

VODA_III

NAKLADANIE S ODPADOVOU VODOU

VZDUCH I

ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI VZDUCHU

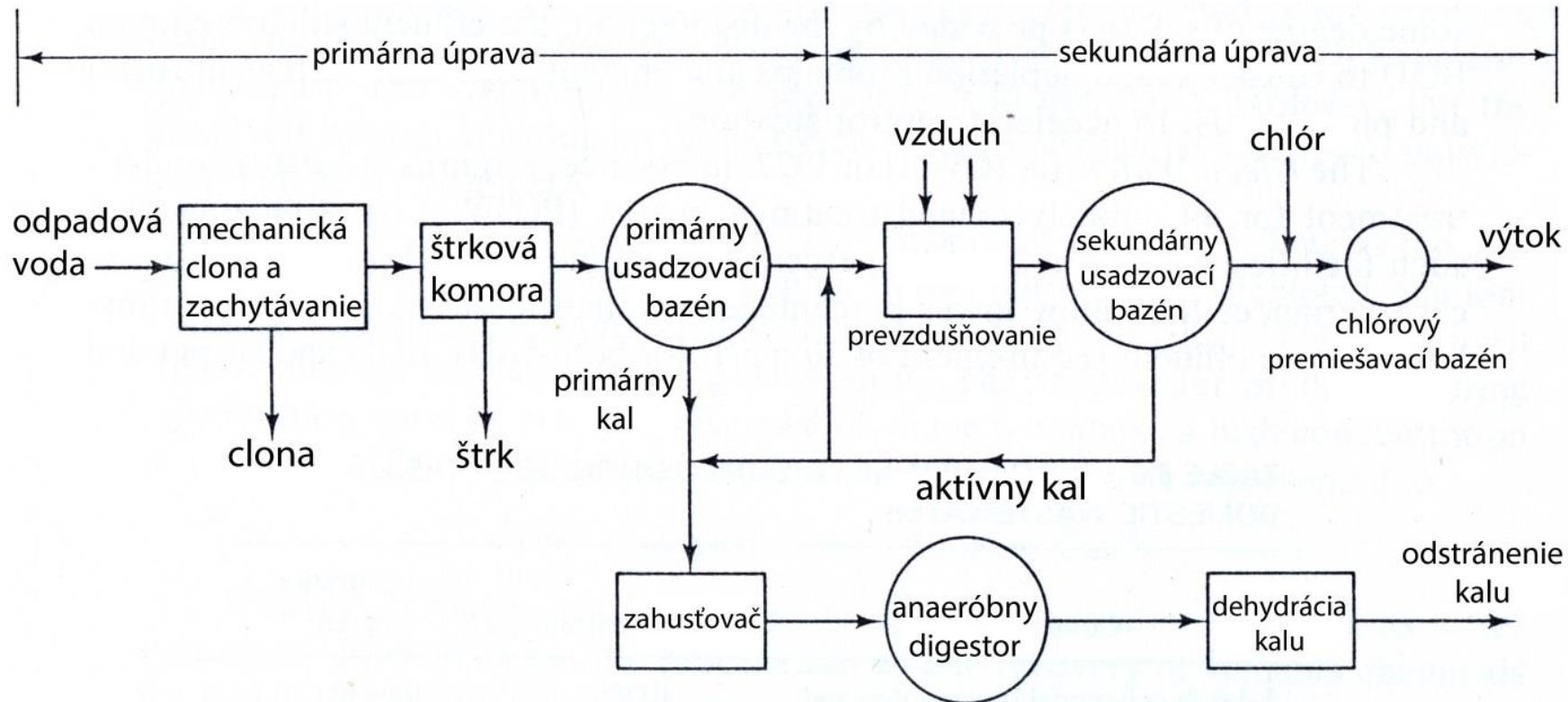
Literatúra:

Prof. Ing. Jozef Sitek, DrSc., Ing. Jarmila Degmová, PhD.
Environmentalistika, skriptum, Nakladateľstvo FEI STU, 2015.

