

Vybrané kapitoly zo zdravia a životného prostredia



Fakulta prírodných vied
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

Katarína Trnková & Marek Drímal

Vybrané kapitoly zo zdravia a životného prostredia



2023

Publikácia vznikla s podporou grantu KEGA 029UMB-4/2021

Ing. Katarína Trnková, PhD., doc. Ing. Marek Drímal, PhD.

Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2023

Recenzenti

prof. MUDr. Cyril Klement, CSc.

prof. Ing. Iveta Marková, PhD.

Rozsah strán 124; vydanie prvé, vyšlo ako elektronická publikácia.

Text neprešiel jazykovou úpravou.

Vydavateľ: Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

ISBN: 978-80-557-2080-7

<https://doi.org/10.24040/2023.9788055720807>



Táto publikácia je šírená pod licenciou Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Licence CC BY-NC (uviedenie autora – nekomerčné použitie).

OBSAH

Predhovor	4
Zoznam obrázkov a tabuliek	5
Zoznam skratiek	5
KAPITOLA I. Environmentálne zdravie	7
I.1 Význam životného prostredia pre ľudské zdravie	7
I.2 Základné pojmy a definícia environmentálneho zdravia	9
I.3 História vývoja politiky v oblasti environmentálneho zdravia	11
I.4 Verejné zdravotníctvo - environmentálne zdravie ako súčasť verejného zdravia	14
KAPITOLA II. Ovzdušie a človek	19
II.1 Atmosféra a jej vlastnosti	19
II.2 Znečisťujúce látky v atmosfére	22
II.3 Vnútorne ovzdušie budov	33
II.3.1 Vnútorne ovzdušie v kontexte zdravia človeka	33
II.3.2 Faktory vnútorného ovzdušia budov	36
II.3.3 Účinky znečisteného ovzdušia na zdravie	37
KAPITOLA III. Klimatická zmena, podstata a dopady na zdravie a životné prostredie	54
III.1 Úvod a základné pojmy	54
III.2 Prejavy klimatickej zmeny v Európe	57
KAPITOLA IV. Chemické látky a zdravie človeka	75
IV.1 Riadenie chemických látok v legislatívnom prostredí Európskeho spoločenstva	75
IV.2 Chemický priemysel a výroba chemických látok	78
IV.3 Toxicita chemických látok a jej formy	87
Kapitola V. Voda a zdravie	102
V.1 Voda na Zemi	102
V.2 Hygienický význam vody	110
V.3 Voda ako rizikový faktor životného prostredia	116

Predhovor

Vysokoškolská učebnica Vybrané kapitoly zo zdravia a životného prostredia ponúka základné informácie o vzťahu človeka a prostredia, ktoré mu poskytuje priestor pre život. Je určená študentom a poslucháčom environmentálne zameraných odborov v študijnom programe Environmentálna biológia, najmä pre predmety Životné prostredie a zdravie, Environmentálna epidemiológia.

Učebnica sumarizuje najnovšie poznatky v oblasti environmentálneho zdravia. Informácie v nej obsiahnuté napomôžu získať vedomosti o princípoch, metódach a postupoch identifikácie, posudzovania a hodnotenia závažnosti environmentálnych a humánnych rizík a spôsobe zaobchádzania s nimi. Predstavuje humánne riziká v spojitosti so stavom zložiek životného prostredia a jeho dopadov na zdravie populácie v slede vybratých tém: Environmentálne zdravie - základné pojmy a východiská; Ovzdušie – vonkajšie a vnútorné, klíma a globálne klimatické zmeny v kontexte zdravia človeka; Voda - kontrola a posudzovanie kvality a zdravotnej bezpečnosti vody; Chemizácia životného prostredia, aktuálne témy, alternatívne riešenia.

Potreba zvyšovania odbornej úrovne profesionálnych pracovníkov naprieč rezortmi, ktoré sa touto problematikou zaoberajú, je nesporný. Všeobecný prospech spoločnosti závisí od miery akademického vzdelania odborníkov, ktorí sú schopní zhodnotiť situáciu a problematiku interpretovať politikom na všetkých úrovniach, aby správnymi argumentami, podloženými faktami a vedomosťami mohli svojej krajine dobre slúžiť.

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázky

Obr. 1 Celkový obraz zaťaženia svetovej populácie chorobami spojenými s nevyhovujúcim stavom životného prostredia	8
Obr. 2 Vplyv znečistenia na detský organizmus	11
Obr. 3 Antimikrobiálna rezistencia: princíp, príčiny a riešenia	16
Obr. 4 Vertikálny profil atmosféry znázorňujúci chod teploty a tlaku	20
Obr. 5 Veľkostné porovnanie prachových častíc	27
Obr. 6 Podiel populácie v Európskej únii vystavenej nadlimitným koncentráciám vybraných zlúčenín – limity EÚ a odporúčania Svetovej zdravotníckej organizácie WHO	32
Obr. 7 Aspekty vplyvajúce na kvalitu vnútorného ovzdušia a dopady na zdravie ..	36
Obr. 8 Svetelná mikrofotografia hýf a spór ľudského patogénu <i>Aspergillus fumigatus</i>	43
Obr. 9 Legionelóza: pôvodca ochorenia, zdroje a podmienky kontaminácie, zdravotné dopady, opatrenia	45
Obr. 10 Energetická bilancia atmosféry a zemského povrchu. Všetky hodnoty sú vo W/m^2 a priemerované na obdobie 10 rokov.	56
Obr. 11 Celkový trend nárastu priemerných ročných teplôt v Európe v období 1960-2018	58
Obr. 12 Pohľad na časť Benátskej lagúny	60
Obr. 13 Schéma proti prílivovej brány Mojžiš a umiestnenie zatváracích brán a reálny pohľad na brány	61
Obr. 14 Celková výmera plochy zničenej požiarimi v Európe v rokoch 1980 - 2020	65
Obr. 15 Citlivosť 571 miest v Európe na nebezpečenstvá spojené s klímou a počasím	69
Obr. 16 Trend vývoja úmrtnosti v dôsledku horúčav v Európe v rokoch 2000-2020 v počte prípadov na 1 milión obyvateľov za desaťročie.	70
Obr. 17 Komár tigrový (<i>Aedes albopictus</i>) pôvodom z Ázie	71
Obr. 18 Pohľad na Talin	73
Obr. 19 Piktogramy používané na označenie chemických látok a prípravkov	76
Obr. 20 Priebeh procesu karcinogenézy	93
Obr. 21 Aplikácia DDT v USA v období 40.-50. rokov	95
Obr. 22 Komplementarita organických dusíkatých báz v nukleových kyselinách ...	97

Obr. 23 Distribúcia vody na Zemi	103
Obr. 24 Mapa globálneho nedostatku vody (vodný stres*) v roku 2019.	104
Obr. 25 Vývoj globálneho využitia vody pre domácnosti, priemysel a poľnohospodárstvo v rokoch 1900–2018 (km ³ /rok)	105
Obr. 26 Spotreba vody v Európe (EEA 2018)	106
Obr. 27 Spotreba vody v domácnostiach EÚ (EEA 2018)	107
Obr. 28 a) Svetelná mikrofotografia vodného kvetu siníc rodov <i>Microcystis</i> a <i>Anabaena</i> b) a vláknitej sinice rodu <i>Phormidium</i>	120

Tabuľky

Tab. 1 Skratky niektorých plastov	86
Tab. 2 Kategorizácia jedovatosti látok	90

Zoznam skratiek

CDC	Centers for Disease Control and Prevention
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EEA	Európska environmentálna agentúra
EPA	Agentúra pre ochranu životného prostredia (angl. U.S. Environmental Protection Agency)
EK	Európska komisia
EÚ	Európska únia
KTJ	kolónie tvoriace jednotky
WHO	World Health Organization – Svetová zdravotnícka organizácia

KAPITOLA I.

Environmentálne zdravie

I.1 Význam životného prostredia pre ľudské zdravie

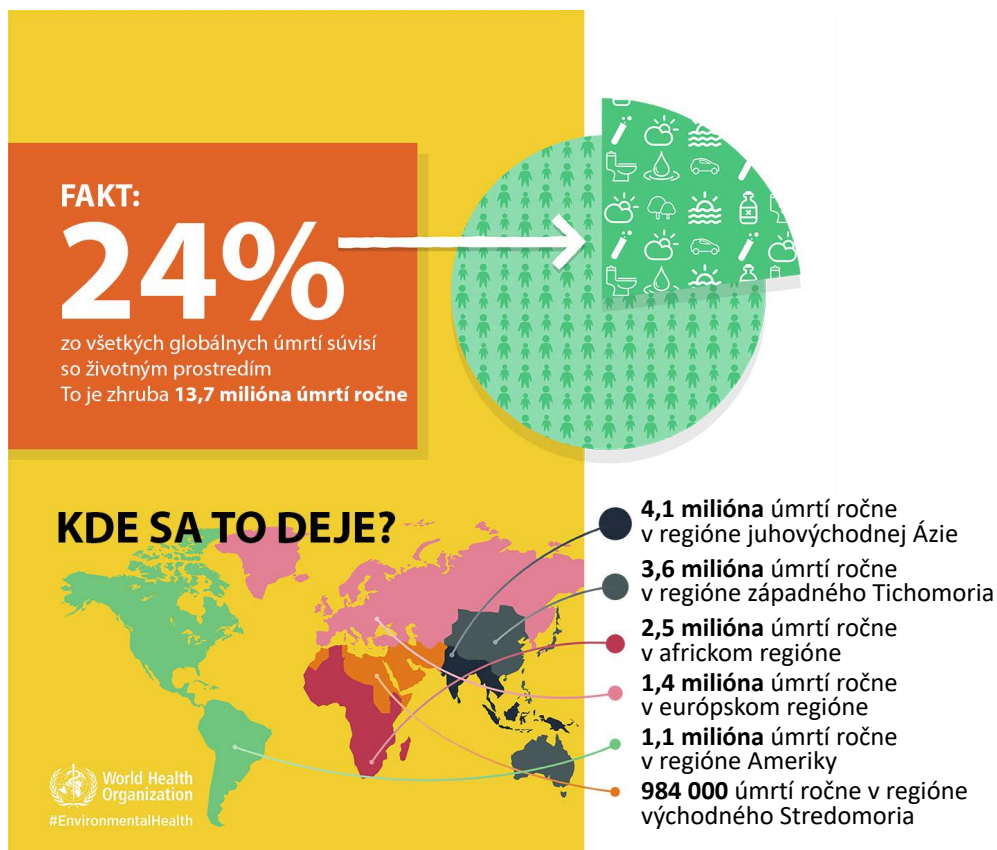
Životné prostredie bezprostredne vplýva na život a zdravie človeka. Čistý vzduch, pitná voda, zdravé potraviny však napriek pokroku ľudstva nie sú ani v súčasnosti samozrejmosťou. Industrializácia v minulom storočí značne rozšírila bohatstvo a inovácie, no tieto zisky mali často škodlivý vplyv na naše životné prostredie a následne aj na ľudské zdravie.

Popularizovať informácie o environmentálnom zdraví a jeho úzkom prepojení so stavom zložiek životného prostredia môže pomôcť zmeniť náš mnohokrát pasívny postoj k jeho ochrane a tvorbe. A to najmä s ohľadom na fakt, že zdravšie prostredie by mohlo zabrániť takmer jednej štvrtine globálnej záťaže chorobami. **Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) zodpovedali ovplyvniteľné faktory životného prostredia v roku 2016 za 24 % (13,7 milióna) celosvetových úmrtí a 28 % úmrtí medzi deťmi mladšími ako 5 rokov.**

Z regionálneho pohľadu najväčšie bremeno dopadov všetkých typov chorôb a úrazov v dôsledku nepriaznivého environmentu znášajú krajiny s nízkymi a strednými príjmami. Avšak v prípade určitých neprenosných ochorení, ako sú kardiovaskulárne a onkologické ochorenia, môže byť zaťaženie chorobami na obyvateľa relatívne vysoké aj v krajinách s vysokými príjmami.

Správa WHO uvádza, že krajiny s nízkymi a strednými príjmami v regiónoch juhovýchodnej Ázie a v západnom Tichomorí mali v roku 2016 globálne najväčšiu záťaž chorobami súvisiacimi so životným prostredím s celkovým počtom 7,7 milióna úmrtí (Obr. 1). Obyvateľstvo s nízkymi príjmami sa neúmernou pravdepodobnosťou zdržiava v oblastiach s vyššou úrovňou znečistenia ovzdušia, vody a iných typov znečistenia. Ďalšie regionálne štatistiky uvedené v správe zahŕňajú:

- 2,5 milióna úmrtí ročne v africkom regióne
- 1,1 milióna úmrtí ročne v regióne Ameriky
- 984 000 úmrtí ročne v regióne východného Stredomoria
- 1,4 milióna úmrtí ročne v európskom regióne
- 4,1 milióna úmrtí ročne v regióne juhovýchodnej Ázie
- 3,6 milióna úmrtí ročne v regióne západného Tichomoria



Obr. 1 Celkový obraz zaťaženia svetovej populácie chorobami spojenými s nevyhovujúcim stavom životného prostredia

(WHO, 2016)

Podľa údajov Svetovej zdravotníckej organizácie umiera v **európskom** regióne každý rok takmer jeden a pol milióna ľudí na ochorenia, ktoré súvisia s kvalitou životného prostredia. To zodpovedá 16 percentám všetkých úmrtí spôsobených environmentálnymi rizikami, ktorým je možné sa vyhnúť alebo ich odstrániť. Medzi najzávažnejšie environmentálne faktory patrí znečistenie ovzdušia, vody, nedostatočná sanitácia a hygiena, zvyšujúce sa vlny horúčav a prudké poveternostné javy, škodlivé vystavenie chemikáliám a žiareniu. Európske mestá a ich prostredie, systémy zdravotnej starostlivosti sú základnými súčasťami environmentálnej udržateľnosti, preto je potrebné sa nimi zaoberať a tak s uvedenou problematikou úzko súvisia tiež.

Pochopenie toho, do akej miery možno choroby a narušené ohrozenie zdravia pripísať modifikovateľným environmentálnym rizikám, môže prispieť k identifikácii príležitostí na prevenciu a malo by byť impulzom pre globálne úsilie o podporu

vhodných preventívnych opatrení prostredníctvom dostupných politík, stratégií, zásahov, technológií a poznatkov.

Obdobie posledných rokov a s ním spojené zdravotné a humanitárne núdzové situácie, ktoré sa často vyskytli súčasne; silnejúce klimatické hnutie za ochranu klímy, migračná kríza, pandémia covidu a ozbrojené konflikty, to všetko sú udalosti, ktoré budú mať dlhodobé výrazné dopady na celú podobu globálnej reality. Prevažná väčšina zásadných otázok, ktoré pred nami stoja, iste má riešenia, tie si však vyžadujú úsilie všetkých ...

I.2 Základné pojmy a definícia environmentálneho zdravia

Životné prostredie, prírodné ako aj človekom pretvorené, patrí k faktorom, ktoré ovplyvňujú zdravie človeka a jeho životnú pohodu. Vzťah životného prostredia a zdravia je komplexom interakcií týchto faktorov v prostredí, kde jednotlivec žije. Čisté prostredie, stabilná klíma, bezpečné používanie chemikálií, ochrana pred žiarením, zdravé a bezpečné pracoviská, zdravé poľnohospodárske postupy, zdraviu prospešné mestá a zastavané prostredie, zachovaná príroda, to všetko sú predpoklady dobrého zdravia. Vystavenie človeka škodlivinám z prostredia môže byť spúšťačom predčasných úmrtí, vysokej miery chorobnosti a straty rokov prežitých v zdraví. Zásahy, akými sú znižovanie znečistenia ovzdušia a kontaminácie vody, poskytovanie ochrany pred ultrafialovým žiarením a zmiernovanie dopadov klimatických zmien, môžu zlepšiť zdravotné výsledky osôb s prenosnými a neprenosnými chorobami.

Pojem zdravie je u verejnosti ponímaný rôzne, chápanie pojmu zdravie závisí od spoločnosti, v ktorej jedinec žije, stupňa jej rozvoja a od jej kultúry. Tiež od vzdelania, hodnotového systému človeka, v zmysle, čo rozumie pod pojmom zdravie a čo pre neho zdravie znamená.

WHO v roku 1947 zadefinovalo „*zdravie ako stav fyzickej, psychickej a sociálnej pohody a nielen neprítomnosť choroby či slabosti*“. V 21. storočí sme zaznamenali nové trendy, nové postavenie zdravia: infekčné choroby (**prenosné**), ktoré dominovali v chorobnosti a úmrtnosti do polovice 20. storočia sú na ústupe, ktorý je zároveň sprevádzaný nárastom chronických (**neprenosných**) ochorení. Zjednodušene možno povedať, že k tomu prispeli najmä lepšia dostupnosť a kvalita zdravotnej starostlivosti, vedecký pokrok a následný pokrok v diagnostike a liečbe ochorení; demografické zmeny (nižšia pôrodnosť, starnutie svetovej populácie a enormný nárast počtu obyvateľov planéty). Tiež socioekonomický rozvoj (zlepšovanie základných životných podmienok, zmena životného štýlu) viedli k zlepšovaniu zdravia a predlžovaniu strednej dĺžky dožitia pri narodení. Želaným trendom je prechod od „sick-care“ ku „healthcare“: princípu, v ktorom moderné zdravotníctvo vníma zdravie v širšom kontexte, než je samotná zdravotná starostlivosť o chorých. Zamiera sa na podporné programy ochrany zdravia, prevenciu chorôb a determinanty zdravia, a tak prispieva k znižovaniu nákladov na zdravotnú starostlivosť a k zvyšovaniu dĺžky a kvality života populácie.

Zraniteľné populačné skupiny a citlivosť k environmentálnym rizikám

Environmentálne riziká, vrátane prírodných rizík, ovplyvňujú rôzne populácie rôznymi spôsobmi. Starší dospelí, astmatici a chronicky chorí, tehotné ženy a deti môžu byť obzvlášť citliví na znečistenie životného prostredia. Pracovníci vo vonkajšom prostredí sú vystavení vyššiemu riziku chorôb súvisiacich so výkyvmi teplôt do kritických hodnôt.

Obyvateľstvo sa považuje za zraniteľné, keď je vystavené riziku expozície environmentálnemu nebezpečenstvu a keď nemá dostatočné zdroje na to, aby sa naň pripravila alebo sa s ním mohla vyrovnáť. Tieto nebezpečenstvá môžu zahŕňať prírodné nebezpečenstvá v podobe záplav, zemetrasenia, erupcie sopiek a cunami, ďalej udalosti súvisiace s klimatickými zmenami, ako sú suchá, požiare, privalové dažde a zosuvy pôdy, zvyšovanie hladiny morí, ako aj znečistenie ovzdušia, znečistenie vody, pôdy, šírenie pôvodcov infekčných ochorení a iné environmentálne riziká.

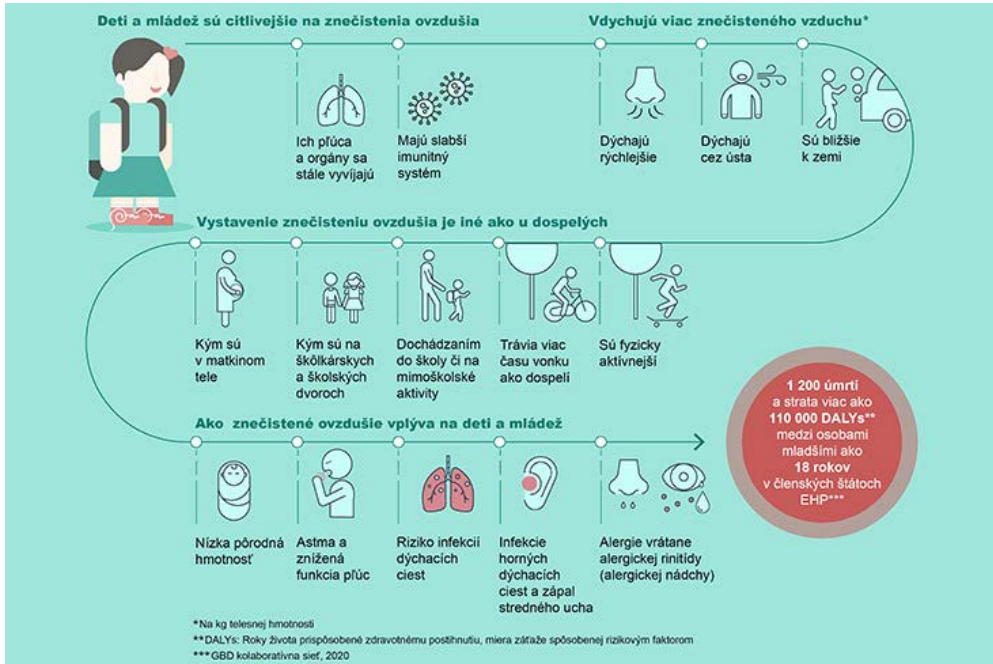
Pochopenie zraniteľnosti obyvateľstva je dôležité na zabezpečenie procesov plánovania, ktoré by zohľadnili potreby zraniteľných skupín obyvateľstva. To umožňuje predchádzať environmentálnym nebezpečenstvám tam, kde je to možné, alebo, ak to nie je možné, možno ich vplyv minimalizovať. V legislatívnych predpisoch sú preto stanovené maximálne expozičné limity jednotlivých merateľných faktorov pre deti a ostatné citlivé populačné skupiny.

Ľudia môžu byť zraniteľnejší voči environmentálnym rizikám, ak sú: 1. viac vystavení environmentálnym rizikám, 2. citlivejší na ich účinky, 3. menej schopní predvídať, zvládať alebo zotavovať sa z účinkov.

Na základe spomenutých informácií identifikujeme nasledovné skupiny obyvateľstva, ktoré sú zraniteľnejšie voči environmentálnym rizikám: dojčatá a deti, starší dospelí, ľudia s chronickým zdravotným stavom, ľudia žijúci so zdravotným postihnutím, ľudia s nižším socioekonomickým postavením.

Deti sú obzvlášť zraniteľné, a to už od obdobia, keď sú v tele matky, až po svoju dospelosť. Zraniteľnosť detí voči environmentálnym rizikám vyplýva z odlišných expozícií, biologickej citlivosti (vývoj tela a imunitného systému) a obmedzení adaptačnej schopnosti v rôznych životných štádiách (Obr. 2).

Determinanty zdravia sú vlastnosti a ukazovatele, ktoré ovplyvňujú prítomnosť a rozvoj rizikových faktorov ochorení. Najvýznamnejšie skupiny determinantov zdravia sú **demografické a biologické determinanty** (vek, pohlavie, genetická výbava, atď.), **socioekonomické determinanty** (životný štýl, vzdelanie, zamestnanie, sociálne kontakty, začlenenie do komunity, tradície, výchova atď.), **životné aj pracovné prostredie** (fyzikálne: žiarenie, hluk, vibrácie, klimatické podmienky; chemické: živiny a xenobiotiká; biologické: biologické látky v potravinovom reťazci, mikrobiálne osídlenie, patogénne mikroorganizmy; psychologické: pozitívny a negatívny stres ai.) a **zdravotníctvo**. Spravidla nepôsobia oddelene, ľudský organizmus je často vystavený určitej zmesi faktorov, pričom sa účinky jednotlivých faktorov môžu zosilňovať (potencovať), ale aj zoslabovať.



Obr. 2 Vplyv znečistenia na detský organizmus

(Zdroj <https://populair.sk/sk/aktualita/aplikacia-dnes-dycham>)

I.3 História vývoja politiky v oblasti environmentálneho zdravia

Riadiacim a koordinačným orgánom pre oblasť environmentálneho zdravia na globálnej úrovni je **Svetová zdravotnícka organizácia** (WHO) v rámci systému Organizácie Spojených národov. Priority a programy WHO na globálnej úrovni schvaľujú členské štáty a sú upravené s ohľadom na osobitné požiadavky a skúsenosti s relevantnými stratégiami jednotlivých regiónov sveta.

Na podporu environmentálneho zdravia v celoeurópskom kontexte je koordinácia politiky environmentálneho zdravia zabezpečená **Regionálnym úradom Svetovej zdravotníckej organizácie pre Európu** (WHO/EURO) a **Európskou komisiou** (EK). Hlavným cieľom aktivít je:

- *znižovať záťaž vyplývajúcu z chorôb spôsobených environmentálnymi faktormi a predchádzať im*
- *určiť a pochopiť význam súvisiacich novovznikajúcich zdravotných hrozieb*
- *odstrániť medzery vo vedomostiach posilnením výskumu zameraného na životné prostredie a zdravie*
- *následne vytvárať koncepcie politik v tejto oblasti*

Z hľadiska historického vývoja environmentálneho zdravia môžeme 80. roky minulého storočia považovať za etapu intenzívneho skúmania príčinných súvislostí

medzi životným prostredím a zdravím. Ich vzájomná interakcia a potreba správnej interpretácie sa dostali do popredia záujmu európskych krajín. Výsledkom spoločného snaženia bolo spustenie sérií ministerských konferencií o životnom prostredí a zdraví, ktoré sa v pravidelných cykloch organizujú dodnes. Hlavným cieľom týchto stretnutí, konferencií je riešenie zdravotných a environmentálnych problémov na národnej a medzinárodnej úrovni.

Historickým medzníkom bola prvá ministerská konferencia vo Frankfurte v roku 1989, kedy sa po prvý raz uskutočnilo stretnutie ministrov zdravotníctva a životného prostredia na spoločnom fóre. Hlavným výsledkom konferencie bola Európska charta o životnom prostredí a zdraví, ktorá určila základné princípy vo verejnej politike zdravia a životného prostredia. WHO tu prvýkrát predstavila **pojem environmentálne zdravie**, definujúc ho ako „environmentálne zdravie zahrňujúce priame patologické efekty chemikálií, radiácie a niektorých biologických látok, ako aj ich vplyv (často nepriamy) na zdravie a pohodu, a to cez fyzické, psychické, sociálne a estetické životné prostredie zahrňujúce bývanie, mestský rozvoj, priestorové využitie územia a dopravu“ (WHO, 1990). Túto definíciu neskôr modifikovala nasledovne:

„Environmentálne zdravie, ktoré zahŕňa tie aspekty zdravia a choroby, ktoré sú determinované faktormi životného prostredia. Teoreticky hodnotí a prakticky využíva výsledky hodnotenia a kontroly faktorov životného prostredia, ktoré môžu potenciálne vplývať na zdravie. Zahrňuje priame patologické efekty chemikálií, radiácie a niektorých biologických látok, ako aj ich vplyv (často nepriamy) na zdravie a pohodu, a to cez fyzické, psychické a sociálne prostredie“

Procesy na zlepšenie environmentálneho zdravia v krajinách Európy odštartovala 2. Ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví v Helsinkách v roku 1994. Ministri životného prostredia a zdravia z 50-tich krajín Európy vtedy prijali záväzok implementovať Akčný plán pre životné prostredie a zdravie vo svojich krajinách. Slovenská republika, ako jedna z prvých krajín, schválila v roku 1997 **Národný akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov SR I.** (National Environmental Health Action Plan: NEHAP I.). Tento plán určuje strategické aktivity v rôznych oblastiach ŽP a zdravia, ako sú napr. kvalita ovzdušia, pitná voda, pôda a odpady, bezpečnosť potravín. Ministri tiež súhlasili so založením Európskej komisie pre životné prostredie a zdravie (EEHC – European Environment and Health Committee), ktorej úlohou je najmä monitoring vývoja programov NEHAP v jednotlivých členských štátoch Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO).

V poradí druhý akčný plán, NEHAP II. bol schválený v roku 2000 a nadviazal na závery tretej konferencie uskutočnenej v Londýne (1999). Hlavnými výsledkami sa stal právne záväzný Protokol o vode a zdraví a Európska charta o doprave, ŽP a zdraví. Európska komisia prijala v roku 2003 Európsku stratégiu pre životné prostredie a zdravie, zameranú na zredukovanie ochorení spôsobených environmentálnymi faktormi.

V júni 2004 sa v Budapešti konala 4. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví, ktorej nosnou témou bola Budúcnosť našich detí so širokým

kontextom udržateľného rozvoja a snahou implementovať do svojich národných politík na ochranu environmentálneho zdravia ciele prioritne zamerané na detskú populáciu. Vplyvy degradovaného životného prostredia majú čoraz viac narastajúci vplyv na zdravie populácie. Viac ako 5 miliónov detí na svete zomrie na následky znečisteného životného prostredia. Najväčšia citlivosť detí na rôzne vplyvy je hlavne v období vývoja, kedy sa vyvíja imunitný, respiračný a nervový systém. Vystavenie environmentálnym rizikám, napr. chemickým látkam, môže narušiť normálny vývoj a spôsobiť trvalé poškodenie. Budapeštianska ministerská konferencia bola odozvou na tento stav. Okrem Európskeho akčného plánu pre životné prostredie a zdravie na roky 2004 – 2010 bol na tejto konferencii prijatý aj veľmi významný dokument **Akčný plán pre životné prostredie a zdravie detí pre Európu** (Children's Environmental and Health Action Plan for Europe – **CEHAPE**), ktorý vypracovala WHO v spolupráci s členskými štátmi, medzinárodnými agentúrami a mimovládnyimi organizáciami. Cieľom CEHAPE bolo redukovat', a kde je možné eliminovat' vplyv environmentálnych rizikových faktorov na zdravie detí. Všetky zúčastnené krajiny sa zaviazali vypracovat' a implementovat' CEHAPE, a to buď vytvorením samostatného akčného plánu pre životné prostredie a zdravie detí alebo prostredníctvom už existujúceho NEHAP-u a podávaním správ pre WHO o pokroku, ktorý sa dosiahol v tejto oblasti. Ministerská deklarácia z Budapešti vyzdvihla potrebu zavedenia jednotného informačného systému pre otázky zdravia a životného prostredia (Environment and Health Information System - **EHIS**) ako nástroja, ktorý by vylepšoval prístup k informáciám a napomáhal komunikácii s verejnosťou.

V marci 2010 sa v Parme uskutočnila 5. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví. Hlavnými témami boli zmena klímy a jej vplyv na zdravie spolu s problematikou chemických látok. Tieto problematiky boli zapracované do NEHAP IV., ktorý bol prijatý v januári 2012. Ďalšia, 6. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví, ktorá sa konala v Ostrave v roku 2017, si dala za cieľ postaviť európsky proces ochrany životného prostredia a zdravia ako platformu pre implementáciu vybraných a relevantných cieľov v oblasti životného prostredia a zdravia do roku 2030. Hlavným dokumentom, ktorý bol prijatý v rámci konferencie, bola Ostravská deklarácia ministrov. V kontexte politiky Zdravie 2020 a Agendy 2030 pre udržateľný rozvoj definovala oblasti, na ktoré by sa členské štáty WHO/EURO mali počas nasledovného obdobia v oblasti environmentálneho zdravia prioritne zamerať. Zúčastnené krajiny prijali politický záväzok implementovat' európske ciele vyjadrené v Ostravskej deklarácii na národnú úroveň a presadzovat' politiku v oblasti ochrany environmentálneho zdravia v duchu prijatých odporúčaní WHO/EURO a ďalších medzinárodných organizácií, ktoré sú dôležitými partnermi v procese. V kontexte s uvedeným Slovenská republika pripravila revíziu súčasného Akčného plánu pre životné prostredie a zdravie obyvateľov SR (NEHAP IV.) a v roku 2018 schválila nový akčný plán (NEHAP V.), ktorý reflektoval definované priority Ostravskej deklarácie, o nastavení nových priorít v oblasti environmentálneho zdravia. Pre každú z priorít stanovil strategické dlhodobé ciele na zlepšovanie stavu environmentálnych determinantov a samotné aktivity a opatrenia, ktorými tieto ciele naplňal. Zatiaľ posledná, 7. ministerská konferencia o životnom prostredí a zdraví, sa konala v júli roku 2023

v Budapešti. Reflektovala otázku, ako môžeme dosiahnuť zdravé zotavenie vo svetle pandémie COVID-19 a zhoršujúcej sa klimatickej krízy, ktorá má veľké a nerovnaké vplyvy na zdravie, ktoré pociťujú najmä tí zo zraniteľných komunit. Konferencia schválila prijatie Budapeštianskej deklarácie, záväzkov členských štátov prijať opatrenia v oblasti zdravotných problémov súvisiacich s trojnásobnou hrozbou zmeny klímy, znečistením životného prostredia a stratou biodiverzity. Deklarácia potvrdzuje prísľub krajín urýchliť spravodlivý prechod k odolnej, zdravej, spravodlivej a udržateľnej spoločnosti prostredníctvom série opatrení. Tieto opatrenia sú podrobne opísané v „Pláne pre zdravších ľudí, prosperujúcu planétu a udržateľnú budúcnosť 2023 – 2030“.

1.4 Verejné zdravotníctvo - environmentálne zdravie ako súčasť verejného zdravia

Environmentálne zdravie je súčasťou koncepcie verejného zdravotníctva. Vzťah a intenzívne skúmanie príčinných súvislostí medzi životným prostredím a zdravím sledovaním vplyvu zložiek životného prostredia prostredníctvom fyzikálnych, chemických, biologických a psychosociálnych faktorov na zdravotný stav jednotlivca a populácie upravuje **zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia**. Významným úspechom je jeho novela, kde sa po prvý raz spomína pojem hodnotenia dopadov na verejné zdravie (Health Impact Assessment - **HIA**) ako súbor nástrojov, ktorých cieľom je posúdiť priame a nepriame vplyvy ľudskej aktivity na verejné zdravie.

V Slovenskej republike je inštitúciou zodpovednou za koordináciu aktivít v oblasti verejného zdravia **Úrad verejného zdravotníctva SR (ÚVZ SR)**. Pri uskuutočňovaní cieľov verejného zdravotníctva sa kladie dôraz na zlepšenie zdravia, ako aj na predlžovanie a zlepšovanie kvality života celej populácie prostredníctvom zdravotných intervencií zameraných na podporu zdravia a preventívny prístup pri ochrane a tvorbe zdravých životných podmienok.

Poškodenie ľudského zdravia vplyvom environmentálnych stresorov zaznamenávame po celom svete, v rôznej miere sú im vystavené skupiny ľudí všetkých vekových kategórií. Preto rozsiahle štúdie a novodobé výskumy prichádzajú so závermi, ktoré definujú **charakteristické znaky dopadov** týchto stresorov na ľudský organizmus. Opisujú bunkové a molekulárne procesy, zapojené do základných bunkových mechanizmov a aktivít, ktoré sú schopné spájať environmentálne expozície s chronickými chorobami, ako sú onkologické, respiračné, kardiovaskulárne a metabolické ochorenia a ochorenia nervového systému. Nedávna štúdia Peters a kolektív (2021) o tom, ako environmentálne expozície významne prispievajú spolu s modifikovateľnými rizikovými faktormi k rozvoju neprenosných ochorení, navrhuje osem charakteristických pováh environmentálnych stresorov, podporujúcich škodlivý vplyv environmentálnych expozícií pôsobiacich počas života, a to konkrétne 1. oxidačný stres a zápal, 2. genómové zmeny a mutácie, 3. epigenetické zmeny,

4. mitochondriálna dysfunkcia, 5. endokrinná disrupcia, 6. zmenená medzibunková komunikácia, 7 zmenený črevný mikrobióm, 8. narušená funkcia autonómneho nervového systému. Poskytujú rámec na pochopenie, prečo zložité synergické pôsobenie environmentálnych expozícií vyvoláva vážne zdravotné účinky aj pri relatívne nízkych koncentráciách.

Komplexný obraz o dopade jednotlivých ochorení na spoločnosť poskytuje medzinárodná štúdia Globálna záťaž ochorením (GBD: Global Burden of Disease). Je to doposiaľ najpodrobnejšia celosvetová observačná epidemiologická štúdia. Popisuje mortalitu a morbiditu najčastejších ochorení, úrazov a faktorov rizikových pre zdravie na globálnej, národnej a regionálnej úrovni. Sleduje trendy od roku 1990 doteraz a robí porovnania medzi populáciami, čím umožňuje pochopenie zmien v zdraví v 21. storočí. Na vyjadrenie miery globálnej záťaže spôsobenej chorobami WHO využíva údaj DALY (Disability Adjusted Life Year). Toto meranie založené na časovom údaji kombinuje roky života stratené v dôsledku predčasného úmrtia a roky života stratené v dôsledku zhoršeného zdravotného stavu, roky plynúce v zhoršenom zdraví. Systém merania DALY bol vyvinutý v rámci štúdie GBD za účelom zjednotenia hodnotenia bremena chorôb pri rozličných ochoreniach, rizikových faktorov a regiónov.

Ako reakcia európskeho spoločenstva po pandémie COVID-19 bol vytvorený Úrad pre pohotovostnú pripravenosť a reakciu v oblasti zdravia (HERA: Health Emergency Preparedness and Response Authority). HERA bola spustená ako nové generálne riaditeľstvo Európskej komisie v septembri 2021. Poslaním HERA je predchádzať, odhaľovať a rýchlo reagovať na zdravotné núdzové situácie, predvídať hrozby a potenciálne zdravotné krízy prostredníctvom zhromažďovania spravodajských informácií a budovania potrebných kapacít. Keď nastane núdzová situácia, HERA zabezpečí vývoj, výrobu a distribúciu liekov, vakcín a iných lekárskeho protipatrení. V priebehu roku 2022 HERA konzultovala s členskými štátmi, Úniou a národnými agentúrami, hlavnými lekármi, medzinárodnými aktérmi a expertami stanovovanie priorit aktuálnych hrozieb. Spolu s členskými štátmi EÚ každý rok identifikuje tri konkrétne ohrozenia zdravia s vysokým dosahom na zabezpečenie pripravenosti a reakcie na ne, najmä riešením možných medzier v dostupnosti a prístupnosti lekárskeho protipatrení. Pre obdobie rokov 2022 boli ako 3 najväznejšie cezhraničné hrozby charakterizované:

1. Patogény s vysokým pandemickým potenciálom, najmä v dôsledku: schopnosti ich rýchleho prenosu; pravdepodobnosti zacielenia voči citlivej populácii, napríklad skupiny osôb s minimálnou už existujúcou imunitou; ich vysokého potenciálu vyvolať vysokú chorobnosť a úmrtnosť.

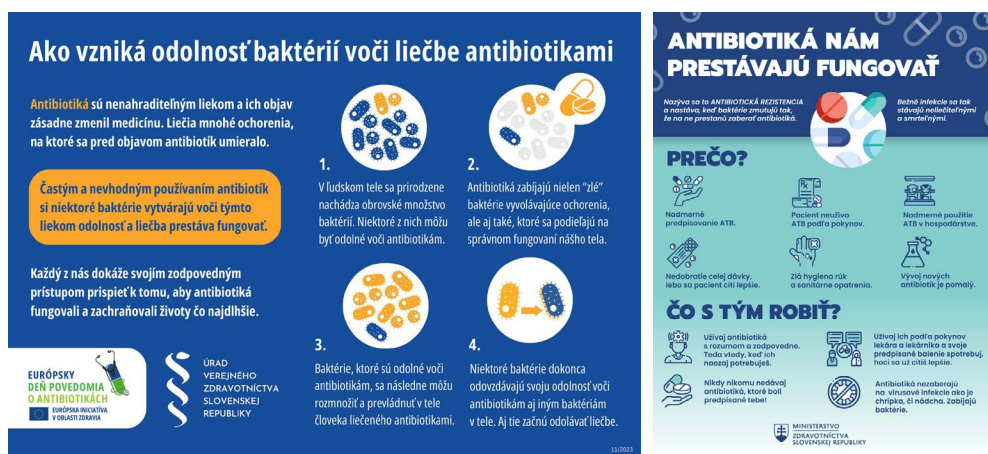
2. Chemické, biologické, rádiologické a jadrové (CBRN) hrozby pochádzajúce z náhodného alebo úmyselného uvoľnenia.

V prípade chemických hrozieb látky identifikované na základe: pravdepodobnosti výskytu; potenciálneho vplyvu na ľudské zdravie, ktorý má za následok smrť, dočasnú nespôsobilosť alebo trvalú neschopnosť bez ohľadu na ich pôvod alebo spôsob výroby.

Rádiologické a jadrové hrozby identifikované na základe: pravdepodobnosti ich výskytu v rôznych scenároch, napr. vyplývajúce z incidentu/nehody, alebo v ich zámernom použití.

Biologické hrozby s pandemickým potenciálom identifikovaným na základe: najmä potenciálu ohrozenia v dôsledku úmyselného alebo náhodného úniku.

3. Antimikrobiálna rezistencia, ktorá predstavuje jedno z najväčších rizík pre ľudské zdravie, keďže sama o sebe už spôsobuje celosvetovo odhadom 1,27 milióna úmrtí ročne.



Obr. 3 Antimikrobiálna rezistencia: princíp, príčiny a riešenia

(Zdroj MZ SR a ÚVZ SR, 2023)

Antimikrobiálna rezistencia (AMR) – stav, keď si mikróby vyvinú odolnosť proti liekom, ktoré proti nim boli predtým schopné bojovať – predstavuje rastúcu hrozbu pre globálne zdravie (Obr. 3) Antimikrobiálne látky sa používajú na liečbu ľudí, zvierat a rastlín. Antimikrobiálna rezistencia (AMR) sa vyskytuje, keď sa pri mikróboch (baktérie, vírusy, parazity a huby) vyvinie odolnosť proti liekom, ktoré proti nim boli predtým schopné bojovať, čím sa liečba stáva menej účinnou až úplne neúčinnou. Antimikrobiálna rezistencia sa vyvíja prirodzene v priebehu času, zvyčajne prostredníctvom genetických zmien, pričom k jej urýchleniu dochádza v prípade, ak sa antimikrobiálne látky využívajú nadmerne alebo sa nepoužívajú obozretne – správny liek by sa mal používať len vtedy, keď je to potrebné, pri správnej dávke, frekvencii a trvaní Obr. 3 znázorňuje vývoj antimikrobiálnej rezistencie.

Európske centrum pre prevenciu a kontrolu chorôb uviedlo, že táto rezistencia už spôsobuje v rámci EÚ/EHP až 35 000 úmrtí ročne, a to väčšinou v dôsledku infekcií v nemocniciach a iných zariadeniach zdravotnej starostlivosti. Podľa zásady Svetovej zdravotníckej organizácie, EÚ uplatňuje pri riešení tohto problému prístup „Jedno zdravie“, ktorý zohľadňuje otázky týkajúce sa veterinárnej oblasti, ľudského zdravia a životného prostredia, pričom sa uznáva potreba integrovaného prístupu

k antimikrobiálnym látkam. Prístupy „One Health“ na celom svete prostredníctvom ministerstiev životného prostredia a príslušných rezortov, a aj inštitúcií a agentúr zastrešujúcich ochranu prírodných zdrojov a/alebo ochranu životného prostredia majú rôzne mandáty a úlohy, avšak mnohé z nich sa zameriavajú na ochranu životného prostredia s cieľom ochrany verejného zdravia. V roku 2014 sa zmluvné strany Dohovoru OSN o biologickej diverzite zhodli, že uznávajú hodnotu prístupu „Jedno zdravie“ na riešenie prierezovej otázky biodiverzity a ľudského zdravia. Tento princíp predstavuje integrovaný prístup v súlade s ekosystémovým prístupom, ktorý vytvára komplexné vzťahy medzi ľuďmi, mikroorganizmami, zvieratami, rastlinami, poľnohospodárstvom, prírodným a životným prostredím v zmysle nasledovných kľúčových posolstiev:

1. Koncept planetárneho zdravia vychádza z chápania, že ľudské zdravie a ľudská civilizácia závisí od prosperujúcich prírodných systémov a rozumného spravovania týchto prírodných systémov. Prírodné systémy sa v súčasnosti degradujú v miere, ktorá v histórii ľudstva nemá obdobu.
2. Environmentálne hrozby pre ľudské zdravie a ľudskú civilizáciu budú charakterizované prekvapivo nečakane a s neistotou. Naše spoločstvo čelí viditeľným a silným nebezpečenstvám, ktoré si vyžadujú naliehavé a transformačné opatrenia na ochranu súčasných a budúcich generácií.
3. Súčasné systémy riadenia a organizácie ľudského poznania sú nedostatočné na riešenie hrozieb globálneho zdravia. Vyzývame na zlepšenie riadenia, ktoré by pomohlo integrácii sociálnych, ekonomických a environmentálnych politík a na vytvorenie, syntézu a aplikáciu interdisciplinárnych poznatkov na posilnenie globálneho zdravia.
4. Riešenia sú na dosah a mali by byť založené na predefinovaní prosperity s cieľom zamerať sa na zlepšenie kvality života a poskytovanie lepšieho zdravia pre všetkých spolu s rešpektovaním integrity prírodných systémov. Toto úsilie si vyžiada, aby sa spoločnosti zaoberali hybnou silou zmeny životného prostredia k lepšiemu a to podporou udržateľných a spravodlivých modelov spotreby, znížením rastu populácie a využitím sily inovačných technológií.

Uvedené príklady nie sú úplným zoznamom všetkých tém, ktorými sa oblasť environmentálneho zdravia zaoberá. Výber tém je pomerne zúžený na faktory prostredia, ktoré patria do základného okruhu záujmu každého človeka. Má poukázať na zložitú problematiku vzťahov medzi životným prostredím a zdravím a prispieť k lepšiemu pochopeniu potreby predkladať riešenia v podobe opatrení pre zlepšenie environmentálnych podmienok a tým aj zdravia obyvateľstva.

Vedeli ste, že ...? Svetový deň zdravia pripadá každoročne na 7. apríla

Tento deň má pripomínať výročie založenia Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) v roku 1948 a každý rok sa zameriava na konkrétny problém verejného zdravia. Hlavným cieľom je vytvoriť medzi ľuďmi povedomie o hodnote dobrého zdravia, nielen fyzického ale aj duševného a emocionálneho zdravia.



Kontrolné otázky a úlohy pre samostatné štúdium:

1. Ako ohrozujú ľudské zdravie zrýchľujúce sa antropogénne zmeny v prírodných systémoch Zeme – strata biodiverzity, zmena klímy, zmena využívania pôdy, znečistenie ovzdušia, vody a pôdy, nedostatok zdrojov a zmenené biogeochemické cykly?
2. Aký je rozsah týchto hrozieb? Ktoré skupiny obyvateľstva sú najviac ohrozené a/alebo najzraniteľnejšie a ktoré dimenzie zdravia sú najviac ovplyvnené?
3. Definujte pojem Environmentálne zdravie a vymenujte determinanty zdravia
4. Ktoré inštitúcie zabezpečujú a koordinujú oblasť environmentálneho zdravia na globálnej, európskej národnej úrovni?



Zdroje informácií a obrázkov použitých v kapitole I:

- ▶ NEHAP V. Akčný plán pre životné prostredie a zdravie obyvateľov Slovenskej republiky V., 2018 Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky
- ▶ WHO 2023 A healthy environment in the WHO European Region: why it matters and what steps we can take to improve health. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2023-7588-47355-69518>
- ▶ WHO 2017 Preventing noncommunicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors. Geneva: World Health Organization; 2017 (WHO/FWC/EPE/17.1). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- ▶ WHO 2016 Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: World Health Organization; 2016 ISBN 978 92 4 156519 6 (<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>, accessed 14 July 2017).
- ▶ WHO 1990 Environment and health. The European Charter and Commentary. First European Conference on Environment and Health. Frankfurt, 7-8 December 1989. WHO Reg Publ Eur Ser. 1990; 35:1-154. PMID: 2244958.
- ▶ Peters A, Nawrot TS, Baccarelli AA. Hallmarks of environmental insults. Cell. 2021 Mar 18;184(6):1455-1468. doi: 10.1016/j.cell.2021.01.043. Epub 2021 Mar 2. PMID: 33657411; PMCID: PMC9396710.
- ▶ Saddique A, Al-Kudwah MJ. From Sick Care to Healthcare, Challenges and Visions. J Health Commun. 2021; Vol.6 No.55: 30

KAPITOLA II.

Ovzdušie a človek

II.1 Atmosféra a jej vlastnosti

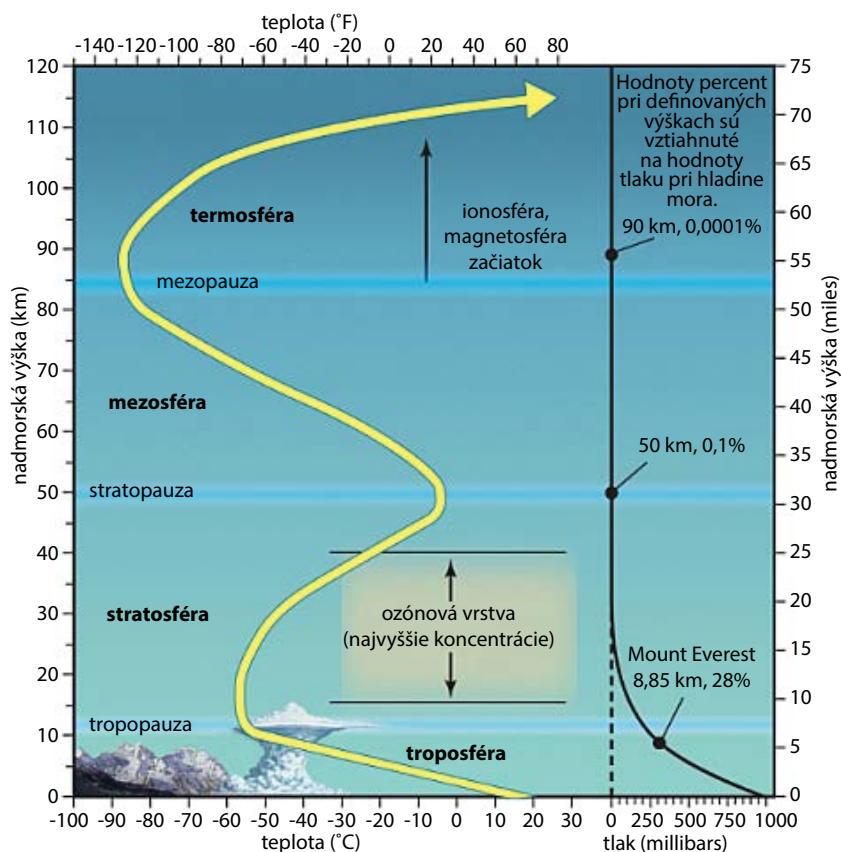
Dýchanie (respirácia) je životne dôležitý fyziologický proces, ktorý zabezpečuje správnu činnosť orgánových sústav živých organizmov. Kvalita ovzdušia má na tento proces zásadný, veľmi významný vplyv. Táto kapitola pomôže pochopiť ako sa tento vplyv v praxi uplatňuje a ktoré determinanty v ňom zohrávajú dôležitú úlohu.

