzez bezpośredni kontakt człowieka z drgającym źródłem. Wywierają one ujemny wpływ na zdrowie, doprowadzając niejednokrotnie do trwałych zmian chorobowych. Rodzaj zmian oraz szybkość ich powstawania zależy w dużym stopniu od miejsca ich wnikania do organizmu. Dlatego też drgania mechaniczne występujące w środowisku pracy podzielono na następujące rodzaje:

- Drgania o ogólnym działaniu, przekazywane do organizmu człowieka przez nogi, miednicę, plecy lub boki, tzw. drgania ogólne. Miejsce przenikania tych drgań do organizmu człowieka oraz kierunki rozchodzenia się uwzględniane przy pomiarach przedstawiono na rysunku 4.

- Drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne tzw. drgania miejscowe. Miejsce przenikania drgań miejscowych do organizmu człowieka oraz kierunki rozchodzenia uwzględniane przy pomiarach przedstawiono na rysunku 5.

W ocenie narażenia na drgania mechaniczne istotny jest czas oddziaływania drgań na organizm człowieka w ciągu 8-godzinnej pracy. W czasie trwania zmiany roboczej pracownik może wykonywać różne czynności, w trakcie których intensywność drgań może się zmieniać. Reakcja organizmu

na drgania jest wynikiem pochłonięcia przez organizm pewnej dawki energii mechanicznej. Im dłuższy jest czas oddziaływania drgań na organizm człowieka, tym zmiany w organizmie są większe. Dopuszczalne wartości NDN drgań w środowisku pracy oraz progi działania zamieszczone są w rozporządzeniach [5, 6].

### 5.1. Drgania o działaniu ogólnym

Zawodowe narażenie na drgania ogólne dotyczy pracowników obsługujących w pozycji stojącej maszyny i urządzenia eksploatowane w różnych pomieszczeniach pracy. Pierwotnymi źródłami drgań są eksploatowane maszyny oraz urządzenia stacjonarne, przenośne lub przewoźne. Urządzenia te wprawiają w drgania podłoże na którym stoi operator maszyny. Następnie z drgającego podłoża drgania przenikają przez stopy do organizmu pracownika. W przypadku urządzeń przejezdnych, mających zainstalowane siedziska dla operatora, drgania przenikają do organizmu przez miednicę.

W zakładach produkcji żelbetonowych elementów prefabrykowanych źródłem drgań o działaniu ogólnym są przede wszystkim podłogi, podesty i pomosty w halach produkcyjnych, w których odbywają się procesy zagęszczania mieszanki betonowej. Elementy konstrukcji, na których zlokalizowane są maszyny emitujące drgania mechaniczne powinny być odizolowane od pozostałych elementów konstrukcyjnych poprzez odpowiednio dobrane systemy tłumienia drgań, jak: tłumiki, podkładki czy odpowiednio dobrane parametry konstrukcji. Drgania mechaniczne o charakterze ogólnym działają ujemnie na układ kostny oraz narządy wewnętrzne pracownika [7].

Zmiany chorobowe w układzie kostnym powstają głównie w odcinku lędźwiowym kręgosłupa. Zespół bólowy kręgosłupa będący następstwem tych zmian, został uznany w niektórych krajach za chorobę

zawodową. Zaburzenia w czynnościach narządów wewnętrznych pojawiające się na skutek działania drgań ogólnych, są głównie wynikiem pobudzenia poszczególnych narządów do drgań rezonansowych. Najbardziej udokumentowane są niekorzystne zmiany w czynnościach narządów układu pokarmowego, w tym głównie żołądka i przełyku.

## 5.2. Drgania o działaniu miejscowym

Źródłem drgań działających na organizm człowieka przez kończyny górne są:

- ręczne narzędzia udarowe takie jak: młoty pneumatyczne, ubijaki mas formierskich i betonu, nitowniki, wiertarki udarowe, klucze udarowe itp.,
- ręczne narzędzia obrotowe takie jak: wiertarki, szlifierki, piły tańcuchowe itp.,
- dźwignie sterujące maszyn i pojazdów obsługiwane rękami.