SK48 – SK70

EN48 – EN70

Nakladanie s odpadovou vodou

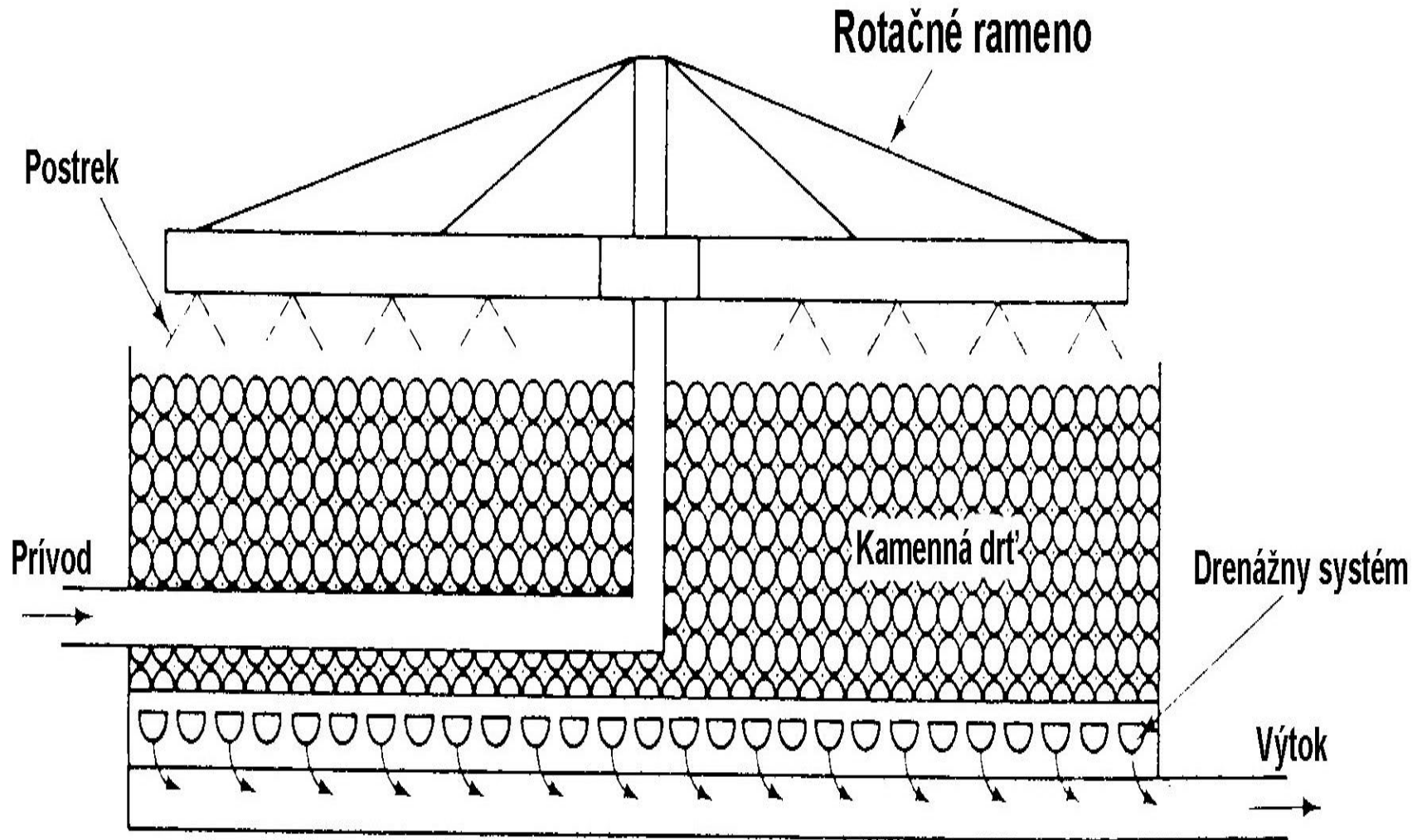


Primárna a sekundárna úprava

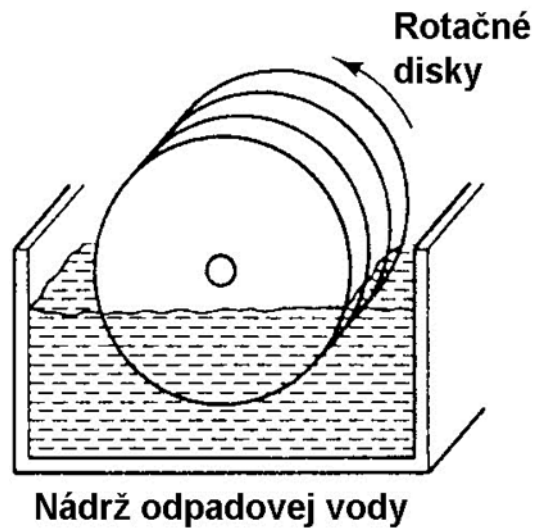
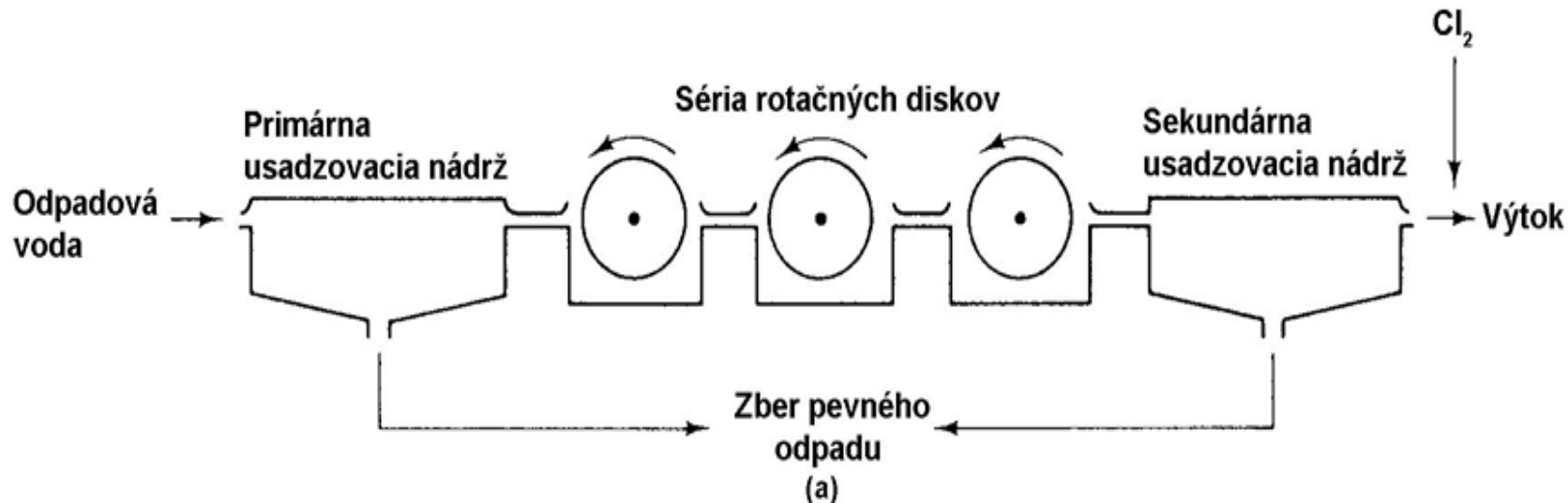
Primárna úprava sa začína **mechanickou ochrannou clonou**, ktorá pozostáva z ocelových mreží pokrytých pletivom na zachytenie hrubých mechanických nečistôt. Nasleduje **komora naplnená štrkom**, kde sa zachytávajú ťažšie materiály. Zo štrkovej komory voda prechádza do **primárneho usadzovacieho bazéna**, kde zotrvá približne 2 – 3 hodiny a dôjde k odstráneniu 50 až 65 % tuhých zložiek. Tuhá zložka, nazývaná **primárny kal**, ktorý sa usadil na dne, postupuje na ďalšie spracovanie.

Hlavným cieľom **sekundárnej úpravy** je, aby hodnota BOD klesla na takú hodnotu, ktorá sa nedá dosiahnuť bežnou sedimentáciou. Na tento účel sa používajú zariadenia na **prevzdušňovanie vody**. **Stekajúci filter** pozostáva z rotujúceho ramena, z ktorého strieka odpadová voda na vrstvu kameňov alebo iného hrubozrnného materiálu. Priestor medzi kameňmi je dostatočne veľký na to, aby dovoľoval cirkuláciu vzduchu, a tým sa dosahuje prevzdušňovanie vody. Takto upravená voda potom prechádza do **sekundárneho usadzovacieho bazéna**.

Stekajúci filter



Rotačné biologické disky (15 min)

