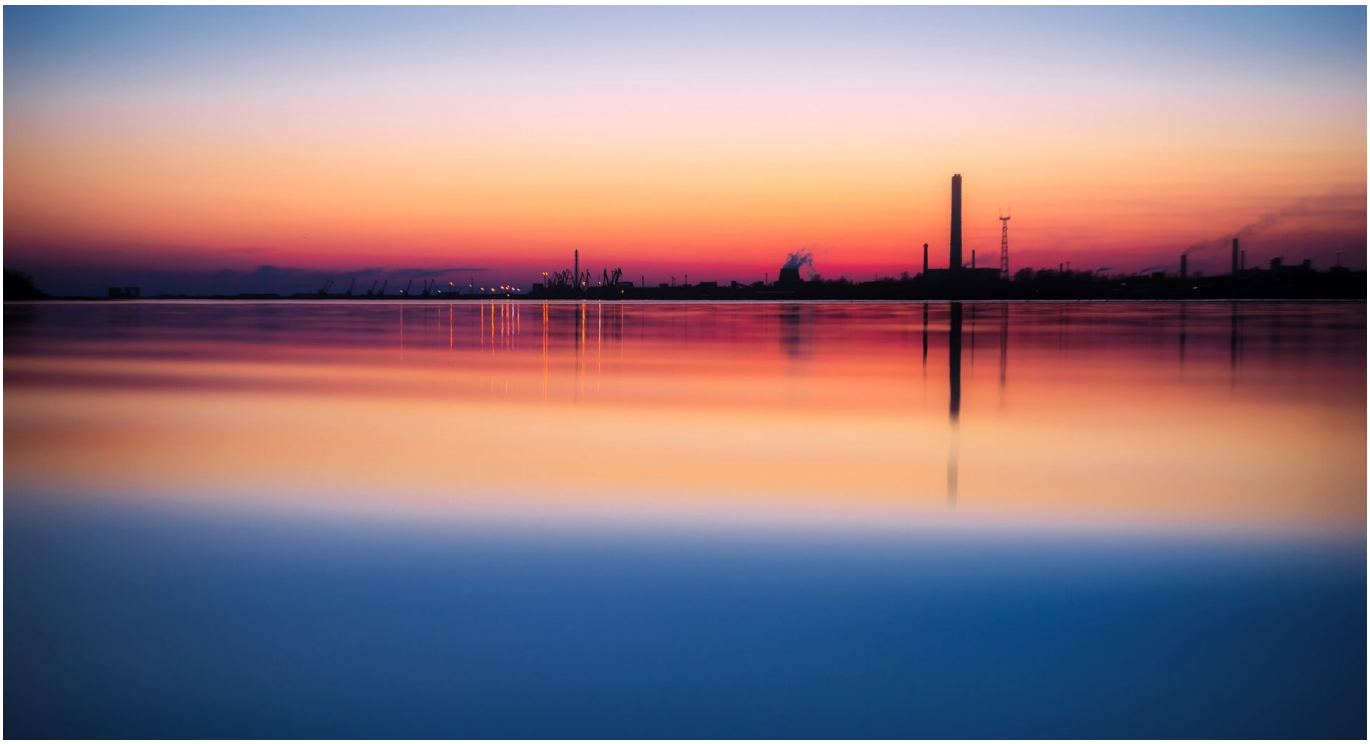


Wpływ działalności gospodarczej człowieka na zmniejszenie się warstwy ozonowej

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Audiobook
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Wpływ działalności gospodarczej człowieka na zmniejszenie się warstwy ozonowej

Źródło: Pixabay License, https://pixabay.com/pl/service/terms/#license, dostępny w internecie: https://pixabay.com.

Ze względu na olbrzymią ilość docierających do nas informacji dotyczących ochrony środowiska, można odnieść wrażenie, że kwestia warstwy ozonowej została trochę zapomniana. Obecnie media rzadko zajmują się tym tematem, a przecież sytuacja dziury ozonowej wcale nie jest stabilna. Czy obserwowany obecnie najmniejszy od 1982 roku rozmiar dziury ozonowej jest powodem do zadowolenia? Czy ozon atmosferyczny zaczął się odbudowywać? Czy protokół montrealski działa? Jakie są jego skutki i jaki mają one wpływ na warstwę ozonową? Jaka jest historia pomiarów dziury ozonowej? Odpowiedzi na te i wiele innych pytań znajdziesz w niniejszym materiale.

Twoje cele

- Przedstawisz historię pomiarów dziury ozonowej.
- Wymienisz i wyjaśnisz rodzaje źródeł zanieczyszczeń wywołujących powstanie dziury ozonowej.
- Zaproponujesz działania, które pozwolą na ochronę warstwy ozonowej.

Przeczytaj

Warstwą ozonową, określa się część stratosfery, w której skoncentrowane jest 90% ozonu (O_3). Sfera ta pełni bardzo ważną funkcję ochronną dla człowieka i innych organizmów żywych na Ziemi, ponieważ pochłania pewną część promieniowania ultrafioletowego, które jest bardzo szkodliwe.