Na úvod je potrebné pripomenúť niekoľko možno všeobecne známych faktov. Atmosféra je plynný obal Zeme, ktorý má svoje špecifické vlastnosti, zloženie a štruktúru. Pre pochopenie procesov v nej je podstatné uvedomiť si kde sa v tejto súvislosti nachádza človek, ktorý je v centre záujmu nášho skúmania. Kľúčový význam nadobúda miesto ktoré označujeme dýchacou zónou a to sa nachádza v prízemnej troposférickej vrstve. Akú má teda atmosféra vertikálnu štruktúru a prečo je to práve tak? Základom pre vymedzenie atmosférických vrstiev je **teplotný gradient** – zmeny v hodnotách teploty súvisiace s nadmorskou výškou.

Spodná vrstva atmosféry, ktorá sa nachádza najbližšie k zemskému povrchu je **troposféra**. Niekedy je pomerne náročné presne vymedziť jej hornú hranicu preto sa často uvádza jej priemerná hodnota 12 km (minimum 7 km - maximum 18 km). Z hľadiska vplyvu na človeka a život na planéte ide nepochybne o najdôležitejšiu atmosférickú vrstvu. Je tu ťažisko procesov ktoré označujeme počasím, nachádza sa tu komplex chemických látok ktoré bezprostredne vplývajú na zdravotný stav človeka, uplatňuje sa tu vplyv fyzikálnych faktorov - vlhkosti, pohybu vzduch, žiarenia... Troposféra je sama o sebe veľmi dynamickým prostredím s intenzívnym premiešavaním vzduchu vo vertikálnom a horizontálnom smere. Zásadným znakom troposféry je pokles teploty s nadmorskou výškou v priemere asi o 6°C na 1 km. Tento pokles má svoje lokálne geografické špecifiká, v miernych pásmach je pokles väčší ako v pásme tropickom čo súvisí s hrúbkou atmosféry či intenzitou slnečného žiarenia (Obr. 4).

*Pri špecifických atmosférických podmienkach dochádza k procesu označovanému ako **teplotná inverzia**. Ide o neštandardnú situáciu kedy teplota s nadmorskou výškou v troposfére rastie. Vlhký, ťažší, studený vzduch klesá k zemskému povrchu a nad ním sa rozprestiera ľahší, teplejší a suchší vzduch. Spodná vrstva sa stáva pomerne stabilnou s nižšou intenzitou prúdenia vzduchu a podmienky umožňujú vyššie koncentrovanie znečisťujúcich látok. Typickými obdobiami výskytu inverzných*

dní je v našich podmienkach neskorá jeseň, zima a včasná jar. Na Slovensku trvajú inverzné obdobia niekoľko dní, môžu však byť aj výrazne dlhšie (týždne).



Obr. 4 Vertikálny profil atmosféry znázorňujúci chod teploty a tlaku

(Zdroj: <https://www.jotscroll.com/forums/3/posts/295/atmospheric-temperature-value-average-factors.html>)

Po prechodnej vrstve, kde sa teplota nemení – **tropopauze**, nasleduje druhá atmosférická vrstva **stratosféra**, ktorá je z pohľadu vplyvov na život nemenej významná. Oproti troposfére sa vyznačuje vertikálnou termodynamickou stabilitou tvorenou vrstvami ktoré sa navzájom nemiešajú (výnimkou je oblasť rovníka kde sú prítomné výstupné prúdy z troposféry ktoré spôsobujú lokálne premiešavanie). Dominuje teda pohyb vzduchu v horizontálnom smere, prevažne od rovníka k pólom. Táto skutočnosť je dôvodom prečo sa akákoľvek látka ktorá sa do tejto vrstvy dostane a je dostatočne stabilná a odolná vo vzťahu k intenzívnemu žiareniu, pomerne rýchlo rozptýli po celej planéte. Rýchlosť tohto prúdenia bežne dosahuje hodnoty okolo 200 km/h⁻¹. V stratosfére sa teplotný chod obracia a teplota už neklesá. Najnižšiu teplotu teda nameriame na spodnej hranici stratosféry resp. v jej základni kde dosahuje hodnoty od -50 do -80°C, v závislosti od podmienok v troposfére. Hlavnou príčinou

rastúcich stratosférických teplôt je prítomnosť ozónu a jeho schopnosť pohlcovať UV žiarenie a následne aj súvisiace teplo, ale tiež pohlcovať teplo zo zemského povrchu (skleníkový efekt). Výsledkom je že vo výškach od 27 do 35 km máme teplotu okolo 10 °C. **Troposféra a stratosféra spolu tvoria 99% celej hmoty atmosféry.**

Stratosféra sa končí vo výškach 45-50 km kde po prechodnej termostabilnej vrstve **stratopauze** nasleduje **mezosféra**. Teplota je v stratopauze stabilná aj v dôsledku poklesu koncentrácie ozónu a dosahuje hodnoty okolo 0 °C. V mezosfére potom dochádza k opätovnému poklesu teplôt na hodnoty okolo -80°C, siaha do výšky cca 80 km. Nachádza sa tu veľké množstvo ionizovaných atómov. Práve tu zhorí väčšina meteoritov ktoré prídu do našej atmosféry. Po mezosfére a prechodnej **mezopauze** sa chod teploty znovu otáča, dochádza k jej exponenciálnemu nárastu v tzv. **termosfére**. Termosféra začína vo výške 80-90 km a zasahuje do výšky 600-700 km, je veľmi riedka, teploty tu sú už vysoké, môžu dosiahnuť hodnoty až okolo 1000 °C. Vzniká tu polárna žiara.

Zloženie atmosféry

Atmosféra je zmesou plynov, ktoré vytvárajú pomerne dynamické prostredie. Prevažnú väčšinu objemu tvoria **dusík (78%) a kyslík (21%)**, ktoré sú zásadné z hľadiska vplyvu na živé organizmy, ale aj na široké spektrum rôznych procesov, ktoré na Zemi prebiehajú. Spolu s argónom (0,93%) sa často označujú ako konštantné plyny, čo vyjadruje ich dlhodobú časovú stabilitu počas rôznych fáz vývoja našej planéty. Na druhej strane sa v atmosfére nachádza mnohopočetné spektrum plynov označovaných pojmom variabilné, ktoré sa menia s časom, v závislosti od rôznych atmosférických podmienok. K najvýznamnejším patrí oxid uhličitý, vodná para, metán, ozón. V neposlednom rade sú to aj pevné častice a aerosóly ktoré sú v atmosfére rozptýlené.

Kyslík je najdôležitejším plynom pre všetky živé aeróbne organizmy. Okrem toho zohráva zásadnú úlohu pri mnohých fyzikálnych a chemických procesoch (oxidácie minerálov, horenie atď.). Najvýznamnejšia časť kyslíka v atmosfére vzniká fotosyntézou ktorá prebieha v rastlinách a fotosyntetických baktériách. Predpokladá sa že v histórii vývoja Zeme bolo dlhé obdobie (niekoľko sto miliónov rokov) bez kyslíka a jeho koncentrácia rástla na dnešnú úroveň veľmi pomaly.

Dusík je relatívne inertný (nereagujúci s inými chemickými látkami) plyn, ktorý primárne vzniká pri vulkanickej aktivite. V živých sústavách má podstatný význam, je zložkou proteínov a mnohých iných organických látok, ja súčasťou rastlinných pletív. Práve prostredníctvom chemických látok v ktorý je viazaný sa dostáva do organizmov živočíchov a človeka. Súbor chemických a biologických procesov ktorými sa dusík dostáva k živým organizmom nazývame dusíkový cyklus. Rozdeľuje sa na 6 fáz, ktorými sú – fixácia, asimilácia, amonifikácia, nitrifikácia, imobilizácia a denitrifikácia. Významnú úlohu v nich zohrávajú organizmy ktoré sú schopné viazať dusík z pôdy a tiež rastliny.

Argón je bezfarebný plyn. Pomerne vysoká koncentrácia (takmer 1%) v atmosfére umožňuje relatívne jednoduché získanie procesom frakčnej destilácie skvapalneného vzduchu. Inertný charakter Ar ho predurčuje na priemyselné využitie napríklad v prípadoch, kedy je nevyhnutné vyriešiť ochrannú atmosféru niektorých technologických procesov.

Vodná para je z hľadiska existencia života extrémne dôležitým plynom, ktorého koncentrácia v atmosfére kolíše od 4% v trópoch, po v podstate nulové hodnoty v suchých oblastiach Antarktídy. Zohráva podstatnú úlohu v procese skleníkového efektu (jeho aspekty rozoberieme v inej časti týchto textov). Procesom kondenzácie vznikajú z vodnej pary oblaky, čo predstavuje významnú zložku kolobehu vody na našej planéte. V súčasnosti niektoré teórie hovoria a podstatnejšom vplyve narušenia vodného cyklu na zvyšovanie intenzity rastu globálnej teploty, ako je samotný vplyv nárastu koncentrácií oxidu uhličitého. Do atmosféry sa vodná para dostáva odparovaním z rôznych povrchov kde sa voda nachádza v kvapalnom, prípadne v pevnom skupenstve, alebo procesom transpirácie rastlín a živočíchov, čomu sumárne hovoríme **evapotranspirácia**. Takto sa za rok dostane do atmosféry takmer 580 tisíc km³ vody (cca 500 tisíc z morí a oceánov). Množstvo vodnej pary v atmosfére sa nazýva vlhkosť vzduchu a je jedným zo základných meteorologických prvkov, ktorý na široké spektrum súvislostí a vplyvov. Mierou vlhkosti atmosféry je najčastejšie tzv. **relatívna vlhkosť vzduchu**. Ide v podstate o pomer reálneho množstva vodných pár vo vzduchu v daných podmienkach, pri danej teplote k maximálne možnému množstvu v daných podmienkach pre danej teplote. Vyjadruje sa v percentách (pozor nezamieňať s podielom vodnej pary v atmosfére zo začiatku tohto odstavca). Množstvo vodných pár je uvedené v predchádzajúcom odstavci informatívne. Množstvo vodných pár kolíše v závislosti od konkrétnej meteorologickej situácie a ďalšieho súboru faktorov akými sú nadmorská výška či geografická poloha

II.2 Znečisťujúce látky v atmosfére

Znečistenie atmosféry je stav v určitom geografickom mieste, ktorý môže byť definovaný v rôznom meradle. Ak nás zaujíma konkrétne miesto, obec, mesto či okres uvažujeme o **lokálnom rozmere znečistenia**. V prípade kraja, oblasti či jednotky vyššieho územného celku sa dostávame na **regionálnu úroveň**. V kontexte celej krajiny sa hodnotia **národné úrovne znečistenia** ovzdušia. V informačných zdrojoch nájdeme aj charakteristiky Európskej únie, ktoré je možné definovať ako **kontinentálne**. Vysokou mierou pozornosti sa následne stretáva celosvetová – **globálna úroveň**.

Znečistenie ovzdušia je teda možné definovať ako stav, ktorý nastal v určitom čase a na určitom mieste ako dôsledok súhrnu celého komplexu procesov. Základným predpokladom pre vznik tohto stavu je prítomnosť zdroja/zdrojov znečisťujúcich látok, z ktorých sa tieto látky vo forme emisií do ovzdušia uvoľnia. Zdroje môžu byť prírodné alebo antropogénne (súvisiace s činnosťou človeka). Z prírodných možno spomenúť aktívne sopky a ich erupcie, požiare, výrony metánu z permafrostu, prach

viaty vetrom či aerosóly s morským soľami. Antropogénne zdroje sú z mnohých príčin v centre pozornosti. Ide napríklad o spaľovanie fosílnych palív, dopravu, poľnohospodárstvo alebo rôzne sektory priemyslu. V podmienkach Slovenskej republiky sa na zhoršenej kvalite ovzdušia podľa analýz Slovenského hydrometeorologického ústavu v posledných rokoch čoraz viac podieľa vykurovanie domácností a doprava, než veľké priemyselné zdroje, ktoré musia spĺňať prísnejšie normy.

Z ďalších faktorov, ktoré majú na znečistenie ovzdušia zásadný vplyv treba uviesť geografickú stavbu reliéfu spolu s meteorologickými faktormi. Obmedzenie rozptylových podmienok pri tzv. kotlinovom efekte v spojitosti s teplotnými inverziami (sú spomínané na inom mieste tejto kapitoly) môže viesť k násobnému nárastu koncentrácií škodlivých látok v dýchacej zóne človeka.

V ovzduší sa môže nachádzať množstvo rôznych škodlivín. Táto kapitola sa orientuje na tie, ktoré sú v podmienkach Slovenskej republiky monitorované národnou autoritou – Slovenským hydrometeorologickým ústavom. Ide teda o popis vybraných škodlivín, čo však v žiadnom prípade neznamená, že tie, ktoré tu nenájdete, zdravie človeka neovplyvňujú.

Oxid siričitý (SO_2)

SO_2 je bezfarebný plyn s výrazným špecifickým štipľavým zápachom. Nie je horľavý, je však dobre rozpustný vo vode. Po uvoľnení do atmosféry sa môže transformovať na oxid sírový, kyselinu sírovú, prípadne sulfáty. Vo vode zas prechádza na kyselinu siričitú.

Hlavným zdrojom SO_2 v ovzduší je spaľovanie fosílnych palív. Inými zdrojmi sú priemyselné odvetvia, predovšetkým oblasť metalurgie. Samotná výroba oxidu siričitého je možná viacerými spôsobmi, zdrojovými surovinami je najmä síra alebo pyrit, pričom v oboch prípadoch sa uplatňujú termické metódy. Významným prírodným zdrojom oxidu siričitého v ovzduší je vulkanická činnosť. Spomínané spaľovanie fosílnych palív predstavuje cca 85% ročných antropogénnych emisií SO_2 . Pre zaujímavosť, viac ako 90% všetkých antropogénnych emisií SO_2 sa vyprodukuje na severnej pologuli. V podmienkach Slovenskej republiky dosahovali koncentrácie oxidu siričitého najvyššie hodnoty vo voľnom ovzduší v 7. a 8. dekáde 20. storočia. Po roku 1989 a následnom období útlmu priemyselnej produkcie sa situácia začala postupne zlepšovať a to aj vďaka zavádzaniu modernejších technológií výroby ale aj metód zachytávania SO_2 .

Je zrejmé že dominantnou cestou, ktorou sa oxid siričitý dostáva do organizmu človeka, je vdychovanie znečisteného vzduchu. Najviac rizikové sú oblasti kde je koncentrovaný priemysel a tiež miesta s vysokou intenzitou automobilovej dopravy. V minulosti boli zaznamenané viaceré príklady veľkého rozsahu znečistenia ovzdušia a následných dopadov na zdravie ľudí. Možno uviesť katastrofu v Londýne v decembri 1952, či stav znečistenia ovzdušia v údolí rieky Maas v Belgicku v 70. rokoch minulého storočia. Situáciu často zhoršujú aj zlé rozptylové podmienky, ktoré sú

spojené s aspektami geografie daného miesta a miestnej klímy resp. aktuálneho stavu počasia.

Čuchový prah – úroveň koncentrácie ktorú zachytí čuchový orgán človeka, začína na úrovni okolo $1,175 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, dráždivý účinok na úrovni $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Limitné hodnoty podľa legislatívy platnej v SR sú definované s ohľadom na ľudské zdravie pre 1 hodinu $350 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a pre 24 hodín $125 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pre ochranu vegetácie je definovaná ročná hodnota $20 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v zimnom období.

Oxid dusičitý (NO_2), oxidy dusíka (NO_x)

Oxidy dusíka sú skupinou plynov zložených z kyslíka a dusíka. Z pohľadu účinkov na zdravie človeka sú najdôležitejšie oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusnatý (NO). Oba sú nehorľavé. Oxid dusnatý má v podmienkach izbovej teploty výrazný sladkastý zápach, je bez sfarbenia, oxid dusičitý je v týchto podmienkach kvapalný, do plyného skupenstva v podobe výrazne zapáchajúceho hnedastého plynu prechádza pri teplote nad 21°C .

Najvýznamnejšími zdrojmi oxidov dusíka vo voľnom ovzduší sú spaľovacie motory automobilov, spaľovanie uhlia, nafty, plynu, ale aj procesy ako zváranie, galvanické pokovovanie či používanie výbušnín. Oxidy dusíka sa používajú v palivách raketových motorov a majú široké použitie v chemickom priemysle. Vďaka vysokej reaktivite koncentrácie oxidov dusíka po ich uvoľnení do atmosféry pomerne rýchlo klesajú. Oxid dusičitý reaguje s chemickými látkami vytvorenými fotochemickou reakciou za vzniku kyseliny dusičnej (HNO_3), ktorá je rozhodujúcou zložkou tzv. kyslých dažďov. V atmosfére, pri dostatočnej intenzite slnečného žiarenia, prebiehajú fotochemické reakcie, ktorými z oxidu dusičitého vzniká ozón s následným formovaním škodlivého smogu. Expozícia populácie prebieha tak ako u ostatných škodlivín v ovzduší vdychovaním. Vyššie úrovne expozície majú obyvatelia žijúci v blízkosti tepelných elektrární spaľujúcich uhlie a v oblastiach s intenzívnou automobilovou dopravou. Vo vnútornom ovzduší sú rozhodujúcimi zdrojmi oxidov dusíka domáce zariadenia na spaľovanie pevných palív a zle odvetrané plynové sporáky. Bolo preukázané že efektívne používanie digestora je schopné koncentrácie NO_x veľmi účinne eliminovať. Významným zdrojom oxidov dusíka je fajčenie, tak pre fajčiara samotného ako aj pre osoby žijúce v domácnosti kde sa fajčí. Už aj nižšie koncentrácie oxidov dusíka majú schopnosť dráždiť oči, nos, hrdlo aj pľúca. Vyvolávajú intenzívny kašeľ, dýchavičnosť, únavu a nevoľnosť. V určitých prípadoch bolo dokumentované už pri relatívne nízkych koncentráciách v čase 1-2 dni po expozícii dokonca hromadenie tekutín v pľúcach. Pri vdychovaní vyšších koncentrácií sú účinky pomerne dramatické, nastupuje horúčka, kŕče a opuchy v horných dýchacích cestách, intenzívna tvorba tekutín v pľúcach s možným smrteľným koncom. Limitné hodnoty pre ochranu zdravia platné v Slovenskej republike sú definované pre NO_2 ako maximálne prípustné hodinové koncentrácie na úrovni $200 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a maximálne prípustné ročné koncentrácie $40 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pre NO_x stanovuje legislatíva ročný limit pre ochranu vegetácie na úrovni $30 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Oxid uhličitý (CO₂)

Z hľadiska objemu zaberá oxid uhličitý len 0,036 % atmosféry. Predstavuje však najvýznamnejší plyn potrebný pre proces fotosyntézy rastlín a baktérií. Najvyššie objemy oxidu uhličitého sú uskladnené v pletivách rastlín a vo fosílnych materiáloch, uhlí, plyne, rope či rašeline. Významné množstvá uhlíka sú uložené aj v niektorých horninách a nerastoch, príkladom sú vápence. Oxid uhličitý vykazuje v našich podmienkach aj sezónne výkyvy, ktoré korešpondujú predovšetkým s intenzitou fotosyntézy. K procesom ktoré uhlík z atmosféry pohlcujú teda patrí 1, fotosyntéza, 2, rozpúšťanie vo vodách morí a oceánov, pričom čím je voda chladnejšia, tým viac CO₂ pohltí a 3, pohlcovanie morským fytoplanktónom. Odtiaľ potom následne po odumretí tieto organizmy klesajú ku dnu, kde sa potom uhlík ukladá v podobe uhličitanov a hydrogénuhličitanov. Opačnými procesmi sa uhlík do atmosféry uvoľní. Ide najmä o 1, respiráciu živočíchov a rastlín, 2, rozklad biomasy, 3, spaľovanie biomasy, 4, pri sopečných erupciách a 5, priemyselnou činnosťou, napríklad aj pri výrobe vápna z vápence. Oxid uhličitý nie je vnímaný priamo ako škodlivina vplyvajúca na zdravie človeka. Negatívnu úlohu zohráva vtedy, keď sa nahromadí v uzatvorených priestoroch, čím sa zníži koncentrácia kyslíka. Práve tento mechanizmus potom môže viesť k zástave dýchania človeka. K tejto situácii však vo voľnom ovzduší nedochádza. V pracovnom ovzduší určuje legislatíva SR limitnú hodnotu oxidu uhličitého na úrovni 9000 mg.m⁻³ pre 8 hodinovú expozíciu.

Oxid uhoľnatý (CO)

Oxid uhoľnatý je bezfarebný nedráždivý plyn, bez chuti a zápachu. Nachádza sa vo voľnom aj vnútornom ovzduší ako dôsledok nedokonalého spaľovania materiálov s obsahom uhlíka. Jeho zdrojom môžu byť aj prírodné procesy (napr. sopečné erupcie či lesné požiare). Vo vnútornom prostredí sa CO uvoľňuje pri nesprávnom nastavení spaľovania zemného plynu a pri používaní spaľovacích telies na spaľovanie dreva, ale napríklad aj pri fajčení. Po uvoľnení do atmosféry tu zotrúva CO približne dva mesiace, môže však reagovať s inými zložkami atmosféry za vzniku CO₂. K tejto premene dochádza napríklad aj činnosťou mikroorganizmov v pôde, alebo vo vode.

Možnosti inhalačnej expozície človeka sú rôzne, sú možné tak vo vonkajšom ako aj vo vnútornom prostredí. Vo všeobecnosti sú vo vonkajšom prostredí vyššie koncentrácie CO najmä v miestach s intenzívnou dopravou. Významnými zdrojmi expozície vo vnútornom prostredí je používanie zariadení na spaľovanie pevných palív a predovšetkým fajčenie. Pri fajčení je exponovaný fajčiar samotný, ale aj osoba vdychujúca tzv. sekundárny dym uvoľnený z horiacej cigarety. Vysoko rizikové je aj používanie motorových elektrogenerátorov či kompresorových zariadení, kedy v prípade nedostatočného vetrania priestorov koncentrácia CO rýchlo rastie. K pomerne významným expozíciám dochádza vo vnútri automobilov, ale aj pri prevádzke malých motorových lodí a plavidiel.

Oxid uhoľnatý je extrémne toxický plyn (na rozdiel od CO_2). Po vdýchnutí sa rýchlo dostáva do krvného obehu, mozgu, srdca aj svalov. Miera a rýchlosť vydychovania a tým aj odstránenia CO nedokáže zabrániť potenciálnym negatívnym dopadom na zdravie človeka. Najviac ohrození sú spravidla ľudia s chorobami srdca, pľúc a obehového systému. Princíp toxického účinku je v naviazaní CO na hemoglobín za vzniku karboxylhemoglobínu (COHb). Tým sa blokuje väzba kyslíka na hemoglobín a jeho transport k životne dôležitým orgánom v tele človeka. Sila a rýchlosť ktorou sa viaže CO na hemoglobín sú v porovnaní s kyslíkom približne 240 krát vyššie. Pri prekročení určitej hranice COHb v krvi človek rýchlo zomiera. Počas zotrvania karboxylhemoglobínu v krvi človeka je cca 4 hodiny. Okrem uvedeného efektu karboxylhemoglobín spôsobuje aj zvýšenie miery zrážanlivosti krvi s následnými problémami ako je vznik ischemickej choroby srdca a pod. V krvi zdravých ľudí je okolo 1,5 % karboxylhemoglobínu z celkového množstva hemoglobínu, v krvi fajčiarov a ľudí zdržujúcich sa v zadymenom prostredí (pasívni fajčiari, taxikári, dopravní policajti) 5 – 7 %. Človek upadá do kómy pri úrovni nad 50% COHb v krvi. Slovenská legislatíva stanovila 8 hodinový limit pre CO vo vonkajšom ovzduší na úrovni $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

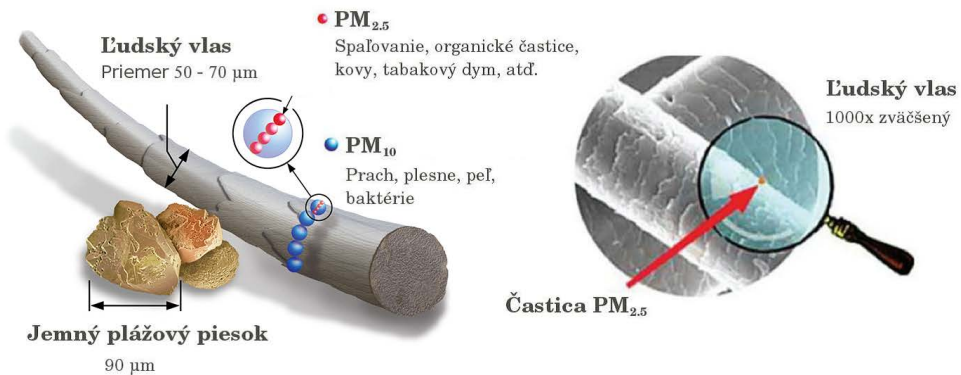
Ozón (O_3)

Ozón je bezfarebný, prípadne jemne modrastý plyn s charakteristickým výrazným zápachom. V porovnaní s ostatnými znečisťujúcimi látkami nie je do vzdušia emitovaný priamo. Pri popise ozónu ako škodliviny v tejto kapitole hovoríme o troposférickom (prízemnom) ozóne v dýchacej zóne. Nejde teda o ozón stratosférický, ktorý je síce rovnakou chemickou látkou, plní však veľmi dôležitú ochrannú funkciu vo vzťahu k filtrovaniu škodlivého ultrafialového žiarenia prichádzajúceho zo slnka. Vznik prízemného ozónu je podmienený prítomnosťou tzv. prekursorov. Sú to látky z ktorých ozón pri vhodných podmienkach vzniká. Ide najmä o skupinu prchavých organických látok (VOC), oxidy dusíka a oxid uhoľnatý. Ozón sa následne vytvára fotochemickou reakciou – za prítomnosti slnečného žiarenia. V rurálnom (vidieckom) území majú najvýznamnejší podiel pri tvorbe ozónu práve oxidy dusíka, v mestskom prostredí s intenzívnou dopravou sú to skôr VOC. Slnečné žiarenie a jeho intenzita je rozhodujúcim faktorom sezónnosti výskytu najvyšších koncentrácií ozónu. Kým ostatné škodliviny dosahujú najvyššie hodnoty obyčajne v dňoch s výskytom charakteristických inverzných situácií na jeseň či v zime, u ozónu pozorujeme najvyššie hodnoty koncentrácií často uprostred leta počas horúcich slnečných dní. Prítomnosť ozónu v dýchacej zóne človeka je spojená s vyššími rizikami negatívnych účinkov najmä u detí, starších ľudí a osôb s respiračnými diagnózami, najmä s astmou. Ohrození sú ľudia ktorí pracujú vo vonkajšom prostredí – napríklad policajti či stavební robotníci. Riziková sú aj ľudia s určitými genetickými charakteristikami, prípadne s nedostatkom niektorých nutrientov (vitamíny C a E) vo výžive. V závislosti od veľkosti expozície dochádza u človeka k viacerým možným negatívnym účinkom – kašľu, bolesti hrdla, sťaženému dýchaniu s bolesťou pri nádychu, k zápalom a poškodeniu dýchacích ciest. Častým dôsledkom je pokles funkčnosti dýchacieho systému ako bariéry proti infekčným ochoreniam. U exponovaných osôb s ochoreniami ako sú

chronická bronchitída, astma a opuch pľúc dochádza k zhoršeniu príznakov a ich celkového priebehu. Na Slovensku najvyššia priemerná 8 hodinová koncentrácia v priebehu dňa nesmie prekročiť hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ viac ako 25 dní za kalendárny rok. Táto hodnota je stanovená pre ochranu vegetácie. V súvislosti s ochranou zdravia sa vyhlasuje tzv. smogová situácia. Podmienky na vydanie oznámenia o vzniku smogovej situácie nastanú, keď dôjde k prekročeniu $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (priemerované obdobie je 1 hodina). Podmienky na vydanie výstrahy pred závažnou smogovou situáciou nastanú, ak je prekročená hodnota $240 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (platí ako priemerná hodinová hodnota koncentrácie danej látky počas 3.h nasledujúcich bezprostredne po sebe).

Prachové častice – PM_{10} a $PM_{2,5}$

V súčasnom svete je 9 z 10 ľudí vystavených účinku škodlivín v ovzduší, pričom prachové častice medzi nimi často dominujú. Dôležitým faktorom ovplyvňujúcim správanie častíc v organizme človeka po ich vdýchnutí je ich veľkosť. Na základe dlhodobých medicínskych a epidemiologických výskumov boli stanovené dve referenčné veľkosti prachových častíc - inhalovateľné častice menšie ako $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) a jemné inhalovateľné častice menšie ako $2,5 \mu\text{m}$ ($PM_{2,5}$). Tieto frakcie tvoria určitý podiel všetkých častíc, ktoré sa v určitom čase, na určitom mieste vznášajú v ovzduší - v dýchacej zóne človeka. Podľa údajov Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) patrí znečistenie ovzdušia prachovými časticami k hlavným príčinám skracovania očakávanej doby dožitia (v priemere o 20 mesiacov) a má priamu väzbu na cca 7 000 000 úmrtí vo svete.



Obr. 5 Veľkostné porovnanie prachových častíc

(Zdroj: US EPA https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/pm2.5_scale_graphic-color_2.jpg)

Zdrojov prachových častíc v ovzduší je nespočetne veľa. Možno ich rozdeliť na prírodné a antropogénne. K tým prírodným patrí sopečná aktivita, peľové zrná, prach z pôdy a i., k antropogénnym výroba energie, priemyselné odvetvia, doprava, stavebné činnosť, oder z ciest.... V Európskej únii má najvýznamnejší podiel na produkcii prachových častíc výroba energie (PM_{10} 40%, $PM_{2,5}$ až 53%).

Závažnosť zdravotných účinkov prachových častíc sa priamo spája s ich veľkosťou a tým aj schopnosťou prieniku do dýchacieho systému (Obr. 5) Častice $PM_{2,5}$ prenikajú hlboko do pľúc a sú nebezpečnejšie. Obe prachové frakcie však majú potenciál vyvolať široké spektrum rôznych negatívnych účinkov. Pripisujú sa im predčasné úmrtia na srdcovo-cievne a pľúcne ochorenia, vplyvy na slabšie infarkty myokardu, nepravidelnú činnosť srdcového svalu, zhoršovanie astmatických stavov, pokles pľúcnych funkcií či zhoršovanie respiračných symptómov pri rôznych ochoreniach. Okrem účinkov na zdravie ovplyvňujú prachové častice život človeka aj prostredníctvom environmentálnych zložiek. Sú hlavnou príčinou znížovania viditeľnosti v urbanizovanom prostredí v Európe v USA aj v Číne, zvyšujú kyslosť vody v jazerách, menia rovnováhu chemického zloženia (napr. nutrientov) pobrežných vôd a povodí riek ale aj rovnováhu nutrientov v pôde, negatívne ovplyvňujú biodiverzitu. Limitné koncentrácie v legislatíve Slovenskej republiky sú stanovené s ohľadom na ochranu zdravia človeka pre PM_{10} na $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (24 hodín) a $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (1 rok) a pre $PM_{2,5}$ na $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (1 rok).

Benzén (C_6H_6)

Benzén je prchavá bezfarebná kvapalná látka so sladkastým zápachom. Do ovzdušia vprcháva pomerne rýchlo, je rozpustný vo vode. Je vysoko horľavý. Nachádza sa v ovzduší, vo vode aj v pôde. Benzén bol izolovaný začiatkom 19. storočia z uhoľného dechtu, v súčasnosti sa vyrába najmä z ropy. Vzhľadom na široký rozsah použitia patrí vo svete medzi najviac vyrábané chemické látky. K prírodným zdrojom benzénu patria vulkanická aktivita a požiare. Je tiež prítomný v palivách, nafta aj benzína. Automobilová doprava je tak jeho významným zdrojom. Vo vnútornom prostredí sa benzén uvoľňuje pri fajčení tabaku. Do ovzdušia sa však dostáva aj z vody či pôdy. Zotrváva tam niekoľko dní, pričom podlieha rôznym reakčným procesom, prípadne sa zrážkami dostáva späť na povrch. V organizmoch sa neakumuluje. Veľký rozsah potenciálnych zdrojov vedie ku každodennej expozícii benzénu prakticky u každého z nás. Ohrození sú najmä obyvatelia v mestských aglomeráciách a v priemyselných centrách. Špecifickými lokalitami môžu byť aj obydlia v blízkosti skládok odpadov, prípadne prevádzok kde sa manipuluje s palivami. To či a ako bude benzén po vniknutí do organizmu ovplyvňovať zdravie človeka súvisí s viacerými faktormi. Okrem samotnej dávky je to aj trvanie expozície. Chronické dlhodobé expozície sú typické pre ľudí dlhšie žijúcich na exponovaných lokalitách, prípadne pre tých ktorí vdychujú benzén v pracovnom prostredí. Môžu viesť k malátnosti, závratom, zvýšeniu srdcovej frekvencie, bolestiam hlavy, k trasu, v extrémnych prípadoch až k bezvedomiu. Účinky pri umiestnení človeka mimo zdroja vdychovaním čistého vzduchu rýchlo ustupujú. Benzén pôsobí nepriaznivo aj na tvorbu krvných štruktúr. Dochádza k zníženiu počtu vytváraných krvných buniek, čo vedie k následným negatívnym účinkom, v niektorých prípadoch až k anémii. U benzénu bola preukázaná tiež schopnosť vyvolávať rakovinu orgánov krvotvorby, má negatívny vplyv na vývoj plodu a plodnosť mužov. Limit platný na Slovensku je pre zdravie človeka a obdobie 1 rok stanovený na úrovni $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Polyaromatické uhľovodíky (PAU)

Polyaromatické uhľovodíky sú viacpočetnou skupinou globálne rozšírených chemických látok prevažne z antropogénnych zdrojov. Majú svoje charakteristické vlastnosti, ktorými sú najmä chemická štruktúra aromatického heterocyklu, hydrofóbnosť a termostabilita. Výsledkom je vysoká miera odolnosti a perzistencie (zotrávania) v zložkách životného prostredia. Polyaromatické uhľovodíky sú chemické látky ktoré majú vo svojej štruktúre dve, alebo viac kondenzovaných aromatických jadier. Sú to prevažne bezfarebné, biele, prípadne jemne žltkavé látky vystupujúce v plynnom resp. pevnom skupenstve. Podľa počtu aromatických jadier sa rozdeľujú na PAU s nízkou molekulovou hmotnosťou (2,3 aromatické jadrá) a PAU s vysokou molekulovou hmotnosťou (4 a viac aromatických jadier). Výsledkom silných elektrónových väzieb v molekulách PAU je silná biochemická odolnosť, nízka rozpustnosť vo vode, nízka prchavosť a vysoké teploty topenia a varu. Stabilita PAU ako aj miera ich rozpustnosti v tukoch (lipofilnosť) narastá s molekulovou hmotnosťou. Americký úrad pre ochranu životného prostredia určil v roku 1983 skupinu 16 prioritných PAU ktorý sa používa do súčasnosti na celom svete. Táto skupina bola zostavená na základe miery negatívnych vplyvov jednotlivých PAU na zdravie a životné prostredie. Zdroje PAU možno rozdeliť, podobne ako u iných znečisťujúcich látok na prírodné a antropogénne. Prírodné, predovšetkým vulkanická činnosť a požiare, sa podieľajú na celkovom znečistení výrazne menším podielom. Antropogénne je možné rozdeliť do štyroch skupín: priemysel, doprava, domácnosti a agrosektor. Nedokonalé spaľovanie je procesom ktorý emituje najviac PAU naprieč rôznymi priemyselnými sektormi. Patrí sem najmä spaľovanie odpadov, výroba železa a ocele, výroba hliníka, cementu, farbív, asfaltu, gummy a pneumatík. PAU vznikajú aj pri výrobe pesticídov, elektrickej energie či palív. V domácnostiach vznikajú emisie PAU najmä pri spaľovaní energetických médií a odpadov. Problematické spaľovanie biomasy, ako aj spaľovanie odpadov v poľnohospodárstve prispieva k zvýšeným koncentráciám PAU vo vidieckych oblastiach. PAU sa z atmosféry dostávajú do vody, pôdy a rastlín. Práve akumulácia v pôde a sedimentoch je dôvodom prečo sa PAU objavujú následne aj v podzemnej vode a v organizmoch rastlín aj živočíchov. Najmä PAU s tromi a viacerými aromatickými jadrami sú intenzívne a dlhodobo viazané na pôdne častice. K expozícii človeka PAU dochádza inhaláciou, ingesciou a dermálnym kontaktom. Napriek skutočnosti že nie všetky PAU majú totožné účinky, viacero z nich spôsobuje rakovinu, genetické zmeny a poruchy, poškodenia plodu a imunitného systému. Tieto účinky sa neprejavujú len u človeka, ale aj u zvierat a iných živých organizmov. Intenzitu účinkov vo veľkej miere ovplyvňuje trvanie expozície ako aj jej spôsob. Pri akútnych expozíciách veľkým dávkam sa objavuje zmätenosť, podráždenie očí a kože, nevoľnosť a zápal.

Benzo-alfa pyrén (BaP) je z pohľadu intenzity a rozsahu výskytu jeden z najdôležitejších polyaromatických uhľovodíkov. Vytvára žlté, ihličkovité vo vode nerozpustné kryštály s teplotou topenia 179 °C. V súčasnosti sa aj v podmienkach Slovenskej republiky javí ako jedna z najviac problematických znečisťujúcich látok v ovzduší. Je silným karcinogénom a mutagénom. Cieľová hodnota ročného priemeru je v zmysle

slovenskej legislatívy $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Prevažná väčšina jeho celoročnej bilancie pochádza zo spaľovania pevných palív a odpadov.

Kovy - Ni, As, Pb, Cd, Hg

Definícia kovov má chemický základ. Kov je elektropozitívna látka s voľnými valenčnými elektrónmi. Valenčné elektróny sú spoločné pre všetky atómy kovu a môžu sa v ňom voľne pohybovať. To je aj dôvod prečo kovy veľmi dobre vedú teplo a aj elektrický prúd. Kovy majú svoje ďalšie charakteristické vlastnosti: kovový lesk, kujnosť, schopnosťou strácať elektróny a v dôsledku toho tvoriť spomínané katióny. Po vzniku zlúčenín kde kovy figurujú v určitej forme sa ich vlastnosti veľmi často strácajú. Chemické vlastnosti kovových prvkov možno odvodiť z ich pozície v periodickej tabuľke. Znečisťovanie atmosféry kovmi pochádza z mnohých prírodných aj antropogénnych zdrojov. V prírode sú zdrojom uvoľňovania kovov do atmosféry najmä procesy zvetrávania hornín a vulkanická činnosť. Prítomnosť množstva rôznych kovov v dýchacej zóne človeka je výsledkom pomerne veľkého počtu antropogénnych zdrojov. K najdôležitejším patrí baníctvo a hutníctvo, chemický priemysel, najmä výroba plastov, agrochemikálií a produktov z ropy, poľnohospodárstvo a skládky odpadov a ich spaľovanie. Na znečistení ovzdušia majú rôzne zdroje rôzny podiel, ktorý sa líši globálne ale aj na úrovni jednotlivých krajín. Kovy sa z atmosféry dostávajú do vody, pôdy a sedimentov kde zotrávajú dlhý čas. Dostávajú sa tak do organizmov rastlín a živočíchov. Človek je teda okrem primárneho vdychovania kovov exponovaný aj sekundárne prostredníctvom pitnej vody a potravy.. Škodlivý účinok kovov na organizmus človeka závisí od mnohých vonkajších aj vnútorných faktorov. Ak sa sústreďíme na samotnú toxicitu kovov a ich zastúpenie v atmosfére v našich podmienkach najviac problematické môžu byť kadmium - Cd, ortuť - Hg, olovo - Pb, meď - Cu, cín - Sn, chróm - Cr, antimón - Sb, zinok - Zn, nikel - Ni a arzén As... Z nich sa predmetom pravidelného sledovania v rámci národnej monitorovacej siete stali Ni, As, Pb, Cd, Hg. Nikel je často v ovzduší viazaný na prachové častice. Expozícia je možná po ich následnom vdychnutí. Absorbuje sa z pľúc a vďaka dobrej rozpustnosti vo vode sa prostredníctvom krvi rýchlo dostáva do celého tela. Najtypickejším účinkom niklu je vznik alergií – 10-20% ľudí sú citliví. Tento efekt však vzniká skôr pri kontakte s kožou. Po vdychovaní niklu vznikajú chronické bronchitídy, dochádza k zhoršeniu pľúcnych funkcií a k rakovine pľúc (najmä pri vdychovaní priemyselného prachu s niklom a sulfidových foriem niklu). Cieľová hodnota je podľa legislatívy platnej v Slovenskej republike stanovená na $20 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (ročný priemer). Vdychovanie arzénu je hlavnou cestou vstupu pre jeho anorganickú formu. Práve anorganické formy arzénu s oxidačným číslom III a V majú vysokú mieru toxicity. As sa priamo spája s karcinogénnym účinkom, spôsobuje podráždenie slizníc, nevoľnosť, negatívne ovplyvňuje prenos nervových impulzov, uvoľňuje radikály s následným negatívnym dopadom, spôsobuje kožné ochorenia, nadmernú tvorbu keratínu a pigmentu melanínu - hyperkeratózu a hyperpigmentáciu. Arzén tiež negatívne ovplyvňuje reprodukčný systém. Cieľová hodnota priemerovaná na obdobie jedného roka je $6 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Olovo patrí z pohľadu toxikológie k najlepšie preskúmaným látkam. Vdychovanie olova resp. prachu

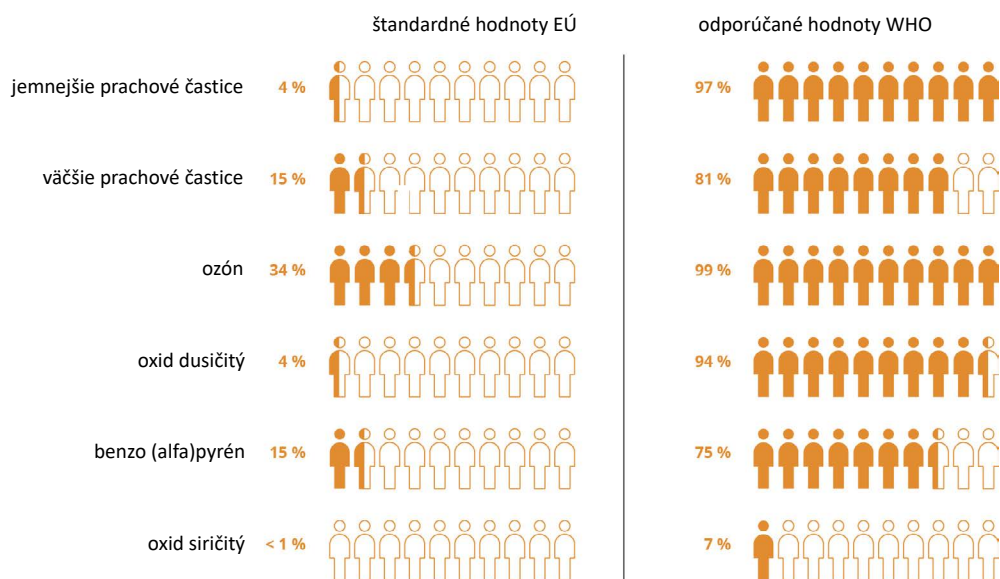
s olovom je jednou z dôležitých expozičných ciest. Expozícia Pb bola známa už pred 2000 rokmi. Koncentrácia Pb v krvi je hlavný biomarker expozície. Toxicita olova je mimoriadna s množstvom negatívnych účinkov. K najvýznamnejším patria neurologické účinky – pokles funkcií, neurobehaviorálne zmeny, pokles kognitívnych funkcií a pokles IQ u detí, vznik schizofrénii a depresí, poškodenie obličiek, negatívny vplyv na kardiovaskulárny systém (napr. vznik hypertenzie), imunologické zmeny, poškodenie krvotvorby, poškodenie vývoja plodu, rakovinotvorný účinok a mnoho iných. Najvyššie prípustná hodnota v podobe ročného limitu je v Slovenskej republike $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Významným toxickým kovom je aj kadmium. Hoci vdychovanie Cd prostredníctvom znečisteného vzduchu nie je hlavnou cestou expozície človeka, môže zohrávať v prípadoch blízkosti obydli k priemyselným prevádzkam určitú úlohu. Dôležitým zdrojom kadmia v ovzduší vnútorných priestorov je fajčenie. Pri vdychovaní kadmia dlhší čas sú cieľovým orgánom predovšetkým obličky. Výsledkom je rôzny stupeň ich poškodenia. Detská populácia je na účinok Cd viac citlivá. Existuje tiež podozrenie že Cd spôsobuje rakovinu pľúc. Limit ročného priemeru je v Slovenskej republike určený na hodnotu $5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. V súvislosti s úpravami legislatívneho rámca v Európskej únii bola intenzívne diskutovaná aj problematika ortuti. Výsledkom bolo výrazné obmedzenie jej používania na európskom trhu. Atmosférická ortuť je prevažne v plynnej elementárnej forme a môže byť bez zmien transportovaná na dlhé vzdialenosti. Patrí tak medzi tzv. ubikvitárne - všeobecne sa vyskytujúce elementy. Po depozícii do vody môže byť premenená činnosťou mikroorganizmov na metylortuť a iné organické formy. V tejto podobe sa potom ukladá v živých organizmoch, napríklad v telách rýb. Podobne ako v prípade olova je aj toxicita ortuti známa celé storočia. V prípade elementárnej ortuti ide najmä o neurotoxické účinky (oslabenie motoriky, prenosu impulzov, tremor, podráždenosť, oslabenie kognitívnych funkcií a i.) a toxické účinky na obličky. Hoci každá zo zlúčenín s ortuťou je samostatnou toxikologickou jednotkou so širokým rozsahom účinkov karcinogénny účinok niektorých z nich treba osobitne zvýrazniť. Najvyššie prípustná hodnota v slovenskej legislatíve stanovená nie je. Svetová zdravotnícka organizácia určila ročnú odporúčanú hodnotu Hg $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Smogová situácia – smogový varovný systém v Slovenskej republike

Výsledky meraní sú vyhodnocované vo vzťahu k limitným resp. cieľovým hodnotám na základe celoročných meraní. V súvislosti s okamžitou potrebou chrániť zdravie človeka pri náhlych kratších zvýšeníach úrovni škodlivín v ovzduší bol zavedený smogový varovný systém. Smogové situácie sa vyhlásia vtedy, keď aspoň jedna zo štyroch škodlivín: PM_{10} , NO_2 , SO_2 prípadne O_3 dosiahne určenú kritickú hodnotu – tzv. výstražný prah. V tomto režime platia také opatrenia, ktorých cieľom je znížiť aktuálnu expozíciu škodlivinám vo vonkajšom ovzduší na najnižšiu možnú úroveň. Opatrenia sú cielené k citlivým populačným skupinám – deťom, chorým a oslabeným jedincem či k osobám pracujúcim vonku. Práve kombinácia škodlivín v ovzduší môže mať vážny dopad na veľké množstvo ľudí. Na základe situácií ktoré sa vo svete vyskytli v minulosti boli aj pomenované dve základné kategórie mestského smogu – londýnsky a losangeleský. Zimný (redukčný, resp. Londýnsky smog) vzniká

v hmlistých dňoch, často pri teplotných inverziách. Zdrojom je spaľovanie palív s vysokým obsahom síry a popolčeka s uvoľňovaním sadzí, dymu a nedokonale oxidovaných látok. Jemný popolček a sadze (prašný aerosól) sú charakteristické vysokou koncentráciou SO_2 a CO. Vyskytuje sa v chladnom období pri zlých rozptylových podmienkach. Letný (Losangeleský, oxidačný, fotochemický) smog - vzniká za dňoch intenzívneho slnečného svitu kedy pôsobí UV žiarenie na exhaláty zo spaľovacích motorov, najmä na NO_x , CO a uhľovodíky. Vytvára sa ozón, ktorý sa zúčastňuje na zložitých fotooxidačných reakciách, ktorých produktom sú aldehydy, kyselina dusičná, peroxidy a mnoho iných látok.

Na základe prezentovaných faktov je možné konštatovať, že kvalita ovzdušia by mala byť v centre záujmu zodpovedných a zainteresovaných subjektov naprieč celou Európskou úniou a Slovensko by nemalo byť výnimkou. Bolo by tak možné zabrániť významným ekonomickým stratám, predovšetkým však zachrániť mnoho ľudských životov. Obrázok ukazuje počet ľudí v Európskej únii, ktorí sú exponovaní hodnotám vybraných škodlivín nad limitmi EÚ a nad odporúčaniam WHO (Obr. 6). Tie síce majú na rozdiel od limitov EÚ len odporúčací charakter, vychádzajú však z hodnoverných toxikologických údajov.



Obr. 6 Podiel populácie v Európskej únii vystavenej nadlimitným koncentraciám vybraných zlúčenín – limity EÚ a odporúčania Svetovej zdravotníckej organizácie WHO

(Zdroj: EEA)

II.3 Vnútorne ovzdušie budov

II.3.1 Vnútorne ovzdušie v kontexte zdravia človeka

Napriek faktom o znečistení vonkajšieho ovzdušia, ktoré je jedným z najväčších environmentálnych rizík pre zdravie, nemenej závažným je aj kvalita vnútorného ovzdušia. Keďže v tomto prostredí trávime 80 – 90 % svojho času, je potrebné poukázať na význam kvality ovzdušia vo vnútri budov pre ľudské zdravie. S enormným rozvojom spoločnosti v priebehu desaťročí došlo k výrazným zmenám v životnom štýle populácie. Uskutočnené politické a ekonomické zmeny po roku 1989 túto problematiku dostávajú do pozornosti aj v podmienkach Slovenskej republiky. Energetická kríza, nárast cien všetkých druhov energie viedli k zmenám v konštrukčnom riešení budov, k budovaniu utesnených budov s cieľom zabrániť únikom tepla a tiež k obmedzovaniu vetrania vnútorných priestorov budov ich obyvateľmi. Rozvojom chemického priemyslu dochádza k nárastu používania nových konštrukčných materiálov a syntetických látok pri výstavbe a zariaďovaní budov, k intenzívnejšiemu používaniu chemických čističov a dezinfekčných prostriedkov a k menšiemu využívaniu prírodných materiálov. Tieto hlavné zmeny poznamenali kvalitu vnútorného prostredia tak, že sa začali objavovať početné, nešpecifické zdravotné symptómy, ale aj iné objasnené ochorenia zapríčinené zhoršenou kvalitou ovzdušia v interiéroch budov a dĺžkou expozície, pretože až 75 % obyvateľstva prežíva väčšinu času denne v rôznych typoch vnútorného prostredia.