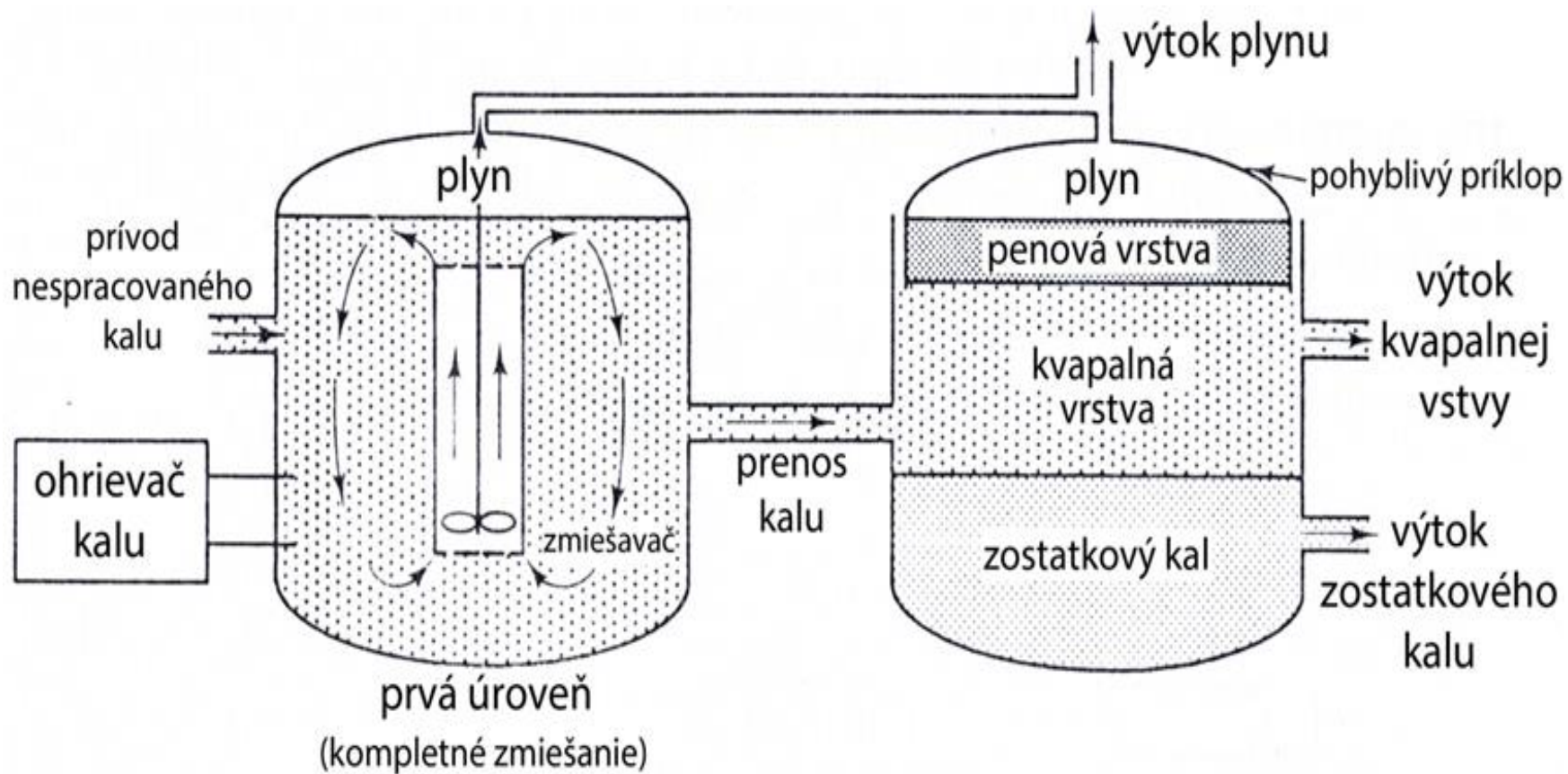


Nakladanie s kalmi

Množstvo kalu, ktoré sa vyprodukuje, býva približne **2 %** z celkového objemu odpadovej vody, je však závislé na použitom procese úpravy vody. Tradičné metódy spracovania kalov využívajú **anaeróbne procesy**, v ktorých sa využívajú baktérie, ktoré rozkladajú látky **bez prítomnosti kyslíka**. Anaeróbny rozklad je pomalší ako aeróbny, ale má výhodu v tom, že len malé percento odpadu sa transformuje na nové bakteriálne bunky. Väčšina organickej hmoty sa premení na **oxid uhličitý a metán** (aký je chemický vzorec metánu?).

Väčšina zariadení využívajúcich anaeróbny rozklad pracuje ako **dvojstupňový digestor**. Kal je v prvom stupni miešaný a zohrievaný, aby sa urýchlil proces rozkladu. Bežná doba rozkladu je asi 10 až 15 dní. Druhý stupeň je buď vyhrievaný alebo premiešavaný a má pohyblivý príklop, aby sa dalo regulovať množstvo vznikajúceho plynu. Druhý stupeň umožňuje separovať určité množstvá tuhej, tekutej zložky a plynu. Tekutú zložku možno opäť vrátiť na spracovanie, tuhá zložka sa dehydruje a ukladá na skládku. Vyrobený plyn má potenciálne využitie ako palivo.

Dvojstupňový digestor



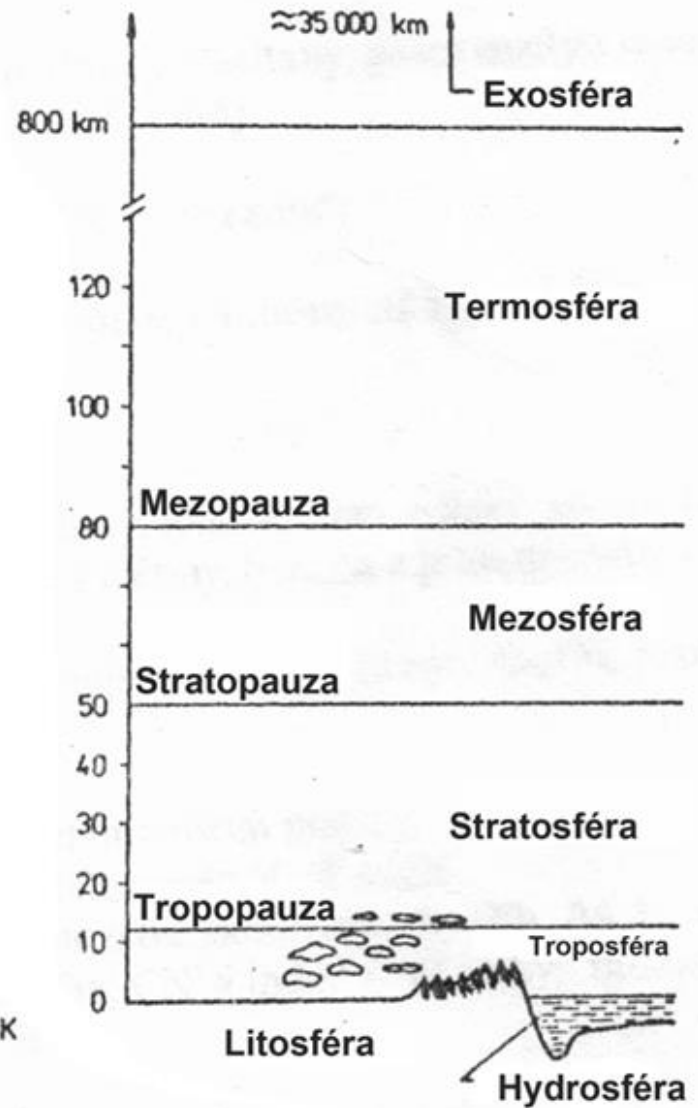
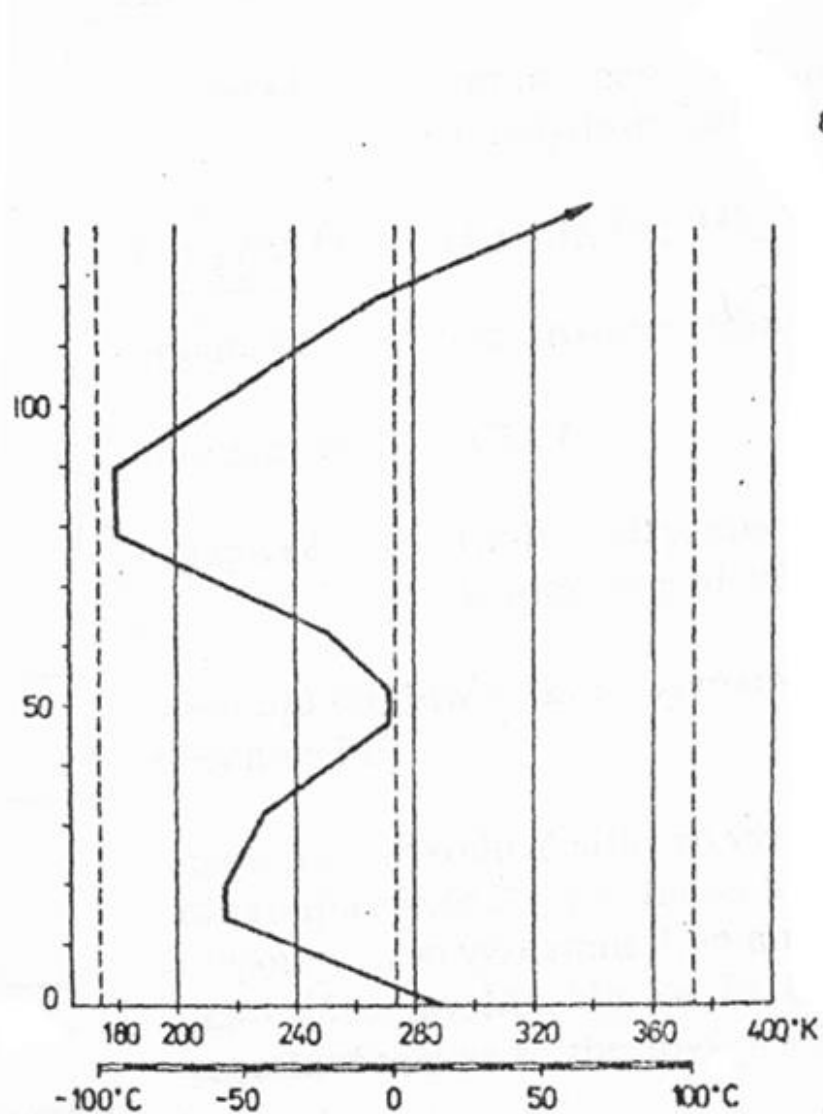
Vzduch – základné vlastnosti