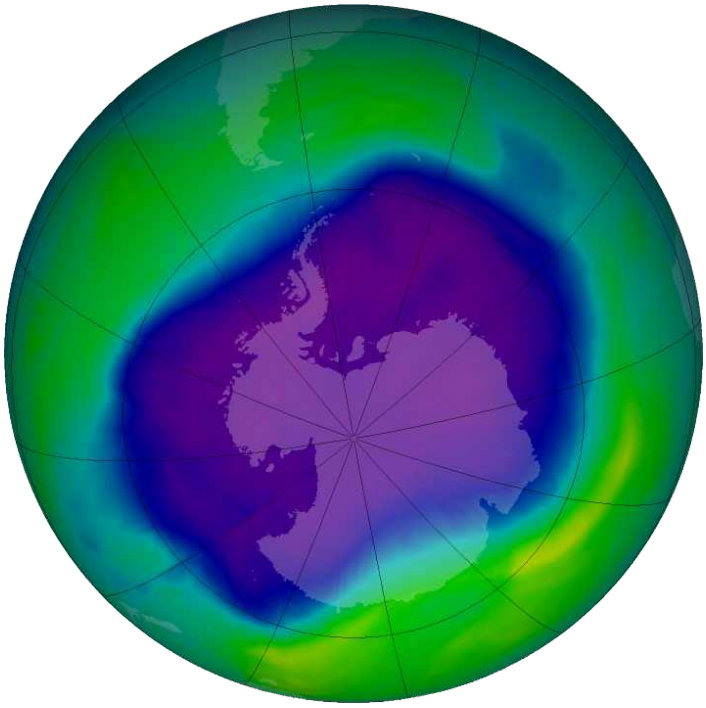
Bezpośrednia ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe przyśpiesza proces starzenia się skóry przez uszkodzenie włókien kolagenowych oraz może prowadzić do rozmaitych chorób, tj. do wystąpienia rumieni, alergii lub nowotworów. Może powodować schorzenia oczu (np. zaćmę) oraz osłabiać system immunologiczny organizmów. Promieniowanie ultrafioletowe prowadzi również do uszkodzeń i mutacji DNA.

Pomiary ubytku ozonu i zasięgu dziury ozonowej

Ozon został odkryty w 1840 roku. Badania zawartości ozonu jako składnika powietrza atmosferycznego prowadzone były od końca XIX wieku. Stwierdzono wówczas, że jedną z jego właściwości jest pochłanianie promieniowania słonecznego z zakresu ultrafioletu. Przeprowadzane w dalszych latach pomiary wykazały, że maksymalne stężenie ozonu występuje w warstwie stratosfery na wysokości około 25 km. W latach 30. XX wieku określono również grubość warstwy ozonu. Do opisu tego parametru stosuje się dobson – jednostkę, której nazwa pochodzi od jednego z pierwszych badaczy ozonu – Gordona Dobsona. Jako normę przyjmuje się 300 dobsonów, a spadek poniżej przyjętej umownie wartości 220 dobsonów określany jest mianem **dziury ozonowej.**

Podczas badań ozonosfery prowadzonych na początku lat 80. XX wieku w strefach polarnych półkuli południowej odkryto, że znaczna część warstwy ozonowej nad Antarktydą zanikła. Niechlubnie zapisał się w badaniach rok 1994, kiedy to

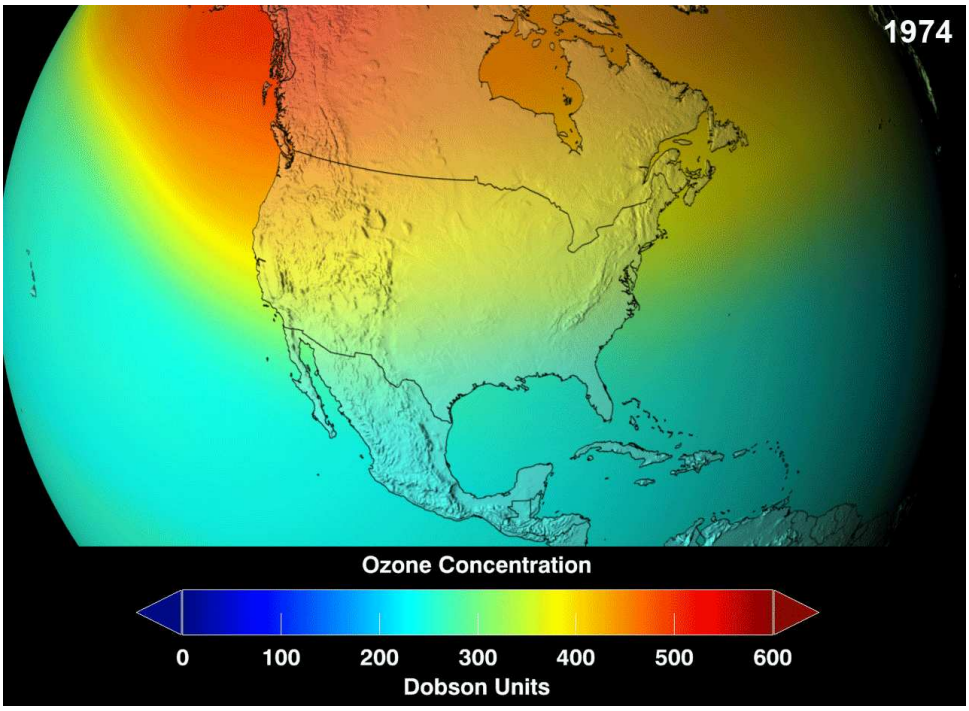
koncentracja ozonu spadła do około 90 Dobsonów, oraz rok 2006, kiedy dziura ozonowa nad biegunem południowym miała największy zasięg, zajmując powierzchnię 27 mln km^2, czyli ponad 2,5 krotność powierzchni Europy.



