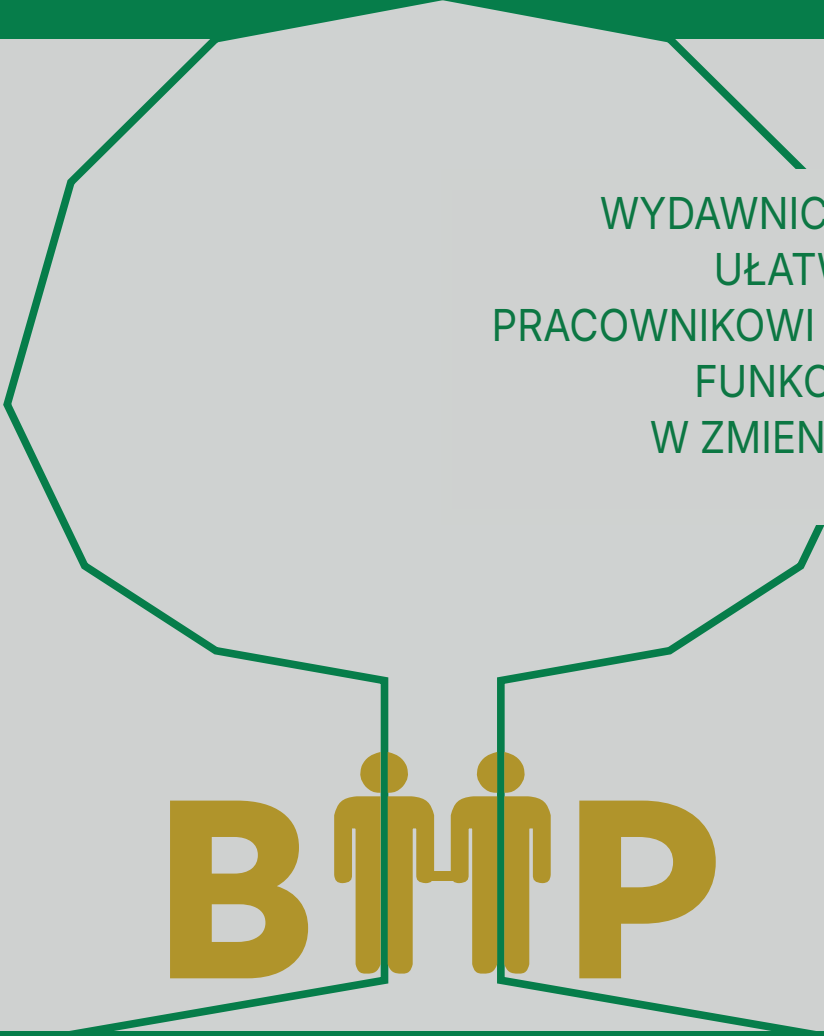


Paweł Religa

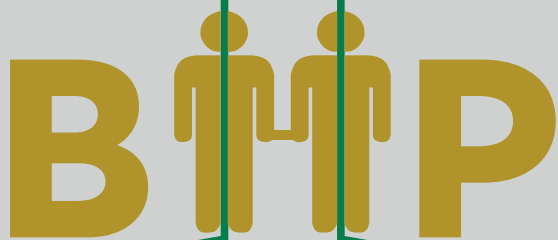
Ryszard Świątek

Jan Żarłok



WYDAWNICTWO, KTÓRE
UŁATWI KAŻDEMU
PRACOWNIKOWI SŁUŻBY BHP
FUNKCJONOWANIE
W ZMIENIAJĄCYM SIĘ
KLIMACIE

BHP



LIDER
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU
PORADNIK EKO-BEHAPOWCA

LIDER
ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU
PORADNIK EKO-BEHAPOWCA

Paweł Religa

Ryszard Świetlik

Jan Żarłok

LIDER ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

PORADNIK EKO-BEHAPOWCA

WYDAWNICTWO, KTÓRE
UŁATWI KAŻDEMU
PRACOWNIKOWI SŁUŻBY BHP
FUNKCJONOWANIE
W ZMIENIAJĄCYM SIĘ
KLIMACIE

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Bożena Nowakowicz-Dębek, UP w Lublinie

dr hab. inż. Magdalena Młynarczyk, CIOP-PIB

Redaktor naukowy: dr hab. inż. Paweł Religa prof. URad.

Wydawca: Uniwersytet Radomski

im. Kazimierza Pułaskiego



UNIwersYTET RADOMSKI
im. Kazimierza Pułaskiego

Copyright© by Paweł Religa, Ryszard Świetlik, Jan Żarłok,
Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego

Radom 2025

ISBN 978 83 7789 793 5

Współpraca wydawnicza:

Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

Opracowanie wydawnicze: Anna Skrok, Karol Alichnowicz

Projekt okładki: Urszula Religa

Wydanie dofinansowane przez:



NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

Niniejszy materiał został opublikowany dzięki dofinansowaniu
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
Za jego treść odpowiada wyłącznie Uniwersytet Radomski
im. Kazimierza Pułaskiego.

SPIS TREŚCI

WSTĘP	9
1. Zrównoważony rozwój – jedynie idea, czy współczesny styl życia ...	13
1.1. Wprowadzenie	13
1.2. Zrównoważony rozwój – idea	14
1.3. Zrównoważony rozwój – współczesny styl życia	18
1.4. Literatura	20
2. Środowiskowe skutki działalności człowieka – zanieczyszczenie powietrza	23
2.1. Wprowadzenie	23
2.2. Atmosfera ziemska	24
2.3. Dziura ozonowa	25
2.4. Efekt cieplarniany.....	28
2.5. Smog.....	37
2.5.1. Smog klasyczny	38
2.5.2. Smog fotochemiczny	41
2.6. Kwaśne deszcze	44
2.7. Literatura	48
3. Wpływ przemian w środowisku na bezpieczeństwo i higienę pracy	51
3.1. Wprowadzenie	51
3.2. Podwyższona temperatura	52
3.2.1. Udar cieplny	59
3.2.2. Wyczerpanie cieplne	60
3.2.3. Rabdomializa.....	62
3.2.4. Omdlenie cieplne	63
3.2.5. Kurcze cieplne.....	64

3.2.6. Wysypka ciepłna	65
3.2.7. Obrzęk cieplny	65
3.3. Promieniowanie ultrafioletowe	66
3.3.1. Wpływ promieniowania ultrafioletowego UV na zdrowie	67
3.3.2. Ochrona przed działaniem promieniowania UV	68
3.4. Ekstremalne zjawiska pogodowe.....	69
3.4.1. Skrajne temperatury	71
3.4.2. Susze	73
3.4.3. Podtopienia i powodzie	73
3.4.4. Burze	74
3.4.5. Trąby powietrzne.....	75
3.4.6. Pożary	76
3.5. Zanieczyszczenie powietrza	77
3.6. Choroby przenoszone przez wektory	79
3.7. Zagrożenia agrochemiczne	81
3.8. Podsumowanie	85
3.9. Literatura	85
4. Świadomość ekologiczna	89
4.1. Wprowadzenie	89
4.2. Świadomość ekologiczna pracowników służby bhp.....	92
4.2.1. Wiedza ekologiczna pracowników służby bhp.....	93
4.2.2. Zachowania ekologiczne pracowników służby bhp	98
4.2.3. Podsumowanie	101
4.3. Literatura	102
5. Pracownik służby BHP liderem działań ekologicznych w firmie.....	105
5.1. Wprowadzenie	105
5.2. Konsumpcja zrównoważona	105
5.3. EKO-Behapowiec	110
5.4. Literatura	118
Słowniczek EKO-Behapowca	120

*„Mamy tylko jedną Ziemię, a jej przyszłość zależy
od każdego, na pozór niewielkiego, ludzkiego
działania, zależy od każdego z nas.”*

Florian Plit



W odpowiedzi na te pytania przekazujemy Państwu książkę: LIDER ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU. Poradnik EKO-Behapowca. Powstała ona w ramach projektu: Podnoszenie świadomości ekologicznej i kształtowanie postaw ekologicznych obecnych i przyszłych pracowników służby BHP zrealizowanego przez Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego oraz Zarząd Główny Ogólnopolskiego Stowarzyszenia Pracowników Służby BHP dzięki dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Książka w zamyśle autorów mająca pełnić rolę poradnika, przeznaczona jest w szczególności zarówno dla obecnych – zawsze warto się doskonalić, jak i przyszłych – od początku działaj świadomie, pracowników służby bhp. Mamy nadzieję, że nasza propozycja zostanie również przyjęta

z zainteresowaniem i życzliwością przez środowisko akademickie związane z kształceniem i badaniami w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy.

Przede wszystkim chcielibyśmy przekonać wszystkich Czytelników, że w ramach 22 zadań zawodowych pracownika służby bhp jest nie tylko miejsce, ale i ogromna przestrzeń na działania dla zachowania dobrej kondycji środowiska naturalnego. Dlatego w opracowaniu zaprezentowaliśmy przykłady praktycznych działań, które może podjąć każdy pracownik służby bhp. Cechą wspólną tych działań jest to, że łączą one ze sobą zarówno dbałość o bezpieczeństwo i higienę pracowników, jak i dbałość o dobry stan środowiska naturalnego. A więc wszystko co niezbędne by móc działać zarówno dla **BEZPIECZEŃSTWA, JAK I ŚRODOWISKA**.

Zmieniający się klimat wpływa również na warunki pracy. Konsekwencją tych zmian są między innymi nowe zagrożenia lub wzrost poziomu i częstotliwości zagrożeń już istniejących. W tej sytuacji, aby prawidłowo ocenić ryzyko zawodowe na stanowiskach pracy narażonych na te zagrożenia, ogólnie nazywane zagrożeniami środowiskowymi, nieodzowne jest właściwe ich rozpoznanie oraz oszacowanie ich skutków. W przypadku pracy w warunkach narażenia na zagrożenia środowiskowe najczęstszymi niebezpiecznymi zdarzeniami są fale upałów i ekstremalne zjawiska pogodowe, promieniowanie UV, zanieczyszczenie powietrza oraz wektory. Jedynie umiejętność prawidłowego rozpoznawania tych zagrożeń przez pracowników służby bhp może przyczynić się do zmniejszenia ilości niebezpiecznych zdarzeń oraz wypadków jakie mogą być ich konsekwencją. Umiejętność ta pozwoli również stworzyć zasady postępowania, dzięki którym każda osoba, która w swojej pracy narażona jest na te zagrożenia będzie potrafić w razie ich wystąpienia odpowiednio reagować w celu eliminacji ewentualnych ich skutków. W materiale, który trzymacie w ręku, zostały opisane główne zagrożenia środowiskowe, źródła ich powstania, mechanizmy i skutki działania. Mamy nadzieję, że wiedza ta znacznie ułatwi Państwu prawidłową ocenę ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy narażonych na te zagrożenia.

Zarówno w celu zdobycia umiejętności prawidłowego rozpoznawania zagrożeń środowiskowych, jak również podejmowania różnorodnych działań ograniczających negatywne skutki działalności człowieka w środowisku naturalnym niezbędny jest wysoki poziom świadomości ekologicznej, czyli określony poziom wiedzy o środowisku, przemianach w nim zachodzących oraz przyczynach i skutkach tych przemian. Mając to na uwadze w opracowaniu zamieściliśmy również informacje na ten temat. Ze względu na charakter opracowania skupiliśmy się oczywiście tylko na wybranych przemianach środowiska, takich jak: efekt cieplarniany, dziura ozonowa,

zjawisko smogu, czy kwaśne deszcze. Wybór jednak nie był przypadkowy. To te zjawiska, w głównej mierze, odpowiadają za pojawienie się nowych i intensyfikację już istniejących zagrożeń środowiskowych.

Mamy świadomość, że nie wszystkie tematy związane z podjętą problematyką zostały omówione w niniejszym opracowaniu w sposób wyczerpujący. Zdajemy sobie również sprawę, że ze względu na złożoność antropogenicznych przemian w środowisku naturalnym stale pojawiają się z tym związane, nowe zagrożenia w środowisku pracy. Tym bardziej jednak jesteśmy przekonani, że poradnik, który przekazujemy w Państwa ręce przyczyni się nie tylko do poprawy bezpieczeństwa pracy, ale również do zachowania dobrego stanu środowiska naturalnego zarówno dla Nas, jak i przyszłych pokoleń. Zatem, już dziś, RAZEM, zacznijmy działać dla BEZPIECZEŃSTWA i ŚRODOWISKA.

I jeszcze jedno dla wszystkich, którzy podejmą wyzwanie, zaproponowaliśmy określenie: EKO-Behapowiec. Kto i jak może nim zostać dowiedziecie się z kart książki. Chcielibyśmy, żeby było WAS jak najwięcej. A jak będzie? Zdecydujcie SAMI.

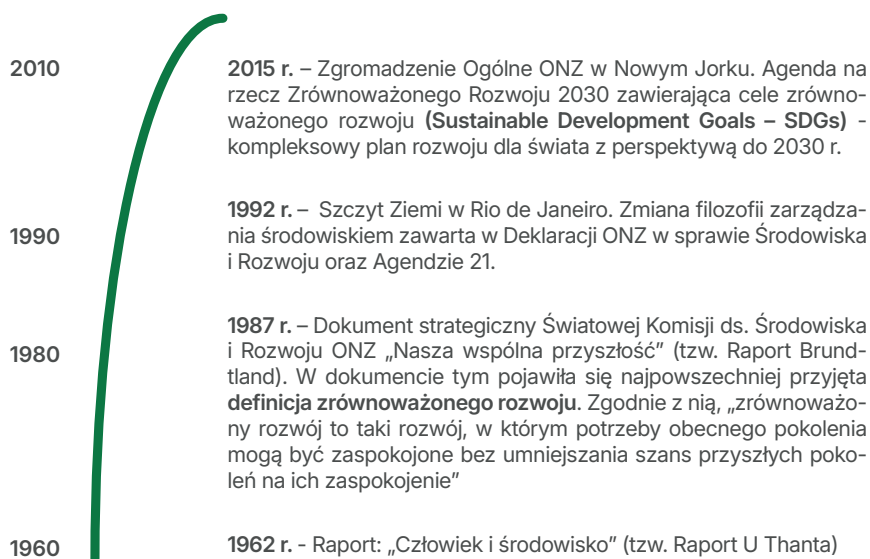
Autorzy



Funkcjonowanie człowieka od zawsze było i jest możliwe dzięki środowisku naturalnemu, którego jest on jednym z wielu elementów. Oprócz człowieka środowisko obejmuje inne elementy przyrody ożywionej (jak rośliny, mikroorganizmy, zwierzęta) oraz elementy przyrody nieożywionej (jak powietrze, woda, gleba, skały i klimat). Wszystkie elementy środowiska są ze sobą powiązane i oddziałują na siebie. W efekcie różnych oddziaływań powstają zanieczyszczenia, które w przypadku źródeł naturalnych (emisje z wulkanów, bagien i torfowisk, pył pustylny, pyłki roślin, itp.) się równoważą – są absorbowane i przekształcane przez różne elementy środowiska. Z odmienną sytuacją mamy do czynienia w przypadku zanieczyszczeń pochodzących ze źródeł antropogenicznych – związanych z działalnością człowieka. Główne antropogeniczne źródła zanieczyszczeń środowiska naturalnego związane są z działalnością przemysłową, transportem, rolnictwem i spalaniem paliw kopalnych. Do głównych przyczyn należą również emisje z gospodarstw domowych (zwłaszcza spalanie paliw stałych) oraz składowiska odpadów. Ze względu na brak lub niewielki stopień eliminacji tych zanieczyszczeń przez ich źródło – człowieka, emisja antropogeniczna stanowi stałą, niestety powiększającą się nadwyżkę, gromadzącą się w środowisku i powodującą przyspieszenie jego zmian zarówno o charakterze lokalnym, jak i globalnym. Skutki tych zmian są obecnie wyraźnie widoczne. To między innymi wzrost temperatury powietrza i oceanów, topnienie lodowców i podnoszenie się poziomu mórz, a także częstsze i bardziej intensywne ekstremalne zjawiska pogodowe, takie jak fale upałów, susze, ulewę i burze. Dalsze nasilanie się tych zjawisk prowadzić może do unicestwienia życia na Ziemi. Aby zapewnić przyszłość naszej planety, konieczne są zatem zmiany w podejściu do gospodarowania, konsumpcji i produkcji.

1.2. Zrównoważony rozwój - idea

Jedną z kluczowych koncepcji współczesnego podejścia do rozwoju społeczno-gospodarczego, łączącą potrzeby obecnych pokoleń z odpowiedzialnością za przyszłość jest ROZWÓJ ZRÓWNOWAŻONY. Idea ta opiera się na założeniu, że możliwy jest taki model gospodarowania, który zapewnia dobrobyt obecnym pokoleniom bez ograniczania możliwości rozwojowych przyszłym generacjom. Chociaż formułowanie idei nastąpiło już w latach 60-tych XX wieku, to jej implementacja nadal trwa (Rys.1).

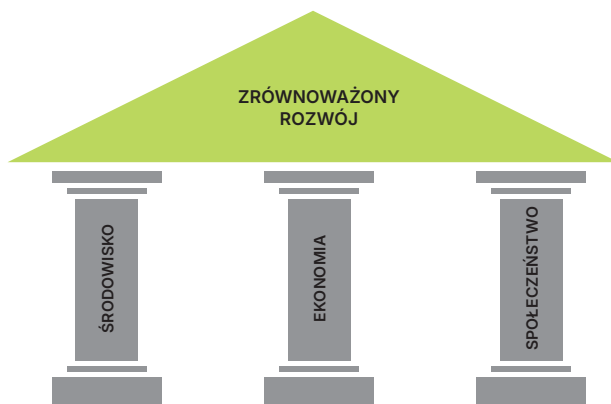


Rys.1. Kamienie milowe w rozwoju koncepcji zrównoważonego rozwoju
Źródło: Opracowanie własne

Jako początek dyskusji na temat zrównoważonego rozwoju ludzkości można przyjąć ostrzeżenie sekretarza ONZ Sithu U Thanta zawarte w raporcie „Człowiek i środowisko” z 1962 roku [1]. Zwracał on uwagę na gwałtowną degradację środowiska, która w konsekwencji prowadzić może do samounicestwienia ludzkości. Diagnoza ta została już wkrótce potwierdzona w raportach Klubu Rzymskiego, międzynarodowej organizacji zrzeszającej naukowców, polityków i biznesmenów, którzy zajmują się badaniem globalnych problemów, w tym problemów środowiskowych. W raportach tych po raz pierwszy sformułowano tezę, że dalsza rabunkowa gospodarka zasobami planety musi doprowadzić do nieuchronnej katastrofy ekologicznej [2-5]. W efekcie, w roku 1987 utworzony został dokument strategiczny Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju ONZ „Nasza wspólna

przyszłość”, znany jako Raport Brundtland. W dokumencie tym pojawiła się najpowszechniej przyjęta definicja zrównoważonego rozwoju. Zgodnie z nią, „zrównoważony rozwój to taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie” [6]. Ta fundamentalna definicja podkreśla między-pokoleniową odpowiedzialność za wykorzystywanie zasobów i kształtowanie modeli rozwojowych.

Jako koncepcja teoretyczna, zrównoważony rozwój opiera się na trzech głównych filarach: środowiskowym, społecznym i gospodarczym (Rys.2).



Rys.2. Trójkilarowa koncepcja zrównoważonego rozwoju

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Filar środowiskowy koncentruje się na ochronie i zrównoważonym wykorzystaniu zasobów naturalnych, ograniczaniu zanieczyszczeń, ochronie bioróżnorodności oraz przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym. Działania w tym obszarze mają na celu zapewnienie, że rozwój gospodarczy nie prowadzi do degradacji środowiska i wyczerpania zasobów naturalnych, które są niezbędne zarówno dla obecnych, jak i przyszłych pokoleń.

Filar społeczny obejmuje kwestie związane z rozwojem społecznym, równością, sprawiedliwością, włączeniem społecznym, dostępem do edukacji, opieki zdrowotnej i innych podstawowych usług. Celem jest zapewnienie, że korzyści z rozwoju gospodarczego są sprawiedliwie dystrybuowane, a wszystkie grupy społeczne mają możliwość aktywnego uczestnictwa w procesach rozwojowych i czerpania z ich korzyści.

Filar gospodarczy dotyczy wzrostu gospodarczego, tworzenia miejsc pracy, innowacji, przedsiębiorczości i ogólnego dobrobytu ekonomicznego. Zrównoważony rozwój gospodarczy oznacza taki model wzrostu, który

jest stabilny, inkluzywny i odpowiedzialny, uwzględniający koszty społeczne i środowiskowe działalności gospodarczej.

Istotą zrównoważonego rozwoju jest integracja tych trzech filarów i poszukiwanie rozwiązań, które przynoszą korzyści we wszystkich trzech wymiarach jednocześnie.

Zasada zrównoważonego rozwoju polega na harmonijnym łączeniu aspektów ekologicznych, ekonomicznych, a także społecznych w procesie podejmowania decyzji oraz realizacji działań na różnych poziomach – od globalnego, przez lokalny, do indywidualnego.

Ważny wkład w doskonaleniu koncepcji zrównoważonego rozwoju miały również dokumenty przyjęte w 1992 roku podczas Konferencji Narodów Zjednoczonych Środowisko i Rozwój w Rio de Janeiro - Deklaracja w sprawie Środowiska i Rozwoju oraz Agenda 21 [8]. Wydarzenie to, znane jako „Szczyt Ziemi”, stanowiło kamień milowy w globalnych działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju. Obecni na spotkaniu najwyżsi przedstawiciele państw świata zgodzili się, że globalne ocieplenie oraz jego skutki, w tym przede wszystkim zmiany klimatu stały się najważniejszym wyzwaniem ludzkości i zobowiązali się do podjęcia wspólnych działań w celu przeciwdziałania tym zagrożeniom. Podjęte uzgodnienia zostały zawarte we wspólnej, międzynarodowej umowie - Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu (ang. United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), którą ratyfikowali wszyscy uczestnicy wydarzenia, w tym Polska. Za najważniejsze zadania jakie należy podjąć uznano wspieranie działań, na szczeblach globalnym, regionalnym i krajowym, prowadzonych w ramach zrównoważonego rozwoju i mających na celu adaptację do zmian klimatu oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. Do oceny wysiłku sygnatariuszy na rzecz realizacji zawartych porozumień powołany został specjalny organ - Konferencja Stron (ang. Conference of the Parties - COP).

Kolejny kamień milowy w międzynarodowym podejściu do zrównoważonego rozwoju stanowią Cele Zrównoważonego Rozwoju (Sustainable Development Goals – SDGs), przyjęte przez państwa członkowskie ONZ, w tym Polskę we wrześniu 2015 roku podczas szczytu klimatycznego w Nowym Jorku. Cele te zostały zawarte w dokumencie „Przekształcanie naszego świata: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030” [9]. Agenda 2030 zawiera 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju (Rys.3) oraz 169 powiązanych z nimi działań, które mają być realizowane przez wszystkie strony – rządy

państw, organizacje międzynarodowe, organizacje pozarządowe, sektor nauki i biznesu, a także przez obywateli. Cele te obejmują szeroki zakres wyzwań, takich jak eliminacja ubóstwa, zapewnienie dostępu do edukacji i opieki zdrowotnej, ochrona środowiska, przeciwdziałanie zmianom klimatycznym, a także promowanie pokoju i partnerstwa międzynarodowego.



Rys.3. Cele zrównoważonego rozwoju

Źródło: Ośrodek Informacji ONZ w Warszawie, 2016

W Polsce zasada zrównoważonego rozwoju ma rangę prawa podstawowego, wynikającego z zapisów Konstytucji RP [10]. Artykuł 5 ustawy zasadniczej stanowi: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”. Konstytucyjne umocowanie tej zasady podkreśla jej fundamentalne znaczenie dla polskiego porządku prawnego i polityk publicznych. Definicję pojęcia zrównoważonego rozwoju została zawarta w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [11]. Zgodnie z tą definicją zrównoważony rozwój to „taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń”.

Niestety jednak trzeba zauważyć, że merytoryczna treść dyskusji dotyczącej przemian środowiska na Ziemi, w konsekwencji której zrodziło się pojęcie zrównoważonego rozwoju, bardzo szybko została przysłonięta przez celowe, szkalujące działania związane z poczuciem zagrożenia analizami ekologów, w szczególności ze strony kręgów wielkiego biznesu i powiązanych z nimi elit politycznych. Hasło „wzrostu zerowego”, pojawiające się w raportach o stanie środowiska burzyło bowiem założenia filozofii konsumpcjonizmu, która stanowiła największą obietnicę tych środowisk. Zgodnie z założeniami konsumpcjonizmu zdobywanie dóbr materialnych i usług jest uznawane za kluczowy czynnik determinujący szczęście i dobrobyt [2, 3, 12]. Z tego względu, chociaż z jednej strony konsumpcjonizm niezaprzeczalnie napędza rozwój gospodarczy, to jednak z drugiej strony, poprzez nadmierną eksploatację nieodnawialnych zasobów naturalnych oraz ogromną emisję zanieczyszczeń nieopanowana konsumpcja prowadzi do degradacji środowiska, przyczynia się do marnotrawstwa dóbr i pracy ludzkiej, jak również powoduje powstawanie znaczących ekonomicznych dysproporcji między ludźmi.

Z tych powodów refleksja nad zagrożeniami ekologiczną katastrofą znalazła się w opozycji z dążeniami świata biznesu. Okoliczności te spowodowały w dalszej kolejności, że ogólnoswiatowa, globalna dyskusja wokół problematyki katastrofy ekologicznej przybrała postać po prostu zwyczajnej nagonki na osoby i organizacje podejmujące ten problem, a istotne cele idei zrównoważonego rozwoju w praktyce zostały przeniesione w bliżej niesprecyzowaną przyszłość, tracąc wszelkie praktyczne znaczenie. Zatem zwycięstwo strategii zrównoważonego rozwoju polegało i polega w dalszym ciągu na tym, że stając się najpopularniejszą i najbardziej powszechnie akceptowaną ideą w dziejach ekologii, stała się jednocześnie zbiorem pustych frazesów coraz mniej adekwatnych do rzeczywistości.

Wyzwaniem, zarówno na poziomie globalnym, jak i lokalnym czy osobistym, pozostaje nadal praktyczna realizacja tej zasady i przekształcenie jej z deklaratywnego zobowiązania w realną zmianę modelu rozwojowego.

1.3. Zrównoważony rozwój – współczesny styl życia

W 2019 roku nastąpiło coś co może odmienić tę sytuację. Unia Europejska jako pierwsza, i na razie jedyna gospodarka świata, zobowiązała się do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Oznacza to radykalne ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w całej gospodarce oraz rekompensowanie pozostałych emisji poprzez pochłanianie ich przez naturalne ekosystemy, takie jak lasy czy oceany [13]. Osiągnięcie neutralności klimatycznej wymagać będzie transformacji wszystkich sektorów gospodarki

– energetyki, transportu, przemysłu, rolnictwa i budownictwa — oraz wprowadzenia innowacji, efektywności energetycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym. W tym celu została wypracowana i opublikowana przez Komisję Europejską strategia nazwana Europejskim Zielonym Ładem (ang. Green Deal) [14]. Ponadto, zobowiązanie to zostało prawnie usankcjonowane w europejskim prawie klimatycznym, które ustanawia wiążący cel zerowej emisji netto do 2050 roku i zobowiązuje instytucje UE oraz państwa członkowskie do podejmowania koniecznych działań na poziomie unijnym i krajowym.

Europejski Zielony Ład to ambitny plan Unii Europejskiej, którego celem oprócz osiągnięcia neutralności klimatycznej jest również przekształcenie gospodarki w bardziej zrównoważoną i nowoczesną. Europejski Zielony Ład koncentruje się również na takich obszarach, jak: obniżenie emisji gazów cieplarnianych, ochrona bioróżnorodności, zrównoważone rolnictwo, przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz zwalczanie zanieczyszczeń. Wdrażanie tego programu niesie jednak ze sobą już teraz liczne wyzwania dla obywateli krajów UE, w tym Polski (Tabela 1). Wyzwania te i wynikające z nich problemy wskazują na ogromną rolę wysokiego poziomu świadomości ekologicznej społeczeństw biorących udział we wdrażaniu idei zrównoważonego rozwoju.

Tabela 1. Najważniejsze wyzwania dla obywateli UE, w tym Polski związane z realizacją strategii Zielonego Ładu [14-18]

Wyzwanie	Charakterystyka
Koszty transformacji energetycznej i gospodarczej	Przejście na czystsze źródła energii oraz dostosowanie przemysłu i rolnictwa do nowych, bardziej restrykcyjnych norm środowiskowych wymaga dużych nakładów finansowych. Koszty te mogą być odczuwalne zarówno przez przedsiębiorstwa, jak i przez gospodarstwa domowe, np. w postaci wyższych cen energii czy produktów
Zmiany na rynku pracy i ryzyko pogłębienia się nierówności społecznych	Transformacja gospodarki oznacza konieczność przekwalifikowania pracowników, zwłaszcza w regionach zależnych od przemysłu węglowego i innych sektorów wysokoemisyjnych. Może to prowadzić do czasowego wzrostu bezrobocia w niektórych branżach, a także wymagać szeroko zakrojonych programów szkoleniowych i wsparcia dla osób tracących pracę szczególnie tych którzy mogą mieć trudności z dostosowaniem się do nowych wymogów i kosztów życia
Potrzeba akceptacji społecznej i zaangażowania obywateli	Skuteczność Zielonego Ładu zależy od poziomu akceptacji społecznej i aktywnego udziału obywateli w procesie transformacji. Obywatele muszą być informowani o zmianach, rozumieć ich sens i mieć poczucie wpływu na podejmowane decyzje. Brak konsultacji i poczucia „własności procesu” może prowadzić do oporu społecznego

Czy mimo tych wyzwań i związanych z nimi trudności uda się osiągnąć UE zamierzone cele? Na pewno skuteczna realizacja celów Zielonego Ładu wymagać będzie zaangażowania wszystkich interesariuszy – od instytucji Unii Europejskiej, rządów państw członkowskich, przez biznes i naukę, po społeczeństwo obywatelskie i indywidualnych obywateli. Jak podkreśla dokument ONZ: „Każdy z nas ma swoją rolę do spełnienia, bo chodzi o naszą wspólną przyszłość!” [9].

Jak już wspomniano, UE podjęła próbę wcielenia idei zrównoważonego rozwoju w życie, kreując się tym samym na lidera w powstrzymaniu zmian klimatu. Czy jednak, brak odpowiednich działań redukcyjnych na poziomie globalnym nie podważa efektywności jednostronnych działań państw członkowskich UE. Jednym z argumentów potwierdzających te wątpliwości jest fakt, że pomimo stabilnego, a nawet malejącego poziomu unijnych emisji, globalny poziom emisji nadal jednak się zwiększa (Rys. 9). Jest to spowodowane rosnącymi emisjami w państwach rozwijających się, w tym przede wszystkim: Chinach, Indiach, Rosji i Brazylii. Ponadto, kolejne spotkania Konferencji Stron Ramowej Konwencji ONZ ds. Zmian Klimatu (COP) pokazują jak dotąd niską skuteczność dobrego przykładu UE. Nie jest bowiem łatwo wciągnąć do trudnej do przewidzenia w skutkach gry największe potęgi gospodarcze świata. Należy mieć jednak nadzieję, że sytuacja w najbliższych latach ulegnie poprawie.

Bez względu na ocenę efektów, tych teraz, ale i tych przyszłych podjętych w ramach Zielonego Ładu wyzwań, niezaprzeczalnym jest, że strategia ta jest pierwszą, tak szeroko zakrojoną, kompleksową próbą praktycznej realizacji zasad zrównoważonego rozwoju.

Patrząc w przyszłość można założyć, że zrównoważony rozwój pozostanie kluczową koncepcją kształtującą myślenie o rozwoju. A pogłębiające się wyzwania takie jak zmiany klimatyczne, utrata bioróżnorodności czy nierówności społeczne będą wymagać dalszego rozwijania i praktycznego stosowania zasad zrównoważonego rozwoju na wszystkich szczeblach – od lokalnego, przez krajowy, po globalny.

