UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
Ústav telesnej výchovy a športu

2020

ENVIRONMENT A JEHO VYBRANÉ ASPEKTY

Iveta **CIMBOLÁKOVÁ**, Henrieta **PAVOLOVÁ**

KOŠICE 2020

ENVIRONMENT A JEHO VYBRANÉ ASPEKTY

Vysokoškolský učebný text

Autori:

Ing. Iveta CIMBOLÁKOVÁ, PhD.

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Košice, ÚTVŠ

Doc. Ing. Henrieta PAVOLOVÁ, PhD.

Technická Univerzita F BERG, Košice

Recenzenti:

Doc. PhDr. Ivan Šulc, CSc.

PaedDr. Milena Švedová, PhD.

Všetky práva vyhradené. Toto dielo ani žiadnu jeho časť nemožno reprodukovať, ukladať do informačných systémov alebo inak rozširovať bez súhlasu majiteľov práv.

Za odbornú a jazykovú stránku publikácie zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 10.03.2020

ISBN 978-80-8152-849-1 (e-publikácia)

OBSAH

Zoznam obrázkov a tabuliek **4**

PREDHOVOR **5**

1 ENVIRONMENTALISTIKA, EKOLÓGIA, EKOSYSTÉM **6**

2 ŽIVOTNÉ PROSTREDIE – pojem, základné rozdelenie **7**

2.1 Ochrana, tvorba a cieľ starostlivosti o životné prostredie 8

2.2 Záťažové faktory prostredia 9

2.3 Účinky záťaže životného prostredia 13

2.4 Monitoring životného prostredia 14

3 ATMOSFÉRA **15**

3.1 Zloženie a vlastnosti ovzdušia 15

3.2 Znečisťovanie (kontaminácia) ovzdušia 17

3.2.1 Príčiny a rozsah znečisťovania ovzdušia 19

3.2.2 Zdroje znečisťovania ovzdušia 23

3.2.3 Dôsledky znečisťovania ovzdušia 24

3.3 Monitoring ovzdušia na území Slovenskej republiky 29

4 HYDROSFÉRA **31**

4.1 Význam, funkcia a vlastnosti vody 31

4.1.1 Klasifikácia vôd podľa pôvodu 38

4.1.2 Klasifikácia látok prítomných vo vode 38

4.1.3 Klasifikácia vôd na základe jej využitia 38

4.2 Znečistenie vodných zdrojov 39

4.2.1 Príčiny znečisťovania vodných zdrojov 40

4.3 Monitoring znečistenia vodných zdrojov 41

5. PEDOSFÉRA **43**

5.1 Význam, zloženie a funkcia pôdy 43

5.2 Znečisťovanie pôdy 44

5.2.1 Príčiny znečisťovania pôd 45

5.3 Monitoring pôdy 46

6 BIOINDIKÁCIA, BIOMONITORING, MONITORING **47**

7. GLOBÁLNA KONTAMINÁCIA - environmentálny problém súčasnosti 48
7.1 Klimatické zmeny, voda, pôda, zdravie 48
7.2 Medzinárodné záväzky – oblasť klimatických zmien, vody a pôdy 48
8 ŤAŽKÉ KOVY - zdroj, forma, význam v znečistení životného prostredia 51
8.1 Charakteristika vybraných ťažkých kovov 54
Chróm - základná charakteristika 54
Zinok - základná charakteristika 55
Arzén - základná charakteristika 56
Olovo - základná charakteristika 57
Kadmium – základná charakteristika 58
Ortuť- základná charakteristika 61
8.2 Prehľad toxických účinkov vybraných ťažkých kovov 64
9 ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE na Slovensku - prehľad 65
ZÁVER 66
ZOZNAM LITERATÚRY 67

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obr. 1 Podmieňujúce činitele.....9

Obr. 2 Ekosystém a znečisťujúce látky.....12

Obr. 3 Vzťah medzi znečisťovaním a znečistení ovzdušia.....20

Obr. 4 Rizikové faktory znečisťovania ovzdušia.....27

Obr. 5 Monitorovania ovzdušia.....29

Obr. 6 Distribúcia kovov v životnom prostredí.....51

Tab. 1 Rozdelenie životného prostredia.....7

Tab. 2 Prehľad najviac znečistených oblastí v SR.....28

Tab. 3 Zaťažené oblasti v SR a ich kontaminanty.....29

Tab. 4 Monitorovací systém v SR.....30

Tab. 5 Základný prehľad toxických účinkov vybraných kovov.....64

Tab. 6 Prehľad niektorých závažných havárii.....65

PREDHOVOR

Vysokoškolské učebné texty sa zaoberajú vybranými základnými poznatkami o životnom prostredí. Sú zamerané na zhrňujúce a prierezové charakteristiky, slúžia ako podklad k prehĺbeniu poznatkov v rámci prednášok či seminárov k danej problematike.

Učebné texty sú určené pre študentov I. stupňa vysokoškolského vzdelávania, ale aj pre všetkých tých, ktorí majú záujem prehĺbiť si svoje environmentálne znalosti.

Okruhom ako napr. environmentálne riziká, ich vplyv a možné dôsledky na zdravie populácie ktoré do problematiky životného prostredia a starostlivosti oň nepochybne patria, sa v rámci ďalšieho vzdelávania venujeme v pripravovaných učebných textoch „Environmentálne riziká, ich vplyv a dôsledky na zdravie“.

Uvedený zoznam literatúry v učebných textoch poskytne záujemcom s hlbším záujmom o environmentálnu problematiku podrobnejšie informácie.

Poďakovanie patrí všetkým ktorí nám boli nápomocní a poskytli cenné odborné rady.

Autorky

1 ENVIRONMENTALISTIKA, EKOLÓGIA, EKOSYSTÉM

„Pojem ***Environmentalistika*****“** – vznikol z anglického slova *„Environment“.* Jedná sa o výraz, ktorý svojím pojmom ale i podstatou definuje prostredie aj s jeho celou vnútornou štruktúrou takou formou, že je takmer totožné s pojmom a obsahom termínu *„životné prostredie".* Jedná sa o vedný odbor, ktorý sa zaoberá vzťahmi a procesmi ľudskej spoločnosti a prostredia, v ktorom sa tieto činnosti realizujú. Ide o súbor multidisciplinárnych činností v oblasti starostlivosti o životné prostredie. Využívajú sa tu poznatky mnohých vied (prírodných, spoločenských, ekonomických i technických) ako aj výdobytky a poznatky s dôrazom aj na vzťahy medzi ľuďmi a hmotným svetom. Do úvahy sa taktiež berie napr. stránka ekonomická, etická, biologická i sociálna v ich vzájomných interakciách. Pod pojmom „environmentalistika“ sa teda najčastejšie chápe *„starostlivosť o životné prostredie s cieľom zachovať respektíve zlepšiť kvalitu ŽP s ohľadom na celú biotu pri dodržiavaní zásad trvalo udržateľného rozvoja“,* ktorá vo všeobecnosti zodpovedá ochrane a tvorbe životného prostredia, respektíve starostlivosť o životné prostredie. „*Predmetom environmentalistiky“* sa rozumie súbor vzťahov v prostredí/krajine na kvalitatívnej úrovni v porovnaní s *„ekológiou“*.

Ekológia - vedná disciplína zaoberajúca sa vzájomnými vzťahmi a procesmi prebiehajúcimi medzi živými organizmami navzájom a ich prostredím.

Ekosystém - funkčná sústava živých a neživých zložiek životného prostredia, ktoré sú vzájomne spojené výmenou látok, tokom energie a odovzdávaním informácií. Vzájomné sa ovplyvňujú a vyvíjajú v určitom spoločenskom priestore a čase.

www.enviro.sk

2 ŽIVOTNÉ PROSTREDIE – pojem, základné rozdelenie

Životné prostredie (ŽP) je všetko čo vytvára prirodzené podmienky existencie organizmov vrátane človeka. Je poredpokladom ďalšieho vývoja. A podieľa sa taktiež na celkovom zdravotnom stave ľudskej populácie minimálne 25 %. Zložkami ŽP sú voda, ovzdušie, pôda, horniny, organizmy, ekosystémy a energia **(Zákon NR SR č. 17/1992 zb. o životnom prostredí v znení zákona NR SR č. 127/1994 Z. z., zákona NR SR č. 287/1994 Z. z. , zákona NR SR Z. z. a zákona NR SR č.211/2000 Z.z.)**.

Definovať termín životné prostredie sa pokúsili viacerí domáci a zahraniční autori. Najznámejšia je definícia nórskeho biológa Wika, ktorú už v roku 1967 prijala organizácia UNESCO v Paríži *„Životné prostredie človeka je tá časť sveta, s ktorou je človek vo vzájomnej interakcii, t. j. ktorú používa, ovplyvňuje ju a prispôsobuje sa jej“.* V najširšom zmysle slova sa teda jedná o také prostredie, ktoré poskytuje podmienky pre základné prejavy a biologické funkcie živého organizmu. Životné prostredie je vonkajší svet organizmov, s ktorým majú vzájomné vzťahy (interakcie). Každý organizmus má svoje prostredie, bez ktorého nemôže existovať. V tomto prostredí vznikol, vyvíja sa a rozmnožuje. Životné prostredie je všetko, čo vytvára prirodzené podmienky existencie organizmov a je predpokladom ich ďalšieho vývoja. Základné rozdelenie životného prostredia (tab. 1).

Tab. 1 Rozdelenie životného prostredia

Rozdelenie životného prostredia - všeobecné	**Rozdelenie životného prostredia podľa zložiek**	**Rozdelenie životného prostredia podľa činnosti**
životné prostredie človeka jednotlivca	prírodné prostredie	pracovné prostredie
životné prostredie skupiny	umelé prostredie	obytné prostredia
životné prostredie ľudstva	sociálne prostredie	rekreačné prostredie

Zdroj: Cimboláková, 2005

2.1 Ochrana, tvorba a cieľ starostlivosti o životné prostredie

Ochrana životného prostredia je v súčasnom období chápaná ako nevyhnutná podmienka existencie a ďalšieho rozvoja ľudskej spoločnosti. Zahŕňa činnosti, ktorými sa predchádza znečisťovaniu alebo poškodzovaniu životného prostredia, resp. sa znečisťovanie obmedzuje a odstraňuje. Jedná sa o všeobecnú ochranu (ovzdušie, pôda, voda), špeciálnu ochranu (chránené územia, rastliny, živočíchy,) a ochranu kultúrnych pamiatok.

Tvorba životného prostredia (ŽP)

Chápeme ako cieľavedomú ľudskú činnosť, ktorá je organizovaná na vedeckých základoch, zameriavajúc sa na optimalizáciu prírodných a umelých zložiek krajiny. Zahŕňateda činnosti, ktoré napomáhajú predchádzať znečisťovaniu alebo poškodzovaniu ŽP, respektíve sa znečisťovanie obmedzuje a odstraňuje. Zahŕňa ochranu jeho jednotlivých zložiek, druhov organizmov, konkrétnych ekosystémov a ich vzájomných väzieb. Cieľavedomá ľudská činnosť organizovaná na vedeckých základoch, zameraná na optimalizáciu prírodných i umelých zložiek krajiny. V tvorbe možno vyčelniť:

- tvorbu umelého prostredia (urbanizmus, stavebná činnosť, investície)
- tvorbu biotechnických štruktúr poľnohosp. krajiny (biologické a územné plánovanie, hospodársko-technické úpravy pozemkov, úprava povodní, meliorácie, rekultivácie,...)
- tvorbu štruktúr vysokej rozptýlenej drevinovej vegetácie v krajine (ozeleňovanie, krajinársko-sadovnícke úpravy)

Cieľom starostlivosti o životné prostredie (ŽP)

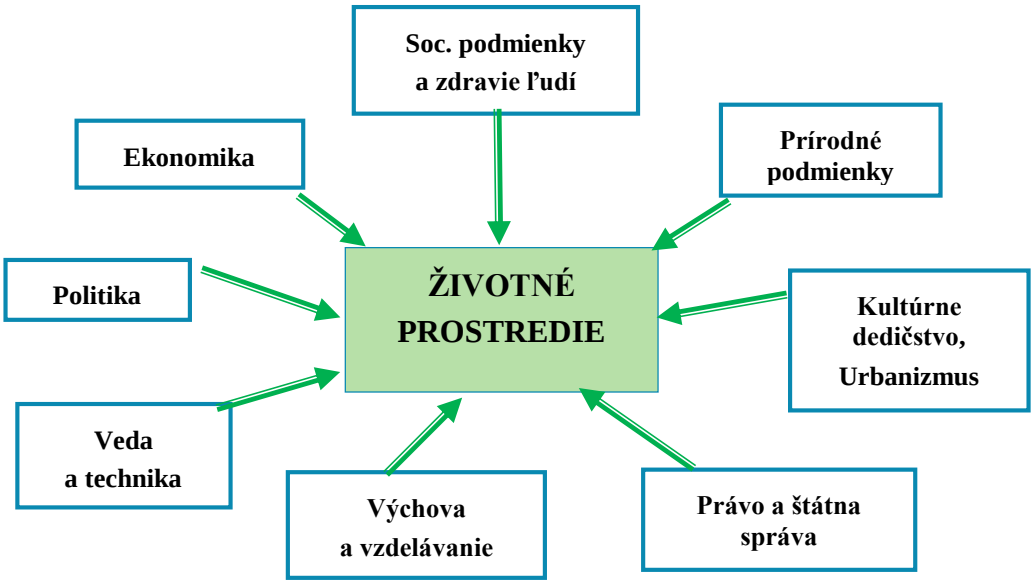
Zachovať alebo zlepšiť jeho kvalitu s ohľadom na všetky organizmy pri dodržaní všetkých zásad trvalo udržateľného života. Takto chápaná starostlivosť o životné prostredie sa označuje aj termínom *„Environmentalistika“* (kap. 1). Starostlivosť o životné prostredie teda vymedzuje *ochranu* a *tvorbu* zdravého životného prostredia.

Zdravé životné prostredie musí podľa WHO (Svetovej zdravotníckej organizácie) spĺňať päť základných podmienok:

- čisté ovzdušie, bezpečná pitná voda a jej dostatok,
- bezpečné a výživovo hodnotné potraviny,
- bezpečné a mierové obydlia a obce,
- stabilné globálne ekosystémy vhodné pre život ľudí.

Súčasný stav životného prostredia je výsledkom dlhodobého vývoja. Tento vývoj sa v poslednom čase urýchlil rozvojom vedy a techniky ktorá priamo súvisí s rozvojom ľudského poznania a rozvojom hospodárskych činností človeka. K najzávažnejším zásahom do prírodného prostredia došlo práve v súvislosti s rozvojom hospodárskych činností, industrializáciou, rozvojom procesu urbanizácie, chemizáciou a mechanizáciou poľnohospodárstva rozvojom dopravy, exponenciálnym nárastom priemyselnej výroby (úzko súvisí s postupujúcou vedecko-technickou revolúciou). Priemysel je na jednej strane hlavným zdrojom nárastu životnej úrovne, na strane druhej i podstatným narušiteľom stavu životného prostredia. Podmieňujúce činitele životného prostredia, jeho ochranu a tvorbu je znázornené na obr. 1.

Obr.1 Podmieňujúce činitele životného prostredia



Zdroj: www.enviro.sk/upravený

2.2 Záťažové faktory prostredia

Znečisťujúce látky sa do prostredia dostávajú z rôznych zdrojov. Na základe svojich fyzikálno-chemických vlastností sú transportované a zúčastňujú sa biochemických cyklov v jednotlivých zložkách životného prostredia: ovzdušie, vodné prostredie, pôda, horniny či segmenty. Potravou, pri dýchaní a ďalšími cestami sa dostávajú do organizmu, kde dochádza k ich premene buď na neškodné metabolity (detoxikácia), ktoré sa ľahko vylúčia, alebo sa vytvoria škodlivé, reaktívne produkty (obr. 2). Záťaž životného prostredia kladie zvýšené

nároky na jedincov, populácie i ekosystémy. Je potrebné určiť každý faktor prostredia, ktorý môže byť záťažový z hľadiska vývoja biologických druhov a ekosystémov.

V súčasnosti je počet faktorov znečisťujúcich životné prostredie mimoriadne vysoký, základný prehľad uvádza tab. 2.

Tab. 2 Prehľad záťažových faktorov životného prostredia

ZÁŤAŽOVÉ FAKTORY		
ABIOTICKÉ		**BIOTICKÉ**
Fyzikálne	**Chemické**	**Fyzické** (odstraňovanie vegetácie, odlupovanie kôry, ohrýzanie,poľovníctvo) **Biotické** (choroboplodné zárodky, sociálny stres) **Antropogénna záťaž** (najkomplexnejšia, zahŕňa všetky ostatné formy)
Termické (odpadové teplo) **Energetické** (rádionuklidy, deriváty **Akustické** (hluk) **Mechanické** (udupávanie,kosenie, vodné športy, lyžovanie	**Anorganické** (ťažké kovy, dusíkaté hnojivá) **Organické** (plyny,oleje a deriváty)	

Zdroj: Cimboláková, 2013

Fyzikálne faktory ovplyvňujú život na zemi najmä svojou energiou. Mnohé z nich človek zmyslami neregistruje, napriek tomu, že pôsobia veľkou energiou. Vplyv fyzikálnych faktorov sa preto nemusí prejaviť ihneď, ale až v ďalších generáciách.

Chemické fakktory limitujú život na Zemi. Voda, kyslík, uhlík, živiny, stopové prvky a pod., patria nedzi životne dôležité. Zvýšené koncentrácie niektorých chemických látok v prostredí sa môžu negatívne prejaviť na kvalite života ľudí. Tu zaraďujeme oblasti hlavne priemyselné a mestské. Poškodzujúci účinok týchto záťažových faktorov závisí od rôznych faktorov, ako sú:

- chemické vlastnosti iónu alebo zlúčeniny, ako rozpustnosť, mobilita, absorbovateľnosť
- jeho perzistencia v prostredí (vysoké riziko chronických intoxikácií)
- prítomnosť resp. neprítomnosť látok zvyšujúcich alebo znižujúcich toxicitu
- dĺžka pôsobenia a koncentrácia toxickej látky v organizme
- stav živého indivídua (vek, vyspelosť, výživný stav, adaptabilita)

Biologické faktory

Zabezpečujú schopnosť jedinca zachovať si vlastnú existenciu, obrániť sa, nachádzať spôsob ako útočiť. Jedná sa o vzťahy na určitom stanovišti. Osobitným medzidruhovým stavom je vzťah človeka k iným druhom. Na základe zistených poznatkov môžeme povedať, že človeka môžu takto ohrozovať mnohé vírusy, plesne, huby, parazity.

Podľa koncentrácie a vplyvu

V závislosti na intenzite poznáme dva typy záťažových faktorov:

- faktory, ktoré už v nízkych koncentráciách môžu byť škodlivé – jedy, toxické zlúčeniny a pod.,
- faktory, ktoré pôsobia len ak je ich koncentrácia vysoká alebo ich účinok je veľmi intenzívny – využívanie priemyselných chemikálií v poľnoshospodárstve

Táto klasifikácia je veľmi zjednodušená. Zvlášť dôležité sú však aj tzv. ekochemikálie. ***Ekochemikálie*** sú látky, ktoré sa dostávajú do prostredia činnosťou človeka v takých koncentráciách, ktoré môžu ohrozovať živočíchy, alebo človeka (obr. 1). Mimoriadne dôležité z nich sú látky perzistentné, ako niektoré organické zlúčeniny, ťažké kovy a rádionuklidy. *Ťažké kovy* sú perzistentné úplne, pretože ich atómová štruktúra sa nemení.

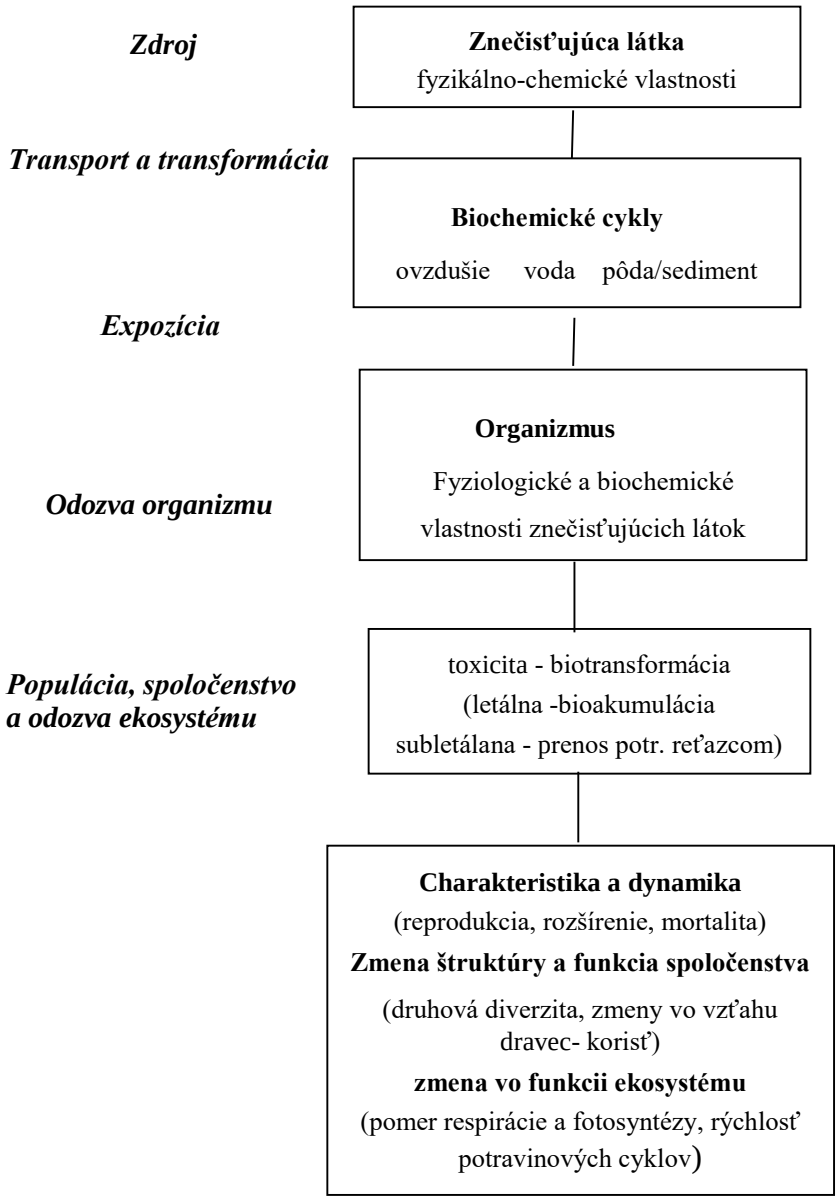
V prostredí môže dôjsť k nahromadeniu škodlivín. Organizmy látky vyberajú z prostredia selektívne a hromadia ich vo svojom tele. To sa vzťahuje aj na škodlivé látky a takýto spôsob ich hromadenia v živých organizmoch sa nazýva ***bioakumulácia***.

Hromadia sa v potravinových reťazcoch, ktoré sa realizujú v ekosystéme, a preto tento proces nazývame aj ***ekoakumulácia***. Látky sa môžu nahromadiť v pôde alebo v usadeninách – **geoakumulácia**.

V súčasnosti je už kontaminácia (znečisťovanie) životného prostredia považovaná za globálny jav. Je pravdepodobné, že hladiny polutantov so stopovými prvkami sa stanú stresovými pre veľkú časť citlivej fauny a flóry. Je veľmi dôležité si včas (ak už nie je neskoro) uvedomiť, že vystavenie ľudí chemickým, fyzikálnym, biologickým i mikrobiologickým škodlivinám v životnom prostredí v kombinácii s ďalšími nepriaznivými podmienkami života je príčinou 86 % predčasných úmrtí, vysokej miery chorobnosti a straty rokov prežitých v zdraví.

Príčina tzv. civilizačných chorôb pochádza z interakcií medzi ľudským organizmom a samotnou kvalitou životného prostredia.

Obr. 2 Ekosystém a znečisťujúe látky



Zdroj: Cimboláková, 2005

2.3 Účinky záťaže životného prostredia

Citlivosť daného organizmu na určitú záťaž závisí od stavu vývoja a podmienok jeho metabolizmu. U človeka je potrebné chrániť predovšetkým plod, novorodenca a matku počas gravidity. Na znečistenie životného prostredia veľmi citlivo reagujú chorí, oslabení alebo slabí jedinci. Smogové katastrofy ohrozujú človeka a zvieratá, zmeny pôdy zase vegetáciu.

Veľmi často nie jeden, ale viacero faktorov zaťažuje - znečisťuje prostredie. Súčasné pôsobenie viacerých faktorov môže byť podstatne iné, ako v prípade faktora jednotlivého.