Vzduch je základnou zložkou biosféry, bez ktorého by nebola možná existencia súčasných foriem života na Zemi. Vzduch má niektoré osobitné vlastnosti, ktorými sa líši od okolitých látok. Ako plyn je prítomný všade, jeho výskyt nie je viazaný na určité miesto a netreba ho dopravovať. Čistý vzduch, neobsahujúci žiadny prach ani plynné znečisťujúce látky je ideálnym pojmom a v prírode sa nevyskytuje. Vzduch vytvára okolo Zeme ochrannú vrstvu, ktorú nazývame **atmosféra**.

Atmosféra sa delí na niekoľko horizontálnych vrstiev, z ktorých každá má svoj charakteristický teplotný profil:

- Troposféra;
- Stratosféra;
- Mezosféra;
- Termosféra;
- Exosféra.

Stratifikácia a teplotný profil atmosféry



Hustota, tlak a vlhkosť vzduchu (30 min)

Na povrchu Zeme je **hustota vzduchu** 1.258 kg/m^3 . **Tlak vzduchu** v zemskej atmosfére – **atmosférický tlak** – je približne 10^5 Pa a s nadmorskou výškou klesá. V nadmorskej výške 6 km je tlak vzduchu približne polovica normálneho atmosférického tlaku. Pri takomto tlaku vznikajú ťažkosti s dýchaním a obmedzuje sa okysličovanie biologických tkanív, najmä v mozgu. To je problém horolezectva. Vo vzduchu sa vznášajú drobné mikroorganizmy, ako napríklad peľové zrnká, roztoče a podobne, ktoré tvoria tzv. **aeroplanktón**.

Vlhkosť vzduchu je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim vodnú bilanciu suchozemských živočíchov. Množstvo vodných pár vo vzduchu závisí najmä od zmien teploty, a preto veľmi kolíše v čase i v priestore.

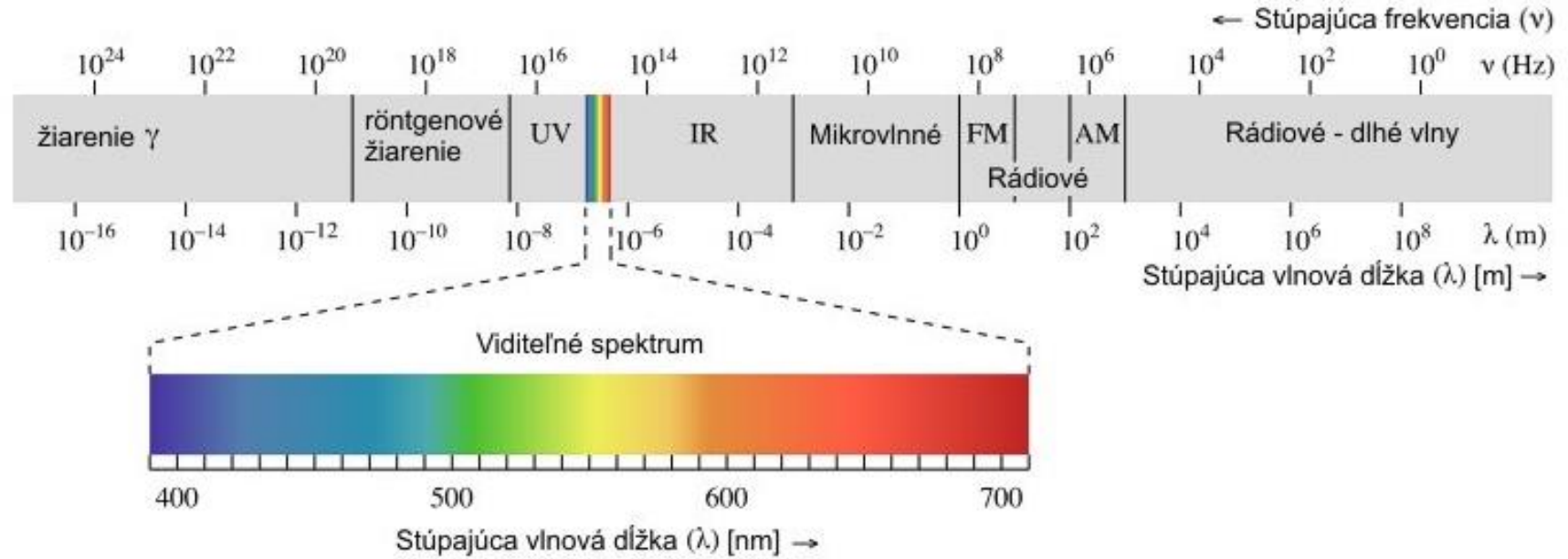
Mimozemské (kozmicke) žiarenie predstavuje 99.98 % všetkej energie dopadajúcej na zemský povrch. Predstavuje široké spektrum častíc a energií, pričom z environmentálneho hľadiska sú významné nasledovné:

Ekologicky významné zložky kozmického žiarenia

- **Rádioaktívne žiarenie** – vlnová dĺžka je menšia ako 3 nm, pôsobí na organizmy somaticky aj geneticky;
- **Ultrafialové žiarenie** – vlnová dĺžka od 3 do 400 nm, je biologicky rôzne účinné. Vo vlnovom rozsahu nad 260 nm má malú biologickú účinnosť, pod 260 nm spôsobuje poškodzovanie biologických tkanív, príkladom je nadmerné slnenie;
- **viditeľné žiarenie (viditeľné svetlo)** – vlnová dĺžka od 360 do 760 nm je vnímané ľudským okom;
- **infračervené žiarenie** – vlnová dĺžka od 760 nm do 400 μm , prejavuje sa tepelnými účinkami;
- **kozmicke žiarenie** – vlnová dĺžka kratšia ako 500 fm, pozostáva z rôznych druhov častíc a môže vyvolať somatické aj genetické zmeny.

Atmosféra aj magnetické pole Zeme výrazne ovplyvňujú spektrum mimozemského žiarenia, ktoré dopadá na Zem.

Spektrum mimozemského žiarenia



Znečistenie vzduchu

Látky znečisťujúce ovzdušie (polutanty) sa delia na **primárne** a **sekundárne**.

Primárne polutanty sa dostávajú do ovzdušia z prírodných zdrojov alebo z ľudskej činnosti. **Sekundárne polutanty** vznikajú v ovzduší pri atmosférických reakciách.

Zdroje znečistenia ovzdušia môžu byť **prírodného** alebo **antropogénneho** pôvodu. Z prírodných zdrojov je to **erózia pôdy a hornín, prírodné požiare, vulkanická činnosť** a podobne. Do antropogénnych zdrojov zahrňujeme **energetiku, priemysel, dopravu a rôzne komunálne zdroje**.

V závislosti od chemických a fyzikálnych vlastností sú polutanty zaradované do rôznych skupín, ako **zlúčeniny síry, dusíka, uhlíka, častice (prach) a rádioaktívne látky**.

Pod pojmom **emisia** rozumieme **vnášanie polutantov do atmosféry**. **Prítomnosť polutantov v ovzduší** charakterizuje **imisia**. Najvyššia miera povoleného vypúšťania sa nazýva **emisný limit**. Najvyššia prípustná koncentrácia polutantov v ovzduší sa nazýva **imisný limit**.

Oxidy uhlíka: oxid uhoľnatý, CO a oxid uhličitý, CO₂

Oxid uhoľnatý vzniká pri horení paliva za nedostatočných podmienok namiesto CO₂. Hladiny CO, ktoré sa vyskytujú v ovzduší, nemajú výrazný škodlivý vplyv na materiály alebo rastliny, ale môžu nepriaznivo ovplyvniť ľudské zdravie. CO sa viaže na hemoglobín a vytvára **karboxyhemoglobín (COHb)**. Obsah karboxyhemoglobínu v krvi v % COHb je daný vzťahom:

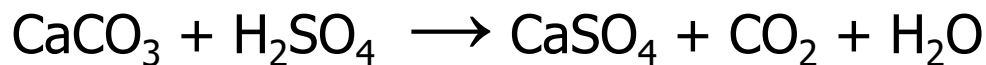
$$COHb [\%] = 0.005[CO]^{0.85} \{\alpha t\}^{0.63}$$

kde [CO] je koncentrácia oxidu uhoľnatého v jednotkách ppm, α je koeficient fyzickej aktivity (pre sedavú prácu 1, pre ťažkú prácu 3) a t je expozičný čas v minútach. Už 5% COHb ovplyvňuje psychomotoriku, od 10% spôsobuje nevoľnosť a bolesť hlavy a nad 50% percent smrť. U fajčiarov sa COHb pohybuje medzi 5-10%.

Oxid uhličitý je známy hlavne ako skleníkový plyn už vyše storočia. Jeho antropogénnymi zdrojmi sú zariadenia na spaľovanie fosílnych palív, najmä klasické uhoľné elektrárne.

Oxidy síry (45 min)

Pri horení palív sa síra uvoľňuje vo forme **oxidu siričitého (SO₂)**, ale aj malého množstva **oxidu sírového (SO₃)**. SO₂ je dobre rozpustný vo vode, a preto sa ľahko zachytáva na vlhkých tkanivách (ústa, pľúca). SO₂ má charakteristický štipľavý zápach, ktorý človek pocíti až pri koncentrácii okolo 700 µg.m⁻³. Pri znečistení atmosféry sa dosahujú hodnoty až okolo 2000 µg.m⁻³. Ročná produkcia SO₂ sa odhaduje na stovky megaton. Oxid siričitý sa môže premeniť na oxid sírový, ktorý reaguje s vodou na kyselinu sírovú (**H₂SO₄**), ktorá je prítomná v **kyslých dažďoch**. Polutanty obsahujúce síru poškodzujú farbivá, spôsobujú koróziu kovov a zoslabujú organické vlákna. Dlhodobým pôsobením sulfátov dochádza na budovách k poškodzovaniu mramoru, vápenca a malty. Reakciu medzi vápencom a kyselinou sírovou môžeme vyjadriť nasledovne:



Výsledkom tejto reakcie je kalcium sulfát (sadra) dobre rozpustný vo vode, a tak po jeho zmytí zostávajú poškodené povrchy.

Oxidy dusíka

Poznáme 7 druhov oxidov dusíka, ktoré sa môžu vyskytnúť v životnom prostredí, a to NO , NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 a N_2O_5 . Dva z nich sú dôležité v ovzduší z hľadiska polutantov, a to **oxid dusnatý (NO)** a **oxid dusičitý (NO_2)**. Zdrojmi oxidov dusíka typu NO_x sú v zásade dva procesy pri spaľovaní fosílnych palív. **Termálny NO_x** vzniká vtedy, ak dusík a kyslík sú v procese spaľovania vyhriate na vysokú teplotu okolo 1000 K. **Palivový NO_x** je výsledkom oxidácie dusíkových zložiek, ktoré sú chemicky viazané na molekuly paliva. Pri emisiách býva zvyčajne dominantná palivová zložka.

Emisie vo forme NO môžu oxidovať na NO_2 , ktorý môže reagovať s uhľovodíkmi a za prítomnosti slnečného žiarenia vytvárať tzv. **fotochemický smog**. NO_2 taktiež môže reagovať s hydroxylovou skupinou OH v atmosfére a vytvárať **kyselinu dusičnú (HNO_3)**, ktorá je z atmosféry vymývaná vo forme kyslých dažďov. Oxidy dusíka vyvolávajú u ľudí bronchitídy, poškodzovanie rastlín a pokiaľ sa v materiáloch vytvoria nitridy, dochádza ku korózii povrchov kovov.