1.4. Literatura

- [1] Człowiek i jego środowisko, Raport sekretarza generalnego ONZ U Thanta z dn. 26. V. 1969 r., [w:] J. Zieliński, Dajcie szansę ziemi, Książka i Wiedza, Warszawa 1971
- [2] Rogall H., EKONOMIA zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań, 2010
- [3] Żuchowska-Grzywacz M., Żuchowski J., Koncepcje wspierające zrównoważony rozwój. Aspekty prawne i normalizacyjne, WN ŁUKASIEWICZ – ITeE, Radom, 2020 ISBN 978-83-7789-626-6

- [4] Ciążela H., Problemy i dylematy etyki odpowiedzialności globalnej, Wydawnictwo APS, Warszawa 2006
- [5] Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W.W., Granice wzrostu, PWE, Warszawa, 1973
- [6] Nasza wspólna przyszłość. Raport Światowej Komisji do spraw Środowiska i Rozwoju, tłum. U. Grzelańska, E. Kolanowska, PWE, Warszawa 1991
- [7] Purvis B., Mao Y., Robinson D. (2019) Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins, *Sustainability Science*, (14) 681-695.
- [8] Deklaracja z Rio w sprawie środowiska i rozwoju, Konferencja Narodów Zjednoczonych "Środowisko i Rozwój", Rio de Janeiro, 1992 (<https://libr.sejm.gov.pl/tek01/txt/inne/1992.html>) (dostęp 15.03.2025 r.)
- [9] Transformacja naszego świata: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030. Rezolucja ONZ, 2015
- [10] KONSTYTUCJA RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ z dnia 2 kwietnia 1997 r (Dz. U. z 1997 r. Nr 78, poz. 483, z 2001 r. Nr 28, poz. 319, z 2006 r. Nr 200, poz. 1471, z 2009 r., Nr 114, poz. 946)
- [11] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz.U.2001, Nr 62, poz.627
- [12] Wasilik K. (2014) Trendy w zachowaniach współczesnych konsumentów –konsumpcjonizm a konsumpcja zrównoważona, *KONSUMPCJA I ROZWÓJ*, 1(6) 66-74
- [13] Zielony Ład: klucz do neutralnej klimatycznie i zrównoważonej UE link: <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20200618STO81513/zielony-lad-klucz-do-neutralnej-klimatycznie-i-zrownowazonej-ue> (dostęp 15.03.2025 r.)
- [14] Komunikat Europejski Zielony Ład COM (2019) 640 final link: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF (dostęp: 16.05.2025).
- [15] Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego Jak dostosować Zielony Ład, by był adekwatny do celów (opinia z inicjatywy własnej) (C/2024/6877) link: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=OJ%3AC_202406877 (dostęp: 16.05.2025).
- [16] Ekspertyza pod redakcją dr. Artura Bartoszewicza, DRAPIEŻNY ZIELONY (NIE) ŁAD link: https://solidarnosc.uni.opole.pl/wp-content/uploads/Zielony_Lad.pdf (dostęp: 24.02.2025).
- [17] Gawlikowska-Fyk A., Polska w Zielonym Ładzie – korzyści, możliwości i ocena SWOT, Opinie i ekspertyzy OE-307, Kancelaria Senatu, Warszawa 2020 link: https://www.senat.gov.pl/gfx/senat/pl/senatekspertyzy/5619/plik/oe_307.pdf (dostęp: 12.03.2025).
- [18] Daheim C., Jessica Prendergast J., Rampacher J. (2023) Foresight Study on the Circular Economy and its effects on Occupational Safety and Health: Phase 2 – Micro-scenarios, Report of European Agency for Safety and Health at Work, Publications Office of the European Union, Luxembourg,





2. ŚRODOWISKOWE SKUTKI DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

2.1. Wprowadzenie

Spośród najczęściej wymienianych globalnych problemów środowiskowych (np. zmiana klimatu, utrata bioróżnorodności, kwaśne deszcze, zanieczyszczenie plastikiem, dziura ozonowa) niektóre są ściśle związane z zanieczyszczeniem powietrza. W dużym stopniu to stwierdzenie odnosi się do zagadnień omawianych w dalszej części tego rozdziału: dziury ozonowej, efektu cieplarnianego, kwaśnego deszczu i smogu. Przeglądając literaturę przedmiotu tak popularno-naukową jak i popularyzatorską nie sposób nie zauważyć, jak w różny sposób autorzy podchodzą do omawiania problemów środowiskowych. Podejście skrajne, alarmistyczne epatuje opisem gwałtownych zdarzeń i katastrof środowiskowych. Podejście prawne koncentruje się na przywoływaniu i omawianiu regulacji zapewniających prawną ochronę środowiska w określonym zakresie, na poziomie międzynarodowym, regionalnym (UE) i krajowym. Bardzo popularne jest podejście diagnostyczne koncentrujące się na szczegółowym opisie zjawiska, w tym jego źródeł i zarejestrowanych tendencji. W tym rozdziale skoncentrowaliśmy się na omówieniu podstaw fizycznych i chemicznych zjawisk, których zaburzenie wywołane zanieczyszczeniem atmosfery wpływa negatywnie na kondycję środowiska przyrodniczego oraz zdrowie i jakość życia ludzi. W zamierzeniu takie podejście powinno przyczynić się do lepszego zrozumienia istoty antropogenicznych zakłóceń procesów atmosferycznych powodowanych „krótkowzroczną” działalnością gospodarczą człowieka i wynikających z tego skutków środowiskowych [1, 2].

Całość zostanie poprzedzona krótką charakterystyką atmosfery z uwagi na jej kluczową rolę w kształtowaniu warunków umożliwiających życie na Ziemi, w tym: ochronę przed szkodliwym promieniowaniem, zapewnianie tlenu niezbędnego do oddychania dla ludzi i zwierząt, dwutlenku węgla potrzebnego roślinom do fotosyntezy oraz kształtowaniu pogody i klimatu.

2.2. Atmosfera ziemska

Atmosfera ziemska jest powłoką gazową otaczającą Ziemię. Jej podstawowy skład kształtują cztery komponenty: azot - 78,08%, tlen - 20,95%, argon - 0,93% i dwutlenek węgla - 0,0378% (v/v). Podany skład jest stały do wysokości 80 km n.p.m., niezależnie od postępującego rozrzedzenia atmosfery w miarę rosnącej odległości od powierzchni Ziemi.

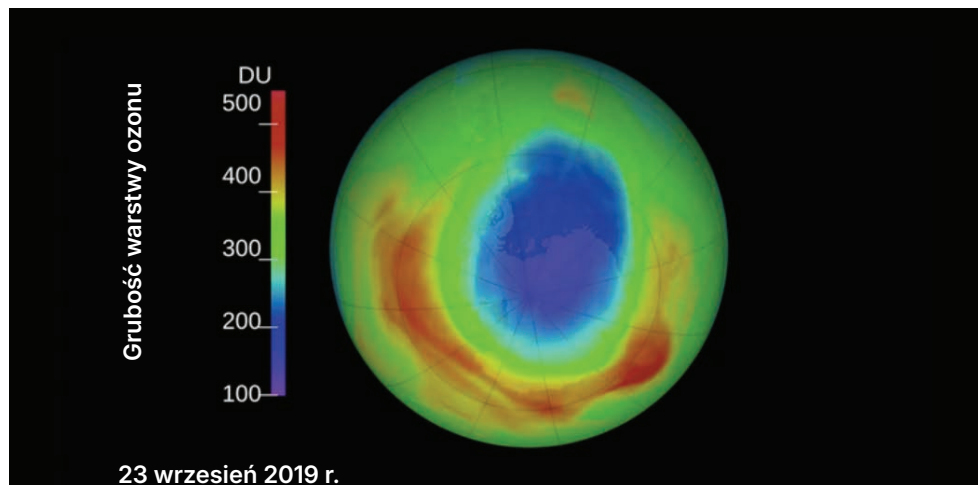
Biorąc pod uwagę zmiany temperatury termodynamicznej zachodzące w atmosferze można wyodrębnić cztery warstwy atmosfery:

- troposferę: 0-15 km n.p.m., temperatura obniża się wraz z wysokością,
- stratosferę: 15-50 km n.p.m., temperatura wzrasta wraz z wysokością,
- mezosferę: 50-85 km n.p.m., temperatura obniża się wraz z wysokością,
- termosferę: 85-500 km n.p.m., temperatura wzrasta wraz z wysokością;

Cząsteczki gazów atmosferycznych obecne w najbardziej zewnętrznym obszarze atmosfery (termosfera) są wystawione na oddziaływanie pełnego zakresu energii promieniowania słonecznego (kosmicznego): zakres ultrafioletu (UV: 10-400 nm) ok. 7%, zakres widzialny (VIS: 400-700 nm) ok. 43% oraz zakres podczerwieni (IR: 700-2500 nm) ok. 50%. Maksimum energii promieniowania słonecznego przypada na $\lambda = 500$ nm (promieniowanie o barwie zielono-niebieskiej). Podczas przechodzenia przez atmosferę promieniowanie słoneczne ulega osłabieniu. W termosferze zachodzi pochłanianie promieniowania X i promieniowania γ zaliczanych do epizodycznych składników promieniowania słonecznego oraz absorpcji najbardziej energetycznego fragmentu widma UV (10-120 nm). Dalsze osłabienie promieniowania wysokoenergetycznego zachodzi w stratosferze. W warstwie atmosfery przylegającej do powierzchni Ziemi – troposferze następuje rozpraszanie promieniowania UV oraz absorpcja promieniowania IR. W rezultacie do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie pozbawione komponentów o największej energii: UV (280-400 nm) od 3 do 5%, VIS (400-700 nm) od 42 do 45% oraz IR (700-2500 nm) od 50 do 55%. Zatem widmo słoneczne na powierzchni Ziemi różni się od jego widma kosmicznego. Maksimum energii uległo przesunięciu w stronę fal dłuższych do $\lambda = 550-600$ nm (promieniowanie o barwie żółto-pomarańczowej).

Omawianie problemów środowiskowych wywołanych zanieczyszczeniem atmosfery ziemskiej zaczniemy od zakłóceń procesów zachodzących w górnej warstwie atmosfery – stratosferze.

2.3. Dziura ozonowa



Rys. 4. Dziura ozonowa nad półkulą południową Ziemi (niebieski obszar).

Źródło: <https://www.donald.pl/artykuly/fGopQnMW/dzieki-miedzynarodowej-wspolpracy-i-porozumieniom-dziura-ozonowa-jest-bardzo-mala>

Wspomniane już uprzednio osłabienie wysokoenergetycznego promieniowania UV przy przenikaniu przez stratosferę jest procesem stosunkowo złożonym. Promieniowanie UV docierające do atmosfery z punktu widzenia oddziaływania biologicznego można podzielić na trzy pasma [1, 2]:

- UV-A (315-400 nm) pasmo promieniowania UV o najniższej energii, nie stwarza zagrożenia, jeżeli okres oddziaływania jest krótki. Przenika głęboko w skórę i prowadzi do „fotostarzenia”. Długotrwała ekspozycja może prowadzić do uszkodzenia DNA.
- UV-B (280-315 nm) jest pasmem szkodliwym dla roślin, zwierząt i ludzi w przypadku długiego czasu ekspozycji. Promieniowanie jest źródłem opalenizny. Pobudza obecne w skórze melanocyty zdolne do syntezy melaniny, substancji, która absorbuje część promieni słonecznych i nadaje skórze ciemniejszy odcień. Odpowiada za oparzenia słoneczne, uszkodzenia DNA i przyczynia się do powstawania raka skóry. Najsilniejsze oddziaływanie UV-B jest w okresie letnim, pomiędzy godzinami 10. a 15.
- UV-C (<280 nm) silnie mutagenne, zabójcze dla komórek niszczy każdą formę życia (DNA i RNA).

Każde z tych pasm w innym stopniu ulega osłabieniu przy przechodzeniu przez atmosferę. Pasma UV-C ulega praktycznie pełnej absorpcji w mezosferze i górnej warstwie stratosfery, w rezultacie do powierzchni

ziemi nie dociera wysoce energetyczne pasmo UV-C. Pasma UV-B jest silnie absorbowane przez ozon obecny w stratosferze. Do powierzchni ziemi dociera ok. 5-10% początkowego promieniowania należącego do pasma UV-B. Z kolei najmniej energetyczne promieniowanie UV-A podczas przechodzenia przez atmosferę jest pochłaniane jedynie w niewielkim stopniu, w efekcie ok. 90–95% promieniowania UV-A docierającego do górnej granicy atmosfery, po przejściu przez atmosferę osiąga powierzchnię ziemi. Mechanizm osłabiania promieniowania słonecznego przenikającego przez atmosferę polega na absorpcji promieniowania przez cząsteczki gazów obecnych w atmosferze. Promieniowanie o najwyższej energii (UV-C) jest pochłaniane przez cząsteczki tlenu, azotu i ozonu. Atomy tlenu (O) powstające podczas fotolizy tlenu cząsteczkowego (O_2) tworzą z pozostałymi cząsteczkami tlenu cząsteczki ozonu (O_3). Z kolei cząsteczki ozonu absorbując promieniowanie o mniejszej energii, przede wszystkim pasmo UV-B, ulegają przemianom prowadzącym do odtworzenia cząsteczek tlenu (O_2). Naturalna równowaga pomiędzy tworzeniem ozonu i jego rozpadem powinna zapewniać „stałą” zawartość ozonu w stratosferze, co jednak nie oznacza, że ozon jest rozmieszczony równomiernie w stratosferze. Największe stężenie ozonu występuje w pasie 20-25 km (warstwa ozonowa, ozonosfera). Tak uformowana warstwa ozonowa otacza całą Ziemię. Najgrubsza warstwa czystego ozonu jest nad biegunami, cieńsza, ale znacznie stabilniejsza jest warstwa ozonu nad równikiem. Średnia światowa zawartość ozonu w słupie powietrza atmosferycznego wynosi 300 DU (jednostek Dobsona).

Warto wiedzieć, że Gordon Dobson (1889-1976) brytyjski fizyk i meteorolog opracował pierwszy przyrząd do pomiaru całkowitego ozonu w kolumnie powietrza od powierzchni Ziemi do krawędzi atmosfery (lata 20-te XX w.), a wyniki badań realizowanych za pomocą spektrometru Dobsona są jedną z najdłuższych istniejących serii pomiarów geofizycznych [1–3].

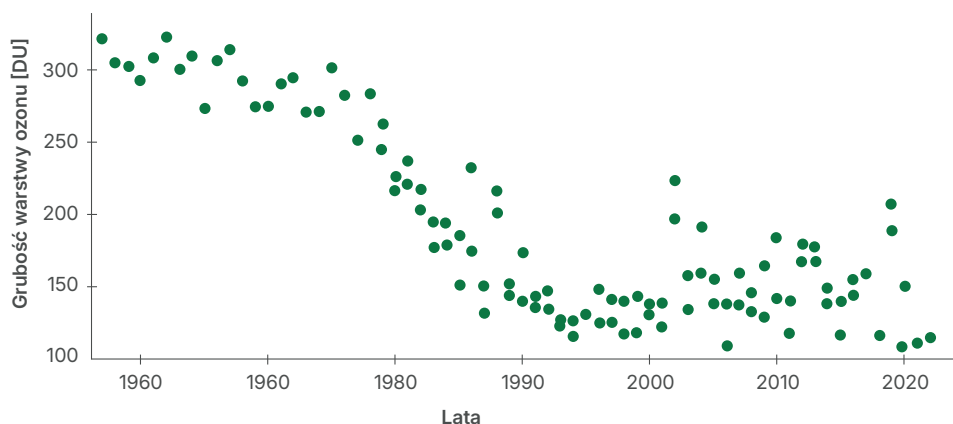
Niezakłócona ozonosfera powinna zapewniać optymalną ochronę przed ekspozycją na UV-B. Niestety działalność gospodarcza ludzi poprzez towarzyszące jej emisje do atmosfery doprowadziła do zaburzenia tej równowagi i w rezultacie do zubożenia warstwy ozonowej, czyli powstania tzw. dziury ozonowej, którą zdefiniowano jako obszar, w którym zawartość ozonu jest mniejsza niż 220 DU. Próg 220 DU został arbitralnie przyjęty przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO), ponieważ wcześniej w historii wartości niższe niż 220 DU nie były obserwowane.

Badania wykazały, że freony, substancje stosowane jako ciecze chłodzące w lodówkach i chłodziarkach oraz gazy nośne wykorzystywane

w pojemnikach aerozolowych kosmetyków już od lat 30. XX wieku, miały nieprzewidziany negatywny wpływ na stabilność warstwy ozonowej. Wszystkie te substancje bierne chemicznie (niereaktywne) i nieszkodliwe dla ludzi przez dekady krążyły w troposferze, nie wyrządzając odczuwalnych szkód. Jednakże, gdy dotarły do stratosfery, stały się zagrożeniem dla życia na Ziemi. Pod wpływem promieniowania UV cząsteczki tych związków chemicznych ulegały fotolizie, uwalniając reaktywny chlor, niszczący warstwę ozonową obecną w stratosferze. Podobne zachowanie dotyczyło także związków organicznych zawierających brom. Szacuje się, że około 80% chloru i bromu w stratosferze nad Antarktydą to skutek uboczny aktywności gospodarczej ludzi.

Początkowo, jeszcze przed rokiem 1960 niewielu naukowców wiązało działalność człowieka z niszczeniem warstwy ozonowej w stratosferze. Decydujący stał się rok 1974 r. kiedy chemicy Molina i Rowland opublikowali przełomowy artykuł w prestiżowym czasopiśmie *Nature*, wskazując, że warstwę ozonową niszczą freony [1–4]. Za wyjaśnienie mechanizmu rozkładu ozonu przez freony zespół badaczy: M. Molina, F.S. Rowlands i P. Crutzen (USA) został uhonorowany w 1995 r. Nagrodą Nobla [5]. Udowodnione destrukcyjne działanie freonów doprowadziło w 1987 r. do podpisania Protokołu montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową [6]. Protokół montrealski (do Konwencji Wiedeńskiej o Ochronie Warstwy Ozonowej, sporządzonej w Wiedniu dnia 22 marca 1985 r. [7]) stanowi globalne porozumienie służące ochronie warstwy ozonowej w ziemskiej stratosferze poprzez stopniowe wycofywanie z produkcji i użycia substancji chemicznych degradujących warstwę ozonową. Protokół montrealski wszedł w życie w 1989 r. i od tego czasu był kilkakrotnie zmieniany. W najnowszej poprawce do Protokołu – tzw. poprawce z Kigali [8] wzywa się do stopniowego wycofywania z obrotu wodorofluorowęglowodórów, którymi co prawda skutecznie zastępowano substancje niszczące warstwę ozonową, ale z drugiej strony są to substancje przyczyniające się do zmian klimatu (wzrostu efektu cieplarnianego).

Protokół montrealski okazał się dużym sukcesem międzynarodowej współpracy w skali globalnej. W raporcie World Meteorological Organization (WMO) [9] analizującym realizację zapisów Protokołu montrealskiego potwierdzono wycofanie prawie 99% zakazanych substancji zubożających warstwę ozonową. Działania te doprowadziły do zauważalnego przywrócenia ochronnej warstwy ozonowej w górnej stratosferze i zmniejszenia narażenia ludzi na szkodliwe promieniowanie słoneczne UV. Obecnie można uznać, że zjawisko destrukcji warstwy ozonowej ustabilizowało się i powoli słabnie (Rys. 5).



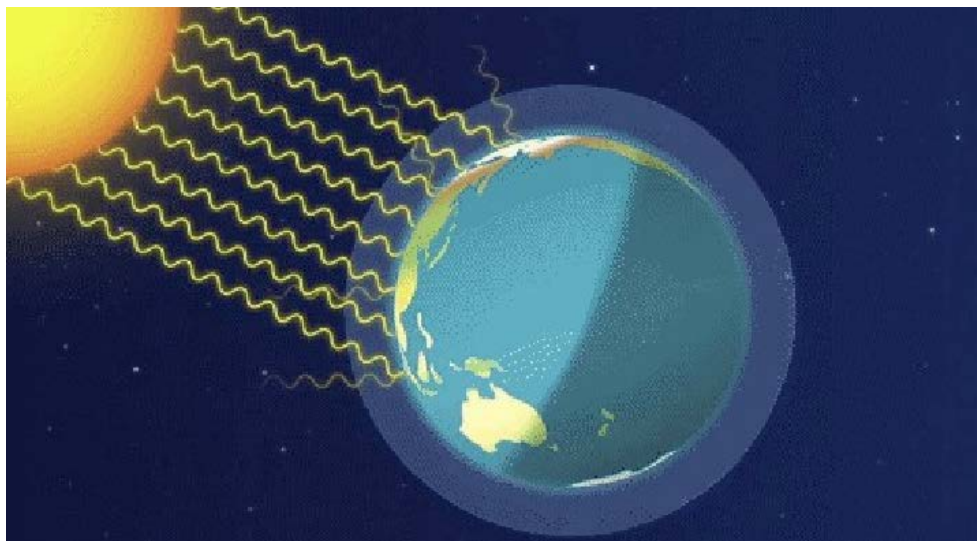
Rys.5. Wyniki monitoringu ozonu atmosferycznego w latach 1980-2023 r.
Opracowanie własne na podstawie danych NASA [10].

Największy w historii zasięg dziury ozonowej na półkuli południowej wynoszący 28,4 mln km², który miał miejsce we wrześniu 2000 r., przestał przyrastać. Według wspomnianego raportu, przy zachowaniu obecnej polityki wycofywania szkodliwych substancji zakłada się, że warstwa ozonowa zostanie przywrócona do stanu co najmniej z 1980 roku do 2040 roku. W przypadku Antarktydy regeneracja warstwy spodziewana jest około 2066 roku, a w Arktyce do 2045 roku [9].

Do tego czasu ludzie i całe środowisko przyrodnicze będą narażone na nadmierną ekspozycję promieniowania UV. W Polsce od początku lat 90 Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy prowadzi monitoring promieniowania UV. Pomiary są realizowane w trzech lokalizacjach: w Łebie, Legionowie i Zakopanem. Wyniki są ogłaszane w bieżących serwisach pogodowych. W okresie letnim (w godzinach okołopołudniowych i w bezpośrednim słońcu) indeks UV przyjmuje wartości z zakresu wysokiego i bardzo wysokiego, podczas gdy w okresie jesienno-zimowym indeks UV w tych warunkach ma poziom niski, co jest korzystniejsze dla bezpieczeństwa zdrowotnego ludzi [11].

2.4. Efekt cieplarniany

Promieniowanie słoneczne docierające do Ziemi jest głównym źródłem energii na naszej planecie. Słońce, na którego powierzchni panuje temperatura ok. 5800 K jest w głównej mierze źródłem promieniowania krótkofalowego (UV-VIS). Na drodze do Ziemi, część tego promieniowania ulega odbiciu od chmur, aerozoli atmosferycznych oraz również od powierzchni Ziemi



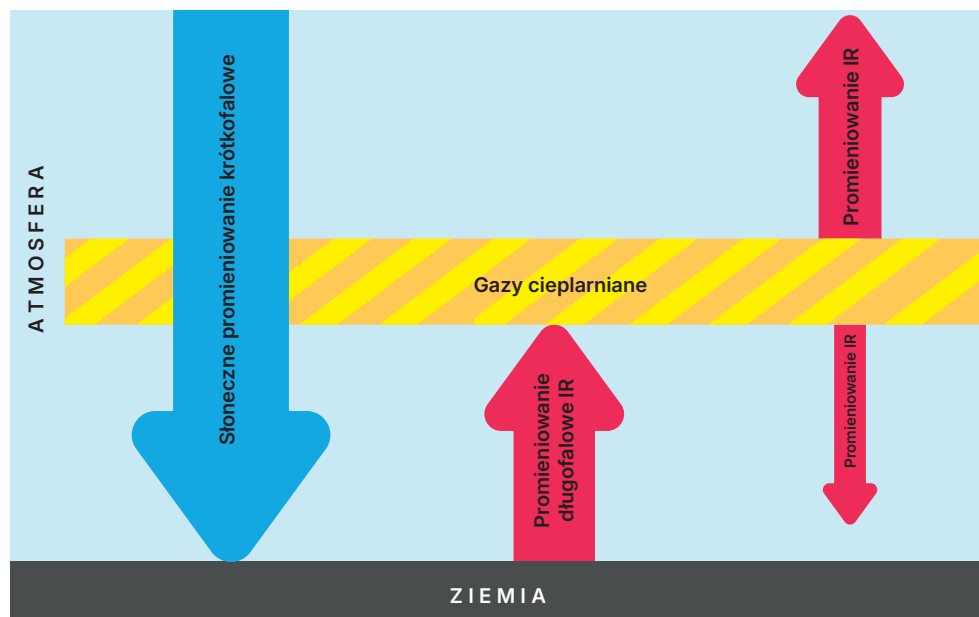
Rys. 6. Efekt cieplarniany.

Źródło: Photo: ©ESA na stronie: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/11/The_greenhouse_effect

i wraca do przestrzeni kosmicznej. Ocenia się, że tzw. współczynnik *albedo*[#] wyrażający stosunek energii promieniowania odbitego do energii promieniowania padającego na powierzchnię Ziemi wynosi $A = 31\%$. Pozostałe 69% energii promieniowania słonecznego ulega pochłonięciu (absorpcji): 1/3 w atmosferze ziemskiej a 2/3 przez lądy i oceany. Po zaabsorbowaniu krótkofalowe promieniowanie słoneczne staje się źródłem energii niezbędnej do wzrostu biomasy (fotosynteza), ogrzania powierzchni Ziemi i do realizacji przejść fazowych wody. W stanie stacjonarnym (rzeczywistym) energia pochłoniętego promieniowania jest równoważna energii promieniowania długofalowego (IR) emitowanego przez powierzchnię Ziemi do atmosfery [1].

Matematyczne ujęcie równowagi energetycznej charakterystycznej dla opisanego stanu stacjonarnego umożliwia w stosunkowo prosty sposób obliczenie średniej globalnej temperatury powierzchni Ziemi. Uzyskuje się wartość $T_{obl.} = 254\text{ K}$, czyli niższą o 36 K od zmierzonej średniej temperatury powierzchni Ziemi ($T_{rzecz.} = 290\text{ K}$). Przyczyną tej rozbieżności jest założenie, że całe promieniowanie długofalowe emitowane przez Ziemię dociera bez przeszkód do przestrzeni kosmicznej. W rzeczywistości większa część tego promieniowania ulega absorpcji przez cząsteczki gazów obecnych w niższych warstwach atmosfery ziemskiej. Następuje wzrost energii tych cząsteczek. Pochłonięta energia jest następnie zwracana poprzez emisję takiego samego promieniowania długofalowego, ale rozchodzącego się we

wszystkich kierunkach, również w kierunku Ziemi. W rezultacie Ziemia absorbuje dodatkową porcję energii, jest zatem dodatkowo ogrzewana, czego wynikiem jest podwyższenie temperatury w porównaniu do wartości będącej wynikiem bezpośredniego ogrzewania Ziemi promieniowaniem słonecznym (Rys. 7).



Rys.7. Schemat uproszczonego modelu efektu cieplarnianego.

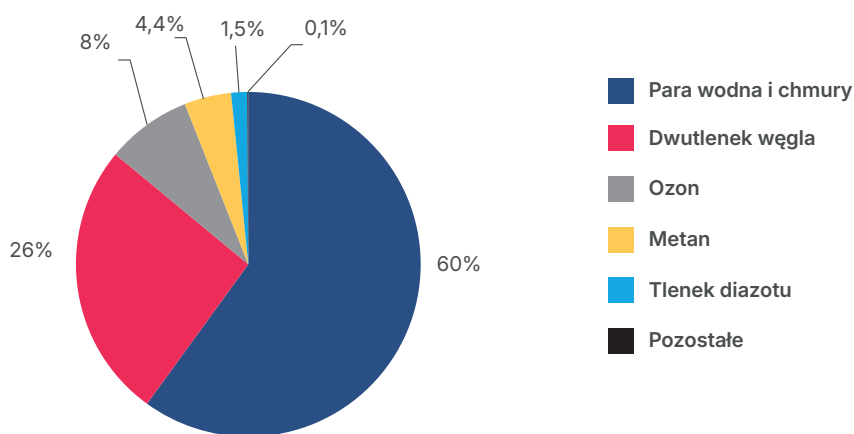
Źródło: Opracowanie własne.

Powyżej 5,5 km n.p.m. pochłanianie promieniowania długofalowego zachodzi jedynie w niewielkim stopniu. Warto dodać, że na tej wysokości nieprzypadkowo panuje temperatura bliska wartości obliczonej ($T = 254\text{ K}$). Analogiczne obliczenia przeprowadzone dla innych planet Układu Słonecznego dostarczyły również wartości temperatur niższych od temperatur rzeczywistych panujących na ich powierzchni: Mars $T_{\text{obl.}} = 217\text{ K}$, $T_{\text{rzecz.}} = 223\text{ K}$, stąd $\Delta T = 6\text{ K}$, Wenus $T_{\text{obl.}} = 227\text{ K}$, $T_{\text{rzecz.}} = 732\text{ K}$, stąd $\Delta T = 505\text{ K}$.

Zjawisko wywoływane przez atmosferę, w wyniku czego temperatura planety jest wyższa niż gdyby planeta nie posiadała atmosfery nosi nazwę efektu cieplarnianego [1,2]. Zatem, efekt cieplarniany występuje na planetach i księżycach posiadających atmosferę i ogrzewanych przez gwiazdy. W Układzie Słonecznym poza Ziemią, Marsem i Wenus również na księżycu Saturna – Tytanie. Na Ziemi, co należy mocno podkreślić, efekt cieplarniany jest kluczowym czynnikiem utrzymującym życie w formach jakie znamy. Za twórcę tego terminu uważa się szwedzkiego fizykochemika

Svante Arrheniusa (1859-1925 r.), laureata Nagrody Nobla (1903 r.), znanego z podręczników szkolnych autora teorii dysocjacji elektrolitycznej. W publikacjach omawiających efekt cieplarniany wśród pionierów badań tego zjawiska wymieniani są także francuski matematyk i fizyk Joseph Fourier (1768-1830 r.) oraz Irlandzki fizyk John Tyndall (1820-1893 r.).

Biorąc po uwagę naturę oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z substancjami w fazie gazowej, można wnioskować, że nie wszystkie składniki atmosfery ziemskiej przyczyniają się do efektu cieplarnianego. Promieniowania długofalowego nie pochłaniają i nie emitują cząsteczki gazów utworzone przez dwa atomy tego samego pierwiastka np. N_2 i O_2 , oraz gazy tworzone przez pojedyncze atomy (gazy szlachetne np. He i Ar). Inaczej zachowują się obecne w atmosferze cząsteczki gazów zbudowane z trzech i więcej atomów: para wodna (H_2O), dwutlenek węgla (CO_2), metan (CH_4), podtlenek azotu (N_2O), trifluorometan (HF_3C , przedstawiciel szerokiej grupy związków zaliczanych do fluorowęglowodorów), heksafluoroetan (C_2F_6 , przedstawiciel szerokiej grupy związków zaliczanych do perfluorowęglowodorów) oraz sześćfluorek siarki (SF_6). Wszystkie składniki atmosfery, które pochłaniają promieniowanie długofalowe emitowane przez powierzchnię Ziemi są zaliczane do gazów cieplarnianych (Rys.6). Zmiany stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze mogą być spowodowane zarówno czynnikami naturalnymi, jak i na skutek działalności człowieka (np. CO_2 , CH_4 i N_2O). Ta uwaga nie dotyczy fluorowanych gazów cieplarnianych, które nie występują naturalnie, lecz są celowo wytwarzane z uwagi na liczne zastosowania [1,2].



Rys.8. Udział gazów cieplarnianych w kreowaniu efektu cieplarnianego.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [12].

Wielkością charakteryzującą wpływ wybranego gazu na efekt cieplarniany jest współczynnik globalnego ocieplenia (ang. *Global Warming Potential*, GWP). GWP opisuje długoterminowy (najczęściej 100 letni) wkład dowolnego gazu w ocieplenie w porównaniu z wkładem wnoszonym przez CO₂. Dwutlenek węgla ma GWP równy 1.

Najważniejszym gazem cieplarnianym dla Ziemi jest para wodna, efekt cieplarniany związany z jej obecnością w atmosferze jest oceniany na 110 W·m⁻². Udział pary wodnej w kreowaniu efektu cieplarnianego jest około dwukrotnie większy od udziału wszystkich pozostałych gazów. Para wodna jest jednak najbardziej zmiennym składnikiem troposfery. Bardzo krótki czas przebywania w troposferze (ok. 10 dni) jest niewystarczający do całkowitego wymieszania z pozostałymi gazowymi składnikami troposfery i stąd duża zmienność stężenia pary wodnej zależnie od miejsca i czasu. Globalna średnia wilgotność względna wynosi ok. 1% i w zasadzie nie obserwuje się bezpośredniego wpływu działalności człowieka na jej wzrost. Obserwowane są natomiast zjawiska udziału pary wodnej w procesach mających przeciwny wpływ na efekt cieplarniany. Z jednej strony globalne ocieplenie prowadzi do wzrostu szybkości parowania wody z powierzchni oceanów i lądów, co skutkuje przyrostem stężenia pary wodnej w atmosferze. Z drugiej strony rosnące zachmurzenia troposfery, przyczynia się do większego odbicia i absorpcji promieniowania słonecznego (krótkofalowego), tym samym maleje strumień energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. Z tych względów, ale także innych, których omówienie wykracza poza ramy tego opracowania, pokazane wartości liczbowe należy traktować raczej jako pogładowe.

Do najważniejszych obok pary wodnej gazów cieplarnianych zalicza się CO₂. Efekt cieplarniany wynikający z obecności CO₂ jest oceniany na ok. 50 W·m⁻². Ta stosunkowo wysoka wartość, w porównaniu z niską wartością GWP = 1 jest wynikiem znacznej zawartości CO₂ w atmosferze (426 ppmv) w porównaniu np. do CH₄ (1,94 ppmv) i tlenu diazotu (0,34 ppmv), dane dla 2024 roku [13]. Zawartości fluorowęglowodorów są ok. trzy rzędy niższe (maksimum kilkaset ppbv). Jak już wspomniano źródła CO₂ mają pochodzenie naturalne i antropogeniczne. Do naturalnych należy zaliczyć procesy oddychania organizmów, rozkład materii organicznej, pożary naturalne, aktywność wulkaniczną i wietrzenie skał węglanowych. Znaczącym źródłem CO₂ są także oceany, które jednakże równie efektywnie pochłaniają CO₂ z atmosfery. Źródła antropogeniczne to przede wszystkim spalanie paliw kopalnych oraz spalanie biomasy. Wyraźnie mniejszy wkład do efektu cieplarnianego ma CH₄ (1,7 W·m⁻²). Metan powstaje w procesach rozkładu materii organicznej w warunkach beztlenowych (tereny bagienne, pola

ryżowe, składowiska odpadów), przenika do atmosfery podczas eksploatacji złóż paliw kopalnych, ich transportu i niepełnego spalania oraz jest wydzielany przez układy trawienne zwierząt przeżuwających i termitów. W Polsce 90% emisji metanu pochodzi z kopalń węgla kamiennego [14]. Istotne znaczenie przypisuje się również trudnym do oszacowania ilościom metanu zgromadzonego w lodowcach i glebach na obszarach wiecznej zmarzliny (hydraty klatratowe $\text{CH}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$). Ocieplenie klimatu, prowadzące do uwolnienia jedynie tylko części tego zmagazynowanego metanu, może wydatnie przyczynić się do dalszego ocieplenia.

Ozon w warstwie troposferycznej w odróżnieniu od ozonu stratosferycznego w znacznym stopniu ma pochodzenie antropogeniczne, jego źródłem są procesy spalania paliw oraz pożary i wypalanie lasów i pastwisk. Całkowity wkład ozonu w efekt cieplarniany szacuje się na $1,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Zbliżony efekt cieplarniany wykazuje tlenek azotu(I). Jego głównym źródłem są naturalne procesy denitryfikacji zachodzące pod wpływem mikroorganizmów w glebach i wodach powierzchniowych. Pewien wpływ na intensywność tych procesów ma rosnące zużycie nawozów azotowych. Mniejsze znaczenie mają emisje z procesów przemysłowych, np. produkcji kwasu adypinowego i azotowego.