Dziura ozonowa nad Antarktydą w 2006 r.
Źródło: dostępny w internecie: nasa.gov, domena publiczna.

Zanik ozonu w stratosferze obserwowano również nad biegunem północnym, jednak zasięg przestrzenny i czas trwania tego zjawiska był na ogół mniejszy niż nad Antarktydą. Powodem są wyższe temperatury w stratosferze nad Arktyką, co skutkuje rzadszym występowaniem chmur stratosferycznych i mniejszym zagrożeniem dla warstwy ozonowej. Szczególnie intensywny spadek ozonu nad biegunem północnym odnotowano w marcu 2011 roku oraz wiosną 2020 roku, kiedy dziura ozonowa na półkuli północnej objęła obszar 1 mln km^2. Po dwóch miesiącach, w maju 2020 roku dziura ozonowa nad Arktyką „zasklepiła się".

W badaniach zjawiska dziury ozonowej szczególnie przydatne są pomiary teledetekcyjne wykonywane z satelitów. Dzięki stałemu monitorowaniu ozonosfery naukowcy zauważyli, że jej wielkość zmienia się sezonowo. Największe ubytki ozonu na półkuli południowej są obserwowane pod koniec nocy polarnej - na przełomie września i października, a na półkuli północnej - w marcu i kwietniu.



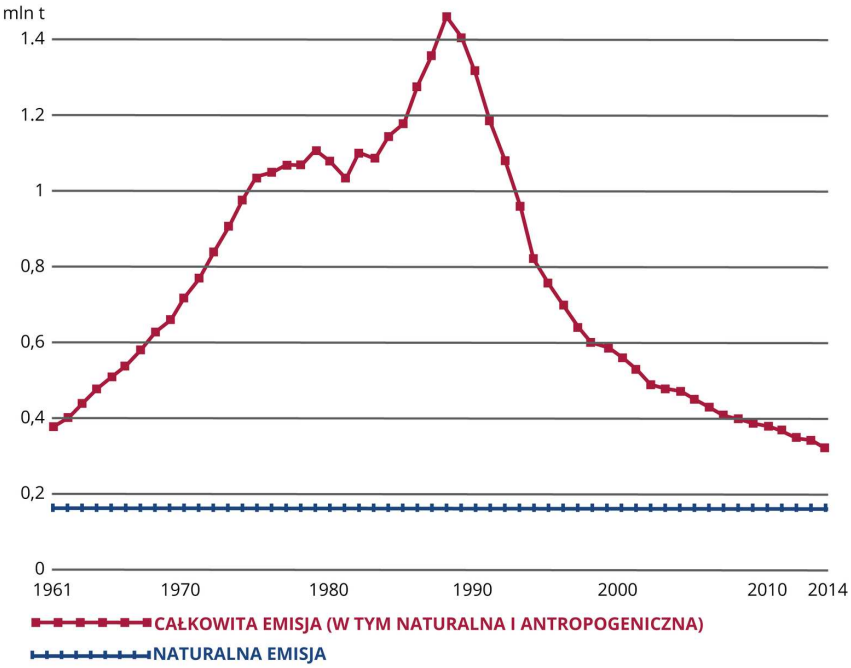
Prognoza NASA dotycząca stężeń ozonu w stratosferze, jeśli chlorofluorowęglowodory nie zostaną zakazane

Źródło: By NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio - NASA, dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15537309, domena publiczna.

Przyczyny powstawania dziury ozonowej

Obecny stan ozonu w stratosferze stanowi jedynie część wcześniejszej warstwy. Substancje zubożające ozonosferę mogą pochodzić ze źródeł naturalnych (np. erupcji wulkanicznych). Jednak to działalność człowieka spowodowała naruszenie kruchej równowagi w przyrodzie. Do takiej sytuacji przyczynił się człowiek poprzez emisję do atmosfery związków chemicznych, które wchodzą w reakcję z ozonem. Są to głównie związki fluoru, chloru, bromu i węgla oraz tlenek azotu.