Častice

Atmosférické častice sú definované ako rozptýlené hmotné častice v tuhom alebo tekutom skupenstve, ktorých veľkosť je väčšia ako **0.0002 μm** a menšia ako **500 μm** . Najčastejšie používame označenie **aerosol**, pod ktorým rozumieme jemne rozptýlené tuhé alebo tekuté častice v atmosfére. Častice rozdeľujeme na:

- **Prach** – tuhé častice, ktoré vznikajú po drvení alebo lámaní.
- **Dym** – častice, ktoré vznikli pri kondenzácii pár.

Bežne sa vyskytujúce častice majú rozmer v rozsahu od **0.1 do 10 μm** . Schopnosť ľudského respiračného systému chrániť sa proti vdychovaniu častíc je daný ich rozmermi. Častice **väčšie ako 10 μm** zachytáva respiračný systém veľmi efektívne. Častice v rozsahu **0.5 až 10 μm** sa dostávajú do pľúc a môžu sa v nich usadzovať. Menšie častice prenikajú hlboko do celého respiračného systému.

Narastajúca koncentrácia častíc v atmosfére je príčinou zvýšeného počtu ochorení respiračného systému (astmy, bronchitídy), srdcových ochorení a podobne. Zvlášť nebezpečné sú tie častice, ktoré sú toxické alebo karcinogénne.

Olovo

Najväčšie emisie olova do životného prostredia boli zaznamenané v minulosti, keď motorové vozidlá používali benzín, do ktorého sa pridával **tetraetyl olova** $(C_2H_5)_4Pb$.

Olovo sa dostáva do životného prostredia prevažne vo forme anorganických častíc. Väčšina olova sa zvyčajne usadí v blízkosti svojho zdroja, nakoľko olovo je ťažké. Olovo sa dostáva do ľudského organizmu buď priamym vdychovaním alebo potravinovým reťazcom. Pri vdýchnutí sa olovo absorbuje v krvnom obeh. Keďže olovo je toxická látka, jeho účinky sa prejavujú poruchou správania, oslabením pamäte a poškodením mozgu v prípade, že jeho koncentrácia v krvi dosiahne **viac ako 80 µg/dl**. Zdrojmi olova môžu byť emisie v ovzduší, pitná voda vedená v starých olovených potrubíach, olovené farbivá a potraviny obsahujúce olovo.

Smog

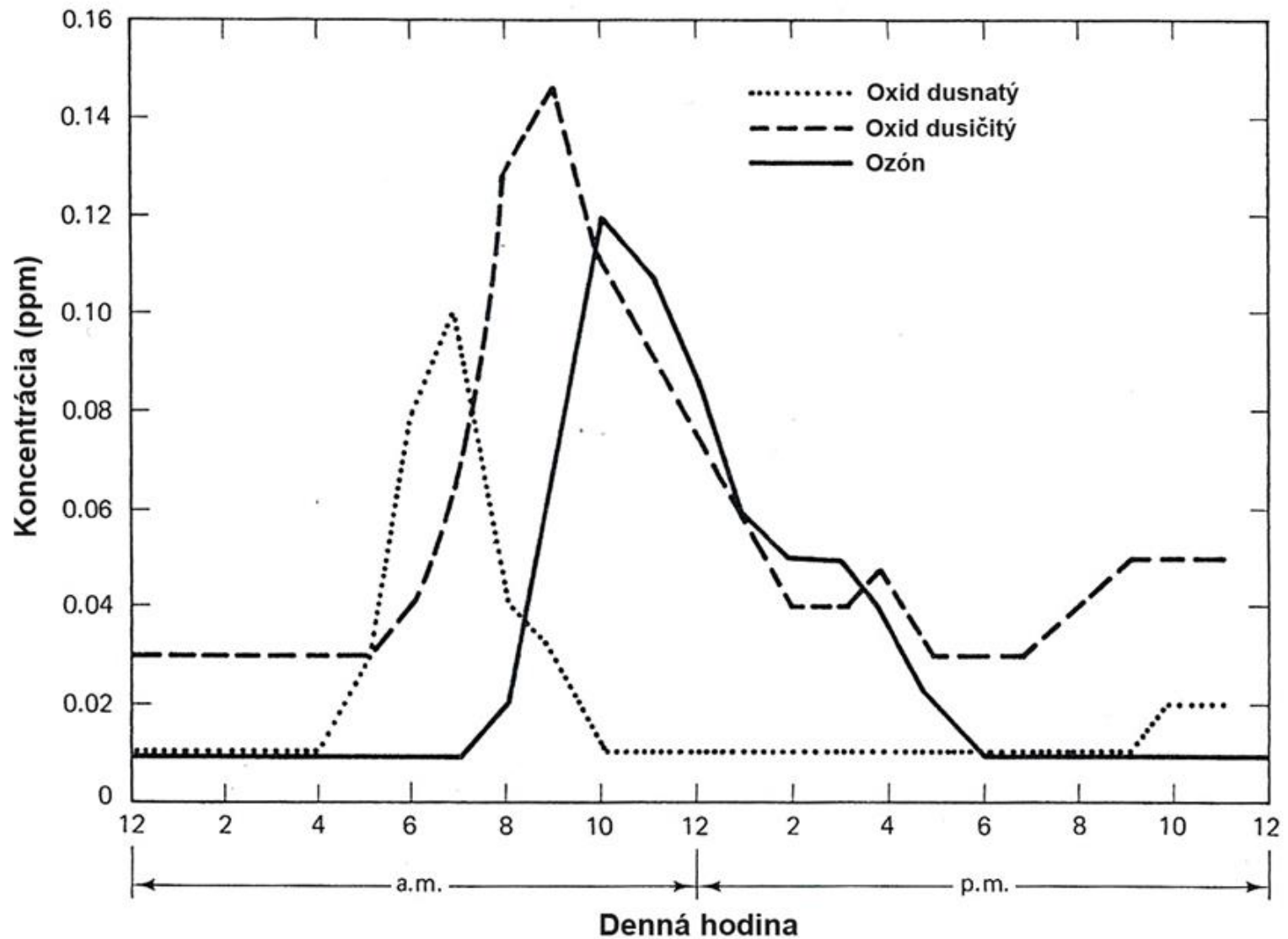
Slovo „**smog**“ je odvodené od slov „**smoke**“ and „**fog**“, ktorými boli v minulosti definované určité druhy častíc. Dnes je smog chápaný ako polutant ovzdušia a charakterizuje **stav ovzdušia so zníženou viditeľnosťou pri vysokom znečistení priemyselnými exhalátmi, výfukovými plynmi motorových vozidiel a produktmi ich vzájomných reakcií**. Rozlišujeme dva druhy smogu:

- **Redukčný (londýnsky typ)** – predstavuje vysokú koncentráciu častíc, oxidov síry a uhlíka ako aj ďalších exhalátov v atmosfére. Častice môžu vytvárať aerosoly a v prípade, že reagujú s atmosférickou vodou, vytvára sa hmla.
- **Fotochemický (losangelský typ)** – jeho tvorbu popisuje reakcia:

Uhl'ovodíky + NO_x + slnečné žiarenie → fotochemický smog

NO₂ podlieha fotolýze pôsobením slnečného žiarenia a odštiepený kyslík vytvára ozón. V rôznych fázach dňa v závislosti od produkcie oxidov dusíka a intenzity slnečného žiarenia, vzniká typický koncentračný profil oxidov dusíka a ozónu.

