

Interreg



Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj

STAVEBNICTVÍ

Budovy a prostředí



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Budovy a prostředí.....	3
1.1. Vnitřní prostředí budov	3
1.2. Syndrom nezdravých budov.....	3
1.3. Faktory kvality vnitřního prostředí.....	4
1.4. Mikroklima.....	4
2. Teplota a vlhkost vnitřního prostředí.....	7
2.1. Tepelně-vlhkostní mikroklima	7
2.2. Tepelná pohoda.....	8
2.3. Vlhkost a tepelná pohoda	9
3. Akustické klima – hluk v budovách.....	10
3.1. Akustické mikroklima.....	10
3.2. Biologické účinky hluku	11
3.3. Optimalizace akustického mikroklimatu	12
4. Ionizační mikroklima.....	13
4.1. Ionizační mikroklima.....	13
4.2. Zdroje ionizujícího záření	13
4.3. Optimalizace ionizujícího záření	14
5. RADON VE VNITŘNÍM prostředí BUDOV.....	16
5.1. Základní charakteristika radonu	16
5.2. Zdroje radonu	17
5.3. Měření radonu.....	18
5.4. Protiradonová opatření.....	19
6. Toxické mikroklima	21
6.1. Toxické mikroklima	21
6.2. Optimalizace toxického mikroklimatu	23
7. Aerosoly ve vnitřním prostředí budov	24
7.1. Aerosolové mikroklima.....	24
7.2. Rozdělení aerosolů.....	25
7.3. Biologický účinek aerosolového klimatu.....	25
7.4. Kritéria aerosolového mikroklimatu.....	26
7.5. Optimalizace aerosolového klimatu	26

8.	Oděry ve vnitřním prostředí budov.....	27
8.1.	Oděrové mikroklima	27
8.2.	Faktory působení oděrových látek	28
8.3.	Optimalizace oděrového mikroklimatu	28
9.	Mikroorganismy ve vnitřním prostředí budov.....	30
9.1.	Mikrobiální mikroklima	30
9.2.	Optimalizace mikrobiálního mikroklimatu	32
10.	Elektrostatická a elektromagnetická energie v budovách.....	33
10.1.	Elektrostatické mikroklima.....	33
10.2.	Zdroje statické elektřiny	33
10.3.	Optimalizace elektrostatického mikroklimatu	34
10.4.	Elektromagnetické mikroklima.....	35
10.5.	Zdroje elektromagnetického záření.....	35
10.6.	Optimalizace elektromagnetického mikroklimatu	36
11.	Elektroiontové mikroklima ve vnitřním prostředí budov	37
11.1.	Elektroiontové klima	37
11.2.	Zdroje ionizační energie	37
11.3.	Účinky iontů v ovzduší na lidský organismus.....	38
11.4.	Optimalizace elektroiontového mikroklimatu	39
12.	Psychické a světelné mikroklima	40
12.1.	Barevnost vnitřního prostředí	40
12.2.	Osvětlení vnitřního prostředí.....	40
12.3.	Barevnost prostoru	41
12.4.	Účinek psychického a světelného stresu	42
12.5.	Optimalizace psychického a světelného mikroklimatu	42
	Seznam použité literatury	43

1.BUDOVY A PROSTŘEDÍ

1.1. Vnitřní prostředí budov

Vnitřní prostředí je prostředí, která nemá přímé spojení s venkovním prostředím mimo budovu. **Vnitřní prostředí budov** lze rozdělit na:

- **Obytné prostředí**
- **Pracovní prostředí**
- **Pobytové prostory**
 - Zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení, zařízení sociálních služeb, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a pro shromažďování většího počtu osob.
- **Další ostatní prostory** (Dopravní prostředky a jiné stavby, ...).

Nepřímé spojení vnitřního prostředí s venkovním prostředím a také díky prezence různých zdrojů znečištění (např. konstrukční vady, charakteristiky stavebních materiálů, lidské činnosti, vybavení interiéru a kvalita venkovního ovzduší) je možno často pozorovat, že vnitřní ovzduší má celé odlišné a specifické mikroklima.