Kľúčové fakty

- Znečistenie ovzdušia v domácnostiach bolo v roku 2020 podľa odhadov zodpovedné za 3,2 milióna úmrtí ročne, vrátane viac ako 237 000 úmrtí detí mladších ako 5 rokov.
- Kombinované účinky znečistenia okolitého ovzdušia a znečistenia vnútorného ovzdušia budov sú spojené so 6,7 miliónmi predčasných úmrtí ročne.
- Približne 89 % týchto predčasných úmrtí sa vyskytlo v krajinách s nízkym a stredným príjmom a najväčší počet v juhovýchodnej Ázii a západnom Tichomorí.
- Približne 2,4 miliardy ľudí na celom svete (približne tretina svetovej populácie) varí pomocou otvoreného ohňa alebo neefektívnych kachlí poháňaných petrolejom, biomasou (drevo, trus zvierat a odpad z plodín) a uhlím, ktoré spôsobujú škodlivé znečistenie ovzdušia v domácnostiach splodinami zo spaľovania tuhých palív.
- Najväčšiu zdravotnú záťaž z používania znečisťujúcich palív a technológií v domácnostiach nesú ženy a deti, ktoré sú zvyčajne zodpovedné za domáce práce, ako je varenie a zber palivového dreva.
- Je nevyhnutné rozšíriť používanie čistých palív a technológií na zníženie znečistenia ovzdušia v domácnostiach a ochranu zdravia. Medzi ne patrí solárna energia, elektrina, bioplyn, skvapalnený ropný plyn (LPG), zemný plyn, liehové palivá, ako aj kachle na biomasu, ktoré spĺňajú emisné ciele v smerniciach WHO.

Častice a iné znečisťujúce látky v znečistenom ovzduší v domácnostiach spôsobujú zápalové procesy dýchacích ciest a v pľúcach, zhoršujú imunitnú odpoveď a znižujú kapacitu červených krviniek, ktoré sú zodpovedné za prenos kyslíka z pľúc do zvyšku tela a následný návrat oxidu uhličitého z tela do pľúc, odkiaľ je vydychnutý.

Americká agentúra pre ochranu životného prostredia (EPA) definuje kvalitu vnútorného ovzdušia ako: „kvalitu ovzdušia v budovách a ich okolí, najmä čo sa týka zdravia a pohodlia obyvateľov týchto budov“. No nie je to len znečistené ovzdušie, ktoré predstavuje nevhodné podmienky bývania, mnohými spôsobmi negatívne vplyvajúce na zdravie ľudí. WHO rozlišuje štyri aspekty bývania, ktoré sú navzájom prepojené: fyzická štruktúra domu (budovy), domov (psychosociálny, ekonomický a kultúrny celok tvorený domácnosťou), infraštruktúra v okolí (fyzické podmienky v bezprostrednej blízkosti obydliá) a susedstvo (sociálne prostredie, obyvatelia a služby v okolí). Každý z týchto aspektov môže mať priamy či nepriamy vplyv na fyzické, sociálne i psychické zdravie. Pri kombinácii dvoch či viacerých z nich sa tento vplyv môže zvýšiť.

WHO sumarizuje zdravotné dopady, konkrétne medzi zmienenými 3,2 miliónmi úmrtí v dôsledku vystavenia znečisteniu ovzdušia v domácnostiach je:

32 % ochorení pripisovaných ischemickej chorobe srdca, z ktorých 12 % končí úmrtím v dôsledku ischemickej choroby srdca, čo predstavuje viac ako milión predčasných úmrtí ročne;

23 % reprezentujú prípady cievnej mozgovej príhody: približne 12 % všetkých úmrtí v dôsledku mŕtvice možno pripísať každodennému vystaveniu znečisteniu ovzdušia v domácnostiach spôsobenému používaním tuhých palív a petroleja;

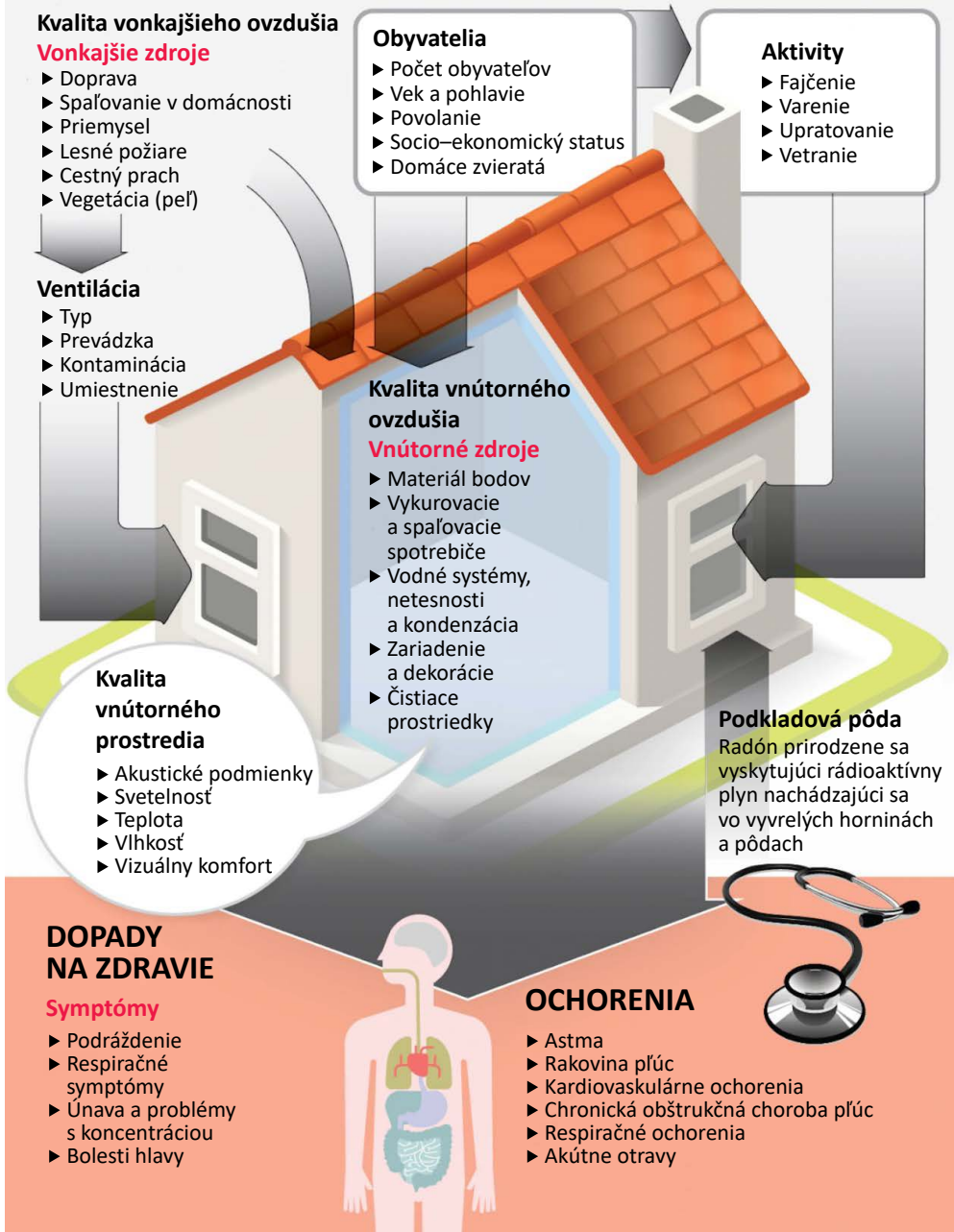
21 % je spôsobených infekciou dolných dýchacích ciest: vystavenie znečisteniu ovzdušia v domácnostiach takmer zdvojnásobuje riziko infekcie dolného dýchacieho traktu u detí a je zodpovedné za 44 % všetkých úmrtí na zápal pľúc u detí mladších ako 5 rokov. Znečistenie ovzdušia v domácnostiach je rizikom akútnych infekcií dolných dýchacích ciest u dospelých a prispieva k 22 % všetkých úmrtí dospelých v dôsledku zápalu pľúc;

19 % pochádza z chronickej obštrukčnej choroby pľúc (CHOCHP): 23 % všetkých úmrtí na chronickú obštrukčnú chorobu pľúc (CHOCHP) u dospelých v krajinách s nízkymi a strednými príjmami je spôsobených vystavením znečisteniu ovzdušia v domácnostiach; a

6 % je zodpovedných za vznik rakoviny pľúc: približne 11 % úmrtí na rakovinu pľúc u dospelých možno pripísať vystaveniu karcinogénom zo znečistenia ovzdušia v domácnostiach spôsobeného používaním petroleja alebo tuhých palív, ako je drevo, drevené uhlie alebo uhlie na energetické potreby domácností.

Preto je dôležité poznať, skúmať a riešiť kvalitu ovzdušia domácností a jeho hlavné zdravotné, bezpečnostné a sociálne dopady. V tejto časti sa zameriame na vnútorné ovzdušie a rozsah vplyvov znečistenia ovzdušia v domácnostiach, preskúmame zdravotné účinky znečistenia ovzdušia od definície nepriaznivých účinkov

PREČO NA KVALITE VNÚTORNÉHO OVZDUŠIA ZÁLEŽÍ



Obr. 7 Aspekty vplyvajúce na kvalitu vnútorného ovzdušia a dopady na zdravie

(Zdroj: <https://www.drishitias.com/daily-news-analysis/indoor-air-pollution>)

na zdravie až po hlavné cesty expozície a chorôb. Predstavíme hlavné patologické mechanizmy, ktoré vedú k poškodzovaniu organizmu a rozlíšime krátkodobé a dlhodobé účinky. Zdôrazníme otázku tej časti populácie, ktorá je vystavená vyššiemu riziku negatívnych účinkov expozície znečistenému ovzdušiu.

Predstavíme vplyv niektorých vybraných rizikových faktorov spojených s bývaním na jeden či viacero zdravotných následkov. Niektoré riziká sú prepojené priamo – napríklad energeticky neúčinné obydliá s nízkou vnútornou teplotou sú náchylné k hromadeniu vlhkosti a vzniku plesní. V iných prípadoch zase môže prítomnosť jedného faktora znásobiť riziko z iného, ako napr. pri súčasnej expozícii tabakovému dymu a radónu, ktoré v súčinnosti výrazne zvyšujú riziko rakoviny pľúc. Je dôležité rozoznať možné vzájomné vzťahy medzi rôznymi aspektami bývania. To znamená, že zlepšenie jedného aspektu môže ovplyvniť iný, a to buď pozitívne alebo negatívne.

Podrobný prehľad hlavných faktorov zníženej až nevyhovujúcej kvality vnútorného vzduchu, zdravotných dopadov a s nimi súvisiacich ochorení sú znázornené na obrázku (Obr. 7). Detailne si ich rozoberieme v nasledujúcich podkapitolách.

II.3.2 Faktory vnútorného ovzdušia budov

Vnútorné ovzdušie je možné definovať ako ovzdušie, ktoré má nepriame spojenie s ovzduším vonkajším a je tak ovplyvňované vnútornými zdrojmi a aktivitami, že sa svojou kvalitou môže významne líšiť od vonkajšieho voľného ovzdušia (Halzlová et al., 2011). Predmetom tejto podkapitoly bude vplyv faktorov na kvalitu ovzdušia vo vnútorných priestoroch akými sú domácnosti, zariadenia pre výchovu a vzdelávanie, zdravotnícke zariadenia, zariadenia sociálnych služieb, ubytovacie zariadenia, úrady a rôzne budovy poskytujúce služby obyvateľstvu. Nezameriava sa na pracovné a výrobné prostredie, kde je pracovná expozícia zapríčinená emisiami z výrobných procesov.

Faktory vnútorného ovzdušia je možné rozdeliť do dvoch skupín: 1. Chemické, mikrobiologické a biologické faktory, ktoré zapríčiňujú nevyhovujúcu kvalitu vnútorného ovzdušia budov. 2. Fyzikálne faktory, ktoré ovplyvňujú mikroklimu vnútorného prostredia budov – teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, prúdenie vzduchu, výmena vzduchu. Medzi pôsobením týchto faktorov nie je možné stanoviť presnú hranicu rovnako ako zdravotné problémy v súvislosti s pobytom v budove nemajú len jednu príčinu, ktorú je možné identifikovať a odstrániť.

Znečisťujúce látky vnútorného ovzdušia budov je možné rozdeliť do skupiny:

1. chemických znečisťujúcich látok
2. jemných prachových častíc
3. a biologických znečisťujúcich látok

Za účelom identifikovania a riešenia problémov je možné členenie aj na: znečisťujúce látky, ktorých **zdrojom je stavebný materiál a nábytok**, najmä:

- prchavé organické látky (VOC), azbest, formaldehyd, prachové častice;

- znečisťujúce látky, ktorých **zdrojom je činnosť človeka**, najmä: VOC, CO, pesticídy, fajčenie tabaku – nikotín,
- znečisťujúce **látky vznikajúce pri spaľovaní**, najmä: CO, NO₂, VOC, prachové častice;
- znečisťujúce **látky vonkajšieho ovzdušia**, najmä: CO, NO₂, VOC, prachové častice, ozón, alergizujúci peľ;
- znečisťujúce **látky vznikajúce v súvislosti s výskytom vlhkosti** v budovách – plesne, roztoče, mikroorganizmy a VOC.

Pri alergiách je dôležitý už vnútromaternicový vývin človeka a obdobie prvých mesiacov po narodení, keď sa dieťa prvýkrát stretáva s látkami vonkajšieho prostredia a reaguje na ne. Okrem inhalačných alergénov prostredia zohráva v tomto období kľúčovú úlohu stretnutie s potravinovými alergénmi. Okrem genetických faktorov sa významne podpisuje na stúpajúci výskyt alergických ochorení vplyv vonkajšieho prostredia, teda klimatické zmeny súvisiace s otepľovaním ovzdušia, zmenou flóry, prenesením a rozmnožením nepôvodných rastlinných druhov s vysokým alergickým potenciálom.

II.3.3 Účinky znečisteného ovzdušia na zdravie

Úroveň celkovej expozície ľudí znečistenému ovzdušiu závisí od podielu času prežitého vo vonkajšom a vnútornom prostredí, schopnosti jednotlivých znečisťujúcich látok vo vonkajšom ovzduší preniknúť do vnútorného prostredia budov, od výšky koncentrácií znečisťujúcich látok vznikajúcich vo vnútornom prostredí napr. z kúrenia, varenia, fajčenia, z náterových hmôt, bytového zariadenia a stavebných materiálov. Dôležitou zásadou pri hodnotení expozície a zdravotných účinkov znečisťujúcich látok je zohľadnenie rozdielu medzi ich dvoma základnými kategóriami: **akútnymi** (krátkodobými) a **chronickými** (dlhodobými) účinkami. Ako akútne účinky znečisteného ovzdušia na zdravie populácie sa všeobecne považujú krátkodobé zmeny v kvalite ovzdušia trvajúce v priebehu niekoľkých hodín až celého dňa. Najčastejšie prejavy akútnych účinkov sú: podráždenie slizníc očí, horných ciest dýchacích, kašeľ, zvýšená citlivosť dýchacích ciest na alergény, astmatické záchvaty alebo akútna astma, zvýšený výskyt akútnych respiračných ochorení. Chronické účinky, t.j. dlhodobá expozícia znečistenému ovzdušiu, boli študované v súvislosti s výskytom chronických respiračných ochorení, narastajúcej mortality a skrátenia očakávanej dĺžky života. Štúdie potvrdili, že účinky sa vyskytujú pri rôznych koncentračných úrovniach znečisťujúcich látok, vrátane koncentrácií, ktoré sú považované za nízke. Preto pri zvažovaní opatrení na redukcii expozície nemôže byť navrhované len na elimináciu extrémnych prípadov vysokého znečistenia ovzdušia, ale aj na priemerné úrovne expozície obyvateľstva. Na kvantifikáciu vzťahu dávka – účinok sa používajú dva základné prístupy: hodnotenie látok **s prahovým účinkom** (nekarinogénne látky) a/alebo **bezprahovým účinkom** (karinogénne látky). Látky s prahovým účinkom majú určitú úroveň expozície (tzv. prahovú dávku), pod ktorou sa neočakáva žiadny účinok. U látok s bezprahovým účinkom sa predpokladá, že aj najnižšia možná koncentrácia

môže vyvolať nádorové ochorenie. Medzi následky chronických účinkov patria najmä: zhoršenie pľúcnych funkcií, zvýšená náchylnosť k chronickým obštrukčným pľúcny ochoreniam. V každej z týchto kategórií môžu zdravotné účinky nadobúdať rôzny rozsah závažnosti. Niektoré znečisťujúce látky môžu mať definovanú tzv. prahovú hodnotu expozície, pod hodnotou ktorej nie je pozorovaný zjavný zdravotný efekt, ako je to napr. u SO₂, NO₂ a u ďalších znečisťujúcich látok, ktorých limity sú v Slovenskej republike legislatívne upravené. Ďalšie môžu mať tzv. bezprahový efekt s možnosťou výskytu určitého účinku nezávisle od úrovne expozície, napr. benzén. V populácii nie sú všetci jednotlivci postihnutí rovnako pri tom istom environmentálnom nebezpečenstve. V citlivosti na expozíciu sa môžu vyskytovať značné odchýlky vplyvom veku, charakteru výživy, genetickej predispozície a celkového stavu zdravia, ktoré sú dôležitými determinantami subjektívnych prejavov. Odhady rizík musia byť vykonané pre konkrétne vysokorizikové skupiny ako sú napr. dojčatá, malé deti, starí ľudia, tehotné ženy a ich plody, podvyživení a chronicky chorí ľudia. Identifikácia týchto rizikových skupín je obzvlášť dôležitá, pretože u nich sa zvyčajne prejavujú prvé príznaky nepriaznivého zdravotného účinku súvisiaceho so vzostupom znečistenia (Slotová, 2010).

Azbest

Osobitnou kategóriou škodlivín v ovzduší vo vonkajšom i vnútornom prostredí sú prírodné aj umelé vlákna, najmä azbest, ktorý je voľným okom neviditeľný. Vlákna majú dĺžku od 5 – 100 µm a hrúbku 3 µm. Pravdepodobnosť ohrozenia zdravia v dôsledku expozície azbestovým vláknam v životnom prostredí je minimálna, avšak na verejnosti často vyvoláva veľké obavy pre jeho karcinogénne vlastnosti. Treba vedieť, že azbestové vlákna predstavujú hrozbu len pri vdýchnutí do pľúc, pri iných cestách expozície (napríklad cez zažívací trakt) prakticky zdravie nie je ohrozené.

Azbest sa v minulosti používal na výrobu mnohých výrobkov používaných v stavebníctve ako izolačný a protipožiarny materiál. Aj dnes sa ešte môžeme stretnúť s takýmito výrobkami; väčšinou sú zabudované do konštrukcií starších budov. Riziko pre zdravie hrozí iba v prípade, že sa azbestové vlákna uvoľnia do ovzdušia, napríklad pri búracích a rekonštrukčných prácach alebo keď pri manipulácii s takýmito výrobkami dôjde k narušeniu ich povrchu.

Búracie a rekonštrukčné práce, pri ktorých sa môže vyskytnúť azbest, treba zadať profesionálnym firmám, ktoré majú na takúto činnosť oprávnenie a dodržiavajú prísne predpisy na ochranu zdravia vlastných zamestnancov, ako aj objednávateľov búracích a rekonštrukčných prác.

Účinky azbestových vlákien na zdravie sa pri vdychovaní prejavujú ako pľúcna fibróza – azbestóza, prípadne ako rakovina pľúc, nádorové ochorenie pohrudnice a pobrušnice a zmeny pohrudnice. Azbest je tiež schopný značne zosilniť účinok iných faktorov podporujúcich vznik nádorov. V praxi sa riziko takýchto chorôb vyskytuje len v súvislosti s pracovným prostredím, výskyt chorôb z environmentálnej expozície nie je známy.

Prchavé organické látky (Volatile organic compound – VOC)

Prchavé organické zlúčeniny (VOC) sú emitované ako plyny z určitých pevných látok alebo kvapalín. VOC zahŕňajú rôzne chemikálie, z ktorých niektoré môžu mať krátkodobé a dlhodobé nepriaznivé účinky na zdravie. Koncentrácie mnohých VOC sú trvalo vyššie v interiéri (až desaťkrát vyššie) ako vonku. VOC sú emitované širokou škálou produktov, ktorých počet sa pohybuje v tisícoch.

Množstvo alebo koncentrácia VOC prítomných vo vnútornom vzduchu sa vyjadruje v rôznych jednotkách. Bežne používané sú jednotky ppb (z angl. parts per billion), jednotka ppm (z angl. parts per million) a mikrogramy na meter kubický ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Mikrogram je jedna milióntina gramu (1×10^{-6} g). Ak je koncentrácia 1 ppb (alebo 1 ppm), na každú miliardu (alebo milión) molekúl vzduchu pripadá jedna molekula VOC. Ak je koncentrácia $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, potom na každý meter kubický objemu vzduchu pripadá 1 mikrogram hmotnosti VOC.

Najdôležitejším a najrozšírenejším zdrojom expozície VOC je používanie benzínu v motoroch áut. Dôležité sú pritom základné zložky benzínu, ktoré sa uvoľňujú prchaním počas tankovania benzínu a z horúcich motorov v garážach, ako aj čiastočne oxidované zlúčeniny z výfukových plynov. Organické chemikálie sú široko používané ako prísady do výrobkov pre domácnosť. Medzi aktivity človeka, ktoré ovplyvňujú koncentrácie VOC vo vnútornom prostredí je možné zaradiť: maľovanie, natieranie, lepenie (xylén, etylbenzén, dekan, dodekan a benzén); čistenie domácností, návšteva čistiarne (1,1,1 – trichlóretan a tetrachlóretylén); používanie dezodorantov, ošetrovanie, starostlivosť o telo (dichlórbenzén); umývanie riadu, pranie bielizne, fajčenie a šoférovanie (benzén, xylén, etylbenzén); eliminácia výskytu škodcov (fungicídy, herbicídy, naftalíny). Všetky tieto produkty môžu uvoľňovať organické zlúčeniny počas ich používania a do určitej miery aj pri ich skladovaní.

„Štúdia metodiky hodnotenia celkovej expozície (TEAM) úradu EPA pre výskum a vývoj“ (1985) zistila, že úroveň asi desiatky bežných organických znečisťujúcich látok sú 2 až 5-krát vyššie v domácnostiach ako vonku, bez ohľadu na to, či sa domy nachádzali vo vidieckych alebo vysoko priemyselných oblastiach. Prehodnoteným niekoľkými štúdiami zameranými na VOC možno konštatovať, že priemerná koncentrácia každej jednotlivéj VOC v budovách je všeobecne nižšia ako $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, vo väčšine prípadov menšia ako $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatiaľ čo koncentrácie celkového množstva VOC sú v domácnostiach podstatne vyššie (často $1100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Priemerné koncentrácie jednotlivých VOC a celkového množstva VOC (TVOC) v domácnostiach sú všeobecne vyššie ako v budovách pre služby a verejnosť. Koncentrácie VOC sú v nových, alebo v rekonštruovaných budovách oveľa vyššie ako v starších budovách podľa druhu použitého stavebného materiálu a zariadenia budovy.

Štúdie EAM naznačili, že zatiaľ čo ľudia používajú produkty obsahujúce organické chemikálie, môžu vystaviť seba a ostatných veľmi vysokým úrovňam znečisťujúcich látok a zvýšené koncentrácie môžu pretrvávajúť vo vzduchu dlho po ukončení aktivity. Ľudia vnímajú prítomnosť VOC v ovzduší podľa ich zápachu. Adaptácia na expozíciu VOC je malá. Citlivosť rôznych ľudí na tie isté stimuly je rôzna a môže sa výrazne

násobne líšiť. Schopnosť organických chemikálií spôsobiť účinky na zdravie sa značne líši od tých, ktoré sú vysoko toxické, až po tie, ktoré nemajú žiadny známy vplyv na zdravie. Možné účinky niektorých VOC prítomných vo vnútornom ovzduší budov na zdravie môžu zahŕňať:

- Podráždenie očí, nosa a hrdla
- Bolesti hlavy, strata koordinácie a nevoľnosť
- Poškodenie pečene, obličiek a centrálného nervového systému

Niektoré organické látky môžu spôsobiť rakovinu u zvierat, o niektorých sa predpokladá alebo je známe, že sú karcinogénne aj pre ľudí. Genotoxicita a karcinogenita VOC sa prejavuje ako následok dlhodobej expozície. Predpokladá sa, že neexistuje prahová koncentrácia pod ktorou k vzniku karcinogénnych účinkov nedochádza a odhad rizika je preto v rozsahu veľmi nízkych koncentrácií. Podľa klasifikácie medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny z prchavých organických látok bežne sa nachádzajúcich vo vnútornom ovzduší je len benzén zaradený do skupiny 1 – dokázaný karcinogén pre človeka a päť druhov VOC – tetrachlórmetán, chloroform, 1,2-dichlóretán, p- dichlorbenzén a styren bolo zaradených do skupiny 2B – pravdepodobný ľudský karcinogén.

Kľúčové znaky alebo symptómy spojené s expozíciou VOC zahŕňajú: podráždenie spojoviek, nepohodlie v nose a hrdle, bolesť hlavy, alergická kožná reakcia, dýchavičnosť, pokles hladín cholinesterázy v sére, nevoľnosť, vracanie, krvácanie z nosa, únava, závraty.

Negatívne účinky na zdravie človeka: Toxické účinky sú rôznorodé. Tieto látky poškodzujú nervovú sústavu, spôsobujúce nevoľnosti, zvracanie, kŕče, podráždenie zmyslových orgánov, bolesti hlavy, stratu koordinácie, poškodenie obličiek a pečene, centrálného nervového systému (EPA).

Terénne a laboratórne skúsenosti potvrdzujú, že účinky na zdravie ľudí a diskomfort sú nepravdepodobné pri úrovni expozície pod $0,2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a veľmi pravdepodobné pri expozícii koncentráciám prekračujúcich $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Rovnako ako v prípade iných znečisťujúcich látok bude rozsah a povaha vplyvu na zdravie závisieť od mnohých faktorov vrátane úrovne expozície a dĺžky času expozície.

Formaldehyd (HCHO) Formaldehyd, jedna z najznámejších VOC, zároveň je jednou z mála látok znečisťujúcich ovzdušie v interiéri, ktoré možno ľahko merať. Drevotrieska, izolačné peny sú príkladom kontinuálneho zdroja, ale intenzita emisií sa mení v závislosti na podmienkach prostredia a veku výrobku. Tendencia emisií klesá s časom po inštalácii a stúpa pri vyššej teplote a vlhkosti ovzdušia. Konečná koncentrácia formaldehydu v obytných priestoroch závisí na kombinácii prítomnosti zdrojov, riediaceho účinku ventilácie a adsorpcie a re-emisie povrchmi a materiálmi v prostredí. Okrem toho koncentrácie formaldehydu sú rôzne počas dňa v závislosti na zmene teploty ako aj v sezónach roka. Vyššie koncentrácie formaldehydu sú počas letných mesiacov. Koncentrácie formaldehydu vo väčšine domácností neprekračujú $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Účinky na zdravie: Formaldehydu sú pripisované mnohé nežiadúce zdravotné následky. Najviac dôkazov je o dráždiacich účinkoch očí a horných dýchacích ciest. Cestami expozície človeka formaldehydu sú inhalácia, ingescia (požitie) a dermálna absorpcia (preniknutie kožou).

Oxid uhoľnatý

Oxid uhoľnatý (CO) je toxický plyn, bez farby a zápachu, ktorý sa vo veľkej miere vytvára v interiéri vykurovaním, varením, a fajčením tabaku. Zdrojom CO vo vnútor-
nom ovzduší je nedokonalé spaľovanie všetkých uhlíkatých palív. Emisie z plynových spotrebičov, plynových ohrievačov vody, z ostatných neodvetraných vykurovacích telies a spaľovacích motorov umiestnených vo vnútri budovy (v garážach) môžu zvyšovať koncentrácie CO vo vnútor-
nom ovzduší nad limitné hodnoty koncentrácie oxidu uhoľnatého vo vonkajšom ovzduší, a to až do koncentrácií, ktoré sú zdraviu nebezpečné. Jeho najvýznamnejším zdrojom pre človeka je však fajčenie. Je toxický a preniká do krvi dýchacím traktom, viaže sa na červené krvné farbivo za vzniku tzv. karboxylhemoglobínu, ktorý stráca schopnosť prenosu kyslíka. Následkom je znížený prívod kyslíka do tkanív. Organizmus však dokáže tolerovať pomerne vysoké koncentrácie bez príznakov zdravotného poškodenia. Vysoké hodnoty karboxyl-
hemoglobínu boli napr. zistené v krvi fajčiarov. Na oxid uhoľnatý sú najcitlivejšie tehotné ženy a ich plody, ďalej malé deti, osoby s ochoreniami srdcovo-cievneho aparátu a staršie osoby. Tieto osoby by sa mali vyvarovať aktívneho fajčenia, dlhodobého pobytu v zafajčených priestoroch a miestach s vysokou koncentráciou splodín z cestnej dopravy.

Účinky na zdravie pri zvyšovaní hladín karboxyhemoglobínu v krvi sa prejavujú bolesťou hlavy, pozorujeme tiež nauzeu a pocit slabosti. V uzatvorenom prostredí hladiny CO môžu dosiahnuť hodnoty dostatočné na zapríčinenie vzniku symptómov akútnej otravy CO a dokonca smrť. Väčšina prípadov fatálnej otravy oxidom uhoľ-
natým sa vyskytuje vo vnútor-
nom prostredí s neodvetranými kozubmi a plynovými spotrebičmi.

Pasívne fajčenie

Tabakový dym je všade prítomný v prostredí v ktorom človek žije a v ktorom je súčasne človek fajčiaci tabak. Je známych mnoho molekulárnych a biochemických markerov, ukazovateľov svedčiacich pre prítomnosť cigaretového dymu, ale neexistuje ukazovateľ, ktorý by hodnotil celú komplexnú dávku, ktorá pôsobí na orga-
nizmus. Biologické ukazovatele umožňujú hodnotiť súčasnú, alebo veľmi nedávnu expozíciu – prítomnosť tabakového dymu za posledných 48, maximálne 72 hodín. Jediným špecifickým ukazovateľom, ktorý je súčasťou hlavného aj vedľajšieho prúdu tabakového dymu a ktorý je možné hodnotiť, je nikotín. U **aktívneho i pasívneho fajčenia** teda hodnotíme expozíciu tabakovému dymu formou zisťovania prítomnosti **nikotínu** a jeho hlavného metabolitu, **kotínínu**. Biologickým ukazovateľom expozície

tabakovému dymu je aj **tiokyanát**. Vzniká v pečení ako metabolit kyanovodíka. Jeho zdrojom okrem tabakového dymu môže byť aj potrava – listová zelenina, orechy, pivo. Tiokyanát sa vylučuje obličkami a jeho polčas je 7 – 14 dní. Dokázateľný je v slinách, kde dosahuje desaťnásobné koncentrácie oproti koncentráciám v krvnom sére. Koncentrácia tiokyanátu je v organizme pomerne stabilná, je dvakrát až štyrikrát vyššia u fajčiarov ako u nefajčiarov a je dokázateľná po zanechaní aktívneho i pasívneho fajčenia ešte v priebehu 3 – 6 týždňov.

Účinky na zdravie: Pasívne fajčenie ohrozuje zdravie všetkých skupín populácie od nenarodených až po populáciu starých ľudí, a to následkom krátkodobej a dlhodobej expozície.

Okrem znehodnocovania životného prostredia a znižovania komfortu pasívne fajčenie má najmä tieto účinky: zhoršuje priebeh a bolesti na hrudi u ľudí s koronárnym ochorením srdca. Pasívne i aktívne fajčenie je rizikový faktor kardiovaskulárnych chorôb. Konkrétnu spojitosť medzi pasívnym fajčením a bronchiálnou astmou epidemiologické štúdie zatiaľ nedokázali. Expozícia tabakovému dymu zhoršuje priebeh astmy, zvyšuje frekvenciu a závažnosť záchvatov pri zúžení dýchacích ciest, zvlášť u ľudí s astmatickým ochorením alebo záchvatov pri zúžení hltana. Dráždenie očných spojoviek, nosnej sliznice a sliznice horných ciest dýchacích, častejšie zápaly stredného ucha sú dávané do spojitosti s pasívnym fajčením detskej populácie. Expozícia detí pasívnemu fajčeniu zvyšuje aj riziko infekcií dolných dýchacích ciest – bronchitídy, pneumónie, redukuje pľúcne funkcie. Je príčinou vzniku symptómov dráždenia horných dýchacích ciest, výtokov zo stredného ucha. Tabakový dym zvyšuje riziko vývoja zhubných ochorení – rakoviny pľúc o 30 %, rakoviny mozgu, močového mechúra, prsníka, riziko vzniku leukémie zvyšuje až 6 krát atď.

Biologické znečisťujúce látky

Biologické škodliviny nás ohrozujú v každodennom živote a majú súvis so vznikom mnohých ochorení. Ich prítomnosť v domácnosti dokáže zneprijemniť život, pričom najmä vysoká teplota a vlhkosť môžu zvýšiť koncentráciu kontaminujúcich látok biologickej povahy, ktoré hrajú dôležitú úlohu pri spúšťaní alergických reakcií a epizód astmy. Medzi biologické znečisťujúce látky patria baktérie, plesne, vírusy, srst zvierat, sliny mačiek, roztoče, šváby a peľ. Všetky tieto látky môžu predstavovať vážne riziko pre zdravie človeka.

Roztoče domového prachu

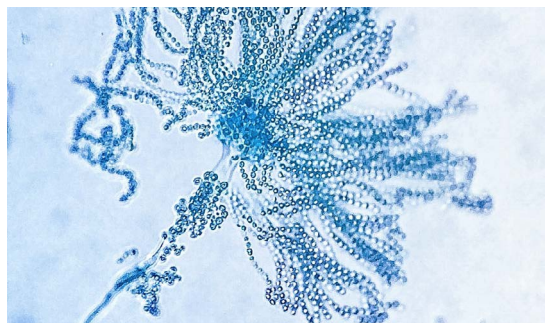
Roztoče sú rad drobných článkonožcov z triedy pavúkovce. Ich články tela splynuli do jediného celku. Ústne orgány sú bodavo-cicavé, chýba prieduch do dýchacej sústavy a výkonný respiračný systém. Niektoré druhy roztočov sú predátory, iné sa živia šupinami ľudskej alebo zvieracej kože, plesňami a baktériami. Množstvo druhov roztočov bolo identifikovaných v prachu budov a to nielen v domácnostiach, ale aj v školách, úradoch a iných budovách. Druhy roztočov, ktoré majú prevahu vo väčšine časti sveta, patria do čeľade *Pyroglyphidae*. Najznámejšie druhy sú

Dermatophagoides pteronyssinus, *Dermatophagoides farinae* a *Euroglyphus maynei*. Roztoče sa nachádzajú vo väčšine domov, žijú v domovom prachu. Je možné ich nájsť najmä v kobercoch a v mäkkom nábytku. Najdôležitejším rezervoárom roztočov sú postele, a to z dôvodu vyhovujúceho prostredia (vlhkosť) a dostatočných zdrojov výživy. Vo všetkých domoch sa nachádzajú zdroje výživy pre roztoče, ale v bytoch a domoch na bývanie je výskyt roztočov vyšší ako v domoch pre verejnosť – školy, úrady, alebo v priestoroch verejnej dopravy. Budovy so zvýšenou relatívnou vlhkosťou vzduchu majú zvýšené koncentrácie roztočov a alergénov roztočov v prachu. Najväčší výskyt roztočov a alergénov roztočov je vo vlhkých, teplých regiónoch sveta a najnižší v suchých regiónoch. Nižší výskyt roztočov a alergénov roztočov sa zistil aj vo vysokých nadmorských výškach a to z dôvodu zníženej teploty vzduchu.

Účinky na zdravie Najdôležitejšou a najčastejšou cestou expozície človeka je inhalácia. Alergény roztočov sú najčastejšou príčinou alergickej precitlivenosti zvlášť u jedincov geneticky predisponovaných k vývoju atopického ochorenia a sú považované za najdôležitejšie alergény súvisiace s výskytom astmy. Podieľajú sa na rozvoji astmy, nádchy a ekzémov u atopických jedincov a zohrávajú dôležitú úlohu v symptómoch atopickej dermatitídy. Výsledky vedeckej štúdie z roku 1964 naznačili, že roztoče sú významné zdroje alergénov, pretože jedinci alergickí na domáci prach majú pozitívne kožné testy na extrakty *Dermatophagoides pteronyssinus*. Následne potom boli veľké alergény roztočov *D. pteronyssinus* a *D. farinae* identifikované ako Der p1 a Der f1. Sú to vlastne proteolytické enzýmy sekretované zažívacím traktom roztočov a nachádzané vo vysokých koncentráciách v ich fekáliách. Fekálie tvaru guľiek sú podobné peľovým zrnám s priemerom 10 – 35 µm a obsahujú množstvo alergénov veľkosti okolo 2 µm. Pre hodnotenie zdravotných účinkov expozície alergénom roztočov WHO navrhla odporúčané hodnoty: hladina 2 µg Der p1/1g prachu (ekvivalentné 100 roztočov/g prachu) bola navrhnutá ako reprezentujúce riziko vyvolania alergickej senzibilizácie, hladina 10 µg Der p1/1g prachu (ekvivalentné 500 roztočov/g prachu) bola navrhnutá ako reprezentujúce riziko akútnych alebo vážnych astmatických záchvatov.

Plesne

Plesne sú mikroskopické organizmy, ktoré sú v prírodnom prostredí všade prítomné. Rastú aj v umelom prostredí vytvorenom človekom akonáhle to podmienky v takto vytvorenom prostredí dovoľia. Rast plesní podmieňuje prítomnosť živín (napr. papier, drevo, koža, bavlna), teplota vzduchu v rozpätí 20 – 35°C, vo väčšine prípadov kyslík potrebný pre chemické reakcie,



Obr. 8 Svetelná mikrofotografia hýf a spór ľudského patogénu *Aspergillus fumigatus*

(Zdroj: <https://chaetomiumqueen.com/aspergillus-fumigatus-group/>)

prítomnosť vody, vlhkosti, ktorú plesne potrebujú najmä z materiálov na ktorých rastú, nie zo vzduchu. To naznačuje, že kondenzácia vody a vlhkosť na povrchoch je oveľa viac významnejšia pre rozvoj plesní ako relatívna vlhkosť vzduchu. Preto väčšina problémov s rastom plesní sa vyskytuje v menej kvalitných interiéroch kde nedostatočné tesnenia a izolácie vedú k nárastu povrchovej vlhkosti a k nižším teplotám vzduchu. Zvláštnu pozornosť je treba venovať kúpeľňam a kuchyniam, kde vysoká vlhkosť vzduchu môže viesť ku kondenzáciám vody na povrchoch, alebo nedostatočne vykurované spálne, v ktorých nízka teplota vzduchu zvyšuje kondenzáciu.

Účinky na zdravie Reakcie organizmu ako následky expozície plesňami je možné rozdeliť do 5 kategórií:

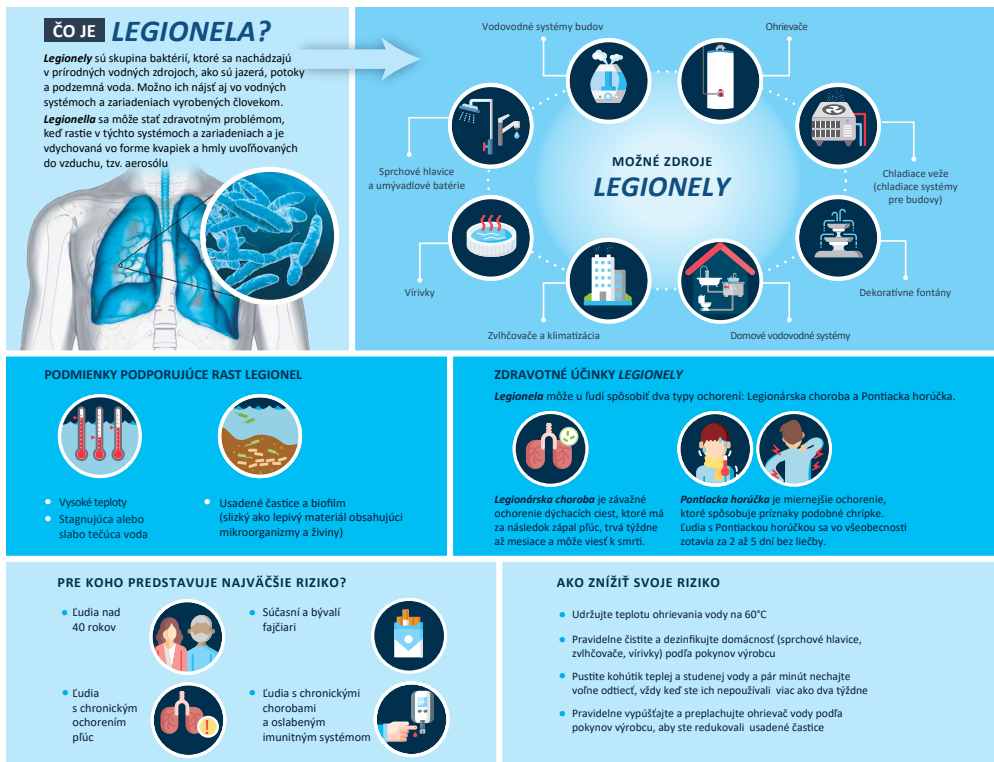
- Všeobecné systémové reakcie: bolesti hlavy, únava, pocit na zvracanie a teplota sú typické zdravotné účinky a sú všeobecne spájané s rastom plesní v budovách.
- Dráždenie očí a dýchacích ciest: bolo odhadnuté, že u 40 % - 50 % obyvateľov budov, kde sú problémy s rastom plesní sa vyvíjajú známky dráždenia. Opuchnutie očí, pískanie na hrudníku pri dýchaní alebo pocit nedostatku dychu sú typické symptómy, ale tieto miznú krátko po ukončení expozície. Hoci sa tieto symptómy spájajú s rastom plesní, sú nešpecifické, vyskytujú sa aj z dôvodu mnohých iných príčin.
- Opakované infekcie: chrípka, bronchitída, infekcie stredného ucha sú príklady reakcie organizmu na plesne. Rast plesní je častou príčinou ťažkej liečby respiračných infekcií a ich opakovaného výskytu. Obyčajne to nie je z toho dôvodu, že infekciu zapríčiňujú plesne, ale preto, že plesne zvyšujú individuálnu vnímavosť na infekcie.
- Vážne, alebo chronické ochorenia: astma a rôzne druhy alergií, môžu byť nový horší alebo dokonca celoživotný následok expozície plesňami. Alergia môže mať veľmi vážne zdravotné následky, ktoré sú príčinou redukovanej aktivity alveol, časti pľúc kde dochádza k výmene plynov. Priamym následkom môže byť invalidita, alebo dokonca predčasná smrť. V prípade astmy sa predpokladá, že plesne môžu zapríčiniť včasný začiatok astmy a opakované astmatické záchvaty alebo akútna astma, sa prejavujú ako prípady progresívneho zhoršenia dýchavice, kašľa, pískania na hrudníku, alebo tiesne na hrudníku, alebo ako ich kombinácia. Charakterizuje ich pokles prietoku vzduchu vo výdychu.
- Toxické a karcinogénne účinky na zdravie: mykotoxíny plesní môžu byť inhalovateľné spórmi plesní nesúcimi toxín. Mykotoxíny sú produkované ako sekundárne metabolity mnohými plesňami a sú známe medzi najviac karcinogénnymi látkami. Akútne toxické účinky vzduchom prenášaných mykotoxínov sú identifikované zriedka, ale nízke hladiny chronických účinkov môžu byť zreteľné. Symptómy následkom expozície toxínu sú: nauzea, alergie alebo hnačka. Špecifická skupina aflatoxínov emitovaných plesňami rodu *Aspergillus* spp. (Obr. 9) je karcinogénna a môžu podporovať rast zhubných nádorov (<https://www.cdc.gov/nceid/dfwed/mycotics/>).

Mikroorganizmy a kontaminovaný aerosól

Prípadová štúdia

Počas kongresu Americkej légie v r. 1976 v hoteli Bellevue-Stratford vo Philadelphii prepuklo medzi zúčastnenými ochorenie, v dôsledku ktorého následne z viac ako 4000 účastníkov bolo 220 osôb nakazených a 29 aj zomrelo. Dôvod tejto udalosti bol neznámy, avšak následne v januári 1977 bola ako pôvodca ochorenia preukázaná baktéria rodu *Legionella*. K jej rozmnoženiu došlo v okruhu chladiacej vody prostredníctvom ktorého sa rozšírila po budove. Retrospektívne bola potvrdená aj v prípade z roku 1973, keď sa v španielskom hoteli Rio Park v Benidorme nakazili hlavne britskí návštevníci. Vyžiadala si 4 úmrtia. Zdrojom kontaminácie bola teplá voda zo sprch. Svoje pomenovanie dostala s ohľadom na okolnosti a tiež tak bolo pomenované aj ochorenie, ktoré nazývame legionárskou chorobou.

Legionárska choroba (LD) je závažná a niekedy smrteľná forma infekcie spôsobená gramnegatívnymi baktériami, ktoré sa nachádzajú v sladkej vode a pôde na celom svete a majú tendenciu kontaminovať vodovodné systémy. Prejavuje sa ako ťažká pneumónia, ktorá môže byť sprevádzaná systémovými symptómami (Obr. 9).



Obr. 9 Legionelóza: pôvodca ochorenia, zdroje a podmienky kontaminácie, zdravotné dopady, opatrenia

(Zdroj: CDC Legionella <https://www.cdc.gov/legionella/resources/materials.html>)

Infekcia vzniká napr. inhaláciou **kontaminovaných aerosólov** (tzv. vzdušná cesta), ktoré sa môžu vyskytnúť pri sprchovaní, kropení proti prachu, pri fontánach, z klimatizácie; aspiračnou cestou – požitím kontaminovanej vody z úst do hltanu (pri čistení zubov), potravnou cestou – 35 % postihnutých má črevné potiaže; priamo zavlečením do pľúc – ako nozokomiálna nákaza z nemocničného prostredia alebo zo zariadení intenzívnej starostlivosti (kontaminovaná klimatizácia, katétre).

Od vypuknutia v roku 1976 boli prípady a prepuknutia hlásené zo všetkých krajín v Európe, mnohé z nich súviseli s hotelmi a inými typmi dovolenkového ubytovania.

Anglicko – Veľká epidémia v nemocnici

V roku 1985 sa cez ventilačné systémy v staffordskej nemocnici nakazilo vyše sto ľudí, z ktorých 28 zomrelo. Príčinou ochorenia bola *Legionella pneumophila* sérotyp 1, ktorý spôsobuje hlavne pontiacku horúčku. V podstate ide o najrozšírenejšiu skupinu baktérie rodu *Legionella*. Ochorenie sa našťastie obmedzilo len na jednu časť nemocnice, ktorá bola klimatizovaná chladiacou jednotkou kontaminovanou aerosólom obsahujúcim baktérie. Zaujímavé bolo neskoršie zistenie, že tretina nakazených, a to hlavne z radov zamestnancov, už mala proti legionele protilátky a choroba tak u nich prebehla len ako slabší respiračný zápal.

Holandsko – Legionárska choroba na výstavisku

V roku 1999 mesto Bovenkarspel organizovalo kvetinový veľtrh. Súčasťou výstavy bola prezentácia víriviek. Do nich sa zvlášť agresívny kmeň legionely dostal cez rozvody teplej vody. Došlo tak k druhej najväčšej epidémii na svete, hneď po vypuknutí nákazy vo Philadelphii. Legionelózou sa tu nakazilo bližšie neidentifikovateľné množstvo návštevníkov – nie každý chorý totiž navštívil lekára. Zomrelo 32 ľudí. Obdobie nákazy trvalo takmer desať dní, počas ktorých veľtrh navštívilo vyše 70 000 ľudí.

Francúzsko – legionela v petrochemickej továrni

Najväčšia nákaza v histórii Francúzska zasiahla zamestnancov továrne Noroxo v Pas-de Calais. Tá bola po dlhom vyšetovaní vyhlásená za ohnisko choroby. Legionela sa rozšírila aerosólom z chladiacich veží, čo nikto nepredpokladal. Dovtedy sa totiž v objekte továrne monitorovala len pitná a úžitková voda a nie prostredie chladiacich veží. Po epidémii, ktorá prepukla v roku 2004, zostalo 18 mŕtvych.

Kanada – Epidémia v dome s opatrovateľskou službou

V roku 2005 sa legionela objavila v Toronte v dome s opatrovateľskou službou. Nakazilo sa 127 ľudí a 21 ich zomrelo. Medzi chorými neboli len pacienti, ale aj zamestnanci a osoby, ktoré chodili navštevovať svojich príbuzných. Legionela sa rozšírila cez ventilačný systém. Ďalšia veľká epidémia sa v Kanade vyskytla v roku 2012 v Quebecu. Tu si choroba vyžiadala 13 životov. Zdrojom nákazy boli chladiace veže.

Legionely v Českej republike

Štátny zdravotný ústav so sídlom v Prahe monitoruje počty prípadov, z ktorých možno zistiť, že sa frekvencia nákaz legionelou zvyšuje. V roku 2013 sa počet chorých

priblížil k stovke a odvtedy stúpa. Aktuálne informácie o výskyte legionely od roku 2016, kedy sa legionela vyskytla hneď na niekoľkých pražských sídliskách, potvrdzujú že výskyt v pitnej a úžitkovej vode stále stúpa. Legionela sa neobmedzuje len na Prahu, hlásený bol výskyt v Moste, v Rychnove nad Kněžnou, v Ostrave, Přešove aj na Zlínsku.