Ich účinky môžu byť:

- antagonistické (jeden záťažový faktor znižuje účinok druhého faktora),
- sumačné (účinky jednotlivých faktorov sa adujú),
- synergické (súhrnný účinok jednotlivých činiteľov je silnejší ako sumár jednot. účinkov).
- potenciačné.

Reakcie biologických systémov na znečistenie prostredia môžu byť:

1. Reakcie na úrovni jednotlivých organizmov

- porucha metabolizmu podľa miery záťaže - stimulácia alebo inhibícia),
- produkcia chemických stresových látok, zmeny hladín hormónov (adaptačný syndróm stavovcov),
- poruchy reprodukcie, porušená orientácia a pri extrémnej záťaži až smrť

2. Reakcie na úrovni populácie

- vyhynutie citlivých jedincov,
- zmena veľkosti a vekovej štruktúry populácie,
- silná selekcia geneticky odolných jedincov,
- všeobecný pokles genetickej diverzity v rámci populácii,
- vyhynutie populácií (pri extrémnej záťaži)

3. Reakcie na úrovni biocenózy a ekosystému

- zmena v súťažení a pomere predátor -korisť (obeť), ako aj zmena na poli parazitizmu a chorôb,
- zmena spektra druhov a eliminácia citlivých druhov a rozšírenie odolných druhov,
- pokles biomasy a diverzity druhov,

- zmena uzatvoreného metabolizmu na otvorený (čiastočná alebo úplná strata minerálov z prírodných depozitov),
- zmena od rovnováhy k nerovnovážnemu stavu, od stability ekosystému k jeho instabilite, zrútenie biocenózy (v extrémnych prípadoch)

Toxické látky zaťažujú životné prostredie najmä svojim účinkom na zdravie ľudí (kap.8.2) i zvierat a z tohto pohľadu sú mimoriadne dôležité aj metódy hodnotenia zdravotných rizík.

2.4 Monitoring životného prostredia

Systematické dôsledné v čase a priestore definované pozorovanie určených charakteristík ŽP. Sledovanie vplyvov naň pôsobiacich, ktoré s určitou mierou vypovedajúcej schopnosti reprezentujú sledovanú oblasť resp. celý územný celok. Základné členenie sa skladá z 3 navzájom sa doplňujúcich úrovní, v ktorých sa prelínajú priestorové, časové, vecné, resp. prevádzkovo-organizačné aspekty.

- *celoplošný monitoring ŽP* je založený na relatívne stabilnom monitorovacom systéme pokrývajúcom územie SR zameranom na zisťovanie globálneho stavu ŽP SR ako celku a to na základe poznania stavu a vývoja jeho jednotlivých zložiek
- *regionálny monitoring ŽP* jedná sa o trvalý alebo časovo obmedzený, priestorovo ohraničený monitorovací systém zameraný na konkrétny región. Po stránke organizačnej, metodickej, ako aj z hľadiska využitia výsledkov je budovaný vo väzbe na celoplošný monitorovací systém.
- účelový monitoring ŽP predstavuje časovo ohraničený monitoring, zameraný na sledovanie významného javu, prvku alebo dopadov ľudskej aktivity na ŽP.

Zdroj: fcgpt.stuba.sk

3 ATMOSFÉRA

Slovo *atmosféra* pochádza z gréčtiny (atmos – para, sfaira – guľa) a predstavuje plynný obal Zeme. Chráni nás pred škodlivým kozmickým žiarením, škodlivým slnečným žiarením, slnečným vetrom a prebieha v nej tvorba počasia. Bez atmosféry by nemohol existovať život. Plyny tvoriace atmosféru sú udržiavané okolo Zeme gravitačnou silou.

3.1 Zloženie a vlastnosti ovzdušia

Ovzdušie je základnou zložkou biosféry, bez ktorej by nebola možná existencia jednotlivých foriem života na Zemi. Plyny, ktoré vytvárajú atmosféru sú udržiavané okolo Zeme gravitačnou silou.

Základnými prvkami ovzdušia sú dusík (78,1 %), kyslík (20,9 %), argón (0,9 %) a oxid uhličitý (0,033 %).

Vedľajšie zložky sú vzácne plyny (He, Kr, Ne, Xe), vodík, ozón, oxidy dusíka, amoniak, metán, jód.

Atmosféra zabezpečuje ochranu pred škodlivým kozmickým žiarením, škodlivým slnečným žiarením a slnečným vetrom. Nemá výraznú hornú hranicu, splýva s kozmickým priestorom a otáča sa spolu so Zemou. Je nevyhnutnou podmienkou pre život, keďže pretvára žiarivú energiu Slnka, reguluje rozdelenie vlahy a tepla a ovplyvňuje priestorové usporiadanie celej krajinnej sféry. Na základe závislosti teploty od výšky sa vzdušný obal Zeme delí na jednotlivé vrstvy: troposféru, stratosféru, mezosféru, termosféru a exosféru.

Troposféra (z gréckeho tropos - zmena) je najspodnejšou a zároveň najhustejšou časťou atmosféry, tvorí 80 % jej hmotnosti. Siaha do výšky 16 - 18 km nad rovníkom, 8 - 10 km nad pólmi a 11 km v miernom pásme. S výškou klesá teplota priemerne o 0,65 °C na 100 metrov. Teplota tejto vrstvy atmosféry sa pohybuje v rozpätí približne 17 až -52 °C. Zloženie troposféry je pomerne stále. Obsahuje približne 78 % dusíka, 20 % kyslíka, malé množstvá ďalších plynov a taktiež obsahuje prakticky všetky vodné pary. Troposféra je pre život najdôležitejšou vrstvou atmosféry, tvoria sa v nej oblaky a prebieha v nej väčšina javov súvisiacich s počasím.

Stratosféra (z latinského stratum - pokrývka) je druhá hlavná vrstva zemskej atmosféry po troposfére. Siaha do výšky 45 - 50 km nad zemou. Približne vo výške 20 - 30 km nad zemským povrchom obsahuje stratosféra ozón, ktorý je označovaný ako stratosferický ozón. Funguje ako filter, zachytáva škodlivé ultrafialové žiarenie a prepúšťa na Zem životodárne svetlo a teplo. Úplne absorbuje UV-C žiarenie, ktoré má smrtiace účinky pre živý organizmus a čiastočne

absorbuje krátkovlnné UV-B žiarenie (vlnová dĺžka 280 – 315 nm), ktoré je schopné vyvolať množstvo nepriaznivých efektov. Aj keď je ozón v stratosfére prírodne vytváraný a ničený konštantnou vyrovnanou rýchlosťou, ľudia postupne porušujú túto rovnováhu používaním látok spotrebujúcich ozón. Zvýšený prienik UV-B žiarenia cez ozónovú vrstvu zvyšuje riziko výskytu rakoviny kože, šedého zákalu a tiež prispieva k narušeniu imunitného systému. Okrem toho poškodzuje poľnohospodárske plodiny akými sú sója, fazuľa a spôsobuje narušenie potravinového reťazca v oceánoch.

Ozón sa vyskytuje taktiež v dolnej časti atmosféry ako troposférický ozón. Ozón v prízemnej atmosfére pôsobí škodlivo na živé organizmy. Troposférický ozón na rozdiel od stratosferického ozónu organizmy nechráni, ale naopak poškodzuje dýchacie orgány rastlín a živočíchov. V posledných desaťročiach dochádza k ubúdaniu „dobrého“ stratosferického a k pribúdaniu „zlého“ troposférického ozónu. Klimatizačné zariadenia, hasiace prístroje a chemikálie ako freón používané v chladničkách a mrazničkách sa môžu dostať až do stratosféry, kde dochádza k ich rozkladu a uvoľnené molekuly brómu a chlóru ničia „dobrý“ ozón. Jedna molekula chlóru alebo brómu môže zničiť až 100 000 ozónových molekúl a tak ozón v stratosfére mizne rýchlejšie, ako sa stihne prírodne doplniť. Explózie sopiek prispievajú len nepatrným množstvom chlóru do stratosféry, sú to približne 3 percentá z celkového množstva, zatiaľ čo ľudia prispievajú 82 %.

Mezosféra siaha do výšky asi 80 km. Táto vrstva atmosféry je charakterizovaná poklesom teploty až na -90 °C, čo predstavuje oblasť s najnižšou teplotou v celej atmosfére. Dôvodom poklesu teploty je extrémne riedky vzduch a skoro úplná absencia ozónu. Je potrebné tiež poznamenať, že v mezosfére sa teplota mení v závislosti od ročného obdobia. Hranicu vo vnútri mezosféry tvorí mezopauza. Prevažná časť meteoritov padajúcich k Zemi väčšinou zhorí v mezosfére.

Ionosféra predstavuje ionizovanú časť atmosféry, ktorá ovplyvňuje šírenie elektromagnetických signálov. Nachádza sa vo výške 80 až 600 km v oblasti mezosféry a termosféry, Skladá sa z neutrálneho plynu, iónov a elektrónov.

Termosféra zasahuje do výšky 690 km. Teplota so stúpajúcou výškou rastie. Vo výške okolo 300 km dosahuje až 1500 °C a vo väčších výškach sa už nemení. Termosféra má najmenšiu hustotu, obsahuje len 0,001 % hmoty celej atmosféry.

Exosféra sa niekedy ani nevyčleňuje ako samostatná vrstva, ale je priradená k termosfére. Predstavuje najvyššiu vrstvu atmosféry, nad 800 km nad zemským povrchom. V exosfére vznikajú podmienky pre únik častíc atmosféry do medziplanetárneho priestoru.

Dobsonova jednotka (DU) – je definovaná ako 0,01 mm silná vrstva ozónu, zhromaždeného zo stĺpca ozónu nad daným miestom pri zemskom povrchu za štandardných podmienok (teplota O °C a tlak 101,325 kPa).

3.2 Znečisťovanie (kontaminácia) ovzdušia

Znečisťovanie ovzdušia je stav, pri ktorom nachádzame v atmosfére také látky, ktoré do nej nepatria, ktoré v závislosti od ich koncentrácie a druhu môžu poškodiť živú a neživú časť prírody. Vlastné škodliviny (kontaminanty) sa nazývajú exhaláty – plynné, kvapalné a tuhé látky, ktoré pochádzajú z prirodzených alebo umelých zdrojov a ktoré menia prirodzené zloženie atmosférického vzduchu. Ovzdušie, ktorému ľudstvo skôr nevenovalo a ani nemuselo venovať väčšiu pozornosť sa dnes stáva akútnym a široko rozoberaným problémom. Ovzdušie totiž nie je nevyčerpateľné. Jeho znečistenie je z roka na rok citeľnejšie. Stále sa objavujú nové spôsoby a prostriedky jeho znečisťovania, ktoré pôsobia aj na samotných ich pôvodcov, ľudí, zvieratá ako aj na prírodu.

Znečisťujúca látka - akákoľvek látka vnášaná ľudskou činnosťou priamo alebo nepriamo do ovzdušia, ktorá má alebo môže mať škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie, okrem látky, ktorej vnášanie do životného prostredia je upravené osobitným predpisom.

Emisie - každé priame alebo nepriame vypustenie znečisťujúcej látky do ovzdušia.

Stacionárnym zdrojom znečisťovania ovzdušia je technologický celok, sklad alebo skládka palív, surovín a produktov, skládka odpadov, lom alebo iná plocha s možnosťou zaparenia, horenia alebo úletu znečisťujúcich látok alebo iná stavba, objekt, zariadenie a činnosť, ktorá znečisťuje alebo môže znečisťovať ovzdušie; vymedzený je ako súhrn všetkých zariadení a činností v rámci funkčného celku a priestorového celku.

Mobilný zdroj znečisťovania ovzdušia - pohyblivé zariadenie so spaľovacím motorom alebo iným hnacím motorom, ktorý znečisťuje ovzdušie.

Ovzdušie je znečisťované pri vypúšťaní rôznych látok do atmosféry alebo pri procesoch prebiehajúcich priamo v ovzduší. Atmosféra je pod zvyšujúcim sa tlakom skleníkových plynov, ktoré predstavujú zmenu klímy a pod tlakom chemikálií, ktoré znižujú ozónovú vrstvu. Znečisťujúce látky vrátane látok, ktoré zapríčiňujú kyslý dážď sú často premiestňované na dlhé vzdialenosti poškodzujúc tak pôdu a vodu. Znečisťovanie ovzdušia je vnášanie znečisťujúcich látok do atmosféry, ktoré buď priamo, po chemickej zmene alebo spolupôsobením s inou látkou

nepriaznivo ovplyvňujú životné prostredie. Poznáme rôzne zdroje znečistenia ovzdušia, a to antropogénne a prírodné medzi, ktoré patrí: spaľovanie fosílnych palív pri výrobe elektriny, v doprave, priemysle a domácnostiach, priemyselné procesy a používanie rozpúšťadiel, napríklad v chemickom priemysle a priemysle spracovania nerastných surovín, poľnohospodárstvo, spracovanie odpadu, sopečné erupcie, vetrom naviaty prach, spŕšky morskej soli a emisie prchavých organických zlúčenín z rastlín sú príkladmi prírodných zdrojov emisií. Pri širšom chápaní znečisťovania ovzdušia, do znečisťujúcich zložiek zahrňujeme i škodlivé elektromagnetické žiarenie, hluk, teplo atď.

Ovzdušie znečisťujú nasledovné ***anorganické látky***:

- produkty oxidácie síry (oxid siričitý, sírový, kyselina sírová, sírany) do ovzdušia sa dostávajú spaľovaním a spracovaním uhlia a ropy.
- produkty oxidácie dusíka (oxid dusíka, kyselina dusitá, dusičnany) do ovzdušia sa dostávajú ako produkty biologických procesov (bakteriálna činnosť), zo spaľovacích procesov v priemysle a doprave. Oxid uhoľnatý, vzniká pri spaľovacích procesoch kde je nedostatočný prívod kyslíka k horiacemu palivu (výfukové plyny motorových vozidiel a lietadiel, vykurovanie).

Antropogénne emisie: berílium (Be), kobalt (Co), antimón (Sb), selén (Se), vznikajú predovšetkým pri spaľovaní uhlia. Nikel (Ni) a vanád (V), prevládajú pri horení nafty, arzén (As), kadmium (Cd), meď (Cu) a zinok (Zn) sú emitované hlavne pri tavbe nekovových rúd. Chróm (Cr) a zinok (Zn) sú uvoľňované zo železiarní a oceliarní. Za zdravotne nebezpečné sa pokladajú inhalovateľné a respirabilné častice, ktoré sa dostávajú až do alveol. Ďalšie významné látky-prchavé organické látky (volatile organic compounds - VOC), polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU), polychlórované bifenyly (PCB), dioxíny sa v rámci cielených štúdií merajú výberovo. V prípade poškodzovania zdravia človeka, zvierat, živočíchov pôsobením znečisťujúcich látok je kladený dôraz hlavne na účinky všeobecne toxické, alergénne, karcinogénne, mutagénne, teratogénne.

Imisie sú látky, ktoré z ovzdušia pôsobia na pôdu, vodu, rastlinstvo, živočíšstvo a ľudstvo. Zloženie vzduchu a jeho vlastnosti sú premenlivé, preto sa mení i jeho vplyv na organizmus.

Niektoré faktory ovzdušia priaznivo dráždia organizmus, čím zvyšuje intenzitu fyziologických životných pochodov a vyvolávajú také podmienené reflexy v organizme, ktoré upevňujú zdravie a odolnosť, iné pôsobia iba škodlivo.

Znečisťovanie ovzdušia z hľadiska miesta vzniku:

- *primárne znečisťovanie* ovzdušia predstavuje únik škodlivín zo zdroja znečisťovania.
- *sekundárne znečisťovanie* ovzdušia predstavujú chemické zmeny niektorých látok, prebiehajúce pri šírení exhalátov v ovzduší.

Miera znečistenia ovzdušia je vyjadrená okamžitou alebo priemernou koncentráciou škodlivín na konkrétnom mieste a závisí tak od emisie škodlivín ako aj od procesov, ktorým sú tieto emisie v ovzduší podrobené. Táto miera je charakterizovaná zistenými imisiami škodlivín. Znečistené ovzdušie poškodzuje prostredie alebo jeho zložky, ohrozuje alebo poškodzuje organizmus človeka a zvierat a zaťažuje okolie zhoršením pohody prostredia zápachom, znížením viditeľnosti, atď.

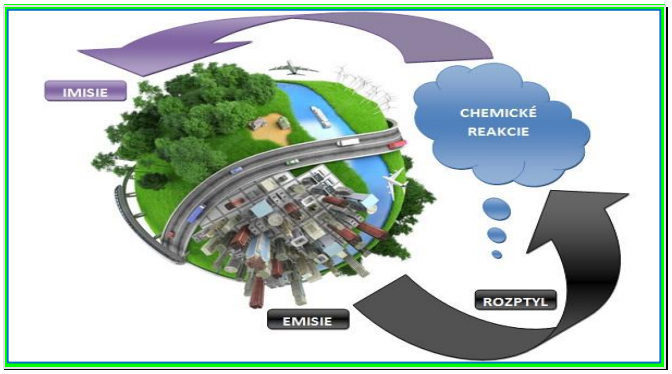
Znečisteného ovzdušia podľa rozsahu:

- *lokálne* vzťahuje sa na územie s plochou jednotiek až desiatok km^2 - jedná sa o znečistenie ovzdušia miest a priemyselných oblastí, zmeny sú vyvolané zmenami miestnych emisných a meteorologických podmienok), regionálne (znečistenie spodnej troposféry celých územných celkov, pri vyhodnocovaní regionálneho znečistenia ovzdušia je potrebné analyzovať dlhodobý vplyv a jeho následky na pôdu, vodu a citlivé ekosystémy).
- *globálne* znamená znečistenie voľnej atmosféry, zmeny zloženia atmosféry ako celku, najzávažnejšie znečisťujúce látky oxid uhličitý a drobné čiastočky tuhých a kvapalných látok.

3.2.1 Príčiny a rozsah znečisťovania ovzdušia

Hlavnou príčinou nárastu znečisťovania ovzdušia je zväčšovanie populácie a narastajúca životná úroveň vrátane požiadaviek na energiu. Globálne hospodárstvo, ktoré zabezpečuje požiadavky vyspelej spoločnosti, sa vyznačuje vzrastajúcou spotrebou kyslíka a vypúšťaním plynných, kvapalných a tuhých exhalátov (obr.3).

Obr. č. 3. Vzťah medzi znečisťovaním a znečistením ovzdušia



Zdroj: www.enviro.sk

Oxid uhličitý (CO_2***)*** prirodzeným zdrojom emisií oxidu uhličitého je dýchanie aeróbnych organizmov, zatiaľ čo procesom vedúcim k jeho prirodzenému úbytku je fotosyntéza zelených rastlín a procesom vedúcim k absorpcii sú oceány. Stredný čas zotrvania v atmosfére sa odhaduje na 2 – 4 roky. Celkový obsah CO_2 vzrastá, za posledných 100 rokov sa atmosférická koncentrácia CO_2 zvýšila približne o 10 %. Vzrast obsahu CO_2 v atmosfére zodpovedá za zväčšovanie sa skleníkového efektu.

Antropogénne zdroje sú predovšetkým spaľovacie procesy. Medzi ďalšie prírodné pochody emitujúce oxid uhličitý patria požiare a vulkanická činnosť. Oxid uhličitý je emitovaný všade tam, kde dochádza ku spaľovacím procesom uhlíkatých fosílnych palív (zemný plyn, ropné produkty, uhlie, koks). Zdrojom emisií je aj spaľovanie palív biologického pôvodu (biomasa, drevo, bionafta a bioplyn). Oxid uhličitý v atmosfére absorbuje infračervené žiarenie zemského povrchu a prispieva tak k vzniku skleníkového efektu a následne ku globálnemu otepľovaniu. Vo vyšších koncentráciách, v nedostatočne vetraných priestoroch, môže vykazovať toxické pôsobenie. Krátkodobá expozícia môže ihneď alebo s krátkym časovým oneskorením spôsobiť bolesť hlavy, závraty, dýchacie ťažkosti, zmätenosť. Vyššia expozícia môže spôsobiť kŕče, kómu až smrť. Niektoré vážnejšie prípady otráv môžu zanechať následky na mozgu, spôsobiť zmeny osobnosti a poškodenia zraku.

Oxid uhoľnatý **-** má nekontrolovateľný radiačný dopad na atmosféru v súvislosti so zvyšovaním koncentrácie metánu a zväčšovaním ozónovej diery. CO patrí k fotochemicky aktívnym plynom prispievajúcim nepriamo k skleníkovému efektu atmosféry. Je evidovaný ako prekurzor ozónu, pretože ovplyvňuje vznik a rozpad ozónu v troposfére. Odhady času zotrvania v atmosfére sa líšia, predpokladaná je doba v rozsahu od 0,1 až 0,3 roka, niektoré zdroje

uvádzajú 1 mesiac až 5 rokov a závisí to tiež od rýchlosti odstraňovania oxidu uhoľnatého z atmosféry. Hlavná časť CO vzniká v atmosfére pri oxidácii metánu, pri rozklade chlorofylu a pri fotooxidácii terpénov. Z prírodných zdrojov prispieva k celkovému množstvu CO vulkanická činnosť, lesné požiare a bakteriálna činnosť v oceánoch.

Antropogénnou činnosťou sa dostáva do ovzdušia od 350 - 600 miliónov ton CO za rok. K najvýznamnejším emisným zdrojom patrí nedokonalé spaľovanie, napr. v automobiloch, v priemysle, spaľovniach a teplárňach a nedokonalé horenie organických látok s obsahom uhlíka. Patrí k najrozšírenejším jedom. Pri vdychovaní sa absorbuje do pľúc a opätovne sa viaže na krvné farbivo, pričom vzniká karboxyhemoglobín. CO má 200 niektorá literatúra uvádza 240 až 300 krát väčšiu afinitu ku krvnému farbivu ako kyslík.

Uhľovodíky - najväčší podiel predstavuje metán pochádzajúci z prírodných zdrojov. Druhú najväčšiu skupinu predstavujú terpény pochádzajúce z prírodných zdrojov. Z ľudskej činnosti pochádza menej ako 5 % z celkového množstva, z toho spaľovanie prispieva 38,5 %, odparovanie rozpúšťadiel 11,3 %, odparovanie ropy a straty pri doprave 8,8 %, odpady z rafinérií 7,1 %. Z pohľadu znečistenia ovzdušia má najväčší význam spaľovanie uhľovodíkov. Keď sa uhľovodíky dostávajú do ovzdušia ako produkty spaľovacích procesov, reagujú so zložkami znečistenej atmosféry alebo podliehajú fotooxidácii resp. fotolýze. K najzávažnejším patria tie, ktoré tvoria fotoxidačný smog. Značné nebezpečenstvo vzhľadom na narušanie ozónovej vrstvy predstavujú freóny a halóny.

Oxid dusný- patrí k stabilným atmosférickým zložkám. Jediným zdrojom oxidu dusného sú prírodné procesy. V prepočte na dusík reprezentuje 97 % všetkých dusíkatých zlúčenín, ktoré sú prítomné v atmosfére, kde zotrvá približne štyri roky. Jeho väčšia časť sa vracia na zemský povrch, z toho asi 6 % difunduje do stratosféry, kde zaniká pri fotodisociácii. Z celkového množstva zreagovaného N_2O sa v atmosfére na N_2 zmení 98 % a 2 % sa zmenia na NO.

Oxid dusnatý-väčšina pochádza z prírodných zdrojov. Z antropogénnej činnosti prispievajú značnou mierou k emisiám NO spaľovacie procesy (emisie z energetiky, komunálnych zdrojov a dopravy). Čas zotrvania v atmosfére sa odhaduje približne na 4 dni. NO vzniká pri spaľovacích procesoch za dostatočne vysokých teplôt. Za rovnovážnych podmienok v prítomnosti kyslíka väčšina NO oxiduje na NO_2, pričom sa mení bezfarebný oxid dusnatý na farebný oxid dusičitý. V mezosfére a termosfére prebieha fotodisociácia oxidu dusnatého, ktorá prezentuje spôsob zániku NO vo vyšších vrstvách atmosféry. Značný význam pre znečistené ovzdušie mestských aglomerácií môže mať fotochemická konverzii NO na NO_2.