1.2. Syndrom nezdravých budov

Dle Světové zdravotnické organizace (WHO) ve zprávě z roku 1984 trpí v USA a evropských zemích přes 30 % obyvatel **Syndromem nezdravých budov** (Sick Building Syndrome, SBS). Ve zprávě z roku 2002 už WHO udává nový počet postižených lidí až 60 %. po roce 2014 hodnoty stoupají k 85 %.

Syndrom nezdravých budov (SBS) lze definovat jako skupinu více či méně závažných nemocí a zdravotních potíží, které si lidé mohou přivodit dlouhodobým pobytem v uzavřených místnostech. Mezi nejčastější problémy patří:

- Rozvoj nebo zhoršení alergií
- Astma, opakované záněty dýchacích cest
- Bolest hlavy, podráždění očí
- Zvýšený krevní tlak, cholesterol
- Kardiovaskulární choroby
- Deprese, neuróza, snížená imunita...

Syndrom nezdravých budov ve městě

Vzduch ve městě je plný smogu, Vnitřní prostředí je hermeticky uzavřené okny a obohacený o celou řadu chemikálií z nábytku, umělých hmot, PVC, kouře, statické elektřiny. Ze syntetických potahů a koberců stoupá doslova koktejl chemikálií. Tento vzduch - uvnitř budovy je až 10x prašnější než venkovní vzduch. Je jasné, že tento vzduch organismu nemůže prospívat.

Výzkum NASA (Rohles 1971, Jokl 1989) již delší dobu poukazuje, že optimální úroveň bydlení, tj. bez SBS, vytváří optimální úroveň jednotlivých složek obytného prostředí (tzv. konstituent neboli komponent - složek mikroklimatu obytného prostředí): tepelně-vlhkostní, oděrové, toxické, aerosolové, mikrobiální, ionizační, elektrostatické, elektromagnetické, elektroiontové, akustické, a psychické.

1.3. Faktory kvality vnitřního prostředí

Mezi faktory ovlivňující kvality vnitřního prostředí nebo interní mikroklima budov patří:

- **Fyzikální faktory** - teplota, vlhkost a cirkulace vzduchu, osvětlení, radiace, elektromagnetické pole, hluk
- **Chemické faktory** - anorganické látky, organické látky a vláknité materiály
- **Biologické faktory** - bakterie, viry, roztoči, plísně, pyly, části rostlin, prach ze srsti a exkrementů domácích zvířat

1.4. Mikroklima

Mikroklima je obecně označení pro klima malé oblasti, které se vlivem různých místních specifik a specifik okolí liší od klimatu okolí, resp. od klimatu, které by člověk v dané oblasti očekával. Mikroklima závisí na podmínkách panujících v dané oblasti a jejím okolí. Složky vnitřního vzduchového prostředí budov záměrně vytvářeného pro pobyt člověka v uzavřených prostorách lze obecně charakterizovat jako interní (vnitřní) mikroklima.

Lidé tráví ve vnitřním prostředí až 90 % svého života. Mikroklima je základním uživatelským kritériem kvality budovy. Mikroklima ovlivňuje lidské zdraví a psychiku. Mikroklima je utvářeno použitým materiálem na plášť budovy, látkami pronikajícími z vnějšího prostředí, vnitřním vybavením a činností člověka.