Legionela v Poľsku

Jednou z posledných známych epidémií bola v roku 2023 hlásená z Poľska. V polovici augusta 2023 poľské úrady informovali o podozrení na prípady komunitnej pneumónie v juhovýchodnej provincii Podkarpatsko, ktorá sa nachádza v blízkosti poľsko-ukrajinských hraníc. Údaje odhalili prepuknutie infekcií *Legionella pneumophila* začiatkom júla 2023 s najvyšším výskytom pozorovaným v auguste 2023, posledný prípad bol hlásený začiatkom septembra 2023. K 11. septembru 2023 bolo laboratórnym testom potvrdených celkovo 166 prípadov nákazy legionelou. Všetci identifikovaní pacienti boli hospitalizovaní, 23 hlásených úmrtí (pacienti vo veku 55–98 rokov; všetci s komorbiditami), predstavuje úmrtnosť 14 %. Spomedzi potvrdených prípadov bolo 67 % pacientov obyvateľmi mesta Rzeszów, zatiaľ čo 23 % boli obyvatelia župy Rzeszów. Zvyšných 10 % prípadov bolo hlásených z iných okresov. Tento pozorovaný nárast potvrdených prípadov a súvisiacich hospitalizácií a úmrtí zaznamenaných od polovice augusta je nezvyčajný vzhľadom na to, že počet prípadov je vyšší ako ročný počet hlásený v Poľsku od roku 2016. Tieto čísla sú atypické a presahujú epidemiologické správy z predchádzajúcich rokov. Poľsko zdokumentovalo 255 prípadov legionelózy od roku 2018 do roku 2021. Spomedzi nich bolo 92,5 % LD a 7,5 % Pontiacka horúčka s odhadovanou úmrtnosťou 11 %.

Infekcie legionelou predstavujú celosvetovo približne 4,6 % všetkých prípadov pneumónie získanej v komunite s odhadovanou incidenciou 2,8 prípadov na 100 000 obyvateľov. Počet hlásených prípadov na celom svete je však nepresný, najmä v krajinách s nízkymi a strednými príjmami, čo vedie k podhodnoteniu skutočnej incidencie a prevalencie chorôb.

V roku 2021 hlásilo 29 krajín 10 723 prípadov, z ktorých 10 004 (93 %) bolo aj potvrdených. Počet oznámení na 100 000 obyvateľov sa zvýšil na 2,4; čo je viac ako v ktoromkoľvek predchádzajúcom sledovanom roku. Štyri krajiny, Taliansko, Francúzsko, Španielsko a Nemecko, naďalej predstavovali väčšinu oznámených prípadov (75 %), hoci ich populácia predstavovala približne 50 % populácie EÚ/EHP. Z 8 054 prípadov s potvrdeným výsledkom malo 704 (9 %) prípadov smrteľné následky (ECDC 2023).

Ako legionela ovplyvňuje vodovodné systémy budov a ľudí

1. Vnútorne a vonkajšie faktory môžu viesť k rastu legionel vo vodovodných systémoch budov. (konštrukcia distribučných systémov, tvorba biofilmov, teplota vody)
2. Legionela najlepšie rastie vo veľkých, zložitých vodovodných systémoch, ktoré nie sú dostatočne udržiavané.

3. Voda obsahujúca legionely vytvára kontaminovaný aerosól cez zariadenia, akými sú napr. chladiace veže, sprchy, vírivky a dekoratívne fontány.
4. Ľudia môžu ochoriť, keď vdýchnu malé kvapôčky vody alebo náhodne prehltnú vodu s legionelou do pľúc. Vo zvýšenom riziku sú dospelí vo veku 50 rokov a starší, súčasní alebo bývalí fajčiari a ľudia s oslabeným imunitným systémom alebo chronickým ochorením.

Ochrana pred legionelou – prevencia

Proti legionele sa nedá očkovať, a preto je dôležitú chorobu predchádzať. Na miestach, odkiaľ sa odoberá teplá voda, by jej teplota mala mierne presiahnuť 55 °C. To už je teplota, ktorá baktérie usmrť. V prípade eliminácie legionely v biofilme prispieva občas, avšak je potrebné pravidelne vodu zahriať až na 80 °C. Voda by mala potrubím tiež cirkulovať a nezostávať dlhší čas bez pohybu. Práve také miesta, kde voda stojí, bývajú vhodným prostredím na rozmnožovanie legionely. Situáciu rieši aj pravidelná dezinfekcia – teplom, chemikáliami a UV žiarením.

Eliminácia legionely z vody – sekundárne opatrenia

V prípade výskytu legionel vo vode sa systém spravidla dezinfikuje a to buď prehriatím (tepelná dezinfekcia) alebo chemicky (chemická dezinfekcia), pre odstránenie legionel z vody sa najčastejšie používa chlór či chlórdioxid (CDC 2018).

Syndróm chorých budov

S kvalitou vnútorného ovzdušia súvisí aj pojem **syndróm chorých budov** – (angl. sick building syndrom: SBS), charakterizovaný ako **súhrn zdravotných ťažkostí a pocitov diskomfortu v súvislosti s pobytom v budovách**, v ktorých človek žije, či pracuje. Jedná sa o novodobý fenomén, ktorý je typický pre moderné stavby, či už majú charakter obytných, administratívnych a účelových. Syndróm sa prejavuje v podobe radu zdravotných ťažkostí, nepríjemných pocitov a celkového diskomfortu ovplyvňujúcich celkovú pohodu a vo vážnejších prípadoch aj zdravie človeka. Jedná sa o súbor nešpecifických ťažkostí, ktoré spravidla nebývajú tak závažné, aby spôsobili pracovnú neschopnosť. Postihujú obvykle väčší počet osôb, najmä v administratívnych budovách. Tieto potiaže zhoršujú komfort zamestnancov a negatívne ovplyvňujú ich pracovnú výkonnosť, čo sa môže prejaviť na jej podstatnom poklese, zhoršení medziľudských vzťahov a konečnou stratou pracovnej produktivity. SBS má rastúcu frekvenciu od roku 1970, keď sa staršie, prirodzene vetrané budovy, začali nahrádzať výkonnejšími vzduchotesnými budovami. V roku 1983 bol SBS pôvodne definovaný ako výskyt zvyšujúcej sa prevalencie nešpecifických príznakov medzi populáciou v budovách. Pre fenomén, ktorý opisuje výskyt ochorení, pocitov či nepohody z nejasných príčin u ľudí, ktorí trávajú množstvo času vo vnútri rôznych budov, boli použité rôzne názvy. Hovorilo sa o „domovej chorobe“, „syndróme chorých úradov“, „syndróme úradníckych očí“, „syndróme utesnených/nepriedušných budov“. Príznaky boli zhrnuté pod názov syndróm chorých budov v r. 1983 na zasadnutí Svetovej zdravotníckej organizácie v Kodani, kde bol definovaný tento pojem

ako výskyt nešpecifikovaných príznakov vyskytujúcich sa v budovách s nasledovným rozdelením symptómov: oblasť očí a horných dýchacích ciest: pocity dráždenia a pálenia očí, nosa, slzenie a reumatické prejavy; oblasť dolných dýchacích ciest: tlak na prsiach, dýchavičnosť, niekedy až astmatického rázu; kožné choroby, svrbenie, začervenanie pokožky, vyrážka; centrálné nervové poruchy: ako bolesti hlavy, závraty, letargia, podráždenosť niekedy až výbušnosť; zníženie pracovnej kapacity a schopnosti koncentrácie, poruchy pamäte, poruchy nočného spánku, ospalosť, únava. Pri SBS sa príznaky objavujú, keď je človek v práci a miznú, keď je mimo budovy. Príčiny a kontaminanty, či expozícia rôznym faktorom vnútorného prostredia, akými sú nevhodne nastavená a neudržiavaná klimatizácia, kolísanie teploty a vlhkosti, nevhodné osvetlenie, či nedostatočná údržba a upratovanie priestorov, koncentrácia elektromagnetického smogu z počítačov, mobilov, faxov alebo pokladníc. Príčinou je taktiež nevhodný nábytok vylučujúci do prostredia formaldehyd a chemické náterové látky, či prchavé organické zlúčeniny. Všetky vymenované fakty môžu mať následné negatívne vplyvy na zdravie človeka a rozvoj, tzv. **building related illnesses (BRI)**.

Syndrómom chorých budov môže byť ohrozený ktokoľvek, ale najčastejšie postihuje administratívnych pracovníkov v moderných budovách, s mechanicky riadenou ventiláciou alebo klimatizáciou, kde nie je možné otvoriť okná. Typické je, že rôzne osoby v tej istej budove môžu mať iné príznaky, cítia častejšie a opakovane symptómy, často sprevádzané pocitom nedostatku čistého sviežeho vzduchu, vlhkosti vzduchu, nedostatočného osvetlenia, hluku a pod., a navyše tieto mnohokrát odznejú po tom, čo dotyčný opustí budovu. Zdá sa, že náchylnejšie k nadobudnutiu syndrómu sú ženy, a to z dôvodu, že na týchto pozíciách ich pracuje najviac. Medzi ďalšie rizikové skupiny patria hlavne seniori, chronicky chorí ľudia, deti a tiež citlivé osoby.

Nízka kvalita vnútorného ovzdušia sa týka nás všetkých a riziko príznakov syndrómu chorej budovy je rovnaké, či už ide o domácnosť, kanceláriu, hotel, posilňovňu alebo školu. Zvlášť v prípade citlivých osôb a detí je potrebné podobné príznaky nepodceňovať, keďže sa ešte vyvíjajú, a preto sú obzvlášť náchylné na zdravotné problémy súvisiace s nízkou kvalitou vnútorného ovzdušia. Vdychujú väčšie množstvo vzduchu a dýchajú rýchlejšie ako dospelí, a preto tiež potenciálne vdychujú viac znečisťujúcich látok. Nepriaznivé účinky nízkej kvality vnútorného ovzdušia neovplyvňujú len na zdravie, ale aj na vzdelávanie detí a ich schopnosť učiť sa. To ako môže nízka kvalita vnútorného ovzdušia vplývať na vzdelávanie detí či už doma, alebo v škole, sa môže manifestovať ich zvýšenou hyperaktivitou a problémami so sústredením sa, ťažkosťami so zapamätaním si učiva, zhoršením kognitívnych funkcií, niekedy sa objavujú zlé spánkové návyky.

Zoznam typických znakov, ktoré sú charakteristické pre postihnuté budovy (rodinné domy, bytové domy a iné budovy, kde obyvatelia najčastejšie trpia príznakmi SBS) je nasledovný: budovy, ktoré sú postavené v 60. rokoch, alebo neskoršie; zle udržiavaná klimatizácia; osvetlenie ostro žiariacim a blikajúcim svetlom; nízka úroveň regulácie kúrenia, osvetlenia a ventilácie; veľké množstvo čalúneného nábytku, veľa otvorených regálov, kartotéky, nové koberce, nábytok, nové nátery, maľby; zlá údržba

budovy, nedostatočné upratovanie; chemické znečistenie, ako ozón, tabakový dym, prchavé organické zmesi zo stavebných materiálov a zariadenia budov. Na kvalitu vnútorného ovzdušia vplýva aj teplota a vlhkosť, ktoré môžu viesť k množeniu plesní a baktérií, čo následne vo väčšej miere vplýva na zdravie a pohodlie obyvateľov a tiež na vysokú hladinu CO₂. V závislosti od typu zdrojov znečistenia vnútorného ovzdušia sa účinky zlej kvality vnútorného ovzdušia môžu prejavíť okamžite alebo dokonca až o niekoľko rokov. Niektoré zo zdrojov sú nebezpečnejšie ako ostatné, pretože nepretržite uvoľňujú znečisťujúce látky, ktoré sa pri následnom hromadení stávajú veľmi nebezpečnými. Správy z mnohých európskych krajín týkajúcich sa SBS ukazujú, že sa jedná o všeobecne rozšírený problém. Podľa údajov skupiny odborníkov WHO z roku 1980 sa vo viac ako 30% novopostavených alebo prestavovaných budov vyskytuje veľké množstvo sťažností charakteru syndrómu chorých budov.

Preventabilné rizikové faktory ochorení

Významné rozdiely vo výskyte respiračných symptómov je možné prisúdiť kombinácii účinkov znečisteného voľného ovzdušia, prítomnosti zdrojov znečistenia vnútorného ovzdušia, individuálnych rizikových faktorov a absencii protektívnych faktorov.

Preventabilné rizikové faktory sú faktory, ktoré sú významné v súvislosti s výskytom ochorení a ktoré je možné ovplyvniť zmenou podmienok života v domácnostiach a zmenou životného štýlu detí a rodín. Ako preventabilné rizikové faktory vnútorného prostredia budov a životného štýlu ľudí je možné na základe vykonaných štúdií identifikovať: stopy vlhkosti, alebo plesní v bytoch, používanie plynu na varenie a prikurovanie, koberec od steny po stenu v spálni dieťaťa, chov domáceho zvierťa so srstou alebo perím v byte, stredná a vysoká intenzita automobilovej dopravy v blízkosti obytného domu, fajčenie matky v súčasnosti, fajčenie matky v tehotenstve, krátka doba pobytu vo vonkajšom prostredí, vzdelanostná úroveň matky nižšia ako vysokoškolská.

Protektívne faktory napr. vzniku respiračných ochorení sú faktory, ktoré môžu zohrávať významnú úlohu v prevencii týchto ochorení, pretože sú v organizme schopné modifikovať stupeň vnímavosti či odolnosti jednotlivca a tým aj vplyv rizikových faktorov zo životného prostredia. Ako protektívne faktory môžeme identifikovať: dojčenie, matka nefajčiarka, dlhší čas prežitý vo vonkajšom prostredí, konzumácia čerstvej zeleniny a ovocia, konzumácia rýb, prítomnosť súrodenca, vyššia vzdelanostná úroveň. Pre manažment rizík za účelom minimalizovania rizík zo životného prostredia je významné presadzovanie týchto opatrení: znižovanie znečistenia voľného ovzdušia jemnými prachovými časticami a oxidmi dusíka, umiestňovanie bytovej výstavby, výstavby predškolských a školských zariadení mimo oblastí s intenzívnou automobilovou dopravou presadzovanie údržby nezastavaných plôch v obytnom prostredí, odstraňovať neupravené plochy s výskytom burín a presadzovať výsadbu zelene bez alebo s nízkou alergizujúcou aktivitou, presadzovanie výstavby a údržby bytového fondu bez výskytu vlhkosti a plesní v ich vnútornom prostredí.

Pri presadzovaní prevencie a intervencií s cieľom minimalizovania rizikových faktorov a posilňovania protektívnych faktorov je dôležitá aktívna spolupráca odborníkov verejného zdravotníctva s lekármi prvého kontaktu pri identifikácii rizikových faktorov detí s chronickými respiračnými ochoreniami, alergiami a astmou. Dôležitá a významná je výchova obyvateľstva o rizikových faktoroch vnútorného prostredia budov a o protektívnych faktoroch redukovúcich nežiadúci vplyv faktorov životného prostredia, najmä: odstránenie vlhkosti a plesní z bytov, používanie digestorov na odsávanie splodín spaľovania plynu pri varení na otvorených horákoch, nepoužívať na prikurovanie bytov plynové sporáky, neobývať priestory počas ich výstavby, rekonštrukcie a krátko po ich dokončení, s cieľom zníženia koncentrácií inhalovateľných prachových častíc v prostredí bytov presadzovať vybavenie domácností s minimalizovaním rezervoárov prachu (obmedzenie kobercovej plochy, používanie pracích bytových textílií, údržba čalúneného nábytku a bytových textílií mokrou cestou minimálne 2x za rok), udržiavať v byte optimálne mikroklimatické podmienky – teplota a relatívna vlhkosť vzduchu, zabezpečovať pravidelné a účinné vetranie vnútorných priestorov budov, úplné vylúčenie fajčenia počas tehotenstva, v čase dojčenia dieťaťa a v prítomnosti detí, vylúčenie chovu zvieratá v byte obyvateľov a detí s pozitívnou alergickou anamnézou, zaradenie do jedálnych lístkov dostatočný počet pokrmov z rýb, ovocia a zeleniny, do režimu detí zaraďovať primerané a pravidelné telesné aktivity v prostredí, kde úroveň znečistenia ovzdušia neprekračuje prípustné limity (nie v blízkosti frekventovaných komunikácií).



Kontrolné otázky a úlohy:

1. Akými vlastnosťami sa vyznačuje spodná atmosférická vrstva – troposféra?
2. Vysvetlite princíp teplotnej inverzie.
3. Čo je dôvodom globálnej distribúcie znečisťujúcich látok po celej planéte?
4. Vyhľadajte miesta s najvyššou a naopak najnižšou hrúbkou stratosféry.
5. Zistite čo zabraňuje búrkovým oblakom, aby prenikali do vyšších častí stratosféry?
6. Naštudujte si procesy ku ktorým dochádza pri jednotlivých fázach dusíkového cyklu.
7. Identifikujte hodnoty výstražného prahu pre vyhlásenie smogovej situácie pre PM_{10} , NO_2 , SO_2 , O_3 podľa legislatívy Slovenskej republiky.
8. Charakterizujte kvalitu ovzdušia vo vašom bydlisku na základe dostupných údajov z najbližšej monitorovacej stanice SHMÚ.
9. Ktoré z faktorov vnútorného ovzdušia budov najvýraznejšie vplývajú na zdravotný stav populácie?
10. Opíšte najčastejšie prejavy akútnych a chronických účinkov látok znečisťujúcich vnútorné ovzdušie.
11. Aké činnosti prispievajú k úniku prchavých organických látok do vnútorného ovzdušia a aké sú ich zdravotné následky?

12. Aké biologické činitele ohrozujú kvalitu vnútorného ovzdušia? Vymenujte zdroje, podmienky výskytu, zdravotné riziká a opatrenia na ich odstránenie
13. Vysvetlite pojem syndróm chorých budov, kde sa najčastejšie môže vyskytnúť?
14. Charakterizujte preventabilné rizikové a protektívne faktory vnútorného prostredia budov sú účinné pri znižovaní rizika ochorení



Zdroje informácií a obrázkov použitých v kapitole II.

- ▶ <https://dnesdycham.populair.sk/mozne-ucinky-na-zdravie>
- ▶ **EEA 2022** <https://www.eea.europa.eu>
- ▶ **ECDC 2023** European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease. In: ECDC. Annual Epidemiological Report for 2021. Stockholm: ECDC; 2023.
<https://www.ecdc.europa.eu/en/about-us/partnerships-and-networks/disease-and-laboratory-networks/eldsnet>
- ▶ **EPA** <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- ▶ Halzlová K. et al. 2011 Aktuálna problematika hygieny životného prostredia a zdravia. Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. ISBN 978-80-7159-187-0
- ▶ Slotová, 2010 Faktory vnútorného ovzdušia budov a ich vplyv na zdravie obyvateľov. Úrad verejného zdravotníctva SR.
- ▶ Nag, P. K. Sick Building Syndrome and Other Building-Related Illnesses. Office Buildings. 2018 Aug 18:53–103. doi: 10.1007/978-981-13-2577-9_3
- ▶ **WHO 2011** Environmentálna záťaž chorôb spojená s nevhodným bývaním (Environmental burden of disease associated with inadequate housing), ktoré obsahuje všetky dôkazy a východiskové informácie, je dostupné na internetovej stránke Regionálneho úradu WHO pre Európu (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/142077/e95004.pdf).
- ▶ **WHO 2022** Household air pollution
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>, Household air pollution (who.int).
- ▶ **WHO 2023**
<https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON487>
- ▶ Slovenský hydrometeorologický ústav - SHMU
- ▶ Európska environmentálna agentúra, European Environmental Agency - EEA
- ▶ Americký úrad pre ochranu životného prostredia, United States Environmental Protection Agency – US.EPA

- ▶ Úrad pre toxické látky a register ochorení, Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR
- ▶ Spoločnosť NICE a Kalifornská štátna univerzita NICE company and UC Davis Library, the California State University – Libre Texts Geosciences project
- ▶ WHO Air pollution data portal Air pollution (who.int)

KAPITOLA III.

Klimatická zmena, podstata a dopady na zdravie a životné prostredie

III.1 Úvod a základné pojmy

Téma globálnych klimatických zmien a úloha človeka a jeho aktivít v nich je intenzívne diskutovaná. V súčasnosti vládne konsenzus väčšiny vedeckej komunity, že aktivity človeka priamo ovplyvňujú procesy ktoré vedú ku klimatickým zmenám. Zmeny je možné pozorovať aj v podmienkach Slovenska a strednej Európy. Preukázateľne dochádza k zmenám ročných období. Je možné že časom stratí opodstatnenie deliť rok na štyri ročné obdobia. Leto sa totiž predlžuje na úkor jari a jesene. Intenzívne a nezriedka neobyčajne dlhé obdobia sucha s vysokými teplotami striedajú intenzívne zrážky. Klimatológovia zaznamenávajú teplé zimy bez snehu aj v lokalitách ktoré boli v minulosti považované za relatívne studené. „Naša klíma sa stále viac podobá na tú, ktorú poznáme zo Stredomoria, s tým rozdielom, že my nemáme more,“ hovorí známy slovenský klimatológ Jozef Pecho.

Prečo sa to deje a čo nás v budúcnosti čaká? Je v súčasnosti tento proces ešte zvrátiteľný?

Klimatická zmena je pojem, ktorý sa používa na označenie dlhodobej zmeny režimu počasia v horizonte desiatok rokov, jej hlavnou príčinou je zintenzívnenie skleníkového efektu atmosféry. Uvedený stav priamo aj nepriamo súvisí s aktivitami človeka. Mnohé krajiny pristupujú k vyhláseniu **stavu klimatickej núdze**. Je to akt, ktorý zdôrazňuje mimoriadnosť situácie a naliehavosť jej riešenia prijatím okamžitých účinných opatrení. Za hlavný skleníkový plyn ktorý je aj v centre legislatívneho záujmu sa považuje oxid uhličitý (CO_2). Existujú však aj iné skleníkové plyny, ktorým je nie vždy venovaná patričná pozornosť. Stav kedy je produkcia a zachytávanie emisií oxidu uhličitého v rovnováhe sa nazýva **uhlíková neutralita**. Ambíciou Európskej únie, deklarovanej v tzv. Zelenej dohode, je v roku 2050 dostať kontinent Európy na úroveň prvého uhlíkovo neutrálneho kontinentu na svete. K uhlíkovej neutralite spejú a zaväzujú sa aj mnohé štáty, územné celky, mestá či inštitúcie. Organizácia spojených národov a Svetová meteorologická organizácia zriadili **Medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC)**, ktorý je tvorený početnou skupinou vedcov so širokým záberom pôsobnosti a tí sa kontinuálne zaoberajú hodnotením aktuálnej situácie v oblasti klimatických zmien a posudzujú dopady na rôzne geografické oblasti v kontexte mnohých aspektov a ukazovateľov. Vydávajú informačný materiál v podobe

rozsiahlej verejne dostupnej správy, kde sú k dispozícii verifikované a hodnoverné údaje o situácii. Možností reakcie na okolnosti a dôsledky klimatickej zmeny je niekoľko. Opatrenia, ktorých cieľom je riešiť príčiny klimatickej zmeny a ktoré sú priamo orientované na zachytávanie emisií skleníkových plynov alebo znižovanie ich produkcie sa nazývajú **mitigačné resp. mitigácia**. Patrí sem napríklad zvyšovanie energetickej efektívnosti budov, prechod na „zelené“ energetické zdroje, zavádzanie uhlíkovej dane, výsadba vegetácie cielená na záchyt uhlíka či zavádzanie elektromobility. Existujú aj opatrenia vhodne reagujúce na stav ktorý už v realite nastal. V tomto prípade ide o **opatrenia adaptačné (adaptácia)**. K adaptačným opatreniam možno zaradiť napríklad technológie na zadržiavanie dažďovej vody, zelené strechy či fontány v mestách. S realizáciou opatrení je do určitej miery spojený aj pojem **odolnosť – reziliencia**. Je to schopnosť určitého systému (jedinca, populácie, komunity atď.) vyrovnáť sa s vplyvmi súvisiacimi s globálnou zmenou klímy a ďalej pokračovať v udržateľnom rozvoji.

Ak sa zamyslíme nad tým, akým spôsobom ovplyvňuje náš život, život našej rodiny, existencia nášho podniku či inštitúcie produkciu skleníkových plynov je potrebné hovoriť o tzv. **uhlíkovej stope**. Uhlíkovou stopou rozumieme produkciu skleníkových vplyvov vyjadrenú v ekvivalente CO₂. Nejde teda len o produkciu uhlíka ako takého, ale všetkých skleníkových plynov. Definuje sa pre priemyselné odvetvia, pre činnosti, inštitúcie ale aj pre domácnosti a jednotlivca.

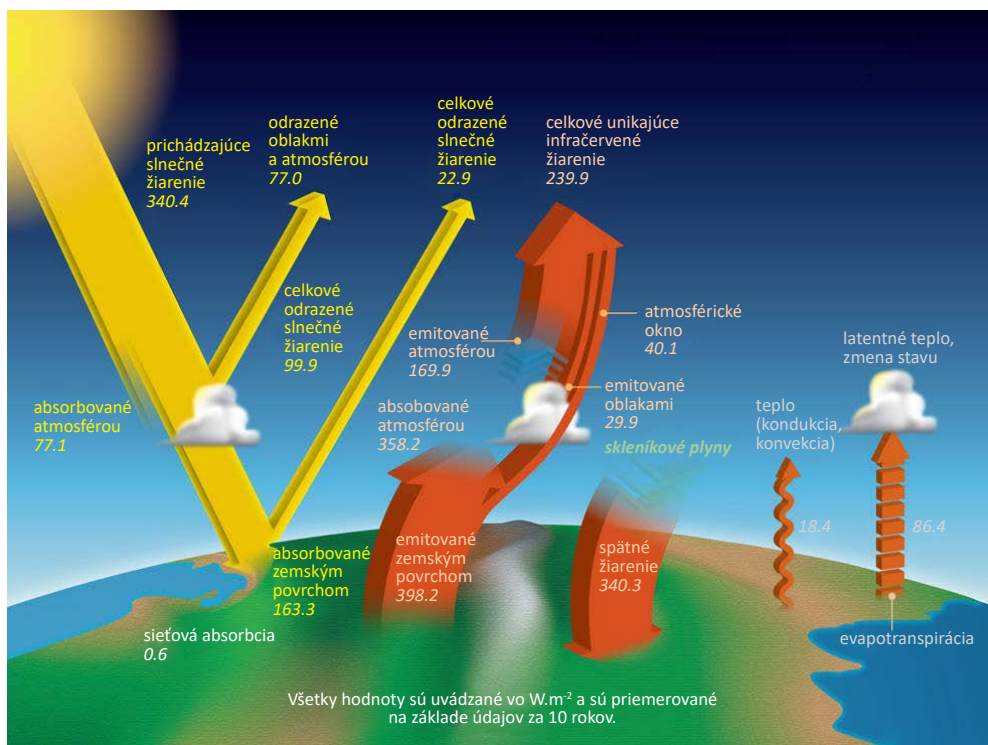
Princíp skleníkového efektu

V kapitole o Ovzduší sme hovorili o atmosférických vrstvách. Vieme že v stratosfére je prítomný ozón, ktorý chráni človeka aj všetky živé systémy pred škodlivými účinkami ultrafialového žiarenia. Ako súvisí stratosfére so skleníkovými plynmi a čo je vlastne skleníkový efekt? Najdôležitejším faktorom je v tejto súvislosti žiarenie, ktoré prichádza do zemskej atmosféry zo Slnka a ktoré je komplexom žiarení s rôznou vlnovou dĺžkou. Slnčné žiarenie teda dodáva celému klimatickému systému zeme energiu. Vzhľadom na prítomnosť ozónu v stratosfére je tu takmer celá časť ultrafialového žiarenia zachytená. Inak sa správa to čomu hovoríme viditeľné svetlo. Hoci sa určitá časť z neho odrazí z atmosféry, prípadne z oblakov späť do vesmíru, väčšia časť prechádza atmosférou a dopadne na zemský povrch. Zemský povrch toto žiarenie pohltí, zvyšuje sa jeho vnútorná energia, ktorej sa potom zemský povrch zbavuje v podobe infračerveného tepelného žiarenia vyžarovaného späť do atmosféry. Ak by teoreticky skleníkový efekt nefungoval toto žiarenie by prešlo zas do vesmíru. To sa však nedeje, resp. len u časti vyžiareného infračerveného žiarenia a jeho významná časť sa zachytáva v atmosfére. V procese tohto záchytu sú dôležité molekuly skleníkových plynov ktoré majú kapacitu toto žiarenie zachytiť a vracať ho naspäť na povrch Zeme. Medzi atmosférou a zemským povrchom sa odohráva niečo ako ping-pong, kde je žiarenie loptičkou a hráčmi sú vrstva skleníkových plynov a povrch Zeme. Vedci zistili, že jednoduché molekuly zložené iba z jedného chemického prvku s párnym počtom atómov, si infračervené žiarenie vôbec „nevšímajú“ a prepúšťajú

ho rovnako ako viditeľné svetlo. Naopak plyny, ktorých molekuly majú zložitejšiu štruktúru, reagujú na infračervené žiarenie tak, že sa rozkmitajú. Teda na chvíľu pohltia časť žiarenia a prostredníctvom kmitania ho vzápätí vyžiaria všetkými smermi do svojho okolia. To sú tie, ktorým hovoríme skleníkové. Čím je koncentrácia skleníkových plynov vyššia, tým je intenzita spätného vyžarovania na Zem väčšia. Problém nastáva, keď sa táto rovnováha príliš nakloní na stranu skleníkových plynov, dochádza k pochopiteľnému nárastu teploty.

Ide teda o termodynamický systém, ktorý keď správne pracuje zabezpečuje pre Zem teplotné podmienky vhodné na existenciu života. Bez skleníkového efektu by bola teplota na Zemi neznesiteľne nízka. Zvýšená produkcia skleníkových plynov však rovnováhu systému narúša. V podmienkach našej atmosféry sú najvýznamnejšími skleníkovými plynmi vodná para, oxid uhličitý, metán, prízemný ozón, oxid dusný a tiež zlúčeniny fluóru s uhlíkom ktoré sa používajú napríklad ako tzv. chladiace plyny.

Nasledujúci obrázok zo zdroja NASA nám ukazuje celkovú energetickú bilanciu v kontexte priemernej hodnoty žiarenia vyjadreného vo $W.m^{-2}$. Dokresľuje pozíciu a úlohu skleníkového efektu v celom systéme.



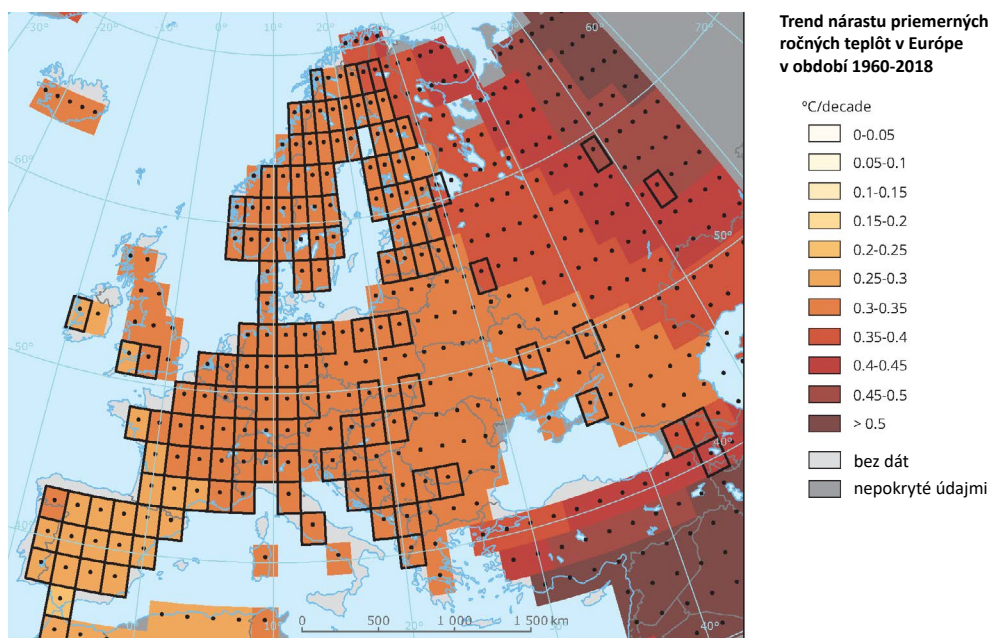
Obr. 10 Energetická bilancia atmosféry a zemského povrchu. Všetky hodnoty sú vo $W.m^{-2}$ a priemerované na obdobie 10 rokov.

(Zdroj: NASA)

III.2 Prejavy klimatickej zmeny v Európe

Po otázke ako by ste popísali zmeny, ktoré nám prinesie zmena klímy nasleduje zvyčajne pomerne jasná odpoveď, kde dnes už v podstate každý vie o topení polárnych ľadovcov, úbytku vysokohorského ľadu, často sa hovorí o extrémnych klimatických situáciách, požiaroch či nepredvídateľných vrtochoch počasia. Skutočnosť je však o čosi komplikovanejšia. Poďme sa na ňu pozrieť v kontexte Európy a tým aj Slovenska s orientáciou na človeka, jeho životné prostredie a zdravie. Aký bude teda bezprostredný aj nepriamy vplyv globálnej klimatickej zmeny na prostredie Európy v ktorom žijeme, študujeme, pracujeme či dovolenkujeme? Akým spôsobom sa počas nasledujúcich rokov a desaťročí zmení náš život či život našich detí? Niečo vieme s pomerne vysokou hodnotou pravdepodobnosti už dnes, inde sa pohybujeme na tenšom ľade a dostávame sa do roviny viac či menej istých predpokladov. Realita môže byť a pravdepodobne aj bude modifikovaná celým radom dnes ešte nepredvídateľných faktorov, ktoré je veľmi náročné zahrnúť do klimatických modelov tak, aby nám vyprodukovali úplne hodnovernú informáciu. Naša planéta dnes vytvára jeden veľký, prepojený globalizovaný systém a zásadný dopad klimatickej zmeny, ktorý bude s určitosťou najsilnejší v Afrike či Ázii, sa výrazne premietne do našej európskej reality, či už v spojitosti s klimatickou emigráciou, zmenami na trhoch s potravinami alebo epidemiologickou situáciou. Naša úspešnosť bude závisieť aj od toho, ako sa dokážeme týmto zmenám prispôbiť a ako budeme na ne schopní reagovať. Britský žurnalista Mark Lynas vo svojej knihe 6 stupňov-posledné varovanie prináša podrobný popis zmien, ktoré čakajú našu planétu v závislosti od intenzity globálneho otepľovania. Pracuje s rôznymi scenármi v závislosti od väčšej či menšej pravdepodobnosti. Pre základnú orientáciu v problematike je to určite zaujímavé čítanie. My sa pri našich popisoch priamo pozrieme do zdrojov medzinárodného panelu pre zmenu klímy IPCC. Vyberme teda niekoľko faktov, ktoré sú podľa dnes dostupných informácií pozorovateľné už v súčasnosti a hovoria o tom, kde sa práve nachádzame.

- Svet teplejší len o 1°C v podmienkach Európy má významný vplyv na prírodu aj na človeka. Pre toto konštatovanie existujú veľmi silné dôkazy. Nejde len o teplotné extrémny, dlhotrvajúce suchá, povodne či eróziu pobrežia. Pozorovateľné sú aj zmeny v ekosystémoch, druhovej rozmanitosti, ale aj vplyvy na sektor verejného zdravia.
- Rizikovejšie sú citlivé populačné skupiny či odvetvia, ľudia žijúci na, alebo pod hranicou chudoby. Chudobné domácnosti majú výrazne menšie možnosti adaptácie.
- V Európe sú realizované pomerne účinné adaptačné opatrenia, ktoré ale závisia na ekonomickej sile. Príkladom je ochrana pobrežných zón pre povodňami, ochrana proti extrémnym horúčavam v mestách či domácnostiach. Problémom je veľká disproporcja medzi plánovaním a realitou, kedy veľa projektov zostáva nezrealizovaných, avšak nie vždy z dôvodu nedostatku financií.



Obr. 11 Celkový trend nárastu priemerných ročných teplôt v Európe v období 1960-2018

(Zdroj EEA)

V súvislosti s budúcnosťou je dobré vedieť čo nás v Európe čaká a s akou pravdepodobnosťou:

- Európa sa bude s najväčšou pravdepodobnosťou otepľovať rýchlejšie ako bude celosvetový globálny priemer teplotného nárastu. Možno predpokladať určité regionálne rozdiely spojené s výraznejšími negatívnymi dopadmi na juh Európy, kde vzrastie dopyt po energii potrebnej na chladiarenské a klimatizačné systémy a tiež dopyt po vode. Na severe sa však môžu objaviť aj pozitívne efekty, ako nárast produkcie biomasy v lesoch.
- Zdá sa že scenár oteplenia o 1,5°C do roku 2040 začína byť čoraz menej reálny a modely skôr počítajú s úrovňou + 3 °C, čo však predstavuje významné zvýšenie rizík. Tými sú hlavne stres pre ekosystémy, nárast miery úmrtnosti ľudí spojenej s extrémnymi teplotami, pokles produktivity agrosektora a ekologickej odolnosti dôsledkom sucha a vysokých teplôt, riziká náhlych povodní. Povodne budú úzko súvisieť so zmenami vo výpare z hladiny morí, extrémny budú oveľa častejšie, povodne budú intenzívnejšie aj početnejšie.
- Vysoké teploty a s tým súvisiace suchá zvýšia náchylnosť území na požiare. Prioritným záujmom musí byť kompenzácia tohto rizika zalesňovaním (lesy prinášajú aj efekt záchytu uhlíka), protipožiarnym obhospodarovaním a vhodným riadením protipožiarnych opatrení.
- Prípadné zvýšenie teploty o 3°C významne zredukuje životný priestor organizmov v suchozemských, sladkovodných aj morských ekosystémoch. Vysoko

ohrozené Stredomorské oblasti. Profitovať budú druhy, ktoré sa dokážu skôr prispôbiť vyšším teplotám.

- Pokles v produkcii potravín v oblastiach Južnej Európy nebude možné úplne nahradiť zvýšením výroby v severnej Európe, pre nárast teploty o spomínané 3°C sa napríklad predpokladá strata pestovateľských plôch kukurice v Stredomorí o 50%. Pritom produkciu plodín v severnej Európe bude významne limitovať dostupnosť vodných zdrojov potrebných pre zavlažovanie.
- Najviac ovplyvnené budú veľké mestá Európy, ktoré budú trpieť vysokými teplotami, suchom, ale aj povodňami. Nevyhnutným predpokladom existencie v niektorých mestách bude klimatizácia a chladenie. Veľkým problémom sa stane dostupnosť vody. V oblasti severnej Európy bude situácia lepšia.

Pobrežné oblasti

Pri hodnotení vplyvu klimatickej zmeny na hydrosféru Európy je dôležitým faktorom, že v oblasti **nízko položených pobrežných oblastí** v súčasnosti žije takmer 50 miliónov Európanov, ďalších 150 miliónov v územiach do 50 km od pobrežnej línie. Budovanie ochrany pobrežných oblastí pred povodňami spôsobenými vzostupom hladiny morí má v Európe dlhodobú, niekoľko storočnú tradíciu. Napriek tomu je vysoko pravdepodobné že migrácia z týchto oblastí bude pokračovať a dokonca narastať. Erózia súše v dôsledku nárastu hladiny mora a jej výkyvov je výrazná vo všetkých pobrežných zónach, príkladom je pobrežie Severného či Baltického mora, ale tiež Pyrenejský polostrov či Britské súostrovie. Riziko povodní v pobrežných územiach bude narastať aj v dôsledku extrémnych zrážok, búrok a vysokých prietokov na dolných povodiach vyúsťujúcich riek. Táto situácia bude ohrozovať aj mnohé pamiatky zapísané do zoznamu svetového kultúrneho dedičstva UNESCO nachádzajúce sa v zasiahnutých oblastiach.



Prípadová štúdia - projekt ochrany Benátskej lagúny

Benátky sú spolu so svojou lagúnou zapísané do zoznamu svetového kultúrneho dedičstva UNESCO. Ide o jedinečný socio-ekologický systém, vzájomne poprepájaných prvkov a väzieb. Vznikal celé storočia v unikátnych a špecifických podmienkach. Vzťahy medzi človekom a prírodou sa dostali na úroveň veľmi krehkej a pomerne náročne udržiavanej rovnováhy. Existuje tu celý rad problémov, priamo či nepriamo súvisiacich s klímou, ale aj takých, ktoré majú úplne iný pôvod. Ich zoznam je pomerne dlhý, okrem horúčav či prirodzených výkyvov hladiny mora a hydrodynamických zmien, ktoré predstavujú riziko permanentných mnohopočetných záplav významnej časti mesta je to aj všadeprítomné znečistenie. Významné rizikom je pohyb obrovských lodí vyvolávajúcich na hladine zálivu extrémne vlny. Dochádza tak najmä k ohrozeniu jedinečných slaných močiarnych spoločenstiev v Benátskej lagúne. Talianska vláda v roku 2021 vydala zákaz plavby veľkým výletným lodiam do oblasti Benátok. Problémom pre lagúnu sú aj nepôvodné druhy

rastlín či živočíchov. Aktuálne geografické údaje sú pomerne výpovedné, nadmorská výška historického centra mesta je priemerne cca 80 cm. V tejto súvislosti môžu aj menšie vzopätia hladiny mora spôsobovať v Benátkach povodne, len prílivová amplitúda je na úrovni cca 50 cm. Pri aktuálnom náraste priemernej hladiny mora o 2,5 mm/rok je ohrozenie zrejmé. Hovorí o tom aj čísla počtov povodní v Benátkach, kedy v polovici 20. storočia boli početnosti povodní, pri ktorých bola zatopená významná časť mesta cca raz za dekádu, v súčasnosti až 40 povodní za ostatných 10 rokov.



Obr. 12 Pohľad na časť Benátskej lagúny

(Zdroje: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/ISS-46_Venice_and_Murano%2C_Italy.jpg & https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dese_nella_laguna_di_Venezia.jpg)

Talianska vláda vytvorila legislatívny rámec pre záchranu Benátskej lagúny už pred 50 rokmi. Aktuálne sa postupne realizuje projekt Mojžiš (Obr. 13) Ide o systém uzatvárateľných bariér, ktoré zastavia vtekanie vody do lagúny v čase búrok. Počas normálnej situácie bude voda do lagúny voľne vtekať a umožňovať cirkuláciu vody, ako aj normálnu lodnú dopravu. Výstavba bola spustená v roku 2003, v októbri 2020 prebehli prvé úspešné funkčné testy časti bariéry.



Obr. 13 Schéma proti príливovej brány Mojžiš a umiestnenie zatváracích brán a reálny pohľad na brány

(Zdroj: <https://atlasofthefuture.org/project/mose-project>)

Brány budú aktivované v situácii, keď hladina Jadranského mora stúpne o 75 cm Celý systém je lokalizovaný do troch miest kde vteká voda do Benátskej lagúny. V spojitosti s projektom Mojžiš sa však začína čoraz intenzívnejšie hovoriť o potenciálnych ekologických rizikách. Odskúšanie funkčnosti systému v roku 2020 poskytlo možnosť skúmať viacero potenciálnych vplyvov diela na samotnú lagúnu. Významným aspektom je zmena usadzovania sedimentov v lagúne. Sedimenty sú z pohľadu celého ekosystému životne dôležité. Sú zdrojom živín pre rastliny a vytvárajú pre ne potrebný životný priestor, na ktorý je viazaný celý systém jeho obyvateľov od mikroorganizmov až po vtáky. Rastliny práve vďaka prísunu sedimentov a živín dokážu

udržať krok s narastajúcou hladinou mora. Výskumy ukazujú, že pri búrkach a náhlych vzostupoch hladiny sa v lagúne usadí viac ako 70% sedimentov. Počas uzatvorenia bariér klesá miera usadzovania sedimentov až o 1/4., čo je vzhľadom na relatívne krátky čas uzatvorenia bariér (70 hodín za rok) naozaj významné množstvo. Zastavenie pritekania sedimentov do lagúny by mohlo v extrémnom prípade viesť k postupnému „utopeniu“ celej lagúny a efekt proti prílivových brán by mohol byť opačný. Sedimenty v podstate držia aj samotné Benátky nad vodou.

Riadenie oblasti klimatickej zmeny a jej dôsledkov v Slovenskej republike

V roku 2023 začal v Slovenskej republike proces schvaľovania nového Zákona o zmene klímy a nízkouhlíkovej transformácii SR, tzv. Klimatický zákon, ktorý bol predložený do medzirezortného pripomienkového konania. Situáciu ovplyvnila turbulentná politická situácia, v dôsledku ktorej je jeho osud aktuálne nie celkom jasný. O vývoji situácie rozhodnú pravdepodobne najbližšie mesiace.

Aktuálne je v podmienkach Slovenska vo väzbe na klimatickú zmenu spracovaných niekoľko strategických, odborných a koncepčných dokumentov.

Stratégia environmentálnej politiky SR do roku 2030 – Envirostratégia 2030 schválená v roku 2017 - Materiál pripravil Inštitút environmentálnej politiky na základe stoviek podnetov od odborníkov a verejnosti. Cieľom je zjednotiť environmentálne pravidlá pre rôzne sektory a vymedziť smer environmentálnej politiky. „V oblasti výroby energie bude preferovaná výroba energie z obnoviteľných zdrojov energie, ktorá svojou povahou nezaťažuje životné prostredie a oproti tradičným zdrojom energie prispieva k dlhodobu udržateľnému rozvoju SR a k zlepšeniu životného prostredia,“ uvádza sa v stratégii.

Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030. Tento materiál z roku 2019 je prvým integrovaným nástrojom strednodobého plánovania v SR. Reflektuje plnenie dohodnutých cieľov EÚ v oblasti energetiky a klímy. Uvádza ako Slovensko prispeje k dosiahnutiu spoločných cieľov energetickej únie na obdobie rokov 2021 až 2030. V súčasnosti sú silné tlaky na jeho aktualizáciu vzhľadom na globálny vývoj problematiky.

Nízkouhlíková stratégia rozvoja SR do roku 2030, s výhľadom do roku 2050 prijatá v roku 2019. Má ambíciu poskytnúť ucelený dlhodobý (30-ročný) strategický výhľad prechodu na nízkouhlíkovú ekonomiku. Cieľom je tiež zosúladienie problematiky s ostatnými strategickými dokumentmi a akčnými plánmi najmä v oblasti energetiky, priemyslu, dopravy, pôdohospodárstva, lesníctva a odpadového hospodárstva. Pre jednotlivé oblasti definuje záväznú a indikatívne ciele ktoré sú v súlade s cieľmi Parížskej dohody. Dôležitou súčasťou je dopadová analýza na makroekonomické ukazovatele.

Akčný plán na riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody z roku 2018. Súčasťou plánu sú opatrenia rôznych oblastiach a sektoroch. Ťažisková je oblasť vodného hospodárstva, definované sú však aj opatrenia v sídelnej krajine, poľnohospodárstve či lesnom hospodárstve. Významná časť je venovaná výskumu a vzdelávaniu v oblastiach dopadov sucha a nedostatku vody. Materiál s názvom H2ODNOTA JE VODA obsahuje konkrétne kroky ako bojovať s dôsledkami sucha a nedostatkom vody na Slovensku. Zameriava sa na prevenciu a krízové riadenie. Akcentuje využívanie európskych finančných zdrojov ako aj Environmentálneho fondu na financovanie jednotlivých opatrení. Preventívne aktivity sa orientujú najmä na zadržiavanie vody v krajine a súvisiace zelené opatrenia ako napríklad obnovu priaznivého stavu mokradí, brehových porastov, obnovu poškodených ekosystémov či výsadbu remízok.

Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na zmenu klímy (2014) – aktualizovaná v roku 2018 a Akčný plán pre implementáciu Stratégie adaptácie Slovenskej republiky na zmenu klímy (2021). Hlavným nástrojom pre zvýšenie adaptačnej schopnosti Slovenskej republiky je v roku 2018 prijatá aktualizácia Stratégie adaptácie Slovenskej republiky na zmenu klímy. Akčný plán pre implementáciu aktualizovanej Stratégie adaptácie SR na zmenu klímy je výsledkom dvojfázového procesu. V roku 2018 boli spracované Kvantitatívne a kvalitatívne analýzy a technické východiská pre prípravu implementácie národnej adaptačnej stratégie Slovenskej republiky. V roku 2019 potom prebehol participatívny proces definovania prioritných adaptačných opatrení a úloh. Zúčastnilo sa ho viac ako 200 odborníkov z rôznych oblastí. Adaptačné opatrenia sú chápané ako oblasti intervencií ktorých výsledkom je posilnenie schopností prírodných ale aj sociálno-ekonomických systémov voči klimatickým zmenám. Konkrétne orientované aktivity sú definované ako úlohy s jasným gestorom, financovaním a zabezpečením plnenia. Majú byť jasné, merateľné, dosiahnuteľné, relevantné a časovo ohraničené.

Rieky a povrchové vody

Ak sa pozrieme na situáciu, ktorá súvisí s povodňami na európskych vodných tokoch tak situácia ich príčin a následného rizika je pomerne heterogénna. Zrážky sa stávajú rozhodujúcim faktorom nárastu počtu povodní najmä v časti strednej a v západnej Európe. Vo všeobecnosti výskyt letných povodní klesá, predovšetkým v oblasti Alpských krajín podobne ako aj početnosť povodní, ktoré sú dôsledkom topiaceho sa snehu. V zimných a jarných mesiacoch sú podvodne skôr spojené s výraznými zrážkami. Početnosť aj intenzita maxim prietokov spojených s topiacim snehom klesá, čo vidieť na riekach ako Dunaj, Pád, Rýn či Rhona. Podobný trend možno pozorovať v posledných rokoch aj na slovenských riekach. Predpokladá sa, že hlavnou príčinou povodní sa stanú extrémne zrážkové úhrny, ktoré môžu spôsobovať za vhodných podmienok bleskové povodne s mimoriadne ničivými účinkami. Klimatológovia to pripisujú práve rastúcej teplote, ktorej výsledkom je väčšia koncentrácia vodných pár v ovzduší a rastúca kondenzácia. Stretávame sa s rastúcou početnosťou nadmerne suchých a nadmerne vlhkých období. Ten povestný zlatý stred sa postupne stráca.