Oxid dusičitý- väčšina oxidu dusičitého vzniká priamo v znečistenej atmosfére oxidáciou NO. Podstatne menšie množstvo sa do ovzdušia dostáva z antropogénnych zdrojov. Odstraňovanie

NO_2 z atmosféry prebieha počnúc jeho oxidáciou a hydratáciou až po kyselinu dusičnú. Kyselina dusičná v znečistenej atmosfére môže ďalej reagovať za tvorby nitrátov, ktoré sa v konečnej fáze vymývajú dažďom. Z hľadiska znečistenia ovzdušia má najväčší význam fotolýza NO_2, ktorá môže iniciovať vznik fotochemického smogu. Vznik a čas trvania fotochemického smogu závisí od chemického zloženia znečistenej atmosféry, od intenzity a spektra slnečného žiarenia. Často vzniká za teplých slnečných dní v čase dopravnej špičky. V súčasnosti sa už v jednotlivých, najviach znečistených oblastiach (mestách) inštalujú merače NO_2 a to práve z dôvodu neustáleho monitoringu množstva prítomného smogu.

Amoniak- najväčšie množstvá amoniaku sa dostávajú do ovzdušia pri biologickom rozklade organickej hmoty a pri redukcii dusitanov resp. dusičnanov. K antropogénnym zdrojom patrí chemický priemysel najmä výroba priemyselných hnojív a močoviny, priemyselné odpady. Plynný amoniak reaguje v atmosfére s kyselinou sírovou resp. dusičnou za vzniku síranov alebo dusičnanov. Samočistiace procesy prebiehajúce v atmosfére ako sedimentácia, vymývanie dažďovými kvapkami umožňuje odstránenie vzniknutých soli z ovzdušia. Čas zotrvania v atmosfére sa odhaduje približne na sedem dní.

Oxid siričitý-patrí k typickým a najčastejším zložkám emisií. Najväčšie množstvá vznikajú pri spaľovaní fosílnych palív. Prírodné zdroje sa podieľajú v menšej miere na celkových emisiách SO_2 (emisie z vulkanickej činnosti).

Oxid sírový-vzniká pri spaľovaní fosílnych palív. Malé množstvá sa dostávajú do ovzdušia pri výrobe kyseliny sírovej, fosforečných hnojív, pri galvanickom pokovovaní. V ovzduší SO_3 okamžite reaguje s H_2O za vzniku kyseliny sírovej. Obsah kyseliny sírovej rastie so stúpajúcou koncentráciou SO_2 až do určitej kritickej hodnoty, od ktorej s ďalším vzrastom SO_2 nastáva jeho pokles.

Sulfán-hlavným globálnym zdrojom emisií sulfánu sú prírodné procesy ako vulkanická činnosť a biologické procesy rozkladu látok. Antropogénna činnosť prispieva k týmto zdrojom len minimálne a to pri procesoch spracovania ropy, uhlia, celulózy a pri výrobe papiera. V ovzduší sa sulfán postupne mení vďaka oxidačným účinkom vzdušného kyslíka za prispievania slnečného žiarenia a vďaka hydrolytickým reakciám s atmosferickou vlhkosťou za vzniku kyseliny sírovej. V prípade, že sa spolu so sulfánom dostávajú do ovzdušia aj ďalšie škodliviny, rozširuje sa počet možných reakcií o kombinácie s primárnymi a sekundárnymi vzniknutými znečisteninami.

3.2.2 Zdroje znečisťovania ovzdušia

Zdroj je miesto alebo zariadenie, v ktorom sa vytvárajú do ovzdušia unikajú cudzorodé látky. Rozoznávame prírodné zdroje (sopky, veterné búrky, rastlinstvo-peľ, semená) a zdroje umelé, bodové (komíny) a plošné (areály závodov, haldy, devastované územie bez zelene).

Energetika je najväčší zo znečisťovateľov ovzdušia sídlisk - výroba tepelnej a elektrickej energie (teplárne, tepelné elektrárne, individuálne kúrenie). Spaľovaním fosílnych palív sa prostredníctvom dymových plynov dostáva do ovzdušia množstvo toxikologicky významných škodlivín. Pri dokonalom spaľovaní vznikajú oxidačné procesy ktorých výsledkom je CO_2 z oxidácie uhlíka, hlavnej zložky každého paliva, oxidy dusíka z priamej syntézy O_2 a N_2 a SO_2 zo spálenej síry v palive. SO_2 sa môže s O_2 zlučovať na SO_3 a pri prítomnosti kondenzovanej vody na H_2SO_4. Pri nedokonalom spaľovaní, kedy je nedostatok O_2 prebiehajú redukčné procesy (tvorba nižších oxidačných stupňov uhlíka - CO, sadzí, uhľovodíkov, produktov redukcie vody – H_2, produktov redukcie dusíka – NH_3 a sírnych zlúčenín – H_2S. Vznik produktov karbonizačných a pyrolytických – organické zlúčeniny, najmä dechty. Dechty obsahujú zložku uhľovodíkovú (benzén, toluén, xylén a pod.), kyslíkatú (fenoly), dusíkatú (pyridín, chinolín, akridín) a sírnu (tiofény, merkaptány). Pyrolytickými reakciami z nasýtených a nenasýtených uhľovodíkov tvorba karcinogénnych polycyklické aromatických uhľovodíkov (PAU). Popolček – jemná frakcia nespáliteľného paliva, obsahuje zlúčeniny kovov. Prítomnosť As, Pb, Cu, Zn, B, Sn, Mo, Ge, Ni.

Priemysel - priemyslom preteká pestrá paleta rozmanitých chemických látok, závisí od jednotlivých výrobných procesov:

- metalurgický priemysel (huty, vysoké pece, úpravovne rúd, prevádzky železiarskeho a oceliarskeho priemyslu),
- tuhé a plynné škodliviny (SO_2, oxidy železa a iných kovov. napr. pri výrobe hliníka – zlúčeniny fluóru),
- chemický priemysel (plynné emisie -SO_2, SO_3, NOx, H_2S, CS_2, Cl_2, HCl, F_2 a iné),
- rafinérie minerálnych olejov (uvoľnujú uhľovodíky, SO_2, H_2S a pod.),
- priemysel stavebných látok (pôsobí tuhými emisiami - cementársky, magnezitársky prach a podobne).

Poľnohospodárstvo a neupravený zemský povrch - používanie agrochemikálií, NOx, metán, exkrementy veľkých počtov zvierat.

Automobilová a letecká doprava - znečisťuje ovzdušie výfukovými plynmi, produkovanými (zážihovými) benzínovými a (vznetovými)- naftovými a dieselovými motormi. Pri nedokonalom spaľovaní vznikajú zlúčeniny v nižších oxidačných stupňoch uhlíka od CO,

sadze, čiastočne naoxidované uhľovodíky a polynukleárne aromatické uhľovodíky (PAU), najmä benzpyrén. Vzniká tiež vo forme halogenidov.

3.2.3 Dôsledky znečisťovania ovzdušia

Poškodenie ozónovej vrstvy (označované ako ozónova diera), predstavuje oblasť najmä nad Arktídou a Antarktídou so zníženou koncentráciou ozónu v dôsledku antropogénneho znečistenia. V ozónosfére prebieha neustály kolobeh vzniku a zániku ozónu. Za prítomnosti slnečného žiarenia tu dochádza k fotochemickým procesom, ktorých výsledkom je vyššia koncentrácia ozónu. Pre život na Zemi je najdôležitejší fakt, že pri týchto procesoch dochádza k zachytávaniu väčšiny ultrafialového žiarenia a viditeľné svetlo je prepúšťané na zemský povrch.

Ozón je plyn, ktorý je vo vyššej koncentrácii jedovatý. V troposfére, kde žijeme, je preto nežiadúci, ale v stratosfére je pre život nevyhnutný, keďže pohlcuje nebezpečné UV žiarenie. Od roku 1970 pozorujeme stenčovanie sa ozónovej vrstvy v oblasti celej zemegule. Je to spôsobené civilizačnými vplyvmi. V súčasnosti poznáme viac ako 200 chemických reakcií procesu rozkladu ozónu. V závislosti na tom, v ktorých častiach atmosféry sa ozón nachádza môže mať pozitívnu alebo negatívnu úlohu.

Troposférický ozón - ozón nachádzajúci sa v dolnej časti atmosféry, ktorý pôsobí škodlivo na živé organizmy. Na rozdiel od stratosférického ozónu, jeho koncentrácia v troposfére rastie. Nadmerné množstvo ozónu v troposfére je rovnako škodlivé ako jeho nedostatok v stratosfére. Troposférický ozón môže byť pôvodu stratosférického, alebo vzniká komplexom fotochemických reakcií uhľovodíkov, oxidu uhoľnatého a oxidov dusíka.

Stratosferický ozón - ozón nachádzajúci sa v stratosfére bráni prenikaniu škodlivého krátkovlnného UV-B žiarenia o vlnovej dĺžke 280 - 315 nm. Dôsledkom fotochemických reakcií v stratosfére je vedľa vzniku a rozpadu ozónu nielen podstatné zoslabenie toku dopadajúceho slnečného ultrafialového žiarenia, ale i prenos (absorbcia) energie, a tým i nárast teploty v príslušných vrstvách atmosféry. V dôsledku ľudskej činnosti sa dostávajú do atmosféry látky, ktorých množstvo niekoľkonásobne presahuje normálnu hodnotu výskytu v atmosfére. Tým dochádza k ubúdaniu ozónu v ozonosfére a k narušovaniu prirodzenej štruktúry atmosféry, ktorá prepúšťa oveľa viac UV-žiarenia o vlnových dĺžkach, ktoré nepriaznivo pôsobia na živé organizmy. Vrstva stratosferického ozónu je v zvyšujúcej sa miere narušovaná pôsobením chlórofluórovodíkov - freónov. Freóny boli vyvinuté v 30-tych rokoch, majú veľmi široké použitie, sú nehorľavé, nejedovaté, bez zápachu, lacné a sú ľahšie ako vzduch. Pôsobením UV-žiarenia uvoľňujú atómy halových prvkov (chlór, bróm), čím

premieňajú ozón na molekuly kyslíka, ktoré nepohlcujú UV. Úbytok ozónu v stratosfére umožňuje prienik ultrafialových lúčov na Zem. Negatívne účinky na živé organizmy zahŕňajú rakovinu kože, očné choroby, oslabenie imunitného system a iné. Ultrafialové lúče nepoškodzujú len živé organizmy, ale prispievajú aj k zhoršovaniu kvality plastov, dreva, papiera a bavlny. Množstvo troposférického ako aj stratosférického ozónu závisí od rovnováhy medzi procesmi, pri ktorých je ozón produkovaný a procesmi, pri ktorých je ozón v atmosfére likvidovaný. V poslednej štvrtine 20. storočia, bolo zistené, že práve stratosférický ozón ubúda a naopak troposferický ozón pribúda. Aj keď je ozón v stratosfére prirodzene vytváraný a ničený konštantnou vyrovnanou rýchlosťou, ľudia postupne narušujú túto rovnováhu používaním látok spotrebúvajúcich ozón.

Kyslý dážď je dôsledkom silného znečistenia ovzdušia, kedy nečistoty absorbované vzdušnou vlhkosťou sa prostredníctvom zrážok dostávajú späť na zem. Dažďová voda s hodnotou pH 5,0 až 5,6 je mierne kyslá, pretože vo vzduchu sa nachádza oxid uhličitý, ktorý je absorbovaný vzdušnou vlhkosťou. Za kyslý dážď sa považuje dažďová voda s hodnotou pH od 2,0 do 5,0. *Vznik kyslých dažďov* je spôsobený predovšetkým elektrárňami spaľujúcimi uhlie a ropu, metalurgickými závodmi, chemickým priemyslom ako aj dopravou. Oxidy síry a dusíka, vypúšťané týmito zdrojmi sa zlučujú so vzdušnou vlhkosťou za vzniku kyseliny sírovej a dusičnej. Tieto dažde majú negatívny vplyv na flóru i faunu. Zabíjajú ryby v jazerách a to hromadne. Kyslé dažde ohrozujú: rastlinstvo, lesy (zdravé ihličnaté stromy strácajú svoje ihličie po 6 - 8 rokoch, choré už po 2 - 3 rokoch, na poškodenom ihličnatom strome zostáva len najmladšie ihličie, korene rastlín ľahšie vstrebávajú toxické kovy v kyslom prostredí), baktérie, červy, hmyz a iné živočíchy, ktoré spracúvajú v zdravej pôde rastlinné zvyšky (takto sa pôda obohacuje o látky, ktoré sú životne dôležité pre rastlinstvo. Ak je však pôda kyslým dažďom prekyslená, živočíchy v nej nedokážu žiť. Odumreté rastlinné zvyšky zostávajú ležať na zemi a nevytvárajú sa žiadne živiny pre živočíchy. Potravinový reťazec sa pretrhne. Účinkom kyslých zložiek dažďa sa z pôdy vylúhujú a strácajú niektoré výživné látky, ako napríklad vápnik, mangán, sodík, draslík), podzemné a povrchové vody (okyslená voda má negatívny vplyv na vodné živočíchy a na vodné rastliny. V týchto podmienkach postupne vymiera fytoplanktón, znížením jeho množstva sa dostáva svetlo hlbšie do vody. Preto je aj voda postihnutých jazier až neprirodzene priehľadná, čistá. Dnes napríklad len vo Švédsku zo 100 000 jazier je 20 000 mŕtvych, bez života), kyslé dažde poškodzujú budovy, umelecké a kultúrne pamiatky (nie všetky locality reagujú na kyslý dážď rovnako. Závisí to od chemického zloženia pôdy a vody. Niektoré miesta, akými sú lokality s alkalickou pôdou znesú veľké dávky kyslého dažďa bez výraznej zmeny celkového pH prostredia).

Kyslé aerosoly škodlivo pôsobia aj na človeka tým, že sa dostávajú do dýchacích ciest, dráždia sliznicu a tak uľahčujú vstup infekciám do pľúc.

Smog "priemyselná hmla" chemické znečistenie atmosféry spôsobené ľudskou činnosťou, koncentráciou výparov, prachu, odpadových produktov nad priemyselnými oblasťami a závisí od počasia.

Skleníkový efekt je označenie javu spočívajúceho v ohriatí nižších vrstiev atmosféry v dôsledku toho, že atmosféra cez deň prepúšťa krátkovlnné slnečné žiarenie k zemskému povrchu a v noci pomerne efektívne pohlcuje dlhovlnné žiarenie Zeme a otepľuje sa. Tepelné žiarenie s väčšou vlnovou dĺžkou, ktoré je spätne vyžarované z povrchu planéty, Zem účinne absorbuje čím bráni jeho okamžitému úniku do vesmírneho priestoru. Antropogénny skleníkový efekt je spôsobený spaľovaním fosílnych palív, výrubom lesov, globálnymi zmenami krajiny a prispieva ku globálnemu otepľovaniu. K skleníkovým plynom, ktorý má momentálne najväčší účinok na klímu, patrí oxid uhličitý. V atmosfére sa vyskytoval prirodzene. Od roku 1850 až po súčasnosť sa jeho koncentrácia zvýšila o 27 %. Uvoľňuje sa pri spaľovaní fosílnych palív a jeho množstvo narastá i vďaka masívnemu odlesňovaniu. Časť je absorbovaná oceánmi a značná časť lesným porastom. Ďalším výrazným skleníkovým plynom je ***metán***. V atmosfére sa vyskytuje prirodzene tak ako oxid uhličitý. Produkujú ho anaeróbne baktérie v tráviacom trakte prežúvavcov, je produkovaný pri rozklade organickej hmoty. Uvoľňuje sa z podpovrchových skládok, do atmosféry sa dostáva aj unikaním z plynovodov.

Oxid dusný je prirodzene sa vyskytujúci skleníkový plyn. Jeho prítomnosť sa zvyšuje používaním dusíkatých hnojív a spaľovaním fosílnych palív.

Freóny majú antropogénny pôvod. Nachádzajú sa v chladiarenských plynoch a sú súčasťou hnacích plynov. Narúšajú ozónovú vrstvu. V súčasnosti pridávame do atmosféry takmer 10 miliárd ton uhlíka ročne. Biosféra nie je schopná takéto množstvo vrátiť naspäť do podzemných rezervoárov ako fosílie a ani svetový oceán nedokáže takéto množstvo uhlíka odčerpať, z dôvodu obmedzení fyzikálnych a chemických procesov. To je hlavná príčina, že koncentrácia CO_2, ale aj CH_4 rastie v atmosfére paralelne s objemom spotreby fosílneho uhlíka rôznymi antropogénnymi aktivitami.

Dusík je zdravotne indiferentnou súčasťou vzduchu.

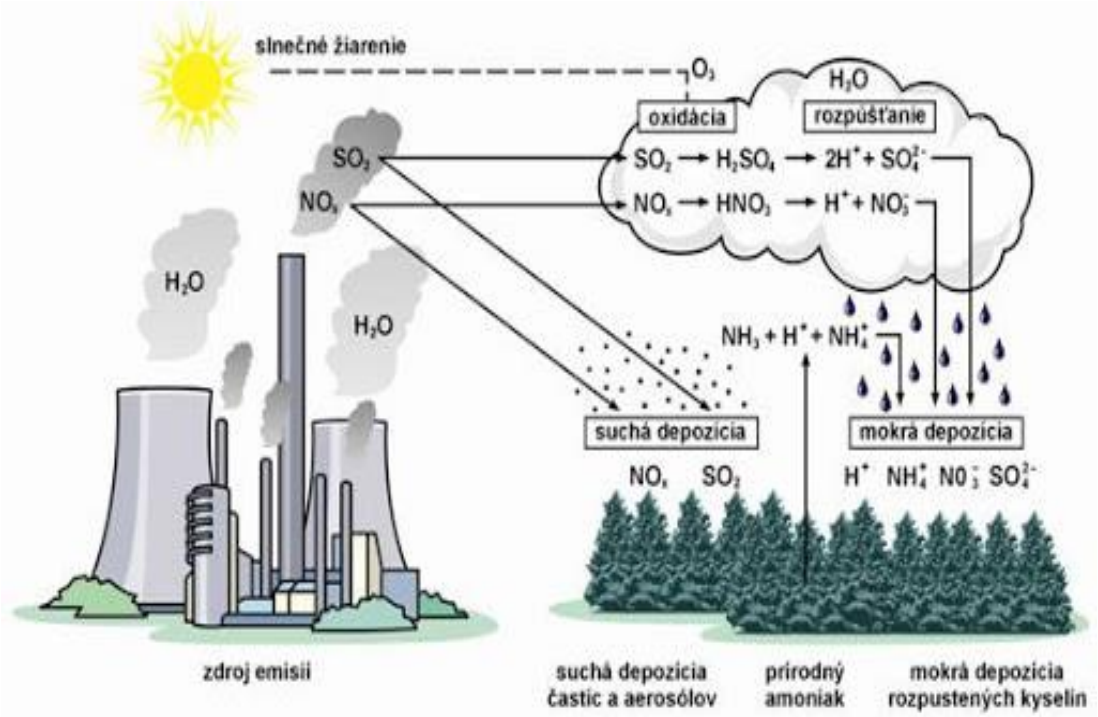
Kyslík je najdôležitejšiou zložkou vzduchu, čo vyplýva z jeho úlohy pri fyziológii dýchania. Ľudský organizmus je značne odolný na výkyvy v množstve kyslíka. Ozón pre nepatrnú koncentráciu za prirodzených podmienok nemá praktický význam. Vo vysokých koncentráciách je však škodlivý až nebezpečný.

Oxid uhoľnatý je neprirodzenou prímesou vo vzduchu. Jeho hygienický význam spočíva predovšetkým v nebezpečenstve otrav. Nebezpečný je najmä z dôvodu, že ho nie je cítiť.

Oxid siričitý vzniká spaľovaním síry, a účinkuje dráždivo až prudko jedovato.

Amoniak sa vyskytuje v atmosfére len v stopových množstvách. Je škodlivý až v koncentrácii 0,5 %, ktorú prakticky ani nedosahuje. Zápachové látky vznikajú v uzavretej atmosfére antropogénnou a zvieracie činnosťou. Ďalšie prímesi vo vzduchu sú napr. ortuťové, a benzínové pary, kyanovodík.

Obr. 4 Riizikové faktory znečisťovania ovzdušia



Zdoj:http://trilobit.fai.utb.cz/rizikove-faktory-znecistovania-ovzdusia-a-ich-dopad-na-ludske-zdravie

Slovenská republika patrí ku krajinám s najväčším regionálnym znečistením ovzdušia a kyslosťou zrážkových vôd v Európe. Územia dlhodobo najviac postihnuté (znečistenie ovzdušia vysokou koncentráciou znečisťujúcich látok, trvaním, frekvenciou výskytu alebo spoločným účinkom viacerých znečisťujúcich látok) boli vyhlásené za ohrozené oblasti. V roku 2003 bola ich výmera 4980 km2 - 10,2 % rozlohy Slovenska, s počtom 1,81 mil. obyvateľov - čo predstavuje 33,62 % obyvateľov. Doposiaľ bolo vyhlásených 8 najviac

zaťažených oblastí v rámci Slovenskej republiky (Bratislavská, Dolnopovažská, Ponitrianska, Pohronská, Jelšavsko - Lubenícka, Rudniansko -Gelnická, Košicko - Prešovská a Zemplínska) (tab.3), v ktorých sa pravidelne sleduje imisná situácia a vyhodnocuje sa tzv. ***index znečistenia ovzdušia*** (Ministerstvo výstavby a regionálneho rozvoja).

Tab. 2 Prehľad najviac znečistených oblastí v SR

Prehľad najviac znečistených oblastí v SR
oblasť Bratislavy – Slovnaft, Istrochem, Matador (SO_2, No_x, H_2S, CS_2)
oblasť Hornej Nitry – Elektráreň Nováky, Chem.závody (SO_2, NO_x, vinylchlorid, arzén)
oblasť Žiar n/Hronom – Závody SNP (SO_2, NO_x, prach, fluór)
oblasť Jelšava, Chanava, Ľubeník – Magnezitové závody
oblasť Košíc – US Steel (SO_2, NO_x, prach, ťažké kovy)
oblasť Stredný Spiš – spracovanie medi (ťažké kovy)
oblasť Dolná Orava – Ferozliatinové závody (SO_2, NO_x,ťažké kovy)

Zdroj: Cimboláková, 2013

Košická oblasť – krátky prehľad znečistenia

Zahŕňa mesto Košice, kde najväčším producentom exhalátov je tepláreň a bývalé VSŽ Holding, a.s., ktoré v roku 1997 vypustili do ovzdušia vyše 10 tis. ton tuhých znečisťujúcich látok (TZL), 15 tis. ton SO2, 13 tis. ton NOx a až 84 tis. ton CO. Ostatné exhalačné zdroje (Spaľovňa odpadov, Cementáreň v Turni) sú len malými producentmi znečistenín.

Moldavskou nížinou preteká rieka Bodva, ktorá nepatrí k silne znečisteným, iba množstvo koliformných baktérií naďalej spôsobuje jej zaradenie do V, triedy čistoty, i keď v porovnaní s predchádzajúcim obdobím došlo k ich zníženiu. Hlavný tok územia, rieka Hornád v uvedenej oblasti je silne zaťažená priemyselnými a splaškovými odpadovými vodami mesta Košice. Koliformné baktérie opäť spôsobili zaradenie toku do V. triedy čistoty. Koncentrácia ortuti sa pohybuje v rozpätí III. – V. triedy čistoty, ich pôvod môže byť až z Rudňan. Výraznými znečisťovateľmi povrchových vôd boli Východoslovenské vodárne a kanalizácie (VvaK) š.p. Košice, VSŽ Holding a.s. Košice. Tepelná energetika Košice, Chemika Družstevná pri Hornáde a nevyhovujúce čistenie odpadových vôd zo sídiel.

Na pôdach v imisnom poli bývalých VSŽ sa prejavuje okysľovanie, čo si vyžaduje sústavné vápnenie. Zneškodňovanie tuhých komunálnych odpadov košickej ohrozenej oblasti je v súčasnosti realizované spaľovaním a skládkovaním. Najväčším producentom celej rady odpadov (ostatný, zvláštny, nebezpečný) boli bývalé VSŽ a.s. Košice. Priemyselný odpad je rôznej konzistencie a fyzikálno-chemických vlastností, prevláda(l) odpad z hutníckej a strojárenskej výroby.

3.3 Monitoring ovzdušia na území Slovenskej republiky

Monitorovanie ovzdušia na území Slovenskej republiky je pokryté komplexným monitorovacím systémom, založeným na systematickom, pravidelnom a stálom sledovaní rozhodujúcich charakteristík životného prostredia, tzv. čiastkových monitorovacích systémov (ČMS). Na ochranu a kontrolu ovzdušia sa využíva čiastkový systém monitorovania „Ovzdušie“. Právne predpisy, ktoré sa týkajú ochrany ovzdušia v súčasnosti zahŕňa **Zákon č. 137/2010 Z. z.** o ovzduší.

Obr: 5 Monitorvanie čistoty ovzdušia

Zdroj: https://www.pcrevue.sk/a/Monitorovanie-cistoty-ovzdusia

Prehľad najviac zaťažených oblastí a prítomných kontaminantov - tabuľka č.3.