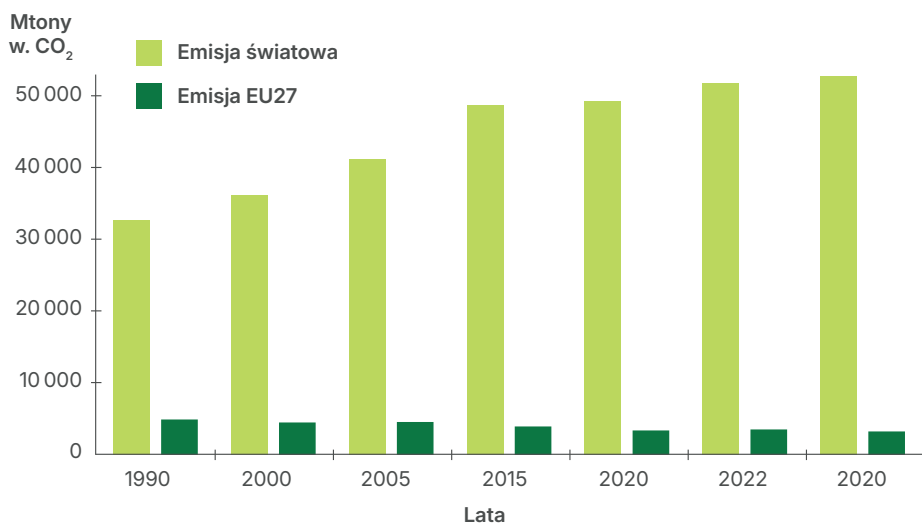
Spośród gazów cieplarnianych najniższe stężenia w atmosferze mają fluorowęglowodory i perfluorowęglowodory (razem ok. 0,08 ppbv), ale ich GWP jest o dwa do trzech rzędów większe od GWP dla CO_2 . Ich znaczącą rolę w kształtowaniu efektu cieplarnianego wyznacza długi czas przebywania w atmosferze, dla perfluorowęglowodórów oceniany jest na tysiące do dziesiątków tysięcy lat.

Źródłem fluorowęglodorów są czynniki chłodnicze w chłodnictwie oraz klimatyzacji, czynniki spieniające wykorzystywane do produkcji pianek i wyrobów zawierających pianki, rozpuszczalniki do czyszczenia elementów metalowych oraz układów elektronicznych, gazy izolujące w rozdzielnicach wysokiego napięcia w elektroenergetyce oraz gazy pędne do produkcji aerozoli. Warto podkreślić, że zapotrzebowanie na fluorowęglowodory wzrosło szczególnie po wycofaniu freonów i halonów[#] z uwagi na ich niszczące działanie warstwy ozonowej. Perfluorowęglowodory dostają się do atmosfery w wyniku emisji z zakładów produkujących aluminium (elektroliza boksytu) i magnez, z zakładów produkujących układy scalone i inne komponenty elektroniczne (czyszczenie, trawienie plazmowe) oraz zakładów produkujących teflon i podobne substancje powłokowe.

W XXI w. obserwowany jest systematyczny wzrost globalnej emisji gazów cieplarnianych, za co w głównej mierze odpowiedzialna jest rosnąca

emisja CO₂ ze spalania paliw kopalnych (Chiny, Indie i inne gospodarki wschodzące). W okresie upływającego ćwierćwiecza odnotowano jedynie dwa chwilowe spadki emisji gazów cieplarnianych, pierwszy spowodowany był światowym kryzysem finansowym w 2009 r., drugi pandemią COVID-19 w 2020 r. Zgodnie z zarysowaną tendencją dane z 2023 r. stanowią najwyższy odnotowany dotychczas poziom - 53,0 Gt ekw. CO₂ (co stanowi wzrost o 1,9% lub 994 Mt ekw. CO₂ w porównaniu z danymi z 2022 r.). Warto zaznaczyć, że przywołane wartości emisji nie obejmują skutków użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów oraz leśnictwa [15].

Dla wyjaśnienia: tona ekwiwalentu dwutlenku węgla [t ekw. CO₂] jest jednostką miary używaną do określania masy gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery, które powodowałyby takie samo globalne ocieplenie jak 1 tona CO₂. Ponieważ jak już wspomniano różne gazy cieplarniane mają różne zdolności pochłaniania promieniowania ciepłego w atmosferze (GWP) to żeby określić ekwiwalent dwutlenku węgla dla danego gazu, należy pomnożyć masę tego gazu (w tonach metrycznych) przez jego GWP. Zatem 1 t metanu (GWP = 25) ma taki sam efekt ocieplenia w okresie 100 lat jak 25 t CO₂. Podobnie, 1 tona podtlenku azotu (GWP = 298) potencjalnie wywołuje efekt cieplarniany równoważny 298 t CO₂ w okresie 100 lat.



Rys.9. Porównanie światowej emisji gazów cieplarnianych z emisją EU27

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EC.EDGAR [15]

Największymi emitentami gazów cieplarnianych na świecie w 2023 r. były Chiny, Stany Zjednoczone, Indie, UE27, Rosja i Brazylia, razem prawie 63% światowej emisji (Rys.7). Wymienione kraje razem reprezentują 50% światowej populacji, 63% światowego produktu krajowego brutto, 64% światowego zużycia paliw kopalnych. Spośród największych emitentów Chiny, Indie, Rosja i Brazylia w 2023 r. zwiększyły swoje emisje w porównaniu z 2022 r., przy czym Indie odnotowały największy wzrost w ujęciu względnym (+6,1%), a Chiny największy wzrost bezwzględny o 784 Mt ekw. CO₂. W tym samym czasie kraje UE27 zmniejszyły emisję gazów cieplarnianych o 7,5% (-261 Mt ekw. CO₂), a ich udział globalnej emisji zmalał z 6,8% w 2022 r. do 6,1% w 2023 r. [15].

Warto podkreślić, że z wyjątkiem Chorwacji i Cypru, pozostałe kraje UE odnotowały spadek poziomu emisji w porównaniu z rokiem poprzedzającym. Największy względny spadek nastąpił w sektorze energetycznym, w którym emisje zmniejszyły się o 20,1%. Spalanie i procesy przemysłowe wykazały drugi najwyższy spadek - 8,1% poniżej poziomu z 2022 r. W UE27 na czele największych emitentów gazów cieplarnianych znajdowały się Niemcy - 682 Mt ekw. CO₂. Mniejszymi emitentami były kolejno Francja, Włochy, Polska i Hiszpania (dane z 2023 r.). Bardziej szczegółowe dane zostały zebrane w tabeli 2.

Tabela 2. Emisja gazów cieplarnianych w państwach zaliczanych do największych emitentów europejskich

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EC.EDGAR [15]

Kraj	Emisja całkowita [Mt ekw. CO ₂]	Emisja <i>per capita</i> [t ekw. CO ₂ /mieszk.]	Emisja na jedn. PKB [t ekw. CO ₂ /1000 \$]
Niemcy	682	8,26	0,13
Francja	386	5,81	0,10
Wielka Brytania	379	5,55	0,10
Włochy	374	6,36	0,12
Polska	364	9,67	0,23
Hiszpania	285	6,15	0,13

Całkowita emisja gazów cieplarnianych sytuuje Polskę w grupie kilku państw lokujących się bezpośrednio za największym emitentem europejskim – Niemcami. Pozycja Polski staje się znacznie mniej korzystna w przypadku użycia wskaźników emisji odzwierciedlających liczbę ludności lub PKB. W obu przypadkach Polska pozycjonuje się na samym czelu emitentów europejskich.

Odzwierciedleniem postępującego zanieczyszczenia troposfery gazami cieplarnianymi są rosnące wartości stężeń trzech gazów cieplarnianych CO₂, CH₄ i N₂O (Tabela 3).

Tabela 3. Aktualne i historyczne stężenia CO₂, CH₄ i N₂O w troposferze
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EC.EDGAR [15]

Lata	Stężenie w troposferze		
	CO ₂ [ppm]	CH ₄ [ppb]	N ₂ O [ppb]
1750	280	700	270
1980	339	-	-
1985	346	1657	-
1990	354	1714	-
1995	360	1748	-
2000	364	1773	316
2005	379	1774	319
2010	389	1799	323
2015	400	1834	328
2020	412	1879	333
2024	-	1938	338
2025	428	-	-

Dane z 1750 r. stanowią odniesienie charakteryzujące stężenie gazów w epoce przedindustrialnej. I to jest istotne, albowiem często uważa się, że sama obecność gazu zaliczanego do cieplarnianych jest źródłem ocieplenia klimatu. Naturalna obecność gazów cieplarnianych, w stężeniach bliskich przedindustrialnym, jest niewątpliwie źródłem efektu cieplarnianego, któremu jak to wybrzmiało już wcześniej zawdzięczamy życie na Ziemi w znanych nam formach. Natomiast problemem środowiskowym wymagającym rozwiązania jest progresja efektu cieplarnianego powodowana narastającymi stężeniami gazów cieplarnianych (np. stężenie CO_2 wzrosło o ok. 150%, stężenie CH_4 o ok. 280% i stężenie N_2O o ok. 125% w porównaniu poziomu przedindustrialnego), którą można wiązać z ociepleniem klimatu.

2.5. Smog



Rys. 10. Smog londyński oraz smog typu Los Angeles.

Źródło: Fragmenty ilustracji opublikowanych na stronie <https://ranking-oczyszczaczy.pl/poradnik-czystego-powietrza/rodzaje-smogu/>

Smog jest rodzajem zanieczyszczenia powietrza, polegającym na ograniczeniu widoczności przez mgłę powstałą ze stałych lub ciekłych cząstek aerozoli atmosferycznych, lub prościej smog to mgła zawierająca zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Smog powstaje w wyniku koincydencji znacznego zanieczyszczenia powietrza oraz warunków sprzyjających kumulacji tych zanieczyszczeń. Nazwa jest kompilacją dwóch słów angielskich: *smoke* (dym) oraz *fog* (mgła). W szerokiej gamie zanieczyszczeń powietrza

i warunków sprzyjających ich kumulacji wyróżnia się dwa przypadki graniczne: smog klasyczny nazywany tradycyjnie smogiem londyńskim oraz smog fotochemiczny określany również jako smog typu Los Angeles [1,2].

Smog klasyczny i niekorzystne skutki oddziaływania tego rodzaju zanieczyszczenia na warunki życia mieszkańców miast były znane od dawna. W 1661 ukazała się broszura autorstwa Johna Evelyn (1620-1706) będąca przesłaniem skierowanym do władz pt. *Fumifugium, czyli niedogodności związane z powietrzem i dymem Londynu wraz z środkami zaradczymi pokornie zaproponowanymi Jego Świątobliwej Mości i zgromadzonemu Parlamentowi*. Historycy badań nad środowiskiem uważają ten tekst za „...najbardziej obszerną i ambitną analizę zanieczyszczenia powietrza w miastach, jaka powstała na początku okresu nowożytnego” [16]. Warto podkreślić, że dzisiejsza Wielka Brytania ma kilkuset letnią historię zmagania ze smogiem, a dokładnie historię wyborów pomiędzy priorytetami społecznymi i gospodarczymi. Z innymi przykładami można zapoznać się w książce prof. P. Kleczkowskiego *Smog w Polsce. Przyczyny, wpływ na zdrowie, przeciwdziałanie* [17].

Historia smogu fotochemicznego jest znacznie krótsza. Pierwsze oznaki pojawiły się w Los Angeles w latach 40. XX wieku. Miasto było już wówczas dużym ośrodkiem przemysłowym działającym w trybie wojennym, w tym również ważnym centrum przemysłu chemicznego. Los Angeles było też największym rynkiem samochodowym w USA, w mieście kursowało ponad milion samochodów. Pierwszy, duży smog miał miejsce 26 lipca 1943 roku. Z uwagi na prowadzone działania wojenne, podejrzewano nawet użycie broni chemicznej przez Japonię. Dopiero w latach 50. udowodniono związek smogu fotochemicznego z intensywnym ruchem samochodowym. Ta prawda z trudnością docierała do społeczeństwa zafascynowanego „krążownikami szos”. Jeszcze w latach 60. w niektórych częściach Los Angeles gęsta mgła smogowa utrzymywała się nawet przez 200 dni w roku. Z powodu brunatno-pomarańczowej mgły ledwo widoczne były pasma gór wokół Los Angeles [1,2].

2.5.1. Smog klasyczny

Smog klasyczny zwany też smogiem kwaśnym, a rzadziej smogiem czarnym, powstaje w wilgotnym powietrzu silnie zanieczyszczonym substancjami pochodzącymi ze spalania paliw stałych: dwutlenkiem siarki (SO_2), tlenkami azotu, tlenkami węgla, popiołami lotnymi i sadzą. Cechą charakterystyczną jest wysokie stężenie SO_2 , który będąc łagodnym czynnikiem redukującym, bezwodnikiem kwasu siarkawego oraz prekursorem kwasu siarkowego, nadaje smogowi klasycznemu właściwości kwasowe i redukujące. Częstki sadzy w przypadku dużej wilgotności powietrza, stają się efektywnymi centrami kondensacji pary wodnej tworząc silnie drażniącą mgłę.

Podczas spalania węgla kamiennego w powietrzu źródłem ciepła (21-30 MJ/kg [18]) jest reakcja spalania węglowodorowej struktury węgla kamiennego, której produktami są dwutlenek węgla i para wodna. W sytuacji niedostatku tlenu, spalanie przestaje być pełne i generowane są pewne ilości tlenku węgla (popularny czad). Przy jeszcze większym deficycie tlenu, w strefie komory spalania o nieco niższej temperaturze, zachodzi piroliza węgla generująca sadzę i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), których najbardziej niebezpiecznym przedstawicielem jest benzo[a]piren. W przypadku klasycznych pieców opalanych węglem ten rodzaj niepełnego spalania paliwa objawia się obfitym dymieniem (dym czarny lub czarno-żółty). Jedną z przyczyn takiej sytuacji jest okresowe uzupełnianie paliwa poprzez tworzenie grubej warstwy świeżego węgla na warstwie żaru utrzymującej się na ruszcie pieca. Wówczas proces odgazowania (pirolizy) węgla zachodzi tak intensywnie, że dopływ powietrza staje się niewystarczający do spalania wywiązujących się gazów. Powstające cząstki sadzy z zaadsorbowanymi WWA stają się centrami kondensacji pary wodnej i są zaliczane do najważniejszych składników smogu klasycznego. Warto podkreślić, że poza dymieniem, niecałkowite spalanie powoduje bezpowrotne marnowanie części zdolności opałowej paliwa. Całkowite spalanie paliwa stałego charakteryzuje się dymem bezbarwnym, a podczas mroźnej pogody białym [1,2].

Oczywiście węgiel kamienny poza węglem pierwiastkowym zawiera wiele substancji mineralnych niezwiązanych chemicznie ze jego strukturą. Podczas spalania krzemiany, węglany i siarczki tworzą popiół. Najpoważniejszy problem środowiskowy stwarza siarka występująca głównie w formie pirytu i połączeń organicznych, która podczas spalania tworzy gazowy dwutlenek siarki. Zawartość siarki w węglach kamiennych zmienia się w dość szerokich granicach od 0,2% do ok. 7%, ale najczęściej jest bliska 2%. Warto wspomnieć, że siarczki niezwiązane z węglowodorową strukturą węgla mogą być skutecznie usuwane w procesie wzbogacania. Obowiązujące wymagania jakościowe dla: węgla kamiennego, brykietów lub peletów zawierających co najmniej 85% węgla kamiennego dopuszczają zawartość siarki od 0,8% do 1,7% zależnie od asortymentu [19]. Dla porównania dopuszczalna zawartość siarki w paliwach ciekłych wynosi – 10 mg/kg (0,001%) [20].

Dwutlenek siarki uwalniany wraz ze spalinami do zamglonej atmosfery, rozpuszcza się w kropelkach wody, a powstały kwas siarkawy ulega powolnemu utlenianiu do mocnego kwasu siarkowego. Reakcja utleniania tlenem z powietrza jest katalizowana poprzez jony Fe(III) i Mn(II), których źródłem są pyły powstające podczas spalania węgla. Silnie higroskopijne właściwości kwasu siarkowego sprzyjają wiązaniu wody, co prowadzi do wzrostu kropel mgły, a w konsekwencji do kwaśnej „gęstniejącej” mgły [1,2].

Pojawienie się smogu klasycznego wymaga jednoczesnego spełnienia szeregu warunków, w tym intensywnej emisji SO_2 i pyłu (w tym sadzy) do powietrza atmosferycznego [1,2]. Emisja tlenków azotu i tlenków węgla ma zdecydowanie mniejsze znaczenie. Niezbędna jest wysoka wilgotność powietrza (powyżej 85%) oraz ukształtowanie i zagospodarowanie terenu ułatwiające lokalne nagromadzanie składników smogu. Występowanie smogu klasycznego będzie więc bardziej prawdopodobne na obszarze miejskim o stosunkowo gęstej zabudowie, położonym w niecce krajobrazowej (dolinie). Słaby lub całkowity brak cyrkulacji powietrza (wiatru), utrudnia horyzontalną wymianę powietrza i tym samym rozwanie zanieczyszczeń. Z kolei występowanie inwersji temperatury polegającej na zaleganiu przy powierzchni ziemi warstwy zimnego powietrza (o większej gęstości), a nad nią warstwy ciepłego powietrza (o mniejszej gęstości) utrudnia wertykalne rozprzestrzenianie zanieczyszczeń w troposferze. Powstawaniu smogu klasycznego sprzyja również niska temperatura obniżająca szybkość procesów samooczyszczania i mniejsza depozycja mokra w okresie zimowym. Zatem, smog klasyczny występuje w godzinach rannych przy bezwietrznej pogodzie, gdy temperatura jest bliska 0°C i zwykle trwa kilka dni, maksymalnie do 2 tygodni. Smog, ze względu na dużą koncentrację agresywnych czynników chemicznych, stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt, wywołuje choroby roślin i powoduje niszczenie materiałów. Warto podkreślić, że smog klasyczny stał się źródłem licznych zgonów w wielu miejscach na świecie. Do najbardziej tragicznych zdarzeń zalicza się skutki smogu w gęsto zaludnionym okręgu przemysłowym położonym w dolinie Mozy (Belgia, grudzień 1930 r.) – zmarło 60 osób, w miastach Osaka (Japonia, 1962 r.) – zmarło 56 osób, Nowy York (USA, listopad 1953 r. i styczeń 1966 r.) – odnotowano odpowiednio 360 i 168 zgonów oraz Londyn (Wielka Brytania, 1952, 1956 i 1962) zmarło odpowiednio 4000, 1000 i 850 osób. Ocenia się, że katastrofa smogowa w Londynie (1952 r.) wskutek powikłań powodowanych niewydolnością oddechową pochłonęła ok. 12 tys. ofiar, a 100 000 osób wymagało hospitalizacji. Czynnikiem ryzyka u 80% zmarłych były choroby serca lub płuc, wiek powyżej 45 lat albo poniżej jednego roku [21].

W Polsce smog kwaśny pojawia się w okresie grzewczym. Poziomy alarmowe smogu są osiągane dwukrotnie, a czasem i czterokrotnie (w przypadku pyłów PM_{10}) częściej niż w innych krajach UE. Warto wiedzieć, że Polska na liście 138. krajów o najbardziej zanieczyszczonym powietrzu zajmuje 75 miejsce (średnioroczne stężenie $\text{PM}_{2,5} = 14,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Listę otwierają: Czad, Bangladesz i Pakistan, $\text{PM}_{2,5}$ odpowiednio 91,8, 78 i $73,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Przed Polską znajduje się 5 krajów europejskich: 29. Bośnia i Hercegowina ($25,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 44. Serbia ($20,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 50. Czarnogóra ($18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 66. Rumunia ($15,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) oraz 68. Słowenia ($15,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Listę krajów europejskich zamykają trzy kraje: 125. Szwecja ($5,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 126. Finlandia ($5,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) i 127. Estonia

($4,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), wszystkie dane za 2024 r. [22]. Wg Polskiego Alarmu Smogowego (PAS) do miast z największą ilością dni smogowych należą: Nowa Ruda (95 dni), Sucha Beskidzka (93 dni), Wodzisław Śląski (87 dni), Żywiec, Pszczyna (80 dni), Goczałkowice Zdrój, Nowy Sącz (76 dni), Oświęcim (75 dni), Mosina (74 dni) oraz Zabierzów i Tuchów (73 dni). Norma krajowa wynosi 35 dni [23].

Główną przyczyną smogu jest wykorzystywanie niskiej klasy kotłów/pieców i złej jakości opału do ogrzewania w gospodarstwach domowych. Jednakże do rozwiązywania tego problemu poprzez wymianę dotychczasowych urządzeń grzewczych opalanych węglem na opalane paliwami ciekłymi należy podchodzić bardzo rozważnie, albowiem taki sposób eliminacji smogu kwaśnego może przyczynić się do zanieczyszczenia atmosfery smogiem fotochemicznym.

2.5.2. Smog fotochemiczny

Smog fotochemiczny, zwany też utleniającym lub smogiem typu Los Angeles tworzy się w wyniku fotochemicznych przemian zachodzących w powietrzu silnie zanieczyszczonym gazami pochodzącymi ze spalania paliw ciekłych w pojazdach mechanicznych w warunkach silnego nasłonecznienia. Skład spalin, obejmuje znaczącą liczbę składników o różnych właściwościach: azot, tlen, dwutlenek węgla, para wodna, tlenek węgla, tlenki azotu, węglowodory nienasycone, aldehydy, węglowodory nasycone (głównie metan i etan), dwutlenek siarki, benzen i cząstki stałe. Tylko niektóre z nich zalicza się do pierwotnych prekursorów smogu fotochemicznego. Do tej grupy niewątpliwie należą: tlenek azotu (NO) i lotne związki organiczne (LZO). Obecność NO w spalinach samochodowych jest wynikiem reakcji atmosferycznego N_2 i atmosferycznego O_2 zachodzącej w komorze spalania silników spalinowych, gdzie panuje niezbędna dla przebiegu tej reakcji wysoka temperatura. Przykładowo, w temperaturze poniżej 500°C reakcja praktycznie nie zachodzi, w temperaturze 1300°C stężenie NO bliskie 500 ppm jest osiągane po ok 25 min., a w temperaturze 2000°C wystarczy 1 s. Powstały bezbarwny NO ulega łatwo utlenieniu tlenem atmosferycznym do brunatnego NO_2 . Reakcja zachodzi samorzutnie w temperaturze zwykłej. Utlenianie NO zachodzi również pod wpływem utleniaczy powstających na dalszych etapach przemian tworzenia smogu: ozonu, tlenu atomowego i rodników hydroksylowych [1,2].

Obecność LZO w powietrzu atmosferycznym jest w głównej mierze wynikiem parowania paliw oraz niepełnego spalania paliw. Poza samochodami za emisję LZO odpowiedzialne są: infrastruktura dystrybucji paliw silnikowych i ulatnianie rozpuszczalników z wyrobów przemysłu organicznego. Źródłem LZO jest także parowanie naturalnie występujących związków organicznych, np. terpenów.

Pierwotne prekursory smogu w złożonym cyklu przemian chemicznych i fotochemicznych generują indywidua chemiczne zaliczane do tzw. rodników, które są bardzo reaktywnymi utleniaczami. Dalsze przemiany prowadzą do utworzenia substancji określanych jako wtórne prekursory smogu fotochemicznego: azotan nadtlenu acetylu (PAN); ozon, i aldehydy.

Najbardziej znanym zanieczyszczeniem wtórnym jest ozon. Pod wpływem promieniowania słonecznego następuje rozpad NO_2 do NO i tlenu atomowego. Reakcja jest określana jako fotodysocjacja NO_2 . Analogicznie do przemian chemicznych zachodzących w stratosferze powstały tlen atomowy łączy się z naturalnie obecnym w powietrzu tlenem cząsteczkowym tworząc ozon. W troposferze, przy powierzchni ziemi ozon naturalny występuje w ilościach śladowych (<5 ppbv). Niewielkie ilości tego gazu powstają podczas wyładowań atmosferycznych, co łatwo można rozpoznać po wyczuwalnym po burzy „świeżym” zapachu charakterystycznym dla ozonu. Wyższy lokalny poziom ozonu jest wynikiem aktywności antropogenicznej: ruch samochodowy będący źródłem smogu fotochemicznego, emisje z instalacji przemysłowych oraz uwolnienia ozonu towarzyszące ozonowaniu (dezynfekcji). Ozon będąc bardzo silnym utleniaczem, w podwyższonych stężeniach (w powietrzu zanieczyszczonym smogiem 50-150 ppbv) jest szkodliwy dla organizmów: u roślin powoduje zamieranie tkanek liści, u ludzi prowadzi do uszkodzeń układu oddechowego, jest groźny zwłaszcza dla dzieci oraz osób starszych.

W warunkach tworzenia smogu fotochemicznego powstają także substancje bardziej złożone, jak np. azotan nadtlenu acetylu, znany także pod innymi nazwami: bezwodnik azotowo-nadctowy, bezwodnik azotowo-peroksypropionowy, a zwłaszcza jako PAN (*ang. peroxyacetylnitrate*). Spotykane stężenia PAN w powietrzu smogowym mieszczą się w zakresie 50-250 ppbv. Substancja ma działanie drażniące drogi oddechowe i oczy i jest szkodliwa dla roślinności (hamuje fotosyntezę). W smogowym powietrzu zidentyfikowano całą serię substancji o zbliżonej budowie, które są określane jako nadtlenciki organiczne typu PAN. Są to substancje względnie trwałe i dlatego mogą być transportowane przez prądy powietrza na znaczne odległości. Z kolei aldehydy są raczej nietrwałymi produktami utleniania węglowodorów. Ich czas życia w atmosferze nie przekracza 24 h. Niektóre składniki smogu są gazami, inne są obecne w formie ciekłych aerozoli (aldehydy i kwasy) co jest przyczyną zamglenia pojawiającego się podczas intensywnego smogu. Żółtawa barwa smogu fotochemicznego jest spowodowana obecnością NO_2 [1,2].

Podobnie jak w przypadku smogu klasycznego, powstawanie smogu fotochemicznego też jest uwarunkowane względami pogodowymi i topografią terenu. Sprzyjające okoliczności będą występować w aglomeracjach gęsto zaludnionych, o rozwiniętym (ponad miarę) transporcie samochodowym

generującym powstawanie zatorów komunikacyjnych w godzinach szczytu. Szczególnie podatne na smog fotochemiczny są miasta położone w dolinach, otoczone wzgórzami i górami, albowiem zmniejszony przepływ powietrza pozwala na nagromadzanie się zanieczyszczeń. Takie obszary są podatne na silne inwersje temperatury, które poprzez „uwięzienie” pierwotnych składników smogu, zwiększają jego nasilenie. Doliny wypełnione zanieczyszczonym powietrzem, w których panuje inwersja temperatury są często porównywane do reaktora fotochemicznego z zamkniętą pokrywą. Duże znaczenie mają także warunki pogodowe. Szczególnie korzystne dla tworzenia smogu występują podczas chłodnych słonecznych i bezchmurnych poranków poprzedzających ciepły i bezwietrzny dzień przy wilgotności <70%. Warto również wspomnieć o warunkach meteorologicznych zmniejszających zanieczyszczenie powietrza smogiem. Opady deszczu wyłukują zanieczyszczenia, a silny wiatr rozwiewa składniki smogu. Opisane, modelowe warunki tworzenia smogu fotochemicznego zaistniały nie tylko w Los Angeles, ale panują także w innych miastach nękanych przez smog fotochemiczny, np. Sydney, Teheranie, Delhi, Kalkucie, Bombaju, Vancouver, Santiago i w Kairze, oraz w mniejszym stopniu w Tokio, Osace, Nowym Jorku, Paryżu, Rzymie czy Madrycie. Smog fotochemiczny występuje też w polskich miastach, szczególnie tych obciążonych dużym ruchem samochodowym.

Opisany podstawowy skład smogu i podstawowe przemiany chemiczne jakim ulegają składniki spalin samochodowych w połączeniu z danymi charakteryzującymi rytm życia mieszkańców aglomeracji miejskich oraz panujące warunki klimatyczne i pogodowe składają się na spójny model powstawania smogu fotochemicznego.

W godzinach rannych w słoneczny bezwietrzny poranek, gdy mieszkańcy udają się do pracy i innych aktywności, na ulicach rozpoczyna się szczyt komunikacyjny, a w powietrzu atmosferycznym gwałtownie narasta zanieczyszczenie spalinami, w tym tlenkiem azotu(II) i lotnymi węglowodorami. Stężenie NO stosunkowo szybko (po ok. 2 h) osiąga maksimum, a następnie maleje, ponieważ NO ulega przekształceniu w NO_2 i jednocześnie słabnie natężenie ruchu samochodowego. Narastanie stężenia NO_2 nie jest trwałe, osiąga maksimum po ok. 4 godz. Powodem jest rosnące nasłonecznienie, które przyczynia się do fotochemicznego rozpadu cząsteczek NO_2 na NO i tlen atomowy o znacznie silniejszych właściwościach utleniających niż tlen cząsteczkowy (składnik powietrza). W miarę wzrostu nasłonecznienia i upływu czasu maleją stężenia lotnych węglowodorów i NO_2 , rośnie natomiast poziom substancji o działaniu utleniającym (ozonu i PAN) i aldehydów. Spadek natężenia ruchu samochodowego i tym samym malejąca emisja spalin oraz coraz słabsza operacja słoneczna sprzyjają wieczornemu zaniżeniu smogu, w tym jego wtórnych prekursorów. W godzinach wieczornych

obserwuje się spadek stężeń tych substancji aż do osiągnięcia poziomu tła. W rezultacie smog fotochemiczny obserwuje się od godzin rannych do późnego popołudnia. Mieszkańcy poza widocznym zamgleniem, odczuwają podrażnienie oczu oraz problemy z oddychaniem, co w dłuższym czasie prowadzi do chorób układu oddechowego (astma, POChP). Smog może również wpływać negatywnie na rozwój roślin. Składniki smogu fotochemicznego, NO_2 , PAN, a zwłaszcza ozon, szkodzą roślinom, hamując fotosyntezę. Warto również odnotować niekorzystny wpływ smogu na materiały: kruszeją wyroby gumowe, maleje elastyczność tekstyliów, blakną barwione materiały oraz malowane powierzchnie. Obok informacji o szkodliwym działaniu smogu na zdrowie człowieka, pojawiły się wyniki analiz wpływu smogu na zapadalność, potrzebę hospitalizacji i zgony podczas pandemii COVID-19. Przykładowo: we Francji stwierdzono korelację pomiędzy liczbą hospitalizacji i stężeniem $\text{PM}_{2.5}$. W Polsce największą liczbę zachorowań zarejestrowano w województwach (mazowieckim, górnośląskim i dolnośląskim), w których odnotowano najwięcej przekroczeń stężenia $\text{PM}_{2.5} = 25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dopuszczalnego przez WHO (obecnie $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). W Niemczech uznano, że długotrwałe narażenie na zanieczyszczenie powietrza było przyczyną 26% zgonów z powodu COVID-19. W Wielkiej Brytanii 14% zgonów na COVID-19 przypisano zanieczyszczeniu powietrza. W USA wykazano, że wzrost stężenia $\text{PM}_{2.5}$ o $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ powodował wzrost śmiertelności aż o 15%, a obniżenie stężenia NO_2 o ok. 5 ppbv mogłoby zapobiec 14 tys. zgonów pacjentów z COVID-19 [24].

2.6. Kwaśne deszcze



Rys. 11. Martwy drzewostan na stokach Karkonoszy.

Źródło: <https://www.twojapogoda.pl/wiadomosc/2018-04-20/kwasne-deszcze-zdegradowaly-lasy-i-gleby-w-sudetach-zobaczcie-skutki-tej-katastrofy-ekologicznej/...>

Termin „kwaśny deszcz” (*ang. acid rain*) pojawił się po raz pierwszy w 1872 roku w książce pt. *Air and Rain: the Beginnings of a Chemical Climatology* autorstwa Roberta Angus Smitha (1817-1884) – szkockiego chemika, jednego z pionierów studiów w dziedzinie chemii środowiska [1, 25]. Samo zjawisko zostało opisane prawie dwa wieki wcześniej przez angielskiego chemika Roberta Boyla w książce pt. *A general history of the air*. Autor jest uważany za jednego z ojców współczesnej chemii. Obecnie kwaśny deszcz stał się pojęciem bardziej pojemnym i obejmuje każdą formę opadów zawierających składniki o właściwościach kwasowych, które opadają z atmosfery na powierzchnię ziemi w postaci mokrej lub suchej. Może to obejmować deszcz, śnieg, mgłę, grad, a nawet kwaśne pyły. Zatem kwaśny deszcz to opad atmosferyczny o pH mniejszym niż 5,6, czyli mniejszym niż pH będące wynikiem zakwaszenia wody przez obecny w powietrzu dwutlenek węgla (bezwodnik kwasu węglowego H_2CO_3). Źródłem silniejszego zakwaszenia są kwasy powstałe w reakcji wody z pochłoniętymi z powietrza gazami kwasotwórczymi (bezwodnikami kwasowymi), takimi jak dwutlenek siarki, trójtlenek siarki, tlenki azotu i chlorowodór, emitowanymi do atmosfery w procesach spalania paliw, działalności przemysłowej, wybuchów wulkanów, wyładowań atmosferycznych i innych czynników naturalnych.

Określeniem bardziej precyzyjnym jest kwaśny opad atmosferyczny, który obejmuje sumę opadu mokrego (tzw. depozycja mokra) oraz opadu suchego (tzw. depozycja sucha, której istotą w tym przypadku jest adsorpcja kwaśnych składników gazowych atmosfery na powierzchni podłoża).

Warto wiedzieć, że *Słownik terminologiczny chemii atmosfery* rekomendowany przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (*ang. International Union of Pure And Applied Chemistry, IUPAC*) wprowadza dwa terminy, depozycję kwasową oraz kwaśny deszcz [26]:

Depozycja kwasowa to osadzanie substancji kwasowych na powierzchni ziemi, pośrednio poprzez opady atmosferyczne: deszcz, mgła, śnieg itp. (depozycja kwasowa mokra), lub bezpośrednio podczas przepływu mas powietrza zawierających substancje kwasotwórcze/kwasy nad powierzchnią ziemi (depozycja kwasowa sucha).

Kwaśny deszcz to deszcz o wartościach pH poniżej 5, zawierający kwasy utworzone przez pierwotne zanieczyszczenia powietrza. „Czysta”, niezanieczyszczona woda deszczowa, nasycona atmosferycznym CO_2 i naturalnie występującymi kwasami ma pH powyżej 5.