Substancje zubożające warstwę ozonową zaczęły być powszechnie wykorzystywane w latach 60. XX wieku. Wytwarzano wówczas około 215 tys. ton tych związków, ale już w 1989 roku wielkość ta wzrosła do 1,3 mln ton. Najwięcej freonów i halonów stosowano w USA, Japonii, Rosji oraz Chinach.

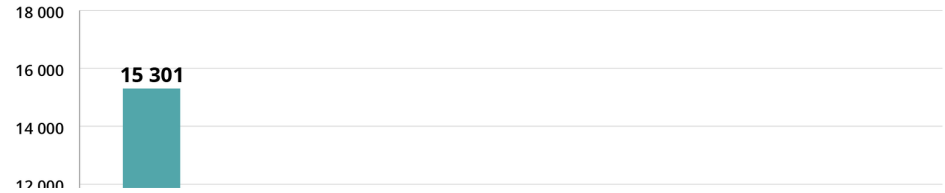


Naturalna emisja oraz całkowita emisja (naturalna i antropogeniczna) w latach 1961-2014

Źródło: By Our World in Data (zmodyfikowane), CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en_US, dostępny w internecie: https://ourworldindata.org/ozone-layer.

Zużycie substancji degradujących ozon w 1989 roku. Tendencje zmian zużycia w latach 1989-2014 w wybranych krajach.

Tendencje zmian zużycia substancji degradujących ozonosferę w Australii w latach 1989–2014.



2

3

4

5

6

7

8

9

10

Źródło: https://ourworldindata.org/ozone-layer, domena publiczna.

Od lat 90. ubiegłego wieku globalna produkcja substancji zubożających warstwę ozonową maleje. Jest to wymierny efekt międzynarodowej współpracy w zakresie ochrony ozonosfery. W 1985 roku kraje należące do ONZ uchwaliły Konwencję Wiedeńską, a w 1987 roku podpisały **Protokół montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową**. Dokumenty te wymieniały grupy związków chemicznych, których wytwarzanie i użytkowanie poddano kontroli. Zarówno konwencja, jak i protokół zostały uznane przez państwa świata, które zobowiązały się do wycofania z produkcji freonu i innych substancji szkodzących warstwie ozonowej. W kolejnych latach Protokół montrealski kilkukrotnie uzupełniano o listę nowych substancji, których nie uwzględniono wcześniej.

Po 30 latach od podpisania dokumentu możemy stwierdzić, że udało się obniżyć wytwarzanie freonów i halonów do poziomu z lat 60. XX wieku. Proces odbudowywania się ozonosfery następuje jednak powoli, ponieważ freony charakteryzują się długim czasem rozkładu w atmosferze. Najpopularniejszy związek CFC-11 utrzymuje się do 65 lat, ale są i takie, które rozłożą się dopiero po kilkuset latach. Utrzymanie tendencji spadkowej zawartości freonów i halonów w atmosferze powinno doprowadzić do całkowitej regeneracji ozonosfery w drugiej połowie obecnego stulecia. Dodatkowym, pozytywnym skutkiem obniżenia zawartości substancji degradujących ozonosferę jest spowolnienie globalnego ocieplenia, ponieważ cześć związków ujętych w Protokole montrealskim to również gazy cieplarniane.

Słownik

> **dobson (jednostka Dobsona)**
>
> jednostka służąca do określania całkowitej zawartości ozonu w atmosferze ziemskiej; 1 dobson odpowiada warstwie ozonu o grubości 10 μm w standardowych warunkach ciśnienia (1 atmosfery) i temperatury (0°C); norma 300 dobsonów to odpowiednik warstwy o grubości 3 mm

> **teledetekcja**
>
> rodzaj badań wykonywanych za pomocą urządzeń niebędących w bezpośrednim (fizycznym) kontakcie z badanym obiektem; pomiary przeprowadzane są zdalnie

zdalnie (na odległość) wykorzystując specjalistyczne czujniki (sensory) np. radary

Audiobook

Polecenie 1
Zapoznaj się z nagraniem. Zwróć uwagę (zanotuj), jakie produkty oraz dziedziny gospodarki były odpowiedzialne za degradację ozonosfery w II połowie XX wieku.

Polecenie 2
Zaproponuj działania (prawne, techniczne, społeczne itp.), które spowodują ograniczenie lub wyeliminowanie z użytkowania substancji zagrażających warstwie ozonowej.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: https://zpe.gov.pl/b/PFYDS30kO

Wpływ działalności gospodarczej człowieka na zmniejszanie się warstwy ozonowej

Pierwsze oznaki spadku koncentracji ozonu w stratosferze stwierdzono już około pięćdziesięciu lat temu. Alarm ogłoszono na początku lat osiemdziesiątych XX wieku, kiedy odkryto znaczący ubytek warstwy ozonowej nad biegunem południowym. W kolejnych latach dziura ozonowa nad Antarktydą powiększała swój zasięg przestrzenny, a naukowcy odnotowywali przekroczenia kolejnych minimów zawartości ozonu.