Priebeh dennej koncentrácie oxidov dusíka a ozónu v LA (60 min)



Podmienky vzniku smogu

Podmienky	Londýn	Los Angeles
Teplota ovzdušia	-3 do +30°C	25 do 35°C
Relatívna vlhkosť vzduchu	80%	70%
Rýchlosť vetra	2 m/s	2 m/s
Najčastejšie obdobie výskytu	október–február	júl–október
Čas maximálnej koncentrácie	ráno, večer	od 8 do 12 hod.
Vplyv na človeka	dýchacie orgány	koža, oči

Teplotný gradient vzduchu

Využitím stavovej rovnice ideálneho plynu a zákonov termodynamiky je možné odvodiť vzťah pre zmenu teploty vzduchu, T , v závislosti od nadmorskej výšky, z :

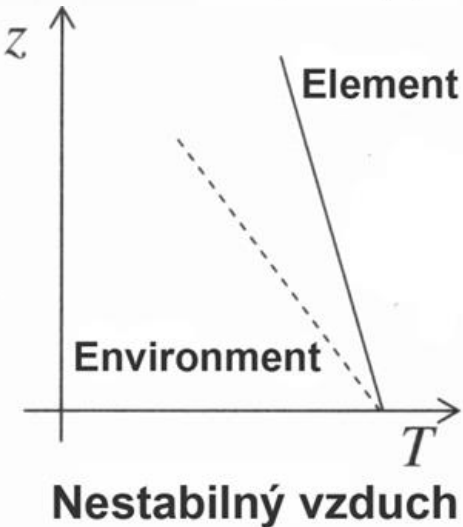
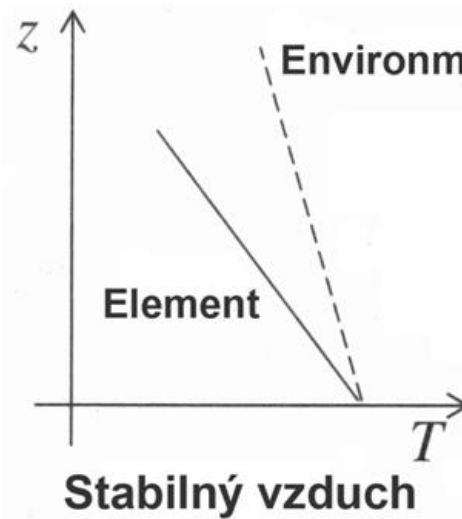
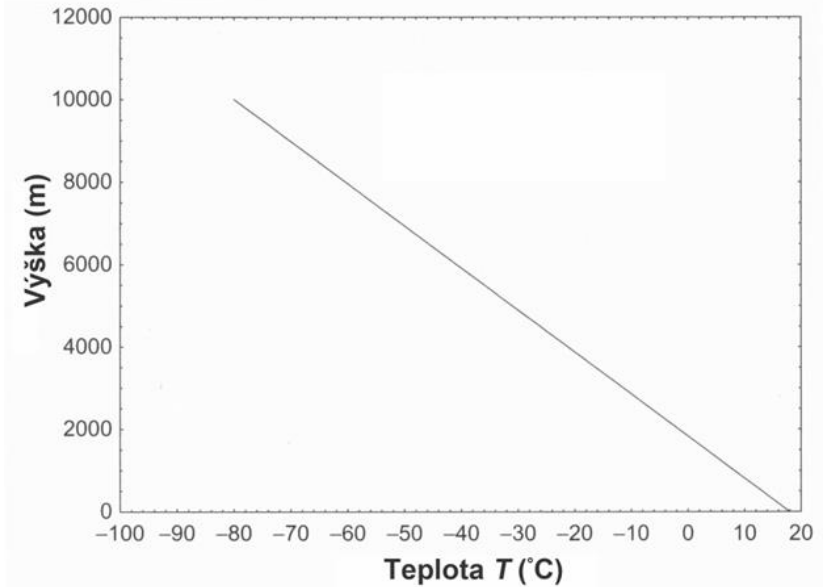
$$-\frac{dT}{dz} = 0.00976^{\circ}\text{C}/\text{m}$$

Výraz na ľavej strane (vrátane znamienka „-“) sa nazýva **suchý adiabatický gradient** a má hodnotu $9.76^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Ak skutočná teplota vzduchu klesá s výškou rýchlejšie ako suchý adiabatický gradient, potom vzduch bude nestabilný a nastane rýchle premiešavanie a prúdenie polutantov. V opačnom prípade, ak skutočná teplota vzduchu bude klesať s výškou pomalšie ako suchý adiabatický gradient, vzduch bude stabilný a polutanty sa skoncentrujú.