Mikroklima je **základním uživatelským kritériem kvality budovy**. Mikroklima ovlivňuje lidské zdraví a psychiku. Mikroklima je utvářeno použitým materiálem na plášť budovy, látkami pronikajícími z vnějšího prostředí, vnitřním vybavením a činností člověka

Mikroklimatické parametry jsou ovlivňovány

- Vnějšími klimatickými podmínkami a kvalitou ovzduší
- Způsobem větrání a vytápěním
- Tepelnou zátěží vlivem technologií, množstvím a činnostmi lidí, strojů, přístrojů a osvětlení
- Tepelně-technickými vlastnostmi stavby

Agencie jsou látky hmotnostního nebo energetického charakteru působící na subjekt:

- **Hmotnostní agencie:** toxické plynné látky, pevný aerosol, toxické plyny, mikroby, toxické kapaliny, kapalný aerosol, oděry, pohyb vzduchu, vodní páry.
- **Energetické agencie:** teplo, světlo, UV záření, laserové záření, ionizující záření, ionty v ovzduší, statická elektřina, zvuk, vibrace.

Vnitřní prostředí je tvořeno celou řadou různých složek:

- Tepelně – vlhkostní složka
- Oděrová složka
- Mikrobiální složka
- Světelná složka
- Akustická složka
- Ionizující složka
- Aerosolová složka
- Toxická složka
- Elektroiontová složka
- Elektrostatická složka
- Elektromagnetická složka
- Psychická složka

Polutant je plynná, tekutá či pevná chemická látka, která má v určitých koncentracích a délce působení škodlivý vliv na živé organismy.

Zdroje znečištění a polutanty vnitřního prostředí

- **Venkovní vzduch:** Oxidy uhlíku, dusíku a síry, ozón, pevné částice, těkavé organické látky, polycyklické aromatické uhlovodíky, alergen (pyl)
- **Venkovní prostředí:** Půdní plyny, vody
- **Budova (stavební materiál a vybavení):** Formaldehyd, benzen, azbest, toluen, pevné částice, těkavé organické látky
- **Elektrické přístroje:** Těkavé organické látky
- **Garáže:** Oxidy uhlíku, oxidy dusíku, pevné částice, těkavé organické látky, polycyklické aromatické uhlovodíky

- **Vytápění, příprava teplé vody, vaření:** Oxidu uhlíku a dusíku, pevné částice, těkavé organické látky, polycyklické aromatické uhlovodíky
- **Činnosti v budově:** Těkavé organické látky, pevné částice
- **Lidé:** Cigaretový kouř, pevné částice, těkavé organické látky, pachy (bioefluenty), (mikro)biologická kontaminace, alergen
- **Voda:** (Mikro)biologická kontaminace, alergen

2.TEPLOTA A VLHKOST VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

2.1. Tepelně-vlhkostní mikroklima

Tepelně-vlhkostní mikroklima je složka vnitřního prostředí tvořená tepelnými a vlhkostními toky. Z hlediska zdraví a komfortu se tepelně-vlhkostní mikroklima řadí mezi nejvýznamnější složku vnitřního prostředí budov. Tepelně vlhkostní mikroklima je dáno třemi navzájem souvisejícími faktory – teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Změna jedné z veličiny má za následek i změnu dalších dvou. Teplota a vlhkost vzduchu se v budovách úzce vzájemně ovlivňují a podmiňují.

Základními veličinami určujícími kvalitu tepelně - vlhkostního mikroklimatu v budovách jsou: **teplota vzduchu, výsledná teplota, vypočtená operativní teplota, rychlost proudění vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, měrná vlhkost vzduchu, teplota rosného bodu.**

Teplota vzduchu [°C] neboli také suchá teplota, je teplota v okolí lidského těla, měřená jakýmkoli teplotním čidlem neovlivněným sáláním okolních ploch.

Výsledná teplota kulového teploměru (°C) je teplota v okolí lidského těla měřená kulovým teploměrem, která zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu.

Operativní teplota vzduchu (°C) je jednotná teplota uzavřeného prostoru, uvnitř kterého by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném. Stanoví se výpočtem.

Střední teplota sálání (°C) je rovnoměrná teplota okolních ploch, při níž se sdílí sáláním stejně tepla jako ve skutečném heterogenním prostředí. Měří se radiometry, nebo se vypočítá z výsledné teploty kulového teploměru a teploty vzduchu. Slouží jako jedna ze vstupních hodnot pro výpočet operativní teploty.