Równocześnie z monitorowaniem stanu ozonosfery rozpoczęto analizę przyczyn obserwowanego zjawiska. Przydatne okazały się badania chemików, którzy już w

latach siedemdziesiątych XX wieku udowodnili wpływ niektórych związków na powstawanie i rozpad ozonu. Szczególnie destrukcyjnie na ozon wpływają freony, halony oraz tlenek azotu. Substancje te w większości są pochodzenia antropogenicznego.

Freony rozpoczęto wytwarzać w latach dwudziestych XX wieku, ale dynamiczny wzrost produkcji nastąpił w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Freony były popularnym składnikiem produktów przemysłowych ze względu na swoje właściwości, które cechuje niepalność, brak wybuchowości, nietoksyczność, dobre przewodnictwo cieplne oraz nieograniczoną rozpuszczalność w olejach mineralnych. Substancje te znalazły zastosowanie jako nośniki ciepła w przemysłowych układach chłodniczych czy przy chłodzeniu reaktorów jądrowych. Freony odnaleźć można było również w produktach użytkowych jak domowe lodówki, zamrażarki czy urządzenia klimatyzacyjne.

Popularnym zastosowaniem freonów było wykorzystanie ich jako gazów nośnych w pojemnikach aerozolowych powszechnie używanych kosmetyków. Duże ilości freonów stosowano także jako spulchniacze do produkcji materiałów izolacyjnych i pianek poliuretanowych wykorzystywanych na przykład w budownictwie.

Niektóre z freonów znalazły również zastosowanie w czyszczeniu i usuwaniu tłuszczy, olejów i smarów z urządzeń elektronicznych.

Niekorzystnie oddziałujące na ozonosferę halony stosowane były natomiast powszechnie jako środki gaśnicze. Uznawane są za najbardziej skuteczne w gaszeniu ognia, ponieważ ich działanie polega na przerwaniu reakcji spalania w wyniku dezaktywacji wolnych rodników w płomieniu. Halony charakteryzują się przy tym brakiem przewodnictwa elektrycznego, a po zastosowaniu odparowują, nie pozostawiając żadnych zanieczyszczeń. Z tych powodów przeznaczone były głównie do ochrony przeciwpożarowej firm produkcyjnych, elektronicznych i lotniczych. Wykorzystywano je przy gaszeniu pożarów urządzeń elektrycznych i elektronicznych, układów sterowniczych, silników, urządzeń pod napięciem oraz materiałów cennych i zbiorów archiwalnych na przykład w muzeach.

Źródłem podtlenku azotu w stratosferze jest natomiast stosowanie coraz większych ilości nawozów azotowych w rolnictwie oraz rozkład odchodów zwierzęcych pochodzących z licznych farm hodowlanych. Niewielkim źródłem są także środki chemiczne wymagające użycia azotu na przykład w oczyszczalniach

ścieków. Wzrost koncentracji podtlenku azotu związany jest również ze spalaniem paliw kopalnych, zwłaszcza w silnikach pojazdów mechanicznych.

Potwierdzony naukowo wpływ przedstawionych substancji na powstawanie dziury ozonowej stał się impulsem do podjęcia międzynarodowych inicjatyw w zakresie ochrony ozonosfery. W 1985 roku podpisano Konwencję Wiedeńską o ochronie warstwy ozonowej a dwa lata później tak zwany Protokół montrealski. Dokument ten został ratyfikowany przez wszystkie kraje świata, które tym samym zobowiązały się do stopniowego wycofywania z produkcji środków niszczących ozon. W kolejnych latach kilkakrotnie uzupełniano protokół o listę nowych substancji kontrolowanych. Po upływie trzydziestu lat można stwierdzić, że udało się wyeliminować aż 98% produkcji tych substancji. Jeżeli ograniczenia będą nadal przestrzegane, warstwa ozonowa powinna całkowicie się zregenerować, powracając do poziomu sprzed 1980 roku w połowie obecnego stulecia.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Wskaż pierwiastek, którego związki są składnikiem freonów.

- ◯ chlor
- ◯ potas
- ◯ magnez
- ◯ żelazo

Ćwiczenie 2

Przyporządkuj wymienionym substancjom przykładowe źródło ich pochodzenia.

freony	uwalniane z nieszczelnych instalacji chłodzących
halony	uwalniane podczas stosowania środków gaśniczych
tlenki azotu	uwalniane w trakcie stosowania nawozów sztucznych

Ćwiczenie 3

Oceń prawdziwość zdań.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Protokół podpisany w 1987 roku zakazywał produkcji wszystkich rodzajów freonów.	◯	◯
Związki freonów cechują się długim czasem rozpadu wynoszącym nawet ponad 100 lat.	◯	◯
Freony i halony zaliczane są również do gazów cieplarnianych wpływających na globalne ocieplenie.	◯	◯
Głównym zastosowaniem freonów było używanie ich w przemyśle kosmetycznym.	◯	◯