Tab.3 Zaťažené oblasti v SR a ich kontaminanty

Zaťažené oblasti V SR	**Rozloha (km)^2**	
Bratislavská	488	SO2, Nox, CS2, F, Pb, Cd, As
Dolnopovažská	1261	SO2, Nox, Ni, Cr, prach, popolček
Ponitrianska	450	SO2, Nox, Pb, Cu, popolček s obsahom As, Cd
Pohronská	203	SO2, Nox, F, popolčeky
Jelšavsko-Lubenícka	137	Mg, prach, SO2, Nox, Mn, As, Cd, Hg, popolček
Rudniansko-Gelnická	357	Hg, Cu, Pb, As, Zn, Cd, SO2, Nox
Košicko-Prešovská	1044	SO2, Nox, Mg, Fe, Mn, Cr
Zemplínska	1044	SO2, Nox, F, NH3, organické polutanty

Zdroj: Cimboláková, 2013

Cieľom monitorovania kvality ovzdušia - vytvorenie uceleného systému merania, spracovania a distribúcie údajov o kvalite ovzdušia. Sieť automatických monitorovacích staníc zabezpečuje potrebné informácie.pre:

prijatie opatrení súvisiacich s reguláciou zdrojov na ochranu ovzdušia pri smogových situáciách,

- vypracovanie zámerov na zlepšenie súčasného stavu životného prostredia,
- obyvateľstvo - informovanosť o úrovni znečistenia ovzdušia,
- orgány a organizácie,
- kontrolné orgány

Celoplošný monitorovací systém SR s čiastkovými monitorovacími systémami (tab.4).

Tab.4 Monitorovací systém SR

ČSM	**GARANT**	**STREDISKO**
ovzdušie, voda, rádioaktivita, meteorológia a klimaktológia	MŽP SR	Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
Pôda	MŽP SR	Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava
Biota	MŽP SR	Štátna ochrana prírody Banská Bystrica
Lesy	MP SR	Lesnícky výskumný ústav Zvolen
Geologické faktory	MŽP SR	Štátny geologický ústav Dioníza Štúra Bratislava
Oodpady	MŽP SR	Slovenská agentúra ŽP Banská Bystrica
Cudzorodé látky v potravinách a krmivách	MP SR	Výskumný ústav potravinársky Bratislava

Zdroj: Cimboláková, 2013

4 HYDROSFÉRA

Tento pojem (pochádzajúci z gréckeho hydro – voda) zahŕňa všetko vodstvo ako na povrchu, pod povrchom a nad povrchom. Nachádza sa v stave kvapalnom, tuhom (ľad) a plynnom (para). Voda, ktorá je viazaná v mineráloch, živých organizmoch alebo v rastlinách sa do hydrosféry sa nezahŕňa.

Voda sa vyskytuje v rôznych skupenstvách a vytvára nesúvislý vodný obal Zeme (hydrosféru). Patrí sem voda oceánov, morí, povrchové vody, v širšom zmysle aj pôdna a podzemná voda, voda viazaná v ľadovcoch a v snehu, atmosférická voda ako aj voda v živých organizmoch. látkou na Zemi a pre živočíchy je priamo životným prostredím. Je hlavým prostriedkom pre transport živín, ich prijímanie a vylučovanie. Na Zemi zaberá asi 2/3 celkového jej povrchu (pitná voda predstavuje asi 1% z celkového množstva vody; 97 % slaná voda obsiahnutá v moriach a oceánoch; 2 % voda viazaná v ľadovcoch). Celkový objem vôd je asi 1 385 miliárd km^3. Pôvod a vývoj hydrosféry je úzko spätý s vývojom ostatných častí Zeme. Medzi litosférou, atmosférou a hydrosférou dochádza k neustálej výmene vody spôsobujúcej zmeny chemického a izotopového zloženia vôd. Nepretržitá cirkulácia vody je vyvolaná slnečnou energiou ako aj zemskou gravitáciou. Veľký obeh vody sa uskutočňuje medzi oceánom a pevninou a malý obeh vody vzniká nad oceánmi.

V jednotlivých fázach obehu prebieha zložitá premena vody.

4.1 Význam, funkcia a vlastnosti vody

Zdravie populácie ako univerzálna hodnota a primárne ľudské právo predstavuje základný ekonomický zdroj nielen jedinca, ale aj pre celú spoločnosť. V posledných rokoch sa hromadia informácie varujúce pred katastrofálnymi účinkami bezohľadnej priemyselnej devastácia prírodného bohatstva, vodných zdrojov a zásahov do ekologickej rovnováhy flóry a fauny. Voda predstavuje nenahraditeľnú zložku životného prostredia človeka ako aj všetkých rastlinných a živočíšnych systémov a tvorí základnú podmienku života na Zemi. Je dôležitým predpokladom pre existenciu všetkého živého na Zemi.

Význam vody pre človeka a životné prostredie bol výstižne definovaný v 12 bodoch Európskej charty o vode, ktorá bola vyhlásená Európskou radou 6.5.1948 v Štrasburgu: Charta o vode vyzdvihuje nevyhnutnosť zachovávať dostatočné množstvo vody pre budúce generácie a skutočnosť, že voda nepozná štátne hranice. Preto neustále rastúce problémy s vodou vyžadujú medzinárodnú spoluprácu. Podľa údajov OSN (Organizácia spojených národov)

zabíja znečistená voda viac ľudí ako vojny. Až 2 miliardy ton znečisteného odpadu sa denne vypustí do vôd na celom svete. Na našej planéte každoročne zomiera v rozvojových krajinách na dehydratáciu okolo 2 miliónov ľudí, pričom asi každý piaty človek nemá prístup k pitnej vode. Denne umiera viac než 3000 detí mladších ako 5 rokov na hnačku, úplavicu, dehydratáciu a choleru. Podľa OSN prístup k pitnej vode nemá približne 783 miliónov obyvateľov Zeme a asi 2,5 miliárd nepozná sanitárne systémy, pričom kvalita zdrojov vody je každoročne horšia.

Funkcia vody:

- *biologická funkcia* podmieňuje život organizmov od mikroorganizmov po vyššie živočíchy až človeka, zabezpečuje výživu ľudstva, pre niektoré živočíšne druhy je voda životným prostredím, zúčastňuje sa pri fotosyntéze, je súčasťou zložiek v bunke ako aj regulátor tepelných vlastností
- zdravotná funkcia podmieňuje kvalitu života, zabezpečuje hygienu, udržiava zdravie, zahŕňa liečivé vlastnosti mineralizovaných a inak obohatených vôd
- hospodárska funkcia je uplatňovaná v poľnohospodárskom priemysle
- esteticko-kultúrna funkcia -kúpele, vodné plochy plnia príslušnú funkciu
- politická funkcia – vodné toky tvoria hranice medzi štátmi.

Vlastnosti vody

Fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti vody vyplývajú z jej štruktúry a chemického zloženia. Z fyzikálneho a chemického hľadiska je voda veľmi komplikovanou zlúčeninou vyznačujúca sa množstvom špeciálnych chemicko – fyzikálnych vlastností, ktoré vyplývajú z elektrónovej štruktúry jej molekúl. Vlastnosti vody delíme na chemické, fyzikálne, mikrobiologické a senzorické.

Chemické vlastnosti vody

Voda obsahuje celý rad chemických látok, pričom niektoré sa vyskytujú iba v nepatrnom množstve a sú žiaduce (uhličitany); iné by mali byť prítomné len v obmedzenom množstve, pretože by mohli zmeniť farebné a zákalové vlastnosti vody (železo, chlór) a existuje tiež skupina látok vo vode nežiaduca, ktorá svedčí o znečistení vody dusíkatými látkami (amoniak, dusitany, dusičnany, fosforečnany, chloridy organického pôvodu atď.) Chemické vlastnosti vody sú dané obsahom rozpustených látok vo vode. Hlavné anorganické súčasti prírodných vôd sú vápnik, horčík a sodík, ktoré sú prítomné väčšinou ako katióny, ako anióny sú prítomné

hydrogénuhličitany, sírany a chloridy. V prírodných vodách sú v malých koncentráciách zastúpené draslík, železo, mangán a v stopových koncentráciách množstvo iných kovov, ktorými sa voda obohacuje pri kontakte s pôdou rôznymi minerálmi a horninami. Z chemického hľadiska rozdeľujeme látky nachádzajúce sa vo vodách na anorganické a organické. Z fyzikálneho hľadiska môžu byť tieto látky prítomné ako iónovo rozpustené (elektrolyty), neiónovo rozpustené (neelektrolyty) alebo ako nerozpustené (neusaditeľné, usaditeľné a vznášavé).

Amoniakálny dusík je indikátorom znečistenia vodného zdroja organickými látkami. Prítomnosť amoniaku je dôkazom čerstvých rozkladných pochodov. Činnosťou mikroorganizmov sa z dusíkatých organických látok uvoľňuje amoniak. Jeho význam spočíva jednak v škodlivosti účinku na zdravotný stav zvierat, ale hlavne indikuje bezprostredné znečistenie vody organickými látkami (močovka, féces). Koncentrácia amoniakálneho dusíka v povrchových vodách je sledovaná najmä v súvislosti s vplyvom na vodnú faunu a s procesom eutrofizácie. Amoniakálny dusík je totiž príčinou hromadného rozmnožovania rias a siníc, a to najmä v stojatých vodách. V závislosti na pH sa u amoniaku mení zastúpenie disociovanej (NH_4^+) a nedisociovanej formy (NH_3). V kyslej oblasti prevláda NH_4^+ ión a v alkalickej zase NH_3, ktorý je toxický pre ryby už vo veľmi nízkych koncentráciách, nižších než 1 mg/l.

Dusičnany sú konečným produktom mineralizácie organicky viazaného dusíka, ako dôkaz znečistenia vody staršími organickými látkami. Ich hladina môže v niektorých prípadoch v povrchových vodách ale i v studniach prevyšovať hygienické normy čo v konečnom dôsledku predstavuje riziko pre ľudské zdravie.

V gastrointestinálnom trakte sa redukujú na toxickejšie dusitany činnosťou baktérií, ktoré reagujú s hemoglobínom za vzniku methemoglobínu. Ten nemá schopnosť v krvi prenášať kyslík z pľúc do tkanív. Hlavný zdroj dusičnanov v povrchových vodách predstavujú plošné zdroje znečistenia - splašky z poľnohospodársky využívaných plôch na ktorých sú aplikované prírodné, či umelé dusíkaté hnojivá. Práve hnojivá na báze dusičnanov predstavujú hlavné riziko. Sú totiž ľahko rozpustné vo vode, neviažu sa na absorpčný komplex pôdy a infiltráciou prenikajú do podzemnej vody.

Dusitany sa vyskytujú vo všetkých typoch vôd. Sú výsledkom oxidoredukčných procesov. Môžu byť výsledkom nitrifikácie, ako medzistupeň transformácie amoniakálneho dusíka na dusičnany, alebo naopak výsledkom denitrifikácie dusičnanov. Spolu s amoniakálnym dusíkom patria medzi významné indikátory fekálneho znečistenia vody. Dusitany sú už v pri nízkych koncentráciách toxické pre vodné organizmy a ryby. V gastrointestinálnom trakte

živočíšnych organizmov sa predpokladá možnosť ich biotransformácie na karcinogénne nitrosamíny.

Železo vo vode je hygienicky neškodné. Ovplyvňuje organoleptické vlastnosti vody a spôsobuje nadmerné pomnoženie železitých baktérií, pričom pri ich odumieraní vzniká zápach. Zvýšený obsah železa vo vode je väčšinou sprevádzaný zvýšeným obsahom mangánu.

Chlór patrí k najčastejšie používaným prostriedkom na dezinfekciu vody. Vyznačuje sa veľkou rozpustnosťou vo vode - hydrolyzuje kyselinu chlórnu a kyselinu chlorovodíkovú. Pri väčších koncentráciách sa zmena prejavuje senzorickými vlastnosťami vody.

Chloridy sú prítomné vo väčšine prírodných vôd. Môžu byt pôvodu minerálneho, alebo organického. Vyskytujú sa prevažne vo forme chloridu sodného, draselného, vápenatého a horečnatého. Práve chloridy živočíšneho pôvodu indikujú fekálne znečistenie.

Zlúčeniny **fosforu** zohrávajú významnú úlohu v prírodnom kolobehu látok. Sú nevyhnutné pre nižšie a vyššie organizmy. Po odumretí a rozklade organizmov sa fosforečnany opäť uvoľňujú do prostredia. Ich vyššie koncentrácie v povrchových vodách nie sú žiaduce, nakoľko podporujú nadmerný rast rias a siníc. Preto sú jednou z príčin eutrofizácie vôd, ktorá môže prebiehať pri prekročení limitnej koncentrácie.

Vápnik a horčík sa vyskytujú vo vodách prevažne ako jednoduché ióny Ca^{2+} a Mg^{2+}. Môžu byť príčinou vzniku sedimentov alebo tuhých nánosov na stenách nádob a technologických zariadeniach za vyšších teplôt. Obsah vápnika a horčíka v povrchových a podzemných vodách je z hygienického hľadiska bezvýznamný. Vysoká koncentrácia vápnika je viazaná na prítomnosť dostatočného množstva rozpusteného oxidu uhličitého. Horčíka je v prírodných vodách obvykle menej ako vápnika. Hmotnostný pomer Ca : Mg sa pohybuje v rozmedzí 4:1 až 2:1. Vo výnimočných prípadoch môže nadobudnúť opačné hodnoty, ako je to napr. v morskej vode a v minerálnych vodách Šaratica.

Sodík a draslík sú bežnou súčasťou prírodných vôd. Pomer Na:K sa pohybuje v rozmedzí 10:1 až 25:1. V atmosférických vodách sa pomer znižuje v prospech draslíka. Z hľadiska kvantitatívneho zastúpenia kovov vo vodách sa sodík vyskytuje na treťom mieste za vápnikom a horčíkom.

Sírany sa vyskytujú v podzemných a povrchových vodách. Z chemického hľadiska sú vo vodách stabilné. Vysoké koncentrácie síranov však môžu ovplyvniť chuť vody a mať laxatívne účinky. Siričitany sa v prírodných vodách takmer nevyskytujú. Sú prevažne umelého pôvodu, pochádzajúce z odpadových vôd, z výroby sulfitovej celulózy a tepelného spracovania uhlia.

Mangán sa vyskytuje vo vode spolu so železom, pričom jeho obsah je nižší. Vyskytuje sa v mangánových rudách odkiaľ sa do vody dostáva vylúhovaním. K ďalším zdrojom mangánu patrí pôda a sedimenty odumretých častí rastlín. K umelým zdrojom patria niektoré priemyselné odpadové vody. Prítomnosť mangánu v prírodných vodách nepredstavuje zdravotné riziko, ovplyvňuje však senzorické vlastnosti vody, a preto by sa nemal nachádzať v pitnej a úžitkovej vode.

Oxid uhličitý biochemického pôvodu je významným zdrojom CO_2 v podzemných a povrchových vodách. Vzniká pri biologickom rozklade organických látok, ktoré sú prítomné vo vode a v pôde. Obsah CO_2 vo vodách je hygienicky nevýznamný. Veľmi priaznivo ovplyvňuje chuť vody. Hydrogénuhličitany sú bežnou súčasťou všetkých prírodných vôd a medzi aniónmi väčšinou dominujú. Taktiež priaznivo ovplyvňujú chuť vody. Uhličitany sú v podzemných a povrchových vodách spravidla nedokázateľné.

Koncentrácia rozpusteného kyslíka vo vode indikuje celkovú čistotu vody. Biologické a chemické procesy prebiehajúce v povrchových vodách sú významne ovplyvnené kyslíkovými pomermi v toku, ktoré majú významnú úlohu v samočistiacich procesoch, ako aj v procese rozkladu organických látok, a tak ovplyvňujú výskyt vodných organizmov vo vode. Hlavným zdrojom kyslíka v povrchových vodách je jeho prestup hladinou prostredníctvom difúzie z atmosféry. Zdroj kyslíka predstavuje aj fotosyntéza vodných rastlín, ktorá závisí na množstve a charaktere vegetácie. Kyslík vo vode spotrebovávajú baktérie rozkladajúce organický materiál prítomný vo vode, pričom intenzita rozkladných procesov závisí od rôznych činiteľov, akými sú teplota, intenzita znečistenia toku a prúdenie v koryte. Koncentrácia kyslíka vo vode teda výrazne kolíše v závislosti na týchto parametroch a to nielen v priebehu roka, ale aj v rámci samotného dňa.

Pôvod organických látok vo vode je veľmi rôznorodý. Prirodzené organické znečistenie prírodných vôd spôsobujú živočíšnych organizmov nachádzajúcich sa vo vode. Príčinou umelého organického znečistenia je antropogénna činnosť spojená so značným chemickým odpadom. Z hľadiska účinkov možno organické látky vo vodách rozdeliť na škodlivé a neškodné. Organické látky majú vplyv predovšetkým na kvalitu a vlastnosti prírodných vôd. Niektoré sú toxické, iné, aj keď netoxické, môžu veľmi negatívne ovplyvňovať kyslíkovú bilanciu toku alebo senzorické vlastnosti vody. Medzi organické látky prítomné v prírodných vodách patria: tenzidy a detergenty, ropné látky, polyaromatické uhľovodíky, pesticídy, humusové látky, fenoly.

Tenzidy sú povrchovo aktívne látky, ktoré majú schopnosť znižovať povrchové napätie na rozhraní dvoch fáz. Vo vodnom roztoku vykazujú prací, dispergačný emulgačný, zmáčací, stabilizačný a peniaci účinok.

Detergenty sú pracie a čistiace prostriedky, ktoré popri tenzidoch obsahujú ešte ďalšie prísady, ktoré zvyšujú čistiacu schopnosť prípravku. Ich výskyt vo vodách spôsobuje vyššiu rozpustnosť iných organických málo rozpustných zlúčenín a svojimi účinkami podstatne znižujú kyslíkovú bilanciu tokov.

Z hľadiska možností znečistenia životného prostredia **ropnými látkami** je najviac postihnutá hydrosféra. Aj keď zlúčeniny obsiahnuté v rope sú málo rozpustné, tvoria na vodných hladinách súvislý film, ktorý veľmi negatívne pôsobí na kyslíkovú bilanciu toku. V tomto povrchovom filme sa rozpúšťajú hydrofóbne organické látky napr. pesticídy. Zdrojom znečistenia povrchových a podzemných vôd je predovšetkým petrochemický, strojárenský, hutný priemysel a autoservisy. Mnohé z uhľovodíkov nachádzajúcich sa v rope majú toxické a karcinogénne účinky, preto je žiaduce predovšetkým preventívne odstránenie zdrojov znečisťujúcich hydrosféru, pretože čistenie už znečistených povrchových a podzemných vôd je náročné.

Karcinogénne **polyaromatické uhľovodíky (PAU)** sa vo vodách môžu vyskytovať rozpustené alebo adsorbované na rôznych časticiach. Najnebezpečnejším z PAU je benzo(a)pyrén. Nakoľko je citlivý na svetlo, kyslík, ozón a iné oxidačné činidlá, v hydrosfére sa transformuje na nebezpečný karcinogén.

Pesticídy po aplikácií v životnom prostredí podliehajú fyzikálno-chemickým vplyvom. Prechádzajú preto rôznymi metabolickými premenami. V hydrosfére prebiehajú niektoré typy fotochemických a biochemických reakcií, čím sa množstvo rezíduí vo vodách znásobuje.

K hlavným zdrojom znečistenia ekologických systémov patrí konvenčné používanie pesticídov v poľnohospodárstve, lesnom a vodnom hospodárstve, odpady z priemyselnej výroby pesticídov. Nepriamymi zdrojmi je erozívna činnosť vetra, splachovanie a splavovanie vody. Pesticídy atmosférického pôvodu sú najdôležitejším zdrojom znečistenia oceánov. V dôsledku relatívne nízkej rozpustnosti predovšetkým pesticídov na báze chlórovaných fenolov vo vode sa ich najväčšie množstvo koncentruje v sedimentoch na dne riek, jazier a oceánov.

Humusové látky sa môžu vyskytovať v prírodných vodách sa môžu nachádzať, ktoré sa do nich môžu dostávať vylúhovaním z pôd. Humusové látky spôsobujú zhoršenie senzorických vlastností vôd, z hygienického hľadiska sú málo škodlivé.

Fenoly môžu byť prirodzeného alebo antropogénneho pôvodu. Medzi fenoly prirodzeného pôvodu radíme jednoduché rastlinné fenoly, rastlinné triesloviny, ligníny a humínové látky. Do vôd sa dostávajú prirodzenou cestou a to humifikačným procesom pri vylúhovaní humusu vodou, ale tiež z odpadových vôd garbiarskeho priemyslu, z tepelného spracovania uhlia, z rafinérií ropy, zo sulfitového spracovania dreva, farbiarskeho priemyslu i z výroby pesticídov. Fenoly sú teda nežiaducimi látkami v prírodných vodách a ich koncentrácia sa musí nepretržite monitorovať.

Fyzikálne vlastnosti vody- medzi fyzikálne vlastnosti vôd zaraďujeme:

- schopnosť kumulovať väčšie množstvo tepla; veľké vodné plochy ako jazerá, moria a oceány sa podieľajú na regulácii teploty na Zemi
- elektrickú vodivosť, ktorá závisí od koncentrácie iónov, od ich pohyblivosti a teploty, pričom obsah rozpustených solí a plynov zvyšuje vodivosť vody
- hustotu vody, ktorá sa sa zvyšuje od teploty 0 ^{o}C po 3,98 ^{o}C, pri vyššej teplote sa plynulo zmenšuje
- povrchové napätie, ktoré je príčinou kapilárnych javov (vzlínavosť vody kapilárach pôdy a hornín, zmáčacia schopnosť, tvorba peny, atď.)
- viskozitu, ktorá spolu s hustotou podstatne ovplyvňuje hydraulické správanie sa vody; od jej hodnoty je závislá napr. rýchlosť filtrácie vody pieskom, rýchlosť sedimentácie, ktorá sa so zvyšovaním teploty zmenšuje

K ďalším fyzikálnym vlastnostiam vody radíme absorpciu svetla, rádioaktivitu vody a zmeny skupenstiev.

Biologické vlastnosti vody

Mikróbne oživenie prírodných vôd sa skladá z autochtónnych (pôvodných) druhov, pre ktoré je voda primárnym a prirodzeným biotopom, kde sa zúčastňujú kolobehu látok vo vode a sú teda obrazom prírodného znečistenia vody bez antropogénneho vplyvu. Mikroorganizmy, ktoré sa do vodného prostredia dostávajú splachmi z pôdy, alebo prostredníctvom civilizačných odpadov, či už komunálnych, priemyselných, alebo poľnohospodárskych a určitý čas v tomto prostredí prežívajú, predstavujú alochtónne (nepôvodné) oživenie, čo indikuje nielen vonkajšie znečistenie organickými látkami, ale aj možnosť výskytu patogénnych zárodkov.

V prírodných vodách žije množstvo mikróbnych druhov. Mikrobiologické rozbory sa robia cielene a indikátorové skupiny alebo jednotlivé druhy mikroorganizmov ako ukazovatele kvality vody sa volia účelovo podľa ekologického alebo hygienického kritéria.

4.1.1 Klasifikácia vôd podľa pôvodu

Atmosferické vody

Vyskytujú sa v ovzduší vo forme oblakov, vodnej pary, zrážok a hmly. Tento druh vody je považovaný za najčistejší, avšak prechodom cez znečistené vrstvy ovzdušia sa kontaminuje. Najväčší vplyv na chemické zloženie atmosférických vôd má vrstva atmosféry, ktorá siaha od zemského povrchu do výšky 1000 - 1500 m.

Povrchové vody

Vznikajú zo zrážkovej, keď dopadne na zemský povrch a z podzemnej vtedy, keď prenikne na zemský povrch. Predstavujú vodu, nachádzajúcu sa trvalo alebo dočasne na povrchu Zeme a rozdeľujeme ich na: *tečúce* (prirodzené – potoky, rieky, umelé – prieplavy, kanály), *stojaté* (prirodzené – moria, oceány, jazerá, umelé – rybníky, vodné nádrže).

Podzemné vody

Vznikajú infiltráciou zrážkovej a povrchovej vody do zemskej kôry. Podzemné vody majú v hydrologickom cykle zásadný význam v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou.