Teplota mokrého teploměru (°C) nazývaná psychrometrická, je teplota nuceně větraného vlhčeného teplotního čidla používaná při stanovování relativní vlhkosti vzduchu psychrometrem.

Rosný bod nebo teplota rosného bodu je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100%). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Vzduch za určité teploty může obsahovat pouze určité množství vodních par. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím více vlhkosti dokáže

přijmout. Pokud se vzduch začne ochlazovat, vodní páry začnou kondenzovat. Podmínkou je ale přítomnost kondenzačních jader.

Relativní vlhkost [%] vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami, definovaný poměrem hustoty vodní páry ve vzduchu a ve vlhkém vzduchu nasyceném vodní parou při stejné teplotě a tlaku.

Teplota rosného bodu je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Vzduch

za určité teploty může obsahovat pouze určité množství vodních par. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím více vlhkosti dokáže přijmout. Pokud se vzduch začne ochlazovat, vodní páry začnou kondenzovat. Podmínkou je ale přítomnost kondenzačních jader.

Rychlost proudění vzduchu [m/s] je veličina charakterizující pohyb vzduchu v prostoru, je určena svojí velikostí a směrem proudění. Protože rychlost proudění vzduchu v prostoru značně kolísá, je nutné její změny vyjadřovat střední hodnotou za časovou jednotku.

2.2. Tepelná pohoda

Tepelná pohoda lze definovat jako stav prostředí, který u člověka vyvolává pohodu a uspokojuje jeho city. Člověku není chladno, ani příliš teplo. Tepelná pohoda je stav, při němž je zachována **rovnováha metabolického tepelného toku a toku tepla odváděného z těla** při optimálních hodnotách fyziologických parametrů aby nedošlo k zahřátí či zchladnutí lidského těla.

Regulace tepelné pohody

Oba toky lze regulovat různými způsoby, např. změnou aktivit, či příslušným oblečením. Rozdíly mezi produkovaným teplem a teplem odnímaným okolím těla vyrovnávají **termoregulační mechanismy**. Termoregulační procesy souvisí s věkem, celkovým zdravotním stavem jedince, stavem výživy, pohybovým režimem a jsou přímo ovlivněny tepelně- vlhkostním stavem prostředí.

Tepelná pohoda je subjektivní pocit avšak zahraniční studie potvrzují, že např. při lehké práci dochází ke stoprocentnímu výkonu člověka při teplotě 22 °C, při teplotě 27 °C klesá schopnost podávat plný výkon o 25 %, při 30 °C se dosahuje pouze 50 % z optima.

Optimální teplota ve vnitřním prostředí k pobytovému účelu by měla být udržena v rozmezí 19 – 24 °C, jestliže mezi teplotou okolních povrchů (stěn) a teplotou vzduchu v

místnosti není větší rozdíl než 2 °C při rychlosti proudění vzduchu přibližně 0,2 m/s. V zimním období je nutné větrat krátce co největším průřezem větracího otvoru.

V letním období je třeba se snažit o snížení negativního dopadu vysokých teplot na lidský organismus. Doporučovaná max. teplota vzduchu v místnosti pro letní období je 26 – 27 °C.

2.3. Vlhkost a tepelná pohoda

V bytech s ústředním vytápěním je nutno v zimním období vzduch vlhčit. V tomto období dochází vlivem vytápění k poklesu relativní vlhkosti vzduchu na 20 % i méně a tím dochází k intenzivnímu vysoušení sliznice horních cest dýchacích, tím klesá jejich ochranná funkce a stoupá možnost průniku škodlivých látek až do dolních cest dýchacích.

V letním období naopak vysoká relativní vlhkost spojená s vysokou teplotou může nepříznivě ovlivňovat tepelnou rovnováhu organismu omezením respirace a tím ztrátou tepla. V obytném, zejména v bytové zástavbě, existují mnoho zdrojů vlhkosti.