Zanieczyszczenia powietrza mogą być usuwane z atmosfery poprzez wymywanie lub wypłukiwanie. Gdy woda w stanie gazowym ulegając kondensacji tworzy chmury, substancje obecne w powietrzu są włączane do

kropelek wody tworzących chmurę i mogą tam ulegać dalszym przemianom. Podczas opadu krople wody z nagromadzonymi substancjami opadają grawitacyjnie na powierzchnię ziemi. Zjawisko jest określane jako wymywanie zanieczyszczeń. Natomiast usuwanie zanieczyszczeń poprzez opadające krople deszczu z powietrza znajdującego się poniżej chmury nosi nazwę wyfukiwania.

Do głównych czynników zwiększających kwasowość mokrego i suchego opadu atmosferycznego należy zaliczyć kwas azotowy(V) i kwas siarkowy(VI). Tworzenie kwasu azotowego(V) w atmosferze ma swój początek w emisji tlenu azotu powstającego podczas procesów spalania wysokotemperaturowego. Azot niezbędny do syntezy tlenu azotu pochodzi głównie z powietrza i w znacznie mniejszym stopniu z substancji wchodzących w skład paliwa. Niewielką rolę w emisji tlenu azotu odgrywają także procesy mikrobiologicznej nityfikacji zachodzące w glebach oraz wyładowania atmosferyczne. Ich wydajność jest znacznie większa w tropikach. Tlenek azotu, tak jak to opisano w rozdziale dotyczącym smogu fotochemicznego, ulega stosunkowo łatwo utlenieniu do NO_2 , który może podlegać dalszej przemianie w kwas azotowy(V), zaliczany do mocnych kwasów. W tym przypadku reakcja tworzenia kwasu azotowego (kwaśnego deszczu) jest konkurencyjna do procesu tworzenia smogu fotochemicznego. Warto wiedzieć, że o ile smog fotochemiczny nie powstaje po zachodzie słońca, to istnieje alternatywny, niewymagający promieniowania słonecznego, łańcuch reakcji prowadzący do powstawania kwasu azotowego. Tworzenie kwasu siarkowego jest procesem bardziej złożonym niż kwasu azotowego. Wyjściowymi substratami mogą być różnego rodzaju siarczki organiczne i nieorganiczne uwalniane do powietrza ze źródeł naturalnych, przede wszystkim z oceanów. Pierwszym etapem jest utlenienie tych związków do dwutlenku siarki. Jednakże co należy podkreślić, dla powstawania kwaśnych opadów znacznie większe znaczenie mają emisje dwutlenku siarki ze spalania paliw kopalnych, prażenia rud siarczkowych oraz produkcji kwasu siarkowego. Dalsze utlenianie polegające na przekształceniu SO_2 do kwasu siarkowego(VI) może zachodzić w fazie gazowej (powietrze) lub w kropelkach wody. W pierwszym przypadku utleniaczem są tzw. rodniki hydroksylowe i tlen atmosferyczny, w drugim nadtlenek wodoru lub ozon. Na szybkość reakcji wpływają korzystnie nawet niewielkie stężenia jonów Fe(II) , Fe(III) , Mn(II) , Cu(II) i Co(II) . Względne zawartości kwasu azotowego i kwasu siarkowego w opadach kwaśnych nie są stałe i ulegają zmianie wraz z odległością od źródła emisji prekursorów tych kwasów. Przykładowo, na obszarze Niemiec pozostają w proporcji ok. 1:1, typowej dla przemysłowych okręgów w Europie. Przy dominujących wiatrach północno-zachodnich wartość tej proporcji ulega zmianie na 2:1 w południowej Szwecji, aby w północnej Szwecji osiągać wartość 5:1. Ponieważ

wiatry mogą przenosić SO_2 i NO_x na duże odległości i przez granice państwowe, kwaśne deszcze stają się problemem nie tylko dla społeczności zamieszkujących w pobliżu źródeł emisji tlenków azotu i siarki. I to w tym kontekście należy czytać informację, że w ostatnim trzydziestoleciu w krajach EU nastąpiło zdecydowane obniżenie emisji tlenków azotu (o 65%) oraz emisji tlenków siarki (o ponad 90%). Obecnie głównym źródłem emisji dwutlenku siarki na obszarze EU jest sektor produkcji i dystrybucji energii (46%), natomiast transport samochodowy odpowiada w głównej mierze za emisję tlenków azotu (35%) [1, 27].

Negatywne skutki kwaśnych deszczy są odczuwalne w wielu aspektach zdrowotnych, gospodarczych i przyrodniczych. Zakwaszenie gleb utrudnia pobieranie składników odżywczych przez rośliny oraz zwiększa mobilność metali ciężkich. Oba procesy prowadzą do osłabienia i w końcowej fazie do obumierania roślin. Istotne jest również bezpośrednie oddziaływanie kwaśnych opadów na szatę roślinną. W miejscach szczególnie narażonych obserwuje się obumieranie lasów. Proces może być wspomagany przez ataki pasożytnicze na osłabione drzewa. Zakwaszenie wód powierzchniowych wpływa negatywnie na życie ryb i innych organizmów wodnych. Kwaśne deszcze intensyfikują korozję konstrukcji metalowych, materiałów budowlanych zwłaszcza wapiennych i marmurowych i tym samym przyczyniają się do niszczenia infrastruktury materialnej. Szczególnie wrażliwe są budowle i pomniki o dużej wartości historycznej. Kwaśne deszcze nie wpływają bezpośrednio na zdrowie ludzi, jednakże znaczący negatywny wpływ mają prekursorzy kwaśnego deszczu. Tlenki siarki i azotu obecne w powietrzu atmosferycznym mogą działać drażniąco na drogi oddechowe i zwiększać ryzyko schorzeń układu oddechowego i krążenia.

Spośród wielu obrazów zniszczeń spowodowanych przez kwaśne deszcze widok martwych lasów odznacza się zapewne największą siłą wyrazu. Dlatego też wielce pocieszające są wyniki prowadzonego w tym zakresie monitoringu krajowych lasów, ilustrujące sukcesywny spadek udziału opadów o pH niższym od 5,0. O ile jeszcze w 2010 r. miesięczne opady o tak niskim pH stanowiły 42% to w latach późniejszych odnotowano wyraźną poprawę: 36% (2011 r.), 39% (2012 r.), 43% (2013 r.), 30% (2014 r.), 26% (2017 r.), 15% (2018 r.), 13% (2019 r.) i 7,6% w 2020 r. Analogiczną tendencję wykazywały średnie zakresy pH z poszczególnych miejsc pomiarowych na obszarze Polski: 4,4-6,9 (2016 r.), 4,8-5,9 (2019 r.) oraz 5,0-6,1 (2020 r.) W omawianej dekadzie najniższa średnia roczna wartość pH występowała najczęściej w rejonach górskich zwłaszcza Karkonoszach, Beskidach i na Górnym Śląsku, i co charakterystyczne, kwaśne opady przeważały w miesiącach zimowych [28,29,30,31].

2.7. Literatura

- [1] vanLoon G.W., Duffy S.J., Chemia środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007
- [2] Naumczyk J., Chemia środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2017
- [3] Global Monitoring Laboratory. *on-line*: <https://gml.noaa.gov/ozwv/dobson/> (dostęp 2.05.2025r.)
- [4] Molina M.J., F. S. Rowland. 1974. *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. Nature 249, 810–812.
- [5] Makles Z., M. Galwas-Zakrzewska. 2004. *Ozon – bezpieczeństwo ludzi i środowiska*. Bezpieczeństwo Pracy 6, 23-28.
- [6] Protokół Montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej Dz.U. L 297/21 z 31.10.1988.
- [7] Konwencja Wiedeńska o ochronie warstwy ozonowej, sporządzona w Wiedniu dnia 22 marca 1985 r. Dz.U. 1992 nr 98 poz. 488.
- [8] Poprawki do Protokołu Montrealskiego w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową, sporządzonego w Montrealu dnia 16 września 1987 r., przyjęte w Kigali dnia 15 października 2016 r. Dz.U. 1249 z 5 lipca 2019 r.
- [9] World Meteorological Organization (WMO). Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion. GAW Report No. 278. *on-line*: Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022-Executive-Summary.pdf (dostęp 11.05.2025 r.)
- [10] History of the Ozone Hole. National Aeronautics and Space Administration. *on-line*: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/history_SH.html (dostęp 2.05.2025r.)
- [11] Obserwator. *on-line*: <https://obserwator.imgw.pl/2020/07/26/uv-niebezpieczny-dar-od-slonca/> (dostęp 11.05.2025 r.)
- [12] Kiehl J.T., K. E. Trenberth. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget, Bulletin of the American Meteorological Society, 78(2), February.
- [13] Global Monitoring Laboratory. *on-line*: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_n2o/ (dostęp 28.04.2025 r.)
- [14] Emisje metanu w polskim górnictwie węgla kamiennego i systemy raportowania. Instrat. *on-line*: <https://instrat.pl/wp-content/uploads/2023/02/Instrat-Policy-Paper-01-2023-W-poszukiwaniu-zrodel-Emisje-metanu-....pdf> (dostęp 2.05.2025r.)
- [15] EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research. GHG emissions of all world countries - Report 2024. *on-line*: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024#emissions_table (dostęp 28.04.2025 r.)
- [16] Cavert, W. M. 2016. The Smoke of London. Energy and Environment in the Early Modern City. Cambridge University Press.
- [17] Kleczkowski P. 2020. Smog w Polsce. Przyczyny, wpływ na zdrowie, przeciwdziałanie. Wydawnictwo Naukowe PWN.

- [18] Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂(WE) w roku 2021 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2024. KOBiZE. Warszawa 2023.
- [19] Rozporządzenie Ministra Przemysłu oraz Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 listopada 2024 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw stałych. Dz.U. 2024 poz. 1618
- [20] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 26 czerwca 2024 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych Dz.U.2024.1018
- [21] Great Smog of London. Wikipedia. *on-line*: https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Smog_of_London (dostęp 3.05.2025 r.)
- [22] IQAir. Najbardziej zanieczyszczone kraje i regiony na świecie. *on-line*: <https://www.iqair.com/pl/world-most-polluted-countries> (dostęp 6.05.2025 r.)
- [23] PAS. *on-line*: <https://polskialarmsmogowy.pl/> (dostęp 10.05.2025 r.)
- [24] Javed et al. 2021. The Potential Impact of Smog Spell on Humans' Health Amid COVID-19 Rages. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 11408. *on-line*: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111408> (dostęp 3.05.2025 r.)
- [25] https://pl.wikipedia.org/wiki/Robert_Angus_Smith (dostęp 20.05.2025 r.)
- [26] Calvert J.G. 1990. Glossary of Atmospheric Chemistry Terms. *Pure and Applied Chemistry* 62(11), 2167-2219.
- [27] European Union emission inventory report 1990 2022. EEA Report 08/2024. *on-line*: file:///E:/Chrome%20pobrane/24287_EEA_LRTAP_v02_RC_PJA%20Final.pdf (dostęp 24.05.2025 r.)
- [28] Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2016 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. *on-line*: https://monitoring.ibles.pl/raporty/raport_SUL_2016.pdf (dostęp 20.05.2025 r.).
- [29] Stan zdrowotny lasów w Polsce w 2018 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. *on-line*: https://monitoring.ibles.pl/raporty/raport_2018.pdf (dostęp 20.05.2025 r.).
- [30] Stan zdrowotny lasów w Polsce w 2019 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. *on-line*: https://www.bdl.lasy.gov.pl/porta1/Media/Default/Publikacje/Stan_zdrowotny_lasow_2019.pdf (dostęp 20.05.2025 r.).
- [31] Stan zdrowotny lasów w Polsce w 2020 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. *on-line*: https://www.bdl.lasy.gov.pl/porta1/Media/Default/Publikacje/Stan_zdrowotny_lasow_2020_.pdf (dostęp 20.05.2025 r.).

3. WPŁYW PRZEMIAN W ŚRODOWISKU NA BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENĘ PRACY

3.1. Wprowadzenie

Niepokojącym zjawiskiem występującym na przestrzeni ostatnich dekad, a nawet stuleci są przekształcenia elementów klimatu, które mogą utrzymywać się przez długi okres. Globalne konsekwencje tych zmian klimatycznych są coraz częstsze, bardziej dotkliwe w skutkach i nie da się ich zignorować, ponieważ mają ogromny wpływ na kondycję zdrowotną oraz psychiczną człowieka. Co istotne, dotyczy to zwłaszcza pracowników, którzy często jako pierwsi są narażeni na zagrożenia związane ze zmianą klimatu z większą intensywnością i przez dłuższy czas niż ogół populacji. Często jednak nie mają oni innego wyboru, jak tylko kontynuować pracę, nawet jeśli warunki są niebezpieczne. Ogólnie zmiany klimatu wpływają na pogorszenie bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP), a problem ten dotyczy wszystkich regionów świata. Globalna ochrona pracy z trudem nadąża za zmieniającymi się zagrożeniami wynikającymi ze zmiany klimatu, co skutkuje zwiększoną zachorowalnością i śmiertelnością pracowników.

Międzynarodowa Organizacja Pracy (MOP) wskazuje na sześć najistotniejszych skutków zmian klimatycznych przynoszących negatywne konsekwencje dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników [1]:

1. Podwyższona temperatura.
2. Promieniowanie ultrafioletowe (UV).
3. Ekstremalne zjawiska pogodowe.
4. Zanieczyszczenie powietrza w miejscu pracy.
5. Choroby wektorowe.
6. Agrochemikalia.

Wymienione skutki zmian klimatu mogą dodatkowo wpływać na intensyfikację już istniejących zagrożeń lub przyczyniać się do powstawania nowych,

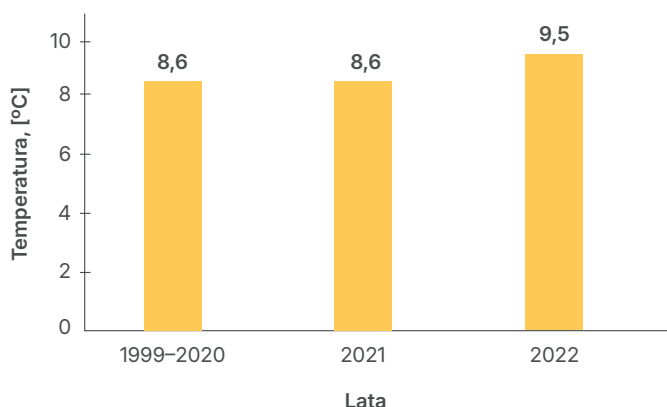
takich jak choroby przenoszone przez wektory i wodę, alergie i nowotwory, zaburzenia związane z ciepłem oraz wypadki [2]. Skutkiem zagrożeń spowodowanych zmianami klimatycznymi mogą być również wyższe koszty na ochronę zdrowia, obniżona jakość życia oraz straty produkcyjne poniesione przez pracodawców. Może to mieć negatywny wpływ na prawie wszystkie sektory gospodarki, zarówno te stwarzające zagrożenie dla pracowników na zewnątrz (rolnictwo, leśnictwo, budownictwie, służba zdrowia), a także pracowników zatrudnionych wewnątrz (branże wymagające wysokich temperatur lub wysiłku fizycznego, np. hutnictwo) [3].

Z powyższych względów, w obliczu coraz częstszych i bardziej dotkliwych zmian klimatu, zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków w miejscu pracy wymaga coraz większej uwagi.

3.2. Podwyższona temperatura

W Polsce i na świecie od lat obserwuje się zmiany klimatu związane z wyższymi niż w poprzednich okresach temperaturami powietrza, częstszymi i dłużej utrzymującymi się falami upałów. Według Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC), zmiany klimatyczne doprowadziły do znacznego wzrostu średniej temperatury powierzchni na świecie o 1,1°C od czasów przedindustrialnych (1850-1900).

Natomiast z danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW-PIB) wynika, że w latach 1991-2020 na terenie Polski wartości średniej temperatury w okresie letnim wzrosły o ok. 1-2°C w stosunku do analogicznego okresu w latach 1971-2000 [4].

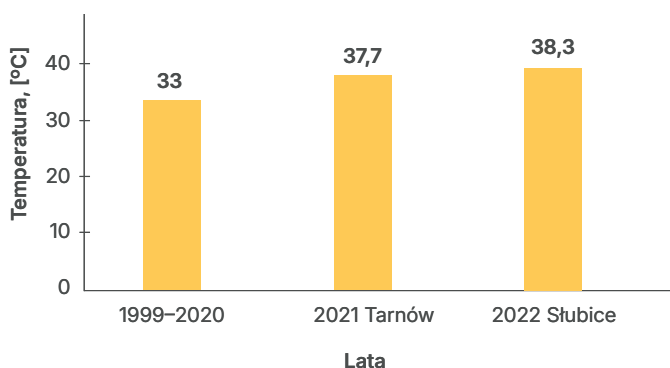


Rys.12. Średnia roczna obszarowa temperatura powietrza w latach 1999-2022
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4].

Według rocznika meteorologicznego IMGW-PIB za rok 2022 wzrosła również średnia roczna obszarowa temperatura powietrza, co obrazuje wykres przedstawiony na rysunku 12.

W 2022 roku średnia roczna obszarowa temperatura powietrza w Polsce wyniosła 9,5°C i była wyższa o 0,9°C od temperatury w roku poprzednim i średniej rocznej temperatury z lat 1991-2020.

Na uwagę zasługuje także wzrost temperatury ekstremalnej w okresie letnim w tym samym przedziale czasowym, co zilustrowano na rysunku 13.



Rys. 13. Temperatury ekstremalne w okresie letnim w latach 1999-2022

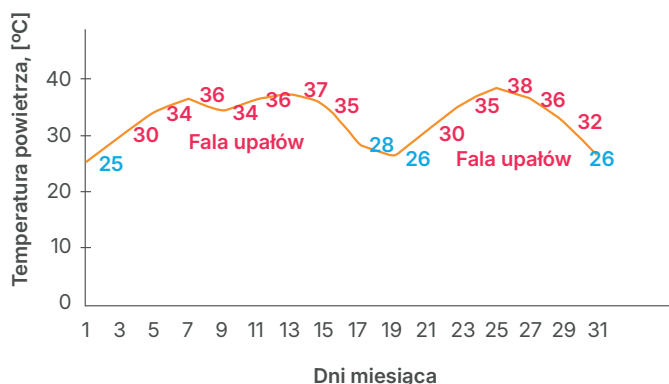
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4]

Z danych przedstawionych przez IMGW-PIB wynika, że w latach 1991-2020 temperatury dochodziły do 33°C. Natomiast w lecie 2022 roku temperatury ekstremalne odnotowano na stacjach meteorologicznych w Słubicach (38,3°C) i Tarnowie (37,7°C) [4].

W zależności od wartości temperatur w cieplejszej części roku możemy wyróżnić następujące dni [1]:

- dzień gorący – dzień, w którym temperatura maksymalna powietrza osiąga wartość co najmniej 25 °C ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$).
- dzień upalny – dzień, w którym temperatura maksymalna powietrza osiąga wartość co najmniej 30 °C ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$).
- dzień bardzo upalny – dzień, w którym temperatura maksymalna powietrza osiąga wartość co najmniej 35 °C ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$).
- noc tropikalna – minimalna temperatura utrzymuje się powyżej 20°C.

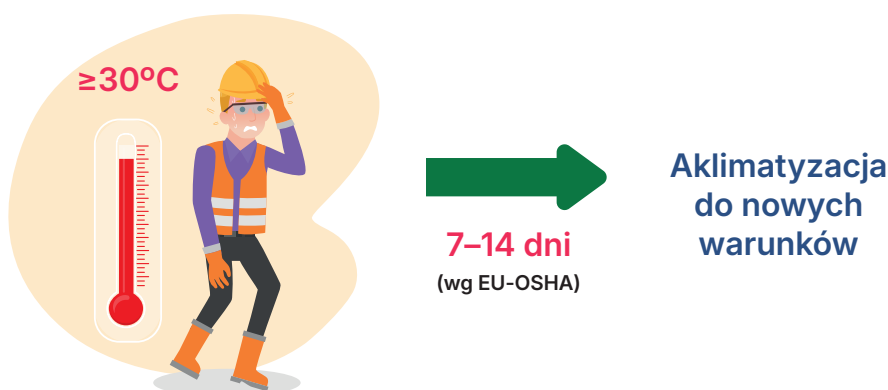
Z danych Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB wynika, że w ostatnich trzech dekadach pojawiały się kilkudniowe, a nawet kilkutydniowe okresy, w którym temperatura maksymalna powietrza osiągała lub przekraczała 30°C, przedzielone krótkimi okresami chłodniejszymi. Okresy te nazywane są falami upałów. Charakterystyczne dla fali upałów jest utrzymywanie się ciepła w nocy (Rys.14).



Rys.14. Fala upałów w skali miesiąca

Źródło: Opracowanie własne

Fale upałów charakteryzują się znacznym wzrostem temperatury, tymczasem nasze ciało potrzebuje czasu, aby przystosować się do zmieniających warunków zewnętrznych (Rys.15).

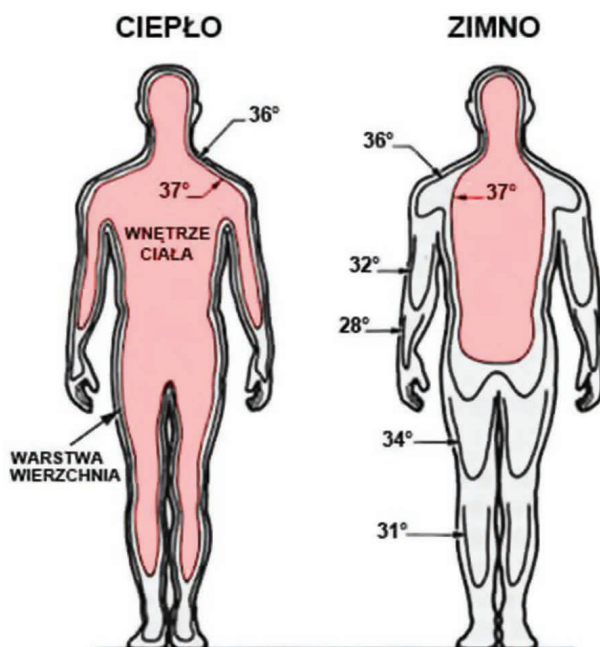


Rys.15. Czas niezbędny na dostosowanie się organizmu człowieka do nowych warunków zewnętrznych

Źródło: Opracowanie własne

Ekstremalne temperatury stanowią poważny problem dla bezpieczeństwa i higieny pracy. Praca w wysokiej temperaturze może być niebezpieczna i szkodliwa dla zdrowia zarówno dla pracowników zatrudnionych na zewnątrz, jak i dla pracowników zatrudnionych wewnątrz. W okresach długotrwałego upału narażeni jesteśmy na warunki środowiskowe, których nasz organizm nie jest w stanie wytrzymać, co może prowadzić do problemów zdrowotnych. Organizm człowieka jest w stanie utrzymywać wewnętrzną temperaturę ciała na poziomie około 37°C . Jeżeli zaburzona zostanie równowaga między kumulacją a oddawaniem ciepła przez organizm, pracownik może zacząć cierpieć na choroby związane ze stresem cieplnym (przegrzaniem) [5].

Główną przyczyną stresu cieplnego jest występowanie niesprzyjających warunków pracy, w których organizm ludzki nie jest w stanie utrzymać optymalnej temperatury wewnętrznej. Łagodny lub umiarkowany stres cieplny najczęściej prowadzi do dyskomfortu i negatywnie wpływa na wydajność i bezpieczeństwo, ale nie jest szkodliwy dla zdrowia. Ekstremalne temperatury bezpośrednio wpływają na zdrowie, osłabiając zdolność organizmu do regulowania temperatury wewnętrznej [5].



Rys.16. Temperatura części ciała w zależności od temperatury otoczenia [6]

Najwyżej zorganizowane organizmy, w tym człowiek, wykazują stałocieplność, która jest konieczna do sprawnego funkcjonowania wszystkich narządów i układów narządów. Stałość temperatury dotyczy wyłącznie wnętrza ciała np. jamy brzusznej, wnętrza głowy, krwi czy narządów klatki piersiowej (Rys.16). U zdrowego człowieka wynosi 36-37,2°C, bez względu na warunki zewnętrzne. Natomiast temperatura kończyn oraz powłok ciała (skóry) jest zmienna i w dużym stopniu zależy od czynników zewnętrznych. Ta zdolność pomaga w utrzymaniu stałej temperatury wnętrza [6].

Zdolność do utrzymania stałej temperatury ciała należy do aktywnych funkcji skóry. Mechanizm regulacji cieplnej organizmu polega na:

- kurczeniu się i rozszerzaniu naczyń krwionośnych pod wpływem bodźców cieplnych - dotyczy powierzchniowych naczyń skóry i ma charakter odruchowy,
- wydzielaniu się potu – aktywują się gruczoły potowe w reakcji na wysoką temperaturę. Jednak najbardziej efektywnie chłodzi skórę intensywne odparowanie potu, gdyż pochłania dużo ciepła (kalorii) niezbędnych dla zamiany wody w parę wodną.
- wypromieniowaniu nadmiaru ciepła na zewnątrz.

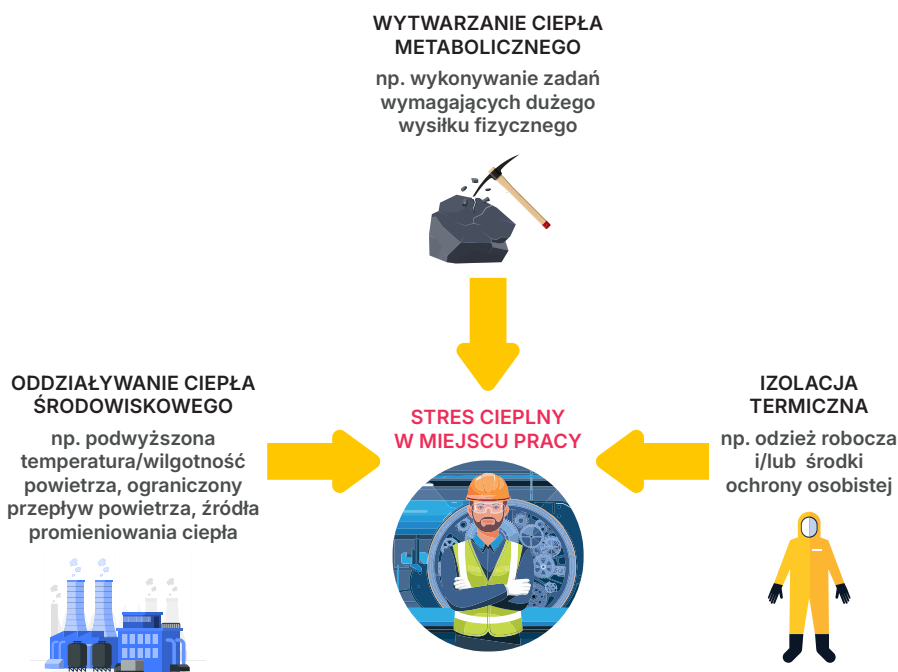
Stresowi cieplnemu przypisuje się ok. 3% wszystkich urazów zawodowych. Przewiduje się, że odsetek populacji europejskiej narażonej na bardzo wysokie ryzyko stresu cieplnego będzie stale wzrastał z 0,4% w 2018 r. do 20% - 48% w 2050 roku [1].

Nawet przy umiarkowanej temperaturze powietrza, ale przy wysokim poziomie izolacyjności cieplnej odzieży, czy bardzo ciężkiej pracy, może dojść do zaburzenia równowagi cieplnej organizmu (rys.17).

Wysokie wartości temperatury stanowią poważny problem dla BHP związany z pracownikami zatrudnionymi na zewnątrz, jak i wewnątrz. Jeśli organizm nie jest w stanie utrzymać swojej „zwykłej” temperatury to ekstremalne ciepło może powodować zmęczenie psychiczne, odwodnienie, wyczerpanie, pogorszenie chorób serca, dróg oddechowych i nerek oraz potencjalnie wyczerpanie, omdlenia i udar cieplny, [12].

Oprócz wymienionych powyżej skutków zdrowotnych, długotrwałe narażenie na ciepło może skutkować zmniejszeniem wydajności pracowników oraz podwyższeniem ryzyka zmęczenia, co może prowadzić do spadku czujności i koncentracji czy szybkości odruchów [5]. To z kolei może wpłynąć na zwiększenie prawdopodobieństwa występowania wypadków przy pracy, takich jak:

- potknięcia się,
- zderzeń/uderzeń lub innych zakłóceń w obrębie przemieszczania się,
- upadków z wysokości;
- zagrożenia związane ze spadającymi przedmiotami,
- obsługą urządzeń mechanicznych,
- zagrożenia drogowe związane z przemieszczaniem się do miejsca pracy w obrębie zakładu,
- zagrożenia związane z obchodzeniem się z substancjami chemicznymi lub elektrycznością itp.



Rys.17. Czynniki zwiększające ryzyko stresu cieplnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Zagrożenia te mogą zostać spotęgowane przez czynniki zewnętrzne lub czynniki związane z pracą, takie jak: wysoka wilgotność powietrza, słaba konwekcja powietrza, noszenie odzieży ochronnej utrudniającej odparowywanie potu itp. Sytuację tę może również pogorszyć nieodpowiednia organizacja pracy: praca podczas najgorętszych pór dnia, niezapewnienie napojów i odpowiednich warunków podczas przerw, praca z gorącymi powierzchniami itp. [13].

Rosnąca globalna temperatura oraz częstsze i bardziej dotkliwe fale upałów skutkują zmniejszoną produktywnością i uszkodzeniami infrastruktury oraz wzrostem śmiertelności ludzi.

Stres cieplny stanowi większe ryzyko dla pracowników zatrudnionych na zewnątrz, zwłaszcza gdy wykonują oni intensywną pracę fizyczną w bezpośrednim narażeniu na światło słoneczne i ciepło w takich sektorach jak:

- rolnictwo i leśnictwo,
- rybołówstwo,
- górnictwo i wydobywanie,
- transport i konserwacja,
- budownictwo
- dostawy mediów,
- służby ratownicze i inne służby publiczne,
- przedsiębiorstwa użyteczności publicznej [12].

Pracownicy zatrudnieni w pomieszczeniach są również narażeni na stres cieplny, który może być spotęgowany falą upałów. Dotyczy głównie tych, którzy pracują w słabo schłodzonych budynkach, obsługują urządzenia i procesy produkcyjne generujące znaczne ilości ciepła, wykonują ciężką pracę fizyczną lub muszą podczas upałów stosować ŚOI [14]. Obejmuje to:

- sektor dostaw energii elektrycznej,
- sektor dostaw gazu i wody,
- hutnictwo,
- piekarnictwo,
- spawalnictwo [14].

W myśl maksymy „lepiej zapobiegać niż leczyć” w środowisku pracy można przedsięwziąć działania profilaktyczne, które ograniczą negatywny wpływ wysokich temperatur na organizm pracownika. Do najważniejszych należą:

- 1. Dostosowanie harmonogramu pracy** – wykonywanie prac wymagających dużego wysiłku fizycznego w chłodniejszych porach dnia (rano lub wieczorem).
- 2. Zapewnienie odpowiedniego nawadniania** – dostęp pracowników do wody i innych napojów, które pomagają utrzymać odpowiednie nawodnienie.
- 3. Ochrona przed słońcem** – noszenie lekkiej, przewiewnej odzieży, kapeluszy i stosowanie kremów z filtrem przeciwsłonecznym.

4. **Wentylacja i chłodzenie** – zapewnienie odpowiedniej wentylacji pomieszczeń, korzystanie z klimatyzacji lub innych urządzeń chłodzących.
5. **Przerwy w pracy** – ustalenie częstych i wystarczająco długich przerw, podczas których pracownicy mogą odpocząć w chłodniejszych miejscach.
6. **Monitorowanie temperatury i wilgotności** – reagowanie na ich wzrost.
7. **Zapewnienie dostępu do schronienia przed słońcem.**
8. **Obserwowanie pracowników** – pod kątem objawów przegrzania i udzielanie pierwszej pomocy w razie potrzeby.

Wysokie temperatury i ekstremalne upały utrzymujące się przed dłuższy czas mogą negatywnie wpływać na zdrowie pracownika. Do najczęstszych, niebezpiecznych zagrożeń powodowanych **stresem cieplnym** możemy zaliczyć:

- udar cieplny,
- wyczerpanie cieplne i omdlenia,
- rabdomioliza,
- skurcze cieplne,
- wysypka cieplna,
- obrzęk cieplny,
- pogorszenie chorób serca, dróg oddechowych i nerek.

3.2.1. Udar cieplny

Udar cieplny jest stanem chorobowym. Do udaru cieplnego dochodzi, gdy termoregulacja skóry zawodzi i organizm nie jest już w stanie utrzymać stałej temperatury: temperatura ciała gwałtownie wzrasta, mechanizm pocenia się oraz wypromieniowania nadmiaru ciepła nieudany i organizm człowieka nie jest w stanie się ochłodzić. W przypadku wystąpienia udaru cieplnego temperatura ciała może wzrosnąć do 40°C lub wyższej wartości w ciągu 10-15 minut. Jest to najcięższy skutek przegrzania, który wymaga natychmiastowej pierwszej pomocy i opieki medycznej. Brak pilnej interwencji medycznej może spowodować trwałą niepełnosprawność lub śmierć pracownika [5].

Do objawów charakterystycznych dla udaru cieplnego należą:

- bardzo wysoka temperatura ciała,
- osłabienie, apatia,

- zaburzenie świadomości, splątanie, dezorientacja,
- zaburzenie oddychania, utrata przytomności, wstrząs,
- nudności i wymioty,
- gorąca, czerwona, sucha lub wilgotna skóra (w początkowej fazie),
- silne pragnienie,
- szybkie, dobrze wyczuwalne tętno.

Udar cieplny jest stanem bezpośrednio zagrażającym życiu, dlatego w pierwszej kolejności bezwzględnie wzywamy pomoc medyczną, dzwoniąc pod numer 112. Po wezwaniu pomocy należy:

- przenieść poszkodowanego pracownika w zacienione, chłodne miejsce,
- zdjąć odzież wierzchnią,
- szybko schłodzić stosując następujące metody:
 - podawać zimną wodę do picia,
 - zastosować kąpiel lodową,
 - stosować okłady, kąpiel lub prysznic o chłodnej wodzie,
 - zapewnić cyrkulację powietrza wokół pracownika, aby przyspieszyć chłodzenie,
 - pozostać z pracownikiem do czasu przybycia pogotowia ratunkowego.