Opačným negatívnym javom je nízky prietok a nedostatok vody. Počet dní, kedy sa najmä v južnej Európe objavuje nedostatok vody, pomaly narastá. Podobný jav je možné sledovať viac-menej vo všetkých častiach Európy. Vzhľadom k tomu, že povrchová a podzemná voda je v podstate systémom spojených nádob, negatívna situácia má dôsledky aj tu. Viacero štátov využíva na zásobovanie vodou podzemné zdroje. Ročná spotreba dosahuje 100 miliónov m³ za rok v krajinách západnej a časti strednej Európy, ale napríklad v oblasti južného Talianska, Španielska a juhovýchodnej Európy je ešte vyššia. Kombinácia rastúceho odčerpávania podzemných vôd v spojení s vysokými teplotami a suchami prehĺbuje deficit podzemných vôd, ktoré sa prirodzenými procesmi nestíhajú dopĺňať.

Kritickým deficitom pôdnej vlhkosti bude v budúcom období podľa prognóz trpieť najmä oblasť Stredomoria a východnej Európy. Nedostatok vody v pôde sa však stane všeobecným európskym problémom, možno len s výnimkou severu Európy. Uvedené konštatovania podopierajú aj údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu, ktoré dokumentujú častejšie situácie akútneho pôdneho sucha, dokonca aj v oblastiach, kde k tomu v minulosti dochádzalo len veľmi výnimočne (Turiec, Orava).

Rastúci trend v poslednom období vykazuje aj teplota vody v jazerách a riekach. Vyššia teplota ovplyvňuje chladiacu schopnosť vody, kyslíkovú bilanciu so všetkými následkami, ale tiež jej využívanie na rekreačné účely v dôsledku enormného nárastu rias a siníc.

Ekosystémové služby terestriálnych a sladkovodných a morských akvatických systémov

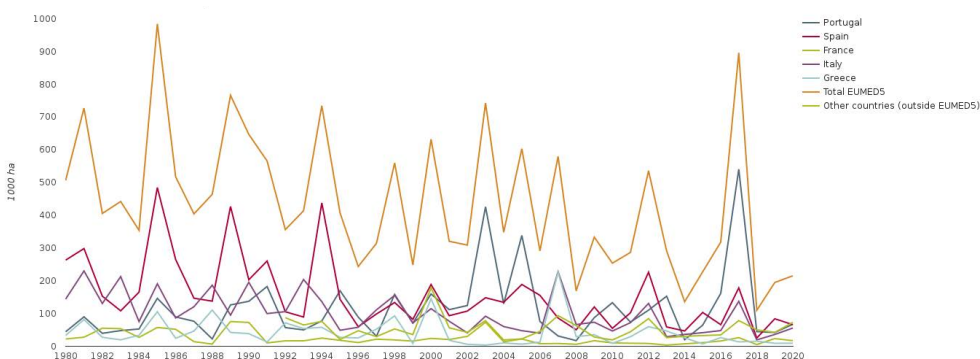
Výsledkom klimatickej zmeny, ale aj silnejšieho priameho antropogénneho vplyvu je skutočnosť, kedy až 13% druhov organizmov a 14% habitátov čelí nadmernému tlaku. V sladkovodných ekosystémoch patria k najviac ohrozeným mäkkýše (55%) a ryby (45%). K ďalším ohrozeným skupinám patria morské cicavce (43%), obojživelníky (22%), plazy (21%) a vtáky (18%) (zdroj Európska komisia, 2015). Je pochopiteľné, že najvyšší pokles biodiverzity je pozorovateľný u druhov s vysokou mierou termosenzitivity. Príkladom sú čmeliaky adaptované na chladnejšie podmienky. U mnohých taxónov rastlín a živočíchov je už dnes pozorovateľný posun ich biotopov v severnom smere v horizontálnej dimenzii a smerom vyššie v dimenzii vertikálnej. Dôsledkom klimatickej zmeny je aj zreteľná expanzia mnohých termofilných rastlinných druhov. Vo viacerých oblastiach Európy boli tiež pozorované regionálne vyhynutia niekoľkých rastlinných a živočíšnych druhov. Všetky tieto dôsledky klimatickej zmeny môžu v konečnom dôsledku ovplyvniť život človeka viac ako by sa mohlo na prvý pohľad zdať. Aj bezvýznamné narušenie ekosystému funguje ako povestné mávnutie motýľích krídiel a dopady nie je možné vždy spoľahlivo odhadnúť.

Aj v Európe sú populácie druhov, ktoré môžu na klimatickú zmenu reagovať pozitívne a môže mať na ne priaznivý vplyv. V niektorých oblastiach Európy bol zaznamenaný nárast u populácií ktoré sa dokázali vzrastajúcej teplote prispôbiť. Príkladom sú spoločenstvá motýľov, lišajníky ale aj niektoré druhy rastlín a vtákov.

V kontraste s tým je napríklad populácia hmyzu v Južnej Európe enormne zasiahnutou, s výrazným poklesom početnosti, kedy viaceré taxóny smerujú k vyhynutiu. V týchto územiach sa dajú predpokladať aj vplyvy na ďalšie druhy ktoré sú na hmyz naviazané a môže tak dôjsť k deštrukcii celých potravných reťazcov.

Významným faktorom správne fungujúcich ekosystémov je záchyt uhlíka. Výrazne negatívne ho ovplyvňuje najmä zvýšená miera odparovania do atmosféry, klesajúca vlhkosť pôdy a rastúca miera vysušania krajiny.

Ochrana lesov Európy je extrémne dôležitá, veď napríklad lesy mierneho pásma a boreálne lesy dokážu zachytiť až 12% emisií uhlíka ročne, pričom približne jedna štvrtina týchto lesov patrí do území chránených v rámci konceptu NATURA 2000. Nebezpečným faktorom ovplyvňujúcimi lesy sú požiare. Požiare postihnú V Európe každý rok lesné územie s rozlohou 0,5 mil. ha ročne, čo je o čosi menej ako 0,5% lesov Európy. Výrazne vyššie riziko ich vzniku je najmä v stredomorskej oblasti. K faktorom ktoré zásadne ovplyvňujú možnosť ich vzniku patrí **nízka pôdna vlhkosť, topografia, využívanie územia, vegetačné zloženie, rýchlosť vetra a faktory klímy a počasia**. Situácie kedy je príčinou požiarov človek a jeho aktivity sú typické aj pre vznik požiarov lesov na Slovensku. Dochádza k nim pomerne často, pričom ich likvidácia je spravidla pomerne náročná. K rozsahom najväčším požiarom na Slovensku patril požiar v roku 1992 v katastrálnom území obcí Lozorno, Pernek a Malacky kedy horelo 1171 ha lesa, požiar v Tatrách v roku 2005 zasiahol kalamitnú plochu 250 ha či požiar pri Starých Horách v roku 2007 na ploche cca 100 ha v extrémnom, neprístupnom teréne. V posledných rokoch sú požiare častejšie, vďaka lepšiemu technickému vybaveniu sa ich darí pomerne rýchlo lokalizovať – požiar pri obci Bystrá v roku 2019 zasiahol cca 5 ha, požiar pri Polomke v roku 2018 7 ha územia.



Obr. 14 Celková výmera plochy zničenej požiarimi v Európe v rokoch 1980 - 2020

(Zdroj EEA)

Morské a pobrežné ekosystémy v Európe sú na zvyšovanie teploty spojené s klimatickou zmenou veľmi citlivé. Dotýka sa to tak atlantických oblastí severnej Európy ako Stredozemného mora, európskych prítokových morí či Barentsovho mora na severe. Prejavy sú naozaj dramatické u niektorých špecifických druhov

bioty, napríklad u morských rias v oblasti Portugalska a Španielska kedy došlo k ich zásadnému úbytku či dokonca k lokálnemu vyhynutiu. Tieto zmeny sú často sprevádzané pomerne rýchlym osídlením nepôvodnými, lepšie adaptabilnými druhmi morských organizmov, v európskych vodách možno dnes nájsť viaceré pôvodom pacifické taxóny. Spolupôsobenie klimatických ale tiež neklimatických faktorov vyvoláva kaskádovitý efekt, ktorého výsledkom je výrazný pokles biodiverzity ekosystémov európskych morí. Vo všeobecnosti je rastúca teplota len jedným z faktorov negatívne ovplyvňujúcimi prostredie morí. Spolupôsobia tu aj ďalšie, ako je acidifikácia, nadmerné využívanie človekom, deoxygenácia, znečistenie a pod. Výsledkom je napríklad aj znehodnotenie významných morských oblasti eutrofizáciou spojenou s nadmerným rastom rias a ďalším nadmerným spotrebovaním kyslíka.

Potraviny, suroviny a iné produkty

V súvislosti s klimatickou zmenou a viacerými vyššie popísanými javmi je vhodné zaoberať sa aj otázkami produkcie potravín, prípadne technologických surovín. V globálnom meradle nie je agroprodukcia Európy zanedbateľná – v roku 2013 to bolo 60% svetovej produkcie vína, 59% cukrovej repy a 28% obilnín. Už spomínaný posun v geografickom rozložení klimatických pásiem smerom na sever si už dnes vyžaduje zmeny pestovateľských postupov. Pri náraste teploty o 2 °C sa predpokladá posun v rozsahu 25 – 135 km za dekádu, pričom práve vo východnej Európe to bude skôr pri hornej hraniciach tohto intervalu. Pretrvávajúce a intenzívnejšie suchá budú mať vplyv na ročné výnosy plodín, permanentné výnosy a samozrejme aj súvisiacu živočíšnu výrobu. Náklady bude zvyšovať aj potreba pravidelného a efektívneho zavlažovania. Suchá na jednej strane a nadmerné zrážky na strane druhej majú už v súčasnosti negatívny vplyv na produkciu pšenice a jačmeňa v Európe a v severozápadnom Rusku. Viac odolné sú plodiny ako kukurica a cukrová repa. Extrémny počasie v spojitosti s pomerne chladnou zimou a intenzívnymi zrážkami na jar a jeseň spôsobili výrazné straty na úrode v rokoch 2012, 2016 a 2018. Výsledkom boli výrazné nárasty cien obilnín. Existujú aj plodiny, ktorým by klimatická zmena mohla prospieť, príkladom je cibuľa či čínska kapusta. V prípade scenára s nárastom teploty o 4°C však problémy s pestovaním plodín v Európe rapidne vzrastú. V stredomorskej oblasti, napríklad aj u inak odolnejšej kukurice, klesnú výnosy veľmi výrazne. Vo všeobecnosti miernejší scenár otepľovania o 1,5-2°C spôsobí pokles v Európe o cca 10-20%, scenár s teplotou vyššou o 4°C o 50-100%. Uvedené fakty hovoria jasne o tom, že rozhodujúcim momentom v reakcii na klimatickú zmenu bude v agrosektore zavlažovanie. Efektívne riadenie vodných zdrojov bude zásadným faktorom úspešnosti. Farmári budú reagovať aj zmenou osevných postupov či voľbou vhodných tolerantnejších kultivarov. Čoraz častejšie diskutovanou oblasťou sa stávajú moderné technológie postavené na tzv. smart farming prístupe, kedy sa uplatňuje systém sofistikovaných riešení v celom systéme poľnohospodárskej výroby.

Negatívny vplyv klimatickej zmeny sa prejaví aj v živočíšnej výrobe. Bude spojený s nedostatkom a vysokými cenami krmovín, ale aj v samotnom vplyve vyšších

teplôt na zvieratá. Chladiace a vetracie systémy zvýšia tlak na energetické vstupy a problémom bude aj dostupnosť vody následkom dlhších a častejších suchých období. Najmä v Stredomorí môžu byť ohrozené také sektory potravinárstva akými sú výroba syra či tradičných mäsových výrobkov.

Rybolov v moriach a naň naviazaná produkcia zamestnáva v Európe okolo 250 000 ľudí. Klimatická zmena ovplyvní veľmi výrazne aj tento sektor. Výrazný negatívny vplyv sa prejaví najmä v oblastiach Severného mora, Stredozemného mora a Britských ostrovov, najmä v Biskajskom zálive a častiach nazývaných ako Keltské more (okrajové more v severovýchodnej časti Atlantického oceána medzi pobrežím Írska na severe a západným pobrežím Veľkej Británie). Jednou z príčin je spomínaná migrácia rýb v smere na sever, v tomto prípade do severného Atlantiku. Výsledkom bude zmena druhového zloženia. Tradičný rybolov bude musieť reagovať zmenou tzv. cieľových druhov. Európsky morský rybársky sektor sa tak stáva jedným z najviac postihnutých a citlivých sektorov. Dá sa očakávať že externý tlak klimatickej zmeny bude spôsobovať v oblasti európskeho rybolovu strety záujmov a konflikty. Príklady vidíme už dnes, či už v kontexte pobrexitového vývoja (britsko-francúzsko-španielske strety záujmov), alebo napríklad aj v súvislosti s lovom makrely v severovýchodnom Atlantiku. Bude potrebné nájsť v tejto oblasti zhodu a porozumenie a aplikovať zásady v rámci win-win (všeobecne výhodných) efektov, kedy budú vyvážené prínosy aj straty medzi všetky záujmové krajiny. Pri tom všetkom však bude potrebné myslieť na ekologickú stabilitu morských ekosystémov, pretože tá bude rozhodujúcim faktorom udržateľnosti rybolovu v rámci predpokladanej akcelerácie negatívnych dopadov otepľovania.

K najväčším producentom drevnej hmoty patrí v Európe Ruská federácia a Švédsko. Pri čoraz častejšom nedostatku zrážok a celkovo sa zhoršujúcom stave európskych lesov možno predpokladať pokles produktivity. Svoju negatívnu úlohu zohráva aj nárast výskytu škodcov, ktorý má zásadný vplyv na stav lesov v niektorých oblastiach (napríklad západná a stredná Európa). Netreba však zabúdať, že okrem produkčnej funkcie má les aj iné, nemenej významné funkcie. Vzhľadom na samotnú podstatu klimatickej zmeny má zásadnú úlohu v procesoch viazania uhlíka alebo zadržiavania vody a následným ochladzovaním klímy. V tejto súvislosti je úloha lesníctva v Európe veľmi dôležitá, najmä v kontexte zabezpečenia prírody blízkeho obhospodarovanie lesa, mysliac pri tom na vhodnosť druhového zloženia, ako aj na ďalšie relevantné aspekty. Aj v našich podmienkach sa ukazuje že smrekové monokultúry, kde prioritou bola produkcia drevnej hmoty sa stávajú problematické a menej odolné. Druhové zloženie novo zakladaných lesných porastov by malo reflektovať skutočnosť klimatickej zmeny s predpokladom vývoja v strednodobom aj dlhodobom časovom horizonte.

Mestá, sídla a infraštruktúra

Informačné zdroje Eurostatu uvádzajú, že takmer 75% populácie Európy žije v mestskom prostredí. Veľké metropoly (najmenej 1 miliónov obyvateľov) poskytujú životný priestor pre 39% celkovej populácie EÚ. V súvislosti s klimatickou zmenou je

potrebné venovať pozornosť širokému spektru aspektov, ktoré v mnohom s týmito číslami veľmi úzko súvisia. Či je to zásobovanie energiami, dopravná infraštruktúra, priemysel, ekonomická prosperita, nakladanie s odpadmi alebo turizmus.

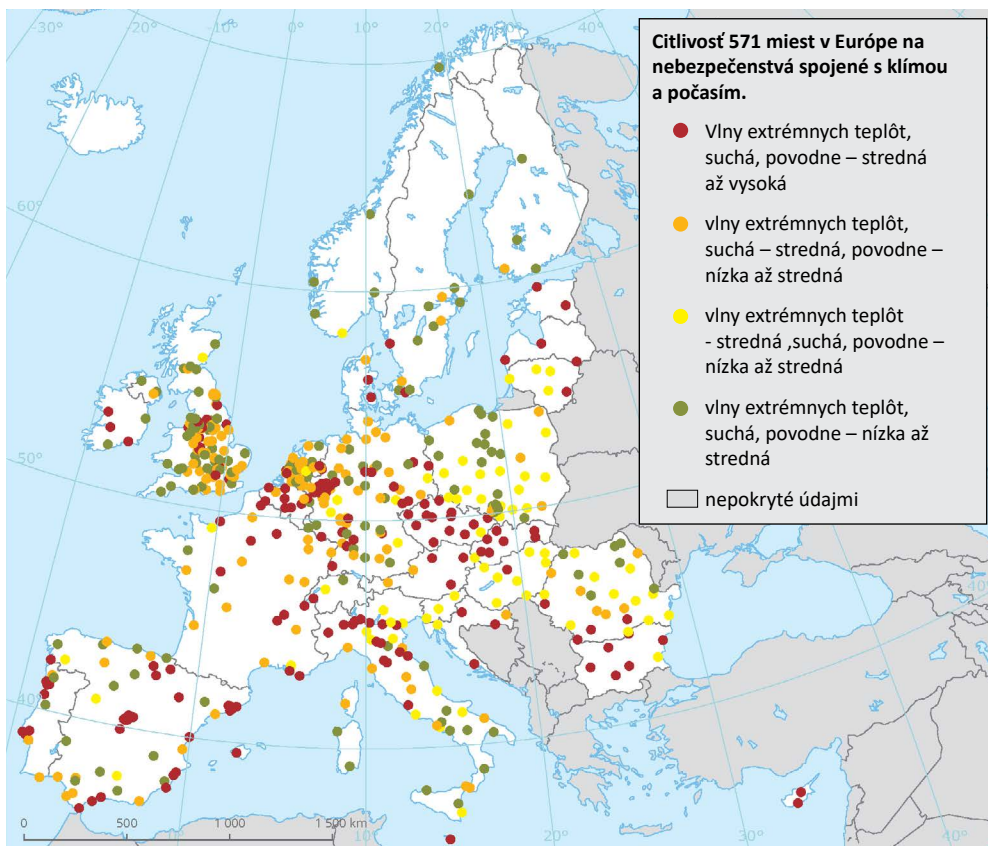
Teplotné extrémny, ktoré sú spojené s klimatickou zmenou vytvárajú stále silnejší tlak na energetický sektor. Problémy sa prejavia takmer s určitosťou v oblasti tepelných elektrární, vodných elektrární a v neposlednou rade a v oblasti iných energetických zdrojov. Na druhej strane je možné predpokladať zmeny v dopyte po energiách naprieč Európou. Pomerne významne klesne dopyt v súvislosti s poklesom vykurovacej teploty od juhozápadu po severovýchod (hlavne v severnej Škandinávii a v severnom Rusku) a na druhej strane mierne narastie dopyt v reakcii na potrebu chladenia a klimatizácie (cca o 1/2 oproti dnešnej potrebe). Pri zvažovaní vhodnej národnej energetickej stratégie v dlhodobej časovej perspektíve bude potrebné aj v našich podmienkach počítať s nedostatkom vody, prípadne s výraznejšími výkyvmi ovplyvnenými striedaním dlhých období, kedy bude voda menej dostupná, s kratším obdobiami je prebytku. Zásadný význam nadobudnú aj v našich podmienkach slnečná a geotermálna energia.

Klimatická zmena predstavuje významné riziká aj pre dopravnú infraštruktúru. Topenie asfaltu a poškodenie povrchov spevnených komunikácií či poškodenia koľajníc budú dôvodom znižovania rýchlosti dopravy v mnohých oblastiach Európy. Tieto javy boli už pozorovateľné naprieč Európou predovšetkým na konci druhej dekády 21 storočia. Nárast hladiny morí môže negatívne ovplyvniť prevádzku prístavov v Európe. V súvislosti s nadbytkom a nedostatkom vody bude viac ohrozená aj riečna doprava, najmä v oblastiach ústia riek do morí. Príkladom je vyťažená rieka Rýn. Klimatická zmena bude prostredníctvom vyššej početnosti povodní v budúcnosti väčšou hrozbou aj pre dopravu na železnici. Vďaka extrémom počasia sa zvýši čas kedy budú európske letiská mimo prevádzky. V našich podmienkach bude potrebné prehodnotiť dopravnú záťaž asfaltových komunikácií a hľadať spôsob ako z ciest dostať najťažšie nákladné autá a kamióny na železnicu. Bude tiež potrebné používať odolnejšie materiály a viac využívať možnosti tienenia ciest vegetáciou.

Klimatická zmena vo veľkej miere ovplyvní viaceré oblasti turizmu. Už od 60. rokov minulého storočia možno v Alpách, ale aj iných európskych horách pozorovať postupný pokles hrúbky snehovej pokrývky, ako aj počtu dní so snehovou pokrývkou. Tento trend pokračuje aj v súčasnosti a pri rôznych scenároch predpokladaného vývoja nárastu teploty sa bude ďalej viac či menej prehľbovať. Napriek tomu, že mnohé zimné strediská sa so situáciou vyrovnávajú zlepšovaním technológií umelého zasnežovania, limitujúcimi faktorom môžu byť dostupnosť vodných zdrojov a cenovo náročné energetické vstupy. Bez reakcie nezostarne ani sektor letnej turistiky, kde sa predpokladá určité zlepšenie podmienok v období mesiacov máj, čiastočne jún a následne september resp. október. V prímorských krajinách sa uprostred letnej turistickej sezóny v súvislosti s obdobiami extrémne vysokých teplôt podmienky skôr zhoršia.

Metropoly a mestá v Európe vykazujú vysokú mieru citlivosti v súvislosti s teplotnými extrémami, ako aj s vyššími rizikami spojenými s nedostatkom vody ale aj

s povodňami. Túto situáciu dokumentuje aj obr. 15 publikovaný Európskou agentúrou životného prostredia. Veľmi dôležitú úlohu majú účinné adaptačné opatrenia, primárne zamerané hlavne na zníženie teploty prostredníctvom zadržiavania vody, prípadne skvalitňovania mestskej vegetácie.

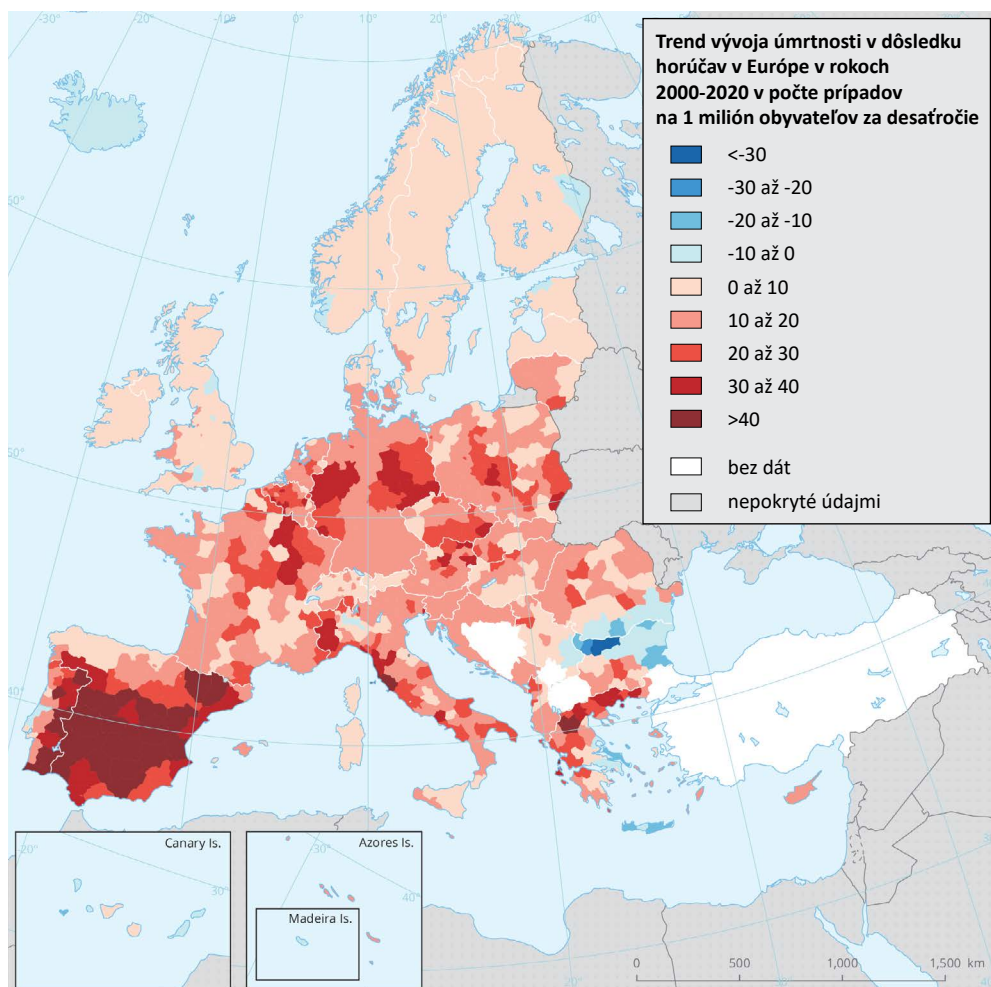


Obr. 15 Citlivosť 571 miest v Európe na nebezpečenstvá spojené s klímou a počasím (zdroj EEA ESRI)

Ohrozenie pobrežných oblastí resp. miest na pobrežiach bude spojené predovšetkým s rizikom povodní spôsobených nárastom hladiny mora. Nemenej vážnym problémom budú čoraz dlhšie a silnejšie vlny horúčav. Zreteľné to bude hlavne s Stredomorím, ale s výskytom extrémne horúcich dní treba počítať aj v mestách strednej Európy a východnej Európy. Aj v podmienkach Slovenska je zreteľný nárast počtu dní s extrémne vysokou teplotou v letnom období rokov 1998-2015, v porovnaní s rokmi 1980-1997. Takáto situácia predstavuje enormné riziko pre citlivé populačné skupiny, chorých a starších ľudí ale aj pre menšia deti či ľudí pracujúcich vo vonkajšom prostredí. Pri extrémne teplom období s Moskve v roku 2010, ktoré trvalo viac ako 40 dní, narástli štandardné počty úmrtí o 11 000 prípadov.

Zdravie jedinca a populácie, komunity, chudoba, kultúrne dedičstvo

Už z predchádzajúceho textu je zrejmé že klimatická zmena bude mať významný vplyv na zdravotný stav človeka: jej rozsah je dostatočne široký a intenzívny na to, aby zmeny boli pozorovateľné na celých populáciách. Bezprostredný účinok je spojený hlavne s početnejšími a intenzívnejšími vlnami horúčav. Počas horúčav v roku 2003 zomrelo na súvisiace zdravotné problémy v Európe približne 70 000 ľudí, v roku 2010 pri ďalšie extrémnej vlne takmer 55 000 (Obr. 16). Okrem už spomínaných starších ľudí a detí sú osobitne citliví aj chorí ľudia, najmä osoby s kardiovaskulárnymi diagnózami, dýchacími problémami a ochoreniami obličiek.



Obr. 16 Trend vývoja úmrtnosti v dôsledku horúčav v Európe v rokoch 2000-2020 v počte prípadov na 1 milión obyvateľov za desaťročie.

(Zdroj EEA-ESRI)

Tepelný stres (stres z pôsobenia extrémnych teplôt) v reálnych podmienkach veľmi často súvisí so sociálnymi podmienkami, kedy sú ohrození predovšetkým bezdomovci a ľudia z marginalizovaných komunít, ktorí si nemôžu dovoliť čoraz potrebnejšiu klimatizáciu. V Európe bude narastať aj ohrozenie životov a zdravia obyvateľov povodňami.

Atmosféra je komplexným a dynamickým systémom, ktorý ovplyvňuje človeka primárne aj sekundárne. Významným aspektom tohto vplyvu sú znečisťujúce látky antropogénneho ale aj prírodného pôvodu. A práve znečistenie ovzdušia je oprávnené v centre záujmu odborníkov aj širokej verejnosti. Ak si uvedomíme, že len v roku 2016 zomrelo podľa Európskej environmentálnej agentúry v Európe predčasne 412 000 ľudí v dôsledku expozície $PM_{2,5}$, 71 000 v dôsledku expozície NO_2 a viac ako 15 000 v súvislosti s expozíciou prízemnému ozónu, je to úplne pochopiteľné. Klimatická zmena môže vplyv týchto efektov zosilniť, súvisí to nielen so samotným zvýšením teploty, ale aj so zmenami v zrážkovom režime. Napríklad prízemný ozón vzniká fotochemickým procesom, keď jeho koncentrácia rastie najmä v horúcich letných dňoch. Deficit zrážok zas znamená obmedzenie čistenia atmosféry.

Veľmi nepríjemným dôsledkom klimatickej zmeny sa stane zvýšené riziko šírenia infekčných ochorení. Aj keď zmena teplotných a vlhkostných podmienok nie sú jediné príčiny a pridávajú sa aj vplyvy sociálneho prostredia, stavu zdravotníctva či ekológie, výskyt týchto ochorení priamo súvisí najmä s nárastom teplôt. Napríklad v niektorých krajinách stredne a severnej Európy či v Rusku čoraz viac expandujú infekčné ochorenia, kde je vektorom prenosu kliešť – kliešťová encefalitída a lymfická borelióza. Táto expanzia sa pripisuje práve klimatickej zmene. Výrazný nárast bol zaznamenaný aj v Rakúsku a Českej republike, zatiaľ čo v niektorých krajinách na juhu Európy sa počíta s budúcim poklesom výskytu. Podobne rastúci trend badať aj pri ochoreniach, kde je vektorom prenosu komár tigrový (*Aedes albopictus*) (Obr. 17), prípadne niektoré iné druhy komárov.



Obr. 17 Komár tigrový (*Aedes albopictus*) pôvodom z Ázie

(Zdroj: Scicell.org)

Sú vektormi pri prenose ochorení ako horúčka Dengue, Západonílska horúčka či horúčka Chikungunya. Na Slovensku bol komár tigrový prvýkrát zistený v roku 2012 na východe. Odvtedy je identifikovaný častejšie, znáša mrazy približne do 4-5°C, v lokalite rýchlo nadobudne dominanciu. Jeho bodnutie je bolestivé, patrí medzi najagresívnejšie druhy. Horúčka Dengue, vírusové ochorenie má príznaky podobné chrípke, 75% prípadov je bez príznakov, u 1%-5% má vážny priebeh často končiaci smrťou.

Vyskytuje sa v posledných rokoch častejšie na juhu Európy a postihuje hlavne mladších ľudí. Západonílska horúčka je vírusové ochorenie kde rezervoárom vírusu

sú voľne žijúce vtáky, prenášačom viaceré druhy komárov. V Európe sa vyskytuje čoraz častejšie, najviac na juhu, ale aj v krajinách strednej Európy. V 80% prípadov prebehne bez príznakov, inak sú príznaky podobné chrípke. Závažnejší priebeh je u starších ľudí a u osôb s poruchami imunity. Na Slovensku sme mali do roku 2022 dva autochtónne (domáce) zdokumentované prípady. Horúčka Chikungunya je typická zatiaľ skôr pre krajiny južnej Európy, v roku 2022 vypukla epidémia tohto vírusového ochorenia v regióne Emilia Romagna v Taliansku. U väčšiny infikovaných osôb (viac ako 75 – 80 %) sa ochorenie prejaví príznakmi ako vysoká horúčka, bolesť svalov, kožná vyrážka a bolesť kĺbov. Chronická bolesť kĺbov môže pretrvávajúť týždne alebo mesiace. Komplikácie sú zriedkavé. Okrem týchto organizmov umožní rastúca teplota aj rozširovanie baktérií s potenciálnym vzostupom následných gastrointestinálnych infekcií, ale aj nástup malárie v krajinách kde sme na to v minulosti zvyknutí neboli.

Zmeny v koncentráciách rastlinných alergénov v ovzduší budú súvisieť so skorším nástupom vegetačného obdobia, prípade sa nárastom počtu invazívnych druhov. Je známe že mnohé z nich sú silnými respiračnými aj kontaktnými alergénmi.

Klimatická zmeny bude mať veľký vplyv aj na produktivitu práce. Najviac ovplyvnenými sektormi budú poľnohospodárstvo a stavebníctvo v regiónoch južnej Európy. Vykonávanie takýchto prác bude väčšinu letenej sezóny takmer nemožné. Tento stav sa takmer určite podpíše aj na rastúcom počte pracovných úrazov a chorôb z povolania, ale aj stresu a následných psychických problémov, Výsledkom bude vyšší počet psychiatrických diagnóz, predovšetkým depresíí.

Problémy s klimatickou zmenou bude mať aj potravinársky sektor, kedy zvýšený dopyt po zdravých potravinách - ovocí, zelenine ale aj živočíšnych produktoch bude problematické vzhľadom na teplotné a vlhkostné podmienky uspokojíť. Čiastočným riešením eliminovania nepriaznivého vplyvu externých faktorov – počasia či zvýšeného tlaku škodcov môže byť chemizácia a používanie geneticky modifikovaných organizmov. To však môže mať potenciálne negatívne dopady na zdravie človeka.

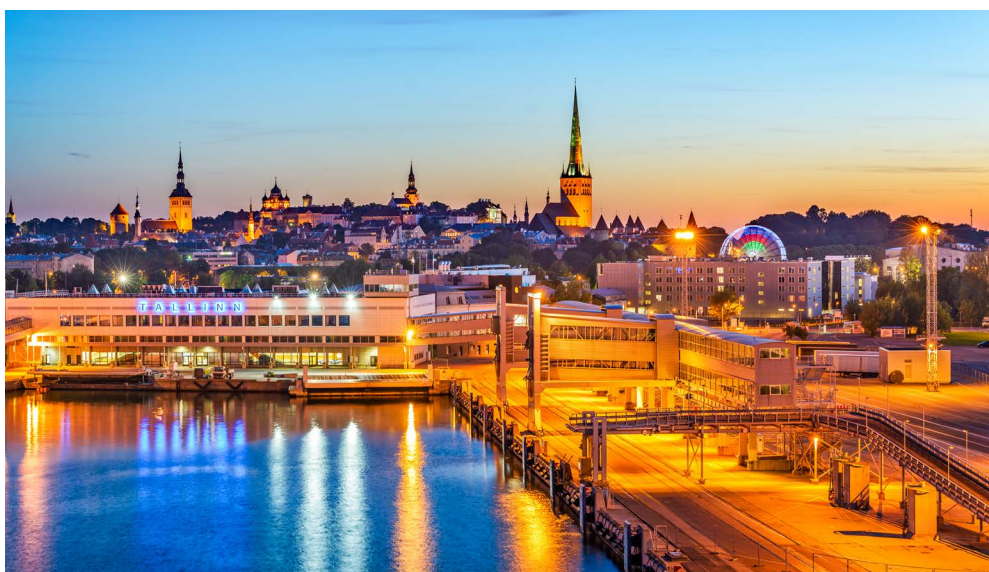
Zelené hlavné mesto Európy – prestížne ocenenie



Európska komisia každoročne oceňuje snahu lokálnych vlád a samospráv zlepšiť životné prostredie, kvalitu života a ekonomiku. Cena sa udeľuje prospektívne na rok dopredu, lídrom v oblasti miest udržateľného života s dominanciou environmentálnych aspektov. Prehľad víťazov: 2010 - Štokholm, 2011 - Hamburg, 2012 – Vitoria-Gasteiz, 2013 – Nantes, 2014 - Kodaň, 2015 – Bristol, 2016 – Ľublana, 2017 - Essen, 2018 - Nijmegen, 2019 - Oslo, 2020 – Lisabon, 2021 - Lahti, 2022 – Grenoble, 2023 - Talin, 2024 – Valencia.

Vzhľadom na podobnosť historického vývoja aj aktuálnosť stavu sa bližšie pozrieme na mesto Talin a dôvody ktoré viedli Európsku komisiu k udeleniu tohto ocenenia. Talin je hlavné mesto Estónska , počet obyvateľov je 447 000. Je jedným za najväčších prístavov v Baltickom mori. Jeho

história je previazaná s obchodom. Je historicky (od 10. storočia) jednou z najdôležitejších obchodných križovatiek severu Európy. V súčasnosti sú však silné stránky mesta trochu iné. Hovorí sa o ňom ako o Silicon Valley Baltiku, prekvitá hlavne vďaka informačným technológiám. Jedným z najznámejších start-upov ktoré tu vznikli je napríklad spoločnosť Skype®. Talin je v súčasnosti jedným z najvýznamnejších informatických centier Európy, sídli tu inštitúcie ako Európska agentúra na prevádzkové riadenie rozsiahlych informačných systémov a Centrum excelentnosti NATO pre spoluprácu v oblasti kybernetickej bezpečnosti. Výhodou Talinu je aj prekrásna príroda v okolí, ktorá je domovom mnohých chránených druhov a poskytuje výhľady na jedinečné krajinné scenérie, napríklad tzv. Baltický klím 48 m vysoký vápencový zráz na brehu Baltického mora. Mesto sa veľmi vážne zaoberá aj tzv. zelenou agendou. Prijali ambicióznou stratégiu rozvoja do roku 2035 s cieľom dosiahnutia uhlíkovej neutrality. Obsahuje však aj ďalšie ciele v oblasti adaptačných opatrení, zdravia, mobility, cirkulárnej ekonomiky, biodiverzity, udržateľnej energetiky či produkcie potravín. Európska komisia ocenila aj fakt, že už pred prijatím tohto plánu Talin prijal širokým konsenzom účinné opatrenia na elimináciu dopadov klimatickej zmeny, napr. v oblasti riadenia vodného režimu v čase búrok či rekonštrukcie siete ulíc. Mesto poskytuje obyvateľom zdarma verejnú dopravu od roku 2013 a zabezpečilo dostupnosť nevyhnutnej infraštruktúry tzv. soft dopravnými prostriedkami v dosahu 15 minút z ktoréhokoľvek miesta mesta. Podľa hodnotiacej poroty Európskej komisie Európskeho zeleného hlavného mesta Talin preukázal systémový prístup pri prechode k udržateľnosti, pričom strategické ciele vhodne prepojil s cieľmi OSN v oblasti udržateľnosti. Web: <https://greentallinn.eu/en/> poskytuje komplexné informácie o aktivitách v meste ako aj o základných aspektoch ktoré s pozíciou Talinu medzi hlavnými zelenými mestami Európy súvisia.



Obr. 18 Pohľad na Talin

(zdroj www.freepik.com)



Kontrolné otázky a úlohy pre samostatné štúdium:

1. Ako môžete znížiť uhlíkovú stopu vo vašej domácnosti?
2. Vypočítajte si vašu uhlíkovú stopu. Použite kalkulačku uhlíkovej stopy, napríklad tú ktorú ponúka Inštitút environmentálnej politiky.
3. Vysvetlite princíp skleníkového efektu
4. Nájdite informácie o pojme GWP (global warming potential) a určite jeho hodnoty pre jednotlivé skleníkové plyny.
5. Pouvažujte v ktorých Európskych krajinách budú dopady klimatickej zmeny na pobrežné oblasti najvýraznejšie a prečo.
6. Zistite aké opatrenia na zmierňovanie dopadov klimatickej zmeny sa realizujú v mestách na Slovensku.
7. Zistite viac o projektoch ako zelené mesto, zelená škola, zelená univerzita.



Zdroje informácií a obrázkov použitých v kapitole III.

- ▶ National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- ▶ Medzivládny panel pre zmenu klímy, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- ▶ © Atlas of the Future 2021
- ▶ fotobanka www.freepik.com
- ▶ Scicell spoločnosť
- ▶ Európska environmentálna agentúra, European Environmental Agency (EEA), Environmental Research Programme (ESRI)
- ▶ Wikimedia
- ▶ www.smartcity.gov.sk

KAPITOLA IV.

Chemické látky a zdravie človeka

IV.1 Riadenie chemických látok v legislatívnom prostredí Európskeho spoločenstva

Európska únia pristupuje k problematiku chemizácie s maximálnou pozornosťou. Vyváženosť vytvárania transparentných podmienok pre obchod s chemickými látkami a prípravkami na jednej strane a na strane druhej hodnotenia ich vplyvu na zdravie a životné prostredie je dôležitou úlohou tvorby príslušných legislatívnych predpisov. Veľké množstvo právnych predpisov, ktoré robili zodpovednými predovšetkým rôzne štátne inštitúcie používané koncom 20. storočia, postupne nahradili legislatívne balíky s pomerne prehľadným systémom právnych noriem. Oveľa väčšia miera zodpovednosti sa presúva na výrobcov, distribútorov a predajcov. Kľúčovou inštitúciou v oblasti riadenia chemických látok a prípravkou v prostredí európskeho trhu je **Európska chemická agentúra** (ECHA) sídliaca v Helsinkách. Má nezastupiteľnú úlohu pri implementovaní chemickej legislatívy do praxe. Hlavný dôraz jej činnosti je na bezpečnom používaní chemických látok z hľadiska ich vplyvu na zdravie a životné prostredie. Je tiež hlavnou registračnou a autorizačnou autoritou. Európska chemická agentúra pracuje v rámci riadenia týchto procesov s viacerými konkrétnymi nástrojmi.

Nariadenie REACH (skratka vytvorená z anglického Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

Nariadenie bolo prijaté s cieľom zlepšiť parametre obchodného prostredia v európskom trhovom priestore, ale hlavne s cieľom zabezpečiť vyšší stupeň ochrany zdravia a zložiek životného prostredia. Dôležitým aspektom bola podpora alternatívnych spôsobov určovania nebezpečnosti chemických látok k testovaniu na zvieratách. REACH sa aplikuje na všetky chemické látky - tak na látky používané v priemyselnych procesoch, ale tiež na látky používané v bežnom živote (čistiace prostriedky, nátery, chemické látky vo výrobkoch, ako je odev, nábytok a pod.).

REACH prenáša zodpovednosť preukazovania vlastností, okolností aj rizík spojených s chemickými látkami na podniky. Tie sú povinné agentúre dokladovať ako je možné látku bezpečne používať a používateľov musia informovať o opatreniach v riadení rizík tak, aby tie boli minimalizované a najlepšie úplne odstránené. Legislatíva určuje okrem výrobcov aj špecifické povinnosti aj pre dovozcov a následných užívateľov chemických látok a prípravkov.

Postup posudzovania dokumentácie k chemickým látkam a prípravkom, ktorá musí byť presne v zmysle jasne zadefinovaných požiadaviek začne posúdením jej formálnych náležitostí a kompletnosti. Toto posúdenie prebieha na ECHA. Samotné detailné obsahové posudzovanie sa obvyčajne realizuje na národnej autorite niektorého z členských štátov EÚ. Konečné vyjadrenie akejkoľvek národnej autority má všeobecný účinok rámci priestoru EÚ. V Slovenskej republike plní túto úlohu Centrum pre chemické látky a prípravky v Bratislave. (bližšie informácie nájdete na webe ECHA <https://echa.europa.eu/sk/regulations/reach/understanding-reach>)

Nariadenie o klasifikácii, označovaní a balení (CLP) č. 1272/2008

Predmetom nariadenia je uloženie povinnosti pre výrobcu, dovozcu, alebo následného užívateľa primerane a zrozumiteľne klasifikovať, označiť a baliť nebezpečnú chemickú látku a prípravok ešte pred jej umiestnením na trh. Podstatou nariadenia je určenie či chemická látka, prípadne zmes má takú vlastnosť/vlastnosti ktoré vedú k jej klasifikovaniu v kategórii nebezpečná látka. Intenzita tejto nebezpečnosti je vyjadrená triedou nebezpečnosti a určuje sa predovšetkým pre fyzikálne nebezpečenstvá či nebezpečenstvá pre zdravie a životné prostredie. V nariadení CLP sa pre každú triedu a kategóriu nebezpečnosti stanovujú podrobné kritériá pre označovanie: piktogramy, výstražné vety a upozornenia na nebezpečnosť, prevenciu, reakciu, skladovanie a likvidáciu. Určujú sa tiež všeobecné normy pre balenie tak aby boli všetci účastníci dodávateľského reťazca v bezpečí.

Na označenie nebezpečných látok a prípravkov sa používajú výstražné symboly (Obr. 19). **Vychádzajú z globálneho harmonizovaného systému (Globally Harmonized System - GHS), ktorý sa transformuje do podmienok Európskej únie práve nariadením CLP.** V pôvodnom dokumente boli definované dve triedy nebezpečnosti – fyzikálna nebezpečnosť a nebezpečnosť pre zdravie a životné prostredie a pod každou z nich kategórie nebezpečnosti.

FYZIKÁLNA NEBEZPEČNOSŤ:



NEBEZPEČNOSŤ PRE ZDRAVIE A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE:



Obr. 19 Piktogramy používané na označenie chemických látok a prípravkov

GHS01 – výbušné látky a zmesi, GHS02 – horľavé látky a zmesi, GHS03 – oxidačné látky a zmesi, GHS04 – plyny pod tlakom, GHS05 – korozívne a žieravé látky a zmesi, GHS06 – toxické látky a zmesi, GHS07 – dráždivé látky a zmesi, GHS08 – látky a zmesi nebezpečné pre zdravie, GHS09 – látky a zmesi nebezpečné pre životné prostredie

Sprísnenému režimu klasifikácie a riadenia chemických látok v priestore EÚ podliehajú špecifické skupiny chemických látok u ktorých to je potrebné vzhľadom na ich potenciálne účinky. Sú to tzv. látky vzbudzujúce veľké obavy s karcinogénnymi a mutagénnymi účinkami, s toxickým účinkom na reprodukciu, prípadne aj respiračné senzibilizátory. V tomto kontexte boli od roku 2023 navrhnuté nové triedy nebezpečnosti. Novými triedami sú endokrinné disruptory pre človeka, endokrinné disruptory pre životné prostredie, látky ktoré sa akumulujú v životnom prostredí a látky spôsobujúce difúziu kontamináciu vodných zdrojov.

Výrazným momentom je aj hľadanie alternatív k testovaniu chemických látok na zvieratách. Vypracovali sa nové metódy s náhradou používania zvierat inými spôsobmi a systémami a ak to možné nie je, s cieľom znížiť počet testovaných zvierat alebo aspoň zmeniť spôsob testovania tak, aby bolo menej bolestivé a stresujúce (**princíp 3R**). Princíp 3R podporuje Európska chemická agentúra aj iné regulačné orgány. Alternatívne prístupy sú založené na predpovedi toxicity na základe chemických vlastností látky, podobnosti jej chemickej štruktúry s inými látkami u ktorých je toxicita dobre známa a teda aj možnosti následnej informačnej analógie (tzv. QSAR - quantitative structure activity relationship). Využívajú sa aj možnosti nových technológií, napríklad in vitro testy vykonávané na bunkách a tkanivách pomocou najmodernejších metódy genomiky a proteomiky.

Nariadenie o biocídnych výrobkoch BPR, Nariadenie (EÚ) 528/2012)

Vzťahuje sa na uvádzania na trh a používanie biocídnych výrobkov využívaných na ochranu ľudí, zvierat, materiálov alebo predmetov pred škodlivými organizmami, ako sú škodcovia alebo baktérie. Účinok je založený na pôsobení účinných látok. Cieľom tohto nariadenia je zlepšiť fungovanie trhu s biocídnymi výrobkami v EÚ a zároveň zabezpečiť vysokú úroveň ochrany ľudí a životného prostredia.

Nariadenie o perzistentných organických látkach – POP

Perzistentné organické látky sú chemické látky so schopnosťou dlhodobého zotrávania v zložkách životného prostredia. Táto vlastnosť sa nazýva perzistencia. Ich chemické vlastnosti spôsobujú afinitu k organickému materiálu, stabilitu a následnú schopnosť kumulovania v organizmoch. Prostredníctvom vektorov prenosu ako je vzduch, voda ale aj živé organizmy sa transportujú v globálnej škále a možno ich nájsť na každom mieste našej planéty. V súvislosti s celosvetovou reguláciou týchto látok sa uplatňujú najmä dva dokumenty – Štokholmský dohovor a Aarhuský protokol. Do legislatívy Európskeho spoločenstva sú implementované formou samostatného nariadenia, ktorého hlavným záujmom je ochrana zdravia ľudí a ochrana životného prostredia. Nariadenie sa sústreďuje na oblasť obmedzovania výroby a následného

uvádzania na trh, ale aj na POP ktoré vznikajú ako koproducty, prípadne odpad pri výrobe iných chemických látok. Predmetom záujmu nariadenia je aj skladovanie a zneškodňovanie POP. K najčastejšie používaným POP patria pesticídy (napr. DDT), priemyselné chemikálie (polychlórované bifenyly) alebo neúmyselné produkty priemyselných procesov (dioxíny/furány).

Okrem spomínaných regulatív sa špecifickou formou v legislatíve Európskeho spoločenstva regulujú aj 1) karcinogénne, mutagénne látky a látky s reprodukčnou toxicitou, 2) odpady, 3) batérie a akumulátory 4) kontaminanty v pitnej vode.

Všetky podstatné informácie je možné dohľadať na platforme Európskej chemickej agentúry (<https://echa.europa.eu/sk/legislation>).

IV.2 Chemický priemysel a výroba chemických látok

Otázka prijateľnej miery chemizácie životného prostredia sa stáva čoraz naliehavejšia. Existujú rôzne názory na chemické látky, najmä v kontexte hľadania vhodných alternatív ich používania. Nie je to vždy jednoduché a v reálnom svete majú často pred precíznym zohľadnením dlhodobých súvislostí prioritu skôr krátkodobé okamžité benefity. Tými môže byť záujem zabezpečenia výživy pre určité populácie využívaním umelých hnojív a pesticídnych prípravkov, ale aj potreba okamžitého zníženia epidemického rizika prostredníctvom používania chemických látok ničiacich vektory prenosu ochorení. Preto je veľmi dôležité hľadať odpovede na niekoľko zásadných otázok. Tu sú niektoré z nich:

Je možné absolútne vylúčenie chemických látok z nášho života?

Aké sú alternatívy k chemickým látkam a prípravkom?

Aká je teda prípustná miera chemizácie životného prostredia tak aby neboli ohrozované živé organizmy?

Aké sú reálne riziká pre človeka a životné prostredie?

Akými nástrojmi možno chemické látky regulovať?

Napriek mnohým negatívam pri súčasnej úrovni hospodárskeho pokroku v svete nie je možné vylúčiť chemické látky z nášho života. Chemický priemysel je jedným z najdôležitejších priemyselných odvetví vo svete. Bez chemických látok by sme nevedeli a nechceli existovať. Treba však hľadať alternatívy ktoré budú mať čo najmenší negatívny dopad na životné prostredie a zdravie človeka ako aj na všetky formy živých organizmov.

História chemického priemyslu

O systematickom rozvoji chémie a chemického priemyslu má zmysel hovoriť od 18. storočia. Významnou osobnosťou chémie bol Antoine Lavoisier (1744-1794), ktorý sa systematicky zaoberal štúdiom chemických reakcií. Jeho život ukončil predčasne nôž gilotíny. Z jeho nasledovníkov treba spomenúť Pierra La Placa (1749-1827)

či Josepha Gay-Lusacca (1778-1850). Prvý z nich je skôr matematik a fyzik no jeho výskum má svoj význam aj v chémii, druhý o.i. formuloval zákon vzťahujúci sa na izobarický dej v ideálnom plyne. K významným osobnostiam chémie patrí aj ruský vedec Dimitrij Ivanovič Medelejev (1834-1907) , ktorý zoradil chemické prvky podľa atómovej hmotnosti do jedinečného systému, známeho dnes ako periodická tabuľka prvkov.