4.1.2 Klasifikácia látok prítomných vo vode

-anorganické (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, S, P, N, dusitany, amoniakálny dusík, dusičnanyhalogény, chloridy, bromidym jodidy, fluoridy)

- **organické** (fenoly, humínové látky, polychlórované bifenyly, pesticídy, tenzidy, ropa a ropné látky)

4.1.3 Klasifikácia vôd na základe jej využitia

- **pitná voda**

  jedná sa o vodu nezávadnú, ktorá pri trvalom používaní nevyvolá ochorenie ani poruchy zdravia prítomnosťou mikroorganizmov alebo látok ovplyvňujúcich akútnym, chronickým alebo neskorším pôsobením na zdravie spotrebiteľa a jeho potomstva

- **úžitková (prevádzková) voda**
  voda je hygienicky neškodná, bez prísnych kritérií, nie je vhodná na pitie a varenie, je možné ju však používať napr. v domácnostiach, v priemyselných odvetviach na rôzne technologické a výrobné účely, v poľnohospodárstve na napájanie zvierat. Je však potrebná ochrana pred mikrobiologickým znečistením a nebezpečnými látkami
- **priemyselná voda**
  voda je relatívne čistá, používa sa najmä v priemysle na chladenie, do tokov sa vypúšťa bez špeciálneho čistenia

4.2 Znečistenie vodných zdrojov

Voda je najrozšírenejšou látkou na Zemi. Je podstatnou zložkou biosféry a má popri pôde prvoradý význam pre zabezpečenie výživy ľudstva. Je hlavným prostriedkom pre transport živín, pre ich prijímanie a vylučovanie. Pre živočíchy je voda priamo životným prostredím. Spektrum patogénnych a potenciálne patogénnych zárodkov ktoré môžu byť prenášané vodou, je pomerne široké. Najčastejšie sú to pôvodcovia akútnych črevných ochorení (týfus, salmonelóza, cholera a pod.). Človek vplýva na kvantitu a kvalitu vodných zdrojov aj vypúšťaním odpadových vôd do vodných tokov buď priamo alebo cez kanalizačné siete. Pôvodcami odpadových vôd v SR sú najmä priemysel a komunálna sféra (kanalizačné systémy miest a obcí). Nedostatočným čistením sa do povrchových vôd dostávajú vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok a látok podporujúcich rozvoj rias a planktónu - fluór (F), dusík (N), čoho dôsledkom je celkové zhoršenie kvality vody v tokoch a stojatých vodách (eutrofizácia). V oblasti kvality podzemných vôd SR vystupuje do popredia problematika nepriaznivých oxidačno-redukčných podmienok, na čo poukazujú často zvýšené koncentrácie železa (Fe), mangánu (Mn), a amoniaku NH_4.

Znečistenie vodných zdrojov môže byť:

- fyzikálne (spôsobené výskytom nerozpustných kalov a rádioaktívnymi látkami),
- chemické (spôsobené prímesami, ktoré sa rozpúšťajú vo vode),
- biologické (sú spôsobené prítomnosťou choroboplodných zárodkov).

Znečisťujúce látky sa rozdeľujú do troch základných skupín:

- látky pôsobiace priamo toxicky (ťažké kovy, kyanidy, pesticídy) alebo spôsobujúce závady vody, farbivá, ropné látky),
- látky ovplyvňujúce množstvo kyslíka vo vode (vysoký obsah rozložiteľných látok, pri rozklade ktorých sa spotrebuje veľké množstvo O_2 vo vode),
- inertné anorganické látky rozpustené, nerozpustené, netoxické

Poľnohospodárska výroba sa podieľa na znečisťovaní vodných zdrojov asi 40 % (priemysel 48 %, obyvateľstvo 12 %).

4.2.1 Príčiny znečisťovania vodných zdrojov

K samotnému znečisteniu dochádza teda už spomínaným zvýšeným používaním priemyselných hnojív a pesticídnych prípravkov, únikom silážnych štiav, únikom tekutých častí hnojív z veľkochovov, únikom mazacích olejov pohonných hmôt a pod. *Látky, podieľajúce sa na znečisťovaní* - látky pôsobiace priamo toxicky (ťažké kovy, kyanidy, pesticídy), látky spôsobujúce znečistenie vody (farbivá, ropné látky), látky ovplyvňujúce množstvo kyslíka vo vode (vysoký obsah rozložiteľných látok, pri rozklade ktorých sa spotrebuje veľké množstvo O_2 vo vode), inertné anorganické látky rozpustené, nerozpustené, netoxické.

V povrchových i podzemných vodách sa prirodzene nachádzajú takmer všetky kovy. Mnohé z nich sú pre život nepostrádateľné, ale vo vyšších koncentráciách môžu byť škodlivé. Hygienicky závažnými sa stávajú kovy s toxickými vlastnosťami, ktoré patria medzi najvýznamnejšie anorganické kontaminanty vôd a pôd. Výskyt kadmia (Cd), ortuti (Hg) a chrómu (Cr) v súčasnosti predstavuje jedno z najaktuálnejších rizík. Toxické kovy majú negatívny dopad nielen na okolité životné prostredie, ale predovšetkým na zdravie ľudí, zvierat.

K znečisteniu dochádza:

- zvýšeným používaním priemyselných hnojív,
- zvýšeným používaním pesticídnych prípravkov,
- únikom silážnych štiav,
- únikom tekutých častí hnojív z veľkochovou,
- únikom mazacích olejov pohonných hmôt

Človek vplýva na kvantitu a kvalitu vodných zdrojov priamo cez nekontrolované vypúšťanie odpadových vôd do vodných tokov alebo cez kanalizačné siete. Pôvodcami odpadových vôd

v SR sú najmä priemysel a komunálna sféra - kanalizačné systémy miest a obcí. Nedostatočným čistením sa do povrchových vôd dostávajú vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok a látok podporujúcich rozvoj rias a planktónu - fosfor (P), dusík (N), čoho dôsledkom je celkové zhoršenie kvality vody v tokoch a v stojatých vodách (eutrofizácia). V oblasti kvality podzemných vôd SR vystupuje do popredia problematika nepriaznivých oxidačno-redukčných podmienok, na čo poukazujú často zvýšené koncentrácie železa (Fe), mangánu (Mn) a amoniaku NH_4. V povrchových i podzemných vodách sa prirodzene nachádzajú takmer všetky kovy. Mnohé z nich sú pre život nepostrádateľné, ale vo vyšších koncentráciách môžu byť škodlivé. Hygienicky závažnými sa stávajú kovy s toxickými vlastnosťami, ktoré patria medzi najvýznamnejšie anorganické kontaminanty vôd a pôd. Výskyt kadmia (Cd), ortuti (Hg) a chrómu (Cr) v súčasnosti predstavuje jedno z najaktuálnejších rizík. Toxické kovy majú negatívny dopad nielen na okolité životné prostredie, ale predovšetkým na zdravie ľudí, zvierat. Majú taktiež dopad na rastlinstvo a živočíšstvo.

4.3 Monitoring znečistenia vodných zdrojov

Na území Slovenskej republiky sa realizuje v 2 úrovniach:

- **podzemné vodné zdroje** - podliehajú monitoringu vo všetkých významných vodohospodárskych oblastiach vodných nív Dunaja, Váhu, Žitnom ostrove.
  Na Slovensku v rámci monitoringu podzemných vôd je sledovaných celkom 25 oblastí. Každá oblasť má svoje pozorovacie objekty, z ktorých sa 2 x ročne (jar, jeseň) odoberajú vzorky pre kompletnú analýzu.
- **povrchové vodné zdroje** - monitoring sa uskutočňuje na každom významnom vodnom toku SR a ich stálych prítokoch.

Koordinátorom monitorovacieho systému vodných zdrojov v SR je Slovenský hydrometerologický ústav (SHMÚ).

Ochrana a využívanie vodných zdrojov vychádza z potreby zabezpečiť dostatočné množstvo kvalitnej a nezávadnej pitnej vody. V súčasnosti sa problematika čistoty vôd a ich ochrana javí ako prioritná, čo vyplýva nielen zo všeobecného a hospodárskeho hľadiska, ale predovšetkým z toho, že množstvo a kvalita vody je základným faktorom ochrany a tvorby životného prostredia. Už v roku 1972 Európska rada vyhlásila tzv. Európsku vodnú chartu, ktorá poukazuje na mimoriadny význam vody a nevyhnutnú potrebu ochrany a správneho využívania

vodných zdrojov. V Slovenskej republike nadobudol dňa 1. 6. 2002 účinnosť zákon č. 184/2002 Z.z. o vodách, ktorý obsahuje všetky európske normy a vytvára podmienky na všestrannú ochranu povrchových a podzemných vôd vrátane vodných ekosystémov. V roku 2004 v rámci SR boli hodnoty prípustnej koncentrácie (najvyššej prípustnej koncentrácie) definované vyhláškou MZ SR č. 151/2004 Z.z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality vody tzv. *„vodný zákon“* uvedený v Z.z. č. 364/2004. V roku 2006 vstúpilo do platnosti Nariadenie vlády č. 354/2006 Z.z. - voda, ktorá zodpovedá požiadavkám tohto nariadenia nespôsobuje ani po dlhodobom používaní zdravotné problémy.

V súčasnosti sa problematika čistoty vôd a ich ochrana javí ako prioritná, čo vyplýva nielen zo všeobecného a hospodárskeho hľadiska, ale predovšetkým z toho, že množstvo a kvalita vody je základným faktorom ochrany a tvorby životného prostredia.

Zdroj:pixabay.com

5. PEDOSFÉRA

5.1 Význam, zloženie a funkcia pôdy

Pôda je prírodný útvar, ktorý vzniká bezprostredne na zemskom povrchu ako produkt vzájomného pôsobenia klimatických podmienok, organizmov, človeka, reliéfu a materských hornín (Zákon 34/2014 Z.z., ktorý mení a dopĺňa zákon 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy). Pôda je zložitý systém abiotických a biotických zložiek a je výsledkom činnosti pôdotvorných faktorov. Vzniká na rozhraní atmosféry, litosféry, hydrosféry a biosféry, a tým je aj výrazne ovplyvnené jej zloženie. Pri pôdotvorných procesoch sa uplatňujú abiotické a biotické faktory prostredia a výsledkom ich pôsobenia je abioticko-biotická zložka životného prostredia-pôda.

Medzi hlavné abiotické faktory, podieľajúce sa na vzniku pôdy, patrí: materská (pôdotvorná) hornina, reliéf, voda a klimatické podmienky.

Chemické zloženie pôdy závisí predovšetkým od materskej horniny, z ktorej pôda vznikla, od procesov prebiehajúcich v pôde a od činnosti človeka. Pôda obsahuje najviac kyslíka (asi 50 %) a kremíka (asi 25 %), z ostatných prvkov je to najmä hliník (íl), železo, vápnik (vápenec, sadrovec), sodík, draslík, horčík, vodík, titán, v menšom množstve uhlík, chlór, fosfor, síra a mangán. *Medzi biotické činitele* patrí pôdny edafón. Tieto faktory sa spoločne nazývajú pôdotvorné faktory. Edafón je živá zložka pôdy. Je to súbor pôdnych mikroorganizmov, húb, rastlín a živočíchov. Pôdne organizmy (geobionti, edafonti) žijú v štrbinách vyplavených vzduchom alebo vodou, hlavne v povrchových vrstvách pôdy. Pre humifikačné procesy sú najdôležitejšie rastliny, baktérie a mykofyty. Koreňový systém vyšších rastlín zabezpečuje mechanický pohyb pôdy a udržiava ju voľnú. Baktérie rozkladajú organickú hmotu v pôde. V pôde sa nachádzajú autotrófne i heterotrófne baktérie. Baktérie môžu mať v pôde rozmanité funkcie. Rozklad živočíšnych, rastlinných a mikrobiálnych rezíduí je vykonávaný heterotrófnymi baktériami. Chemoautotrófne baktérie v pôde sú zastúpené prevažne nitrifikačnými baktériami a v menšom rozsahu baktériami železa (Fe) oxidujúcimi síru. Najbežnejšie sa vyskytujúcimi mikrobiálnymi bunkami v pôde sú jednobunkové prokaryoty. Napriek ich vysokej koncentrácii v pôde biomasa húb prevláda nad biomasou baktérií. Pôdna bakteriálna flóra je extrémne rozmanitá a dominujú tu grampozitívne baktérie. Huby dominujú v pôde z hľadiska množstva biomasy. Sú eukaryotické a majú myceliálnu morfológiu pozostávajúcu z mycélia, ktoré obklopuje mnohojadrovú cytoplazmu. Žijú v symbióze s väčšinou rastlinných koreňov, ktoré majú obrovský význam z hľadiska regulácie príjmu

živín, vodných súvislostí a v konečnom dôsledku rastu rastlinného partnera v tomto spoločenstve. Produkcia spór pôdnymi hubami umožňuje do určitého rozsahu ich prežívanie za nepriaznivých podmienok v pôde. Huby zahŕňajú aj mnohé dôležité rastlinné patogény. Baktérie, červy, hmyz a iné živočíchy spracúvajú v zdravej pôde rastlinné zvyšky. Takto sa pôda obohacuje o látky, ktoré sú životne dôležité pre rastlinstvo. Ak je však pôda kyslým dažďom prekyslená, živočíchy v nej nedokážu žiť. Odumreté rastlinné zvyšky zostávajú ležať na zemi, nevytvárajú sa žiadne živiny pre živočíchy a potravinový reťazec sa pretrhne.

5.2 Znečisťovanie pôdy

Pôdu považujeme za jednu z hlavných zložiek ekosféry Zeme. Tvorí základ vyživovacieho reťazca, na konci ktorého stojí človek. Najvýznamnejšia vlastnosť pôdy je úrodnosť, schopnosť pôdy zabezpečovať rastliny vodou, vzduchom, živinami v optimálnom množstve v priebehu celej vegetácie. Pôdny systém je veľmi špecifická zložka a do istej miery môže účinne prirodzene eliminovať (natural attenuation) rôzne cudzorodé látky. Pôda ako aj zložky ekosystému - voda a vzduch sú základnými indikátormi znečistenia. Pôda kontamináciou stráca najviac práve jej obmedzenou schopnosťou eliminovať negatívne pôsobenia, ktoré sú spôsobené prírodnou a antropogénnou činnosťou človeka. Veľkým problémom konzumnej spoločnosti je produkcia odpadov. Problematika odpadov sa nekončí uložením odpadov na skládky. Zrážkové vody, ktoré infiltrujú cez skládky sa znečisťujú odpadovými látkami. Takéto **výluhy zo skládok** potom môžu kontaminovať pôdu resp. horninové podložie, na ktorom je skládka umiestnená. Ďalším faktorom, ktorý negatívne ovplyvňuje environmentálne funkcie pôd, je *kontaminácia pôdy prostredníctvom vody a vzduchu*. Znečisťujúce látky vo vzduchu a vo vode pochádzajú predovšetkým z priemyselnej výroby.

Toxické ťažké kovy, podobne ako biogénne kovy, sú v pôde prítomné v dvoch mobilitách. V tekutej fáze sa vyskytujú vo forme hydratovaných iónov alebo ako rozpustné organické a anorganické komplexy. V pevnej fáze sú vo forme nerozpustných zrazenín na povrchu organických a anorganických koloidov vo vymeniteľnej a špecificky absorbovanej forme. Medzi jednotlivými formami, v súlade s vlastnosťami systému, sa vytvorí dynamická rovnováha. Ak sa napr. do pôdy dostane veľké množstvo toxickej látky, prevládajú absorpčné a zrážacie reakcie. Pri zvýšení kyslosti pôdy zase naopak, stúpa množstvo mobilných foriem, t. j. stúpa koncentrácia iónov kovov v roztoku. Kontamináciou pôdy exhalátmi oxidu siričitého dochádza k jej **okysľovaniu**. Nízke pH zapríčiňuje zvýšenú pohyblivosť kadmia a hliníka,

ktoré môžu intoxikovať rastliny. Usadzovaním sa do pôdy zo vzduchu dostávajú aj ďalšie kontaminanty: oxidy dusíka, olovo, kadmium, arzén, popolčeky, chróm, nikel, organické zlúčeniny. Olovo, ktoré znečisťuje pôdu pochádza hlavne z automobilovej dopravy. Zdrojom kadmia je spaľovanie fosílnych palív. Arzén pochádzajúci z elektrárenských popolčekov sa dobre rozpúšťa vo vode, a preto sa nehromadí v ornici, ale prechádza do nižších vrstiev. Okyslenie pôdy v už kontaminovaných oblastiach je obzvlášť nebezpečné, nakoľko zlúčeniny ťažkých kovov sú za normálnych okolností nerozpustné, mobilizujúc sa môžu vyvolať vážne poškodenie životného prostredia (*časovaná chemická bomba*). Pôda je významnou geochemickou zásobárňou, ktorá relatívne ľahko akumuluje ťažké kovy. Odstraňujú sa z nej len veľmi pomaly, a to ich vyplavovaním do podpovrchových vôd alebo bioakumuláciou rastlinami. Pôda je štartovacím miestom vstupu rizikových prvkov do poľnohospodárskych plodín a cez krmoviny sa dostávajú do živočíšnych produktov. Kontaminácia pôdy vodou sa vyskytuje ako následok zavlažovania pôdy alebo k nej dochádza zrážkovou činnosťou.

5.2.1 Príčiny znečisťovania pôd

- látky a činitele, ktoré sa používajú pri intenzifikácii poľnohospodárskej a lesníckej výroby (chemizácia, mechanizácia, koncentrácia produkcie).
  Do tejto skupiny patria hlavne hnojivá a pesticídne látky, ktoré ovplyvňujú kvalitu ale aj úrodnosť samotnej pôdy
- produkty, ktoré pochádzajú hlavne z mimorezortných zdrojov, t.j. priemyslu.

Na znečistenie poľnohospodárskej a lesnej pôdy majú predovšetkým vplyv priemyselné emisie. V blízkosti hutí a metalurgických závodov sa zistil hlavne zvýšený obsah olova (Pb), zinku (Zn), cínu (Sn), kadmia (Cd), hliníka (Al), medi (Cu), niklu (Ni), ortute (Hg), mangánu (Mn), a arzénu (As). Do pôdy sa zvyčajne dostávajú všetky kovy, ale vo zvýšenej miere v nich prevládajú zložky, ktoré dominujú v imisnom type. Za najvýznamnejšie kovové polutanty pôd sa považuje ortuť (Hg), kadmium (Cd) a olovo (Pb), ktoré sú všeobecne označované ako toxické pre človeka a zvieratá

Pesticídmi sa v poľnohospodárstve stále plytvá. V nesprávnom čase sa používajú nesprávne dávky pesticídov, ktoré účinkujú na široké spektrum živých organizmov. V prípade strojového obrábania pozemkov často dochádza k úniku pohonných hmôt (ropných látok) do pôdy. Ropné látky v pôde znemožňujú rastlinám prijímať živiny a vodu, tiež spôsobujú masové vymieranie pôdnej fauny. Špecifickým spôsobom znečisťovania pôdy sa vyznačujú živočíšne veľkochovy.

Produkujú veľké množstvo infekčného hnoja, trusu a uhynuté zvieratá. Takýto odpad je zdrojom patogénnych mikroorganizmov a baktérií. Mechanické poškodzovanie pôdy má predovšetkým antropogénny charakter. Nesprávne využívanie a obhospodarovanie pôdy môže viesť k jej úbytku a k znehodnocovaniu. Veľmi neuváženým spôsobom degradácie pôdy je ich priamy záber pre výstavbu obytných, priemyselných budov alebo cestných komunikácií. Používanie ťažkých mechanizmov v teréne zapríčiňuje zhutňovanie pôdy, čím sa stáva nepriepustnou.

Erózia je jeden z najvážnejších problémov ohrozujúcich pôdu na celom svete. K erózii dochádza v dôsledku rozšírovania poľnohospodárstva v horských oblastiach, výrubov lesov, zhoršovania vodného režimu pôdy, rozorávania trávnatých porastov, umelej regulácii vodných tokov, nesprávnemu obrábaniu pôdy. Výsledkom erózie je odnos pôdnych častí, humusu, živín, znižovanie úrody. Opatreniami sa dosiahne spevnenie svahov, zatrávňovanie ohrozených pôd, dodržiavanie zásad proti eróznej ochrany v poľnohospodárstve. Ak by sme zhrnuli príčiny znečisťovania pôd sú to látky a činitele, ktoré sa používajú pri intenzifikácii poľnohospodárskej a lesníckej výroby (chemizácia, mechanizácia, koncentrácia produkcie). Do tejto skupiny patria hlavne hnojivá a pesticídy, ktoré ovplyvňujú kvalitu, ale aj úrodnosť samotnej pôdy a produkty, pochádzajúce hlavne z mimorezortných zdrojov, priemyslu. Ako uvádzajú autori na znečistení poľnohospodárskej a lesnej pôdy majú predovšetkým vplyv priemyselné emisie. V blízkosti hutí a metalurgických závodov sa zistil hlavne zvýšený obsah olova (Pb), zinku (Zn), cínu (Sn), kadmia (Cd), hliníka (Al), medi (Cu), niklu (Ni), ortuti (Hg), mangánu (Mn), a arzénu (As). Do pôdy sa zvyčajne dostávajú všetky kovy, ale vo zvýšenej miere v nich prevládajú zložky, ktoré dominujú v imisnom type. Za najvýznamnejšie kovové polutanty pôd sa považuje ortuť (Hg), kadmium (Cd) a olovo (Pb), ktoré sú vo všeobecnosti toxické pre človeka a zvieratá.

5.3 Monitoring pôdy

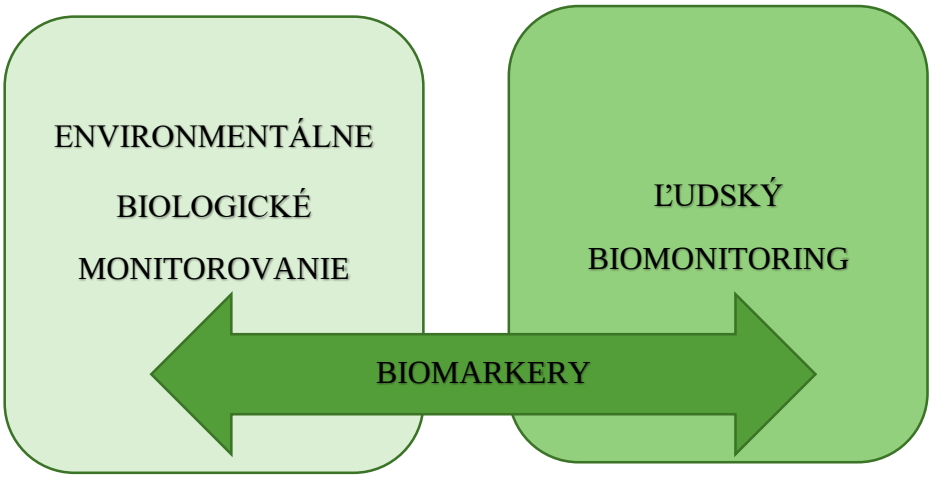
Pri *monitorovacom systéme pôd* sa jedná o unifikovaný systém metód od odberu pôdnych vzoriek, cez ich spracovanie a analýzy až po regulačné opatrenia. Zásadou monitoringu stavu pôd je systém stabilných reprezentatívnych plôch, na ktorých sa v časových intervaloch sleduje vývoj obratu dopredu určených chemických látok doplnených o náhodný výber látok. Výber plôch je v súlade s monitorovaním ostatných elementov životného prostredia, resp. článkov potravinového reťazca.

6 BIOINDIKÁCIA, BIOMONITORING, MONITORING

Bioindikácia využíva vlastnosti živých organizmov na indikovanie stavu životného prostredia. Uplatňuje sa hlavne pri ekologickom monitorovaní, ktoré má prevažne charakter vyšetrovacích metód. *Bioindikátory* poukazujú na zmeny prostredia v negatívnom, ale aj pozitívnom zmysle.

Biomonitoring je pravidelné sledovanie kvality životného prostredia a potreba jeho zavedenia je v súčasnom období čoraz viac diskutovanou témou na medzinárodných fórach. Už pre roky 2004-2010 Európsky akčný plán pre životné prostredie a zdravie definoval potrebu vytvoriť koherentný systém (koncepcie) ľudského biomonitoringu v Európe. Sledované oblasti ľudského biomonitoringu v jednotlivých krajinách a aj v SR sú podobné a adresované predovšetkým na expozíciu populácie ťažkými kovmi kadmium (Cd), ortuť (Hg), olovo (Pb), polokov selén (Se), dioxínmi a PCBs.

Monitoring je jediným spôsobom, ktorý upozorní na prípadnú zvýšenú expozíciu obyvateľstva, zvierat v určitej oblasti spôsobenú napríklad potravinami alebo únikom škodlivých látok do životného prostredia. Druhým dôvodom sú ekonomické následky, ktoré sa prejavia v prípade, že sa včas nezaregistruje degradácia životného prostredia, kontaminácia potravinových reťazcov a krmív.