Udar jest stanem zagrożenia życia. Szybkie wdrożenie odpowiedniego postępowania znacząco zwiększa szansę chorego na przeżycie!

3.2.2. Wyczerpanie cieplne

Z wyczerpaniem cieplnym mamy do czynienia, gdy w organizmie następuje nadmierna utrata płynów i soli w wyniku wzrostu temperatury ciała do temperatury 38-40°C. W wyniku utraty elektrolitów spada ciśnienie tętnicze krwi, co powoduje uczucie silnego zmęczenia. Na wyczerpanie cieplne organizmu najczęściej narażone są:

- osoby starsze,
- osoby o wysokim nadciśnieniu tętniczym,
- osoby pracujące w ciepłym otoczeniu.

Do klasycznych objawów, które towarzyszą wyczerpaniu cieplnemu zaliczamy:

- podwyższona temperatura ciała,
- obfite pocenie się,
- ból i zawroty głowy,
- zimna, blada i wilgotna skóra,
- szybkie, ale słabo wyczuwalne tętno,
- intensywne pragnienie,
- nudności lub wymioty,
- zaburzenie widzenia, zasłabnięcia.
- mrowienie i drętwienie kończyn.

Udzielając pomocy pracownikowi cierpiącemu na wyczerpanie cieplne należy podjąć następujące czynności:

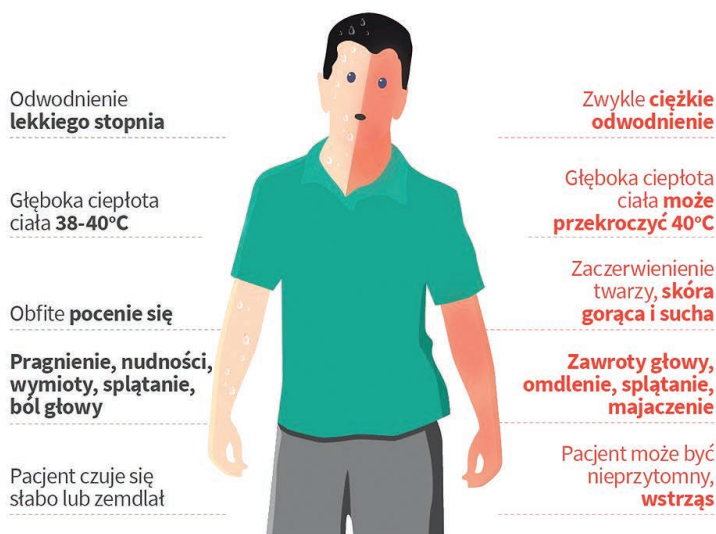
- przenieść pracownika do chłodniejszego miejsca,
- przewieźć pracownika do przychodni lub na ostry dyżur w celu oceny jego stanu i podjęcia leczenia lub zadzwonić pod numer 112,
- zdjąć niepotrzebną odzież, w tym buty i skarpetki.
- podać zimne płyny do picia,
- schładzać pracownika zimnymi okładami lub przemyć głowę, twarz i szyję zimną wodą.
- nie zostawiać pracownika samego. Poprosić kogoś, aby został z nim do czasu przybycia ewentualnej pomocy.

Jeśli osoba z objawami **wyczerpania cieplnego** szybko zostanie przeniesiona w chłodniejsze miejsce, napije się wody i zostanie skutecznie schłodzona, powinna poczuć się lepiej. Jeśli jednak w ciągu **pół godziny** złe samopoczucie nie minie, istnieje podejrzenie **udar cieplnego**. W takim wypadku należy bezzwłocznie wezwać pomoc medyczną.

Istnieje kilka symptomów, które pozwalają odróżnić udar cieplny od stanu nazywanego wyczerpaniem cieplnym. W wyczerpaniu cieplnym zwykle obserwujemy prawidłową lub tylko nieznacznie podwyższoną temperaturę ciała (**nigdy powyżej 40°C**), ponadto w **udarze cieplnym** skóra chorego jest zwykle sucha, zaczerwieniona i gorąca, natomiast w **wyczerpaniu cieplnym** występuje obfite pocenie, skóra jest zimna i blada [8]. Różnice pomiędzy oboma stanami organizmu pokazano na rysunku 18.

Wyczerpanie cieplne

Udar słoneczny



Rys.18. Podstawowe różnice w objawach udaru ciepłego i wyczerpania ciepłego [8]

3.2.3. Rabdomioliza

Istotą rabdomiolizy jest uszkodzenie i rozpad komórek mięśni szkieletowych człowieka zwanych miocytami. Powoduje to przemieszczenia się produktów ich rozpadu do krwi i rozwój objawów choroby. W wyniku rozpadu miocytów uwalniają się krwioobiegu m.in.: mioglobina (białko komórek mięśni szkieletowych i sercowych), kwas mlekowy, potas i kre- atyna. Może to powodować nieregularny rytm serca, drgawki i uszkodzenie nerek [9].

Uszkodzenie komórek mięśni szkieletowych może być spowodowane wieloma czynnikami. W środowisku pracy najczęstszą przyczyną rabdomiolizy są stres cieplny (udar cieplny, wysoka gorączka, hipotermia) oraz ekstremalnie intensywny wysiłek fizyczny.

Rabdomioliza najczęściej prowadzi do rozwoju łagodnych objawów u pracownika, ale może również stanowić zagrożenie życia. Typowe symptomy rabdomiolizy to ból mięśni, osłabienie oraz ciemne lub czerwono-brunatne zabarwienie moczu będące następstwem uszkodzenia nerek.

Poza objawami klasycznymi mogą wystąpić:

- obrzęk, sztywność i skurcz mięśni objętych procesem chorobowym;
- gorączka, nudności i wymioty;
- przyspieszona akcja serca (tachykardia).

Pracownicy, u których pojawiają się symptomy rabdomiolizy powinni:

- wstrzymać się od aktywności fizycznej,
- pić więcej płynów (najlepiej wodę),
- zasięgnąć natychmiastowej pomocy w najbliższej placówce medycznej,
- zwrócić się o badanie pod kątem rabdomiolizy (tj. analizy próbek krwi pod kątem poziomu kinazy kreatynowej).

Rozwój niebezpiecznych objawów rabdomiolizy może prowadzić do ciężkich powikłań, np. ostrego uszkodzenia nerek oraz zespołu rozsianego wykrzepiania wewnątrznaczyniowego.

3.2.4. Omdlenie cieplne

Ekstremalne upały, które towarzyszą nam w ostatnich latach to trudna sytuacja dla naszego organizmu. Wysoka temperatura powietrza oraz duży wysiłek fizyczny związany z wykonywaną pracą zawodową sprzyjają omdleniom lub chwilowym zawrotom głowy. Omdlenie jest spowodowane utratą płynów ustrojowych poprzez pocenie się oraz obniżonym ciśnieniem krwi z powodu gromadzenia się jej w nogach i niedostatecznym przepływem krwi do mózgu [10].

Omdleniom często towarzyszą objawy poprzedzające, takie jak:

- zblednięcie twarzy,
- sinica warg,
- zimny pot na czole i skroniach [10].

Natomiast objawy omdlenia cieplnego obejmują:

- omdlenie (krótkotrwałe),
- zawroty głowy,
- utratę równowagi spowodowaną zbyt długim stanem lub nagłym podniesieniem się z pozycji siedzącej lub leżącej [5].

Powrót do zdrowia po omdleniu jest zwykle szybki i następuje po odpoczynku w chłodnym miejscu. Pracownika cierpiącego na omdlenie ciepłe należy:

- posadzić lub położyć w chłodnym miejscu,
- podać i namawiać do picia wody, klarownego soku lub napoju izotonicznego.

Jeśli jesteśmy świadkami omdlenia to bezwzględnie trzeba sprawdzić czy osoba poszkodowana oddycha i jest przytomna. Jeśli nie oddycha, należy natychmiast wezwać pogotowie i rozpocząć resuscytację krążeniowo-oddechową (RKO). Jeśli poszkodowany oddycha, ale jest nieprzytomny, należy ułożyć go w pozycji bezpiecznej.

3.2.5. Kurcze ciepłe

Kurcze ciepłe są częstym problemem, głównie w okresie letnim, gdy temperatura otoczenia jest wysoka. Nagły skurcz mięśni jest bardzo bolesny i wpływa na codzienne funkcjonowanie i pracę zawodową. Dotykają one zwłaszcza pracowników, którzy intensywnie pocą się podczas wysiłku fizycznego, co zaburza równowagę wodno-elektrolitową. Efektem pocenia się jest zmniejszenie zawartości wody w organizmie oraz obniżenie stężenie składników mineralnych, w tym chlorku sodu, którego niskie stężenie w mięśniach jest przyczyną bolesnych skurczów.

Kurcze ciepłe mogą być również objawem wyczerpania cieplnego. Jeśli woda utracona w wyniku pocenia się nie zostanie uzupełniona to chlorek sodu może się gromadzić w organizmie. W takiej sytuacji pracownik powinien przenieść się do chłodniejszego miejsca i zadbać o nawodnienie organizmu. Bolesne skurcze mięśni mogą pojawiać się podczas lub po wysiłku fizycznym, szczególnie w gorące dni [5].

Skurcze ciepłe mogą objawiać się różnymi dolegliwościami, które często występują jednocześnie. Najczęstsze objawy to:

- zmęczenie i osłabienie organizmu,
- ból mięśni – może być odczuwany jako tępy, pulsujący lub kłujący,
- skurcze mięśni - nagłe i bolesne skurcze mięśni, które mogą trwać od kilku sekund do kilku minut.

Jeśli pracownik cierpi na kurcze ciepłe należy zadbać o to, żeby pił wodę i spożywał przekąski lub napoje zawierające węglowodany i elektrolity (np. napoje izotoniczne) co 15–20 minut oraz unikał zażywania tabletek z sodem. Jeśli pracownik ma problemy z sercem, jest na diecie niskosodowej, ma skurcze, które nie ustępują w ciągu godziny należy zwrócić się o pomoc medyczną.

3.2.6. Wysypka ciepła

Wysypka ciepła pojawia się na skórze w postaci małych czerwonych, silnie swędzących plamek lub wyraźnych pęcherzyków, które mogą występować w różnych częściach ciała. Pojawia się w wilgotnym środowisku, gdy jest gorąco i gdy nosimy zbyt ciepłe ubranie. Plamki są wynikiem stanu zapalnego spowodowanego zatkaniem wylotu przewodów gruczołów potowych. Mogą one pojawić się na górnej części klatki piersiowej, w pachwinach i na udach, pod piersiami i w zgięciach łokci oraz na twarzy szyi.

Najczęściej wysypka ciepła ustępuje samoistnie po powrocie pracownika do środowiska o niższej temperaturze. Jeśli u pracowników wystąpiły objawy wysypki ciepłej to powinni:

- jeśli jest to możliwe kontynuować pracę w środowisku chłodniejszym o mniejszej wilgotności,
- miejsca podrażnione utrzymywać w stanie suchym,
- zwiększyć komfort poprzez nałożenie talku,
- nie używać maści ani kremów [5].

3.2.7. Obrzęk cieplny

Jest to często spotykane schorzenie podczas upałów, zwłaszcza u osób, które nie są zaaklimatyzowane do pracy w gorących warunkach. Wysoka temperatura powoduje rozszerzenie naczyń krwionośnych w organizmie, co prowadzi do gromadzenia się większych ilości płynu w dłoniach i stopach i powstaje obrzęk cieplny.

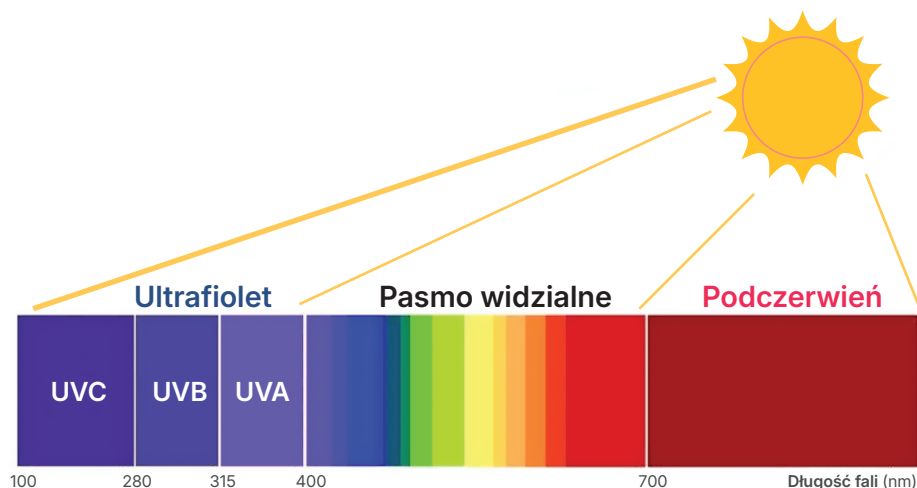
Do najbardziej oczywistych objawów obrzęku cieplnego należą opuchnięte lub obrzmiałe dłonie lub stopy, błyszcząca skóra oraz zmniejszona elastyczność skóry.

Typowe sposoby na szybkie zmniejszenie obrzęku cieplnego to:

- uniesienie opuchniętych kończyn,
- unikanie upałów, gdy tylko jest to możliwe,
- robienie przerw w chłodniejszych lub klimatyzowanych miejscach,
- regularne przerwy w pracy, zwłaszcza w przypadku długotrwałego przebywania w bezruchu (długotrwałe siedzenie lub stanie),
- picie odpowiedniej ilości wody.

3.3. Promieniowanie ultrafioletowe

Promieniowanie ultrafioletowe (UV) stanowi jedynie niewielką część promieniowania emitowanego przez słońce docierającego do powierzchni Ziemi (Rys.19). Może być również generowane sztucznie np. przez lampy w solarium. Jest to promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali od 100 nm do 400 nm.

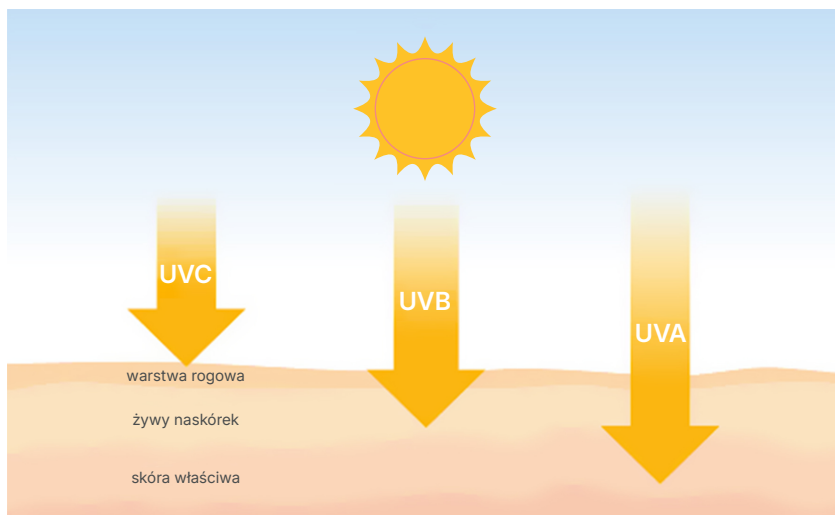


Rys.19. Podzakresy promieniowania ultrafioletowego [15]

W zależności od długości fali, rozróżniamy 3 pasma spektralne UV:

1. Promieniowanie UV-C (100-280 nm) - bardzo szkodliwe, ale pochłaniane jest całkowicie przez ozonosferę i nie dociera do powierzchni ziemi.
2. Promieniowanie UV-B (280-315 nm) - stanowi zaledwie 0,5% promieniowania słonecznego. Ten rodzaj promieniowania UV nie wnika głęboko w skórę, działa głównie na poziomie naskórka. Jest odpowiedzialny za syntezę witaminy D₃ przez skórę. Wywołuje rumień podczas opalania.
3. Promieniowanie UV-A (315-400 nm) - dociera do głębokich warstw skóry, odpowiada za jej przyspieszone starzenie się i może powodować zaburzenie funkcji bariery ochronnej skóry, wywoływanie stresu oksydacyjnego czy procesy nowotworowe. Nie wywołuje rumienia [15].

Intensywność oddziaływania różnych pasm promieniowania UV na skórę człowieka przedstawia rysunek 20.



Rys. 20. Zdolność pasm promieniowania ultrafioletowego do przenikania przez skórę [15]

Zdolność promieniowania ultrafioletowego do zabijania szkodliwych drobnoustrojów ma praktyczne zastosowania m.in. do: odkażania sprzętu medycznego, przyrządów w salonach kosmetycznych czy autobusów. Powszechniejsze staje się również zastosowanie promieniowania UV w dezynfekcji wody pitnej, a także wody w basenach i parkach wodnych.

3.3.1. Wpływ promieniowania UV na zdrowie

Ekspozycja ciała na działanie promieni ultrafioletowych ma krótko- i długoterminowe konsekwencje. Z jednej strony są odpowiedzialne za syntezę witaminy D₃, z drugiej zaś długotrwałe działanie promieniowania UV może negatywnie wpływać na organizm człowieka powodując [16]:

- **fotostarzenie się skóry** – przedwczesne starzenie się skóry spowodowane wieloma procesami zachodzącymi pod wpływem promieniowania ultrafioletowego,
- **rumień** – bezpośrednią reakcją skóry po ekspozycji na słońce, w skrajnych przypadkach przechodzi w ostre oparzenie słoneczne,
- **nowotwory skóry** – przewlekłe skutki nadmiernej ekspozycji na działania promieniowania ultrafioletowego na skórę człowieka,
- **nadprodukcję wolnych rodników** – utlenianie, drobne uszkodzenia i degenerację włókien kolagenowych. Pogarszają stan skóry, przyspieszają jej starzenie,

- **immunosupresję** – osłabienia układu odpornościowego,
- **fotodermatozę** – nienowotworowe choroby skóry, wynikające z powstających w organizmie szkodliwych związków, aktywujących się pod wpływem promieni UV.
- **choroby oczu** – promieniowanie UV może być źródłem między innymi takich uszkodzeń narządu wzroku jak zaćma korowa, świetlnie zapalenie spojówki, zapalenie rogówki, zwyrodnienie plamki żółtej i inne.

Przyczyną zwiększonych problemów zdrowotnych wynikających z ekspozycji na promienie ultrafioletowe jest stopniowe zmniejszanie się warstwy ozonowej atmosfery ziemskiej, w której cząsteczki ozonu redukują ilość promieniowania UV docierającego do powierzchni ziemi. Stopniowe przerzedzanie się warstwy ozonowej, spowodowane jest uwalnianiem substancji zubożających tę warstwę w ozon przez przemysł i inne działania człowieka.

W zmieniającym się klimacie promieniowanie UV ze słońca stanowi szczególnie problem dla pracowników pracujących na zewnątrz, którzy są narażeni na dawki promieniowania UV co najmniej 2-3 razy wyższe niż pracownicy przebywający wewnątrz pomieszczeń. W przypadku niezabezpieczonych pracowników pracujących na zewnątrz narażenie na promienie UV dodatkowo wzrasta. Na narażenie pracownika na promieniowanie UV ze słońca wpływają również inne czynniki środowiskowe takie jak pora roku lub dnia czy szerokość geograficzna [7].

3.3.2. Ochrona przed działaniem promieniowania UV

Ochrona pracownika przed promieniowaniem UV obejmuje zarówno środki ochrony indywidualnej, jak i działania profilaktyczne. Pracownikom należy zapewnić:

- **odpowiednią odzież ochronną** – preferowane są materiały o gęstym splocie, które minimalizują przenikanie promieni UV. Odzież powinna zakrywać jak największą część ciała, a w szczególności ramiona i nogi,
- **okulary z filtrami UV,**
- **nakrycia głowy** – dobrym rozwiązaniem są kapelusze z szerokim rondem zapewniają ochronę głowy, twarzy i szyi.
- **kremy z filtrami przeciwsłonecznymi** – co najmniej z filtrami SPF 30 do ochrony skóry niezakrytej ubraniem,
- **osłony twarzy z filtrem UV oraz rękawice.**

Dodatkowo, ważne jest ograniczenie czasu ekspozycji na słońce w godzinach szczytowych oraz edukacja pracowników na temat zagrożeń związanych z promieniowaniem UV.

Najbardziej narażeni na naturalne promieniowanie nadfioletowe są:

- rolnicy i pracownicy leśni.
- pracownicy budowlani pracujący na zewnątrz,
- marynarze i rybacy,
- ratownicy wodni.
- ogrodnicy,
- kamieniarze.

Najliczniejszą grupą zawodową spośród wymienionych są rolnicy, którzy ze względu na narażenie na działanie słońca każdego dnia są jednocześnie najbardziej zagrożeni rozwojem nowotworu skóry. Szczególnie narażeni na ryzyko wynikające z oddziaływania promieniowania UV są również pracownicy budowlani wykonujący zadania zawodowe na zewnątrz oraz leśnicy, zwłaszcza podczas pracy na otwartych przestrzeniach [17].

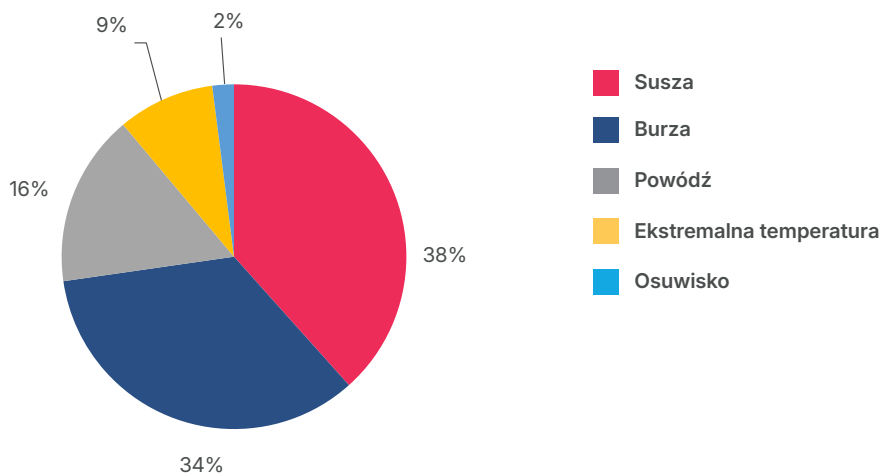
Według Międzynarodowej Organizacji Pracy (ang. International Labour Organization – ILO) każdego roku 1,6 mld pracowników (28% populacji w wieku produkcyjnym) jest narażonych zawodowo na promieniowanie UV [7].

3.4. Ekstremalne zjawiska pogodowe

Postępująca zmiana klimatu w coraz większym stopniu wpływa na środowisko naturalne, jak również nasila występowanie ekstremów i anomalii pogodowych. Ekstremalne zjawiska pogodowe wykraczają ponad przyjęte przeciętne normy, zdarzają się rzadko, tylko przy wystąpieniu szczególnych okoliczności i najczęściej niosą za sobą katastrofalne skutki dla otoczenia, w którym występują.

Każdego roku tysiące ludzi ginie lub odnosi obrażenia spowodowane ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, które prowadzą do klęsk żywiołowych, takich jak susze, powodzie, pożary czy huragany (Rys.17).

Pracownicy mogą być narażeni na czynniki niebezpieczne zarówno podczas samego zdarzenia, jak i bezpośrednio po nim, a także w trakcie prac porządkowych.



Rys. 21. Liczba zgłoszonych zgonów na świecie w latach 1970–2019 według zdarzenia pogodowego (WMO 2021)

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji literaturowej [7]

Podczas powodzi, oprócz utonięć, pracownicy mogą być narażeni na zagrożenia biologiczne, np. bakterie, pleśń, fekalia i zagrożenia związane z wektorami (np. cholera). W czasie pożarów pracownicy, ale także strażacy i inne służby ratownicze mogą być narażeni na poparzenie, podwyższony poziom stężeń cząstek stałych oraz zatrucia substancjami chemicznymi powstającymi podczas spalania [7].

Ekstremalne zjawiska pogodowe mogą doprowadzić również do poważnych uszkodzeń instalacji, takich jak fabryki i kopalnie, prowadząc do uwolnienia niebezpiecznych substancji, pożarów i wybuchów. Jeśli szkody są poważne to dochodzi do poważnej awarii przemysłowej skutkującej utratą życia wielu osób, niekorzystnymi skutkami dla zdrowia, zanieczyszczeniem środowiska i stratami ekonomicznymi. Ekspozycja na toksyczne chemikalia uwolnione do atmosfery podczas poważnych awarii przemysłowych może powodować miejscowe obrażenia, np. oparzenia skóry czynnikiem żrącym lub ogólnoustrojowe uszkodzenie organizmu zarówno pracowników zakładu, jak i ludności poza terenem zakładu. Natomiast eksplozje mogą spowodować zawalenia budynki, pod gruzami których mogą znajdować się pracownicy z urazami skutkującymi utratą zdrowia a nawet życia [7].

Przewidywany w ramach przyszłych scenariuszy zmian klimatu wzrost zarówno częstotliwości, jak i dotkliwości zjawisk pogodowych stanowi poważne zagrożenie dla długoterminowego dobrostanu wielu pracowników.

W latach 1970–2019 było ponad 2 mln zgonów spowodowanych zagrożeniami pogodowymi, klimatycznymi i wodnymi (nie tylko narażeniem zawodowym) [7].

Grupami zawodowymi szczególnie narażonymi na ekstremalne zjawiska pogodowe są: personel medyczny, strażacy, inni pracownicy służb ratowniczych, pracownicy budowlani wykonujący prace porządkowe, pracownicy rolni, pracownicy z sektora rybołówstwa.

Ekstremalne zjawiska pogodowe są najczęściej krótkotrwałe i trudne do przewidzenia. Należą do nich:

- skrajnie wysokie i niskie temperatury,
- susze,
- powodzie i podtopienia,
- burze,
- pożary,
- trąby powietrzne lub cyklony tropikalne.

3.4.1. Skrajne temperatury

Temperatury skrajne to takie, które znacznie różnią się od średnich dla danego okresu w roku i regionu. Gdy temperatury ekstremalne dotyczą najcieplejszego okresu roku mówimy o upale, a gdy najzimniejszego o mrozie.

Ekstremalnie wysokie temperatury i długotrwała ekspozycja na promieniowanie słoneczne może skutkować m.in.:

- awarię urządzeń elektrycznych i mechanicznych,
- zwiększonym zużyciem energii wynikającym z potrzeby chłodzenia,
- zwiększonym ryzykiem śmierci ludzi, poparzeń słonecznych i chorób skóry,
- wyczerpywaniem się zasobów wód powierzchniowych i podziemnych
- niszczeniem powierzchni dróg asfaltowych (Rys.18).



Rys. 22. Asfalt stopiony od temperatury [18]

Pomimo globalnych trendów ocieplenia, zmiany klimatu prowadzą także do wzrostu liczby niszczycielskich, zimowych burz i ekstremalnego zima, nawet w regionach, w których takich zdarzeń było niewiele.

Skutkami skrajnie niskich temperatur mogą być:

- awarie środków transportu i silników maszyn,
- pękanie torów kolejowych, oblodzenie dróg, zasypy śnieżne,
- awarie instalacji wodociągów, kanalizacji i linii energetycznych (Rys.23),
- zwiększone zużycia energii wynikające z potrzeby ogrzewania
- zwiększone ryzyko śmierć ludzi spowodowane wychłodzeniem.



Rys.23. Słup energetyczny połamany na skutek silnych mrozów [19]

3.4.2. Susze

Susza jest zjawiskiem hydrologicznym polegającym na występowaniu długotrwałego okresu bez opadów atmosferycznych lub z nieznacznym opadem w stosunku do średnich wieloletnich wartości w miejscu i czasie, gdzie i kiedy powinny one występować. W wyniku suszy obniżone zostają także poziomy wód gruntowych.

Niepożądanymi skutkami suszy mogą być:

- zmniejszenie lub całkowite zniszczenie upraw rolnych (Rys.24),
- zmniejszenie zasobów wody pitnej,
- przerwy w dostawach energii wymuszone wyłączeniem elektrowni chłodzonych wodą z ujęć powierzchniowych np. jezior lub rzek,
- zwiększenie prawdopodobieństwa katastrofalnych pożarów.



Rys.24. Wpływ suszy na uprawy roślin [20]

3.4.3. Podtopienia i powodzie

Powódź to podobnie jak susza zjawisko hydrologiczne polegające na wezbraniu wód w rzece, które powoduje zalanie okolic koryta rzeki po przekroczeniu przez wodę stanu brzegowego. Podtopienie jest natomiast zjawiskiem spowodowanym głównie przez gwałtowne ulewy, które powodują zalanie terenów pozbawionych możliwości odprowadzenia nadmiaru wody do zbiorników wodnych.

Skutkami podtopień i powodzi mogą być:

- zniszczenia upraw,
- zniszczenia budynków, pojazdów, infrastruktury (Rys.25),

- zanieczyszczenie wody pitnej groźnymi bakteriami,
- śmierć ludzi lub zwierząt poprzez utopienie,
- zanieczyszczenie terenu objętego powodzią przez odpady niesione przez wodę.



Rys.25. Powódź w Głuchołazach (2024 r.) [21]

3.4.4. Burze

Burza to gwałtowne zjawisko, któremu towarzyszą wyładowania elektryczne (błyskawice i grzmoty) (Rys.26) oraz intensywne opady deszczu, a niekiedy również gradu (Rys.27). Najczęściej występują w upalne dni, podczas których promienie słoneczne silnie nagrzewają powierzchnię ziemi.

Możliwymi skutkami piorunów i gradobicia mogą być:

- śmierć lub poparzenie w wyniku porażenia piorunem,
- pożary wywołane uderzeniami piorunów,
- zniszczenia pól uprawnych przez grad,
- uszkodzenia budowli i pojazdów wywołane uderzeniami gradu.



Rys.26. Błyskawice podczas burzy [22] Rys.27. Kulki gradu po burzy [23]

3.4.5. Trąby powietrzne

Trąba powietrzna to wirująca kolumna powietrza rozciągająca się od podstawy chmur do powierzchni ziemi (Rys.28). Powstaje na skutek zderzenia mas ciepłego i zimnego powietrza, wyłącznie latem. W Polsce trąby powietrzne występują rzadko i charakteryzują się stosunkowo wąskim pasem zniszczeń (200–250 m).



Rys.28. Trąba powietrzna (tornado) [23]

Skutkami trąb powietrznych mogą być:

- śmierć ludzi spowodowana porwaniem przez wiatr lub przygnieceniem przez przedmioty niesione przez wiatr,
- zniszczenia budynków, obiektów infrastruktury, pojazdów,
- zniszczenia dużych obszarów lasów (Rys.29).



Rys.29. Las po przejściu trąby powietrznej
(Suszek woj. Pomorskie 2017 r.) [24]

3.4.6. Pożary

Pożar jest niekontrolowanym procesem palenia się, występującym w miejscu do tego nie przeznaczonym, rozprzestrzeniającym się w sposób niekontrolowany, powodującym zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi i zwierząt oraz straty materialne.

Szczególnie narażone i podatne na pożary stają się lasy w okresach suchości, co może mieć katastrofalne skutki dla przyrody, mieszkańców oraz gospodarki. Możliwymi skutkami pożarów są:

- zniszczenia materialne,
- zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi,
- szkody środowiskowe (Rys.30),
- straty ekonomiczne,
- skutki długofalowe.



Rys. 30. Pożar lasu [25]

3.5. Zanieczyszczenie powietrza

Zanieczyszczenia powietrza to wszystkie substancje w postaci gazów, cieczy lub ciał stałych (pyły), które nie są jego naturalnymi składnikami lub występują w stężeniu wyższym niż naturalne. Zagadnienia te zostały opisane szerzej w rozdziale 2.

Pochodzą one z wielu różnych źródeł. Niektóre z nich mają charakter rozproszony (rolnictwo czy transport), inne są związane z konkretnym miejscem, np. fabryką czy elektrownią. Zanieczyszczenia uwalniane w jednym miejscu mogą powodować szkody lokalne, ale mogą także rozprzestrzeniać się na duże odległości.

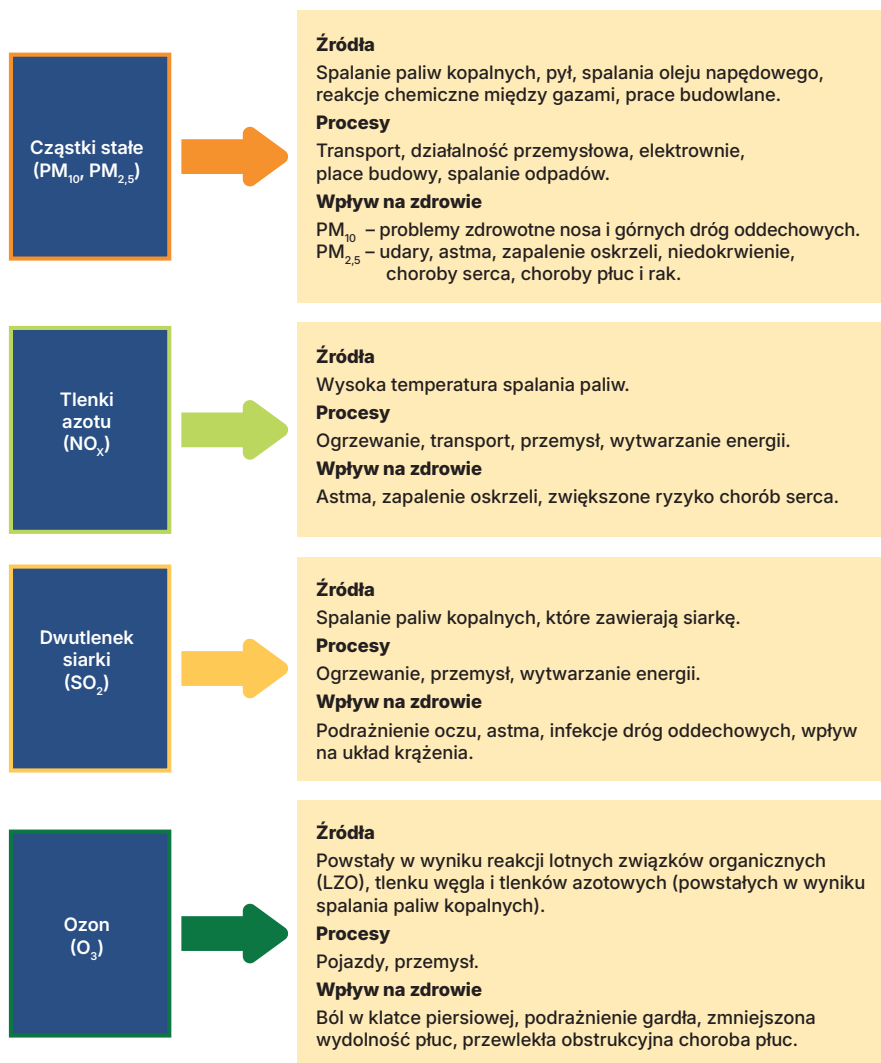
Różnego rodzaju zanieczyszczenia powietrza przyczyniają się do globalnego ocieplenia, a to z kolei prowadzi do dalszego wzrostu zanieczyszczenia powietrza. Rosnąca liczba pożarów przyczyni się do zwiększenia poziomu emisji cząstek stałych i prekursorów ozonu. Ponadto powietrze w regionach, w których występują długotrwałe okresy suszy i wyższych temperatur będzie zawierać więcej pyłów z gleb przenoszonych przez wiatr [7].