Vlhkost v obytném prostoru by měla být okolo 40 % (v rozmezí 30-50 %). V teplém období může být nejvýše 65 %. V chladném období má být nejméně 30 %.

Zvýšená vlhkost může vést k degradaci materiálů i konstrukcí a vzniku a růstů mnoho druhů mikroorganismů a tvorbě plísní. Nízká vlhkost může poškodit sliznice (vysychání, ztráta obranyschopnosti atd.)

Optimální tepelně - vlhkostní mikroklima nastává, jestliže existuje tepelná rovnováha lidského organismu bez pocení při optimálním toku tepla z organismu do prostředí a optimální teplotě pokožky, optimální rovnoměrnost tepelné zátěže člověka v prostoru a v čase, optimální relace konvekčního a radiačního tepla, optimální tok vodní páry z organismu do prostředí.

3.AKUSTICKÉ KLIMA – HLUK V BUDOVÁCH

3.1. Akustické mikroklima

Akustické mikroklima tvoří významnou složku vnitřního prostředí vyznačující se větším množstvím zvukových zdrojů o širokém rozsahu kmitočtů.

Akustika je obor fyziky, který se zabývá studiem zvuku - studiem mechanického kmitání a vlnění v pružných prostředích, jeho vznikem, šířením a působením.

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat sluchový vjem.

Slyšitelný zvuk je schopný vyvolat zvukový vjem. Je to zvuk, jehož frekvenční spektrum leží v třetinooktávových frekvenčních pásmech se středními frekvencemi 20 Hz až 20 000 Hz.

Infrazvuk je zvuk, jehož frekvenční spektrum se nachází v třetinooktávových pásmech se střední frekvencí 1 Hz až 20 Hz.

Ultrazvuk je zvuk s vyšší frekvencí než slyšitelný zvuk. Jeho střední frekvence je 25 000 až 40 000 Hz.

Hluk je každý nežádoucí zvuk, který nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka, vyvolává nepříjemný až rušivý pocit, ohrožuje jeho zdraví.

V naší populaci je hluková zátěž způsobena v průměru asi ze 40 % z pracovního prostředí a z 60 % z mimopracovního prostředí.

Do interiéru budov proniká hluk buď z **exteriéru skrze obvodový plášť budovy**, nebo je hluk **vytvářen přímo ve vnitřním prostředí budovy**. Od svého zdroje se hluk šíří buď pouhým vzduchem, případně je přenášen konstrukcemi budovy a následně vzduchem.

Z hlediska odrazu rozeznáváme **vlny přímé** a **vlny odražené**.

Z hlediska časového průběhu rozeznáváme:

- **Hluk ustálený** se v daném místě nemění v závislosti na čase o více než 5 dB
- **Hluk proměnný** se v daném místě mění v závislosti na čase o více než 5 dB

- **Hluk přerušovaný** je hluk, měnící náhle hladinu akustického tlaku nebo hladinu zvuku, který je ale v průběhu hlučného intervalu ustálený
- **Hluk impulsní** je vytvářený jednotlivými zvukovými impulsy s trváním do 200 ms nebo sledem impulsů následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms

3.2. Biologické účinky hluku

Akustické toky působí na subjekt svým tzv. **akustickým tlakem**, který nezávisí na kmitočtu akustických vln, ale na jejich amplitudě dané velikostí zdroje.

Nejslabší zvuk zaznamenaný nepoškozeným lidským sluchem je charakterizovaný akustickým tlakem $20 \cdot 10^{-6}$ Pa. Lidský sluch je schopný snášet i akustické tlaky víc než milionkrát větší, t.j. práh bolesti = 200 Pa. V praxi by to znamenalo pracovat s hodnotami od desítek do desítek milionů Pa, takže se zvolil logaritmus těchto hodnot, tzv. hladina akustického tlaku. Tato úprava zužuje rozsah 20 až 200 000 000 μ Pa do rozsahu 0 až 120 dB:

- L < 20 dB(A) - hluboké ticho, nepříznivý vliv na psychiku
- L 85 dB(A) - má za následek vznik trvalé poruchy sluchu
- L = 130 dB (A) - práh bolestivosti
- L 160 dB (A) - dochází k protrhnutí lidského bubínku

Trvalý účinek hluku na lidský organismus je trojího druhu:

- **Účinek na sluchový orgán** - Škodlivost působení hluku na sluch závisí na hladině zvuku a frekvenčním vlnění. Čím více energie je ze spektra soustředěno do vyšších frekvencí, tím nižší má být přípustná hladina hluku
- **Účinek na vegetativní nervový systém** - Reakce jsou odvislé od subjektivního vnímání jedince
- **Účinek na psychiku člověka** - Je nejsložitější z účinků. U neurotiků může zhoršit labilitu nervové soustavy, což se projevuje podrážděností, nespavostí, bolestmi hlavy, snížením paměti, aj.

3.3. Optimalizace akustického mikroklimatu

Hlukové mapy vyjadřují zátěž obyvatelstva a jsou orientované na využití území při územním plánování a tvorbě strategií.

Optimalizaci akustického mikroklimatu lze provést dvěma základními způsoby – **zásahem do zdroje hluku** nebo **zásahem do pole přenosu**.

Nejúčinnější metodou zlepšení akustického komfortu je **zdroj odstranit** nebo nahradit. V úvahu stojí také organizační opatření omezení hlavních zdrojů nebo jejich transport na lépe akusticky izolovaná místa (kryty nebo tlumiče).

Optimalizace akustického komfortu zásahem do pole přenosu lze provést instalací překážek, zvýšením pohltivosti a snížením odrazivosti stěn a stropů nebo tzv. **antihlukem**. Princip metody antihluku je založený principu šíření tlakových vln vzduchem. Antihluk je zrcadlovým obrazem těchto vln, ale fázově posunutý přesně o 180°. Narazí-li obě vlny na sebe, nastává destrukční interference (vlny se navzájem vyruší). V současné době spíše teoretická možnost.

4. IONIZAČNÍ MIKROKLIMA

4.1. Ionizační mikroklima

Ionizační mikroklima je složka prostředí tvořená toky ionizujícího záření produkovaného přírodními radioaktivními látkami nebo umělými zdroji, které působí na jedince a spoluutvářejí jeho celkový stav. Částice ionizujícího záření pronikají ozářenou hmotou, rozbíjí molekulární vazby a vytváří ionty.

Radioaktivita je přeměna jádra prvku na jádro jiného prvku za současného uvolnění velkého množství energie v podobě neviditelného záření (tzv. radioaktivní záření), které je pro člověka nebezpečné. Rozlišujeme přirozenou a umělou radioaktivitu.

Radionuklid je nuklid s nestabilním jádrem, jehož atomy podléhají radioaktivní přeměně za současné emise ionizujícího záření.

Základní fyzikální veličinou ionizace je **aktivita (Ak)** daného množství radionuklidu vyjadřující podíl středního počtu radioaktivních změn a časového intervalu. Jednotkou aktivity je jeden rozpad za sekundu, nebo becquerel (Bq). Je pojmenovaná po francouzském fyzikovi Henri Becquerelovi (1852-1908). Aktivitu 1 Bq má látka z radioaktivního prvku ve které nastává jeden přeměnový děj za 1 sekundu.

Objemová aktivita je veličina charakterizující počet radioaktivních přeměn za jednotku času v jednotkovém objemu vyjádřena v Bq/m³.

Poločas rozpadu je čas, za který se přemění polovina atomů určitého prvku. Pro konkrétní izotop je konstantní. Má hodnotu od zlomku sekundy až po milióny let. Například poločas rozpadu uranu ²³⁸U je 4,47 mld let, poločas rozpadu rádia ²²⁶Ra je 1602 let a poločas rozpadu radonu ²²²Rn je 3,82 dne.