Ćwiczenie 4

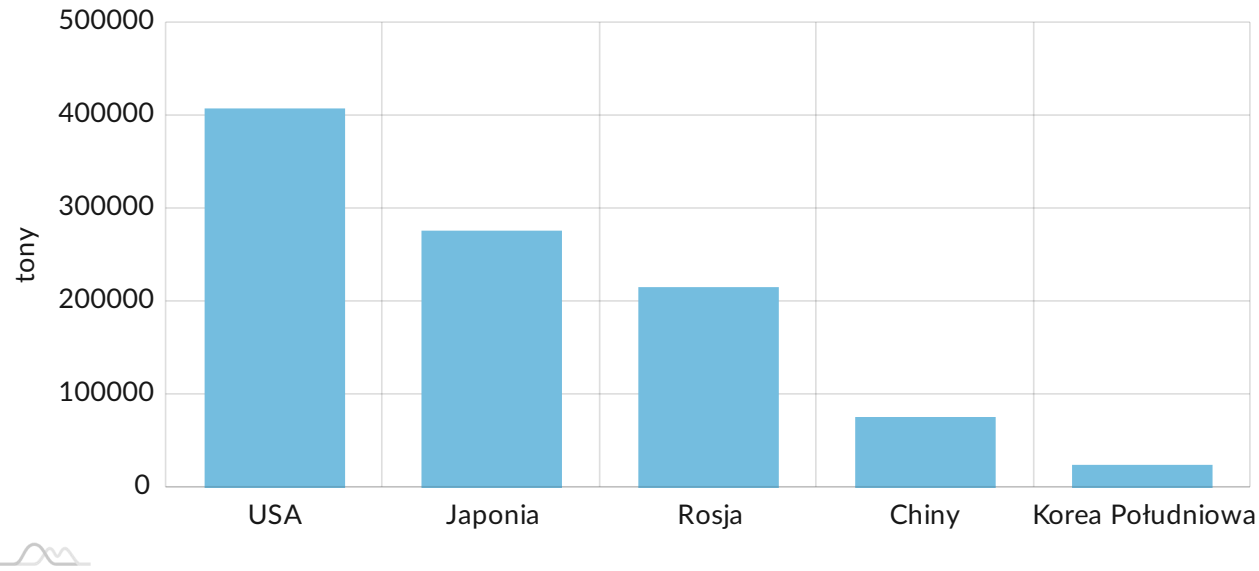
Wskaż nazwę międzynarodowego porozumienia dotyczącego przeciwdziałania dziurze ozonowej.

- ◯ Konwencja ramsarska
- ◯ Protokół z Kioto
- ◯ Konwencja alpejska
- ◯ Protokół montrealski

Ćwiczenie 5

Na wykresie słupkowym przedstawiono państwa, które w 1989 roku zużywały największą ilość substancji zubożających warstwę ozonową. Przyporządkuj odpowiednim wartościom nazwy podanych państw.

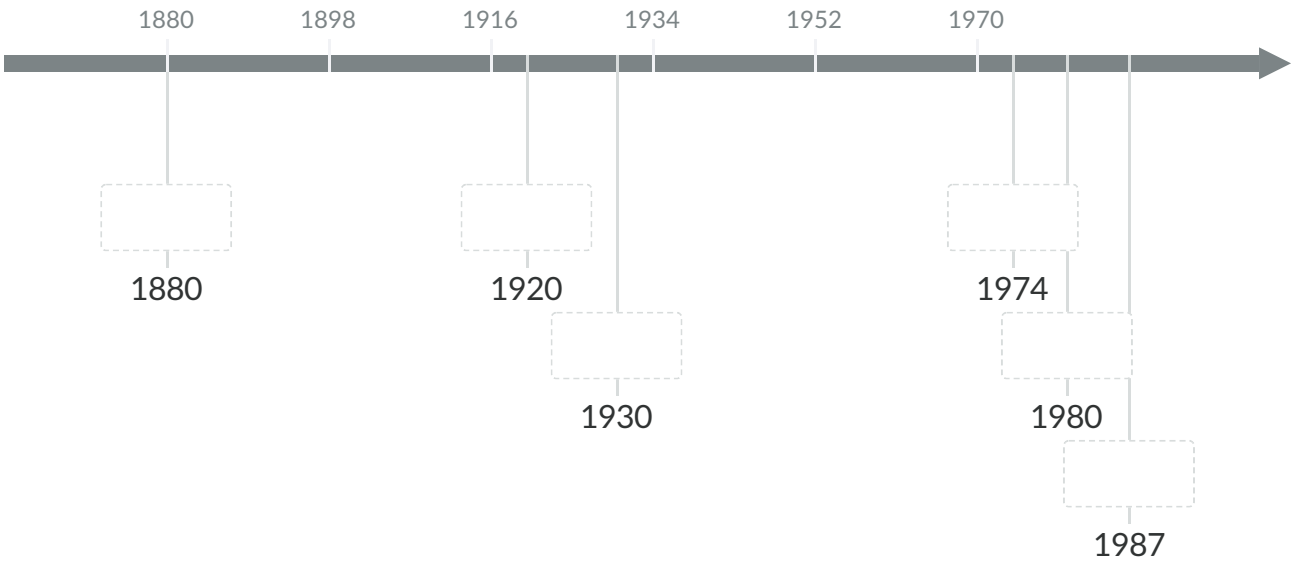
Zużycie substancji zubożających warstwę ozonową w 1989 roku w wybranych krajach.