Zmiany klimatyczne mogą również wpływać na stężenie zanieczyszczeń powietrza występujących w pomieszczeniach, które mogą pochodzić ze źródeł wewnętrznych (np. pleśń i lotne związki organiczne) lub być przenoszone do budynku wraz z powietrzem z zewnątrz [26].

Zmieniające się w wyniku zmian klimatu warunki pogodowe wpływają na poziom zanieczyszczeń powietrza, takich jak:

- ozon występujący w warstwie przyziemnej,
- pył drobny ($PM_{2,5}$) i średni (PM_{10}),
- tlenki azotu (NO_x),
- dwutlenek siarki (SO_2).

Źródła wymienionych zanieczyszczeń, procesy sprzyjające ich emisji oraz ich wpływ na zdrowie przedstawiono poniżej (Rys.31) [7].



Rys.31. Charakterystyka głównych zanieczyszczeń powietrza

Pracownicy we wszystkich sektorach gospodarki i w całym łańcuchu dostaw są stale narażeni na zanieczyszczenie powietrza. Wyższy poziom narażenia obserwuje się u osób pracujących na zewnątrz, w obszarach o wysokim poziomie zanieczyszczenia powietrza generowanego przez intensywny ruch drogowy lub przemysł. Istotny jest także łączny wpływ zanieczyszczenia powietrza i nadmiernego ciepła. Wiele dowodów wskazuje na to, że narażenie na oba czynniki jednocześnie stwarza większe łączne ryzyko dla zdrowia niż suma ich indywidualnych ryzyk.

Szczególnie niepokojące jest narażenie na zanieczyszczenie powietrza bardzo dużej liczby pracowników zatrudnionych na zewnątrz, ponieważ konwencjonalne środki ochrony przed zagrożeniami w miejscu pracy, takie jak hermetyzacja zagrożeń czy wentylacja, nie zawsze mają zastosowanie do środowiska zewnętrznego. Dlatego zarówno pracodawcy jak i pracownicy mogą mieć niewielką lub żadną kontrolę nad źródłami zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego [7].

Na całym świecie ponad 1,2 miliarda pracowników spędza większość swoich godzin pracy na zewnątrz i jest stale narażonych na zanieczyszczenie powietrza zewnętrznego, co jest powodem ponad 860 000 zgonów wśród tej grupy pracowników każdego roku [7].

3.6. Choroby przenoszone przez wektory

Choroby wektorowe (inaczej choroby transmisyjne) to zakaźne i pasożytnicze choroby przenoszone przez wektory (stawonogi), czyli żywe organizmy takie jak komary, kleszcze, pchły czy muchy. Wektory nie chorują, lecz przenoszą patogeny (wirusy, bakterie, pasożyty) z jednego organizmu na drugi.

W ostatnich latach wyższe temperatury, zwiększone opady deszczu pozwoliły wielu przenoszącym choroby wektorom rozszerzyć swój zasięg na północ Europy jednocześnie wydłużając sezon ich aktywności i powodując zmiany w zachowaniu wektorów, ostatecznie zwiększając ryzyko zakażenia u ludzi. Głównie od 2010 roku w południowej i południowo-wschodniej Europie wystąpiły lokalnie przenoszone ogniska dengi, chikungunyi, gorączki Zachodniego Nilu, a nawet malarii [7].

Poniżej przedstawiono przykłady wektorów i chorób, które one przenoszą (Tabela 4).

Tabela 4. Choroby wektorowe i organizmy, które je przenoszą

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Wektor		Choroba spowodowana	Źródło zakażenia
Komary	Aedes (doskwier pastwiskowy) 	Chikungunya Denga Filarioza limfatyczna Gorączka Doliny Rift Żółta febra Zika	Wirus Wirus Pasożyt Wirus Wirus Wirus
	Anopheles (widliszek) 	Filarioza limfatyczna Malaria	Pasożyt Pasożyt
	Culex (komar brzęczący) 	Japońskie zapalenie mózgu Filarioza limfatyczna Gorączka Zachodniego Nilu	Wirus Pasożyt Wirus
Czarne muchy		Onchocerkozą (ślepotę rzeczną)	Pasożyt
Pchły		Dżuma (przenoszona ze szczurów na ludzi) Tungiaza	Bakterie Ektopasożyt
Wszy		Tyfus Gorąca gorączka przenoszona przez wszy	Bakterie Bakterie
Muchówki		Leiszmanioza Gorączka much piaszkowych	Pasożyt Wirus
Kleszcze		Krymsko-kongijska gorączka krwotoczna Choroba Lyme Borelioza Choroby riketsjowe (np.: gorączka plamista, gorączka Q) Kleszczowe zapalenie mózgu Tularemia	Wirus Bakterie Bakterie Bakterie Wirus Bakterie

Pluskwy	Triatomine 	Choroba Chagasa (trypanosomoza amerykańska)	Pasożyt
Muchy tse-tse		Śpiączka afrykańska (trypanosomoza)	Pasożyt

Z danych MOP z 2024 roku wynika, że każdego roku ponad 15 170 pracowników umiera z powodu narażenia zawodowego na choroby pasożytnicze i przenoszone przez wektory, w tym malarię, trypanosomatozę, chorobę Chagasa, schistosomatozę, leiszmaniozę, filariozę limfatyczną, onchocerkozę, wągrzycę, echinokokozę, dengę, jaglicę, żółtą febrę i wściekliznę. Stanowi to około 7,6% wszystkich zgonów z powodu chorób pasożytniczych i przenoszonych przez wektory.

Pracownicy pracujący na zewnątrz są szczególnie podatni na choroby przenoszone przez wektory, ponieważ są narażeni na wektory, takie jak komary, kleszcze i pchły, które mogą przenosić pasożyty, wirusy lub bakterie. Należą do nich rolnicy, leśnicy, weterynarze, rzeźnicy, osoby zajmujące się zwierzętami, architekci krajobrazu, ogrodnicy, malarze, dekarze, brukarze, pracownicy budowlani i strażacy oraz ratownicy medyczni i pracownicy służby zdrowia, którzy mają do czynienia z zakażonymi osobami [27].

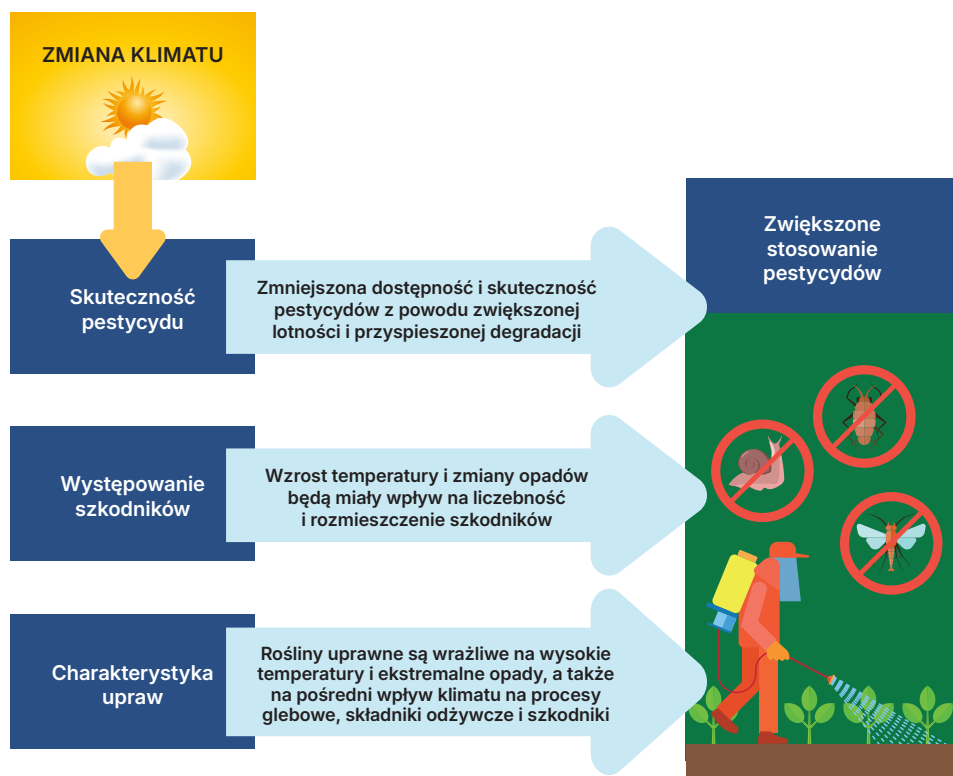
Zmiany w codziennym grafiku pracy spowodowane wzrostem temperatur mogą również wpływać na narażenie pracowników. Na przykład wydłużone okresy odpoczynku w środku dnia oraz wzmożona aktywność o świcie i zmierzchu mogą pokrywać się z okresami największej aktywności owadów przenoszących choroby, zwiększając tym samym ryzyko zakażenia nimi.

Zalecenia dotyczące ochrony pracowników przed potencjalnym wpływem zmian klimatycznych na zagrożenia biologiczne obejmują nadzór nad chorobami i wektorami, kontrolę wektorów, szkolenia dla pracowników na temat zagrożeń biologicznych i najlepszych praktyk zapobiegawczych oraz środki ochrony osobistej dla pracowników, w stosownych przypadkach [27].

3.7. Zagrożenia agrochemiczne

Zagrożenia agrochemiczne to negatywne skutki stosowania nawozów, pestycydów i innych środków chemicznych w rolnictwie na zdrowie człowieka, zwierząt i środowisko. Mogą obejmować zatrucia, rakotwórczość, zaburzenia płodności, a także zanieczyszczenie gleby, wód i powietrza.

Zmiany klimatyczne mają ogromny wpływ na rolnictwo, m.in. na rodzaje upraw i występowanie szkodników, a to wymusza stosowanie coraz większej ilości niebezpiecznych pestycydów (Rys.32). Według danych internetowej platformy danych i analiz biznesowych statista.com w latach 1990-2021 na świecie zużycie pestycydów w rolnictwie wzrosło aż o 96%. Zmiana klimatu może mieć również wpływ na stosowanie nawozów sztucznych. Zwiększone opady mogą powodować erozję gleby, a tym samym zmniejszać ilość niezbędnych składników odżywczych, takich jak azot i fosfor, które są niezbędne do wzrostu roślin, co przyczynia się do stosowania większej ilości nawozów [7].



Rys.32. Wpływ zmian klimatu na stosowanie pestycydów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Wzrost ilości stosowanych pestycydów został uznany przez EU-OSHA jako jeden z ważnych skutków zmian klimatycznych wpływających na bezpieczeństwo i zdrowie pracowników. Stosowanie pestycydów jest bezpośrednio uzależnione od ich skuteczności, cech upraw i występowania

szkodników. Zmiana klimatu może zmniejszyć skuteczność pestycydów z powodu zwiększonej lotności i przyspieszonego rozkładu, na które silnie wpływają wysoka zawartość wilgoci, podwyższone temperatury i bezpośrednie narażenie na działanie promieni słonecznych. Susze spowodowane zmianami klimatycznymi mogą dodatkowo zwiększyć ryzyko wdychania pestycydów przez pracowników [30].

Poważnym problemem zwłaszcza w rolnictwie jest stosowanie wysoce niebezpiecznych pestycydów (WNP), które spowodowały poważne skutki zdrowotne i zgony w wielu regionach świata. W związku z powyższym Forest Stewardship Council (FSC) w 2019 roku opracowało wykaz WNP zabronionych, objętych ścisłymi ograniczeniami i objętych ograniczeniami przez FSC [31].

Z kolei w tabeli 5 przedstawiono przykłady pestycydów sklasyfikowanych przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) jako rakotwórcze dla ludzi (Grupa 1) i prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi (Grupa 2).

Tabela.5. Pestycydy sklasyfikowane jako rakotwórcze lub prawdopodobnie rakotwórcze przez IARC

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Pestycydy sklasyfikowane jako rakotwórcze dla ludzi (Grupa 1)	Pestycydy sklasyfikowane jako prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi (Grupa 2A)
Arsen i związki arsenu	Dichlorodifenylotrichloroetan (DDT)
Pentachlorofenol (PCP)	Organofosforany (malation, diaznon, glifosat)
Lindan	Aldryna i dieldryna
Tlenek etylenu	Captafol
Formaldehyd	Dibromek etylenu

Podobnie jak pestycydy nawozy sztuczne również stanowią duże zagrożenia dla zdrowia i życia pracowników. Nawozy na bazie azotu są wytwarzane z amoniaku, który może powodować oparzenia, obrzęk krtani, zapalenie i obrzęk płuc, a także trwałe skutki, w tym upośledzenie wzroku i przewlekłe choroby płuc. Białe fosfor, stosowany do wytwarzania

niektórych nawozów sztucznych, jest niezwykle toksyczny dla ludzi i może uszkodzić nerki, wątrobę, układ sercowo-naczyniowy i ośrodkowy układ nerwowy. Często nawozy zawierają metale ciężkie, takich jak kadm i ołów, które również mogą mieć wpływ na zdrowie pracowników przemysłu nawozowego.

Ponadto przechowywanie nawozów azotowych jest bardzo niebezpieczne i stanowi ryzyko wystąpienia poważnej awarii przemysłowej, na przykład, jak miało to miejsce w 2020 roku, kiedy eksplodowało około 2750 ton azotanu amonu przechowywanego w magazynie w porcie w Bejrucie [32].

W celu wyeliminowania lub zminimalizowania ryzyka związanego z narażeniem na pestycydy można zastosować różne rozwiązania. Najskuteczniejszym sposobem zapobiegania narażeniu na WNP jest eliminacja lub zastąpienie mniej toksycznymi pestycydami. Środki ochrony indywidualnej (ŚOI) należy stosować wtedy, gdy nie jest możliwe wyeliminowanie lub zminimalizowanie narażenia za pomocą innych rozwiązań, a wybór odpowiedniego ŚOI zależy od poziomu zagrożenia stwarzanego przez pestycyd, przewidywanego czasu ekspozycji czy etapu użytkowania, np. podczas rozpylania [7].

Rozwiązania przeciwdziałające narażeniom na wysoce niebezpieczne pestycydy można uszeregować od najbardziej skutecznych do najmniej skutecznych następująco [7]:

1. **Eliminacja** – całkowite wyeliminowanie WNP i zastosowanie alternatywnej metody zwalczania szkodników, np. biopestycydów.
2. **Zastąpienie** – zastąpienie WNP mniej toksycznym pestycydem.
3. **Rozwiązania techniczne** – izolowanie pracowników od substancji chemicznej poprzez zastosowanie rozwiązań, które minimalizują emisję pestycydów, zmniejszają rozpylenie poprzez zmianę ustawień dyszy itp.
4. **Środki administracyjne** – zmiana sposobu wykonywania pracy, np. dostosowanie zadań lub harmonogramów pracy w celu ograniczenia czasu narażenia pracowników na działanie substancji chemicznych, opracowanie procedur dotyczących postępowania z substancjami niebezpiecznymi.
5. **Środków ochrony indywidualnej (ŚOI)** – należy zapewnić i egzekwować stosowanie przez pracowników odpowiednich ŚOI, np. rękawic, kombinezonów, masek z filtrami i okularów ochronnych.

Zawodami charakteryzującymi się wysokim ryzykiem narażenia pracowników na środki agrochemiczne są: rolnictwo, przemysł chemiczny, leśnictwo, sprzedaż pestycydów, pielęgnacja terenów zielonych, kontrola wektorów.

3.8. Podsumowanie

Zmiana klimatu spowodowała pojawienie się nowych zagrożeń, na które narażona jest ogromna liczba pracowników w miejscu wykonywanej pracy, a przewiduje się, że grupa ta będzie się tylko powiększać. W wyniku tego rodzaju narażenia wielu pracowników zapada na śmiertelne choroby, takie jak: choroby układu krążenia czy nowotwory lub zmagają się z wyniszczającymi chorobami przewlekłymi. Niektórzy pracownicy mogą być szczególnie narażeni na skutki zmian klimatycznych, na przykład rolnicy oraz inne osoby pracujących na zewnątrz, które wykonują ciężką pracę w gorącym klimacie.

Wszystko to sprawia, że przed pracodawcami i służbami BHP stoi duże wyzwanie, aby pracownikom zapewnić bezpieczne warunki pracy. Przyjęta niedawno Globalna strategia MOP dotycząca bezpieczeństwa i higieny pracy na lata 2024-2030 podkreśla, że kwestie BHP związane ze zmianami klimatu powinny zajmować ważne miejsce w globalnych i krajowych programach politycznych, a kluczowe dla tego obszaru partnerstwa powinny być ustanawiane zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym.

Proces wdrażania polityki i programów BHP powinien być koordynowany przez organy rządowe, w tym ministerstwa pracy i zdrowia, tak by zapewnić spójność stosowanych rozwiązań. W procesie opracowywania polityki łagodzenia zmian klimatu i przystosowywania się do nich niezbędny jest również dialog społeczny prowadzony pomiędzy rządami i partnerami społecznymi, ponieważ to właśnie pracownicy i pracodawcy są najlepiej przygotowani do wdrożenia odpowiednich działań w miejscu pracy.

3.9. Literatura:

- [1] Młynarczyk M., Zmiany klimatyczne i ich wpływ na środowisko pracy, gorący i zimny mikroklimat. Rada Ochrony Pracy 26-28 sierpnia 2024 r. CIOP-PIB, Warszawa 2024. on-line: https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/99873/3_ZS_13_Referat_ROP_Zmiany_klimatyczne_i_ich_wplyw_na_srodowisko_pracy_2024.pdf (dostęp 15.05.2025 r.)

- [2] ANSES, *Ocena zagrożeń dla zdrowia pracowników stwarzanych przez zmianę klimatu*, ANSES (francuska Agencja ds. Żywności, Środowiska i Bezpieczeństwa Pracy), Maisons-Alfort 2018. on-line: <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2013SA-0216EN.pdf> (dostęp: 04.05.2025).
- [3] Dasgupta, S., Robinson, E.J.Z., The labour force in a change climate: Research and policy needs, *PLOS Climate* 2023, 2(1).
- [4] Materiał na posiedzenie Rady Ochrony Pracy, Zmiany klimatyczne i ich wpływ na środowisko pracy, gorący i zimny mikroklimat, zagrożenia w szczególności problem odwadniania organizmu, stany prawne i interpretacje. PIP, Warszawa 2024.
- [5] Przewodnik UE, Wysokie temperatury w pracy – wytyczne dla pracodawców. European Agency for Safety and Health at Work 2023, on-line: https://osha.europa.eu/sites/default/files/Heat-at-work-Guidance-for-workplaces_PL.pdf (dostęp: 04.05.2025).
- [6] <https://krio-star.pl/fizjoterapia/temperatura-ciala-homeostaza-i-termoregulacja/> (dostęp: 06.05.2025).
- [7] Ensuring safety and health at work in a changing climate, Geneva: International Labour Office, 2024. on-line: https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_SafeDay24_Report_r11.pdf (dostęp: 06.05.2025).
- [8] <https://www.gov.pl/web/psse-szczecin/wyczerpanie-a-udar-cieplny-latozsaneplidem> (dostęp: 06.05.2025)
- [9] <https://enelsport.pl/rabdomiloza-przyczyny-objawy-i-leczenie/> (dostęp: 08.05.2025).
- [10] <https://zdrowie.pap.pl/pierwsza-pomoc/omdlenia-czesto-w-czasie-upalow> (dostęp: 08.05.2025).
- [11] <https://legionhdk.pl/pierwsza-pomoc/zasady-pierwszej-pomocy/pozycja-boczna-ustalona> (dostęp: 08.05.2025)
- [12] Varghese B.M., et al., Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review *Safety Science* 2018, 110 A, 380-392.
- [13] Przewodnik dla Związków Zawodowych, Adaptacja do zmian klimatu w kontekście świata pracy, 2020. on-line: Adaptation to climate change | ETUC (dostęp: 13.05.2025).
- [14] Kapalo, P., et al., Influence of Indoor Climate on Employees in Office Buildings – A Case Study. *Sustainability* 2020 12(14).
- [15] <https://view.genially.com/605786ace40be60cff5ba0ea/presentation-promienie-nadfioletowe> (dostęp: 09.5.2025).
- [16] <https://www.gov.pl/web/psse-elk/promieniowanie-ultrafioletowe-uv> (dostęp: 09.5.2025).
- [17] Review on the future of Agriculture and Occupational Safety and Health - Report. European Agency for Safety and Health at Work, 2020. on-line: Review_future_Agriculture_OSH.pdf (dostęp: 13.05.2025).

- [18] <https://www.polsatnews.pl/wiadomosc/2018-05-23/asfalt-topil-sie-i-kleil-do-kol-z-powodu-wysokiej-temperatury-obwodnica-witnicy-zamknieta/> (dostęp: 13.05.2025).
- [19] <https://krakow.naszemiasto.pl/powiat-krakowski-tysiace-ludzi-nie-maja-pradu-i-ogrzewania/ar/c8-291881> (dostęp: 13.05.2025).
- [20] <https://forsal.pl/biznes/rolnictwo/artykuly/8226696,ekstremalne-warunki-pogodowe-rosnace-ceny-zywnosci.html> (dostęp: 13.05.2025).
- [21] <https://doxa.fm/aktualnosci/obraz-glucholaz-po-przejsciu-wody-jest-wstrzasajacy/> (dostęp: 13.05.2025).
- [22] <https://www.twojapogoda.pl/wiadomosc/2019-05-10/rozpoczyna-sie-sezon-burzowy-w-polsce-gdzie-zagrzmi-dzisiaj-i-w-nastepnych-dniach-sprawdz/> (dostęp: 15.05.2025).
- [23] Przeczytaj - Zmiany klimatu a ekstremalne zjawiska atmosferyczne - zpe.gov.pl (dostęp: 13.05.2025).
- [24] <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/weekendowe-nawalnice-nad-polska/zxcwhfl> (dostęp: 13.05.2025).
- [25] <http://www.sportoryko.pl/artykuly/234/ekstremalne-zjawiska-atmosferyczne-i-ich-skutki/> (dostęp 09.05.2025)
- [26] Fann, N. T. et al., Ch. 3: Air Quality Impacts. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. U.S. Global Change Research Program. Washington, D.C. 2016. on-line: <https://health2016.globalchange.gov/air-quality-impacts> (dostęp: 16.05.2025).
- [27] Schulte, P. A. et al., Updated Assessment of Occupational Safety and Health Hazards of Climate Change. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2023. 20 (5–6).
- [28] Takala J. et al., Global Estimates on Biological Risks at Work. Safety and Health at Work, 2023.14 (4).
- [29] Colón-González, F. J. et al., Projecting the Risk of Mosquito-Borne Diseases in a Warmer and More Populated World: A Multi-Model, Multi-Scenario Intercomparison Modelling Study. The Lancet Planetary Health, 20215 (7).
- [30] Delcour I. et al., Literature Review: Impact of Climate Change on Pesticide Use. Food Research International, 2015. 68.
- [31] <https://www.gov.pl/attachment/d707098e-cd1f-49c0-9e87-9f4abc312d52> (dostęp: 16.05.2025).
- [32] Ning J. et al., The Importance of Monitoring Endocrine-Disrupting Chemicals and Essential Elements in Biological Samples of Fertilizer Industry Workers. Environmental Research, 2023. 231 Part 2.





Trwająca od dekad intensywna eksploatacja środowiska naturalnego związana z promocją i ogólnospołeczną akceptacją konsumpcjonizmu doprowadziła do globalnych przemian mających niszczący wpływ zarówno na środowisko naturalne, jak i środowisko pracy. Niestety, ofiarą degradacji środowiska jest również sam człowiek. Bez zdrowego środowiska nie ma bowiem zdrowego człowieka, są natomiast szerzące się liczne choroby cywilizacyjne, brak żywności i głód, brak wody czy w końcu niebezpieczne zmiany środowiskowe, a wśród nich katastrofy ekologiczne, anomalie pogodowe, itp. Mimo to dla wielu ludzi zagadnienia dotyczące ekologii są nadal nieistotne. Żyją oni w przekonaniu, że najważniejsze są doraźne potrzeby człowieka, a natura – jakoś sobie poradzi. Tymczasem degradacja środowiska naturalnego osiągnęła już dawno taki poziom, że równolegle do systemowych działań ochronnych podejmowanych na szczeblach międzynarodowych, regionalnych, krajowych czy lokalnych, coraz częściej konieczne jest również podejmowanie przez każdego człowieka stałych działań indywidualnych. Jednak, jakiegokolwiek działania wymagające nawet drobnych wyrzeczeń rodzi się z poznania obiektu tych wyrzeczeń. Ewentualna ochrona, czy troska o obiekt wyrzeczeń jest podejmowana tylko wtedy, kiedy ten obiekt zostanie poznany i stanie się bliski. Tylko w takiej sytuacji człowiek może zgodzić się dobrowolnie na ograniczenia z czerpania z jego dóbr [1]. Poznanie rodzi zatem świadomość, czyli stan psychiczny, w którym jednostka zdaje sobie sprawę ze zjawisk wewnętrznych oraz zjawisk zachodzących w środowisku zewnętrznym i jest w stanie na nie reagować. Szczególnym rodzajem świadomości jest ŚWIADOMOŚĆ EKOLOGICZNA określana jako stan wiedzy, przekonań o roli środowiska w życiu człowieka, w tym także stan wiedzy o sposobach i instrumentach sterowania użytkowaniem i ochroną środowiska [2, 3].

Zdaniem wielu ekspertów świadomość ekologiczna społeczeństwa jest szczególnie ważna, gdyż ani system zakazów i nakazów, ani instrumenty rynkowe nie są w stanie same w sobie rozwiązać problemów środowiskowych.

Świadomość ekologiczna człowieka jest wyrazem wiedzy o środowisku przyrodniczym oraz umiejętności dostrzegania zjawisk, ich wzajemnych zależności, przyczyn i ewentualnych skutków. Jest to także indywidualna gotowość do podjęcia działań na rzecz ochrony środowiska. Im wyższa świadomość ekologiczna jednostki, tym częściej w życiu codziennym podejmuje ona działania, przyczyniające się do świadomej ochrony środowiska naturalnego. W zmieniającym się klimacie wysoki poziom świadomości ekologicznej ogółu społeczeństwa jest najlepszym remedium na ograniczenie wynikających z tych zmian zagrożeń. Świadomość ekologiczna pozwala bowiem na podejmowanie decyzji, które są korzystne zarówno dla ludzi, jak i dla planety. Uczy, jak racjonalnie korzystać z zasobów naturalnych, jak oszczędzać wodę, energię, jak unikać marnotrawstwa i jak dążyć do redukcji śladu węglowego. Świadomość ekologiczna pozwala również zrozumieć, że jesteśmy odpowiedzialni za przyszłość naszej planety, że działania, które podejmujemy dziś, mają bezpośredni wpływ na warunki życia naszych dzieci i wnuków. Zrozumienie tego faktu motywuje do podejmowania indywidualnych działań na rzecz ochrony środowiska, a także wspieranie inicjatyw na rzecz jego ochrony.

Świadomość ekologiczna człowieka kształtuje się etapowo (Rys.33), w trakcie złożonego procesu pod wpływem ogólnie przyjętych (zmieniających się) norm społecznych, własnych obserwacji i doświadczeń, informacji w środkach masowego przekazu, formalnej i nieformalnej edukacji ekologicznej, działań państwa, itp.

Poziomowi świadomości ekologicznej można przypisać różne postawy, których przejawem jest zróżnicowane nastawienie społeczeństwa do środowiska. Zgodnie z [4] możemy wymienić postawę:

- proekologiczną reprezentowaną przez osoby, które w sposób zdecydowany opowiadają się za ochroną środowiska nawet kosztem ograniczenia produkcji przemysłowej i wzrostu bezrobocia, rozumieją zależność między postępowaniem człowieka (społeczności) a jego skutkami dla środowiska;
- obojętności ekologicznej reprezentowaną przez osoby, które sprzyjają ochronie środowiska, ale nie demonstrują tego w zdecydowany sposób,

- nie interesują się i nie podejmują działań na rzecz ochrony środowiska, wyrażające pogląd, że jest jeszcze czas, aby podejmować działania na rzecz ochrony środowiska;
- postawę antyeologiczną reprezentowaną przez przeciwników ochrony środowiska.



Rys. 33. Poziomy i towarzyszące im etapy kształtowania się świadomości ekologicznej w społeczeństwie
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3]

W czasach obecnego kryzysu ekologicznego bardzo ważne jest, aby za pomocą odpowiednio dobranych instrumentów oddziaływania wspierać postawy proekologiczne społeczeństwa. Aby to uczynić należy stale zwiększać poziom świadomości ekologicznej społeczeństwa.

Niekwestionowany prym w tym zakresie wiedzy edukacja ekologiczna [3-6]. Jej celem jest nie tylko przekazanie wiedzy na temat stanu środowiska, ale także promowanie postaw i zachowań proekologicznych, które służą zrównoważonemu rozwojowi i ochronie planety. Pozwala ona na zrozumienie mechanizmów zmian klimatycznych oraz ich wpływu na środowisko i zdrowie ludzi. Tylko odpowiednio poinformowani obywatele będą bowiem w stanie podejmować świadome decyzje i działać na rzecz ochrony klimatu, np. poprzez oszczędzanie energii, zmniejszanie emisji gazów cieplarnianych czy inwestowanie w odnawialne źródła energii.

Edukacja ekologiczna obejmuje szeroką gamę tematów, takich jak zmiany klimatyczne, bioróżnorodność, odnawialne źródła energii, ochrona wód, recykling, zrównoważona produkcja i konsumpcja oraz rola człowieka w ekosystemie. Edukacja ekologiczna pomaga zrozumieć, jakie konsekwencje niesie ze sobą zanieczyszczenie środowiska i jak ważne jest podejmowanie działań, które pozwolą na ograniczenie tych negatywnych skutków. Dzięki edukacji ekologicznej uczymy się, jak dbać o czystość powietrza i wód, jak skutecznie segregować odpady, jak wykorzystywać zasoby w sposób odpowiedzialny i jak wspierać inicjatywy związane z ochroną środowiska. Ponadto edukacja ekologiczna motywuje do działania. Osoby, świadome problemów ekologicznych, chętniej angażują się w ruchy na rzecz ochrony środowiska, takie jak aktywizowanie społeczności lokalnych, organizowanie kampanii edukacyjnych, protestów na rzecz zmian politycznych czy promowanie idei zrównoważonego rozwoju.

4.2. Świadomość ekologiczna pracowników służby bhp

W Polsce badania poświęcone świadomości ekologicznej i postawom wobec środowiska społeczeństwa rozpoczęto w latach 80-tych ubiegłego stulecia [7]. Badania te prowadzone były i są przez różnego rodzaju instytucje i organizacje, a ich rezultaty wskazują na stale wzrastający poziom świadomości ekologicznej Polaków [5, 7-11]. Badania dotyczą ogółu społeczeństwa lub poszczególnych grup społecznych czy zawodowych. Do tej pory nie było jednak wśród nich badań dotyczących poziomu świadomości ekologicznej wśród pracowników służby bhp. Postanowiliśmy tę lukę

wypełnić. Zaplanowane i przeprowadzone badania oraz ich rezultaty zyskują dodatkowego znaczenia w kontekście wyników raportu CIOP-PIB: Diagnoza i prognoza rynku usług BHP oraz charakterystyka służby bhp w Polsce [12]. Z raportu wynika, że w kraju około 5,6 tys. podmiotów tylko spoza zakładów pracy, świadczy usługi bhp. Co więcej, prognozuje się, że w najbliższej dekadzie rynek usług bhp świadczonych przez specjalistów bhp spoza zakładów będzie rósł i w 2030 r. liczba tych podmiotów może kształtować się na poziomie nieco ponad 12 tys. Biorąc pod uwagę prognozy wzrostu liczby pracowników służby bhp oraz możliwości szerokiego ich oddziaływania, zarówno poprzez konkretne działania i decyzje, jak również indywidualną postawę na ważną i liczną grupę społeczną - osoby czynne zawodowo, ważnym staje się zdiagnozowanie poziomu świadomości ekologicznej pracowników służby bhp. Na podstawie przeprowadzonej diagnozy będzie możliwe bowiem podjęcie skutecznych działań kształtujących zachowania prośrodowiskowe oraz zachęcających do aktywności proekologicznej wśród obecnych i przyszłych pracowników służby bhp.

Poniżej przedstawione zostały wybrane wyniki naszych badań ankietowych. Dokonany wybór wyników badań pozwala na odpowiedź na pytanie: Czy pracownicy służby bhp posiadają wystarczający poziom świadomości ekologicznej by realizować postulaty zrównoważonego rozwoju w codziennym życiu osobistym i pracy zawodowej?

Badania przeprowadzono w formie anonimowej ankiety przygotowanej za pomocą narzędzia Microsoft Forms, którą ankietowani mogli wypełniać zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej. Kwestionariusz składał się z 24 pytań – 7 pytań dotyczyło danych metryczkowych (m.in. wykształcenia, stażu pracy, zajmowanego stanowiska), natomiast reszta (17 pytań) odnosiła się bezpośrednio do tematu badania: analizy świadomości ekologicznej obecnych i przyszłych pracowników służby bhp oraz rodzaju podejmowanych przez nich zachowań ekologicznych. Udział w badaniu wzięło łącznie 263 osoby związane z bezpieczeństwem i higieną pracy. Respondenci stanowili zróżnicowaną grupę pod względem poziomu wykształcenia, stażu pracy, zajmowanego stanowiska, formy zatrudnienia, płci oraz wieku.