4.2. Zdroje ionizujícího záření

Zdrojem ionizujícího záření mohou být radioaktivní látky pronikající do interiéru z **vnějšího prostředí**, nebo **látky vznikající uvnitř budovy** v důsledku antropogenní činnosti a uvolňováním ze stavebních hmot a technologického zařízení s obsahem radioaktivního materiálu.

Nejčastějším zdrojem radioaktivních látek z venkovního ovzduší je radioaktivní popílek produkovaný tepelnými elektrárnami, špatně oddizolované podlahy staveb v lokalitách s výskytem radonu v podlazi, nevhodné stavební materiály (tvárnice z popílku) a taktéž skládky. V interiéru budov patří mezi nejčastější zdroje radioaktivních látek cigaretový kouř, rentgenové záření či práce s radioaktivními látkami v laboratorních podmínkách.

4.3. Optimalizace ionizujícího záření

Optimalizaci ionizujícího záření lze zajistit buď zásahem do zdroje radioaktivních látek, nebo zásahem do pole přenosu. Omezení nebo likvidace zdroje radioaktivních látek je nejúčinnějším způsobem optimalizace vnitřního prostředí budov.

Omezení zdroje ionizačního záření lze provést:

- Volbou vhodného stavebního místa (lokality)
- Omezením nebo vyloučením vnikání radonu do budovy (protiradonová opatření)
- Volbou vhodných stavebních materiálů (atestované materiály a výrobky)

Zásahy do pole přenosu zahrnují:

- Omezení šíření radioaktivních látek v budově
- Větrání a filtrace vzduchu
- Povrchová depozice, tj. sedimentace radioaktivních látek
- Elektrostatická depozice

Omezení šíření radioaktivních látek v budově lze docílit **konstrukčně-dispozičními úpravami budovy** jako je například dělení vertikálních šachet na menší úseky, vhodným umístěním zdrojů radioaktivních látek v budově, nebo instalací rozdílového větrání. Šíření ionizujícího záření je problémem zejména u vícepodlažních budov, kdy se radioaktivní látky šíří působením tepelného vztlaku. Průběžné schodiště po celé výšce budovy bez přerušení může být zdrojem intenzivního šíření radioaktivních plynů v celé budově.

Kromě **zajištění dostatečné výměny vzduchu** je vhodné navrhnout zóny tlakových spádů mezi jednotlivými prostory dle stupně jejich znečištění (kontaminace). Největší podtlak se volí pro prostory s největší kontaminací. V takových prostorech se nepočítá s recirkulací vzduchu. Snížení dávky čerstvého vzduchu s ohledem na snížení energetické náročnosti budovy může mít za následek zvýšenou koncentraci radioaktivních látek v budově.

Pomocí filtrů lze omezit šíření radioaktivních látek vázaných na nějaký druh aerosolu. Filtry jsou dvojího druhu - kazetové a elektrostatické:

- **Kazetové filtry** jsou boxy s filtrační náplní, které se nečistí, ale vyměňují se jako celek (nízké pořizovací náklady, avšak vyšší provozní).
- **Elektrostatické filtry** nezvyšují s časem celkový tlakový odpor systému (jako jiné filtry). Zachycované částice mohou být smývány vodou (vysoké pořizovací náklady, levný provoz).

Elektrostatická depozice funguje na principu uměle vytvořeného elektrostatického pole. Elektricky nabitě částice se usazují na elektrodách opačných polarit.

5.RADON VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

5.1. Základní charakteristika radonu

Radon je všudypřítomný přírodní radioaktivní plyn, který vzniká přeměnou uranu, který je v různých množstvích přítomen ve všech materiálech zemské kůry. Radon se se dále s poločasem 3,8 dne přeměňuje na atomy pevných prvků ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi a ^{214}Po a celý řetězec je zakončen neradioaktivním olovem ^{206}Pb .