Korea Południowa	275 797
Rosja	220 156
Japonia	36 031
Chiny	407 115
USA	84 962

Ćwiczenie 6

W odpowiednich miejscach na osi czasu umieść litery odpowiadające podanym wydarzeniom.



1 Wynalezienie związków chlorofluorowęglowodorowych znanych jako freony.

2 Opublikowanie prac naukowych potwierdzających destrukcyjny wpływ freonu na ozon.

3 Odkrycie dziury ozonowej w strefie polarnej półkuli południowej.

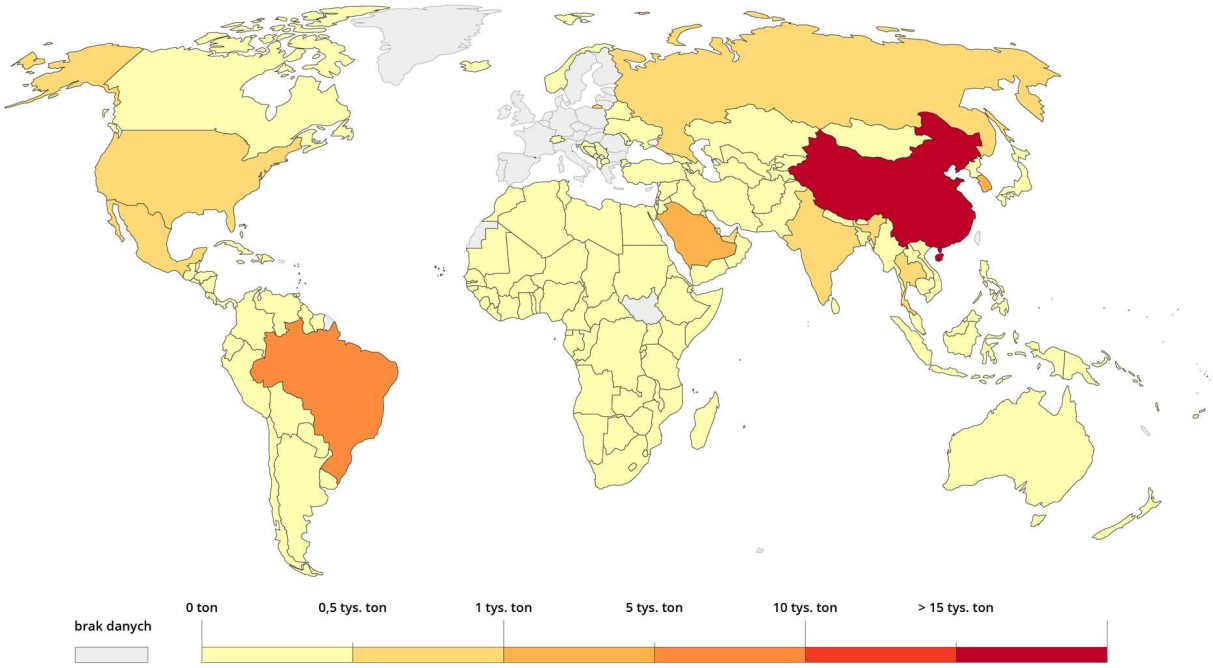
4 Powszechne wprowadzenie freonów do produkcji przemysłowej.

5 Podpisanie porozumienie dotyczące przeciwdziałania dziurze ozonowej.

6 Odkrycie właściwości pochłaniania promieniowania UV przez ozon.

Ćwiczenie 7

Na podstawie załączonej mapy wypisz nazwy 4 państw, które w 2014 roku zużywały powyżej 5 tys. ton rocznie substancji zagrażających warstwie ozonowej. Podaj nazwę państwa, które zużywa tych substancji najwięcej i wyjaśnij przyczyny tej sytuacji.



Źródło: dostępny w internecie: https://ourworldindata.org/ozone-layer.

Ćwiczenie 8

Oceń, w jakim stopniu działania podjęte przez państwa świata wpłynęły na obecny stan ozonosfery. Czy zagrożenie udało się całkowicie wyeliminować?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora: Anna Ruszczyk

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Wpływ działalności gospodarczej człowieka na zmniejszenie się warstwy ozonowej.