4.2.1. Wiedza ekologiczna pracowników służby bhp

Na rysunku 34 przedstawiono wyniki odpowiedzi ankietowanych na pytanie: Co myślisz na temat doniesień medialnych dotyczących stanu środowiska naturalnego? Ankietowani pracownicy pytani o opinię na temat stanu środowiska naturalnego w większości (55%) przyznają, że stan

środowiska ulega pogorszeniu, przy czym aż 28% z nich jest przerażona tym co się dzieje ze środowiskiem. Tylko 11% ankietowanych uważa, że informacje o złym stanie środowiska są przesadzone. Jednak, aż 6% z tej grupy w ogóle nie wierzy w takie informacje. Wynik ten jest zaskakujący w kontekście kolejnego pytania.



Rys.34. Opinia pracowników służby bhp na temat stanu środowiska naturalnego
Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

W badaniu poproszono pracowników służby bhp o wskazanie maksymalnie trzech największych, ich zdaniem, problemów ekologicznych z jakimi zmagają się świat. Wyniki tego badania przedstawiono na rysunku poniżej (Rys.35). Odpowiedzi na to pytanie udzielili wszyscy ankietowani. Zatem, pracownicy służby bhp mają świadomość niekorzystnych przemian środowiska naturalnego. Prawdopodobnie wielu z nich osobiście ich doświadcza. Skąd więc brak wiary wobec informacji o złym stanie środowiska u pewnej grupy ankietowanych?

Jako główne problemy ekologiczne pracownicy służby bhp najczęściej wskazywali: nadmierną ilość odpadów (56%), zanieczyszczenie wód (55%), zmiany klimatu (39%) oraz zanieczyszczenie powietrza (32%). Ranking problemów ekologicznych jest zatem zbliżony do ogólnokrajowego [5, 7-10]. Podane przez pracowników służby BHP odpowiedzi wskazują, że co prawda posiadają oni wiedzę związaną z degradacją środowiska naturalnego, ale ich opinie odzwierciedla w dużym stopniu obraz tworzony przez media. Potwierdzać to może również

założenie, że spora część respondentów ma świadomość, że świat stoi w obliczu globalnego kryzysu ekologicznego. Z drugiej strony rezultaty rankingu wskazują jednak, że z perspektywy lokalnej, znacznie mniej ważne wydają się badanym katastrofy naturalne oraz te wywołane przez człowieka, wyczerpywanie się zasobów naturalnych, czy zanik bioróżnorodności.

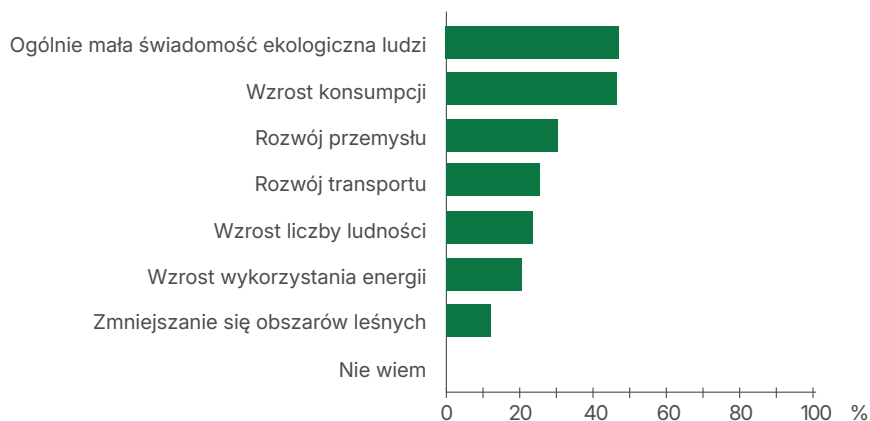


Rys.35. Największe problemy ekologiczne w opinii pracowników służby bhp

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Na kolejnym rysunku (Rys.36) przedstawiono wyniki, które odzwierciedlają opinię pracowników służby bhp na temat czynników w największym stopniu odpowiedzialnych za obecne problemy ekologiczne. Ankietowani, mogli wybrać dwie odpowiedzi spośród proponowanych.

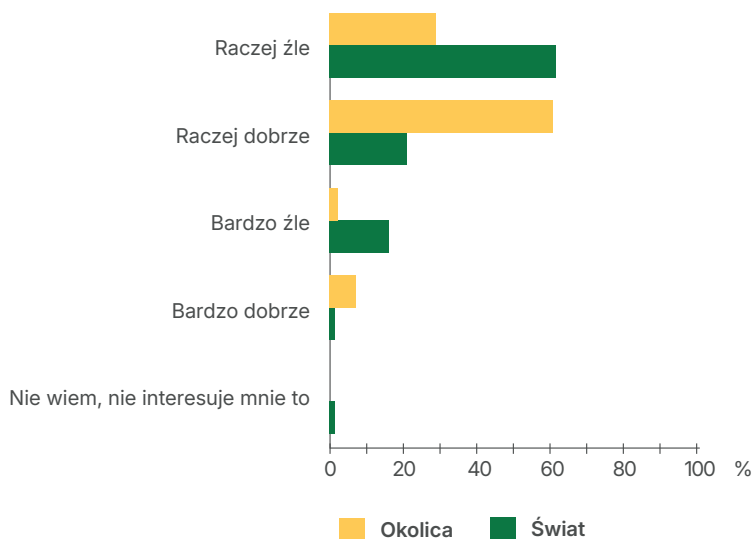
Zdaniem ankietowanych pracowników służby BHP czynnikami, które w największym stopniu odpowiadają za obecne problemy ekologiczne jest ogólnie mała świadomość ekologiczna ludzi, tak odpowiadało 47% badanych oraz wzrost konsumpcji – 46% badanych. Co dziwne, rozwój przemysłu i transportu, czy wzrost wykorzystania energii, czynniki, które powszechnie wskazywane są jako przyczyny największych globalnych problemów ekologicznych: efektu cieplarnianego, dziury ozonowej, w opinii respondentów zajmują niższą pozycję w tym rankingu.



Rys.36. Czynniki, które w opinii pracowników służby bhp są w największym stopniu odpowiedzialne za obecne problemy ekologiczne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Analizując poziom świadomości ekologicznej pracowników służby bhp poproszono ich również o ocenę stanu środowiska naturalnego w najbliższej okolicy oraz na świecie. Odpowiedzi, jakich udzielili anketowani przedstawiono na rysunku 37.



Rys.37. Ocena stanu środowiska naturalnego w najbliższej okolicy oraz na świecie w opinii pracowników służby bhp

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Porównując odpowiedzi pracowników należy zwrócić uwagę, że zdecydowanie bardziej optymistycznie postrzegają oni obecny stan środowiska naturalnego w swojej okolicy niż na świecie. Jak pokazują wyniki badań [8,9] podobnie postrzegany jest stan środowiska przez ogół Polaków. W naszym badaniu tylko 31% ankietowanych ocenia jako „źle” lub „bardzo źle” swoje lokalne środowisko, podczas gdy aż 78% respondentów ma takie zdanie na temat środowiska naturalnego na świecie. Skąd taka rozbieżność?

Pomocne w zrozumieniu tych opinii mogą być wyniki przedstawione na kolejnym rysunku (Rys.38), który przedstawia odpowiedzi ankietowanych na pytanie: Skąd czerpiesz wiedzę o ochronie środowiska naturalnego? Ankietowani mogli wybrać maksymalnie trzy odpowiedzi.



Rys.38. Źródła wiedzy pracowników służby bhp o stanie i ochronie środowiska naturalnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Największa liczba respondentów (67%) twierdzi, że swoją wiedzę na temat ekologii czy ochrony środowiska naturalnego czerpie z Internetu. Należy jednak pamiętać, że Internet nie jest najbardziej rzetelnym miejscem uzyskiwania informacji. Wiadomości nierzadko umieszczane są bez weryfikacji specjalistycznej oraz cechują się dużym poziomem emocji. Z tego powodu ważne jest, aby korzystający mieli możliwość konfrontacji tych informacji z ekspertami i aby wspólnie z nimi interpretowali oraz weryfikowali

wcześniej pozyskane informacje. Kolejnym, mało rzetelnym źródłem informacji, niestety również często wskazywanym przez respondentów są „media społecznościowe” (32%). Przypuszczalnie to w dużej mierze w oparciu o informacje z tych źródeł pracownicy służby BHP tworzą własne opinie na temat stanu środowiska na świecie.

Trzecim, najczęściej wymienianym przez badanych pracowników źródłem informacji są własne obserwacje (30% badanych). Prawdopodobnie, przyczyną dobrej oceny stanu lokalnego środowiska jest właśnie opinia wynikająca z własnych obserwacji. Niestety często obserwacje takie dotyczą stosunkowo niewielkiego obszaru oraz przy niedostatecznej, fachowej wiedzy o środowisku i prawach w nim rządzących uniemożliwiają dostrzeżenie istotnych elementów i prowadzą do mylnych wniosków. Ponadto opinia taka jest oceną subiektywną.

Na miejscu czwartym spośród źródeł informacji pracownicy służby BHP wskazali: „środki masowego przekazu” (26%). „Książki/publikacje” oraz „organizacje ekologiczne/kampanie społeczne” znalazły się dopiero na jednym z ostatnich miejsc popularności. Były one wskazywane odpowiednio przez 25% i 17% badanych pracowników służby BHP. Zatem, respondenci rzadko swoją wiedzę o środowisku i jego przemianach pod wpływem działalności człowieka opierają na obiektywnych i rzetelnych źródłach informacji jakimi są recenzowane wydawnictwa oraz opinie ekspertów.

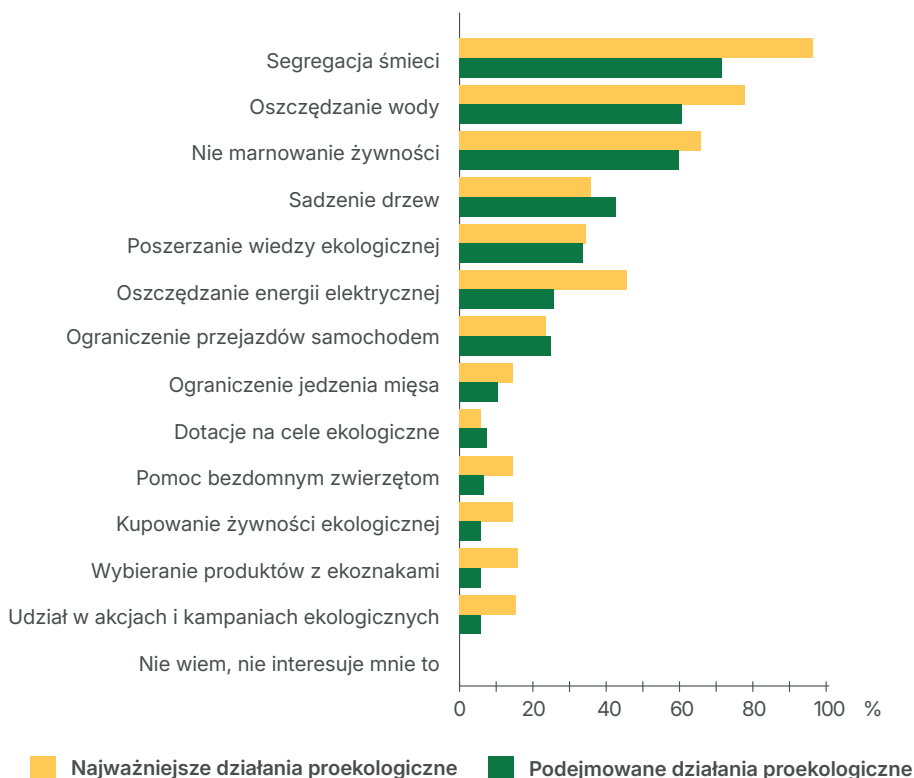
4.2.2. Zachowania ekologiczne pracowników służby bhp

Przedstawione do tej pory wyniki wskazują na dość dużą ogólną wiedzę pracowników służby bhp na temat pogarszającego się stanu środowiska naturalnego oraz czynników wpływających na to zjawisko. Jak wiemy jednak z wcześniejszych wywodów świadomość ekologiczna obejmuje nie tylko wiedzę na temat środowiska, ale również będące konsekwencją tej wiedzy zachowania i postawy przyczyniające się do świadomej ochrony środowiska naturalnego. Przyjrzyjmy się zatem jaki jest ich poziom wśród pracowników służby bhp.

Na rysunku 39 zaprezentowano wyniki rezultatów badania dotyczącego ważności działań proekologicznych oraz hierarchii ich praktykowania przez ankietowanych. Respondenci mogli wybrać maksymalnie trzy działania.

Pracownicy służby bhp biorący udział w badaniu jako trzy najważniejsze działania proekologiczne wskazali: segregację śmieci (72%), oszczędzanie wody (61%) oraz niemarnowanie żywności (60%). Te same działania oraz w tej samej kolejności ankietowani wskazali jako te, które praktykują w codziennym życiu. I tak: segreguje śmieci 97%

ankietowanych, oszczędza wodę 78% ankietowanych oraz nie marnuje żywności 66% z nich. Działaniem, które również było często wskazywane jako codzienna praktyka było oszczędzanie energii elektrycznej. Aż 46% ankietowanych udzieliło takiej odpowiedzi. Należy zauważyć, że do priorytetowych działań na rzecz poprawy czy zachowania stanu środowiska naturalnego respondenci zaliczyli w pierwszej kolejności te, które wspierane są systemowo.



Rys.39. Najważniejsze działania proekologiczne oraz hierarchia ich realizacji przez pracowników służby bhp

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Na kolejnym rysunku (Rys.40) przedstawiono wyniki, które odnoszą się do opinii pracowników służby bhp w sprawie: Kto przede wszystkim powinien dbać o kształtowanie postaw i zachowań ekologicznych społeczeństwa? Ankietowani mogli wskazać maksymalnie dwie odpowiedzi.



Rys.40. Ocena odpowiedzialności za kształtowanie postaw i zachowań ekologicznych społeczeństwa w opinii pracowników służby bhp

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań



Rys.41. Motywy działań proekologicznych pracowników służby bhp

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że pracownicy służby bhp odpowiedzialnością za edukację ekologiczną społeczeństwa w głównej mierze obarczają szkoły/uczelnie (70%), ale oczekują w tym zakresie wsparcia od rodzin (26%), a także działań władz państwowych (62%) i szeroko rozumianych mediów (26%). Duża grupa respondentów

(37%) uważa, że kształtowanie postaw i zachowań ekologicznych to obowiązek każdego indywidualnie. Zaskakującym jest, że tylko 18% pracowników uznało, że odpowiedzialność tą powinny ponosić organizacje pozarządowe.

Pracownicy biorący udział w ankiecie zostali również zapytani o motywacje podejmowanych przez nich działań proekologicznych. Rezultaty badania przedstawiono na rysunku poniżej (Rys.41). Ankietowani mogli wskazać maksymalnie dwa najważniejsze powody.

Najwięcej ankietowanych wskazało, że głównymi motywami ich działań proekologicznych są: troska o przyszłe pokolenia (81%) oraz dbałość, troska o własne zdrowie – tak odpowiedziało 64% respondentów. 47% badanych uznało, że motywem ich działań jest dbałość o środowisko/przyrodę jako wartość samą w sobie. Natomiast 15% respondentów uznało, że motywują ich tylko względy ekonomiczne. Uzyskane wyniki wskazują na dużą świadomość pracowników służby BHP, jeżeli chodzi o dostrzeganie zależności między stanem środowiska a ich oraz kolejnych pokoleń, samopoczuciem i zdrowiem. Jest to istotny element świadomości ekologicznej.

4.2.3. Podsumowanie

Na podstawie analizy wyników ankiety przeprowadzonej wśród obecnych i przyszłych pracowników służby bhp stwierdzono, że w zdecydowanej większości dostrzegają oni niekorzystne zmiany w środowisku naturalnym, nie zawsze jednak zdają sobie sprawę z rzeczywistych przyczyn tych zmian. Można założyć, że wiedza ta w dużej mierze oparta jest na informacjach zaczerpniętych z Internetu, czy z mediów społecznościowych. Są to niestety często mało rzetelne miejsca uzyskiwania informacji. Wiadomości nierzadko umieszczane są bez weryfikacji specjalistycznej oraz cechują się dużym poziomem emocji.

Zatem, ankietowani co prawda posiadają wiedzę związaną z degradacją środowiska naturalnego, ale ich opinie odzwierciedla w dużym stopniu obraz tworzony przez media. Wskazuje na to przypisywanie niskiego poziomu ważności między innymi takim problemom ekologicznym jak katastrofy naturalne, wyczerpywanie się zasobów naturalnych, czy zanik bioróżnorodności. Problemy te, w odróżnieniu od na przykład zanieczyszczenia powietrza czy wody rzadko są tematami znajdującymi miejsce w szeroko rozumianej przestrzeni medialnej. Należy również zauważyć, że do priorytetowych działań na rzecz poprawy czy zachowania stanu środowiska naturalnego respondenci zaliczyli w pierwszej kolejności te,

które wspierane są systemowo co również wskazuje na ograniczenie wiedzy na tematy środowiskowe jedynie do tych, które znajdują miejsce w mediach.

Z wyników badania wyłania się obraz pracownika służby bhp jako osoby, którą cechuje świadomość ekologiczna na poziomie ideologicznym, gdzie większość działań podejmowana jest ze względu na obowiązek lub pod wpływem mody, bądź pojawiającej się presji społecznej.

Taki rezultat badań jednoznacznie wskazuje na potrzebę fachowej oferty szkoleniowej z obszaru ekologii i ochrony środowiska umożliwiającej pogłębianie wiedzy w obszarach dotyczących szerokiej gamy zagrożeń stwarzanych przez człowieka dla środowiska naturalnego. Oferta taka powinna zawierać również informację na temat sposobów działania, które będą przeciwdziałać i/lub nie przyczyniać do potęgowania tych negatywnych zjawisk. Tematyczna oferta edukacyjno-szkoleniowa przygotowana dla służby bhp powinna przede wszystkim stymulować jej dalszy, dobrowolny i aktywny wzrost poziomu świadomości ekologicznej.

4.3. Literatura

- [1] Duhigg Ch. (2013) Siła nawyku, Dom Wydawniczy PWN, ISBN: 9788377052709
- [2] Dziewański J., Encyklopedyczny słownik sozologiczny, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami i Energią PAN, Kraków, 1993
- [3] Sommer H., Zakrzewski G. (2017) Założenia dla edukacji ekologicznej czy bezpieczeństwa ekologicznego, *Humanities and Social Sciences*, vol. XXII, 24 (3), 271-286
- [4] T. Burger, Świadomość ekologiczna społeczeństwa polskiego, Instytut Gospodarki i Przestrzeni Miejskiej, Warszawa 2005, s. 9–11
- [5] Nycz-Wróbel J. (2012) Świadomość ekologiczna społeczeństwa i wynikające z niej zagrożenia środowiska naturalnego (na przykładzie opinii mieszkańców województwa podkarpackiego), *Ekonomia i Nauki Humanistyczne*, 19 (3/2012) 63-76
- [6] Gajewski M. (2007). Czynniki kształtujące wiedzę, wrażliwość i działania proekologiczne młodzieży – współczesne uwarunkowania świadomości ekologicznej, [w]: Grzegorzczak M. (red). *Integralna Ochrona Przyrody*, Kraków: Wyd. Instytut Ochrony Przyrody PAN, s. 265-288
- [7] Kłos L. (2015) Świadomość ekologiczna Polaków – przegląd badań, *STUDIA I PRACE WYDZIAŁU NAUK EKONOMICZNYCH I ZARZĄDZANIA*, Uniwersytet Szczeciński, 2 (42), 35-44

- [8] Omyła-Rudzka M. (2020) Świadomość ekologiczna Polaków, KOMUNIKAT Z BADAN CBOS, 163/2020
- [9] Badanie świadomości i zachowań ekologicznych mieszkańców Polski. RAPORT Z BADANIA TRACKINGOWEGO. Pomiar: wrzesień 2024 r. Ministerstwo Klimatu i Środowiska <https://www.gov.pl/web/klimat/swiadomosc-i-zachowania-ekologiczne-polakow> [dostęp 30.04.2025]
- [10] Parlak M. (2016) Wiedza i świadomość ekologiczna uczniów klas trzecich szkół podstawowych i ich rodziców, *Studia Ecologiae et Bioethicae*, 14(4), 49-79
- [11] Sowa F. (2018) Świadomość ekologiczna i jej wpływ na ekologizację społeczeństwa i gospodarki, *Rynek Społeczeństwo Kultura*, *Rynek Społeczeństwo Kultura*, 4 (30), 36-38
- [12] Dobrzyńska M. (2020) Raport: Diagnoza i prognoza rynku usług BHP oraz charakterystyka służby BHP w Polsce, Wydawnictwo CIOP-PIB, Warszawa, ISBN 978-83-7373-350-3



5. PRACOWNIK SŁUŻBY BHP LIDEREM DZIAŁAŃ EKOLOGICZNYCH W FIRMIE

5.1. Wprowadzenie

W obecnych czasach konsumpcjonizm jest stylem życia będącym niestety nadal udziałem dużej części społeczeństwa. Owładnięci nim ludzie ulegają wszechobecnej, atrakcyjnej konsumpcyjnej ofercie stając się często bezwonnymi „skanerami” [1]. Taka osoba nigdy nie odmawia, ponieważ tego nie potrafi. Konsumuje wszystko, co w danej chwili jest oferowane. Powoduje to wzrost produkcji różnych towarów. Jednocześnie wiele z tych współczesnych towarów produkowanych jest na ilość, a nie na jakość. To z kolei często skutkuje nieodpowiednim traktowaniem pracowników, nieekologicznymi materiałami oraz niepotrzebnie generuje ogromne ilości odpadów, nie wspominając o zwiększonej emisji CO₂ podczas procesów produkcji. Czy jest jakaś alternatywa?

5.2. Konsumpcja zrównoważona

Przeciwieństwo konsumpcjonizmu to dobrowolna rezygnacja z zachowań konsumpcyjnych ukierunkowanych na zaspokajanie pragnień kreowanych przez różnorodne zabiegi marketingowe, na rzecz świadomego, racjonalnego i etycznego wyboru, który odpowiada rzeczywistym potrzebom konsumenta, czyli tzw. dekonsumpcja [1-3]. Jest to postawa i styl życia, który promuje ograniczenie konsumpcji, racjonalizację zakupów oraz wybór jakości zamiast ilości, a także uwzględnia aspekty etyczne i ekologiczne w procesie podejmowania decyzji konsumenckich.

Dekonsumpcja nie jest wyborem równoznacznym z minimalizmem, jest raczej wyrazem troski o człowieka i świat, w którym on żyje.

Chociaż jedną z głównych, pierwotnych przyczyn dekonsumpcji były światowe kryzysy finansowe to obecnie dominującą przyczyną tego społecznego ruchu jest wzrastająca świadomość ekologiczna i związana z nią odpowiedzialność za przyszłe pokolenia [4-7]. Ta forma dekonsumpcji określana jest jako eko-konsumpcja lub konsumpcja zrównoważona. Jej celem jest zahamowanie negatywnych procesów degradujących środowisko naturalne i pogarszającej się jakości życia człowieka. Postulowane zmiany to między innymi racjonalne wykorzystanie dóbr konsumpcyjnych ograniczające powstawanie odpadów, a w szczególności odpadów niebezpiecznych oraz ograniczenie zużycia zasobów naturalnych na cele energetyczne i do produkcji dóbr konsumpcyjnych.

Konsumpcja zrównoważona stawia na długofalowe wartości i odpowiedzialność za skutki swoich wyborów zarówno wobec siebie, społeczeństwa, jak i środowiska naturalnego [7, 8]. Ten sposób postępowania wymaga jednak w wielu przypadkach zmiany dotychczasowych przyzwyczajeń i nawyków. Z tego względu decydując się na zmianę stylu życia w kierunku stylu eko-konsumpcji należy wystrzegać się [1, 4, 7]:

- Nadmiernego uproszczenia pojęcia – eko-konsumpcja to nie to samo co ochrona środowiska lub recykling, to złożona koncepcja łącząca zarówno aspekty środowiskowe, społeczne jak i ekonomiczne. Pomijanie kwestii zdrowia, ubóstwa czy jakości życia ludzi jest niedopuszczalne.
- Braku pełnej analizy wpływu działań – wybór produktów lub technologii powinien uwzględniać cały ich cykl życia (ang. Life Cycle Assessment - LCA) i potencjalne, niezamierzone skutki bowiem nie każda „zielona” technologia, czy eko-produkt jest w pełni zrównoważona/y.
- Zaniechania edukacji i pogłębiania świadomości ekologicznej – niepełne zrozumienie, czym jest zrównoważona konsumpcja, jakie są skutki wyborów produktów i usług podyktowanych pragnieniami a nie rzeczywistymi potrzebami i jakie działania są naprawdę skuteczne często prowadzi do frustracji i szybkiego zniechęcenia, a w konsekwencji do rezygnacji z podjętego wyzwania przemiany stylu życia.

Zrównoważone życie wymaga świadomego, przemyślanego podejścia, uwzględniającego zarówno indywidualne wybory, jak i szerszy kontekst społeczno-ekonomiczny.

Należy również zdać sobie sprawę, że zmiana nawyków i przyzwyczajzeń nie jest łatwa, ale możliwa. Proces ten wymaga czasu i wytrwałości. Kluczowe jest zrozumienie, że utrwalenie nowych nawyków i wygaszenie starych, niepożądanych, to proces, który wymaga konsekwencji i cierpliwości [9, 10]. W przypadku podjęcia trudu przekształcania się w konsumenta zrównoważonego najważniejsze wymagania obejmują kilka kluczowych etapów, które pozwalają ostatecznie podejmować przemyślane, odpowiedzialne i zrównoważone decyzje (Tabela 6). Wymagania te kryją się często pod tzw. postulatami 6R: rethink (przemyśl), refuse (odmawiaj), reduce (ogranicz), reuse (używaj wielokrotnie), recycle (odzyskuj), recover (naprawiaj).

Tabela 6. Etapy i wymagania prowadzące do konsumpcji zrównoważonej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1, 6])

Etap	Wymagania
Określenie własnych, rzeczywistych potrzeb	świadome dostrzeżenie swojej rzeczywistej potrzeby zakupu, a nie poddawanie się presji reklam czy impulsom. Rozpoznanie, co faktycznie jest potrzebne, a co jest efektem manipulacji marketingowej lub chwilowej zachcianki. Dobrą praktyką jest odroczenie zakupu (np. 24 godziny na przemyślenie).
Selekcja informacji	aktywne poszukiwanie rzetelnych informacji o produktach, ich składzie, pochodzeniu, wpływie na środowisko i warunkach produkcji. Obejmuje to również krytyczne podejście do reklam oraz korzystanie z wiarygodnych źródeł informacji.
Ocena dostępnych alternatyw	krytyczne porównywanie różnych produktów pod kątem ich trwałości, jakości, wpływu na środowisko (np. surowce odnawialne, energooszczędność produkcji, minimalizacja opakowań) oraz aspektów społecznych (etyczne warunki pracy, fair trade). Świadomy konsument wybiera produkty, które są bardziej zrównoważone i zgodne z jego wartościami.
Edukacja	ciągłe poszerzanie wiedzy o wpływie konsumpcji na środowisko, społeczeństwo i własne finanse oraz doskonalenie umiejętności rozpoznawania technik marketingowych i manipulacji, które mają na celu pobudzenie niepotrzebnych potrzeb i sprzedaż produktów niezrównoważonych.
Przekazywanie wartości	edukowanie innych, kształtowanie postaw przyszłych konsumentów i liderów świadomych ekologicznie i społecznie. Ekologiczny konsument edukuje innych głównie poprzez własny przykład wyborów i działań podejmowanych w codziennym życiu.

Wkroczenie na drogę ku konsumpcji zrównoważonej i wytrwałe podążanie tą drogą pozwala na świadome, odpowiedzialne i zrównoważone decyzje konsumenckie, które mają pozytywny wpływ na środowisko, społeczeństwo i jakość życia.

EKO-BEHAPOWIEC

- Sporządzanie i przedstawianie pracodawcy co najmniej raz w roku, okresowych analiz stanu bezpieczeństwa i higieny pracy zawierających propozycje przedsięwzięć technicznych i organizacyjnych mających na celu zapobieganie zagrożeniom życia i zdrowia pracowników oraz poprawę warunków pracy.
- Udział w opracowywaniu planów modernizacji rozwoju zakładu pracy oraz przedstawianie propozycji dotyczących uwzględniania w tych planach rozwiązań techniczno-organizacyjnych zapewniających poprawę stanu bezpieczeństwa i higieny pracy.
- Udział w ocenie założeń i dokumentacji dotyczących modernizacji zakładu pracy albo jego części, a także nowych inwestycji, oraz zgłaszanie wniosków dotyczących uwzględnienia wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy w tych założeniach i dokumentacji.
- Udział w przekazywaniu do użytkowania nowo budowanych lub przebudowywanych obiektów budowlanych albo ich części, w których przewiduje się pomieszczenia pracy, urządzeń produkcyjnych oraz innych urządzeń mających wpływ na warunki pracy i bezpieczeństwo pracowników.
- Zgłaszanie wniosków dotyczących wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy w stosowanych oraz nowo wprowadzonych procesach produkcyjnych.
- Udział w dokonywaniu oceny ryzyka zawodowego, które wiąże się z wykonywaną pracą.
- Doradztwo w zakresie organizacji i metod pracy na stanowiskach pracy, na których występują czynniki niebezpieczne, szkodliwe dla zdrowia lub warunki uciążliwe, oraz doboru najważniejszych środków ochrony zbiorowej i indywidualnej.
- Współpraca z właściwymi komórkami organizacyjnymi lub osobami, w szczególności w zakresie organizowania i zapewniania odpowiedniego poziomu szkoleń w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zapewnienia właściwej adaptacji zawodowej nowo zatrudnionych pracowników.
- Współpraca z laboratoriami i innymi jednostkami zajmującymi się pomiarami stanu środowiska naturalnego, działającymi w systemie państwowego monitoringu środowiska, określonego w odrębnych przepisach.
- Inicjowanie i rozwijanie na terenie zakładu pracy różnych form popularyzacji problematyki bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii.



- 
- Przeprowadzanie kontroli warunków pracy oraz przestrzegania przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, ze szczególnym uwzględnieniem stanowisk pracy, na których są zatrudnione kobiety w ciąży lub karmiące dziecko piersią, młodociani, niepełnosprawni, pracownicy wykonujący pracę zmianową, w tym pracujący w nocy, oraz osoby fizyczne wykonujące pracę na innej podstawie niż stosunek pracy w zakładzie pracy lub w miejscu wyznaczonym przez pracodawcę
 - Bieżące informowanie pracodawcy o stwierdzonych zagrożeniach zawodowych, wraz z wnioskami zmierzającymi do usuwania tych zagrożeń
 - Przedstawianie pracodawcy wniosków dotyczących zachowania wymagań ergonomii na stanowiskach pracy
 - Udział w opracowywaniu zakładowych układów zbiorowych pracy, wewnętrznych zarządzeń, regulaminów i instrukcji ogólnych dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy oraz w ustalaniu zadań osób kierujących pracownikami w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy,
 - Opiniowanie szczegółowych instrukcji dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy na poszczególnych stanowiskach pracy,
 - Udział w ustalaniu okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy oraz w opracowywaniu wniosków wynikających z badania przyczyn i okoliczności tych wypadków oraz zachorowań na choroby zawodowe, a także kontrola realizacji tych wniosków,
 - Prowadzenie rejestrów, kompletowanie i przechowywanie dokumentów dotyczących wypadków przy pracy, stwierdzonych chorób zawodowych i podejrzeń o takie choroby, a także przechowywanie wyników badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy,
 - Doradztwo w zakresie stosowania przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,
 - Współpraca z laboratoriami upoważnionymi, zgodnie z odrębnymi przepisami, do dokonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia lub warunków uciążliwych, występujących w środowisku pracy, w zakresie organizowania tych badań i pomiarów oraz sposobów ochrony pracowników przed tymi czynnikami lub warunkami,
 - Współdziałanie z lekarzem sprawującym profilaktyczną opiekę zdrowotną nad pracownikami, a w szczególności przy organizowaniu okresowych badań lekarskich pracowników,
 - Współdziałanie ze społeczną inspekcją pracy oraz z zakładowymi organizacjami związkowymi przy:
 - a) podejmowaniu przez nie działań mających na celu przestrzeganie przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, w trybie i w zakresie ustalonym w odrębnych przepisach,
 - b) podejmowanych przez pracodawcę przedsięwzięciach mających na celu poprawę warunków pracy,
 - Uczestniczenie w konsultacjach w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, a także w pracach komisji bezpieczeństwa i higieny pracy oraz innych zakładowych komisji zajmujących się problematyką bezpieczeństwa i higieny pracy, w tym zapobieganiem chorobom zawodowym i wypadkom przy pracy,

Rys.42. 22 zadania służby bhp z perspektywy EKO-Behapowca

Źródło: Opracowanie własne

5.3. EKO-Behapowiec

W wielu przypadkach idee eko-konsumpcji mogą być realizowane również w życiu zawodowym świadomego konsumenta. Jednym z takich zawodów jest służba bhp. Pracownicy służby bhp zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów [11] w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy w swoich zadaniach mają m.in. aktywny udział w opracowywaniu planów modernizacji i rozwoju zakładów pracy, udział w dokonywaniu oceny ryzyka na stanowiskach pracy, doradztwo w organizacji pracy i doborze środków ochronnych, zapewnianie właściwej adaptacji zawodowej pracowników. Zadania te przede wszystkim powinny i są skoncentrowane na zapewnieniu bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Należy jednak zwrócić uwagę, że wiele sugerowanych czy realizowanych przez behapowców rozwiązań może uwzględniać lub nie aspekty wynikające z zasad eko-konsumpcji (Rys.42).