Drgania o charakterze miejscowym powodują zmiany chorobowe głównie w układach krążenia krwi (naczyniowym), nerwowym i kostno-stawowym [7]. Zespół zmian wywołanych drganiami przenoszonymi przez kończyny górne nazywany jest „zespołem wibracyjnym” i uznawany jest za chorobę zawodową. Najczęściej występującą postacią zespołu wibracyjnego jest tzw. postać naczyniowa. Charakteryzuje się ona napadowymi zaburzeniami krążenia krwi w palcach rąk. Objawami tych zaburzeń są skurcze naczyń krwionośnych i blednięcie opuszków jednego lub więcej palców. Potocznym określeniem tej postaci zespołu wibracyjnego jest „choroba białych palców”. Zmiany w układzie nerwowym to głównie zaburzenia czucia dotyku, czucia wibracji, temperatury, a także dolegliwości w postaci drętwienia czy mrowienia palców i dłoni, a także całych kończyn górnych. Zmiany w układzie kostno-stawowym ręki powstają głównie na skutek drgań miejscowych o częstotliwo-

ściach mniejszych od 30 Hz. Jeżeli narażenie na drgania jest ciągłe, wówczas zmiany pogłębiają się i prowadzą do obniżenia efektywności i jakości wykonywanej pracy, a czasami w ogóle ją uniemożliwiają.

Drgania mechaniczne, oprócz skutków biologicznych, wywołują również skutki funkcjonalne w organizmie pracownika. Powodują one między innymi: zwiększenie czasu reakcji ruchowej i wzrokowej, zakłócenia w koordynacji ruchów, nadmierne zmęczenie, bezsenność, rozdrażnienie i osłabienie pamięci.

## 6. Podsumowanie

W każdym środowisku pracy występują czynniki stanowiące zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka. Czynniki te można podzielić na niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe. Z kolei niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe czynniki zagrożeń zawodowych dzielą się na fizyczne, chemiczne, biologiczne i psychofizyczne. Ze względu na skutek, jaki czynniki niebezpieczne, szkodliwe bądź uciążliwe wywołują w organizmie człowieka, zagrożenia środowiska pracy dzielą się na wypadkowe i chorobowe. Zagroženiami chorobowymi są wszystkie przypadki pracy w warunkach przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń lub najwyższych dopuszczalnych natężeń czynnika szkodliwego.

Zarówno ze względów technicznych, jak też ekonomicznych nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie zagrożeń występujących w środowisku pracy. Można je natomiast ograniczyć do możliwie niskiego poziomu. Aby profilaktyka skierowana była we właściwym kierunku, należy znaleźć odpowiedź na pytanie, jakie czynniki występujące w procesach produkcyjnych powodują zagrożenie bezpieczeństwa zdrowia i życia.

W zakładach produkujących elementy prefabrykowane z betonu mogą wystąpić, z różnym nasile-

niem, następujące czynniki szkodliwe dla zdrowia: mikroklimat, oświetlenie, hałas i drgania mechaniczne (wibracja) oraz zanieczyszczenie powietrza. Szczególnie niebezpieczny dla człowieka jest hałas i drgania mechaniczne. Hałas jest szkodliwy ze względu na to, że słuchanie bardzo głośnych dźwięków powoduje trwałe uszkodzenie zmysłu słuchu. Przebywanie w hałasie bardzo niekorzystnie i źle wpływa na układ nerwowy człowieka. Negatywne skutki oddziaływania drgań mechanicznych na organizm człowieka dotyczą przede wszystkim układu kostnego, krążenia, nerwowego i narządów wewnętrznych.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Hoła B., Modelowanie jakościowe i ilościowe wypadkowości w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2008
- [2] Koradecka D., Bezpieczeństwo pracy i ergonomia, praca zbiorowa, CIOP, Warszawa 1999
- [3] Koradecka D., Zagrożenia czynnikami mechanicznymi i szkodliwymi w środowisku pracy, praca zbiorowa, CIOP, Warszawa 2000
- [4] Materiały szkoleniowe z zakresu wspomagania profilaktyki narażenia na drgania mechaniczne w transporcie. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. [www.serwis.wypadek.pl](http://www.serwis.wypadek.pl)
- [5] Rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z 29 listopada 2002 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. (Dz. U. nr 217, poz.1833)
- [6] Rozporządzenie ministra gospodarki i pracy z 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz. U. nr 157 poz. 1318)
- [7] Skutki oddziaływania drgań mechanicznych na organizm człowieka. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)
- [8] Studenski R., Organizacja bezpiecznej pracy w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1996
- [9] System wspomagania profilaktyki zagrożeń wibroakustycznych w środowisku pracy. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. [www.serwis.wypadek.pl](http://www.serwis.wypadek.pl)
- [10] Wpływ hałasu na zdrowie człowieka i jego skutki. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)