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres rozszerzony, klasa IV

PODSTAWA PROGRAMOWA

Zakres rozszerzony: XVIII. Problemy środowiskowe współczesnego świata: tropikalne cyklony, trąby powietrzne, sztormy, powodzie, tsunami, erozja gleb, wulkanizm, wstrząsy sejsmiczne, powstawanie lejów krasowych, zmiany klimatu, pustynnienie, zmiany zasięgu lodowców, ograniczone zasoby wody na Ziemi, zagrożenia georóżnorodności i bioróżnorodności.
Uczeń: 7) dyskutuje na temat wpływu deforestacji i innych czynników na zmiany klimatu na Ziemi oraz proponuje działania służące ograniczaniu tych zmian;

Kształtowane kompetencje kluczowe

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- przedstawia historię pomiarów dziury ozonowej,
- wymienia i wyjaśnia rodzaje źródeł zanieczyszczeń wywołujących powstanie dziury ozonowej,
- proponuje działania, które pozwolą na ochronę warstwy ozonowej.

Strategie nauczania: konstruktywizm, konektywizm

Metody nauczania: pogadanka, dyskusja, drzewo decyzyjne, metody operatywne (analiza map, tekstu e-materiału, praca z audiobookiem)

Formy zajęć: praca indywidualna, praca grupowa, praca zbiorowa (na forum klasy)

Środki dydaktyczne: tablica interaktywna/monitor dotykowy/tablety, e-materiał

Materiały pomocnicze

M. Popkiewicz, A. Kardaś, Sz. Malinowski – Nauka o klimacie, Wydawnictwo Sonia Draga i Wydawnictwo Nieoczywiste, Warszawa 2019.

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca

- Czynności organizacyjne.

- Wprowadzenie uczniów w tematykę zajęć: przypomnienie miejsca występowania i roli warstwy ozonowej w istnieniu życia na Ziemi oraz dla zdrowia człowieka.
- Nauczyciel podaje temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel opowiada o historii badań nad ozonem i pomiarów dziury ozonowej. Pyta uczniów, czym jest dziura ozonowa? – pogadanka na forum klasy

z wykorzystaniem e-materiału.

- Wykorzystanie teledetekcji w badaniach dziury ozonowej.
- Przedstawienie fotografii z e-materiału *Dziura ozonowa nad Antarktydą w 2006 r.*
- Uczniowie zapoznają się z tekstem w e-materiale o przyczynach powstawania i zmian zasięgu występowania dziury ozonowej – dyskusja z wykorzystaniem symulacji w tekście e-materiału: Prognoza NASA dotycząca stężeń ozonu w stratosferze, jeśli chlorofluorowęglowodory nie zostałyby zakazane.
- następnie uczniowie wysłuchują tekstu audiobooka, nauczyciel prosi, aby na jego podstawie przygotowali odpowiedź na polecenie 1. - Jakie produkty oraz dziedziny gospodarki były odpowiedzialne w II połowie XX wieku za degradację ozonosfery?
- nauczyciel przytacza fragment z audiobooka, który stwierdza, że udało się wyeliminować aż 98% produkcji substancji szkodliwych dla warstwy ozonowej, zadaje uczniom pytanie: *Jeżeli jest tak dobrze, to czy należy nadal prowadzić kosztowne działania mające na celu eliminowanie dziury ozonowej?*
- Nauczyciel dzieli uczniów na grupy – każda grupa otrzymuje arkusz papieru i pisaki.
- Zadaniem uczniów jest opracowanie drzewa decyzyjnego do podanego problemu (do pytania: *Czy należy nadal prowadzić kosztowne działania mające na celu eliminowanie dziury ozonowej?*).
- Uczniowie korzystają ze zdobytej wiedzy, mogą wrócić do audiobooka i treści e-materiału oraz skorzystać z innych dostępnych im materiałów.
- Po upływie określonego przez nauczyciela czasu uczniowie prezentują efekty pracy w grupach.
- Po ostatniej prezentacji następuje podsumowanie nauczyciela (na podstawie uczniowskich wniosków) i możliwa dyskusja na forum klasy.

Faza podsumowująca

- Powtórzenie i utrwalenie materiału przy pomocy ćwiczeń znajdujących się w e-materiale – uczniowie indywidualnie wykonują wskazane ćwiczenia.

- Nauczyciel podsumowuje realizację założonych celów lekcji – ocenia pracę uczniów i ich zaangażowanie.
- Uczniowie dzielą się swoimi doświadczeniami – co było łatwe, trudne, ciekawe, możliwości zastosowania zdobytej wiedzy…

Praca domowa

- W jaki sposób każdy obywatel może przyczynić się do zmniejszenia emisji substancji zagrażających warstwie ozonowej?

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

- Audiobook można wykorzystać na lekcjach z zakresu podstawowego (dział XIII. Człowiek a środowisko geograficzne) dotyczących np. współodpowiedzialności za stan środowiska przyrodniczego Ziemi (XIII. 10).
- Multimedium można wykorzystać również na lekcji powtórzeniowej z zakresu rozszerzonego (dział XVIII Problemy środowiskowe współczesnego świata).