Kluczowym elementem jest tu zarówno ogólny poziom świadomości konsumenckiej jak i będący jej ważnym elementem, poziom świadomości ekologicznej pracownika służby bhp. Warto zauważyć, że wyższemu poziomowi eko-konsumpcji towarzyszy wysoki poziom świadomości ekologicznej [6, 7]. Przy czym ważnym jest, aby świadomość ta wynikała zarówno z ogólnej wiedzy z zakresu zrównoważonego rozwoju, klimatu i ochrony środowiska, ale również z wiedzy o praktycznych możliwościach działań proekologicznych w obszarze aktywności zawodowej pracownika służby bhp. Taki pracownik, świadomy przemian w środowisku naturalnym, ich przyczyn, a także znający i aktywnie podejmujący działania chroniące to środowisko może stać się w swoim miejscu pracy liderem zrównoważonego rozwoju. Pracownika służby bhp stosującego w praktyce zawodowej wymagania eko-konsumpcji można zatem określić jako EKO-Behapowca.

Należy podkreślić, że w przypadku służby bhp, ogólny, wysoki poziom świadomości konsumenckiej EKO-Behapowca, a co za tym idzie, również wysoki poziom świadomości ekologicznej obok wymiernego efektu ekologicznego, ekonomicznego i społecznego, jest również czynnikiem zwiększającym poziom bezpieczeństwa i higieny pracowników. Chociażby w takich branżach jak rolnictwo, budownictwo, transport, służby mundurowe: wojsko, straż pożarna, sadownictwo i ogrodnictwo, leśnictwo, energetyka odnawialna pracownicy większość czasu pracy spędzają na zewnątrz, a ich środowiskiem pracy jest środowisko naturalne. Zatem, szczególnie w tych przypadkach tylko pracownik służby bhp, który posiada szeroką i aktualną wiedzę na temat środowiska naturalnego i zmian w nim zachodzących może prawidłowo ocenić zagrożenia jakie z tych zmian środowiska wynikają dla pracowników i uwzględnić je w ocenie ryzyka zawodowego.

Stosowanie zasad konsumpcji zrównoważonej w praktyce zawodowej pracownika służby bhp nie wiąże się z dodatkowymi zadaniami, przynosi natomiast zarówno ekologiczne, społeczne, jak i ekonomiczne korzyści oraz zwiększa poziom bezpieczeństwa i higieny pracowników.

Wraz ze wzrostem zaangażowania EKO-Behapowca w idee dekonsumpcji będzie on korygował swoje nawyki i coraz częściej podejmował decyzje przyjazne środowisku. Przykłady decyzji zakupowych wynikających z zadań służby bhp oraz spełniających jednocześnie wymogi eko-konsumpcji przedstawiono w tabeli 7. Jak można zauważyć decyzje zakupowe ograniczające czy eliminujące ich wpływ na środowisko mogą dotyczyć zarówno wyboru zrównoważonych produktów, jak również usług. Dostarczenie tych propozycji wymaga jednak dużego poziomu świadomości ekologicznej i zaangażowania EKO-Behapowca w poszukiwanie nowych rozwiązań i dostawców. W wymóg ten wpisane jest zatem zerwanie z dotychczasowymi przyzwyczajeniami i nawykami. Jest to zadanie trudne, ale nie niemożliwe.

Tabela 7. Przykłady zrównoważonych decyzji zakupowych wynikających z zadań służby bhp
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [12-17]

Usługi/ produkty	Korzyści
Wynajem odzieży roboczej i ochronnej – usługa obejmuje wybór odpowiednich produktów, ich zakup i magazynowanie, pranie, czyszczenie i drobne naprawy oraz odbiór i zagospodarowanie zużytej odzieży [12-14]	● długa żywotność – wysoka jakość materiałów używanych do produkcji odzieży zapewnia jej trwałość, która dodatkowo pozostaje dłużej w użytku ze względu na okresowe naprawy w przypadku drobnych uszkodzeń; ● przyjazna dla środowiska – wykorzystanie w procesach prania i suszenia urządzeń wodo- i energooszczędnych oraz mniejsze zużycie chemicznych środków piorąco-czyszczących zapewniają oszczędność zasobów naturalnych i minimalny wpływ na środowisko przy jednoczesnym zachowaniu ochronnych funkcji odzieży; ● ulepszony recykling tekstyliów – zużyta odzież, dzięki systemowi zbiórki i sortowania trafia do recyklingu, a wyselekcjonowany surowiec wtórny może zostać wykorzystany do produkcji nowych ubrań; ● certyfikacja usługi w całym jej cyklu – zapewnienie przestrzegania standardów społecznych i ekologicznych na każdym etapie, od surowców po produkt finalny potwierdzone certyfikatami zarówno przez usługodawcę, jak i przez dostawców.

Projektory bezpieczeństwa LED - skuteczny i trwały sposób znakowania miejsc i stref niebezpiecznych zastępujący konwencjonalne techniki znakowania, takie jak powłoki lub naklejki [15, 16]	● możliwość podświetlenia symbolu bezpieczeństwa w trudno dostępnych miejscach oraz na różnych rodzajach podłoża; ● brak możliwości zniszczenia lub uszkodzenia znaku; ● wyświetlanie symboli, obrazów i napisów różnej wielkości, w dowolnym kształcie oraz kolorze, w trybie: pulsacji, mrugania, blaknięcia znaku; ● mniejsze zużycie energii elektrycznej i niższe rachunki - diody LED mają długą żywotność (nawet do 25 000 godzin lub więcej), co oznacza mniej odpadów i rzadszą częstotliwość wymiany; ● w przeciwieństwie do niektórych tradycyjnych źródeł światła, projektory LED nie zawierają rtęci ani innych szkodliwych substancji, co czyni je bardziej przyjaznymi dla środowiska; ● elementy LED są często łatwiejsze do recyklingu, co przyczynia się do zmniejszenia ilości odpadów; ● niektóre projektory LED są częścią systemów antykolizyjnych, które pomagają unikać wypadków w halach produkcyjnych i magazynach, co dodatkowo zwiększa bezpieczeństwo.
Ekologiczne produkty do czyszczenia/mycia - doskonała alternatywa dla tradycyjnej chemii gospodarczej. Formuły oparte na bazie olejów roślinnych, cukrach i kwasach pochodzenia roślinnego pozwalają efektywnie wyczyścić różnego rodzaju powierzchnie, bez szkody dla środowiska naturalnego [17]	● zastosowanie naturalnych składników minimalizuje ryzyko wystąpienia reakcji uczuleniowej, czy podrażnienia skóry (najlepszy wybór dla alergików i osób wrażliwych); ● produkty podlega biodegradacji co oznacza, że są w pełni przyjazne dla środowiska; ● produkty pozbawione są chemii i substancji niebezpiecznego pochodzenia; ● w odróżnieniu do tradycyjnej chemii gospodarczej, produkty ekologiczne są mniej agresywne w działaniu, tym samym minimalizuje się ryzyko zniszczenia czyszczonej powierzchni przy zachowaniu dużej skuteczności czyszczenia zabrudzeń; ● dzięki zastosowaniu naturalnych olejków eterycznych o przyjemnych i łagodnych zapachach odświeżają wnętrza.

Ważnym aspektem zmian preferencji zakupowych EKO-Behapowca jest również wpływ na producentów [6, 18, 19]. Wymagania konsumenta względem eko-cech produktów czy usług zmuszają bowiem producentów do zmiany sposobów produkcji na bardziej przyjazne środowisku i uwzględnienie ekologicznych aspektów we wszystkich cyklach życia oferowanych produktów czy usług. W efekcie eko-oferta zakupowa stale się powiększa. Na rynku pojawia się coraz więcej firm proponujących różnorodny asortyment produktów i usług przyjaznych dla środowiska. W przypadku rynku produktów i usług bhp podobny efekt jest również możliwy, ponieważ

czynniki warunkujące konsumenckie decyzje zakupowe są szczegółowo analizowane i stanowią podstawę decyzji strategicznych przedsiębiorstw, stając się fundamentem dopasowania oferty rynkowej do potrzeb i oczekiwań klientów [18]. Kluczowym jest obecność na rynku produktów i usług bhp klienta o zdefiniowanych, ekologicznych preferencjach zakupowych, czyli EKO-Behapowca.

Należy tu jednak przestrzec przed zjawiskiem tzw. greenwashingu. Ze względu na panującą modę na produkty ekologiczne, przyjazne środowisku i ludzkiemu zdrowiu wielu producentów przypisuje swoim produktom cechy EKO tylko dlatego, że wtedy lepiej się sprzedają. Oczywiście mogą, ale nie muszą one tych cech posiadać. Niestety wiele produktów (także tych dla bhp) nie jest weryfikowanych pod tymi względami [19-22]. Jak nie dać się na to nabrać? Przede wszystkim należy uważnie sprawdzać, czy oferowane produkty posiadają certyfikat ekologiczny. Certyfikowanie jest istotnym narzędziem, które pomaga konsumentom podejmować świadome decyzje zakupowe, a jednocześnie wspiera producentów w promowaniu produktów zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju [19]. Wśród wielu korzyści wynikających z wdrożenia wymogów certyfikacji należy wymienić:

- Przejrzystość dla konsumentów – certyfikaty ekologiczne umożliwiają konsumentom dostęp do rzetelnych informacji na temat produktów i ich wpływu na środowisko.
- Wzmacnianie zaufania do produktów ekologicznych – certyfikaty ekologiczne wzmacniają wiarygodność produktów ekologicznych, co jest korzystne zarówno dla konsumentów, jak i dla firm dbających o środowisko.
- Wsparcie dla zrównoważonego rozwoju – certyfikaty ekologiczne zachęcają firmy do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko poprzez stosowanie lepszych surowców i technologii.

Certyfikat ekologiczny najczęściej prezentowany jest jako ikonka, znajdująca się na metce, etykiecie lub bezpośrednio na produkcie. Jednak nie chodzi tu o sam obrazek, a o potwierdzenie spełnienia przez producenta pewnych norm. Przed otrzymaniem certyfikatu, dany produkt, marka, producent jest bowiem najczęściej poddawany kontroli zewnętrznej. W wielu przypadkach przeprowadzane są odpowiednie badania laboratoryjne produktu i weryfikuje się cały proces produkcji poczynwszy od pozyskiwania surowców po dystrybucję, a nawet i utylizację.

Nie ma jednak jednego, wszechstronnego certyfikatu. To dlatego, że nadal nie zostało określone, co dokładnie definiuje zrównoważony i etyczny

produkt [22, 23]. Certyfikaty mogą dotyczyć różnych kwestii. Jedne zwracają uwagę bardziej na rodzaj zastosowanych surowców. Inne badają produkt pod kątem bezpieczeństwa dla ludzkiej skóry. Jeszcze inne skupiają się na odpowiednim traktowaniu pracowników na każdym szczeblu produkcji. Każdy, będzie subiektywnie zwracał uwagę na coś innego. Nie znaczy to jednak, że powinniśmy lekceważyć kwestię, jaką są certyfikaty na produktach. Wręcz przeciwnie, bądźmy uważni. Poniżej zaprezentowane, wybrane certyfikaty faktycznie poświadczają określone wartości oferowanych produktów (Tabela 8).

Tabela 8. Wybrane standardy i certyfikaty produktów.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [24-29]

Certyfikat	Opis
GRS (Global Recycled Standard) 	Międzynarodowy certyfikat pozwalający weryfikować czy materiały, z których wykonany jest produkt, pochodzą faktycznie z recyklingu. Aby finalny produkt mógł być sprzedawany jako certyfikowany musi zawierać co najmniej 20% materiału pochodzącego z recyklingu (do oznaczenia logo, wymagane jest 50%). Możliwość certyfikacji dotyczy produktów tekstylnych i nietekstylnych. Certyfikat GRS gwarantuje wykorzystanie na określonym poziomie materiałów pochodzących z recyklingu przy jednoczesnej dbałości o środowisko, warunki socjalne, czy też kontrolę użytych środków chemicznych bezpiecznych dla człowieka i środowiska.
GOTS (Global Organic Textile Standard) 	Międzynarodowy certyfikat potwierdzający, że odzież została wykonana z surowców organicznych. To gwarancja, że od zbioru surowej bawełny, aż po wysyłkę ubrań, wszystko odbywa się w sposób odpowiedzialny zarówno pod względem środowiska, jak i społecznie. Certyfikat GOTS ORGANIC daje pewność, że produkt wykonany jest co najmniej w 95% z bawełny organicznej. Natomiast jest jeszcze certyfikat GOTS MADE WITH (X%) ORGANIC. Oznacza on, że produkt posiada minimum 70% włókien organicznych, a maksymalnie 10% syntetycznych.
FWF (FAIR WEAR FOUNDATION) 	Fair Wear Foundation jest niezależną organizacją non-profit, która ma na celu poprawę warunków pracy w fabrykach odzieży. Organizacja ta weryfikuje warunki pracy, płace, czy opiekę medyczną, obowiązującą w fabrykach. Pracodawcy posługujący się tym standardem zmuszeni są zapewnić swoim pracownikom warunki pracy zgodne z Międzynarodową Konwencją Pracy oraz wypłacać pensje wystarczające na godziwe życie. Standard FWF nie obejmuje kwestii związanych z ochroną środowiska czy sprawiedliwym handlem.

OCS (ORGANIC CONTENT STANDARD)



Organic Content Standard to certyfikat przyznawany produktom niespożywczym, który na całej drodze produkcyjnej (począwszy od źródła surowców) spełniają normy ekologiczne. Obejmuje: przetwarzanie, produkcję, pakowanie, etykietowanie, handel i dystrybucję produktu. OCS zapewnia, że produkt końcowy zawiera dokładną ilość danego materiału organicznego z upraw ekologicznych.

Co ważne w systemie OSC wyróżnia się 2 rodzaje oznaczeń: OCS 100 – znajduje się tylko i wyłącznie na produktach, które zawierają 95% lub więcej materiału organicznego. OCS BLENDED – jest stosowane na produktach, zawierających minimum 5% materiału organicznego, zmieszanego z surowcami konwencjonalnymi lub syntetycznymi.

EU ECOLABEL



To oficjalny certyfikat Unii Europejskiej dla produktów ekologicznych. Dedykowany jest produktom, które posiadają niski wpływ na środowisko, przede wszystkim ograniczają zużycie CO₂ podczas produkcji. Produkty, którym przyznawany jest ten znak, muszą spełniać wysokie standardy środowiskowe przez cały cykl życia: od pozyskiwania surowców, przez proces produkcji i dystrybucji, aż po utylizację.

Wybór produktów oznaczonych certyfikatem EU ECOLABEL jest zgodny z zasadami, opisanymi w Europejskim Zielonym Ładzie. Kupując produkty z taką etykietą, mamy pewność, że powstały, nie szkodząc środowisku.

„ZIELONY PUNKT”
(DER GRÜNE PUNKT)

To system odzysku i recyklingu opakowań, w którym uczestniczą różne organizacje. Oznacza, że producent danego opakowania wniósł finansowy wkład w system odzysku i recyklingu. W Polsce wyłącznym licencjodawcą „Zielonego Punktu” jest REKOPOŁ Organizacja Odzysku Opakowań S.A.. „Zielony Punkt” jest często mylony z oznaczeniem recyklingu, jednak nie informuje o tym, że opakowanie jest nadające się do recyklingu, tylko o tym, że producent wniósł wkład w finansowanie systemu odzysku.

PĘTLA MÖBIUSA



Oznakowanie ekologiczne w formie trójkąta ze strzałkami tworzącymi zamkniętą pętlę, jest powszechnym symbolem oznaczającym, że produkt może być poddany recyklingowi. Jeżeli symbol zawiera liczbę lub procent, to oznacza, że produkt jest wykonany z materiałów, które zostały poddane recyklingowi. Znak może być stosowany dla różnych produktów, w tym opakowań i jest graficzną deklaracją producenta, że spełnia on wymagania w zakresie możliwości wykorzystania materiału do procesu recyklingu. Symbol może być stosowany przez producenta, który ocenił opakowanie i stosuje zasady zgodne z normą PN-EN ISO 14021. Jednak należy zwrócić uwagę, że użycie symbolu pętli Möbiusa na opakowaniu jest dobrowolne i ma formę samodzielnej deklaracji środowiskowej (Environmental Claims), która jest zamieszczana przez producentów bez weryfikacji zewnętrznej.

Certyfikaty ekologiczne są potrzebne, ponieważ jeżeli wybieramy przyjazne środowisku produkty, chcemy to robić świadomie i w pełni, a nie tylko pozornie, dlatego że na wybranym produkcie namalowany został zielony listek (Rys.43).

Przed

Piotr chce zamówić ekologiczne środki do higieny rąk pracownikom w swojej firmie...



... jednak przeglądane produkty mają różne etykiety sugerujące, że są one ekologiczne. Jak rozpoznać, które z tych etykiet potwierdzają w sposób rzetelny i wiarygodny właściwości środowiskowe produktu?

Po

Żeby mieć pewność Piotr sprawdzi, który z produktów posiada certyfikat ekologiczny...



...dzięki niezależnemu procesowi potwierdzania ekologiczności produktu Piotr już wie, której etykietce zaufa.

Rys.43. Certyfikowane oznakowanie produktu ułatwia wybór zgodny z zasadami eko-konsumpcji.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [28]

Pamiętajmy jednak, że niestety niektóre marki nadają sobie własne, wewnętrzne „eko-znaczkę”, które nie są kontrolowane przez żadną z krajowych bądź międzynarodowych organizacji. Istnieje jeszcze jedna praktyka firm, które chcą uchodzić za ekologiczne. Zdarza się, że znak „eko-jakości” firmy pozyskują tylko na daną linię produktową, podczas gdy reszta produkcji opiera się na tanim wyzysku i niszczeniu środowiska naturalnego. Często nie przeszkadza to jednak firmom eksponować eko-certyfikatu na wszystkich swoich produktach.

Jak rozpoznać greenwashing? Przede wszystkim:

- sprawdzić, czy firma podaje dowody na swoje ekologiczne działania i stosowane stwierdzenia – sprawdź, czy firma posiada stosowne certyfikaty, a podawane informacje nie są przesadzone;
- zwrócić uwagę na brak precyzji w podawanych informacjach dotyczących pro-środowiskowych praktyk i cech wyrobów czy usług, na używanie ogólników i niejasnych terminów, które mogą sugerować fałszywe twierdzenia;
- sprawdzić, czy firma faktycznie podejmuje działania zgodne z deklaracjami - jeśli firma deklaruje proekologiczne działania, to powinna również je wdrażać.

Nie jest tajemnicą, że nadal jeszcze często bycie eko kosztuje więcej. Większe koszty generuje bowiem zapewnianie godnego wynagrodzenia pracownikom i dostawcom. Kosztowne są też kontrole, a tym samym utrzymanie danego certyfikatu przez kolejne lata produkcji. Stąd właśnie biorą się nieco wyższe ceny produktów przyjaznych środowisku i ludziom, choć wynikają one również ze znacznie wyższej jakości tego typu produktów [1,4,7,19,21]. Czy jednak względy ekonomiczne muszą być barierą nie do pokonania? Wydaje się, że często jest to tylko pozór, droga na skróty, a może ignorancja i traktowanie przyrody jako „czegoś” co sobie jakoś zawsze poradzi. A przecież człowiek, o czym przekonywaliśmy, musi przyrodę traktować jak partnera, z przyrodą współżyć, współdziałać, współpracować, bo niszcząc przyrodę, szkodzi sam sobie. Mamy nadzieję, że posiadanie takiej wiedzy umożliwi nie tylko świadome wspieranie zrównoważonych produktów i usług, doceniające wkład przedsiębiorców w ochronę środowiska i szacunek dla ludzkiej pracy. Uświadomi również to, że jako konsumenci każdym działaniem, każdą zakupową decyzją mamy ogromny wpływ na środowisko. Od nas zależy jaki on będzie.

5.4. Literatura

- [1] Mysona-Byrska J. (2021), Dekonsumpcja – droga do wyzwolenia z konsumpcjonizmu, *Kultura i Wartości*, Nr 31, 23-41
- [2] Bylok F. (2016), Alternatywne formy konsumpcji wobec konsumpcjonizmu, *HANDEL WEWNĘTRZNY*, 2(361), 63-77
- [3] Patrzalek W. (2013) Dekonsumpcja – racjonalny wybór, czy ekonomiczny przymus? *Forum socjologiczne*, nr 4, 15-29
- [4] Szul E. (2012), Dekonsumpcja - moda czy sposób na kryzys, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, nr 24, 316--328
- [5] Jasiulewicz A. (2015), Konsumpcjonizm i dekonsumpcja jako współczesne trendy rynkowe. Zachowania polskich konsumentów, *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 3(37), 417-425
- [6] Zalega T. (2013) Nowe trendy i makrotrendy w zachowaniach konsumenckich gospodarstw domowych w XXI wieku, *KONSUMPCJA I ROZWÓJ*; 2(5):3-21
- [7] Bylok F. (2016), Meandry konsumpcji we współczesnym społeczeństwie: konsumpcjonizm versus dekonsumpcja, *Annales. Ethics in Economic Life*, 19 (1), 55-69
- [8] Papież Franciszek, Encyklika *Laudato Si'* Ojca Świętego Franciszka poświęcona trosce o wspólny dom, 2015, s. 164, https://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_pl.pdf (dostęp 17.04.2025 r.)
- [9] Duhigg Ch. (2013) *Siła nawyku*, Dom Wydawniczy PWN, ISBN: 9788377052709
- [10] Korzeniewska J. (2019) *Zmiana nawyków w praktyce*, Item Publishing, ISBN 978-83-66097-33-9
- [11] Rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U z 2004 r. Nr 246, poz.2467 i 2468)
- [12] <https://www.bardusch.com/pl/pl/o-nas/jakosc-srodowisko-i-zrownowazony-rozwoj.html> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [13] <https://pl.elis.com/pl/grupa-elis/o-nas/nasza-polityka-csr> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [14] <https://lindstromgroup.com/pl/o-lindstrom/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [15] <https://antersystem.com/kategorie-produktow/projektory-bezpieczenstwa/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [16] <https://safetypadlocks.eu/produkt/inteligentne-projektory-znakow-bhp/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [17] <https://biodegradowalni.pl/pl/bio-higiena> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [18] Grębowiec M. (2021) *Jakość jako determinanta budowania pozycji konkurencyjnej na rynku produktów żywnościowych*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 978-83-8237-051-5

- [19] Witek L. (2013) Zjawisko greenwashingu a zachowania konsumentów, *Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu* 777 (32), 123-134
- [20] <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20240111STO16722/zwalczanie-greenwashingu-jak-ue-reguluje-oswiadczenia-srodowiskowe> (dostęp 17.04.2025 r.)
- [21] Turczuk A., Michaluk P., Olszewska A.M. (2022) Greenwashing jako nieuczciwa praktyka marketingowa na przykładzie branży samochodowej, *Academy of Management*, 6(4), 92-115
- [22] Przybojewska I. (2022) Greenwashing w kontekście unormowań prawnych, *Prawne Problemy Górnictwa i Ochrony Środowiska*, 1/2022, 1–26
- [23] <https://greenenergycongress.pl/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [24] <https://controlunion.pl/certyfikat-grs/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [25] <http://gots.pl/certyfikat-gots/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [26] <https://www.fairwear.org/about-us/get-to-know-fair-wear> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [27] <https://textileexchange.org/organic-content-standard/> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [28] <https://www.pcbc.gov.pl/pl/uslugi/ecolabel/o-eu-ecolabel> (dostęp 12.05.2025 r.)
- [29] PRZEWODNIK. Dotyczący oznakowań w zakresie środowiska na opakowaniach (<https://rekopol.pl>) (dostęp 20.05.2025 r.)

SŁOWNICZEK EKO-Behapowca



Albedo – termin oznaczający zdolność odbijania światła przez daną powierzchnię. Im wyższe albedo, tym więcej światła odbija się od powierzchni i tym mniej się ona nagrzewa. Pomiary albedo są ważne dla klimatu Ziemi, ponieważ wskazują na to, ile energii słonecznej dociera do powierzchni i atmosfery naszej planety. Albedo 100% oznacza, że całość padającego promieniowania jest odbijana, natomiast albedo 0% oznacza, że określona powierzchnia nie odbija promieniowania (całość jest pochłaniana).

Antropogeniczny – powstały wskutek działalności człowieka.

Atmosfera – całość powietrza otaczającego Ziemię.

Dekonsumpcja – odpowiedzialny styl życia, który oznacza w praktyce wymóg myślenia nad własnymi potrzebami i realizowanie potrzeb rzeczywistych.

Dziura ozonowa – obszar, w którym zawartość ozonu jest mniejsza niż 220 DU. Próg 220 DU został arbitralnie przyjęty przez Światową Organizację Meteorologiczną, ponieważ wcześniej w historii wartości niższe niż 220 DU nie były obserwowane.

Efekt cieplarniany – zjawisko podwyższenia temperatury planety przez obecne w jej atmosferze gazy cieplarniane. Efekt cieplarniany jest zjawiskiem naturalnym, jednak na skutek działalności człowieka następuje jego wzmocnienie.

Emisja – wydzielanie substancji do atmosfery. Punkt lub obszar z którego zachodzi wydzielanie nosi nazwę źródła emisji.

Fala upałów – to okres co najmniej trzech kolejnych dni, w których maksymalna temperatura przekracza określony próg, zazwyczaj 30°C, a temperatura minimalna w nocy nie spada poniżej 18°C.

Freony i halony – grupa chloro-, bromo- i fluoropochodnych węglowodorów alifatycznych stosowanych jako czynniki chłodnicze w chłodziarkach, jako gazy nośne w opakowaniach aerozolowych, środki spieniające

w przetwórstwie polimerów, środki gaśnicze oraz jako inertne rozpuszczalniki. Freony i halony w niezmiennionej postaci przedostają się do ozonosfery i tam ulegają reakcjom fotochemicznym rozkładu z uwolnieniem reaktywnych atomów chloru, które powodują rozkład ozonu do tlenu cząsteczkowego. Reakcja jest uznana za główną przyczynę powstawania tzw. dziury ozonowej;

Gazy cieplarniane – gazy pochłaniające długofalowe promieniowanie Ziemi. Ich obecność w atmosferze jest przyczyną występowania efektu cieplarnianego. Zalicza się do nich: parę wodną (H_2O), dwutlenek węgla (CO_2), ozon (O_3), metan (CH_4), freony ($CFCl_3$, CF_2Cl_2), podtlenek azotu (N_2O)

Globalne ocieplenie – wieloletni trend wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza liczonej dla całej Ziemi od drugiej połowy XIX w. do współczesności. Obecnie wzrost ten wyniósł ok. $1^{\circ}C$. Zgodnie z wynikami badań podsumowanymi przez IPCC* główną przyczyną obserwowanego ocieplenia jest ludzka działalność.

Greenwashing („ekokłamstwo”, „pseudoekologiczny marketing”) – to strategia marketingowa, w której firma przedstawia swój wizerunek, produkty lub usługi jako bardziej ekologiczne, niż są w rzeczywistości, wprowadzając w błąd konsumentów. Celem greenwashingu jest stworzenie fałszywego wrażenia, że firma jest proekologiczna, co może prowadzić do zwiększenia sprzedaży i poprawy wizerunku, mimo że działania firmy nie są zgodne z deklarowanymi ekologicznymi wartościami.

GWP – wskaźnik porównujący siłę oddziaływania gazu cieplarnianego na ocieplenie klimatu do siły oddziaływania dwutlenku węgla, obliczany na podstawie skutków oddziaływania jednego kilograma danego gazu cieplarnianego na globalne ocieplenie klimatu w okresie 100 lat. Zatem np. metan mający przypisaną wartość $GWP = 27,9$ jest gazem cieplarnianym około 30 krotnie bardziej efektywnym niż dwutlenek węgla, a podtlenek azotu ($GWP = 273$) spowoduje w okresie 100 lat efekt cieplarniany ok. 300 razy większy niż analogiczna ilość CO_2 .

Indeks UV – jednostka miary siły promieniowania ultrafioletowego wykorzystywana do określania poziomu oddziaływania UV na skórę człowieka. Skala indeksu zawiera się między 0 a 16. Im wyższa wartość indeksu UV, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia rumienia i poparzeń skóry i tym krótszy czas do ich pojawienia się.

Konsumpcjonizm (konsumizm) – postawa polegająca na nadmiernej, nieograniczonej pod względem ilości, różnorodności i stopnia nasycenia oraz nieusprawiedliwionej konsumpcji dóbr materialnych i usług wynikająca

z pozornej potrzeby posiadaniem władzy, wpływów, prestiżu oraz wyższej pozycji w społeczeństwie i dominacji nad innymi. Nieracjonalne dążenie do zaspokajania tych potrzeb niesie negatywne skutki ekologiczne, społeczne i indywidualne.

Cykl życia produktu (ang. Life Cycle Assessment – LCA) – w ujęciu środowiskowym to analiza i ocena wpływu produktu na środowisko na każdym etapie jego istnienia, od pozyskania surowców, przez produkcję, dystrybucję, użytkowanie, aż po utylizację. Celem analizy LCA jest identyfikacja etapów istnienia produktu, które najbardziej negatywnie wpływają na środowisko i minimalizacja tego wpływu. LCA umożliwia również porównanie różnych produktów i technologii pod kątem ich wpływu na środowisko.

Neutralność klimatyczna – stan, w którym działalność ludzi nie jest szkodliwa dla klimatu, m.in. eliminacja nadmiarowych emisji gazów cieplarnianych, których nie jest w stanie pochłonąć system ziemski (poprzez zmniejszenie emisji lub zwiększenie możliwości ich pochłaniania, np. przez lasy).

Paliwa kopalne – węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, torf, czyli surowce powstałe wskutek zalegania związków organicznych przez miliony lat pod ziemią, w warunkach wysokiego ciśnienia i braku powietrza. Ich spalanie (łączenie atomów węgla z atomami tlenu) jest głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych

„Skaner” – osoba, która posłusznie i nieświadomie konsumuje wszystko, co w danej chwili jest oferowane. Osoby takie stale poszukują nowych doznań zakupowych i nie mogą poprzestać na tym, co już posiadają z obawy przed wykluczeniem i byciem „wczorajszym”.

Stres cieplny – całkowite obciążenie cieplne, na które może być narażony pracownik w wyniku połączonego wpływu ciepła metabolicznego, odzieży i czynników środowiskowych (tj. temperatury i przepływu powietrza, wilgotności i promieniowania cieplnego).

Świadomość ekologiczna – to wyraz wiedzy człowieka o środowisku przyrodniczym oraz umiejętności dostrzegania zjawisk, ich wzajemnych zależności, przyczyn i ewentualnych skutków. Jest to także indywidualna gotowość człowieka do podjęcia działań na rzecz ochrony środowiska. Im wyższa świadomość ekologiczna jednostki, tym częściej w życiu codziennym podejmuje ona działania, przyczyniające się do świadomej ochrony środowiska naturalnego

Tona ekwiwalentu dwutlenku węgla [t ekw. CO₂] – jednostka miary używana do określania masy gazów cieplarnianych emitowanych do

atmosfery, która powodowałaby takie samo globalne ocieplenie jak 1 tona CO₂. Ponieważ różne gazy cieplarniane mają różne zdolności pochłaniania promieniowania cieplnego w atmosferze (GWP) to żeby określić ekwiwalent dwutlenku węgla dla danego gazu, należy pomnożyć masę tego gazu (w tonach metrycznych) przez jego GWP, np.: 1 t metanu (GWP = 25) ma taki sam efekt ocieplenia w okresie 100 lat jak 25 t CO₂.

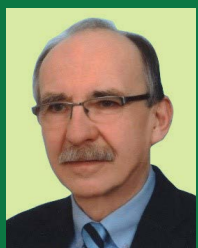
Udar cieplny – reakcja organizmu wywołana nagłym wzrostem temperatury ciała do 40°C lub wyższej, która utrzymuje się przez dłuższy czas, a organizm człowieka nie jest w stanie samodzielnie jej obniżyć poprzez wydzielanie potu, rozszerzanie naczyń krwionośnych itp.

Wyczerpanie cieplne – reakcja organizmu na nadmierną utratę wody i składników mineralnych, zwykle poprzez nadmierne pocenie się. Nieleczone może prowadzić do udaru cieplnego.



Dr hab. inż. Paweł RELIGA prof. URad, Uniwersytet Radomski
Specjalista inżynierii środowiska, ekspert CP

Autor lub współautor kilkudziesięciu publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych, monografii, patentów, ekspertyz środowiskowych. Uczestnik prac badawczych. Promotor, recenzent i konsultant prac doktorskich, dyplomowych oraz badawczych z obszaru bezpieczeństwa pracy i inżynierii środowiska. W pracy badawczej skupiony na poszukiwaniu rozwiązań pozwalających na zamykanie obiegów wody i surowców w działalności przemysłowej. Wieloletni działacz oraz animator naukowy SKN „Środowisko”. Wieloletni aktywny działacz Centrum Edukacji Ekologicznej w Radomiu. Członek Rady Programowej Stowarzyszenia Polski Ruch CP. Członek Polskiego Towarzystwa Membranowego.



Prof. dr hab. Ryszard ŚWIETLIK, Uniwersytet Radomski
*Specjalista chemii środowiska,
popularyzator idei zrównoważonego rozwoju*

Profesor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Prace naukowe dotyczą chemii środowiska w szczególności obiegu metali ciężkich w środowisku przyrodniczym, zwłaszcza narażonym na zanieczyszczenia przemysłowe, energetyczne i transportowe. Dorobek publikacyjny obejmuje 208 pozycji, w tym 28 publikacji w czasopismach z listy filadelfijskiej, 71 publikacje w czasopismach o zasięgu krajowym, 23 rozdziały w monografiach, autorstwo i współautorstwo 2 monografii oraz 84 wystąpienia na konferencjach naukowych.

Ekspert w zakresie oceny wpływu negatywnych zmian środowiskowych na możliwości realizacji idei ekorozwoju.



Dr inż. Jan ŻARŁOK, Uniwersytet Radomski
Specjalista ds. bezpieczeństwa i ratownictwa chemicznego

Autor lub współautor kilkudziesięciu artykułów w recenzowanych czasopismach naukowych krajowych i zagranicznych, kilkudziesięciu rozdziałów w monografii i publikacji w materiałach recenzowanych z konferencji międzynarodowych, współautor 2 monografii, 2 patentów (1 wdrożony) i 5 zgłoszeń patentowych. Uczestnik prac badawczych. W badaniach skoncentrowany na eksperymentach ukierunkowanych na modelowaniu gospodarki o obiegu zamkniętym.

Inspektor Ochrony Przeciwpowodziowej, Społeczny Inspektor Pracy. Wieloletni członek Stowarzyszenia Włókienników Polskich przy Radomskiej Radzie FSNT NOT oraz Polskiego Towarzystwa Towaroznawczego.