V období prvej polovice 19. storočia je krajinou s najdynamickejšie sa rozvíjajúcim chemickým priemyslom Veľká Británia. Produkcia sa orientuje predovšetkým na anorganické chemické látky - alkálie (sódu, vápno) a kyseliny (predovšetkým kyselinu sírovú a kyselina dusičnú). Tieto látky sa používajú najmä v textilnom, sklárskom priemysle a v poľnohospodárstve. Ranné formy chemického priemyslu však boli oveľa bližšie banskému priemyslu než sofistikovanému priemyselnému odvetviu chémie tak ako ho chápeme dnes. Od 50. rokov 19. storočia sa Veľká Británia stáva aj centrom rozvoja organickej chémie. Variabilita a použiteľnosť organických chemických látok umožňuje ich široké využitie v rôznych oblastiach aktivít človeka. Práve tu začína využívanie surovín, ktorého dôsledky sa prejavujú v environmentálno-zdravotných súvislostiach v 20. storočí a trvajú až do súčasnosti. Kľúčovými surovinami sa stáva uhlie, ropa a plyn. Významnými produktmi v období 19. storočia sú látky, ktoré si nevyžadujú zvlášť náročnú technológiu výroby napríklad benzén, alebo etylén. Veľkú slávu prinášajú Anglicku 70. roky 19. storočia, kedy prudko vzrástla výroba farbív a krajina sa následne stáva celosvetovým lídrom. Celý sektor je však extrémne náročný na energetické vstupy, predovšetkým uhlie. Napriek tomu že textilný priemysel je najvýznamnejším odberateľom, toto obdobie trvá relatívne krátko a už v 80. rokoch sa do popredia dostáva Nemecko. Je zaujímavé že v roku 1913 produkuje Nemecko cca 140 000 t farbív, Švajčiarsko 10 000 t a Veľká Británia len 4400 t. V tomto čase je odlišná situácia v USA, ktoré síce produkujú veľké množstvá anorganických chemických látok, v oblasti organickej chémie sú však závislé na dovoze z Európy, predovšetkým Nemecka. Výnimkou sú výbušniny, kde sú USA celosvetovým lídrom.

Situáciu v oblasti chemického priemyslu výrazne mení 1. svetová vojna. Do popredia sa dostávajú USA, ktoré predstihujú Nemecko aj v oblasti výroby organických látok a farbív. Nemecko je vojnou úplne zdecimované. V roku 1925 sa Nemecko pokúsi oživiť výrobu farbív koncentráciou menších firiem do koncernu IG Farben, podobný postup uplatňuje aj Veľká Británia, kde vzniká o rok neskôr koncern ICI (Imperial Chemical Industries). V USA sa v tomto období formujú podniky ako Du Pont a Union Carbide (spojený s tragédiou v Bhopále, pozri ďalej). Významným sektorom chemického priemyslu v USA je samozrejme rafinácia ropy.

Výsledkom II. Svetovej vojny bolo aj takmer úplné zničenie chemického priemyslu v Nemecku. V USA sa začína využívanie chemických látok získaných z ropy na výrobu vlákien a plastov, farbivá strácajú v sektore chémie svoju pozíciu. Americký chemický priemysel dominuje na globálnom trhu minimálne do 70. rokov 20. storočia. V Európe sa situácia postupne konsoliduje a významným hráčom na trhu sa stáva Japonsko.

Koncom 90. rokov 20. storočia a na začiatku 21. storočia sa najvýznamnejším výrobcom chemických látok stáva Európska únia. Výrobné spoločnosti krajín sídliace v EÚ tvoria takmer polovicu počtu všetkých spoločností v celosvetovom rebríčku top 30 podľa objemu tržieb. Aktuálnym lídrom v sektore chemického priemyslu je nemecký koncern BASF. V poslednom období však nastáva významný nárast výroby sektora chemického priemyslu v Číne.

Prípadová štúdia - katastrofa v Bhopále

Asi päť minút po polnoci z 2. na 3. decembra 1984 otriasol indickým mestom Bhopál výbuch. Väčšina obyvateľov stredoindického mesta spala a netušiac, že došlo k jednej z najväčších priemyselných katastrof v dejinách ľudstva.

Ihneď po výbuchu začal z výroby továrne Union Carbide únik 27 t toxického plynu metylizokyanatanu. Dôvodom masívneho úniku bola skutočnosť, že ani jeden zo šiestich bezpečnostných systémov určených na eliminovanie takýchto situácií nebol v činnosti. Plyn v meste Bhopál zasiahol 500 000 obyvateľov, 20 000 následkom expozície zomrelo. Viac ako 120 000 ľudí trpí v dôsledku havárie a následnej kontaminácie oblasti rôznymi ochoreniami, najčastejšie slepotou, problémami s dýchaním a gynekologickými poruchami. Miesto nehody nebolo nikdy úplne revitalizované, čím sa stalo zdrojom kontaminácie okolitých obytných zón. V roku 1999 vykazovali hladiny ortuti v podzemnej vode a v studniach v blízkosti miesta nehody úrovne 20 000 až 6 000 000 krát vyššie ako sú jej očakávané bežné úrovne.

Chemické látky spôsobujúce rakovinu, poškodenie mozgu a vrodené chyby boli zistené aj vo vode. Trichlóretán, prejavujúci sa poškodením vývoja plodu, bol zistený v hodnotách 50 krát vyšších ako sú bezpečnostné limity stanovené Americkým úradom pre ochranu životného prostredia U.S.EPA. Testovanie vzoriek materského mlieka, ktorého výsledky boli uverejnené v správe z roku 2002, preukázali prítomnosť jedov ako 1,3,5 trichlórbenzén, dichlórmétán, chloroform, olovo a ortuť. V roku 2001 michiganská expozitúra chemickej spoločnosti Dow Chemical kúpila spoločnosť Union Carbide, čím získala jej aktíva i záväzky. Dow Chemical vytrvale odmietala revitalizovať lokalitu havárie, obstaráť pitnú vodu, odškodniť obeť a odhaliť dôvod unikania plynu.

3. decembra 1984 jedovatý plyn unikajúci z továrne Union Carbide usmrtil tisíce. Koľko tisíc ľudí v tejto súvislosti zomrelo nikto presne nevie. Union Carbide hovorí o zhruba 3 800 ľuďoch. Mestskí robotníci, ktorí naberali telá holými rukami, nakladali ich na autá smerujúce na masové pohrebiská a na miesta, kde sa vykonalo masové spálenie uvádzajú, že naložili minimálne 15 000 tiel. Tí čo prežili, na základe počtu predaných pohrebných rubášov hovoria, že v prvom týždni po havárii zomrelo aspoň 8 000 ľudí.

Továreň Union Carbide v Bhopále bola predurčená na zánik takmer od začiatku. Spoločnosť stavala továreň na pesticídy v 70-tych rokoch, predpokladajúc, že India bude predstavovať obrovský trh, najmä vďaka

ambicióznym projektom v poľnohospodárstve. Obchody však nikdy nenaplnili očakávania, pretože indickí farmári bojujúci so suchom a záplavami nemali peniaze na drahé pesticídy. Továreň, ktorá nikdy nenaplnila svoje kapacity sa ukázala ako stratová a svoju činnosť pozastavila už v 80-tych rokoch.

Obrovské množstvá nebezpečných chemikálií zostali v cisternách v areáli podniku. V troch cisternách bolo aj 60 ton metylizokyanátu (MIC). Komplikovaný továrenský bezpečnostný systém začal chátrať. Vedenie továrne oznámilo zastavenie výroby a uviedlo, že prevádzky nepredstavujú žiadnu ekologickú či zdravotnú hrozbu. Bezpečnostné systémy inštalované na signalizáciu presakovania chemických látok sa ukázali ako neúčinné. Počas bežnej údržby v noci 2. decembra vyplachoval zamestnanec korodujúcu trubicu, zložité systémy zlyhali a dovolili vode, aby tiekla voľne do najväčšej cisterny s MIC. Reakcia s vodou viedla k nekontrolovateľnej reakcii, cisterna bola odtrhnutá z betónového sarkofágu a chrlila smrteľný mrak obsahujúci MIC, hydrogénkyanid, metylamín a ďalšie plynné látky, ktoré zamorili okolité územie. Transportovaný vetrom sa potom tento mrak usadil nad Bhopálom. Krátko potom ľudia začali umierať.

Spomienky Azizy Sultan, pozostalej: „Okolo 12.30 som sa zobudila na strašný kašeľ môjho dieťaťa. V prítmi lampy som videla ako je izba plná nejakej bielej hmly. Počula som krik ľudí -utekajte, utekajte. Na to som začala s každým jedným nádychom kašľať. Mala som pocit akoby som dýchala v ohni. Oči mi horeli.“

Ďalší pozostalý, Champa Devi Shukla, spomína: „Bolo to akoby niekto vyplnil naše telá červenými páľivými papričkami, z očí nám tiekli slzy, z nosov nám tieklo, v ústach sme mali penu. Kašeľ bol taký silný, že ľudia sa zmietali v bolesti. Niektorí sa iba zobrali a utekali v tom čo mali na sebe, dokonca aj keď nemali vôbec nič. Nieкто bežal tou cestou, nieкто inou, niektorí ľudia bežali iba v spodnom prádle. Ľudia sa sústredili iba na to, aby si zachránili svoje životy, tak iba bežali.“

„Tí, ktorí padali, neboli nikým zdvihnutí a boli pošliapaní inými ľuďmi. Ľudia liezli a škríabali sa jeden cez druhého, – dokonca aj kravy utekali a ako bežali, šliapali po ľuďoch.“

V týchto apokalyptických momentoch nikto nevedel čo sa deje. Ľudia jednoducho začali zomierať tými najprišernejšími spôsobmi. Niektorí nekontrolovateľne zvracali, upadali do kŕčov a zomierali. Iní sa udusili k smrti, topiac sa vo svojich vlastných telových tekutinách. Sila ľudského prívalu vytrhla detské rúčky z rodičovského zovretia. Rodiny sa odlučovali.“ Oznámilo Medicínske centrum v Bhopále v roku 1994.

„Jedovatý mrak bol taký hustý a páľivý, že ľudia nič nevideli. Ako lapali po dychu účinok boli ešte viac dusivý. Plyny spaľovali tkanivo očí a pľúc a ohrozovali ich nervový systém. Ľudia strácali kontrolu nad svojimi telami. Moč a stolica stekali po ich nohách. Ženy, ako bežali, strácali svoje nenarodené deti, ich maternice sa spontánne otvárali a vznikali krvavé potraty.“

Podľa Rashidy Bi - pozostalej, ktorá stratila päť členov rodiny na následky rakoviny: „Tí, ktorí prežili sú nešťastní, šťastní sú tí, ktorí zomreli v tú osudnú noc.“

Obidve spoločnosti, Union Carbide i jej vlastníci Dow Chemical uvádzajú, že ich údaje sú obchodným tajomstvom a maria tak snahy lekárov ošetrovať postihnutých ľudí. Zamorené lokality neboli nikdy vyčistené, preto sa aj ďalšie generácie stále intoxikujú rôznymi chemikáliami.

V decembri 1999 Greenpeace preukázala, že pôda a voda v továrni a jej okolí sú kontaminované organickým chlóróm a ťažkými kovmi. Spomínaná

štúdia z februára 2002 preukázala ortuť, olovo a organický chlór v materskom mlieku matiek žijúcich v blízkosti továrne. Deti plynom zasiahnutých matiek sú vystavené hrozbe psychických porúch, debility, mentálnej retardácie či iných vrodených defektov.

Union Carbide až po roku 1989 v spojení s indickou vládou umožnila vyplatenie odškodného v sume 470 miliónov dolárov. Mnohí sa celkom oprávnene cítili podvedení sumou priznaného odškodného (300 -500 dolárov) alebo formou odškodnenia v podobe päťročnej bezplatnej zdravotnej starostlivosti. Obete otravy plynom sa stále vyrovnávajú s hroziou skutočnosťou: 50 000 Bhopálcov bolo a je pre zranenie práceneschopných, niektorí ostali úplne ochrnutí. Tí čo prežili sa starajú o svojich príbuzných, mnohí však nemajú už žiadnu rodinu.

V roku 1991 miestna vláda Bhopálu obvinila Warrena Andersona, (vedenie Union Carbide) z vraždy. Ak ho aj odsúdia, bude čeliť najviac 10 rokom väzenia. Pán Anderson nestál predtým pred súdom. Indickému súdu sa však úspešne vyhol, vyhol sa aj medzinárodnému zatykaču a predvolaniu pred americký súd. Štyri roky bol pobyt Andersona neznámy. V auguste roku 2002 ho našla Greenpeace v Hamptone, kde viedol luxusný život.

Spoločnosť Union Carbide sa sama obvinila z vraždy. Tieto obvinenia neboli právne nikdy vyriešené, keďže Union Carbide podobe ako vtedajší riaditeľ (Anderson) odmietajú predstúpiť pred indický súd. Union Carbide však stále zostáva právne zodpovedná. Environmentálne škody neboli súčasťou vyrovnania z roku 1989 a kontaminácia, ktorú po sebe zanechala Union Carbide sa neustále rozširuje. Tieto zodpovednosti prešli v dôsledku kúpy Union Carbide v roku 2001 na spoločnosť Dow Chemicals. Tá ich však stále nie je ochotná v plnej miere uznať.

Niektoré významné produkty chemického priemyslu

Chemické látky v poľnohospodárstve

Spôsoby obrábania pôdy, pestovania rastlín a chovu dobytku sa s vývojom ľudskej spoločnosti postupne menili. Súčasný poľnohospodársky sektor používa široké spektrum chemických látok, predovšetkým **umelých hnojív, biocídov, pesticídov, potravinových aditív**. Dôvodov je veľa, z podstatných treba spomenúť ochranu poľnohospodárskych kultúr proti škodcom, zamedzenie strát na úrode a zabezpečenie dostatku potravín. Okrem toho si treba uvedomiť, o čom sa veľmi často nehovorí, že chemické látky môžu pomôcť znížiť množstvo prírodných toxínov produkovaných hubami, alebo baktériami v plodinách.

Na druhej strane však stojí vysoké environmentálne a zdravotné riziko viacerých chemických látok, predovšetkým chlórovaných pesticídov, pesticídov na báze kovov (napríklad meď), ale aj mnohých umelých hnojív (problém dusičnanov a dusitanov).

Tieto skutočnosti je potrebné zohľadniť a vidieť celý problém používania chemických látok v agrosektore v širokých súvislostiach. Očakávanie a predpokladanie dopadov aplikácie chemickej látky sú mimoriadne dôležité a princíp predbežnej opatrnosti by mal byť uplatňovaný oveľa intenzívnejšie.

*Pesticídy sú chemické látky, ktoré sa v poľnohospodárstve a v lesníctve používajú v boji proti chorobám a škodcom rastlín a proti burine. Rozdeľujú sa na **fungicídy, insekticídy, herbicídy, rodenticídy, akaricídy a nematocídy.***

Fungicídy sú skupinou pesticídov používaných na zamedzenie vývoja alebo na ničenie cudzopasných húb na úžitkových rastlinách. Z chemického hľadiska sa delia na meďnaté, sírnaté, organické a kombinované.

*Insekticídy sú chemické prípravky na ničenie hmyzu. Podľa toho, na ktoré vývojové štádium hmyzu účinkujú, rozdeľujú sa na ovicídy (ničia vajíčka), larvycídy (ničia larvy) a imagocídy (ničia dospelý hmyz). Podľa fyziologického účinku sa delia na plazmatické, leptavé, nervové a dýchacie. Podľa spôsobu vnikania do tela hmyzu zase dotykové (kontaktné), perorálne a dýchacie. Z chemického hľadiska ich možno rozdeliť na chlórované uhľovodíky, napr. DDT, prestávajú sa používať, pretože sa hromadia v živočíšnom organizme. Ďalej sú to organofosfáty - estery kyseliny fosforečnej a jej tioderivátov, v súčasnosti najčastejšie používané. Karbamáty - estery kyseliny karbamovej, sa používajú menej. Pre **vysokú** toxicitu sa ako insekticíd používa kyanovodík. Ďalším významným insekticídom je pirimicarb. Ničí vošky a šetri lienky, zlatoočky a včely.*

Herbicídy sú chemické látky, ktoré zabraňujú rastu rastlín. Obyčajne sa používajú na ničenie buriny. Selektívne herbicídy účinkujú na 1 rastlinu alebo na skupinu rastlín. Totálne herbicídy ničia všetky druhy rastlín. Kontaktné ničia rastlinu pri jej dotyku s látkou, koreňové klíčiacu rastlinu cez jej korene a herbicídy stimulujúce rast bránia rastu rastliny. Dnes herbicídy ničia burinu tak, že ťažia z jej vlastného rastu. Používajú sa chemické látky, ktoré sa správajú ako hormóny buriny - jej prirodzené rastové látky - a vyprovokujú taký rýchly rast, že sa rastliny rýchle vyčerpajú a skoro hynú.

Rodenticídy sú látky, ktoré sa používajú v boji proti hlodavcom v poľnohospodárstve alebo domácnostiach. Sú založené na báze fosforovodíka, fosfidov alebo warfarínu. Tieto pesticídy sú jedovaté aj pre človeka.

Akaricídy sa používajú v boji proti roztočom a roztočom. Sú založené na báze malatiónu alebo meoinphosu.

Nematocídy sú skupinou pesticídov, ktoré sa používajú v boji proti voľne žijúcim a cystotvorným háďatkám v pôde. Patria k nim látky na báze N-metyl-ditiokarbamátov, 1,2-dibrómchlórpropánu.

Katalyzátory

Katalyzátor je látka, ktorá dokáže meniť rýchlosť chemickej reakcie bez toho aby podliehala zmene v priebehu chemickej reakcie. Nedochádza k jej viazaniu v produkte. Katalyzátormi môžu byť plynné, kvapalné ale aj tuhé látky. Katalyzátory sa v súčasnosti využívajú vo väčšine priemyselných chemických procesov. Viac ako 90% produktov chemického priemyslu sa vyrába s ich príspevom. Umožňujú vo veľkej miere znížiť náklady výroby, ale predovšetkým spotrebu energie a pomáhajú tak znižovať negatívne dopady chemickej výroby na zdravie a životné prostredie.

Chlór a halogény

Chlór je spolu s fluórom, brómom jódom a astátom, na základe špecifických chemických vlastností zaradený medzi halogény. Názov je odvodený z gréckeho hal- soľ, gen – vytvárať. Všetky tieto prvky vytvárajú so sodíkom soli podobných vlastností. Najznámejší je chlorid sodný – kuchynská soľ.

Fluór je spomedzi všetkých halogénov najviac zastúpený v zemskej kôre, podobne ja chlór patrí medzi najbežnejšie prvky na Zemi. V prirodzených podmienkach sa podarilo identifikovať viac ako 4000 prírodných organických halogénových zlúčenín, z nich je takmer 2400 s prítomnosťou chlóru. K najvýznamnejším zdrojom v prírode patrí samotný oceán, lesné požiare, vulkanická činnosť a živé organizmy, vrátane baktérií, húb, rastlín a morských organizmov. Chórové zlúčeniny možno nájsť v krvi, koži a zuboch, známa kyselina chlorovodíková je prítomná v tráviacom systéme človeka.

Chlór je potrebný pri výrobe veľkého množstva chemických látok, napríklad plastov či liečiv, hoci často nakoniec vo výslednom produkte chýba. Známe je používanie chlóru pri úprave vody. Viac ako 85 % liečiv, vrátane život zachraňujúcich sa syntetizuje s využitím látok z obsahom chlóru.

Fluór sa nachádza predovšetkým v mineráloch, známy napríklad fluorit (kazivec). Je to prírodný minerál, ktorý môže obsahovať až 45 fluoridu vápenatého. Využíva sa v rôznych podobách pri výrobe fluórovaných uhľovodíkov, v metalurgii, v petrochémií, pri výrobe farmaceutických prípravkov, spotrebných výrobkov, detergentov, ale aj v sklárskom a keramickom priemysle.

Farbivá a plnivá

Farbivá sa používajú v textilnom priemysle, pri výrobe plastov gumárenstve alebo pri výrobe kozmetiky a v mnohých iných odvetviach.

V súčasnosti je veľká skupina látok – prírodných a umelých farbív, používaná aj v potravinárstve s cieľom zlepšiť senzorické vlastnosti potravín. Podobný prístup sa uplatňuje v kozmetike a pri výrobe liečiv. Vo všetkých týchto prípadoch by mala byť prvoradá ochrana zdravia človeka a ochrana zložiek životného prostredia. História nám ukazuje, že to nebolo vždy tak. Viac kategórií farbív používaných v potravinárstve bolo zakázaných z dôvodu objavenia negatívneho zdravotného účinku (karcinogenita, alergizujúci účinok a pod.)

Plnivá, ktoré sa používajú pri výrobe plastov majú okrem farby aj dôležité fyzikálne vlastnosti, ktoré zvyšujú odolnosť, stabilitu, zmývateľnosť či udržiavateľnosť výrobkov. Plnivá sa používajú aj pri výrobe gumárenských výrobkov a môžu vo veľkej miere ovplyvniť výsledné vlastnosti výrobkov (napríklad odolnosť pneumatík).

Detergenty

Detergenty sú látky, alebo prípravky, ktoré sa používajú v mydlách alebo iných produktoch určených pre umývanie predmetov vodou, alebo mokré čistenie povrchov. Detergenty môžu byť v rôznych formách – kvapaliny, pasty, prášky, alebo tuhé častice a používajú sa v domácnostiach, inštitúciách a v priemysle. Ide o kombináciu rôznych zložiek v závislosti od určenia použitia prípravku ale aj samotného zloženia vody. Výroba detergentov vo veľkej miere súvisí aj so spôsobom používania, ktoré môže byť špecifické pre jednotlivé populácie.

Chemické látky v potravinách a krmivách

Chemické látky sú v súčasnosti prítomné prakticky vo všetkých potravinách dostupných v obchodnej sieti. Ide o tzv. potravinové aditíva (pozor, nie o látky kontaminujúce, ktoré sa dostávajú do potravín v dôsledku kontaminácie potravinového reťazca, alebo prienikom z obalových materiálov). Aditíva sa do potravín pridávajú z rôznych dôvodov, najčastejšie ako konzervačné látky, ktorých cieľom je predĺžiť trvanlivosť potravín, emulgátory, znižujúce penivosť, či zlepšujúce rozpustnosť. Často sa používajú farbivá, aromatické a ochucujúce látky. Nevyhnutnosť, resp. akceptovateľná miera používania chemických látok v potravinách je stále predmetom odborných diskusií. Vždy však treba pamätať, že v populácii existujú skupiny, ktoré sú z hľadiska zdravotného stavu, veku či genetickej predispozície vnímavejšie na negatívny účinok týchto chemických látok. Práve títo ľudia by mali mať oveľa lepší prístup k potravinám produkovaným na báze ekologickej výroby. Argument výrobcov, že chemické látky, ktoré používajú v potravinách sú pod úrovňou hodnôt vyvolávajúcich negatívne účinky nie je vždy podložený relevantným toxikologickým výskumom, ktorý by napríklad zohľadňoval kumulatívne účinky chemických látok.

Oleochemikálie

Vstupnými surovinami pri výrobe týchto chemických látok sú rastlinné oleje a živočíšne tuky resp. petrochemikálie (látky na báze ropy). Produktmi je celý rad látok – kyseliny, estery, glycerín, alkoholy, dusíkaté látky atď.

Aplikovaním rôznych výrobných postupov sa tieto látky využívajú v širokom spektre výrobkov- kozmetika, mydlá, farmaceutiká, farbivá, plasty atď.

Petrochemické látky

Rozvoj chémie je vo veľkej miere závislý od produkcie najvýznamnejších chemických látok, ku ktorým možno zaradiť etylén, propylén, butadién a benzén. Sú to látky získavané zo zemného plynu resp. surovej nafty.

Petrochémia zohráva podstatnú úlohu pri trvalo udržateľnom rozvoji, je dôležitá pri nových technológiách, vývoji nových materiálov, ktoré v mnohých prípadoch dokážu riešiť dlhodobu pretrvávajúce problémy. Produkty petrochémie sú súčasťou mnohých výrobkov, od mobilných telefónov, počítačov až po protirakovinové liečivá.

Petrochémia je považovaná za základný sektor priemyslu vôbec, často sa nazýva tzv. enabling, resp. umožňujúcim priemyselným odvetvím. Jej produkty sa používajú vo všetkých priemyselných odvetviach.

Plasty

Plasty sa za posledných sto rokov stali podstatným faktorom technologického pokroku. Sú všade okolo nás, umožňujú konštrukciu nových komunikačných, dopravných, medicínskych technológií. Prinášajú však aj mnoho rizík pre zložky životného prostredia a pre zdravie človeka.

Pred sto rokmi plasty prakticky neexistovali. Prvé plasty boli vyrobené z celulózy a uhoľného dechtu. Až v 30.tych rokoch 20. storočia začínajú chemici chápať mechanizmus reakcií, ktorých produktom sú látky vyznačujúce sa špecifickými vlastnosťami -odolnosťou, pevnosťou a nízkou hmotnosťou. Rozvoj výroby plastov však začína až po druhej svetovej vojne – v 50. rokoch. V tomto období sa podarilo vyrobiť polystyrén, akrylové polyméry, PVC, nylon, polyetylén, polyuretán, polyester, silikón a ďalšie v súčasnosti bežne používané plasty.

Ďalšou dôležitou periódou sú 70. roky, kedy sa podarilo syntetizovať moderné polyméry ako polyamidy a polyacetáty.

Tab. 1 Skratky niektorých plastov:

PVC	polyvinylchlorid
PP	polypropylén
PE	polyetylén
PS	polystyrén
PUR	polyuretán
PMMA	polymetylmetakrylát
PTFE	polytetrafluóretylén
EC	etylcelulóza
CA	acetát celulózy
PA	polyamid
SI	silikóny
PC	polykarbonát
EP	epoxidová živica
PO	polyolefíny

Okrem nespochybniteľných benefitov prináša však používanie plastov aj mnohé riziká. Vďaka svojej odolnosti a stabilite pri bežných teplotných a vlhkosťných podmienkach sa v životnom prostredí veľmi ťažko odbúravajú a zostávajú v jednotlivých environmentálnych zložkách dlhý čas. Po degradačných procesoch ktorým plasty podliehajú pri vystavení slnečnému žiareniu a aj vplyvom iných faktorov dochádza k postupnému vzniku malých mikročastíc – mikroplastov a nanoplastov, ktoré už v súčasnosti nájdeme všade na svete. Ich účinky na živé systémy sú predmetom intenzívneho výskumu. **Nanoplasty** sú častice na báze polymérov s veľkosťou v rádoch nanometrov. Primárne nanoplasty sú zámerne vyrábané a používané v rôznych výrobkoch (napr. zdravotníckych pomôckach, liekoch, kozmetike alebo elektronike), sekundárne nanoplasty vznikajú degradáciou väčších plastových predmetov. **Mikroplasty** sú definované ako heterogénna zmes materiálov rôzneho tvaru označovaných ako fragmenty, vlákna, sféroidy, granule, pelety, vločky alebo guľôčky v rozsahu 0,1 - 5 000 μm .

Škodlivé účinky mikroplastov aj nanoplastov sú predmetom intenzívneho skúmania. Fakt že ide o látky ktoré sú prítomné prakticky vo všetkých orgánoch organizmu človeka tento záujem zvyšuje. Mikroplasty na bunkovej úrovni vyvolávajú oxidačný stres, ktorý vedie ku kaskáde nežiadúcich účinkov - metabolických porúch či zápalových reakcií. Mikroplasty môžu tiež pôsobiť ako vektory prenosu mikroorganizmov či chemických látok. Nezanedbateľné je aj poškodenie organizmov živočíchov viazaných na vodné ale aj terestrické ekosystémy, rýb, vtákov či cicavcov. Dochádza k nemu pri požití, prípadne následkom kontaktu s makroskopickým plastovým odpadom.

IV.3 Toxicita chemických látok a jej formy

V súvislosti s chemickými látkami a ich pôsobením na človeka a životné prostredie sa v praxi používajú pojmy **jed** resp. **škodlivina**. Z pohľadu ich správnej interpretácie je dôležité uvedomiť si niekoľko skutočností. Jedom je také chemická látka, ktorá už pri malých množstvách resp. dávkach vyvolá v živom organizme intenzívny účinok vedúci k významnému poškodeniu organizmu, prípadne až k smrti. Ide teda o látky ktoré sú organizmu cudzie a svojim chemickým, prípadne fyzikálno-chemickým účinkom spôsobujú jeho poškodenie. Aspekt ťažkého poškodenia zdravia v prípade škodliviny však nemusí byť nevyhnutne prítomný, aj keď nie je vylúčený. Aj chemická škodlivina je látka ktorá poškodzuje živý organizmus. Poškodenie je možné odhaliť v čase kontaktu organizmu s ňou, v tesnej nadväznosti po kontakte, po dlhšom čase a dokonca aj v budúcich generáciách. Pre jedy a škodliviny sa používa termín **xenobiotiká** – látky cudzie organizmu. Hovoríme teda o účinkoch na organizmus. V súvislosti s jedmi a škodlavinami poznáme účinok špecifický, kedy dochádza k biologickej zmene v organizme, prípadne ku komplexu zmien ktoré sa spájajú s konkrétnou chemickou látkou a jej vlastnosťami súvisiacim s jej štruktúrou. Sú priamym dôsledkom interakcie organizmu s ňou. Napríklad otrava toxínmi muchotrávky zelenej (amanitín a iné) má konkrétne prejavy v podobe tzv.

hepatonefrického syndrómu a prebieha v dvoch fázach. Na druhej strane existuje komplex nešpecifických účinkov chemických látok, kedy sa uplatňuje ich fyzikálna, alebo chemická vlastnosť a účinok nie je závislý na samotnej štruktúre látky. Viac informácií o účinkoch nájdete v nasledujúcich častiach. V prvej fáze, ktorá nastupuje po niekoľko málo hodinovom bezpríznakovom období prichádza potenie, nevoľnosť, zvracanie, kŕče a ďalšie príznaky v abdominálnej oblasti, ktoré ale po čase ustupujú. Po 12-24 hodinách nasleduje druhá fáza sprevádzaná postupným poškodením pečene a obličiek. Tento stav je z pohľadu liečby často veľmi komplikovaný.

Vedná disciplína ktorá študuje účinky jedov a škodlivín z rôznych pohľadov a pre rôzne účely sa nazýva **toxikológia**. Experimentálna toxikológia skúma účinky jedov a škodlivín prostredníctvom experimentov. Zameriava sa na určenie mechanizmu účinku v organizme, na ich metabolizmus a snaží sa o nájdenie protijedov. V minulosti stál toxikologický výskum predovšetkým na využívaní experimentálnych zvierat. Tie sa používajú aj dnes, podarilo sa však nájsť aj mnohé alternatívne postupy výskumu a počty zvierat ktoré v dôsledku tohto druhu výskumu uhynú sú výrazne nižšie ako to bolo v minulosti. Klinická toxikológia sa zaraďuje medzi lekárske vedy. Sleduje účinky toxických látok na organizmus človeka a jednotlivé orgány. Skúma prejavy poškodenia a reparačné procesy v organizme. Priemyselná toxikológia sa odčlenila z klinickej toxikológie v súvislosti s potrebami chemického priemyslu. Určuje limity a bezpečnostné normy pre chemické látky vo vode, pôde a ovzduší. Zaoberá sa tiež diagnostikou otráv a ich prevenciou. Okrem uvedených základných disciplín toxikológie existujú aj viaceré aplikované toxikologické odbory. Zameriavajú sa na konkrétnu oblasť či konkrétny predmet toxikologického výskumu – forenzná toxikológia, toxikológia liečiv, ekotoxikológia, vojenská toxikológia, toxikológia potravín a aditív, toxikológia návykových látok a pod.

Toxický účinok a jeho mechanizmus

Toxické látky sa spravidla prejavujú viacerými účinkami, často pomerne početným komplexom rôznych účinkov, ktorá závisia od mnohých faktorov, vnútorných, týkajúcich sa samotného organizmu ale aj vonkajších súvisiacich skôr s prostredím v ktorom existuje. Pochopenie účinku a jeho podstaty je dôležité aj pre optimalizáciu procesov, ktoré majú väzbu na nájdenie najlepšieho možného východiska pre liečbu či rekonvalescenciu. Rozoznávame tri základné typy účinkov: 1. všeobecný účinok (eq. celkový, nešpecifický), kedy toxická látka poškodzuje niektoré funkcie, alebo skupiny funkcií. Patrí sem napríklad dusivý či dráždivý efekt, 2. orgánovo špecifický účinok, kedy dochádza k poškodeniu konkrétneho orgánu – napr. hepatotoxický, nefrotoxický či pneumotoxický účinok 3. systémový účinok, kedy dochádza k poškodeniu celého systému, príkladom môže byť neurotoxický efekt s účinkom na CNS. Okrem týchto účinkov sa chemické látky môžu spájať aj s mechanizmami, ktoré sú samostatným komplexom zmien a symptómov v organizme a ktoré sú samostatne definované ako karcinogénne, mutagénne či alergizujúce účinky.

Z hľadiska času a intenzity toxického účinku rozoznávame účinky 1) **akútne**- sú výsledkom jedného, alebo viacerých po sebe nasledujúcich vystavení (expozícií) organizmu chemickej látke. U človeka sa obdobie zvykne vymedzovať napríklad na 24 hodín. Účinok sa prejaví rýchlo, často zreteľne a dramaticky s jasne pozorovateľnými príznakmi. 2) účinok nasledujúci po opakovanom kontakte s látkou počas dlhšieho času – počas istej vymedzenej doby očakávaného dožitia **subakútne**, alebo **subchronický**, či 3) počas väčšiny času očakávaného dožitia – **chronický**. V týchto prípadoch môže byť prejav pôsobenia látky rôzny, od relatívne menej závažných foriem chronických ochorení až po ťažké a smrteľné choroby.

Toxický účinok je ovplyvňovaný množstvom rôznych faktorov. Výsledkom je potom fakt, že kvantitatívne rovnaké množstvo dávky tej istej látky môže mať u 100 ľudí 100 rozličných prejavov. Preto je v toxikológii potrebný individuálny prístup ku každej intoxikácii. Faktormi ovplyvňujúcimi účinok chemickej látky v organizme sú:

a. Chemické a fyzikálne vlastnosti xenobiotika

Ide o vlastnosti ktoré v rozhodujúcej miere ovplyvňujú metabolické procesy ako je ukladanie látky v organizme, rýchlosť a mieru vylučovania, distribúciu a pod. Patrí sem napríklad rozpustnosť vo vode resp. v lipidoch, skupenstvo, prchavosť, rozdeľovacie koeficienty a i.

b. Dávka xenobiotika, ktorá je prijatá do organizmu.

Udáva sa v hmotnostných jednotkách látky prijatej na hmotnostnú jednotku cieľového organizmu zvyčajne $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

c. Cesta vstupu xenobiotika do organizmu

Inhalačný vstup do organizmu - centrálnym orgánom sú pľúca s veľkou efektívnou plochou pre absorpciu látky (až 140 m^2). Látka sa teda dostáva do krvného obehu pomerne rýchlo. Okrem toho môže byť problémom aj miestne pôsobenie látky na tkanivá dýchacích orgánov s následným vznikom celého radu nepriaznivých účinkov ako sú pľúcne edémy, bronchopneumónie či lokálne nekrózy. Vdychovať možno prachové častice, pary a aerosóly. V prípade prachových častíc je okrem veľkosti dôležitý aj samotný materiál a tvar prachových častíc. Vo všeobecnosti sú aerosóly toxickejšie ako pary. Dôležitú úlohu zohráva aj zachytávacía schopnosť horných dýchacích ciest a schopnosť zbavenia sa toxických látok prostredníctvom obranných mechanizmov, kašľa a kýchania.

Vstup per os (cez ústa) a následne tráviacou sústavou – k absorpcii chemickej látky dominantne difúziou dochádza prakticky pozdĺž celého tráviaceho traktu – v ústnej dutine, v črevách, žalúdku aj v konečníku. V najvyššej miere však v tenkom čreve. Mieru absorpcie ovplyvňuje množstvo vlastností látky od jej rozpustnosti až po stabilitu pri danom pH, ale aj prítomnosť potravy a stav čreva. Významným momentom absorpcie je lipofilnosť látky. Látky rozpustné v tukoch sa výrazne lepšie absorbujú z čreva ako tie, ktoré v tukoch rozpustné nie sú.

Toxikologická prax pracuje s niekoľkými druhmi dávok ktoré nájdeme zadenované pre jednotlivé konkrétne látky **v toxikologických databázach**, ako je napríklad CAS (Chemical Abstracts Service), prípadne databáza ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Pokiaľ nás zaujíma konkrétna chemická látka, nájdeme ju v týchto databázach centrálnym vyhľadávačom. Bude mať priradené identifikačné číslo a popis vlastností, vrátane toxikologicky významných dávok. Tieto sa určujú najčastejšie prostredníctvom testov toxicity. Testy musia prebehnúť presne definovaným spôsobom, za dodržania schváleného postupu a to do posledného detailu. Postupy testov určuje napríklad Organizácia pre ekonomickú spoluprácu a rozvoj OECD kde sa dajú nájsť pod špecifickým identifikačným číslom.

LD_{50} – letálna dávka 50 je základná toxikologická dávka. Používa sa pre akútne, subakútne aj subchronické účinky a najmä pre vstup látky ingesciou a cez kožu. Udáva takú hodnotu látky, pri ktorej zahynie 50% jedincov v sledovanom súbore zvierat, ktorým bola táto látka podaná. Najčastejšie je vyjadrená v $mg.kg^{-1}$. Je logické že čím je táto dávka nižšia, tým je látka toxickejšia. Používa sa aj ako ukazovateľ pre kategorizáciu toxicity látok.

Nasledujúca tabuľka ukazuje kategorizáciu jedovatosti (toxicity) látok podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO). Okrem nej sa používajú aj iné kategorizácie, napr. Amerického úradu pre ochranu životného prostredia (US EPA)

Tab. 2 Kategorizácia jedovatosti látok

Toxicita	Kritériá WHO	LD_{50} potkan v $mg.kg^{-1}$	Príklad látky
Extrémne toxická	Ia	pod 5	nikotín, trojmocný arzén, botulotoxín
Silno toxická	Ib	5-50	karbofurán (pesticíd)
Toxická	II	50-500	metanol
Slabo toxická	III	nad 501	etanol

LC_{50} – letálna koncentrácia je obdobou letálnej dávky, vyjadruje sa však pre látky ktoré sa dostávajú do organizmu vdychovaním. Vyjadruje sa spravidla v hmotnosti látky na objemovú jednotku vzduchu, teda napríklad v $mg.m^{-3}$.

ED_{50} a EC_{50} – sú dávky ktoré sa určujú obdobne ako dávky letálne, nesleduje sa však úhyn jedincov v skúmanom súbore, ale určitý konkrétny účinok. Napríklad strata mobility, hyperaktivita, podráždenie kože, alebo oka.

NOAEL – No Observed Adverse Effect Level – ide o hladinu, ktorá sa stanovuje toxikologickým výskumom postupným zvyšovaním dávok a sledovaním odozvy v účinkoch na pokusnom súbore, v zásade ide o najvyššiu hladinu podanej látky pri ktorej sa ešte neobjavia negatívne účinky, môže

byť vyjadrená v rôznych jednotkách, ktoré závisia od toho v akej podobe a akou cestou vstupu sa predmetná chemická látka aplikuje.

LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Level - ide o hladinu, ktorá sa stanovuje toxikologickým výskumom postupným zvyšovaním dávok a sledovaním odozvy v účinkoch na pokusnom súbore, v zásade ide o najnižšiu hladinu podanej látky pri ktorej sa objavia prvé negatívne účinky, môže byť vyjadrená v rôznych jednotkách, ktoré závisia od toho, v akej podobe a akou cestou vstupu sa predmetná chemická látka aplikuje.

Význam určenia NOAEL a LOAEL dávok je pomerne široký. Často sa používajú na určenie prípustných denných expozičných dávok, pre látky u ktorých je možné určiť bezpečný prah účinku – látky s prahovým účinkom. Prepočítávajú sa na denné limity, napríklad v európskom systéme tolerovateľný, resp. akceptovateľný denný príjem (TDI/ADI), v americkom systéme referenčnú dávku RfD. Všetky tieto dávky sa vyjadrujú v hmotnosti látky na hmotnosť človeka na deň a používajú sa ako denné limity pre chemické látky.

Vstup cez kožu

Neporušená koža so svojimi tromi vrstvami (epiderma, zamša a hypoderma) predstavuje pre človeka významnú ochrannú bariéru voči chemickým látkam. Kožné štruktúry akými sú napríklad vlasové folikuly či mazové kanáliky ju ale vo vzťahu k tejto funkcii paradoxne oslabujú. Sú známe tri hlavné spôsoby vniknutia chemickej látky cez kožu – 1. difúzia epidermou do zamše 2. prienik pozdĺž vlasových folikul 3. prienik okolo mazových a potných kanálikov. Pokiaľ látka cez kožnú bariéru prenikne, dostáva sa priamo do krvného obehu a tak do celého organizmu. Významný potenciál prieniku majú organické lipofilné látky, ktoré sa dostávajú cez epidermu do zamše v pomerne významnom množstve, často niekoľko desiatok percent. Percento udáva aké množstvo z látky z povrchu kože prenikne cez ňu do vnútra organizmu. Lipofilné látky prenikajú na rozdiel od hydrofilných aj cez spomínané kanáliky. Mieru prieniku ovplyvňujú však aj samotné vlastnosti kože, jej zdravotný stav, vlhkosť či mechanické narušenie. Okrem toho existujú chemické látky ktoré spôsobujú zápalové či alergické reakcie a tiež poleptanie.

Parenterálny vstup

Prináležia tu iné cesty vstupu chemických látok do organizmu - napr. očnou sliznicou, injekčne – intravenózne či intramuskulárne, konečníkom či močovou rúrou. Oko predstavuje mimoriadne citlivý orgán s vysokou mierou dráždivosti vo vzťahu k širokému spektru kvapalín ale aj pevných látok. Práve túto vlastnosť sa využíva pri testoch dráždivosti kedy v prípade že sa látka ukáže ako nedráždivá pri testoch na koži (najčastejšie sa využívajú zajace resp. králiky) nastupuje práve test dráždivosti oka. Len v prípade jeho negatívneho výsledku sa potom klasifikuje ako látka bez dráždivých účinkov.

d. Vlastnosti exponovaného jedinca

Mohlo by sa zdať že odolnosť človeka vo vzťahu k chemickým látkam je najvyššia v mladom veku ale toto je zásadný omyl. Existuje celý rad toxických látok na ktoré človek získava odolnosť a vo vzťahu ku ktorým sa mu optimalizujú detoxifikačné mechanizmy počas relatívne dlhého obdobia života. Príkladom je množstvo toxínov vyskytujúcich sa v prírode, vrátane mykotoxínov, etanol a celý rad organických látok. Z uvedeného je zrejmé že v detskom období je človek mimoriadne citlivý a z toho dôvodu môže byť množstvo jeho aktivít vysoko rizikových. Či už je to konzumácia alkoholu, húb prípadne detská práca v ťažkých podmienkach ktorej sme svedkami najmä v rozvojom svete. Citliví sú však aj ľudia v geriatrickom veku ktorí už často majú rôzne sprievodné choroby a tiež u ktorých sú určité funkčné obmedzenia v činnosti najdôležitejších orgánov – pečene, obličiek, tráviacej sústavy či pľúc. Viaceré štúdie ukázali rozdielnu citlivosť žien a mužov na niektoré chemické látky, ktorá sa pripisuje odlišnej genetickej výbave a tak u niektorých toxínov môžu reagovať citlivejšie muži (kovy, organochlórové pesticídy, splodiny spaľovacích motorov), kým u iných je to naopak (kokaín, alkohol). Ďalším aspektom môže byť rozdielna genetická výbava naprieč ľudskými rasami, kde sa často uvádza ako príklad hladina jedného z dvoch rozhodujúcich enzýmov podieľajúcich sa na metabolizme etanolu – aldehydhydrogenázy. Aziatom chýba gén ktorý by vytváral funkčný enzým. Dôsledkom je rýchlejšia intoxikácia a aj vznik prípadnej závislosti.

Vybrané osobitné formy toxického účinku

Rakovinotvorný - karcinogénny účinok

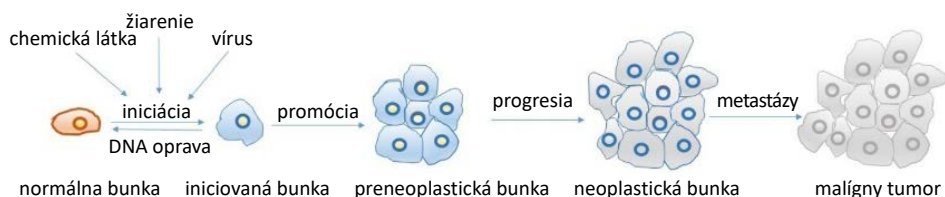
Pri súčasnom stave chemizácie životného prostredia je vysoko pravdepodobné, že každý z nás sa denne stretne s látkami, ktoré môžu vplývať na proces vzniku rakoviny – karcinogénu. **Karcinogénom** je taká chemická látka (vo všeobecnosti ale akýkoľvek faktor), ktorá po vdýchnutí, požití, prieniku cez kožu alebo po akomkoľvek parenterálnom vstupe do organizmu podporuje vznik malígnych (zhubných) nádorov, zvyšuje početnosť výskytu malígnych procesov, prípadne skracuje čas vedúci k vzniku malígnych nádorov. Vznik zhubného nádoru označujeme pojmom **karcinogéza**. Ide o viacstupňový proces začínajúci zmenami na úrovni DNA v bunke. Normálna bunka sa mení na bunku rakovinovú v niekoľkých štádiách sekvenciou nadväzujúcich biologických interakcií v ktorých zohrávajú dôležitú úlohu faktory ako vek, genetika, spôsob života a výživa, životné prostredie, hormonálna rovnováha a mnohé ďalšie. Na základe mechanizmu účinku akým karcinogény vstupujú do procesu karcinogézy sa vymedzujú dve kategórie karcinogénov – genotoxické a negenotoxické (epigenetické). Genetické karcinogény majú schopnosť interakcie s DNA a/alebo bunkovými štruktúrami a tým ovplyvňujú integritu genómu. Negenotoxické karcinogény ovplyvňujú proces karcinogézy inými mechanizmami, nereagujú priamo s DNA. Dôsledkom je napríklad odstavenie vnútorných regulačných imunitných procesov.

Karcinogéza je proces ktorý prebieha v troch hlavných fázach, ich trvanie je individuálne nielen vo vzťahu k druhu nádoru, ale aj k postihnutému organizmu

spojenému so všetkými individuálnymi špecifikami. **Iniciácia** – je prvou fázou, kedy dochádza k prvotnej zmene na úrovni bunkovej DNA. K samotnej zmene môže dôjsť spontánne, ale môže byť vyvolaná pôsobením karcinogénu. Karcinogén teda nie je nevyhnutným predpokladom takejto zmeny. Pri tejto fáze narastá potenciál pre vznik prechodu postihnutej bunky a jej dcérske buniek do rozvinutia rakovinového procesu. Chemický karcinogén teda spôsobuje chybu modifikáciou molekuly DNA ktorá môže viesť k mutácii počas syntézy DNA. Táto fáza karcinogenézy nemusí byť nutne nevratná a existuje možnosť reparácie.

Promócia – pri tejto fáze dochádza k množeniu (expanzii) iniciovaných buniek. V rámci tohto procesu vzniká množstvo buniek, ktoré sú ohrozené ďalšími genetickými zmenami a premenou na bunky malígne. Aj v tomto štádiu môžu pôsobiť faktory, ktoré ho bezprostredne ovplyvňujú. A môžu to byť aj chemické látky – tzv. nádorové promótery. Je zaujímavé že to už nemusia byť nevyhnutne látky ovplyvňujúce DNA, dokonca ani látky ktoré sú klasifikované ako karcinogény. Neovplyvňujú proces metabolickou aktiváciou. Vyvolávajú napríklad tvorbu nádorov v spojení s dávkou iniciátora (látky vyvolávajúce zmeny DNA), ktorá je príliš nízka na to, aby bola samotná karcinogénna. Výsledkom ich pôsobenia je skôr urýchlenie procesu skrátením latentnej doby procesu, kedy sa navonok nič nedeje, alebo zvýšením počtu nádorov v tkanive. Pri pokračujúcom kontakte s nádorovým promótorom dochádza k postupnej malígnej premene (malígnej konverzii). Takáto bunka je schopná rozširovať malígnu fenotyp na iné bunky. Celková dávka nádorového promótoru je menej významná ako častosť opakovania kontaktu s ním. V určitých prípadoch, ak ešte nedošlo k malígnej konverzii, vedie prerušenie kontaktu k zastaveniu procesu v benígnom (nezhubnom) štádiu - polypy či lézie.

Štádium progresie nádoru je spojené s rozširovaním malígneho fenotypu a tendenciou malígnych buniek nadobúdať čoraz agresívnejšie charakteristiky. Nádorové bunky produkujú látky nazývané proteázy a tie umožňujú ich prenikanie za hranicu primárneho nádoru a vznik nových nádorových ložísk – metastáz. Významnou charakteristikou malígneho fenotypu je sklon k nekontrolovanému rastu. Počas tohto procesu môžu nastať ďalšie genetické a epigenetické zmeny, vrátane aktivácie protoonkogénov (podporujú proces karcinogenézy) a funkčnej straty tumor supresorových génov (brzdia proces karcinogenézy). Takto postupne dochádza k finalizácii celého procesu a k masívnemu rozvoju primárneho nádoru aj jednotlivých ložísk s častým fatálnym koncom postihnuteho organizmu (Obr. 20).