Zdroj: openbiomarkerjournal.com (upravené)

7. GLOBÁLNA KONTAMINÁCIA - environmentálny problem súčasnosti

Koniec 20. a začiatok 21. storočia je obdobím prenikavých zmien. Vo všetkých regiónoch sveta sú ľudia konfrontovaní s očakávaniami i neistotou vo vzťahu k súčasných podmienkach a budúcemu vývoju. Súčasné zmeny sú kvantitatívne i kvalitatívne významné. Zrýchlený vývoj priniesol množstvo ťažko predvídateľných až nepredvídateľných javov a udalostí. Globálne problémy sú v priebehu ostatných desaťročí predmetom čoraz väčšej pozornosti vedcov, politikov, obchodníkov, ale aj médií a širokej verejnosti. Osobitnú kategóriu predstavujú problémy súvisiace s globálnym ohrozením životného prostredia, čiže globálne environmentálne problémy.

7.1 Klimatické zmeny, voda, pôda, zdravie

Klimatické podmienky v Európe ale aj na ostatných kontinentoch sa menia. V dôsledku týchto zmien dochádza čoraz častejšie k výraznejším extrémnym prejavom počasia: záplavy, vlny horúčav, suchá, lesné požiare, zmeny vegetácie, zmeny hladín morí a oceánov. Zmena globálnej klímy, jej dopady a nutnosť riešenia predstavujú jeden z najvýznamnejších a najčastejšie diskutovaných environmentálnych problémov v doterajšej histórii ľudstva. Táto zmena môže byť vyvolaná radom vnútorných a vonkajších faktorov vrátane ľudskej činnosti. Kľúčovými vplyvmi vyvolanými antropogénnou činnosťou sú zmeny koncentrácie skleníkových plynov, narušenie ozonosféry, lokálne znečistenie ovzdušia, využívanie pôdy a krajiny. Vzhľadom na zložitosť celého systému je zatiaľ nesmierne zložité presne kvantifikovať podiel človeka na celkovej zmene klímy. Následné posúdenie zdravotných dôsledkov klimatických zmien je zatiaľ pomerne problematické, keďže väčšina porúch ľudského zdravia je spôsobená viacerými faktormi a odohráva sa na pozadí ekonomických, spoločenských, demografických a celkových zmien životného prostredia (Akčný plán pre ŽP a zdravie obyvateľov SR III- NEHAP III, 2006-2010).

7.2 Medzinárodné záväzky – oblasť klimatických zmien, vody a pôdy

Základom pre riešenie problému zmeny klímy na medzinárodnej úrovni sa stal Rámcový dohovor OSN o zmene klímy, prijatý v roku 1992 v New Yorku, pre Slovenskú republiku nadobudol platnosť 23.11.1994. Jeho konečným cieľom bolo stabilizovať koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére na takej úrovni, ktorá by umožnila predísť nebezpečným dôsledkom interakcie ľudstva a klimatického systému Zeme. V roku 1997 bol

prijatý Kjótsky protokol, jeden z najdôležitejších medzinárodných právnych nástrojov na riešenie problému zmeny klímy. Platnosť nadobudol v roku 2005 po tom, ako ho ratifikovalo Rusko. Viacero priemyselne vyspelých štátov sveta protokol ratifikovať odmietlo, okrem iných Spojené štáty americké či Austrália. Kjótsky protokol sprísňuje záväzky pre jednotlivé krajiny. Ide o prvú záväznú legislatívu OSN v oblasti životného prostredia. Slovensko sa zaviazalo v období 2008 – 2012 znížiť úroveň emisií skleníkových plynov o 8 % v porovnaní s rokom 1990 (Akčný plán pre ŽP a zdravie obyvateľov SR III – NEHAP III, 2006-2010).

Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov Slovenskej republiky II (*National Environmental and Health Action Plan for the Slovak Republic II*) schválený 11.10. 2000 nadviazal na závery 3. Ministerskej konferencie o životnom prostredí a zdraví v Londýne,čo z pohľadu plnenia medzinárodných záväzkov Slovenskej republiky potvrdilsilnú vôľu podporiť Európske hnutie pre zlepšenie životného prostredia a zdravia európskej 31 populácie v rámci Svetovej zdravotníckej organizácie „Zdravie pre všetkých“. Prelínanie environmentálnej politiky a politiky v oblasti zdravia dokumentuje prijatý Európsky akčný plán pre životné prostredie a zdravie pre roky 2004 – 2010 ako aj Šiesty environmentálny akčný program pre roky 2001 – 2010 (Akčný plán pre ŽP a zdravie obyvateľov SR III - NEHAP III, 2006 – 2010). Už v roku 1979 v Ženeve na stretnutí EHK OSN bola podpísaná dohoda, tzv. Dohovor o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranicami štátov. Základným cieľom je ochrana životného prostredia pred znečistením ovzdušia, resp. jeho postupné obmedzovanie. Dohoda bola doplnená ďalšími protokolmi - dlhodobé financovanie Kooperatívneho programu monitorovania a vyhodnocovania diaľkového šírenia látok (Ženeva, 1984, Oslo, 1994), zníženie emisií síry alebo ich tokov prechádzajúcich hranice štátov (Helsinki, 1985), zníženie emisií oxidov dusíka alebo ich tokov prechádzajúcich hranice štátov (Sofia, 1988), obmedzovanie emisií prchavých organických látok VOCs (1991), obmedzovanie emisií perzistentných organických látok, zníženie acidifikácie, eutrofizácie a prízemného ozónu. V rámci ochrany vôd na medzinárodnej úrovni ešte v roku 1972 Európska rada vyhlásila tzv. Európsku vodnú chartu, ktorá poukazuje na mimoriadny význam vody a nevyhnutnú potrebu ochrany a správneho využívania vodných zdrojov. Smernica Európskeho parlamentu a Rady č. 2000/60/ES ustanovujúca rámec pre činnosť Spoločenstva v oblasti vodnej politiky – Rámcová smernica o vode, ktorá vstúpila do platnosti v roku 2000, poskytuje legislatívny rámec pre zavedenie jednotnej politiky v krajinách Európskej únie. Implementácia ustanovení a požiadaviek Rámcovej smernice je zakotvená v Zákone č. 364/2004 Z. z. o vodách, v ktorom sú zohľadnené aj požiadavky vyplývajúce zo Smernice Rady 91/676/EEC z 12. decembra 1991 o ochrane vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov. V súčasnosti sa

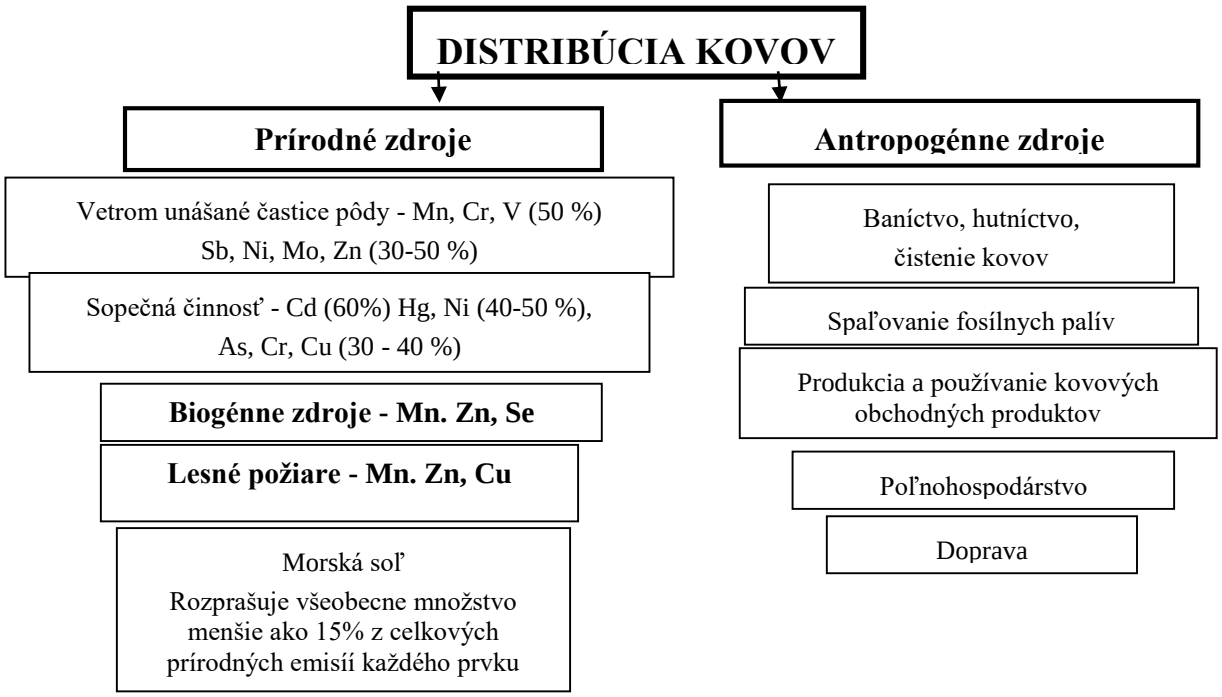
problematika čistoty vôd a ich ochrana javí ako prioritná, čo vyplýva nielen zo všeobecného a hospodárskeho hľadiska, ale predovšetkým z toho, že množstvo a kvalita vody je základným faktorom ochrany a tvorby životného prostredia. Na základe **Nariadenia vlády SR č. 496/2010 Z. z.,** ktorým sa mení a dopĺňa **Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z.** sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody. Voda, ktorá zodpovedá požiadavkám tohto nariadenia, nespôsobuje ani po dlhodobom používaní zdravotné problémy.

Zdroj: science.hnoline.sk

8 ŤAŽKÉ KOVY - zdroj, forma, význam v znečistení životného prostredia

Ťažké kovy patria medzi základné skupiny znečisťujúcich látok, ktoré boli ale aj naďalej predstavujú vážne riziko pre súčasnú ale taktiež budúcu generáciu a to bez ohľadu na zdroj, z ktorého sa do organizmu dostávajú. V tejto kapitole sa preto budeme venovať *základným informácám* vybraných ťažkým kovom (Zn, Cr, Cd, Hg, Pb, AS), ktoré sa významným spôsobom podieľali, respektíve sa naďalej podieľajú na znečistení živorného prostredia. Znečistenie životného prostredia v dôsledku distribúcie kovov znázorňuje obr. 6.

Obr. 6 Distribúcia kovov v životnom prostredí



Zdroj: Cimboláková, 2013

Ťažké kovy sa do životného prostredia uvoľňujú z prírodných zdrojov pri zvetrávaní a erózií niektorých minerálov a hornín. Prírodný zvýšený výskyt ťažkých kovov a iných rizikových prvkov je predovšetkým v oblastiach geochemických anomálií. Tieto oblasti predstavujú významné lokality ťažby úžitkových priemyselných prvkov a látok.

V súčasnosti predstavujú zdroje kontaminantov najmä vyťažená hlušina po ukončenej ťažbe týchto látok. Použitie pesticídov obsahujúcich ťažké kovy bolo zakázané a nepredstavuje tak zdroj tohto druhu znečistenia. Výroba kovov a ich tepelné spracovanie, chemická,

strojárenská, energetická výroba, spaľovanie fosílnych palív, odpady, potravinárske splachy, hnojenie a pod., patria medzi hlavné antropogénne zdroje. K emisiám olova (Pb), kadmia (Cd), chrómu (Cr), medi (Cu), ortuti (Hg) a zinku (Zn) najviac prispieva metalurgia železných a neželezných rúd. Vplyv metalurgie neželezných rúd je dominantný najmä pri ortuti. Spaľovanie fosílnych palív významne prispieva v závislosti od elementáreho zloženia spaľovaného paliva, k emisiám väčšiny ťažkých kovov. V našich podmienkach sú dominantné emisie arzénu (As). Výroba skla je významným zdrojom emisií olova (Pb) a kadmia (Cd). Aj doprava významne prispieva k emisiám olova napriek dynamickému nárastu používania bezolovnatých benzínov. V minulosti sa používali alkylolovnaté zlúčeniny (tetraetylolovo) ako antidetonačné prísady do benzínu, čím sa zvyšovala koncentrácia olova v ovzduší.

Ťažké kovy na rozdiel od organických látok nepodliehajú chemickej degradácií a hromadia sa v povrchových vrstvách pôdy, čím sa zvyšuje ich obsah v rastlinách, živočíšnych produktoch a tak sa môžu toxické kovy dostávať do ľudského organizmu (Bencko a kol., 1995). Transport ťažkých kovov v atmosfére a následná depozícia závisí od faktorov - formy v ktorej sa daný kov nachádza pri úniku do atmosféry (tuhá alebo plynná fáza), ich chemickej reakcie v atmosfére, výšky a umiestnení bodového zdroja emisií, lokálnych geografických pomerov, rýchlosti a smere vetra, vymývaní dažďom a iných meteorologických požiadaviek.

Forma výskytu:

V prostredí sa môžu vyskytovať ako:

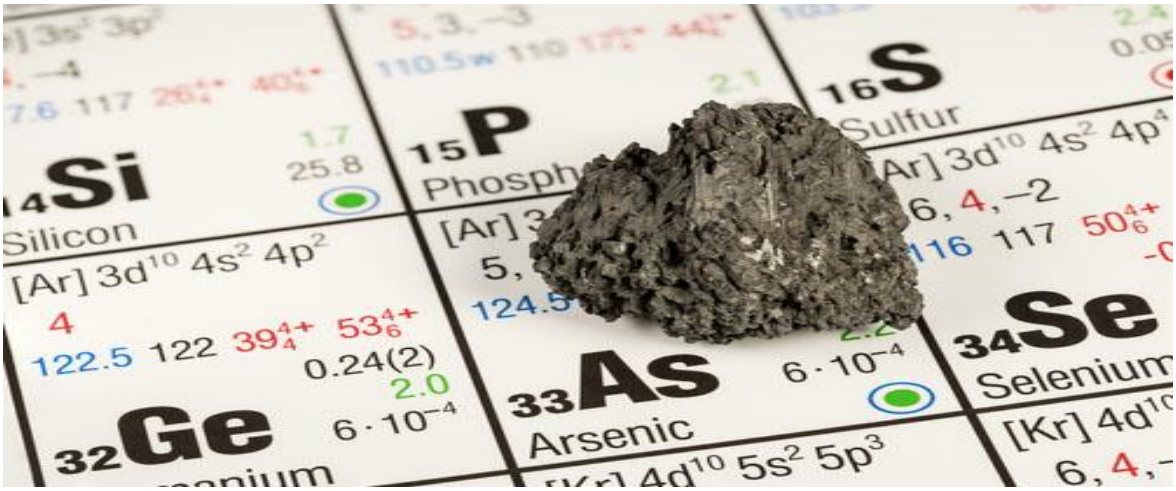
- jednoduché komplexy s anorganickými ligandami - vo vodnom prostredí forma výskytu kovu je ovplyvnená fyzikálno - chemickými vlastnosťami (pH, teplota, iónová sila),
- cheláty s organickými ligandami,
- sorbované na tuhé povrchy,
- voľné kovy.

V terestickom prostredí je osud, biodostupnosť a pohyblivosť kovov ovplyvňovaná:

- typom pôdy,
- oxidačno - redukčnými procesmi,
- katiónovou kapacitou pevnej fázy.

Význam ťažkých kovov v znečistenom prostredí

Podrobnejšie informácie o špecifických účinkoch jednotlivých ťažkých kovov na bunky, tkanivá a orgány živočíchov sú získané a overované v rámci experimentov na laboratórnych zvieratách. Výsledky experimentálnej aplikácie však nemôžu byť považované za všeobecne platné. V experimente sa väčšinou pracuje iba so skúmanou látkou, ktorá sa však v životnom prostredí nevyskytuje sama. Všetky živočíšne druhy nemusia reagovať na toxickú látku rovnako. V odpovedi organizmu na pôsobenie toxickej látky má významnú úlohu aj celkový momentálny stav organizmu, jeho životná fáza, pohlavie. Obsiahnuť všetky tieto faktory v experimente nie je takmer možné. Preto stále, napriek systematickému výskumu existujú určité rozpaky pri formulovaní záverov o nebezpečnosti a prípustných koncentráciách týchto látok v životnom prostredí. Tieto rozpaky však nie sú dôvodom na to, aby prítomnosť ťažkých kovov v životnom prostredí mohla byť braná na ľahkú váhu alebo podceňovaná. Kombináciou nadmerného používania prírodných zdrojov, nátlakom vynúteným populačným rastom a ekonomickým vývojom, ako aj nedostatkom vládnych nariadení môže dôjsť v rozvojových krajinách ku zvýšeniu toku toxických kovov do životného prostredia. Do roku 2010 sa na území Európy predpokladal výrazný nárast emisií ortute (Hg), kadmia (Cd), medi (Cu) a naopak očakával sa pokles emisií a depozícii olova (Pb). Moderný civilizačný proces teda prináša na jednej strane zvyšovanie životnej úrovne, na druhej strane má negatívne sprievodné javy v podobe narušených ekologických, biologických prírodných podmienok života. Avšak závažnosť týchto vplyvov na zdravie aj budúcich populácií a zároveň aj ochrana pred rizikami i pôsobením samotných vplyvov na zdravie, je jedným zo stanovených cieľov a priorít Európskej únie do roku 2020.



Zdroj: Vitarian.sk

8.1 Charakteristika vybraných ťažkých kovov

Chróm - základná charakteristika

Chróm (Cr) je prvkom šiestej vedľajšej skupiny periodickej sústavy chemických prvkov (PSCHP), má atómové číslo 24 a relatívnu atómovú hmotnosť 51,996. Je najtvrdší zo všetkých kovov, bez výraznej chuti a zápachu.

Zdrojom chrómu je metalurgický priemysel, výroba farieb, garbiarstvo a impregnácia dreva. V prírode sa nenachádza voľný. Zlúčeniny dvojmocného chrómu (Cr^{2+}) majú bázický charakter, trojmocného chrómu (Cr^{3+}) amfotérny charakter a šesťmocného chrómu (Cr^{6+}) kyslý charakter. Dvojmocné zlúčeniny sa na vzduchu rýchlo oxidujú na trojmocné zlúčeniny, ktoré sú stabilné. Tieto zlúčeniny majú silný sklon k tvorbe komplexov.

Chróm sa vyskytuje najmä v podobe šesťmocných zlúčenín chrómu - chrómanov, solí kyseliny chrómovej (H_2CrO_4), dichrómanov - solí kyseliny dichrómovej ($H_2Cr_2O_7$). Z chromitých zlúčenín sú najrozšírenejšími látkami oxid chromitý (Cr_2O_3) a síran chromitý (Cr_2 $(SO_4)_3$). Chróm je biogénny prvok, ktorý sa nachádza v stopových množstvách v organizmoch živočíchov, človeka a rastlín.

V prírode sa chróm vyskytuje v chrómových rudách, predovšetkým v chromite ($FeCr_2O_4$) a krokoite ($PbCrO_4$) a i. Environmentálna expozícia Cr^{6+} ktorá vzniká ľudskou činnosťou ako cudzorodá látka, je výsledkom ťažby, spracovania a nedokonalého odstraňovania z prostredia. Obsah Cr^{6+} v ovzduší sa zvyšuje horením fosílnych palív, dreva, papiera a i. Chróm sa dostáva do organizmu inhaláciou, perorálne (vo vode, v potravinovom reťazci a čiastočne sa môže (najmä Cr^{6+}) vstrebávať kožou cez potné žľazy (najmä pri porušenej integrite kože). Pri profesionálnej expozícii dominuje inhalačná cesta. Zlúčeniny šesťmocného chrómu (Cr^{6+}) majú karcinogénne účinky - chróman strontnatý ($SrCrO_4$), chróman vápenatý ($Ca\ CrO_4$), chróman zinočnatý ($ZnCrO_4$). Cr^{3+} má dôležitú úlohu v metabolizme sacharidov. Kedže pomáha udržiavať normálnu toleranciu glukózy, označuje sa ako faktor glukózovej tolerancie (GTF).

IARC (The International Agency for Research on Cancer) zaraďuje zlúčeniny Cr(VI) ako karcinogén kategórie A „látka s karcinogénnymi účinkami na človeka“. Cr(III) do skupiny D „látka nemá karcinogénne účinky na človeka“. Prirodzený obsah chrómu v pôde je od 10-100 $mg.kg^{-1}$.

Zinok - základná charakteristika

Zinok (Zn) je prvkom druhej vedľajšej skupiny periodickej sústavy chemických prvkov (PSCHP), má atómové číslo 30 a relatívnu atómovú hmotnosť 65,38. V kryštalickej forme je bielosivý s modrastým nádychom, relatívne mäkký a dobre rozpustný v kyselinách a zásadách. Zinok je veľmi reaktívny, redukuje kovy (akrem hliníka (Al) a horčíka (Mg) a ľahko reaguje s organickými látkami, kyselinami a zásadami, pričom vytvára soli. Zinok je esenciálnou živinou pre rastliny a živočíchy. V prírode sa nachádza najčastejšie ako sfalerit (ZnS), zinkit (ZnO) a smithsonit (kalamin-$ZnCO_3$). Sfalerit je hlavná minerálna forma zinku a zdroj viac než 90 % kovového zinku. Ako prímesy obsahuje železo (Fe), kadmium (Cd) a olovo (Pb). V dôsledku širokého využitia v priemysle, doprave a stavebníctve sa dostáva do prostredia vo forme emisií a odpadu. Nežiadúce obohatenie prostredia zinkom (Zn) môže prebiehať pri používaní odpadových vôd na hnojenie a tiež pri spaľovaní odpadu z vulkanizačných materiálov. Spolu s meďou (Cu), niklom (Ni), chrómom (Cr) spočíva nebezpečnosť zinku (Zn) v jeho fytotoxicite - pri vysokých obsahoch v pôde môže znižovať pôdnu úrodnosť. V ovzduší sa zinok viaže na prachové častice a spádom dažďa je prenášaný do povrchovej (akumulácia v telách rýb) a podzemnej vody. Do organizmu sa dostáva konzumáciou kontaminovanej potravy, pitnej vody a inhaláciou kontaminovaného vzduchu. Pri expozícii človeka oxidom zinočnatým (ZnO - zinková bieloba) dochádza k tzv. nemoci zlievačov, ktorá nevzniká pri koncentrácii nižších než 15 $mg.m^{-3}$ vo vzduchu. Zinok je biogénny prvok a vyskytuje sa v živých organizmoch. Chronická otrava zinkom u človeka popísaná nebola. Morské živočíchy, mäso, mliečne výrobky, celozrnné produkty, orechy a strukoviny obsahujú veľa zinku.

IARC (The International Agency for Research on Cancer) klasifikuje zinok (Zn) ako karcinogén kategórie 2B „možné karcinogény. DHHS (The Department of Health and Human Services) a US EPA (Environmental Protection Agency) klasifikujú zinok (Zn) ako karcinogén pre človeka. US EPA odporúča limitnú hodnotu zinku (Zn) v pitnej vode 5 ppm. OSHA (The Occupational Safety and Health Administration) stanovila maximálnu limitnú hodnotu pre chlorid zinku na 12 $mg.m^{-3}$ pre pracovné prostredie počas 8 - hodinovej pracovnej smeny a 40 hodinového pracovného týždňa a 5 $mg.m^{-3}$ pre oxid zinku ako plynu.

Arzén - základná charakteristika

Arzén je kov sivej farby s kovovým leskom, ktorý sa v prírode vyskytuje predovšetkým vo forme sulfidov, najčastejšie ako arzenopyrit (FeAsS). Samotný kov nie je jedovatý, v organizme sa však metabolizuje na toxické zlúčeniny - najčastejšie oxid arzenitý (As_2O_3). Uvoľňuje sa pri výrobe iných kovov - olova (Pb), striebra (Ag), medi (Cu), železa (Fe) a i., pri spaľovaní uhlia, využíva sa pri výrobe prostriedkov na ochranu rastlín, pri výrobe liekov a v sklárstve. Zlúčeniny trojmocného arzénu sú oveľa toxickejšie ako zlúčeniny päťmocného. Súvisí to predovšetkým s ich väčšou rozpustnosťou vo vode.

Arzén (As) je karcinogénny a mutagénny prvok. Akútne otravy po použití sú dnes zriedkavé, prejavujú sa v priebehu niekoľkých minút po požití 70 - 180 mg As_2O_3.

Dlhodobé vstrebávanie malých dávok vedie k chronickej otrave za vzniku poškodenia kože, nervových príznakov a poškodenia krvotvorby, môže dôjsť k rakovine kože a pľúc. V rastlinách sa arzén nekumuluje. Jeho nebezpečenstvo spočíva najmä v priamom vstupe do organizmu alebo kontaminácii vôd, napr. v okolí tepelných elektrární z horenia fosílnych palív - okolie Novák, okolie Krompách, kde v hutách tavili farebné kovy s prímesou arzénu (As). Kontaminácia životného prostredia arzénom (As) sa opakovane prejavila zhoršením chovu poľnohospodárskych zvierat, úhynom včiel a poklesom výnosu poľnohospodárskych plodín. Ochrana životného prostredia preto spočíva v kontrole poľnohospodárskych postupov, spaľovaním ušľachtilejších palív, odlučovaní spalín z komínových výduchov a kontrole potravín.