Suchý adiabatický gradient

$$-\frac{dT}{dz} = 0.00976^{\circ}\text{C}/\text{m}$$



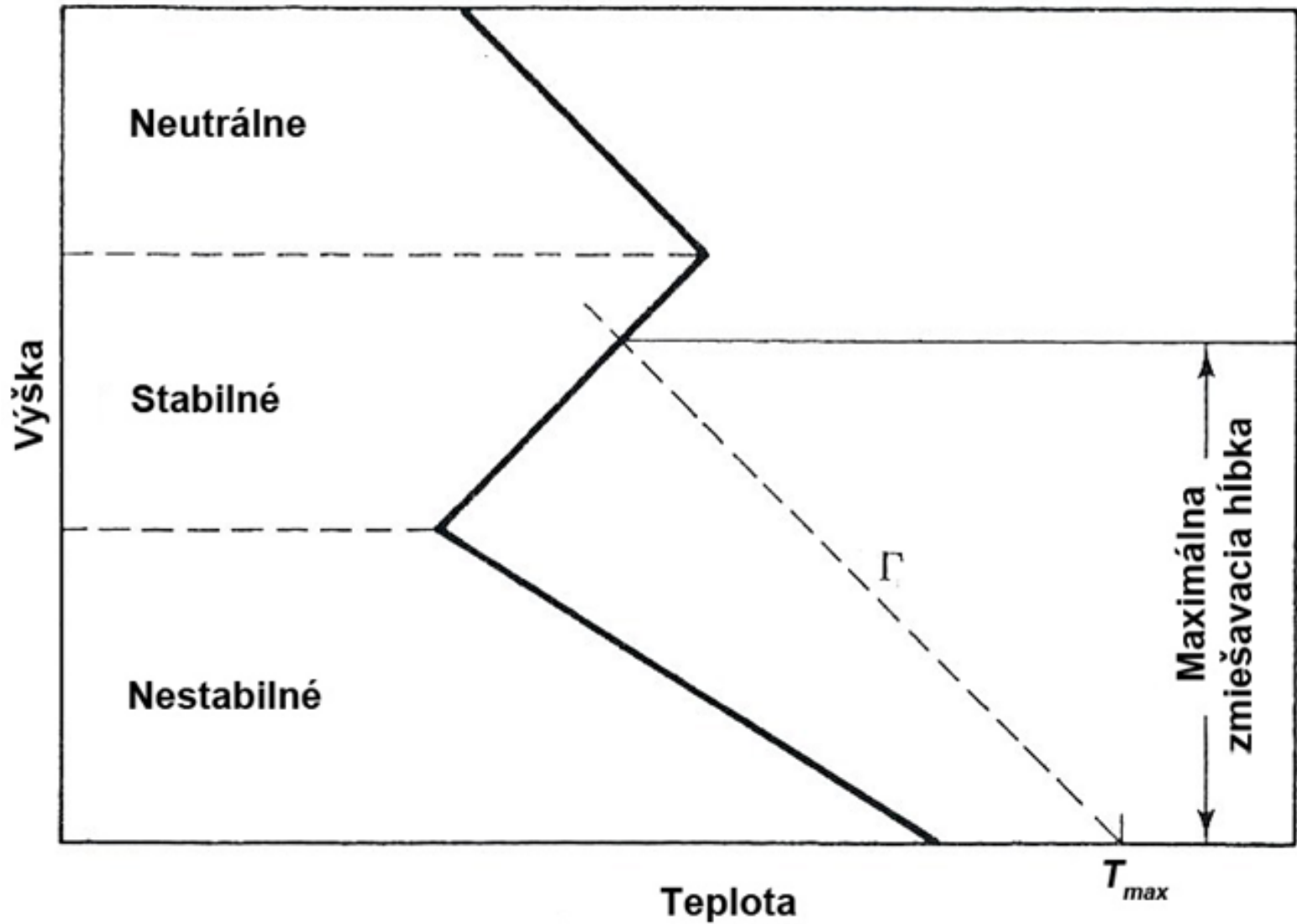
Maximálna zmiešavacia hĺbka (výška)

Význam **suchého adiabatického gradientu** spočíva v tom, aby sme pochopili atmosférickú stabilitu ako rozhodujúci faktor pri šírení polutantov v atmosfére.

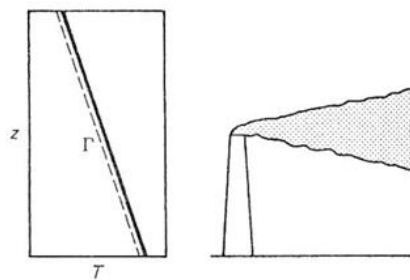
Predstavme si element vzduchu na povrchu Zeme, ktorý je ohrievaný počas dňa slnečným žiarením. Element sa bude vznášať do určitej výšky a našou snahou je zistiť, akú výšku dosiahne. Ak jeho teplota bude vyššia ako teplota okolia, bude stúpať, ak nižšia, bude klesať. V bode, v ktorom bude jeho teplota rovnaká ako teplota okolia, zastane. Ak teda poznáme teplotný profil atmosféry, môžeme určiť výšku, ktorú element dosiahne ako priesečník jeho teplotného profilu a suchého adiabatického gradientu. Tento priesečník sa nazýva **maximálna zmiešavacia hĺbka**.

Maximálna zmiešavacia hĺbka a **priemerná rýchlosť vetra** sa používajú ako indikátory rozptylu polutantov v atmosfére, pričom rýchlosť vetra vo všeobecnosti s výškou stúpa.

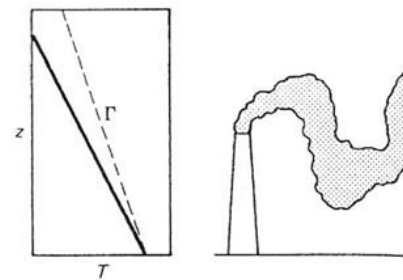
Stabilita atmosféry (75 min)



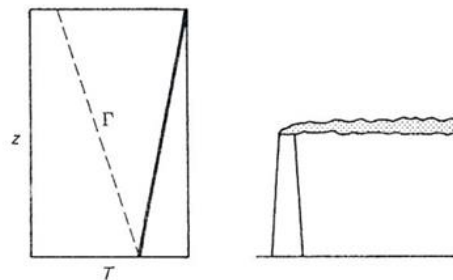
Dymový oblak v závislosti od adiabatického gradientu



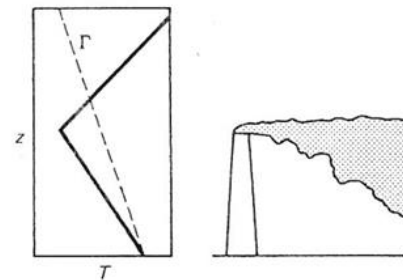
Kónický
(a)



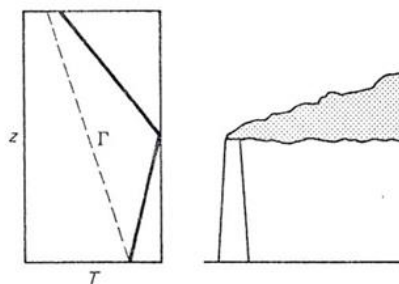
Slučkový
(b)



Vejárový
(c)



Zadymený
(d)



Strechový
(e)

Radiačná inverzia

Radiačná inverzia

Zemský povrch sa v noci ochladí a teplo sa vyžiari do okolitého priestoru. V prípade oblačnosti sa toto žiarenie odráža naspäť na Zemský povrch. V prípade jasnej, bezoblačnej noci sa teplo vyžiari a Zemský povrch sa ochladzuje rýchlejšie. Pri ochladzovaní Zemského povrchu klesá aj teplota vzduchu tesne nad ním. Vznikne **stav, keď teplota vzduchu nad povrchom Zeme je nižšia ako teplota vrstvy vzduchu nad ňou**. Tento stav sa nazýva **inverzia**. Radiačná inverzia sa zvyčajne začína tvoriť za súmraku. V priebehu večerných a nočných hodín sa zväčšuje a môže dosiahnuť až niekoľko sto metrov. Rozptýli sa až po východe Slnka, kedy sa Zemský povrch opäť zohreje.

Radiačná inverzia sa často začína tvoriť už aj v neskorých odpoľudňajších hodinách, keď sa začína zintenzívňovať doprava, výsledkom čoho je vysoká koncentrácia výfukových plynov a ďalších exhalátov. To spôsobí pokles intenzity slnečného žiarenia ohrievajúceho Zemský povrch.

Subsidenčná inverzia (koniec)

Subsidenčná inverzia

Vyskytuje sa vo veľkých výškach a prejavuje sa masívnym vertikálnym prúdením vzduchovej masy, ktorá sa v dôsledku nárastu tlaku zohreje. Takto zohriata vrstva vzduchu má potom vyššiu teplotu ako vzduch pod ňou, ktorého teplota je daná podmienkami na povrchu Zeme.