Obr. 20 Priebek procesu karcinogenézy

(Zdroj Libretexts: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Chemistry_for_Changing_Times_%28Hill_and_McCreary%29/22%3A_Poisons/22.06%3A_Carcinogens_and_Teratogens)

Karcinogénne chemické látky a karcinogénne faktory všeobecne sú klasifikované na základe ich potenciálu spôsobiť rakovinu v rôznych klasifikačných systémoch. Základným kritériom týchto klasifikácií je stupeň dôkazu – vedomia a určitosti toho že daný faktor je karcinogén. Svetová zdravotnícka organizácia (WHO), resp. Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) klasifikuje karcinogénne faktory vrátane chemických látok v štyroch skupinách:

Skupina 1 – karcinogény pre človeka – aktuálne 127 položiek

Skupina 2A – pravdepodobné karcinogény pre človeka – aktuálne 95 položiek

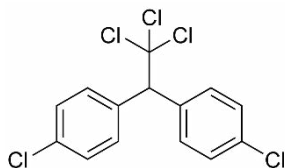
Skupina 2B – možné karcinogény pre človeka – aktuálne 323 položiek

Skupina 3 – neklasifikovaný ako karcinogén pre človeka – aktuálne 500 položiek

Klasifikácia je dostupná na <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>

Mierne odlišný spôsob avšak na tom istom princípe používa Americký úrad pre ochranu životného prostredia US EPA - <https://www.greenfacts.org/glossary/def/epa-cancer-classification.htm>

Prípadová štúdia – problém DDT



Chemická látka dichlórdifenyltrichlór etán bola vyrobená v roku 1940 ako prvý moderný syntetický insekticíd. Vzbudzovala veľké nádeje s vyhliadkami riešenia mnohých epidemiologických problémov kde bol hmyz vektorom prenosu – vtedy najmä týfusu či malárie, ale

tiež s nádejou efektívneho využitia v poľnohospodárstve. Následne prichádza k masívnej výrobe a používaniu, najskôr v USA, neskôr v celom svete. Intenzita bola tak vysoká, že mnoho druhov hmyzu si vyvinulo vysokú mieru odolnosti. V USA začínajú prvé regulácie tejto látky už v roku 1950, ďalšie v roku 1960 s takmer úplným zákazom používania, kedy bol prospech s používania vysoko prevážený negatívnymi účinkami na zdravie a životné prostredie. Celosvetovú pozornosť a globálny záujem o DDT vzbudila publikácia Rachel Carson *Silent Spring* vydaná v roku 1963. V roku 1972 už Americký úrad pre ochranu životného prostredia znovu potvrdil zákaz používania DDT s ohľadom na dostatočné množstvo dôkazov o jeho negatívnych účinkoch na zdravie človeka a živé zložky životného prostredia. Aktuálne je DDT klasifikovaný v klasifikačných systémoch ako pravdepodobný karcinogén pre človeka, okrem toho je aj vysoko perzistentný v environmentálnych zložkách (dlho zotrúvajúci), akumuluje sa v tukovom tkanive organizmov, transportuje sa na dlhé vzdialenosti cez vrchné vrstvy atmosféry.

V 90. rokoch začínajú intenzívne rokovania na celosvetovej úrovni, ktoré vyvrcholila v roku 2002 prijatím Štokholmského dohovoru, ktorý sa dotýka reštrikcií používania perzistentných organických látok, vrátane DDT.

Dohovor však umožní limitované použitie DDT v prípadoch zamedzenia šírenia malárie v definovaných oblastiach, najmä v Afrike.

Svetová zdravotnícka organizácia umožnila použitie DDT v rámci tzv. programu pre vnútorné ovzdušie domácností, spolu s ďalšími 12 pesticídmi aplikáciou v spreji. Na území Slovenskej republiky bolo používanie DDT zakázané v roku 1973.

DDT vstupuje do zložiek životného prostredia pri používaní v poľnohospodárstve. V ovzduší sa za prítomnosti slnečného žiarenia rýchlo rozkladá. V pôde sa viaže na pôdne častice a činnosťou organizmov sa pomaly rozkladá. Polčas rozpadu v pôde je 2-15 rokov, v závislosti od typu pôdy, v ovzduší je polčas rozpadu len 2 dni.

DDT sa akumuluje v telách rastlín a v prípade rýb, vtákov a iných živočíchov sa akumuluje v tukových tkanivách. Do organizmu sa DDT dostáva konzumáciou kontaminovanej potravy (napr. koreňová a listová zelenina, ryby, mäso, hydina, materské mlieko).



Obr. 21 Aplikácia DDT v USA v období 40.-50. rokov

(Zdroj: <https://www.panna.org/resources/ddt-story/> This is a beach in 1945. That giant cloud is DDT. Gamma-Keystone via Getty Images) <https://www.vox.com/2015/9/6/9263309/beach-ddt>)

Účinky na zdravie človeka

Výsledky testov krátkodobej expozície na experimentálnych zvieratách pri vysokej koncentrácii DDT preukázali poškodenie centrálného nervového systému so symptómami ako napr. záchvaty. Zatiaľ čo výsledky testov dlhodobej expozície pri nízkej koncentrácii DDT preukázali poškodenie pečene a reprodukčnej schopnosti. Výsledky testov na mláďatách potkanoch potvrdili, že DDT môžu simulovať funkciu prirodzených hormónov a tým ovplyvniť reprodukčný a nervový systém. DDT aj v malých množstvách negatívne ovplyvňuje kvalitu materského mlieka a v prípade vysokej koncentrácie DDT najmä u pracovníkov, ktorí sú s ním v kontakte, sa zvyšuje riziko predčasného pôrodu a možnosť vzniku rakoviny. Akútna intoxikácia

po požití sa prejavuje už v priebehu 30 minút zvracaním a hnačkou. Neskôr sa pripája dráždenie CNS a respiračné zlyhanie. Po inhalácii prevažuje iritačný účinok na sliznice.



Rachel Louise Carsonová

(27. máj 1907, Springdale, USA – † 14. apríl 1964)
patrí k najvplyvnejším ľuďom 20. storočia.*

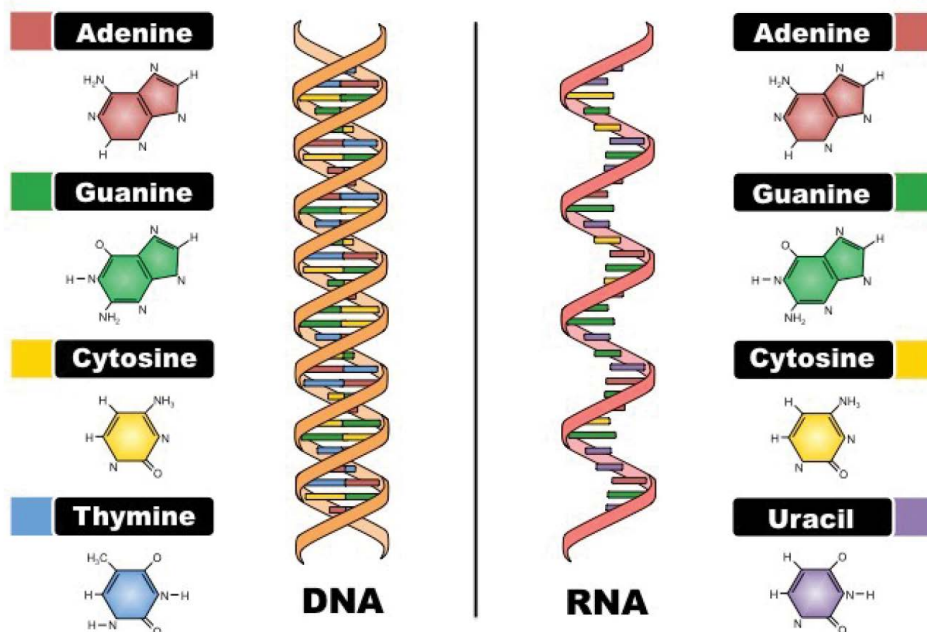
*Zdroj: Photo courtesy the Linda Lear Center for Special
Collections & Archives, Connecticut College*

Jej kniha „Tichá jar“ je považovaná za jedno z najvýznamnejších diel s environmentálnou tematikou. Stala sa podnetom na začiatok environmentálnych aktivít, ktoré nadobudli globálny charakter. Najmä v USA mala kniha veľký ohlas a zaslúžila sa o revidovanie národnej politiky v oblasti používania pesticídov. Tichá jar“ sa stala detailnou kronikou vzťahu medzi nadmerným používaním pesticídov ako dieldrin, toxaphene, heptachlor a DDT a masovými úmrtiami divokých zvierat, ale nebolo to len suché vymenovávanie čísel a faktov: jej písanie bolo tak lyrické a evokujúce, ako bolo súčasne presné. Čiastočne zrejme aj v dôsledku toho, že počas písania knihy autorky diagnostikovali rakovinu prsníka. Tichá jar bola jej posledným veľkým dielom. Ešte predtým ako kniha uzrela svetlo sveta vyvolala násilný odpor; Carsonová bola vystavená hrozbám súdov a výsmechu. Masívna kampaň bola organizovaná takmer celým chemickým priemyslom, s podporou mnohých poľnohospodárskych korporácií. Recenzie od ľudí, ktorí nemali finančný záujem na celej veci však boli pozitívne, a „Tichá jar“ sa stala bestsellerom s rozsiahlym celospoločenským dopadom.

Mutagénny účinok

Mutagénny a karcinogénny účinok spolu úzko súvisia. Mnohé chemické látky sú zaradené v oboch skupinách – ako karcinogény aj mutagény, pretože proces karcinogenézy začína práve mutáciou na úrovni bunkovej DNA. Mutácia je zmena na úrovni genetického materiálu. Z pôvodného génu vzniká gén mutovaný. Ide teda o zmenu v sekvencii DNA resp. RNA, ktorá sa stane na úrovni somatických buniek (neprenáša sa na ďalšie generácie), alebo na úrovni genetického materiálu pohlavných buniek v štádiu spermatogenézy, alebo oogenézy (dochádza k prenosu na ďalšie generácie). V prípade mutagénneho účinku sa niekedy používa ekvivalent názvu genotoxický účinok. DNA aj RNA majú tvar závitnice, v DNA sú jednotlivé vlákna spojené na základe tzv. komplementarity organických dusíkatých báz (Obr. 22). Organické dusíkaté bázy sú purínové – adenín, guanín a pyrimidínové – cytozín, tymín a uracil. Komplementarita báz v DNA je v podstate párovaním na základe vzájomnej afinity

– adenín-guanín, tymín - cytozín. Vznik špecifických sekvencií týchto párov - génov je základným princípom odovzdávania informácie. Práve mutagény sú schopné tento proces ovplyvniť.



Obr. 22 Komplementarita organických dusíkatých báz v nukleových kyselinách
(Zdroj: © Dashamlav.com)

Podľa toho akým spôsobom k tomu dôjde existuje niekoľko rôznych typov mutácií. Mutácie postihujú rôzny rozsah genetickej informácie. Pokiaľ sú sústredené na jeden gén ide o génové mutácie. Chromozómové aberácie (zlomy) postihujú celé štruktúry chromozómov a ich častí. Genómové mutácie vedú k zmenám počtov chromozómov resp. celých súborov chromozómov.

Pokiaľ mutácie postihujú DNA v jadre buniek ide o jadrové mutácie, ak k tomu dôjde v mitochondriálnej DNA príp. v rastlinných chloroplastoch, ide o mimojadrové mutácie. Vitálne mutácie neovplyvňujú prežívanie jedinca, zatiaľ čo letálne neumožňujú jeho prežívanie. Chemické mutagény sa prejavujú niekoľkými spôsobmi pôsobenia. Pokiaľ má mutagén štruktúru podobnú ako organická dusíkatá báza v DNA, tzv. analóg báz môže byť pri rekombinácii DNA zaradený do jej reťazca. Stáva sa, že tieto novovzniknuté časti vykazujú odlišnú komplementaritu ako mala mať pôvodná časť a dochádza k nesprávnemu párovaniu báz. Na druhej strane mutagény modifikujúce bázy spôsobujú ich štrukturálne zmeny (zmenu chemických skupín v bázach a pod.) a dôsledkom sú následné chyby v párovaní.

DNA je pomerne dynamickou štruktúrou a podlieha počas celého svojho vývoja množstvu zmien. Časom sa vyvinuli tzv. reparačné mechanizmy, ktoré sú schopné

napraviť celý rad poškodení. Procesy prebiehajú na báze aktívnych reparačných enzýmov. Mnohé chemické látky spôsobujú však pokles ich aktivity, čo má pochopiteľne následne významný negatívny dopad.

Účinok na plod - teratogénny účinok

V období 50. rokov minulého storočia prepukla v Európe tzv. conterganová resp. talidomidová aféra. Bola spojená s používaním nového lieku talidomidu, predávaného pod názov Contergan. Užívali ho aj tehotné ženy ako hypnotikum a sedatívum, na upokojenie a tlmenie úzkosti a ranných nevoľností. Uvádza sa, že tento liek užilo na konci 50. rokov niekoľko miliónov ľudí. Preparát bol syntetizovaný v r. 1953 firmou Chemie Grünenthal so sídlom v Stolbergu u Aachene v Nemecku. U nás, ale napríklad ani v USA sa liek nepredával. V novembri 1961 nemecký pediater Widukind Lenz ako prvý verejne naznačil možnosť medzi vysokým počtom novorodencov s vrodenými vývojovými chybami a užívaním lieku. Následne Dr. Wiliam McBride uverejnil štúdiu v prestížnom odbornom časopise Lancet, kde preukázal súvislosť medzi užívaním talidomidu a množstvom vývojových chýb – napr. absencia ušnic s hluchotou, poruchy svalov oka a tváre, absencia alebo hypoplázia ramien, palec s tromi kĺbmi, poruchy stehennej a holenej kosti, malformácie srdca, čriev, maternice a žlčníka. Postihnutých bolo viac ako 100 000 narodených detí, 40% z nich zomiera do prvého roka života. Firma Chemie Grünenthal sa v roku 1960 pokúsila zaregistrovať liek v USA pod názvom Kevadon. Vzhľadom na rastúce množstvo podozrení a neskôr v roku 1961 aj potvrdených informácií a dôkazov o negatívnych účinkoch však k tomu nikdy nedošlo. Už v roku 1961 sú podané na súd v Aachene prvé súvisiace žaloby. Začína jeden z najdlhších súdnych procesov v Európe. Na viac ako 1000 stranách spisu je prezentovaných 2625 prípadov detí s vážnym poškodením končatín z Nemecka. Súdne procesy prebehli aj v iných krajinách, napríklad vo Veľkej Británii a v Austrálii. Po stiahnutí lieku v Nemecku a vo Veľkej Británii doznieval jeho predaj v Belgicku, Brazílii, Kanade, Taliansku a Japonsku ešte niekoľko mesiacov. Súdny proces v Nemecku bol ukončený v roku 1970 mimosúdnym vyrovnaním. Firma Chemie Grünenthal sa zaviazala vyplatiť poškodeným sumu odškodného vo výške 51 miliónov EUR.

Talidomid bol v roku 1998 povolený v USA pre liečbu malígnych nádorov, lepy a vredov u pacientov s AIDS. V roku 2008 Európska lieková agentúra odporučila schválenie Talidomidu ako účinnej látky na liečbu rakoviny kostnej drene pre pacientov nad 65 rokov. Bol predložený dostatočný dôkaz z klinických štúdií, že talidomid môže predĺžiť život až o 18 mesiacov v porovnaní s pacientmi liečenými len chemoterapiou.

Talidomidová aféra sa stáva rozhodujúcim momentom v zmene prístupu k teratogénnym účinkom chemických látok. K ich posudzovaniu sa pristupuje s veľkou vážnosťou. **Teratogény sú také chemické látky (resp. faktory všeobecne), ktoré môžu spôsobiť fyziologické, alebo funkčné nededičné poruchy vo vývoji embrya alebo vo vývoji plodu.** Dochádza k tomu následkom expozície v období tehotenstva. K bežným teratogénom patrí okrem niektorých liekov aj alkohol a drogy, tabakový dym, niektoré vírusy a baktérie, ale napríklad aj neliečený diabetes. Počas obdobia vývoja

jedinca od embrya po narodenie je citlivosť na pôsobenie faktorov s teratogénnym účinkom rôzna. Je to dané aj tým, že jednotlivé časti organizmu nového jedinca sa formujú v rôznom čase. Pôsobenie teratogénnych faktorov vo väčších dávkach počas prvých dní a týždňov tehotenstva je kritickou periódou s vysokou citlivosťou a následným vysokým rizikom potratu. Často dochádza k narušeniu spojenia embrya s maternicou, alebo priamo k poškodeniu významného počtu buniek embrya. Ak sú dávky teratogénu v tomto období nižšie a dôjde len k poškodeniu malého počtu buniek embrya je pravdepodobné, že schopnosť zotavenia, ktorú bunky prirodzene majú, nebude viesť k žiadnym následkom. Táto schopnosť je vyššia ako to je potom pri neskorších štádiách vývoja. Obdobie prvého trimestra tehotenstva (do 14 týždňa) predstavuje najrizikovejší čas spojený s potenciálnym vznikom vrodených vývojových chýb vplyvom teratogénov. Tvoria sa hlavné orgánové štruktúry nového organizmu (chrbtica, hlava, končatiny), začínajú sa vyvíjať orgány (žalúdok, srdce). V druhom a treťom trimestri je vystavenie účinku teratogénu často spojené so vznikom menších vývojových chýb, alebo porúch rastu. V druhom a treťom trimestri môže pôsobenie chemických látok ovplyvňovať aj zdravý vývoj mozgu a spôsobiť neskoršie problémy v oblasti učenia, ale aj iné funkčné poruchy centrálného nervového systému. V posledných dňoch tehotenstva môže užívanie teratogénov spôsobovať napríklad aj abstinenčné príznaky detí.

Účinok na endokrinný hormonálny systém

Endokrinné disruptory sú chemické látky, ktoré sú schopné vzájomnej interakcie s hormónmi tak, že ich blokujú, napodobňujú v biologických procesoch, alebo inak ovplyvňujú ich aktivitu. Už nepatrné narušenie hormonálnej rovnováhy endokrinného systému môže mať významné biologické dôsledky. Túto schopnosť má veľké množstvo chemických látok s ktorými sa stretávame v každodennom živote. Predpokladá sa, že účinok na endokrinný systém má viac ako 1000 používaných chemických látok. Endokrinné disruptory sa napríklad nachádzajú v kozmetických prípravkoch, obalových materiáloch, v hračkách, lepidlách a tmelivách. Niekoľko príkladov endokrinných disruptorov v bežnom živote:

- 1, Atrazín – jeden z najviac používaných herbicídov na svete,
- 2, Bisfenol A (BpA) – používa sa pri výrobe plastov a epoxidových živíc. Nachádza sa v obaloch, hračkách a iných plastových predmetoch,
- 3, Dioxíny – chemické látky ktoré sa do prostredia dostávajú z niektorých technológií v chemickom priemysle, ale aj ako emisie pri spaľovaní rôzneho odpadu či pri požiaroch. Ide o vysokotoxické látky, spôsobujúce okrem účinkov na endokrinný systém aj široký komplex iných negatívnych účinkov (chlórakné, dýchacie problémy a i.)
- 4, Chloristan – bezfarebná soľ používaná pri výrobe výbušnín, nachádza sa napríklad v niektorých petardách a ohňostrojoch. Preniká do pitnej vody a studní.
- 5, Ftaláty – veľká skupina zlúčenín používaných pri výrobe plastov ako zmäkčovadlá. Nachádzajú sa v stovkách produktov ako sú obaly na potraviny, kozmetika, aromatické prípravky, detské hračky a zdravotnícke pomôcky.

6, Polyfluórakrylové látky – používajú sa v hasiacich prístrojoch, náterových látkach, ale aj pri výrobe neprilnavých povrchov v kuchynských potrebách.

7, Fitoeostrogény – látky s prirodzeným výskytom s aktivitou podobnou hormónom, nachádzajú sa v niektorých rastlinách; môžu mať podobný účinok ako estrogén produkovaný telom. Obsahujú ich napríklad potraviny na báze sóje.

8, Polybrómované difenylétery. Spomaľovače horenia, využívané napríklad v nábytku, stavebných materiáloch a bytových textíliách.

9, Polychlórované bifenyly (PCB) sa používali na výrobu elektrických zariadení, ako sú transformátory, a nachádzajú sa v hydraulických kvapalinách, teplotnosných kvapalinách, mazivách a zmäkčovadlách. PCB boli celosvetovo masovo vyrábané, kým neboli v roku 1979 zakázané. V Slovenskej republike je v oblasti Strážskeho jedna z najviac kontaminovaných lokalít v Európe. Mnohé z viac ako 100 rôznych PCB kongenéroov má aj karcinogénny účinok.

10, Triclosan – nachádza sa v kozmetike, tekutých mydlách, telových vodách a pod.

Z týchto príkladov je zrejmé, že človek môže byť vystavený účinku endokrinných disruptorov každý deň svojho života, môže ich vdychovať, požiť, prípadne sa do organizmu dostanú cez kožu. Už malé dávky môžu mať veľký negatívny vplyv na správnu činnosť hormonálneho systému. Konkrétne negatívne účinky sa spájajú napríklad s poklesom počtu spermíí u mužov, s vyšším počtom ochorení na rakovinu semenníkov, či ďalšími chorobami pohlavných orgánov. Bol preukázaný vplyv na metabolizmus tukov, najmä reguláciu tvorby tukov. Výsledkom môže byť nekontrolované priberanie. Okrem toho sa so zvýšenou expozíciou endokrinným disruptorom preukázateľne spája vyššia miera výskytu neurobehaviorálnych ochorení, napríklad dyslexie, mentálnej retardácie, autizmu alebo ADHD (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582659/>).

Kontrolné otázky a úlohy pre samostatné štúdium:

1. Vyhľadajte, v ktorých kategóriách toxicity je klasifikovaný arzén, chróm a azbest, použite databázu ATSDR.
2. Identifikujte najvýznamnejšie zdroje mikroplastov v životnom prostredí v Slovenskej republike.
3. Vyhľadajte najnebezpečnejšie chemické látky, ktoré sa používajú ako aditíva do potravín.
4. V ktorom období tehotenstva je plod najviac citlivý na účinok teratogénov v súvislosti s malformáciami a ďalšími potenciálnymi zdravotnými problémami novorodenca?
5. Zistite prečo je v prípade chemoterapie mozgových nádorov potrebné aplikovať látku priamo do mozgu.
6. Aký je rozdiel v účinku medzi vdychovaním drogy a jej intravenóznou aplikáciou?

7. Vyhľadajte informácie, ktoré škodlivé látky sú prítomné v čistiacich prípravkoch používaných v domácnostiach.



Zdroje informácií a obrázkov použitých v kapitole IV.

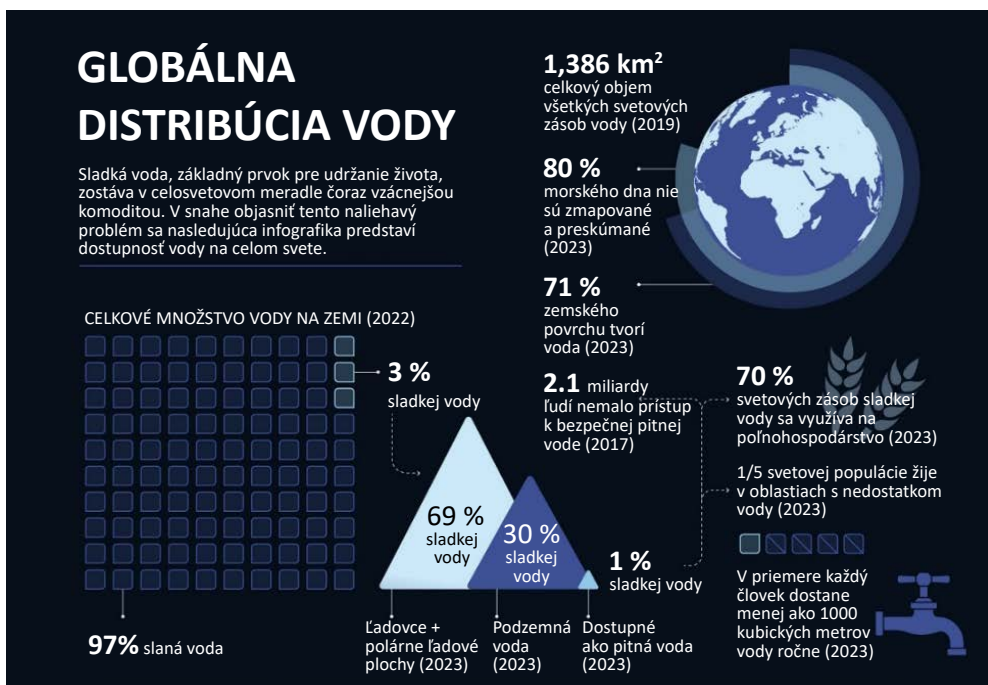
- ▶ Európska chemická agentúra, European Chemical Agency - ECHA
- ▶ Americký úrad pre ochranu životného prostredia, United States Environmental Protection Agency – US.EPA
- ▶ Národný inštitút USA pre zdravie a životné prostredie, National Institute of Environmental Health Sciences – NIEHS
- ▶ National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information
- ▶ Spoločnosť NICE a Kalifornská štátna univerzita NICE company and UC Davis Library, the California State University – Libre Texts Geosciences project
- ▶ Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny – International Agency for Research on Cancer IARC
- ▶ www.vox.com
- ▶ Pesticide Action Network www.panna.org
- ▶ Archív Connecticut college
- ▶ www.Dashamlav.com

Kapitola V.

Voda a zdravie

V.1 Voda na Zemi

Voda je nevyhnutnou zložkou životného prostredia človeka, zvierat a rastlín, je základnou látkou, s ktorou súvisí vznik a vývoj života na Zemi, unikátna zlúčenina s viacerými vlastnosťami, vďaka ktorým môže byť médiom pre väčšinu biologických reakcií v našom tele. V nekonečnom kolobehu v prírode trvalo cirkuluje vo všetkých jeho zložkách, udržiava na Zemi všetky formy života a vďaka objemu, ktorým pokrýva zemský povrch, má vplyv na udržiavanie teploty Zeme. Voda koluje v procese nazývanom **hydrologický cyklus** predstavujúci uzavretý a nepretržitý proces cirkulácie a vzájomného kvalitatívneho ovplyvňovania vôd v biosfére, ktorý zahŕňa kondenzáciu, transpiráciu (odpar), precipitáciu (zrážanie vodnej pary v podobe zrážok) a odtok. Keď voda prechádza jednotlivými fázami cyklu, mení sa jej skupenstvo od plynnej, kvapalnej až po tuhú fázu, molekuly vody sa pohybujú spojito cez celú hydrosféru rôznymi fyzikálnymi procesmi, ale nemusia nutne absolvovať všetky etapy cyklu. Od vyparovania v oceánoch a moriach cez tvorbu oblakov, kondenzáciu vody v nich do podoby dažďových kvapiek, alebo snehových vločiek a následný pád na zemský povrch v podobe zrážok. Celý cyklus sa uzatvára transportom vody v riečnych tokoch naspäť do morí. Celkové množstvo vody v cykle je konštantné, teda, množstvo vody, ktorá odchádza z určitého zdroja (rezervoáru) sa rovná množstvu vody, ktoré doňho vstúpi. Ak sa pozrieme pozorne na množstvo vody v každom mieste hydrologického cyklu vidíme, že väčšina objemu vody Zeme sa nachádza v oceánoch. Jej dôležitosť pre udržiavanie teploty Zeme a morský ekosystém je nepochybný, jednako nie je vhodná na ľudskú spotrebu a každodenné využitie. Sladká voda využiteľná na ľudskú spotrebu ako pitná, na zavlažovanie a priemyselné procesy je dostupná len v necelých 3 % celkového objemu vody na Zemi, z toho dve percentá sa nachádzajú v podobe vody zamrzutej v ľadovcoch, snehu a permafroste, a len celé jedno percento je dostupné ako voda sladká, povrchová či podzemná, voda v atmosfére (vlhkosť, hmla a zrážky) alebo voda viazaná vo vodonosných vrstvách a v pôde (kapilárna, gravitačná a hygrokopická voda). Voda tvorí samostatnú časť biosféry – **hydrosféru**, ktorá zahŕňa všetky podzemné a povrchové vodné zdroje, pokrývajúce viac ako 71 % povrchu našej planéty (Obr. 23).



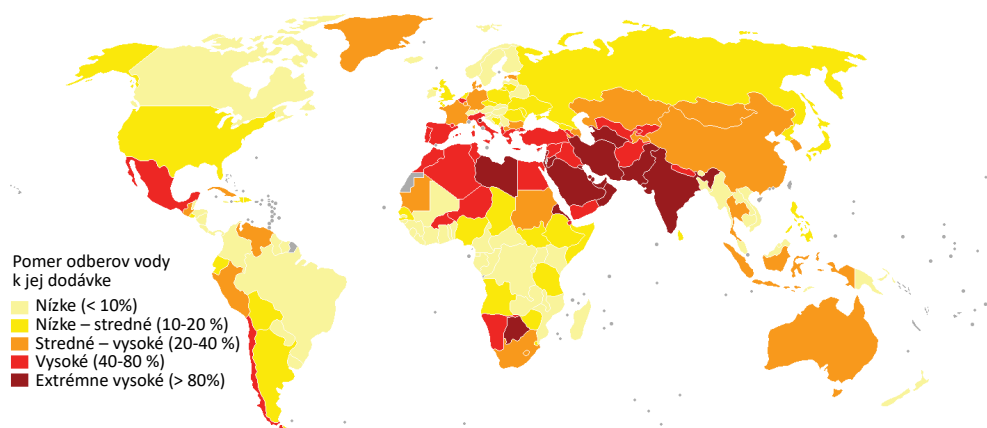
Obr. 23 Distribúcia vody na Zemi

(Zdroj: <https://www.visualcapitalist.com/cp/global-water-distribution/>)

Distribúcia vody na Zemi

Z rozdelenia vôd a jej zastúpenia v percentách je zrejmé, že sladkovodné zdroje na Zemi, ktoré sa dajú využiť ako voda pre ľudskú spotrebu, sú obmedzené, navyše svetové vodné rezervy sú rozdelené nerovnomerne (Obr. 24). Primárny zdroj vody je pre ľudí sladká voda, pričom najväčší význam pre zásobovanie má, s ohľadom na kvalitu, voda podzemná. Mnohé krajiny zásobuje slaná alebo brakická voda, z ktorej sa v procese odsolovania vyrobí voda vhodná na ľudskú spotrebu. Údaje z roku 2018 konštatujú, že vo viac ako 150 krajinách je v prevádzke odhadom 18 500 odsolovacích zariadení, ktoré denne vyprodukurujú 87 miliónov m³ čistej vody a zásobujú viac ako 300 miliónov ľudí. Objem získavanej vody zo slanej alebo brakickej vody sa od 70. rokov zdvojnásobil, pričom čoraz častejšie sa pri jej úprave od klasických metód odsolovania (ohrievanie na paru, zbavenie solí a kondenzácia) prechádza k používaniu napr. metódy reverznej osmózy (napr. USA a Austrália), kedy sa soľ zachytáva na membráne.

Vzhľadom na nárast svetovej populácie požiadavky na vodu stále stúpajú a podzemné vody sú v poslednom období vyčerpávané oveľa rýchlejšie ako sa ich stav stačí obnoviť.



Obr. 24 Mapa globálneho nedostatku vody (vodný stres*) v roku 2019.

*Vodný stres vyjadrujeme ako pomer spotreby vody k jej dostupnosti

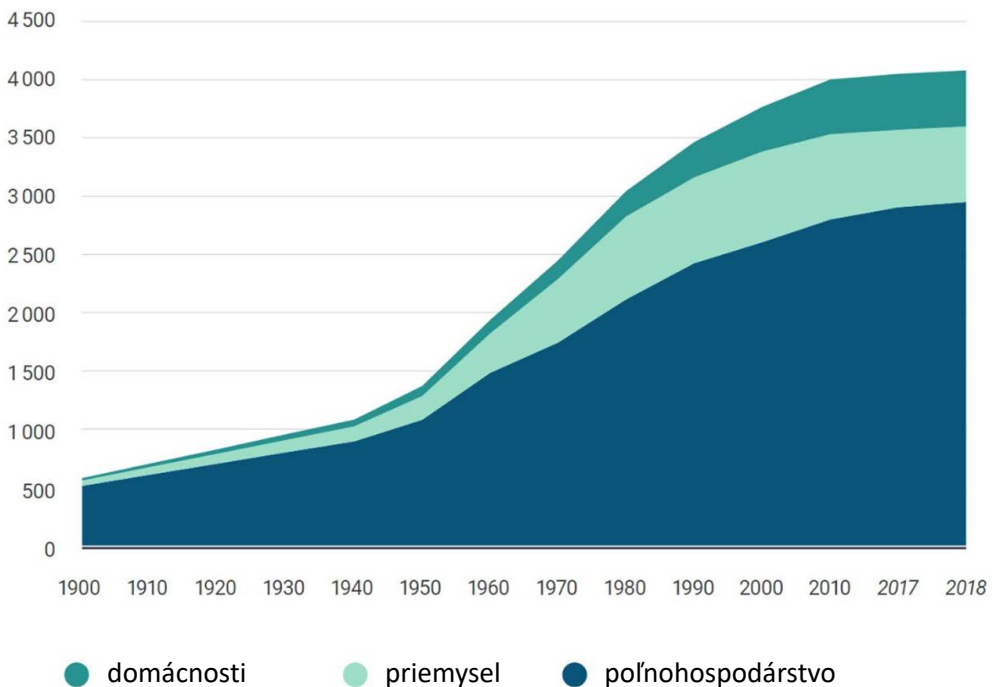
(Zdroj: World Resources Institute <https://www.wri.org/blog/2019/08/17-countries-home-one-quarter-world-population-face-extremely-high-water-stress>)

Podľa správy WHO 2023:

- v roku 2021 žilo v krajinách s nedostatkom vody viac ako 2 miliardy ľudí, pričom v niektorých regiónoch sa očakáva zhoršenie v dôsledku zmeny klímy a rastu populácie;
- v roku 2022 na celom svete najmenej 1,7 miliardy ľudí používalo zdroj pitnej vody kontaminovaný fekáliami, pričom mikrobiálna kontaminácia pitnej vody predstavuje najväčšie riziko pre jej bezpečné používanie, no a napokon v dostatočnom množstve a kvalite voda uľahčuje vykonávanie hygieny, ktorá je kľúčovým opatrením na prevenciu nielen hnačkových ochorení, ale aj akútnych respiračných infekcií a mnohých prehliadaných tropických chorôb;
- mikrobiologicky kontaminovaná pitná voda môže prenášať choroby gastrointestinálneho traktu (hnačka, cholera, úplavica, týfus) a detskú obrnu, odhaduje sa, že každý rok spôsobí približne 505 000 úmrtí na hnačkové ochorenia.

Je zjavné, že dopyt po vode bude naďalej rásť, aby podporil rastúcu populáciu, najmä v krajinách a regiónoch s nedostatkom vody keďže najviac, až 70 % z celkového množstva vody, sa spotrebúva v poľnohospodárstve na zavlažovanie (Obr. 25). Uprostred konkurenčných potrieb vody pre poľnohospodárske, domáce a priemyselné sektory je potrebné zohľadniť aj environmentálne požiadavky, ktoré sú rozhodujúce pre zabezpečenie udržateľnosti prírodných ekosystémov. Trendy dostupnosti vody na obyvateľa v jednotlivých krajinách by mali zohľadňovať množstvo spotrebovanej vody dostupnej pre poľnohospodárske, domáce a priemyselné činnosti až po tom, čo sú ideálne naplnené potreby sladkovodných ekosystémov (Obr. 26). Štúdia tímu Baggio et al. (2021) odhaľuje, že do roku 2050 bude mať ročné obnoviteľné vodné zdroje na obyvateľa hodnoty nižšie ako 1700 m³/rok až 87 zo 180 krajín. Predpokladá sa, že počet krajín s absolútnym nedostatkom vody ročných

obnoviteľných vodných zdrojov na obyvateľa (pod 500 m³/rok) sa zvýši z 25 v roku 2015 na 45 do roku 2050. Rast populácie spôsobí prudký pokles dostupnosti vody v mnohých krajinách s nízkymi a nižšími strednými príjmami, zatiaľ čo hospodársky rozvoj bude tlačiť spotrebu vody nahor, čím sa medzera v zásobovaní vodou skomplikuje a bude náročnejšie na riešenie. Očakáva sa, že po regióne Blízkeho východu a severnej Afriky sa subsaharská Afrika stane ďalším horším spotom nedostatku vody spolu s niekoľkými krajinami z Ázie. V reakcii na to musia obzvlášť krajiny s nedostatkom vody podporovať šetrenie vodou, recykláciu vody a jej opätovné použitie; zabezpečiť trvalo udržateľné rozširovanie vodných zdrojov využitím potenciálu nekonvenčných vodných zdrojov; podporovať zvyšovanie produktivity nedostatočne úrodnej pôdy a vodných zdrojov; a riešiť výzvy nad rámec technických riešení.



Obr. 25 Vývoj globálneho využitia vody pre domácnosti, priemysel a poľnohospodárstvo v rokoch 1900–2018 (km³/rok)

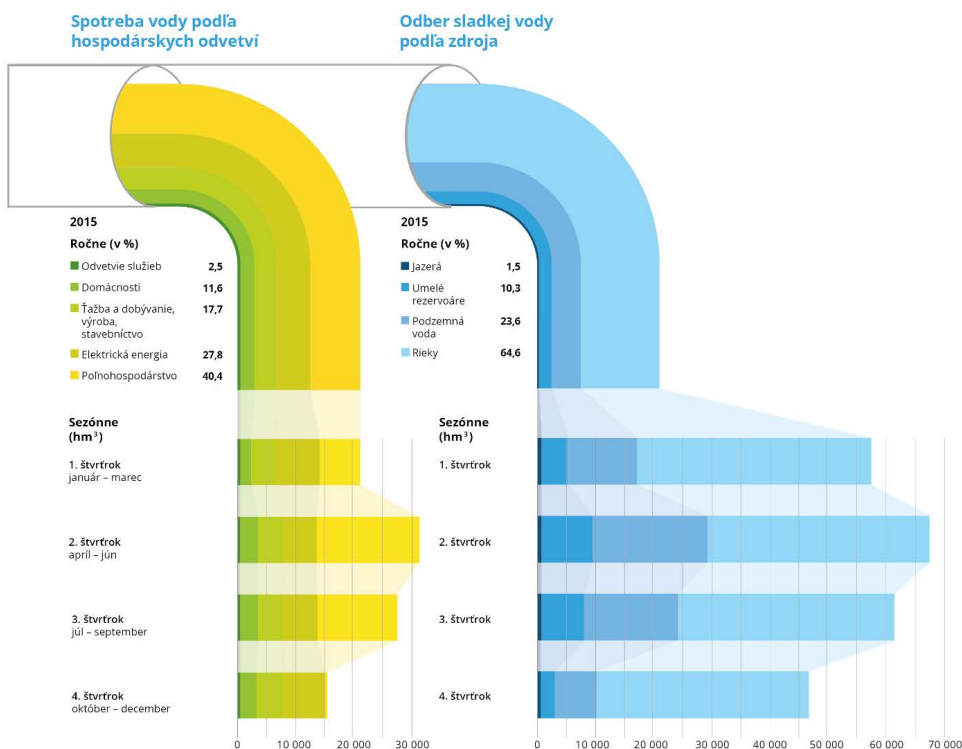
Podľa odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) na zabezpečenie uspokojenia najzákladnejších ľudských potrieb a predchádzaniu vzniku zdravotných problémov je potrebných 50 až 100 litrov vody na osobu a deň. Základné potreby predstavujú jej použitie v domácnosti, ktoré zvyčajne zahŕňa pitie, osobnú hygienu, pranie odevov, prípravu jedál a osobnú a domácu hygienu (Obr. 27). Ľudia odkázaní na menej ako 40 litrov za deň sa nazývajú „water poor“ tzv. vodná chudoba, ktorá je definovaná ako situácia, keď si národ alebo región nemôže dovoliť náklady na

udržateľne čistú vodu pre všetkých ľudí. Kým v týchto krajinách nie je výnimkou denná spotreba vody 10 – 15 litrov, čo je spotreba extrémne nedostatočná, v USA je priemerná spotreba vody na osobu za deň viac ako 500 litrov. V priemere sa na spotrebu vody domácností v Európe dodáva 144 litrov na osobu za deň, čo je takmer trojnásobok požiadavky stanovenej WHO pre uspokojenie základných ľudských potrieb. Veľká časť vody sa dá ušetriť osvojením si jednoduchých každodenných pravidiel užívania (Obr. 27).

Spotreba vody v Európe

Podľa indexu spotreby vody sa na hospodársku činnosť v Európe ročne spotrebuje v priemere 243 000 hektometrov kubických vody. Hoci sa väčšina objemu tejto vody (viac ako 140 000 hektometrov kubických - hm³) vráti do životného prostredia, často obsahuje nečistoty alebo znečisťujúce látky vrátane nebezpečných chemikálií. (Zdroj: agentúra EEA)

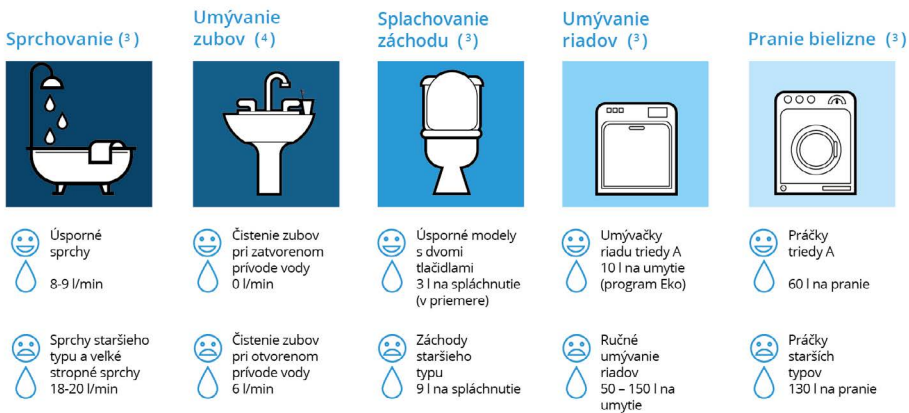
Napriek relatívnej hojnosti slá vody a sociálno-ekonomická č rozdiely, pokiaľ ide o mieru vo



Obr. 26 Spotreba vody v Európe (EEA 2018)

<https://www.eea.europa.eu/sk/signaly-eea/signaly-2018/infografika/spotreba-vody-v-europe/view>

Na Slovensku sa podľa oficiálnych údajov Ministerstva životného prostredia SR pohybuje denná potreba vody na približne 80 – 100 litroch. Konečná spotreba vody sa odvíja od počtu členov domácnosti, ale výrazne ju ovplyvňujú aj návyky a spôsob jej využívania. Zodpovedným využívaním vody v každodennom živote pomáhame zabezpečiť, aby bol dostatok čistej vody k dispozícii aj pre ľudí v iných častiach sveta a pre budúce generácie.



Obr. 27 Spotreba vody v domácnostiach EÚ (EEA 2018)

<https://www.eea.europa.eu/sk/signaly-eea/signaly-2018/infografika/spotreba-vody-v-domacnostiach/view>

V roku 2022 využívalo 6 miliárd ľudí (73 % svetovej populácie) **bezpečne spravované služby pitnej vody** – to znamená, že využívali kvalitné zdroje vody umiestnené v areáli, dostupné v prípade potreby a bez kontaminácie. Zvyšných 2,2 miliardy ľudí žije **s vylúčením bezpečne spravovaných služieb**, čo v roku 2022 zahŕňalo: 1,5 miliardy ľudí so základnými službami (znamená kvalitnejší zdroj vody, ktorý sa nachádza v rámci spiatocnej cesty od bydliska do 30 minút); 292 miliónov ľudí s obmedzenými službami alebo kvalitnejším zdrojom vody nachádzajúcim sa viac ako 30 minút spiatocnej cesty; 296 miliónov ľudí čerpá vodu z nechránených studní a prameňov; a 115 miliónov ľudí využíva neupravenú povrchovú vodu z jazier, rybníkov, riek a potokov. Je zjavné, že pretrvávajú ostré geografické, sociokultúrne a ekonomické nerovnosti, a to nielen medzi vidieckymi a mestskými oblasťami, ale aj v mestách, tam kde ľudia žijú v nízkoprijmových, neformálnych alebo nelegálnych osadách majú zvyčajne horší prístup ku kvalitným zdrojom pitnej vody než obyvatelia krajín s dostatkom vodných zdrojov.

V roku 2010 Valné zhromaždenie OSN prostredníctvom rezolúcie **vyhlásilo bezpečnú a čistú pitnú vodu a sanitáciu za ľudské právo** nevyhnutné pre plné užívanie života. Z iniciatívy WHO a Európskej hospodárskej komisie OSN (UNECE) bol na 3. ministerskej konferencii o životnom prostredí a zdraví v Londýne v roku 1999 prijatý Protokol o vode a zdraví Svoju platnosť nadobudol v roku 2005, avšak Slovenská republika ho do svojej národnej agendy prijala a ratifikovala už v roku 2001 a gestormi Protokolu sú Ministerstvo zdravotníctva SR prostredníctvom Úradu verejného zdravotníctva SR a Ministerstvo životného prostredia SR.

Protokol o vode a zdraví vznikol na základe Dohovoru o ochrane a využívaní hraničných vodných tokov a medzinárodných jazier z roku 1992 je prvou a jedinou medzinárodnou právnou dohodou svojho druhu, ktorá spája trvalo udržateľné hospodárenie s vodou a prevenciu, kontrolu a znižovanie chorôb súvisiacich s vodou v Európe.

K dnešnému dňu Protokol akceptovalo 27 krajín, ktoré predstavujú približne 60 % populácie európskeho regiónu WHO. Hlavným cieľom Protokolu je podpora ochrany zdravia na všetkých úrovniach rozhodovania v národnom i medzinárodnom kontexte na individuálnej i kolektívnej úrovni, uskutočňovaná prostredníctvom zlepšenia hospodárenia s vodou, ochrany vodných ekosystémov, kvality a množstva vody, ako aj prostredníctvom kontroly a znižovania výskytu ochorení súvisiacich s vodou.

Ustanovenia Protokolu v Slovenskej republike sa týkajú povrchových a podzemných vôd, uzavretých vodných útvarov, vôd na kúpanie, zásobovania pitnou vodou, odkanalizovania a čistenia odpadových vôd. Nastavenie národných cieľov a zároveň aj ich plnenie zabezpečuje efektívnejšie využívanie a ochranu vôd a vodných ekosystémov, zachovanie biodiverzity a zníženie výskytu ochorení, kde faktorom prenosu je voda. Kvalita pitnej vody na Slovensku vykazuje podľa pravidelných odborných analýz dlhodobu vysokú úroveň. Nedostatok vody ale postihuje viac ako 50 % svetovej populácie, preto jedným zo 17 cieľov trvalo udržateľného rozvoja, ktoré stanovilo Valné zhromaždenie OSN v roku 2015 je **SDG 6.1 Clean water and sanitation**, (slov. **Cieľ udržateľného rozvoja o „čistej vode a sanitácii pre všetkých“**, angl. SDG – Sustainable Development Goal), ktorý vyžaduje všeobecný a spravodlivý prístup k bezpečnej a cenovo dostupnej pitnej vode. Cieľ je sledovaný pomocou indikátora „bezpečne spravovaných služieb pitnej vody“, charakterizovaný nasledovne – pitná voda z vylepšeného vodného zdroja, ktorý sa nachádza v areáli, je dostupný v prípade potreby a bez fekálneho a prioritného chemického znečistenia.

Zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou v SR

Zásobovanie obyvateľov pitnou vodou je na Slovensku na vysokej úrovni. Slováci získavajú 80 % pitnej vody z podzemných vôd a 20 % z povrchových. Najväčšou zásobárňou pitnej vody v strednej Európe je Žitný ostrov, ktorý je chránenou vodohospodárskou oblasťou. V roku 2018 bolo z verejných vodovodov zásobovaných celkom 89 percent Slovákov. Napriek tomu v niektorých oblastiach sú vlastné studne pri zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou nevyhnutnosťou, lebo vodné útvary sú tu rozložené nerovnomerne s rozdielnym množstvom a kvalitou vody vhodnej na pitné účely. Slovensko má v súčasnosti dostupné dostatočné množstvo vodných útvarov, a tým aj zdrojov pitnej vody, ale ich kvalita závisí od ich ochrany. Štát preto vyhlasuje chránené vodohospodárske oblasti.

Verejné vodovody prevádzkujú odborne spôsobilé osoby, najmä veľké vodárenské spoločnosti a obce, ktoré sú za kvalitu pitnej vody a jej kontrolu zodpovedné. V budovaní verejných vodovodov sa stále pokračuje a podľa Plánu rozvoja verejných vodovodov a verejných kanalizácií sa mal do roku 2021 zvýšiť podiel zásobovaných obyvateľov na 90 %. Stále však zostanú oblasti, kde sa vzhľadom na charakter územia alebo neefektívnosť investícií obyvateľa nebudú mať možnosť pripojiť na verejný vodovod príp. využívať verejnú studňu, ktorá je vybudovaná a odborne

prevádzkovaná ako spoľahlivý zdroj pre hromadné zásobovanie. Na využívanie vlastných zdrojov budú odkázané najmä okrajové osídlenia s menším počtom obyvateľov. To vedie obyvateľov k budovaniu a využívaniu vlastných zdrojov pitnej vody, najčastejšie domových studní, ktoré slúžia obyčajne pre zásobovanie jednej, výnimočne niekoľkých domácností. Za kvalitu vody v studni pre takéto individuálne zásobovanie sú zodpovední ich vlastníci. Ak chcú získavať zo svojho zdroja dlhodobu kvalitnú a zdravotne bezpečnú pitnú vodu, musia jej venovať primeranú pozornosť a starostlivosť.

Podľa prieskumov až 1/4 vlastníkov studní na Slovensku nemá žiadnu informáciu o kvalite vody v studni.

Príklad 1: Prepojenie závlahovej vody s verejným vodovodom v roku 2006 v Jaslovských Bohuniciach spôsobilo 125 črevných ochorení - gastroenteritíd. Gastroenteritída je zápalové ochorenie žalúdka, tenkého a hrubého čreva, pri ktorom je poškodená funkcia vstrebávania vody a živín. Ak straty tekutín zvracaním a hnačkami prekročia nad 10 % telesnej hmotnosti, ochorenie ohrozuje život a vyžaduje si hospitalizáciu.