WHO (The World Health Organization), DHHS (The Department of Health and Human Services) a US EPA (US Environmental Protection Agency) zaraďujú anorganický arzén do skupiny A „látka s karcinogénnymi účinkami na človeka“. US EPA stanovila limitnú hodnotu 0,01 ppm pre pitnú vodu. OSHA (The Occupational Safety and Health Administration) stanovila limitnú hodnotu 10 $g.m^{-3}$ pre pracovné prostredie počas 8 hodinovej pracovnej smeny a 40 hodinového pracovného týždňa.

Olovo - základná charakteristika

Olovo je prvok skupiny IV.A podskupiny PSCHP (periodická sústava chemických prvkov). Je to modrastý, striebrolesklý mäkký kov. Je nerozpustný vo vode, rozpúšťa sa v teplej kyseline chlorovodíkovej (HCl). Možno ho krájať nožom a písať ním na papier, valcovať, vytiahnuť na tenký drôt, odlievať. Jeho názov pochádza z rímskych čias. Je 50 krát mäkšie ako oceľ.

Olovo je najrozšírenejšie z ťažkých kovov. Do prostredia sa dostáva z exhalačných zdrojov ale hlavne výfukovými plynmi zo spaľovacích motorov, z farieb a akumulátorov. Tetraetylolovo, ktorý sa pridával ako antidetonátor do motorových olejov, je najznámejšou jedovatou organickou zlúčninou olova. Prechodom na bezolovnaté benzíny sa odstránil jeden z najvýznamnejších zdrojov olova v životnom prostredí. K intoxikácii môže dôjsť inhalačne alebo požívatinami. Už dávka 1 mg/deň/osoba per os môže po určitej dobe vyvolávať príznaky otravy. Pri inhalácii sa resorbuje asi 40 - 50 % inhalovaného množstva, po ingescii sa v tráviacom trakte resorbuje približne 10 %. Toxické je nielen samotné olovo, ale jedovaté sú aj jeho oxidy a soli (oxidy - oxid olovnatý (PbO) - kjelt, mastikot, „biele olovo“, ortoolovičitan olovnatý (Pb_3O_4) - mínium, soli - napr. chlorid olovnatý ($PbCl_2$), dusičnan olovnatý ($Pb(NO_3)_2$). K rastlinám sa olovo naväzuje obyčajne ako vonkajší kontaminant, koreňmi sa prijíma len malé množstvo. Olovo preniká membránami všetkých buniek, ťažko sa z organizmu vylučuje a hromadí sa v kostiach (98 %), v pečeni, slezine, obličkách, mozgu a zuboch. Pri dlhotrvajúcej expozícií olovom sa zistili poruchy krvotvorby, tráviacích funkcií a svalovej činnosti. Je to hlavný environmentálny ťažký kov vyvolávajúci hematologické, gastrointestinálne a neurologické poškodenia.

Podľa WHO (The World Health Organization), bol určený limit pre olovo v ovzduší pri koncentrácii 0,5 $ng.m^{-3}$. Prirodzený obsah olova (Pb) je vo väčšine rastlinných produktov 0,005 až 0,3 $mg.100^{-1}$ g. Maximálne denné zaťaženie olovom u človeka je okolo 100-400 mg a vekom jeho množstvo stúpa. IARC (The International Agency for Research on Cancer) klasifikuje olovo ako karcinogén 2B „možné karcinogény“. US EPA (Environmental Protection Agency) klasifikuje olovo a jeho zlúčeniny do skupiny 2B „látka s predpokladanými karcinogénnymi účinkami na človeka“.

Kadmium – základná charakteristika

Kadmium (Cd) je prvkom druhej vedľajšej skupiny periodickej sústavy chemických prvkov (PSCHP), má atómové číslo 48 a relatívnu atómovú hmotnosť 112,41. Kadmium (Cd) je lesklý biely kov s bodom topenia 321,7 ° C. Vyskytuje sa v mnohých anorganických a organických zlúčeninách ako dvojmocný katión. S organickými zlúčeninami tvorí komplexy. Toxické sú takmer všetky zlúčeniny kadmia - oxid, sírnik, hydroxid aj soli. Na rozdiel od iných kovov má pomerne nízku teplotu, pri ktorej prechádza do plynnej fázy v ovzduší, takže jeho dymy a prach predstavujú značné riziko. Dym z horiaceho kadmiového prášku - oxid kademnatý (CdO) je žltohnedej farby. Tuhé kadmium (Cd) je nehorľavé, v práškovej forme je však horľavé.

Kadmium patrí medzi kovy, ktoré sa kumulujú v pôde a v niektorých rastlinách, najmä pri nízkom pH pôdy (napr. v lístí, v šampiňonových hubách alebo v ryži). V pôde sa nachádza v koncentráciách 0,01 až 0,7 $mg.kg^{-1}$. Spolu so zinkom (Zn) sa vyskytuje v rudách a pôde v pomere 1:100 až 1:1000. Vo forme sírnika kademnatého (CdS) je zvyčajne v rudách, ktoré obsahujú aj olovo (Pb), zinok (Zn) a meď (Cu).

Medzi hlavné zdroje kadmia patrí vulkanická činnosť, zvetrávanie hornín, či lesné požiare. Do životného prostredia sa dostáva ťažbou a spracovaním fosílnych palív, železných a neželezných rúd, vápencov, pri výrobe cementu. Nachádza sa v Cd-Ni batériách, v stabilizátoroch plastov, domácich spotrebičoch. Kadmium sa vyskytuje aj v syntetickom superfosfáte a v superfosfátoch prirodzeného pôvodu. Kadmiové (žltooranžové) farby sa pridávajú do náterov, gúm, textilu, skla a keramiky. Farby sú tepelne stále a rezistentné proti alkaliám a rizikový je hlavne postrek farbami obsahujúce kadmium. Spolu so zinkom (Zn) sa vyskytuje v rudách a pôde v pomere 1:100 až 1:1000. Vo forme sírnika kademnatého (CdS) je zvyčajne v rudách, ktoré obsahujú aj olovo (Pb), zinok (Zn) a meď (Cu). Na rozdiel od ortuti nepodlieha biotransformácii a nemôže byť uvoľnené ako alkylderivát z organizmu. V súčasnosti má široké použitie pre antikorózne účinky a slúži ako podklad pri galvanickom postriebrovaní a poniklovaní. Veľké využitie má aj v klenotníctve pri výrobe bižutérie. Do atmosféry sa môže dostať pri zlej technológii spaľovania odpadov (vyššia expozícia kadmia je v okolí hút, kde sa tavia rudy s prímesou Cd) alebo ropných látok.

Podľa WHO najväčšia časť kadmia sa viaže v ovzduší na jemné čiastočky (< 1 μm), tie potom môžu migrovať až do vzdialenosti 1 - 2 km. Dochádza tak k hromadeniu kadmia v pôde, vode a následnému vstupu do potravového reťazca. V pôde a v niektorých rastlinách dochádza k hromadeniu najmä pri nízkom pH pôdy (napr. lístie, ryža). V poľnohospodárskych pôdach

môže byť akumulácia kadmia spojená s aplikáciou fosforečných hnojív, čistiarenských kalov, niektorých fungicídov. Koncentrácia kadmia v pôde sa pohybuje od 0,01 až 0,7 $mg.kg^{-1}$ a najviac sa kumuluje vo vrstve 0-5 cm. S pribúdajúcou hĺbkou dochádza k poklesu koncentrácie. Pri zvetrávaní hornín (obsah nepresahuje 0,3 $mg.kg^{-1}$) ľahko precháza do roztoku a jeho výskyt je vo forme Cd^{2+}. Spôsob obhospodárovania, doba zberu pestovateľskej obilniny a taktiež prostredie (klíma) má vplyv na prestup kadmia do rastlín. To svedčí o tom, že zvýšený obsah kadmia v pôde je výsledkom zvýšenej absorpcie kadmia práve rastlinami, ale biologická dostupnosť kadmia je podmienená aj od zloženia pôdneho roztoku, pH pôdy, redoxného potenciálu. *Pôda* má schopnosť do určitej miery eliminovať negatívne účinky znečistenia. V porovnaní s ďalšími zložkami životného prostredia je postavenie pôdy výnimočné. Vzduch a voda sa môžu pohybovať (dochádza k riedeniu) a v prípade, že prestane pôsobiť zdroj znečistenia dochádza aj k obmedzeniu resp. k celkovému vylúčeniu znečistenia. Pri znečistení pôdy rizikovými prvkami si však musíme uvedomiť, že ide o nevratný proces, nedá sa spozorovať okamžite, a preto je to o to závažnejšie. Vo vodách kadmium doprevádza zinok v podstatne nižších koncentráciách. Vyšší obsah kadmia (Cd) sa opakovane zistil vo vode pretekajúcej práve pri baniach na zinok. Rozpustnosť vo vode je podmienená rozpustnosťou $CdCO_3$ a $Cd(OH)_2$. Vo všeobecnosti sa akceptuje, že ľudia (ale aj zvieratá) sú najcitlivejšou skupinou na príjem kadmia z prostredia. Hlavným zdrojom príjmu kadmia pre človeka aj zvieratá sú potraviny, krmivá a nápoje. Odhaduje sa, že priemerný denný príjem kadmia potravou je 50 µg. Z denného príjmu sa v organizme zadrží až 25%. V mliečnej strave je obsah vyšší. Letálna dávka pri perorálnom príjme je 350-8900 µg.

<u>*Profesionálna expozícia*</u> sa vyskytuje v automobilovom, leteckom a lodnom priemysle. Kadmiové (žltooranžové) farby sa pridávajú do náterov, gumy, textilu, skla a keramiky. Farby sú tepelne stále a rezistentné proti alkáliám. Rizikový je najmä postrek farbami s obsahom kadmia. Nachádza sa tiež v cigaretovom dyme.

<u>*Neprofesionálna expozícia*</u> sa vyskytuje po konzumácii kyslých požívatín v skladovaných pokadmiovaných nádobách a opakovane sa vyskytli po kontaminácii vody z galvanizovaných potrubí. Kadmium (Cd) sa vyskytuje aj v syntetickom superfosfáte a v superfosfátoch prirodzeného pôvodu. Jeho obsah v ovzduší sa zvyšuje pri spaľovaní odpadov. Vyššia expozícia kadmia je v okolí hút, kde sa tavia rudy s prímesou Cd (bola potvrdená napr. u detí v Mexiku).

Zaznamenané sú otravy detí po prehltnutí malej diskovej kadmiovej batérie. Choroba *„Itai-Itai"*ako následok vysokého príjmu kadmia (Cd) sa zistila v 40. rokoch v Japonsku u ľudí, ktorí pracovali na ryžovýh poliach (kontaminácia riečnej vody z blízkej bane). Vyšší obsah kadmia (Cd) sa opakovane zistil vo vode pretekajúcej aj pri baniach na zinok. Kadmium (Cd) má v súčasnosti široké použitie pre antikorózne účinky a slúži ako podklad pri galvanickom postriebrovaní a poniklovaní. Veľké využitie má aj v klenotníctve pri výrobe bižutérie. Hlavným zdrojom príjmu kadmia pre človeka aj zvieratá sú potraviny a nápoje. Pri nadýchnutí výparov pri výrobe hrozí edém pľúc. Jedovatý oxid kademnatý (CdO) a chlorid kademnatý ($CdCl_2$) spôsobujú zvracanie. Významným zdrojom jeho akumulácie v organizme je fajčenie. Toxický efekt kadmia sa prejaví vtedy, ak zasiahnú kademnaté ióny v dostatočne efektívnej koncentrácii príslušné recepčné miesta v organizme. Tento proces je ovplyvňovaný vstrebávaním, kumuláciou, metabolizmom a vylučovaním Keď dosiahne koncentrácia určitú hodnotu (tzv. kritická koncentrácia), začnú sa prejavovať niektoré reverzibilné aj ireverzibilné zmeny bunkových funkcií. Za tzv. kritický orgán je považovaný orgán s najväčšou kumuláciou prvku. Pre kadmium sú kritickými orgánmi obličky, semenníky, pľúca a pečeň. Kadmium sa vylučuje močom, biologický polčas vylučovania je však veľmi dlhý (8-40 rokov). WHO (The World Health Organization), odporúča prijať za nekarcinogénny limit kadmia v ovzduší koncentráciu 5 $ng.m^{-3}$. Súčasné hladiny na vidieku obyčajne nepresahujú 0,4 ng/m^3, v mestách sa pohybuje v rozsahu 0,2 až 2,5 ng. m^{-3}. Samozrejme v okolí určitých priemyselných aglomerácií môže byť táto koncentrácia významne vyššia.

WHO určilo predbežný tolerovateľný týždenný príjem (PTWI - provional tolerable weekly intake) pre kadmium na 7 $\mu g.kg^{-1}$ hmotnosti. Nakoľko pre väčšinu populácie sú hlavným zdrojom kadmia požívatiny, sústredila sa pozornosť na ich kvalitu, ako i na zníženie kontaminácie prostredia kadmiom. Pri priemernej absorpcii okolo 5 % z prijatého množstva, sa denne v organizme zadrží približne 0,5 až 1 μg kadmia. Podľa prílohy č. 1 vyhl. č. 706/2002 Z.z. je kadmium zaradené do 1. skupiny látok s karcinogénnym účinkom Na základe epidemiologických štúdií bol zistený nárast rakoviny pľúc a rakoviny prostaty pri dlhotrvajúcej inhalácii expozíciou kadmia (Cd). Letálna dávka pre človeka je 0,3 - 8.9 g. US EPA (Environmental Protection Agency) zaraďuje kadmium do skupiny B1 - „pravdepodobný" ľudský karcinogén.

Ortuť- základná charakteristika

Ortuť (Hg) je prvkom šiestej vedľajšej skupiny periodickej sústavy chemických prvkov (PSCHP) má atómové číslo 80 a relatívnu atómovú hmotnosť 200,59. Je to lesklý kov, strieborno-bielej farby, bez výrazného zápachu, pri horení bezfarebný. V kombinácii s inými chemickými látkami ako napr. chlór (Cl), síra (S) alebo kyslík (O_2) sa viaže a tvorí anorganickú formu alebo formu solí, ktoré sú vo väčšine prípadov v kryštalickej forme, prípadne vo forme bieleho prášku. Ortuť (Hg) sa vyskytuje ako kvapalina a para, pričom sa vyparuje už pri izbovej teplote. Z anorganických zlúčenín je významný: chlorid ortuťný (Hg_2Cl_2) - kalomel, biely vo vode nerozpustný prášok, chlorid ortuťnatý ($HgCl_2$), tzv. sublimát, dusičnan ortuťnatý ($Hg(NO_3)_2$) a kyanid ortuťnatý ($Hg(CN)_2$).

K významným organickým zlúčeninám patria alkyly - metylortuť, etylortuť (prípravky Panogen, Agrostan A, ktoré sa používajú ako moridlá osiva), arylderiváty - fenylortuť (prípravok Agronal). Vysokotoxická metylnatá ortuť, ktorá vzniká vo vodnom prostredí (metylortuť (CH_3Hg), dimetylortuť $(CH_2)_2Hg$ a metylhydragyium-hydroxid (CH_3HgOH)) je obsiahnutá v morských sedimentoch a má schopnosť sa koncentrovať v morských živočíchoch, odkiaľ sa dostáva do potravového reťazca (otrava v Japonsku - Minamata - kontaminácia rýb odpadovými vodami obsahujúcimi ortuť (Hg), Aljaška - až 30 % druhov rýb obsahuje ortuť (Hg) v koncentráciách, ktoré prevyšujú kritickú hodnotu únosnú pre človeka). V priemysle sa využíva najmä na výrobu elektród, elektrických zariadení, farbív, meracích a kontrolných zariadení. Využíva sa aj v stomatológii a chemických laboratóriách. Toxické vlastnosti závisia okrem množstva tiež od chemického zloženia a spôsobu podania.

Podmienkou toxického účinku je oxidácia Hg^0 na Hg^{1+} až Hg^{2+} Po oxidácii sa Hg^{2+} viaže na -SH skupiny proteínov, čím sa inaktivujú. Po absorpcii sa veľká časť ortuti (v závislosti od typu zlúčeniny a miesta absorpcie) dostáva do cirkulácie. Časť vstupuje do erytrocytov a časť sa viaže na ligandy v plazme. Pomer obsahu ortuti v plazme a v erytrocytoch je asi 1:1. V erytrocytoch sa ortuť (Hg) viaže na -SH skupiny hemoglobínu. Elementárna ortuť (napr. pri otravách parami ortuti) sa tu oxiduje na dvojmocný katión. V plazme sa ortuť viaže na albumín a na iné proteíny plazmy, ktoré obsahujú voľné -SH skupiny. Pri expozícii ortuti sa zvyšuje množstvo metalotioneínu (nízkomolekulovej bielkoviny obsahujúcej –SH skupiny), čo do určitej miery bráni poškodeniu obličiek.

Ortuť sa do organizmu dostáva prevažne inhaláciou vo forme ortuťových pár, menej gastrointestinálnym traktom (GIT). Až 80 % inhalovaných pár ortuti je absorbovaných v pľúcach. Absorpcia elementárnej ortuti v GITe je veľmi malá, menej ako 1 %. Zlúčeniny,

ktoré obsahujú dvojmocnú ortuť sa vstrebávajú v GITe viac, až do 10 %. Poškodenie orgánov súvisí s koncentráciou ortuti (Hg). Jej distribúcia závisí nielen od fyzikálnych vlastností (Hg^0 a organické zlúčeniny sú lipofilné), ale aj od anatomickej skladby orgánov. Ortuť je transportovaná krvou a distribuovaná do rôznych orgánov, napr. do mozgu, obličiek, štítnej žľazy, hypofýzy, pečene, vaječníkov, pankreasu, prostaty a testes. Elementárna ortuť a niektoré organické zlúčeniny ortuti ľahko prechádzajú membránami, napríklad membránou erytrocytov a na rozdiel od niektorých iných ťažkých kovov (napr. kadmia), ortuť ľahko prechádza aj placentárnou a hematoencefalickou bariérou. Vysoká koncentrácia ortuti (Hg) je v obličkách, ktoré sú orgánom jej eliminácie. V komplexe s glutatiónom sa vylučuje žlčou a dostáva sa aj do potných, slinných a mliečnych žliaz. U človeka je priemerný biologický polčas vylučovania pre anorganickú ortuť 60 dní, pre alkylové zlúčeniny ortuti (Hg) 70 dní. Akumulácia vo vlasoch slúži na zisťovanie expozície ortuti (Hg). Obličky sú miestom najväčšej akumulácie ortuti a tiež hlavným miestom jej exkrécie.

Ortuť sa nachádza v prírodnom prostredí bežne, nakoľko je súčasťou zemskej kôry. Jej pôvod môže byť geogénny a antropogénny. Do životného prostredia sa ortuť dostáva počas svojej výroby a spracovania produktov (výroba elektród, elektrických zariadení, farbív, meracích a kontrolných zariadení, použitie v stomatológii, v chemických laboratóriách a pod.). Za rok sa toto množstvo odhaduje na 10 000 - 30 000 ton ortuti, do životného prostredia dostáva jej vyparovaním z povrchu zeme a oceánov (pary kovovej ortuti, prchavé organické zlúčeniny). K premene ortuti (prítomnej vo forme iónov) v prchavej forme môže teoreticky dochádzať tromi spôsobmi: chemickou reakciou na elementárnu ortuť (doposiaľ v prírode nebola preukázaná), redukciou na elementárnu ortuť účinkom mikroorganizmov, rastlín, živočíchov a biotransformáciou na viac prchavé organoortuťnaté zlúčeniny (alkyzlúčeniny). Podľa najnovších údajov sa z prirodzených zdrojov ročne do atmosféry uvoľní 5207.10^6 g ortuti, z antropogénnych zdrojov 2909.10^6g (celkovo 8116.10^6g) ortuti. Hlavnými antropogénnymi zdrojmi, ktorými sa ortuť dostáva do atmosféry je spaľovanie fosílnych palív (1422.10^6 $g.rok^{-1}$), ťažba zlata ($400.10^6 g.rok^{-1}$), nakladanie s odpadom ($187 .10^6$ $g.rok^{-1}$), výroba neželezných kovov(310.10^6 $g.rok^{-1}$), výroba cementu (236.10^6 $g.rok^{-1}$). Globálne emisie ortuti z prírodných zdrojov sa odhadujú na $3,0 . 10^6 g.rok^{-1}$. Priemerný obsah ortuti (Hg) v zemskej kôre je cca 0,067 ppm.

Ovzdušie, voda, pôda - pary elementárnej ortuti uvoľnené zo zemskej kôry stúpajú do atmosféry (množstvo približne 18 $mg.m^{-3}$), kde dochádza k ich oxidácii na dvojmocnú ortuť a odtiaľ sa zlúčeniny dažďom dostávajú do vodných rezervoárov. Dvojmocná ortuť je v sedimetoch na dne morí a jazier činnosťou mikroorganizmov metylovaná na metylortuť. Vstupuje do potravového reťazca - fytoplanktón - zooplanktón - malé ryby - veľké ryby. Na vrchole tohto reťazca sú živočíchy (živia sa rybami), vrátane človeka. V priebehu tohto reťazca dochádza k procesu bioakumulácie metylortuti, koncentrácia sa postupne zvyšuje, pričom na vrchole reťazca dosiahnuté hodnoty rádovo miliónkrát prevyšujú koncentráciu metylortuti v okolitej vode. Vo všeobecnosti platí, že veľké a dlhšie žijúce ryby (žralok, tuniak, makrela, šťuka) obsahujú aj väčšie množstvo ortuti. „Rozhodnutím Európskej komisie EEC 93/351“ hodnota v mäse rýb žijúcich v relatívne nekontaminovaných oblastiach by mala byť pod 0,5 $\mu g.g^{-1}$. Koncentrácia ortuti v ovzduší sa pohybuje na vidieku v rozmedzí 1-5 $\mu g.m^{-3}$ a v mestách 7-10 $\mu g.m^{-3}$. Obohatenie pôd ortuťou je spôsobené spaľovaním uhlia, výskytom nálezísk cinabaritu, ale aj napr. aplikáciou fungicídov vyrobených na báze ortuti. Používanie čistiarenských a mestských kalov a hnojív je tiež zdrojom znečistenia pôdy ortuťou. Nejde však len o kontamináciu pôdy, ale sekundárne sa jedná aj o vegetáciu rastúc na nej. Do pôdy sa ortuť dostane v rozpätí 0,02-03 $mg.kg^{-1}$. Koncentrácia ortuti v nekontaminovaných pôdach by sa mala pohybovať v rozmedzí 0,02-0,2 $mg.kg^{-1.}$ Priemerné koncentrácie, ktoré sú ovplyvnené ľudskou činnosťou sú v rozpätí 0,1-0,4 $mg.kg^{-1,}$ a v okolí priemyselných podnikov a krematórií až 1,8 $mg.kg^{-1}$, na tretine územia Slovenska je obsah celkovej ortuti vyšší v drevinách (hodnota prekračuje 0,12 $mg.kg^{-1}$). Prirodzený obsah v pôde sa pohybuje v jednotkách až desiatkach $\mu g.kg^{-1}$. Využitie ortuti a jej zlúčenín sa rapídne rozšírilo a tento fakt nemôže zostať bez následkov pre: životné prostredie, živé organizmy vrátane človeka a zvieratá. Z tohto dôvodu je dôležité vytvárať priaznivé životné podmienky aj pre hospodárske zvieratá (aktívna tvorba zdravia) vychádzajúc zo základných fenoménov - komplexnosť opatrení a rešpektovanie variability pôsobenia vzťahov a faktorov medzi vnútorným a vonkajším prostredím. Koncentrácia ortuti (Hg) v ovzduší sa pohybuje v rozmedzí 1 - 5 $\mu g.m^{-3}$ na vidieku, 7 - 10 $\mu g.m^{-3}$ v mestách. Na tretine územia Slovenska je obsah celkovej ortuti vyšší v drevinách (t.j. hodnota prekračujúca 0,12 $mg.kg^{-1}$, čo platí najmä pre priemyselné oblasti a okolie spaľovní a krematórií. Prirodzený obsah v pôde sa pohybuje v jednotkách až desiatkach mikrogramov na kilogram. US EPA (Environmental Protection Agency) zaraďuje anorganickú ortuť do skupiny D „látky nemajú karcinogénne účinky na človeka“.