Príklad 2: Voda zo studne (a z napúšťaného jazierka) spôsobila v roku 2015 znečistenie pitnej vody vo verejnom vodovode v obciach Horné a Dolné Saliby. Zákaz používania pitnej vody z verejného vodovodu, náhradné zásobovanie a odstraňovanie následkov kontaminácie trvalo 10 dní. <https://www.uvzsr.sk/web/uvz/zdrava-pitna-voda-z-vlastnej-studne>

Napojenie na verejnú kanalizáciu

V Správe o stave životného prostredia Slovenskej republiky sa konštatuje, že od roku 2000 pokračuje pokles objemu vypúšťaných odpadových vôd, pričom zníženie zaznamenala aj produkcia organického znečistenia. Ministerstvo životného prostredia zdôrazňuje, že hoci došlo k zvýšeniu počtu obyvateľov napojených na verejnú kanalizáciu, problémom zostáva nízke napojenie obyvateľstva na kanalizáciu, ktoré v roku 2017 nedosahovalo ani 68 percent. Napojenie obyvateľstva na verejnú kanalizáciu výrazne zaostáva za verejnými vodovodmi. Napriek tomu, že každý rok dochádza k určitému nárastu, celkové zvýšenie za posledné desaťročie nie je až také markantné. Zatiaľ čo v roku 1993 bolo napojených na verejnú kanalizáciu 51,5 % obyvateľov, v roku 2017 bola táto hodnota vo výške 67,72 %. V porovnaní s celoeurópskym priemerom je tak Slovensko takmer na úplnom konci. Štatistiky z roku 2015 ukazujú, že nižšiu pripojenosť dosahuje už len Slovinsko a Rumunsko. V susednom Česku sa percento obyvateľov napojených na verejnú kanalizáciu pohybuje okolo 80 % (<https://www.voda-portal.sk/Dokument/pitna-voda-dosahuje-vybornu-kvalitu-zlepsujeme-sa-aj-v-odkanalizovani-100416.aspx>).

V.2 Hygienický význam vody

Dostatok vody je životne dôležitý pre ľudské zdravie, domácnosti s ľahko dostupnými kvalitnými vodnými zdrojmi majú výrazne lepšie zdravie ako domácnosti so vzdialenejšími vodnými zdrojmi, ktoré spotrebujú menej vody. Dostatočné množstvo vody v primeranej kvalite je nevyhnutnosťou pre zabezpečenie priaznivých zdravotných výsledkov a blahobytu. Väčšina krajín monitoruje prístup k bezpečnej vode a pokrok v jej zlepšovaní. To sa zvyčajne vykonáva prostredníctvom prieskumov monitoringu v domácnostiach, školách a zdravotníckych zariadeniach, ako aj prostredníctvom bežného dohľadu nad kvalitou vody podľa platnej legislatívy.

Pitná voda je v európskom priestore a aj v Slovenskej republike sledovaná v zmysle Smernice EP a Rady (EÚ) 2020/2184 zo 16. decembra 2020 o kvalite **vody určenej na ľudskú spotrebu** (ďalej pitnej vody: PV), ktorej novelizácia požiadaviek na zabezpečenie lepšej kvality pitnej vody a prístupu k nej nadobudla účinnosť v januári 2023. Podľa nej sa Európanom zabezpečuje lepšia kvalita pitnej vody a prístup k nej, keďže nové požiadavky vyplývajúce z revidovanej smernice o pitnej vode sa stávajú normou v celej EÚ. Nové pravidlá predstavujú jeden z najvyšších štandardov na svete pre pitnú vodu, a to v súlade s ambíciou nulového znečistenia ohlásenou v Európskej zelenej dohode. Nová smernica sa zaoberá únikom vody, keďže v súčasnosti sa v priemere 23 % upravenej vody stráca počas distribúcie v EÚ.

S cieľom zabezpečiť vysokú kvalitu pitnej vody smernica o pitnej vode obsahuje aktualizované bezpečnostné normy, zavádza metodiku na identifikáciu a riadenie rizík kvality v celom dodávateľskom reťazci vody, stanovuje zoznam sledovaných látok, ako sú mikroplasty, endokrinné disruptory, ako aj nové druhy chemických látok, ktoré sa majú monitorovať, a zavádza ustanovenia o zhode pre výrobky, ktoré sa majú používať v styku s pitnou vodou.

Na Slovensku sa vykonáva monitoring PV v zmysle vyhlášky č. 91/2023 Z. z. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov. Cieľom monitoringu je ochrana ľudského zdravia pred nepriaznivými účinkami akejkoľvek kontaminácie PV zabezpečením zdravotnej nezávadnosti a čistoty spolu so zlepšením prístupu k vode s dôrazom na vybrané časti obyvateľstva, najmä marginalizované skupiny, ktoré nemajú prístup k vode.

Nový právny predpis deklaruje prepojenie na iné európske smernice, záväzné dokumenty, dohovory, iniciatívy s cieľom vzájomného dopĺňania a využitia poznatkov a údajov získaných podľa smerníc, zároveň nevytvárať duplicitné požiadavky. Je to aj reakcia na mnohé iniciatívy v oblasti pitnej vody: Agenda 2030 OSN pre udržateľný rozvoj a jej Cieľ 6. Zabezpečiť dostupnosť a trvalo udržateľný manažment vody a sanitárnych opatrení pre všetkých), Rámcová smernica o vode a na vôbec prvú úspešnú európsku iniciatívu občanov s názvom Right2Water, ktorá získala

1,6 milióna podpisov na podporu zlepšenia prístupu k bezpečnej pitnej vode pre všetkých Európanov.

Smernica definuje pitnú vodu ako:

Pitná voda je voda v jej pôvodnom stave alebo po úprave určená na pitie, varenie, prípravu potravín alebo na iné domáce účely, vo verejných aj súkromných priestoroch, bez ohľadu na jej pôvod a na to, či bola dodaná z rozvodnej siete, zo zásobníka (cisterny) alebo je plnená do fliaš či nádob ako voda balená (vrátane pramenitých vôd) do spotrebiteľského balenia a voda používaná v potravinárskych podnikoch pri výrobe, spracovaní, konzervovaní alebo predaji výrobkov alebo látok určených na ľudskú spotrebu.

Zdravotná bezpečnosť pitnej vody a požiadavky na kvalitu sú sledované v rozsahu parametrov, ktoré v zmysle novej vyhlášky rozlišujeme na:

1. Mikrobiologické, biologické, fyzikálne a chemické ukazovatele

Mikrobiologické a biologické ukazovatele

Mikrobiologická analýza vôd pozostáva z kvantitatívneho kultivačného stanovenia fekálnych enterokokov, koliformných a termotolerantných koliformných baktérií, kultivovateľných mikroorganizmov pri 22°C a 37 °C. Jedná sa o indikátory hygienického významu, Indikátory fekálneho znečistenia, hygienicky významné a patogénne mikroorganizmy.

Biologická analýza vôd pozostáva z kvantitatívneho stanovenia ukazovateľov abiosestón - vyjadrený v percentách pokryvnosti zorného poľa mikroskopu, bezfarebné bičíkovce, živé organizmy, mŕtve organizmy, železité a mangánové baktérie.

Fyzikálne a chemické ukazovatele kvality pitnej vody – základné skupiny ukazovateľov a ich účinky na zdravie, zdroje dusičnanov v pitnej vode a ich účinky na zdravie

- a. Anorganické ukazovatele
- b. Organické ukazovatele
- c. Ukazovatele, súvisiace s úpravou vody
- d. Ukazovatele, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť vlastnosti pitnej vody
- e. Látky, ktorých prítomnosť v pitnej vode je žiadúca

(<https://www.epi.sk/zz/2023-91#p2>), (<https://www.epi.sk/zz/2023-91#f5711966>).

Pitná voda spĺňa základné požiadavky na zdravotnú bezpečnosť (vrátane limitov pre kvalitu pitnej vody) pre **mikrobiologické parametre, chemické parametre a parametre pre posúdenie rizika domových rozvodných systémov.**

Aplikujú sa princípy predbežnej opatrnosti (podľa EK): má sa použiť, keď jav, produkt alebo proces môžu mať nebezpečný vplyv, ktorý sa zistí na základe

vedeckého a objektívneho hodnotenia, ale toto hodnotenie neumožňuje určiť dané riziko s dostatočnou istotou. Cieľom je **bezpečná konzumácia počas celého života**.

Chemické upravené limity boli s ohľadom na skutočnosť, že každý štát si môže určiť iné ukazovatele a limity ukazovateľov podľa vlastných podmienok tak, aby nepredstavovali riziko ohrozenia zdravia, pričom východiskami majú byť odporúčania WHO, vedecké odporúčania a princípy predbežnej opatrnosti podľa *Zmluvy o fungovaní EÚ*, boli zaradené napr. látky ako bisfenol A ako jediná prijatá látka z pôvodne navrhovaných reprezentatívnych endokrinných disruptorov (Riziko viď kapitola Chemické látky a zdravie človeka).

Taktiež pesticídy, ktorými sú: — organické insekticídy — organické herbicídy — organické fungicídy — organické nematocídy — organické akaricídy — organické algicídy — organické rodenticídy — organické slimicídy — súvisiace produkty (okrem iného regulátory rastu) a ich metabolity, ktoré sa považujú za relevantné pre vodu určenú na ľudskú spotrebu. Parametrická hodnota **0,10 µg.l⁻¹** sa vzťahuje na každý jednotlivý pesticíd. V prípade aldrínu, dieldrínu, heptachlóru a heptachlóreoxidu je parametrická hodnota **0,030 µg.l⁻¹**.

Metabolit pesticídu sa považuje za relevantný pre vodu určenú na ľudskú spotrebu, ak existuje dôvod domnievať sa, že z hľadiska jeho cieľového pesticídneho pôsobenia má porovnateľné vnútorné vlastnosti ako materská látka alebo že buď on sám alebo produkty jeho transformácie vytvárajú zdravotné riziko pre spotrebiteľov. Členské štáty vymedzia odporúčanú hodnotu na riadenie prítomnosti nerelevantných metabolitov pesticídov vo vode určenej na ľudskú spotrebu. Monitorovať je potrebné iba pesticídy, ktorých prítomnosť je v danom zdroji vody **pravdepodobná**. Komisia môže na základe údajov nahlásených členskými štátmi vytvoriť databázu pesticídov a ich relevantných metabolitov so zreteľom na ich možnú prítomnosť vo vode určenej na ľudskú spotrebu.

2. Indikačné parametre

Indikačné parametre **nemajú priamy vplyv na verejné zdravie**. Sú však dôležité ako prostriedok na určenie toho, ako fungujú zariadenia na výrobu a distribúciu vody určenej na ľudskú spotrebu, a na hodnotenie kvality vody. Takéto parametre môžu **pomôcť odhaliť nedostatky pri úprave vody** a zohrávajú **dôležitú úlohu pri zvyšovaní a udržiavaní dôvery spotrebiteľov v kvalitu vody**. Významné pre budovanie **dôvery spotrebiteľov**.

Pomocou nich sa zdôrazňuje nielen neprítomnosť škodlivých látok ale aj prítomnosť prírodných minerálov a esenciálnych prvkov. To platí predovšetkým pre vodu, ktorá sa upravuje (demineralizácia, zmäkčovanie, úprava membránovými procesmi, reverzná osmóza atď.).

Ak sa voda určená na ľudskú spotrebu získava úpravou, ktorá vodu výrazne demineralizuje alebo zmäkčuje, je možné ju upraviť pridaním vápnika a horečnatých

solí s cieľom znížiť prípadný negatívny vplyv na zdravie, ako aj znížiť korozívny či agresívny charakter vody, a zlepšiť jej chuť.

3. Parametre relevantné pre posúdenie domových rozvodných systémov slúžia výlučne pre posúdenie rizika domových rozvodov a vykonávanie opatrení resp. obmedzenie používania PV. Patrí sem:

Legionella s limitnou hodnotou < 1 000 KTJ/l, a o opatreniach stanovených v uvedených článkoch by sa mohlo uvažovať aj keď je hodnota nižšia než parametrická hodnota, napríklad v prípade infekcií a výskytu ochorení. V takýchto prípadoch by sa mal potvrdiť zdroj infekcie a mal by sa identifikovať druh *Legionella*. Je veľkým pozitívom, že sa tento ľudský patogén stal jedným z ukazovateľov kvality teplej vody a jeho limitná hodnota je 0 KTJ/1000 ml vzorky, ktorá ako najvyššia medzná hodnota sa uplatňuje pre oddelenia nemocníc, v ktorých sú umiestnení imunokompromitovaní pacienti, predovšetkým oddelenia transplantáčnej, nedonesenecké, anestéziore-suscitačné, dialyzačné, onkologické, hematookologické, oddelenia pneumológie a ftizeológie oddelenia/kliniky hrudníkovej chirurgie a jednotky intenzívnej starostlivosti (Vyhláška č. 91/2023). **Riziko Legionella** (Pozn. vid' kapitola Vnútorne ovzdušie a jeho kvalita).

Pseudomonas aeruginosa limitná hodnota je 0 KTJ/100 ml vzorky. Ideálne podmienky pre rozvoj tohto ľudského patogénu vytvára teplé a vlhké prostredie. Spôsobuje folikulitídy (zápal vlasových vačkov), infekcií močového a dýchacieho traktu, očnej rohovky, zápalu vonkajšieho ucha, vyrážok a pod. Existuje aj možnosť inhalácie endotoxínov *P. aeruginosa* a vznik granulomatóznej pneumonitídy (zápalové ochorenie pľúc) tam, kde sa vytvárajú aerosóly.

Olovo sa v tejto časti vyhlášky udáva s parametrickou hodnotou **10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$** , pričom táto hodnota má prechodné trvanie a členské štáty by sa mali čo najviac usilovať o to, aby sa do januára 2036 dosiahla nižšia hodnota, a to **5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$** .

Riziko Pb Vystavenie olova môže ovplyvniť viaceré telesné systémy a je obzvlášť škodlivé pre malé deti a ženy v plodnom veku. Olovo sa v tele distribuuje do mozgu, pečene, obličiek a kostí. Ukladá sa v zuboch a kostiach, kde sa môže časom hromadiť. Expozícia ľudí sa zvyčajne hodnotí meraním olova v krvi. Olovo sa počas tehotenstva z kostí uvoľňuje do krvi a stáva sa zdrojom expozície vyvíjajúcemu sa plodu. Neexistuje žiadna úroveň vystavenia olova, o ktorej je známe, že nemá škodlivé účinky.

Expozícia olova môže mať vážne následky na zdravie detí. Pri vysokých úrovniach vystavenia olova môže dôjsť k vážnemu poškodeniu mozgu a centrálného nervového systému, čo spôsobí kómu, kŕče a dokonca smrť. Deti, ktoré prežijú ťažkú otravu olovom, môžu zostať s trvalým mentálnym postihnutím a poruchami správania. Pri nižších úrovniach expozície, ktoré nespôsobujú žiadne zjavné symptómy, je teraz známe, že olovo spôsobuje spektrum poranení naprieč viacerými telesnými systémami. Olovo môže ovplyvniť najmä vývoj mozgu detí, čo má za následok znížený inteligenčný kvocient (IQ), zmeny správania, ako je znížená pozornosť a zvýšené

antisociálne správanie, a znížené dosiahnuté vzdelanie. Expozícia olova tiež spôsobuje anémiu, hypertenziu, poškodenie obličiek, imunotoxicitu a toxicitu pre reprodukčné orgány. Neurologické a behaviorálne účinky olova sa považujú za nezvratné. Nie je známa bezpečná koncentrácia olova v krvi; dokonca aj koncentrácie olova v krvi len $3,5 \mu\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$ môžu byť spojené so zníženou inteligenciou u detí, problémami so správaním a problémami s učením (WHO 2023 Lead poisoning (who.int)).

Živé organizmy s medznou hodnotou 0 jedincov/ml, pri podozrení na výskyt améb pri mikroskopickom určení, je na ich potvrdenie možné použiť kultivačnú metódu. Améby – voľne žijúce meňavky sú jednobunkové, eukaryotické, heterotrofné organizmy vyskytujúce sa bežne v prírodnom prostredí, ale schopné žiť aj ako endozoické organizmy. Rody *Acanthamoeba* a *Naegleria* a druhy *Balamuthia mandrillaris* a *Sappinia diploidea* sú známe svojim patogénnym potenciálom. Zaujímavosťou týchto organizmov je, že vďaka produkcii cýst pôsobia ako prírodný rezervoár pre celý rad klinicky významných patogénnych mikroorganizmov, medzi ktoré patria baktérie rodu *Legionella*.

Regionálny úrad Svetovej zdravotníckej organizácie (ďalej len „WHO“) pre Európu v roku 2017 podrobne preskúmal zoznam parametrov a parametrických hodnôt stanovených v smernici 98/83/ES, aby zistil, či je potrebné tento zoznam prispôbiť technickému a vedeckému pokroku. Z výsledkov tohto preskúmania vyplýva, že by sa mali kontrolovať črevné patogény a baktérie rodu *Legionella* a doplniť by sa malo šesť chemických parametrov alebo skupín parametrov. Na základe ďalších najnovších vedeckých stanovísk a zásady predbežnej opatrnosti by sa v prípade štyroch zo šiestich nových parametrov alebo skupín parametrov mali pre Európu stanoviť parametrické hodnoty, ktoré sú prísnejšie ako hodnoty, ktoré navrhuje WHO, avšak napriek tomu sú dosiahnuteľné. V prípade jedného z nových parametrov by sa mal počet reprezentatívnych látok znížiť a hodnota upraviť. Hodnotu pre chróm ešte stále preveruje WHO a preto by sa malo uplatňovať prechodné obdobie 15 rokov, kým začne platiť prísnejšia hodnota. Okrem toho WHO odporučila, aby **sa tri reprezentatívne endokrinné disruptory** mohli považovať za referenčné hodnoty pre posúdenie výskytu endokrinných disruptorov a účinnosti ich úpravy, a to s hodnotami $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v prípade bisfenolu A; $0,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v prípade nonylfenolu a $1 \text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ v prípade beta-estradiolu. **Riziko endokrinné disruptory** (Pozn.: viď kapitola Chemické látky a zdravie človeka).

Európska komisia prijme vykonávacie akty s cieľom vypracovať a aktualizovať zoznam sledovaných látok alebo zlúčenín, ktoré u verejnosti alebo vedeckej obce vzbudzujú obavy z hľadiska zdravia (ďalej len „zoznam sledovaných látok“), ako sú napríklad **liečivá, endokrinné disruptory a mikroplasty**. Mechanizmus zoznamu sledovaných látok umožní reagovať na rastúce obavy z účinkov liečiv a mikroplastov, či nových zlúčenín v systéme zásobovania prostredníctvom používania vody určenej na ľudskú spotrebu, umožní reagovať na nové poznatky o relevantnosti týchto nových zlúčenín pre ľudské zdravie, a na nové poznatky o najvhodnejších prístupoch a metodikách monitorovania.

Monitorovanie pitnej vody sa vykonáva pravidelnou kontrolou kvality pitnej vody podľa programu monitorovania, overuje, či zavedené opatrenia na kontrolu rizík pre ľudské zdravie v celom dodávateľskom reťazci vody, počnúc oblasťou odberu, cez úpravu a akumuláciu až po distribúciu fungujú účinne a či voda určená na ľudskú spotrebu v mieste zhody je zdravotne nezávadná a čistá; b) poskytujú informácie o kvalite vody dodávanej na ľudskú spotrebu, aby sa preukázalo, že stanovené povinnosti a parametrické hodnoty sú splnené; c) určujú najvhodnejšie prostriedky na zmiernenie rizika pre ľudské zdravie.

1. **Hromadné zásobovanie** pitnou vodou je zásobovanie pitnou vodou najmenej 50 osôb alebo zásobovanie zo zdroja s produkciou najmenej 10 m³ pitnej vody denne; požiadavky na hromadné zásobovanie sa uplatňujú aj pri dodávaní pitnej vody alebo používaní pitnej vody v rámci podnikateľskej činnosti alebo vo verejnom záujme.
2. **Individuálne zásobovanie** pitnou vodou je zásobovanie pitnou vodou menej ako 50 osôb alebo zásobovanie s produkciou menej ako 10 m³ pitnej vody denne.

Prístup k vode určenej na ľudskú spotrebu je v smernici zaistený cez opatrenia na zlepšenie alebo zachovanie prístupu k PV pre všetkých, najmä pre zraniteľné a marginalizované skupiny, ako ich vymedzujú členské štáty, a pritom zohľadnia miestne, regionálne a kultúrne perspektívy a okolnosti distribúcie vody. V jednotlivých paragrafoch je určený postup pre identifikovanie osôb bez prístupu alebo s obmedzeným prístupom k vode určenej na ľudskú spotrebu vrátane zraniteľných a marginalizovaných skupín a dôvodov; posúdenie možnosti, ako prístup pre takéto osoby zlepšiť; informovanie osôb o možnostiach pripojenia k rozvodnej sieti alebo o alternatívnych spôsoboch prístupu k PV; prijatie vhodných opatrení na zabezpečenie prístupu k PV pre zraniteľné a marginalizované skupiny (utečenci, kočovné komunity, bezdomovci, menšinové kultúry ai.). Tiež sú vysvetlené opatrenia v prípade alternatívnych spôsobov zásobovania, individuálne úpravne, využívanie zásobníkov na vozidlách, vytváranie infraštruktúry pre letné táboriská. Osobitná časť je zameraná na podporu a propagáciu používania PV z vodovodu a zabezpečenie, aby sa vonkajšie a vnútorné zariadenia nainštalovali vo verejných priestoroch, s ohľadom na technické možnosti, miestne podmienky podnebie a zemepisné charakteristiky: zvyšovanie informovanosti o najbližších vonkajších alebo vnútorných zariadeniach s PV z vodovodu; b) spustenie kampaní na informovanie občanov o kvalite takejto vody; c) podpora zásobovania touto vodou vo verejných administratívnych budovách a verejných budovách; d) podpora poskytovania takejto vody zákazníkom v reštauráciách, jedálňach a v rámci stravovacích služieb bezplatne alebo za nízky servisný poplatok (Vyhláška č. 91/2023 <https://www.epi.sk/zz/2023-91>).

V.3 Voda ako rizikový faktor životného prostredia

Antropogénne znečistenie vôd môžeme rozdeliť podľa

1. pôvodu:

- komunálne (obsahuje patogény, detergenty),
- priemyslové (toxické látky, ťažké kovy, lúhy, kyseliny, ropné látky),
- poľnohospodárske, ktoré najviac ohrozuje kvalitu podzemných zdrojov pitnej vody (dusičnany, pesticídy, fosfáty)

2. spôsobu znečisťovania:

- bodové (vyústenia kanalizácie do recipientu),
- plošné (zmývanie hnojených a posypaných povrchov),
- rozptýlené (odpadové vody vypúšťané do recipientu na viacerých miestach, atmosférická depozícia)

3. časového priebehu: akútne, chronické, trvalé, periodické, sezónne, kampaňovité, havarijné

Zdravotné riziká z vody

Ak sú parametre a ich limity nesplnené môže prostredníctvom vody dôjsť k závažnému poškodeniu zdravia v dôsledku:

- kontaminácie patogénnymi mikroorganizmami bakteriálneho, vírusového, parazitárneho pôvodu, prípadne niektorými prvokmi a helmintami (červami)
- kontaminácie vody látkami poškodzujúcimi zdravie - (ťažké kovy – arzén, ortuť, kadmium, kyanidy, detergenty, fenoly, ropné látky, vysoko prchavé organické zlúčeniny, mikroplasty, pesticídy, liečivá a endokrinne disruptory)
- ak je zmenený obsah niektorých bežne sa vyskytujúcich látok – napr. zvýšený obsah dusičnanov a dusitanov v pitnej vode – riziko vzniku alimentárnej methemoglobínémie.

Pokiaľ nie sú dodržané limitné hodnoty najmä mikrobiologických ukazovateľov kvality pitnej vody, môžu sa vodou šíriť predovšetkým pôvodcovia črevných nákaz (gastroenteritída, brušný týfus, bakteriálna dyzentéria, cholera, antrax, leptospiroza, vírusová hepatitída A, enterovírusy, parazitárne ochorenia a i.).

Zvýšené koncentrácie chemických látok v pitnej vode zas môžu spôsobiť akútne poškodenie organizmu, alebo pri dlhodobom príjme chronické ochorenia. Na Slovensku je najčastejší problém s dusičnanmi vo vode z individuálnych zdrojov (studne). Zdravotným rizikom sú aj ťažké kovy v pitnej vode, pesticídy, ropné produkty a ďalšie. Naopak, žiaduce, ba až nevyhnutné pre ľudský organizmus sú vo vode dôležité stopové prvky (Li, Zn, Co, Cu, Sn, Mn, Cr a ďalšie). Nenahraditeľné sú aj vápnik a horčík. Pitná voda, ktorá ich obsahuje menej, takzvaná mäkká voda, zvyšuje riziko výskytu srdcovo-cievnych ochorení, úmrtnosti na akútny infarkt myokardu. Svetové

štúdie preukázali aj nižší výskyt zlomenín u detí, ktoré žijú v oblastiach zásobovaných vodou bohatšou na vápnik. Pitná voda s vyšším obsahom horčíka a vápnika, teda tzv. tvrdá voda, pri súčasnom vysokom obsahu síranov, môže mať laxatívne účinky. Trvalé riziko ohrozenia zdravia predstavuje zásobovanie obyvateľstva vodou z vlastných studní. Približne 80 až 85% takýchto vodných zdrojov nevyhovuje hygienickým požiadavkám. Najčastejšie ide o nadlimitné hodnoty indikátorov fekálneho znečistenia, dusičnanov, dusitanov, amónnych iónov a železa.

Prenos nákazy sa uskutočňuje štyrmi mechanizmami za pomoci faktorov prenosu. Pôvodca nákazy sa do organizmu dostáva cez určité miesto – tzv. brána vstupu prostredníctvom mechanizmov prenosu:

1. prehltnutie (ingescia, perorálne) – (napr. salmonelóza, dyzentéria, brušný týfus, žltáčka typu A, stafylokoková enterotoxikóza, botulizmus atď.)
2. vdýchnutie (inhalácia) – (napr. chrípka, osýpky, záškrt, čierny kašeľ, tuberkulóza pľúc, šarlach, mumps atď.)
3. krvná cesta (intravenózne) – vpravenie do krvného obehu alebo tkaniva (napr. žltáčka typu B, AIDS, škvrnitý týfus, malária, Q horúčka, kliešťový zápal mozgu atď.)
4. dotyk (perkutánne, transdermálne) – prostredníctvom porušených povrchov kože a slizníc (napr. tetanus, stafylokokové nákazy, tularémia)

Podľa charakteristického mechanizmu prenosu nákazy a podľa prvej typickej lokalizácie pôvodcu nákazy v hostiteľskom organizme delíme infekčné ochorenia získané z vody nasledovne:

Črevné nákazy – choroboplodný zárodok (pôvodca nákazy) sa lokalizuje (usídľuje) v črevnom trakte alebo pozdĺž neho v niektorých orgánoch (napr. pečeni), pričom charakteristický mechanizmus vstupu do organizmu je prehltnutím prostredníctvom takých faktorov prenosu ako je kontaminovaná voda, potraviny, atď. (sem patria napr. žltáčka typu A, salmonelózy, brušný týfus). Pôvodca nákazy sa zväčša zažívacím traktom aj z organizmu vylučuje (stolica, sliny).

Nákazy dýchacích ciest – choroboplodné zárodky (pôvodca nákazy) sa lokalizujú v dýchacích cestách a do organizmu sa dostávajú vdýchnutím kontaminovaného vzduchu, prípadne aerosólu (pôvodca osýpok, záškrtu, chrípky, legionárskej choroby) a pomocou kontaminovaného vzduchu, kvapôčkovou formou alebo slín sa z organizmu vylučujú.

Nákazy krvi a krvotvorných orgánov – pôvodca nákazy je prvotne lokalizovaný v krvi a krvotvorných orgánoch a do organizmu sa dostáva krvou – transfúziou, injekciou, zle vysterilizovaným inštrumentárium, pomôckami, atď. (pôvodca žltáčky typu B, moru, malárie, AIDS).

Nákazy kože a povrchových slizníc – choroboplodný zárodok sa typicky usídľuje do kože, na kožu, do sliznice alebo na sliznicu a mechanizmus prenosu je tu fyzický kontakt prostredníctvom drobných poranení na koži alebo sliznici (pohlavné choroby – syfilis, kvapavka); kožné choroby (mykotické ochorenia kože, tularémia, tetanus, zápaly očných spojiviek).

Nové kontaminujúce látky a patogénne mikroorganizmy v pitnej vode sa z chemických látok dnes považujú za najrizikovejšie pesticídy, látky typu endokrinných disruptorov, lieky a röntgenové kontrastné médiá, komplexačné činidlá (EDTA, DTPA), vedľajšie produkty dezinfekcie, metabolity detergentov. Zo skupiny patogénnych mikroorganizmov sú nebezpečnými nové a novo sa objavujúce (tzv. emerging) patogénne organizmy s vysokým patogénnym potenciálom alebo nebezpečným dopadom globálnej úrovne (voľne žijúce meňavky a ich dopad na šírenie améba rezistentných mikroorganizmov).

Dusičnany v pitnej vode pochádzajú z rôznych zdrojov, najčastejšie dôvodom je hnojenie a chov hospodárskych zvierat, keď prostredníctvom splachov z pôdy sú vpravované do podzemných vôd, ďalším zdrojom je materiál z poškodených potrubí a rúr, z odpadových komunálnych vôd, z ovzdušia znečisteného NO₃.

Riziká

Dusičnany a dusitaný sú najmä pre deti do 6 mesiacov veku veľmi nebezpečné. Používanie dusičnanmi kontaminovanej pitnej vody na prípravu dojčenskej výživy je známym rizikovým faktorom vzniku **alimentárnej methemoglobínémie**. Redukciou dusičnanov baktériami tráviaceho traktu vzniknú dusitaný, ktoré po vstrebaní spôsobia tvorbu methemoglobínu (met-Hb). Vplyvom methemoglobínu dochádza k oxidácii železa na Fe³⁺, ten nie je schopný reverzibilne viazať kyslík a tak v organizme dochádza k hypoxii. K vzniku methemoglobínu prispieva aj skutočnosť, že dojčatá majú ešte stále určité percento fetálneho hemoglobínu, ktorý je na oxidáciu dusitanmi citlivejší, táto zvýšená oxidovateľnosť fetálneho hemoglobínu a ešte relatívne nízka aktivita methemoglobín-reduktázy zvyšujú náchylnosť najmä malých dojčiat k hypoxii. Postihnuté dieťa má sivohnedú cyanózu, dýchavičnosť, zvýšenú tepovú frekvenciu, môže byť dráždivé alebo naopak letargické, v závislosti od závažnosti stavu. Typické je, že prívodom kyslíka sa celkový stav nezlepšuje, ak diagnóza nie je včas rozpoznaná a adekvátne liečená, ochorenie môže pomerne rýchlo progredovať až do multiorgánového zlyhania s fatálnym koncom.

Za hornú hranicu limitu **dusičnanov** vo vode bola stanovená koncentrácia **50 mg.l⁻¹** (a to ako pre dospelých, tak pre dojčatá; predtým uvádzaná hodnota 15 mg.l⁻¹ pre dojčatá už neplatí). Maximálna prípustná koncentrácia **dusitanov** je o dva rády nižšia, t.j. **0,5 mg.l⁻¹** a to preto, že dusitaný už v organizme nie sú ďalej premieňané a v prijatej forme priamo pôsobia na hemoglobín.

Voda na kúpanie

Sledovanie kvality vody na kúpanie ustanovuje národný predpis, ktorým je vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 308 / 2012 Z. z. MZ SR **o požiadavkách na kvalitu vody, kontrolu kvality vody a o požiadavkách na prevádzku, vybavenie prevádzkových plôch, priestorov a zariadení na prírodnom kúpalisku a na umelom kúpalisku** a Smernica 2006/7/ES prevzatá do zákona č. 355/2007

Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a vyhlášky MZ SR č. 309/2012
Z. z. o požiadavkách na vodu určenú na kúpanie.

Monitorovanie, hodnotenie a reportovanie (každoročne Európskej komisii) kvality vody na lokalitách, ktoré sú zaradené v Zozname VUK (Voda určená na kúpanie) sa vykonáva podľa špecifických požiadaviek európskych kritérií smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/7/ES o riadení kvality vody určenej na kúpanie, ktorou sa zrušuje smernica 76/160/EHS. Na základe výsledkov analýz z dvoch mikrobiologických ukazovateľov (*Escherichia coli* a črevné enterokoky) zo 4 po sebe idúcich kúpacích sezón sú VUK klasifikované do 4 tried kvality. Uvedená klasifikácia reprezentuje vzhľadom na spôsob hodnotenia **dlhodobý vývoj kvality vody na lokalite**, ktorý sa však počas KS nemusí zhodovať s aktuálnym stavom. Za kúpaciu sezónu je na Slovensku vo všeobecnosti považované obdobie od 15. júna do 15. septembra, kedy sa očakáva najväčší počet kúpajúcich sa. Začiatok skutočnej prevádzky kúpalísk je však každoročne ovplyvnený stavom ich pripravenosti, aktuálnym počasím a záujmom verejnosti.

Rekreačné kúpanie na Slovensku poskytujú: sezónne umelé kúpaliská, celoročné umelé kúpaliská, prírodné kúpaliská (vodné plochy s organizovanou rekreáciou), iné prírodné vodné plochy (s neorganizovanou rekreáciou).

Významné zdravotné riziko predstavovať prítomnosť cyanobaktérií vo vode prírodných kúpalísk ako aj vo vode surovej, ktorá slúži na úpravu pitnej vody upravovanej z povrchových zdrojov (tzv. vodárenské nádrže) ak sa v surovej vode premnožia toxické sinice.

Cyanobaktérie (sinice) sú prokaryotické autotrofné organizmy schopné produkovať kyslík, podobne ako rastliny. Sú významnými primárnymi producentami a závisí od nich množstvo ďalších organizmov. Cyanobaktérie produkujú širokú škálu látok, ktorými sú schopné ovplyvňovať svoje okolie (oligosacharidy, organické kyseliny, peptidy, hormóny, enzýmy, antibiotiká, polysacharidy) a v neposlednom rade pachy, pachute a toxické látky. Posledné tri menované skupiny látok najviac obmedzujú využitie vody na hospodárske, vodárenské alebo iné účely. Produkciou cyanotoxínov sa stávajú dôležitými aj z hľadiska účinkov na organizmus. **Cyanotoxíny** sú biologicky aktívne sekundárne metabolity, ktoré sú menej nebezpečné ako bakteriálny botulín, alebo toxín tetanu, ale dajú sa prirovnať k hadím jedom, napríklad k jedu kobry. Sú toxickejšie aj v porovnaní s rastlinnými alkaloidmi. **Podľa účinku** ich delíme do dvoch skupín:

(1) **neurotoxíny, anatoxíny a hepatotoxíny**, tieto spôsobujú smrteľné otravy. Sú produkované druhmi rodu *Microcystis*, *Anabeana flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Planktothrix rubescens*, *Trichodesmium*

Svojou chemickou stavbou sa jednotlivé toxíny dosť líšia. Napríklad hepatotoxíny patria medzi peptidy, iné zas medzi alkaloidy, ďalšie sú podobné organofosfátovým pesticídom.

(2) **cytotoxíny**, ktoré nespôsobujú smrteľné otravy - majú selektívny účinok na bakteriálne, hubové a iné bunky. Môžu spôsobiť chronické otravy a trvalé

poškodenia organizmu, ale dajú sa využiť aj ako cytotoxické antibiotiká s protinádorovým účinkom (tzv. cytostatiká).

Vytvárajú **sinicový vodný kvet** (angl. Cyanobacterial Harmful Algal Blooms (Cyano HABs)). Problémy s otravou vznikajú pri požití kontaminovanej vody, ale aj pri kúpaní. Často následkom kontaktu s vodným kvetom siníc vznikajú kožné alergie, zápaly spojoviek a bronchitídy. K otravám dochádza u dobytká napájaného kontaminovanou vodou. Horúčkovité ochorenia dobytká s následkom smrti sú známe zo stepných oblastí Austrálie, Spojených štátov a z južných oblastí Ruska a Ukrajiny.

Cyanobaktérie (sinice) sú jednobunkové alebo vláknité autotrofné prokaryotické mikroorganizmy. Obsahujú fotosyntetické pigmenty: chlorofyl-a, beta-karotén, xantofyly a fykobilíny. Obsah buniek je modrozelenéj farby, môže sa vyskytovať aj sivomodrá, olivovo zelená alebo žltozelená farba. Sinice majú schopnosť chromatickej adaptácie, schopnosť využívať zelenú a červenú časť spektra zmenou pomeru fotosyntetických pigmentov, čím je im umožnené osídľovať miesta s nízkou alebo takmer nulovou svetelnou intenzitou. Fixujú plyný dusík, ktorý redukujú na amónne soli za prítomnosti enzýmu nitrogenázy (pomocou hrubostenných buniek s bezfarebným obsahom, tzv. heterocytov). Tieto bunky majú význam pri prežívaní siníc. Výraznou štruktúrou siníc tvoriacich vodný kvet sú **plynové mechúriky**, ktoré sa zhlukujú vo vnútri buniek. Vznik vodného kvetu súvisí s postupujúcou eutrofizáciou a s následnou produkciou toxínov. Sú známe aj prípady otravy toxínmi z jazier oligotrofného charakteru. Príkladom siníc vodného kvetu sú rody *Microcystis*, *Anabaena* (Obr.28a), *Nostoc* a *Aphanizomenon*. Toxíny siníc označované ako cyanotoxíny sú produktami sekundárneho metabolizmu, nie sú bunkou siníc priamo využívané. Patria medzi tzv. biologicky aktívne látky, ktoré sú uvoľňované sinicami do okolitého vodného prostredia, kde svojou prítomnosťou ovplyvňujú fyzikálne a chemické vlastnosti vody. Medzi najnebezpečnejšie cyanotoxíny patria hepatotoxíny, neurotoxíny (anatoxín- a a mikrocystín) a cytotoxíny. Ďalšími zástupcami siníc je napríklad rod *Merismopedia* s doštičkovitými kolóniami a vláknité rody *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Phormidium* (Obr. 28b) a *Arthrospira*.



Obr. 28 a) Svetelná mikrofotografia vodného kvetu siníc rodov *Microcystis* a *Anabaena* b) a vláknitej sinice rodu *Phormidium*

(Zdroj: K. Trnková)

Požívaním alebo používaním pitnej a úžitkovej vody, ak je kontaminovaná patogénnymi a podmienene patogénnymi mikroorganizmami, môže dôjsť k poškodeniu zdravia a rozvinutiu infekčného ochorenia. Z epidemiologického hľadiska najzávažnejšími mikroorganizmami vo vode sú druhy vyvolávajúce alimentárne ochorenia. Infekčné agensy (pôvodcovia brušného týfusu, dyzentérie, cholery, leptospirózy, antraxu, vírusovej hepatitídy, parazitárnych a iných ochorení) sa do vôd dostávajú s výkalmi a močom chorých ľudí, resp. ich nosičov. Vo vodnom prostredí sa spravidla nerozmnožujú a ich počet postupne klesá, no môžu v ňom prežívať aj niekoľko mesiacov. Kontaminovanou vodou sa prenášajú nákazy, ktorých pôvodcovia sú pre človeka virulentní a na vyvolanie ochorenia stačí ich malé množstvo (napr. týfus, paratýfus). Iné nákazy vznikajúce pri vysokej infekčnej dávke (10^6 zárodkov, napr. cholera) sa prenášajú vodou, ktorá je masívne kontaminovaná, napr. vodou znečistenou zo žumpy, hnojiska, z porušenej kanalizácie a pod. V týchto prípadoch vznikajú obyčajne epidémie z vody, postihujúce oblasti zásobované kontaminovanou pitnou vodou.

Vo vodovodných systémoch sú za určitých podmienok schopné rozmnožovať sa patogénne baktérie rodu *Legionella*. Ich premnoženie môže taktiež spôsobiť epidémiu. Prenášajú sa aerosólom (sprchy, zvlhčovače vzduchu, vírivky, fontány, tobogány, priemyslové chladiace veže). Prejavy infekcie sú rôzne, od chrípke podobného ochorenia až po ťažké fatálne pneumónie (legionárska choroba).

Pri kontaminácii pitných a rekreačných vôd odpadovými vodami z nemocníc sa vo vodách môžu objaviť ďalšie patogénne mikroorganizmy, napr. *Mycobacterium tuberculosis*, *Vibrio cholerae*, *Bacillus anthracis*, pôvodcovia infekčnej hepatitídy, poliomielitídy. Najväčším rizikom pre zdravie človeka z čeľade Enterobacteriaceae sú baktérie rodov *Salmonella* a *Shigella*, ktoré sú schopné produkovať rôzne toxíny. Vodou sa môžu šíriť aj iné bakteriálne toxíny (teroristické akcie, vojnové stavy), napr. botulotoxíny, šigatoxín, antrax, pretože ich vysoká biologická účinnosť a chemická stabilita zaručuje toxický účinok aj pri veľkom zriedení.

Nákazy z pobytu vo vode

Pri kúpaní sa nie je možné úplne vylúčiť kontakt s rôznymi druhmi mikroorganizmov šíriacich sa vodou, no problém nastane vtedy, ak sa neprimerane premnožia. Vodou vo verejných bazénoch sa najčastejšie šíria pôvodcovia črevných nákaz, ktoré vyvolávajú hnačky najmä u detí, tiež vírusové ochorenia, ako sú zápaly očných spojiviek či vírusový zápal pečene typu A. Možno sa nakaziť aj parazitárnymi červami (mrľa ľudská, škrkavka detská). Deti a dospelí sú na umelých kúpaliskách vystavení aj pôsobeniu mikroskopických húb, plesní a kvasiniek, ktoré vyvolávajú povrchové ochorenia kože, nechtov, vlasov a slizníc a prejavujú sa úporným svrbením. Ide najmä o rôzne typy dermatitíd, urologické aj gynekologické infekcie.

Voda na prírodných vodných plochách, môže byť kontaminovaná aj výlučkami hlodavcov a psov. Na ľudí sa môžu preniesť leptospiry baktérie spirochéty rodu *Leptospira*. Tie vyvolávajú ochorenie leptospiróza, ktoré sa prejavuje podobne

ako chrípka, alebo prebieha s príznakmi ochorenia centrálnej nervovej sústavy (zápal mozgu a mozgových blán), s postihnutím pečene a obličiek. Mikrobiologická kontaminácia môže spôsobiť po prehltnutí vody žalúdočné a črevné problémy, u detí hnačky.

V ostatných rokoch sa v slovenských prírodných povrchových vodách využívajúcich na kúpanie, ale aj v riekach, potvrdzuje prítomnosť tzv. morských vibrií. Ide o mikroorganizmy, ktoré sa obvykle vyskytujú v morskej vode a v morských živočíchoch, a ktoré pre svoj život vyžadujú vyššie koncentrácie minerálov, hlavne sodíka. Niektoré pritom môžu mať negatívny dopad na ľudské zdravie. Prítomnosť morských vibrií je pravdepodobne jedným z prejavov prebiehajúcej zmeny klímy. Predpokladá sa, že vysoké letné teploty a sucho spôsobujú „zahusťovanie“ našich povrchových vôd, a takto sa vytvára prostredie, v ktorom tieto baktérie môžu prežívať a rozmnožovať sa. Na Slovensku boli laboratórne potvrdené *Vibrio fluvialis* a *Vibrio furnissii* - bežne prítomné v morskej a brakickej (zmiešanej, sladko-slanej) vode. U ľudí môžu spôsobiť silné vodnaté hnačky. *Vibrio alginolyticus* - typické morské vibrio, ktoré nie je schopné prežívať bez sodíkových katiónov. U ľudí môže spôsobiť infekcie rán, mäkkých tkanív, očí, uší a kože, niekedy aj so stratou tkaniva. *Vibrio vulnificus* - typické morské vibrio, tolerantné k veľmi vysokým koncentráciám solí. U ľudí môže spôsobiť infekcie rán, mäkkých tkanív, očí, uší a kože, niekedy aj so stratou tkaniva. Z rán sa môže dostať do krvného riečiska a spôsobiť sepsu (otravu krvi).

Za ostatné 3 až 4 roky sme na Slovensku zaznamenali iba pár prípadov infekcií týmito baktériami, zatiaľ len zriedkavo - hnačky spôsobené *V. fluvialis* a *V. furnissii*, a infekcie rán spôsobené *V. alginolyticus*. Samotná prítomnosť morských vibrií v prírodných povrchových vodách nie je dôvodom na paniku, skôr však treba myslieť na bežnú opatrnosť pri kúpaní. Nekúpte sa, ak máte porušenú pokožku, po kúpaní sa čo najskôr prezlečte z mokrých plaviek a osprchujte sa. Ak sa pri kúpaní zraníte, ranu čo najskôr vydezinfikujte a v kúpaní nepokračujte. Najmä v prípade detí sa vyhnite aktivitám, pri ktorých hrozí napitie sa z vody, v ktorej sa kúpu (ÚVZ SR 2023).

V sladkých vodách sa môžu vyskytovať voľne žijúce meňavky (améby) – prvoky, z ktorých niektoré druhy sú pre človeka patogénne. *Naegleria fowleri* spôsobuje zápal mozgu a mozgových blán s veľmi rýchlym priebehom ochorenia, končiace smrťou. Rody *Acanthamoeba* a *Balamuthia mandrillaris* spôsobujú infekcie centrálneho nervového systému, kože, pľúc alebo očí. Rizikom sú pre návštevníkov kúpalísk, ktorí nosia kontaktné šošovky. Na ne sa môžu meňavky zachytiť, prípadne vniknúť pod šošovku a spôsobiť zápal oka. Pri nedostatočnej dezinfekcii šošovky po kúpaní v bazénoch a pri ich udržiavaní v nevhodných roztokoch sa môžu premnožiť a stať sa tak ďalším zdrojom infekcie oka. Amébové dyzentérie spôsobuje druh *Entamoeba histolytica*. Ďalšími prvokmi, ktoré môžu spôsobiť ochorenia z vody sú bičíkovce *Trichomonas vaginalis* spôsobujúci zápal pošvy a močových ciest a *Lambliia intestinalis* spôsobujúca zápal tenkého čreva. Pri kúpaní môže dôjsť aj k nákaze parazitárnymi červami. Samotná prítomnosť vajčiek helmintov ešte neznamená ohrozenie zdravia kúpajúcich sa. Potrebné je, aby vo vajčkách dozreli larvy schopné invázie. Najrýchlejšie sa vyvíjajú larvy mrle ľudskej *Enterobius vermicularis*. Dozrievajú za 6 hodín

pri 36 °C. Sú najčastejším parazitárnym ochorením u detí. Prejavujú sa nepříjemným až neznesiteľným svrbením okolia konečníka. Významná je škrkavka detská *Ascaris lumbricoides*, ktorá sa vyvíja z prehltnutých vajíčok s larvami. Tieto sa prevrtávajú sliznicou tenkého čreva, kadiaľ sa dostávajú do krvi, prenikajú do pľúcnych komôrok a odtiaľ dýchacími cestami do úst. Až po ich prehltnutí sa larvy dostávajú do čreva, kde dorastajú na dospelé jedince, ktoré produkujú nové vajíčka.

Informačný systém o pitnej vode v SR a informačný systém o kvalite vody na kúpanie v SR

V spolupráci inštitúcií Slovenská agentúra životného prostredia s Úradom verejného zdravotníctva SR a Výskumným ústavom vodného hospodárstva bol realizovaný projekt na informovanie o kvalite vody v zmysle posilnenia plnenia požiadaviek vyplývajúcich z právnych predpisov EÚ so zameraním na smernicu Rady 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu a podpory dosiahnutia cieľov smernice EP a Rady 2003/4/ES o prístupe verejnosti k informáciám o životnom prostredí.

Kontrolné otázky a úlohy pre samostatné štúdium:

1. Aké sú dopady globálnej distribúcie sladkej vody na dotknuté populácie vo svete?
2. Vyhľadajte miesta s najvyššou a najnižšou mierou vodného stresu vo svete.
3. Čo predstavujú bezpečne spravované služby pitnej vody a ktorými právnymi predpismi, protokolmi a dohovormi sú podporené?
4. Aké sú trendy v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou v SR v súčasnosti v porovnaní s historickými údajmi?
5. Charakterizujte parametre, ktorými sa zabezpečuje kontrola hygienickej kvality vody
6. Aké sú zdravotné riziká spojené s nevyhovujúcim stavom kvality pitnej vody a vody na kúpanie?
7. Ktoré nové hrozby v súvislosti s kvalitou vôd sú v pozornosti s ohľadom na verejné zdravie?

Zdroje informácií a obrázkov použitých v kapitole V.

- ▶ **EEA 2018** <https://www.eea.europa.eu/sk/signaly-eea/signaly-2018/infografika/spotreba-vody-v-europe/view>)
- ▶ Baggio, G. Qadir, M., Smakhtin, M. 2021 Freshwater availability status across countries for human and ecosystem needs, Science of The Total Environment, Volume 792, 148230, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148230>

- ▶ Smernice Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 2020/2184 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu
- ▶ Smernica Európskeho parlamentu a Rady č. 2006/7/ES z 15. februára 2006 o riadení kvality vody určenej na kúpanie („Smernica 2006/7/ES“)
- ▶ United Nations, The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO, Paris. ISBN 978-92-3-100576-3
- ▶ ÚVZ SR 2023 Životné prostredie - Portál úradov - Liferay (uvzsr.sk)
- ▶ ÚVZ SR 2023 <https://www.uvzsr.sk/web/uvz/zdrava-pitna-voda-z-vlastnej-studne>
- ▶ Vyhláška č. 91/2023 Z. z. MZ SR, ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov. <https://www.epi.sk/zz/2023-91>).
- ▶ Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 309/2012 Z. z. o požiadavkách na vodu určenú na kúpanie v znení vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 397/2013 Z.
- ▶ WHO 2023 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- ▶ WHO 2023 Lead poisoning (who.int).
- ▶ World Resources Institute 2019 <https://www.wri.org/blog/2019/08/17-countries-home-one-quarter-world-population-face-extremely-high-water-stress>

Ing. Katarína Trnková, PhD., doc. Ing. Marek Drímal, PhD.

Vybrané kapitoly zo zdravia a životného prostredia

Recenzenti

prof. MUDr. Cyril Klement, CSc.

prof. Ing. Iveta Marková, PhD.

Rozsah: 126 strán

vydanie prvé

Vydavateľ: Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

ISBN: 978-80-557-2080-7

<https://doi.org/10.24040/2023.9788055720807>