8.2 Prehľad toxických účinkov vybraných ťažkých kovov

Základný prehľad toxických účinkov vybraných kovov uvádza tabuľka 5.

Tab.5. Základný prehľad toxických účinkov vybraných kovov

NÁZOV KOVU	ZDROJ	TOXICITA - ÚČINKY
Cr CHRÓM	-spaľovanie fosílnych palív a odpadu (Cr^{3+}), -vo vysokej koncentr. prít. v cemente, -hutnícky, drevársky priemysel, -kožušnícky priemysel, -povrchová úprava kovov, (konzervačné prostriedky)	-málo toxický v elementárnej forme, -závislosť toxicity od oxidačného stupňa, - ako biogénny prvok vo fome Cr^{3+} (40 µg/deň), Cr^{VI}-karcinogénny,mutagénny, nefrotoxický, hepatotoxický (má silné oxidačné vlastnost, pri redukcii Cr^{VI} na Cr^{3+} vznikajú vysoko reaktívne radikály, najmä hydroxylový radikál -OH)
Cd KADMIUM	-výroba pigmentov a farbív, -výroba a recyklácia batérií, -elektrotechnika, -hutníctvo (rudy Pb a Zn), -spaľovanie fosílnych palív (prchavé zlúčeniny sa uvoľňujú už pri teplote 480 °C)	-veľmi podobné zinku (Zn), -v enzýmoch môže nahradiť Zn a ďalšie biogénne prvky ako železo (Fe) a meď Cu) – ovplyvňuje činnosť enzýmov, -viaže sa na -SH skupinu aktívnych enzýmov a spôsobuje ich inhibíciu, -nebezpečná je inhalácia prachu a dymu, - je kumulatívny jed (kumuluje sa v prostate, obličkách, pečeni) -karcinogénny, ovplyvňuje metabolizmus vápnika (osteoporóza)
Hg ORTUŤ	-hutnícky priemysel, -spaľovanie fosílnych palív, -pesticídy(herbicídy, fungicídy), -elektrochemická výroba	-ortuť (Hg) enzýmovsa viaže na - SH skupinu aktívnych centier enzýmov,spôsobuje ich inhibíciu, -nebezpečné sú samotné výpary ortuti, -kumulatívny jed, neurotoxicita, nefrotoxicita
Pb OLOVO	-výroba a recyklácia batérií, -motorový benzín, (antidetonačné prísady) -hutnícky priemysel, -výroba pigmentov, glazúr, -výroba skla, -výroba keramiky	-olovo (Pb) sa viaže na -SH skupinu aktívnychcentier enzýmov, spôsobuje ich inhibíciu, -po expozícii sa v organizme viaže na červené krvinky, -chronická expozícia (napr. tlačiari), *<u>účinky pôsobenia Pb</u>* -hematotoxické (spôsobuje anémiu v dôsledku poškodenia membrány červených krviniek a narušenie krvotvorby) -nefrotoxické, hepatotoxické, neurotoxické
AS ARZÉN	- tepelné elektrárne z horenia fosílnych palív - okolie Novák, Krompách (v hutách sa tavili farebné kovy	-v organizme sa metabolizuje na toxické zlúčeniny, najčastejšie oxid arzenitý (As_2O_3),. -zlúčeniny trojmocného arzénu sú oveľa toxickejšie ako .s prímesou arzénu (As) zlúčeniny päťmocného, (súvisí to predovšetkým s ich väčšou rozpustnosťou vo vode) -je karcinogénny a mutagénny prvok, -chronická intoxikácia (dlhodobé vstrebávanie malých dávok vedie k chronickej otrave za vzniku poškodenia kože,nervových príznakov a poškodenia krvotvorby, môže dôjsť k rakovine ..kože a pľúc)

Zdoj: Upravené podľa Kubátová, 2018

9 ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE na Slovensku - prehľad

Zákon č. 128/2015 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov definuje pojem *„závažná priemyselná havária“* ako udalosť, akou je závažný únik nebezpečnej látky, požiar alebo výbuch v dôsledku nekontrolovateľného vývoja počas prevádzky podniku vedúci k vážnemu bezprostrednému alebo následnému ohrozeniu zdravia ľudí, životného prostredia alebo majetku s prítomnosťou jednej alebo viacerých nebezpečných látok

Aj keď sa Slovensko nachádza v pomerne dobrej geografickej polohe, predsa čoraz viac sa vyskytujú živelné pohromy ako napr.víchrice, zosuv pôdy, záplavy, lavíny. Tento fakt si plne uvedujeme. Avšak pri úniku nebezpečných toxických látok (zväčša technologická príčina) podľa už doterajších poznatkov dochádza k rozsiahlym poškodeniam zdravia osôb a úmrtiam.

Tab. 6 Prehľad niektorých závažných havárii

ROK	ORGANIZÁCIA	PRÍČINA	Následky na ŽP	Následky na zdraví, iné
2005	U.S.Steel Košice, s.r.o 28.9.2005	únik 38,5 ton kvapalného kyslíka	žiadne	-
2005	Novácke chemické závod. 28.9.2005	výbuch zásobníka 72,219 ton etylénchlórhydrínu	žiadne	5
2006	U.S.Steel Košice, s.r.o 16.11. 2006	zlyhanie dodávky el.energie a následné zlyhanie technolog.a zabezpečovacích zariadení podniku	žiadne	Žiadne evakuovaných 359 osôb
2010	Dušlo a.s. Šaľa 24.7.2010	zlyhanie tesnosti vybavenia rozvodu plynu, netesnosťna šošovkovom spoji klapky a prírube prívodného potrubia syntézneho plynu DN 300...,	žiadne	5 zranení poškodené technologické zariadenia a stavebné objekty
2010	Slovnaft a.s. Vlčie hrdlo Bratislava, 9.12.2010 hrozba havárie	explózia, požiar	v podstate žiadne	-

ZÁVER

Problémy životného prostredia nadobudajú už celosvetový charakter vrátane Slovenska. Preto je potrebné neustále sa zaoberať danou tématikou a poukazovať na skutočnosti, ktoré môžu viesť, resp. už vedú k narušeniu základných požiadaviek na zdravý život (čistota vody, pôdy, ovzdušia) a následne zníženia rizika kontaminácie napr. potravovým reťazcom.

Najnovšie štúdie poukazujú na to, že každé šieste úmrtie na Slovensku súvisí so znečisteným životným prostredím. Odhady WHO (Svetová zdravotnícka organizácia) uvádzajú, že približne 25 % - 30 % všetkých zdravotných dôsledkov možno pripísať práve pôsobeniu negatívnych environmentálnych faktorov.

Aj na základe týchto poznatkov environmentálna politika každej krajiny by mala byť riešená-riadená tak, aby si budúce generácie udržali „čisté životné prostredie“ a mohli „zdravo žiť“. Životné prostredie je totiž kľúčovým determinantom zdravia človeka.

ZOZNAM LITERATÚRY

1. ADRIANO D.C.Trace Elements in Terrestial Environments 2nd edition, Springer, 2001, p.263-677. ISBN 0-387-98678-2
2. Akčný plán pre ŽP a zdravie obyvateľov SR III- NEHAP III – 2006-2010, uznesenie vlády SR č.10/2006.
3. ALLOWAY, B. J Soil processes and the behaviour of metals. In *Alloway, B.J: Heavy Metals in Soil, Blackie Academic & Professional,* London, 1995, 368 p. ISBN 0-751-401-986.
4. ASCHNER, M., ONISHCHENKO, N., CECCATELLI, S.: Toxicology of alkyl-mercury compuounds. Metal Ions Life Sciences, 7, 2010, p. 403-434. ISBN 978-1-84755-1771.
5. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological Profile for Cadmium. U.S. Department of Health and Human Services, 2008, p. 1-512. ISBN 978-92-9213-152.
6. BABČAN J., KHUN M., SEVC J.: Toxicita ťažkých kovov - životné prostredie. Životné prostredie, revue pre teóriu a tvorbu ŽP, SAV Bratislava, 5, 1999, s.1-5. ISBN 80-228-0869-5.
7. BAIRD C.: Environmental Chemistry, W.H. Freeman and Copany, New York, 2004, 652 p.. ISBN 9780716748779.
8. BALÍKOVÁ M. Forenzní a klinická toxikologie, GALÉN, 2007, 139 p.. ISBN 978-80-7262-284-9.
9. BENCKO V., CIKRT M., LENER J. Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka, Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p., Praha, 1985, p. 264. ISBN 80-7169-150-x.
10. BENCKO V., CIKRT M. LENER J.: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. Grada Publishing, Praha, 1995, 282s., ISBN 80-7169-150-X.
11. BENCKO V., a kol. Hygiena. Praha, 2002, 205s., ISBN 80-7184-551-5.
12. BUCHANCOVÁ J. a kolektív. Pracovné lekárstvo a toxikológia, Osveta Martin, 2003, 1095s. ISBN 80-8063-113-1.
13. BUJNOVSKÝ R. Analýza príčin degradácie pôdy ako predpoklad trvalo udržateľného využívania tohto prírodného zdroja. In: I. ročník medzinárodnej konferencie Zem v pasci? Analýza zložiek životného prostredia, Krpáčovo, 2006, s.1, An update. Electrophoresis, 30, 2009, s. 92-99. ISBN 80-228-1553-1555.
14. BURGER J., DIAZ-BARRIGA F., MARAFANTE E., POUNDS J., ROBSON M. Methodologies to examine the importance of host factors in bioavailability of metals. Ecotoxicology and Environmental Safety, 56, 2003, p. 20-31. ISBN 80-228- 1553-1555.

15. BYSTRICKÁ J., VOLLMANNOVÁ A., MUSILOVÁ J.: Ťažké kovy v systéme kontaminantov v chemickej toxikológii: Acta. Fac. Univ. Tym Avensis, Ser D., 2, 12, 2008, s. 253 -255.
16. CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals., 2009, p. 176-242. ISBN 978-0-520-07107-0.
17. CIMBOLÁKOVÁ I., UHER I., VESZELITS LAKTIČOVÁ K., VARGOVÁ M., KIMÁKOVÁ T., PAPAJOVÁ I. Heavy Metals and the Environment (online first). In book: Environmental Factors Affecting Human Health. Intech Open, Doi: 10.5772 /intechopen.86876, 2019, kategŕia Available from: Https://www.intechopen.com/online-first/heavy-metals-and-the-environment.
18. CIMBOLÁKOVÁ I., FARKAŠOVÁ IANNACCONE S. ET AL. Výskum v medicíne a etika. 1st ed. Košice: Vydavateľstvo Equilibria; 2015. 65 p. ISBN 9788081522949.
19. CIMBOLÁKOVÁ I. Vplyv rizikových prvkov na zdravie zvierat a životné prostredie: dizertačná práca. Košice; 2013. 111 p. CD-ROM
20. CIMBOLÁKOVÁ I., NOVÁKOVÁ J, LOVÁSOVÁ E. Kadmium ako kontaminant vo vybraných potravinách. In: Bezpečnosť a kvalita surovín a potravín: V. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita; 2010. ISBN 9788055203270. pp. 31-32
21. CIMBOLÁKOVÁ I., NOVÁKOVÁ J. Ťažké kovy - významná zložka potravového reťazca. Potravinárstvo. 2009, 3, (3): 14-16.
22. CIMBOLÁKOVÁ I., NOVÁKOVÁ J., LOVÁSOVÁ E. Ťažké kovy-ich vplyv na životné postredie , potravový reťazec a ydravie: In: Situácia v ekologickz zaťažených regiónoch Slovenska a strednej Európy. XVIII. Vedecké sympózium s medzinárodnou účasťou. Hrádok. Slovenská banícka spolčnosť ZSVTS 2009. Signatúra: 273665. pp.17-20. ISBN 978809003418.
23. CIMBOLÁKOVÁ I. Abiotický faktor životného prostredia. Diplomová práca.. Košice. 2007. 80 p.
24. CIMBOLÁKOVÁ I. Experimentálny algoritmus riešenia antioxidačnej ochrany po intoxikácii ortuťou. Bakalárska práca. Košice. 2005. 37 p.
25. DERCOVÁ K., MAKOVNÍKOVÁ J., BARANČÍKOVÁ G., ŽUFFA J. Bioremediácia toxických kovov kontaminujúcich vody a pôdy. Chemické listy. 2005. 99.p. 682-693.
26. ĎURŽA O., KHUN, M.: Environmentálna geochémia niektorých ťažkých kovov. Bratislava: UK, 2002, 116p., ISBN 80 223 1657 1.

27. EFSA (European Food Safety Authority). Cadmium in food. In *The EFSA Journal*, 980, 2009, p. 1-139. ISBN 1843393484.
28. FABIÁN G., PRIESOL J.. Základy environmentálnej chémie, UMB Banská bystrica, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica, 2009, 112 p.. ISBN - 9788080837310.
29. FABIÁNOVÁ E. Požiadavky na zdravé životné prostredie. Životné prostredie, č.3, SAV Bratislava, 2002, *ISBN* 80-8057-469-*3,* s. 1-6.
30. FARGAŠOVÁ A. Environmentálna toxikológia a všeobecná toxikológia. Distribúcia kovov v životnom prostredí, PF UK Bratislava, 2009, s. 1-25. ISBN 9788096967568.
31. FRANKOVSKÁ J., SLANINKA I.: Environmentálne záťaže - stav riešenia v Európe a na Slovensku. Enviromagazín ISSN 1335-1877, MČ 2, 2009, p. 4-7.
32. GANGA M. HETTIARACHCHI. Bioavailability, Toxicity, and Risk Relationships in Ecosystems In *Environmental Quality,* ISSN 1537-253735, 5, 2006, p. 951-952.
33. GARCIA-LESTÓN J., MENDÉZ J., PÁSARO E., LAFFON B. Genotoxic effects of lead: An: updated reviw. Environmental International Journal, ISSN 0160-4120, 35, 2010, p. 623-636,.
34. GERHARDSSON L., SKERFVING S. Concepts on biological markers and biomonitoring for metal toxicity. In Chang L.W., Magos L., Suzuki T.: Toxicology of metals. CRC Press. Inc., USA, 1996, p. 81-107.
35. HOUSEROVÁ P., JANÁK K., KUBÁŇ P., PAVLÍČKOVÁ K., KUBÁŇ V. Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech - vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení. Praha, In *Chemické listy*, ISSN 0009-2770, 100, 2006, p. 862-876. Https://www.intechopen.com/online-first/heavy-metals-and-the-environment
36. HUBA M. IRA V. Globalization and Global Environmental Problems. Život.Prostr., Vol. 38, No. 5, 233-236. 2004.
37. CHMIELEWSKÁ E., BEDRNA Z. Rizikové látky a environmentálne hazardy. Bratislava CICERO, 2007, 112 s. ISBN 978 80 969678 0 3.
38. IARC (International Agency for Research on Cancer). 1993. Cadmium and cadmium compounds. Berylium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. In IARC Monographs on the Evalution of Carcnogenetic Risks to Humans, 58, 1993, p. 119-237.
39. JANDAČKA J., Malcho M., Mikulík M.. Ekologické aspekty zámeny fosílnych palív za biomasu. INTERREG IIIA SR-ČR-2004-2006, 2008. 226p. ISBN 978-80-969595-5-6.

40. KIMÁKOVÁ T., CIMBOLÁKOVÁ I. et al. Environment a jeho etické aspekty. editors. recenzenti Ľubomír Straka, Bernasovská Kamila. 1sted. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach; 2015. 88 s. ISBN 9788081522963.
41. KIMÁKOVÁ Tatiana. Ortuť v životnom prostredí ako rizikový faktor zdravia / Tatiana Kimáková ; recenzenti Kamila Bernasovská, Janka Poráčová.1. vyd. - Košice : Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2017. 148 s. ISBN 9788081524783.
42. KIZEKOVÁ M., KOŠICKÁ P., MIKOLÁŠKO A. Nebezpečenstvo kontaminácie ťažkými kovmi. Integral safety of environs. Žilina 2017, 79 s. ISBN 9788089753178.
43. KONTRIŠOVÁ O.: Základné princípy bioindikácie a biomonitoringu životného prostredia, Životné Prostredie, ISSN 0044-486, 40, 2, 2006, s. 61-64.
44. KŘIŠTOFOVÁ, D.: Kovy a životní prostředí. Environmentálně nebezpečné složky elektroodpadu. I. vydání. Ostrava: VŠB- TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0740-8. s. 66.
45. KUBÁTOVÁ H. Prumyslová toxikologie a životní prostředí. SPBISPEKTRUM. ISBN 978-80-7385-210-8.
46. KUCÁROVÁ, K. a kol. 2011. Hodnotenie kvality povrchovej vody Slovenska za rok 2010: výskumná správa. Bratislava: SHMÚ, VÚVH, SVP, 128 s.
47. KUPEC, J.: Toxikologie. Univerzita Tomáše Bati, Zlín, 2004, 177s., ISBN 80-7318-216-5.
48. KURUC J.Priemyselné toxické látky.Belianum. 1. vydanie. Vydav.UMB Banská Bystrica. 2017. 92s. ISBN 978-80-557-1263-5.
49. LAHUČKÝ L., ÁRVAY J., BYSTRICKÁ J., ČÉRY J. Obsah ťažkých kovov v poľnohospodárskej produkcii dopestovanej v metalicky zaťaženom regióne Slovenska. Agriculture. 2009. 55 (3) s.156-163.
50. LEGÁTH, J.: Ochrana životného prostredia metódou odhadu rizika chemických látok pre jednotlivé zložky ekosystému. In Beseda a kol., „Aktuálne problémy kontaminácie životného prostredia z hľadiska toxikológie a ekotoxikológie“, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita Zvolen, 2000, s. 6-13, ISBN 80-228-0980-2.
51. LEGÁTH, J.: Úvod do všeobecnej toxikológie, UVLF, 2003
52. LI, Q., CAL, S., MO, C., CHU, B., PENG, L., YANG, F.: Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil. In. *Ecotoxicology Environmental Safety*, ISSN 0147-6513, 73, 2010, p. 84-88.
53. LIU, J.Qu. W., KADIISKA, M.B.: Role of oxidative stres in cadmium toxicity and carcinogenesesis. In *Toxicology Applied Pharmacology*, 2009, 238, p. 209-214.

54. MARI, M., DOMINGO J. L.: Toxic emission from crematories: a review Environment International, *ISSN* 0160-4120, 36, 1, 2010, p. 131-137.
55. MYERS, G. J, DAVIDSON, P. W, COX, C, SHAMLAYE, C, CERNICHIARI, E, CLARKSON, T. W: Twenty-seven years studying the human neurotoxicity of methylmercury exposure. Environmental Research, ISSN 0013-9351, 2000, 83, 3, p. 275-285.
56. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 496/2010. Zbierka zákonov č. 496/2010. ISBN 9780348101775.
57. NOSKOVIČ J.: Tvorba a ochrana životného prostredia, SPU Nitra, 2003, 141s. ISBN 80-8069-578-4.
58. ONDRAŠOVIČ M, ET AL.: Ochrana životného prostredia a verejného zdravia. Košice; Vydavateľstvo UVLF Košice, SR, väzba brožovaná. 2013. 271p.
59. OROLÍNOVÁ, M.: Chémia a životné prostredie, Trnavská univerzita, PU Trnava, 2009, 111 s. ISBN 978-80-8082-298-9.
60. OSINA O., Sadloňová J. Toxikológia – vybrané kapitoly. Vydanie prvé. UK Bratislava, Jeseniova LF v Martine. 95s. ISBN 978-80-8187-027-9.
61. OSTROVSKÝ I., KUBINEC R. E. Environmentálna chémia. Matrice. PF UK Bratislava. 1. vydanie. 128s. ISBN 978-80-2599-8.
62. PAVLÍK V., HEGEDUŠOVÁ, A.: Problematika stanovenia arzénu v podzemných vodách. 8. Vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov, 2007, s. 264 – 268. ISBN 9788080941062.
63. PAVOLOVÁ H., BAKALÁR T., CIMBOLÁKOVÁ I. Legislatíva životného prostredia. TU FBERG Košice. 2020. 63s.
64. PETR J.: Toxikologie, Science, 3, 2004.
65. PROKEŠ J.: Základy toxikologie. Obecná toxikologie a ekotoxikologie. Nakladateltsví Galén a Karolínum, Praha, 2005, 248s. *ISBN*, 802461085X.
66. RADVÁNI P. Environmentalistika. UMB Banská Bystrica. Fakulta prírodných vied – katedra krajinnej ekológie. 43s. 2001.
67. RÁMCOVÝ DOHOVOR OSN O ZMENE KLÍMY, 1992, New York.
68. SHARPLEY A.: Soil and water contamination: From molecular to catchment scale. Journal Environmental Qual., ISSN 0047-2425, 36, 2007, p. 607 - 608.
69. SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY č. 2000/60/ES.
70. SMERNICA RADY 91/676/EEC. ISBN 92-77-57387-2.

71. SOJÁK L., CHMIELEVWSKÁ E., KRIŠTÍN, J., KUBEC, R., MÁTEL, J.: Monitoring kontaminácie životného prostredia. Bratislava, UK, 2002, 176 s. ISBN 978-80-. 552-0711-7.
72. ŠALGOVIČOVÁ D.: Hodnotenie expozície kadmiom v podmienkach Slovenskej republiky: výskumná správa, 2009, s. 1-31.
73. ŠOTNÍK P., JURKOVIČ Ľ., HILLER E., KORDÍK J., SLANINKA I. Environmentálne záťaže. Vydavateľ: SA ŽP Banská Bystrica. 1. vydanie. 2015. 301s. ISBN 978-80-89503-42-1.
74. ŠTYRIAK I. SZABOVÁ T. ALAČOVÁ A. KOŠČOVÁ M. ŠTYRIAKOVÁ I.: Vplyv ťažkých kovov na pôdnu mikroflóru. Acta Montanistica Slovaca, 7, 4, 2002, s. 271-273. ISBN 80-969466-0-9.
75. ŠVEDOVÁ PULLMANNOVÁ M., UHER I. Globalizácia a nerovnosť vo svete In:Naukova elita jak socialʼno-ekonomičnyj faktor rozvytky deržav v umovach hlobalizaciji: mižnarodna naukovo-praktyčna konferencija, 27-28 žovtňa 2010 roku. Kyjiv : Informacijni systemi, 2010. - ISBN 978-966-2249-21-7. - S. 267-274.
76. TIPPING, E. LAWROR A.J., LOFTS S., SHOTBOLT L.: Simulating the long-term chemistry of an upland UK catchment: heavy metals. In *Environ. Pollut, ISSN* 0269-7491, 141, 2006, p. 139-150.
77. UNEP IOMC:United Ntions Environment Programme-Chemicals: Global Mercury Assessment. Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Ženeva, ISSN 1683-8157, 2002, 258 p.
78. VESZELITS LAKTIČOVÁ K, ČISLÁKOVÁ L, VARGOVÁ M, HROMADA R, ONDRAŠOVIČ M, CHVOJKA D, ET AL. Hygiena zdravotníckych farmaceutic. zariadení. Košice; Vydavateľstvo UVLF Košice, SR. 2016. ISBN 9788080774950.
79. WHO: Environmental Health Criteria 86: Mercury – Environmental Aspects. Geneva 1989, 115s. *ISBN* 92-415-4286-1.
80. WHO: Cadmium in drinking - water. WHO/SD/WSH/03.04/80, 1, 2011, ISBN 91-7045-472-8.
81. zákon o ochrane pôdy a využívaní poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Zb.z.
82. Zákon NR SR č. 137/2010 Z. z. o ochrane ovzdušia
83. Zákon NR SR č. 220/2204 Z. z. o ochrane pôdy
84. Zákon NR SR 497/2010 Z. z. o vode
85. Zákon č. 171/1992 Zb.z.o životnom prostredí v znení zákona NR SR č. 127/1994 Z. zákona NR SR č. 287/1994 Z. z., zákona č. 171/1998 Z. z. a zákona č. 211/2000 Z. z.

http://trilobit.fai.utb.cz/rizikove-faktory-znecistovania-ovzdusia-a-ich-dopad-na-ludske zdravie

www.enviro.sk

www.fcgpt.stuba.sk

www.pcrevue.sk/a/Monitorovanie-cistoty-ovzdusia

www.pixabay.com

www.openbiomarkerjournal.com

www.science.hnoline.sk

www.vitarian.sk

ENVIRONMET A JEHO VYBRANÉ ASPEKTY

Vysokoškolské učebné texty

Autori:

Ing. Iveta CIMBOLÁKOVÁ, PhD.

Doc. Ing. Henrieta PAVOLOVÁ, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Vydavateľstvo ŠafárikPress

Miesto vydania: Košice

Rok vydania: 2020

Počet strán: 73

Rozsah: 4,2

Vydanie: prvé

ISBN 978-80-8152-849-1 (e-publikácia)