Fyzikální vlastnosti radonu:

- Teplota varu $-62\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Teplota tání $-71\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Výparné teplo $16,40\text{ kJ/mol}$
- Teplo tání $2,89\text{ kJ/mol}$
- Výparná entropie $77,02\text{ J/deg.mol}$
- Entropie tání $14,35\text{ J/deg.mol}$
- Kritická teplota $+104,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kritický tlak $6\,322,7\text{ kPa}$
- Kritická hustota $1,2\cdot 10^3\text{ kg/m}$

Samotný radon je inertní plyn, ale závažné jsou jeho dceřiné produkty vdechované spolu s nosnými pevnými či kapalnými aerosoly do plic, kde se usazují a zářením alfa ozařují plicní epitel, čímž vytváří potenciální riziko pro vznik plicního karcinomu. Toto ozařování bývá považováno za jednu z příčin vzniku rakoviny plic. Jedná se však o dlouhodobou záležitost, neboť k vyvolání nemoci dochází zpravidla až po několika desítkách let pobytu v domě se zvýšenou koncentrací produktů přeměny radonu. Obecně platí, že čím je koncentrace vyšší a čím déle v ní člověk pobývá, tím je riziko vyšší.

Jednotkou pro **objemovou aktivitu radioaktivních látek** je 1 Bq/m^3 , což udává jeden průměrný rozpad za sekundu v 1 m^3 látky, obdobně se udává měrná aktivita pro 1 kg látky. 1 Bq/m^3 odpovídá 3,6 atomového rozpadu radonu 222 za hodinu v jednom m^3 .

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, stanovuje referenční úroveň pro přírodní ozáření uvnitř budovy s obytnou nebo bytovou místností. **Pro objemovou aktivitu radonu je stanovena referenční úroveň 300 Bq/m^3 .** Tato hodnota se vztahuje na průměrnou hodnotu při výměně vzduchu obvyklé při užívání.

Ve venkovním ovzduší je hodnota EOAR 7 až 12 Bq/m³. V geologickém podloží hornin a zemin jsou koncentrace radonu o tři řády vyšší, kdy používáme jednotky kBq/m³. V půdním vzduchu hornin a zemin se pohybují koncentrace radonu většinou od jednotek do stovek kBq/m³, výjimečně, většinou na tektonických poruchových liniích, zlomech a mylonitových zónách jsou zjištěny hodnoty nad 1 000 kBq/m³.

5.2. Zdroje radonu

Ve volné přírodě uniká radon na povrch z horninového podloží, kde se ihned mísí s okolním vzduchem. Tím dochází k jeho silnému naředění a minimálním účinkům na lidský organismus. Naopak je tomu ve vnitřním prostředí budov.

Výskyt radonu v horninách

Pokud je provedeno více měření radonu v určitém typu horniny, je možno pak přibližně odhadnout rozsah hodnot objemové aktivity radonu v půdním plynu. Nejvyšší hodnoty objemové aktivity mají magmatické horniny Českého masivu: durbachity a syenity, granity a granodiority. Silurské sedimentární horniny vzniklé v prvohorách mají taktéž vysoké hodnoty objemové aktivity, ale nezaujímají rozsáhlé území a tudíž nepředstavují tak vysoké riziko. Velkou část Českého masivu zaujímají přeměněné horniny typu pararul, ortorul migamtitů, které mají střední radonový index. U druhohorních a třetihorních sedimentů, jako jsou pískovce nebo písky, jílovce, jíly, jsou většinou hodnoty objemové aktivity nižší.

Radonový index závisí také na tektonickém porušení hornin, zlomy drcených povrchových zón v hornině zvyšují hodnoty objemové aktivity radonu. Je zde prostor pro migrování radonu. Zvýšení hodnot radonu se může projevit i na kontaktech hornin s výrazně rozdílnou propustností a stupněm zvětrávání. V případě určování kategorie radonového indexu pro stavební pozemek je vhodné využít všech dostupných geologických informací a podkladů, protože zvýšení hodnot objemové aktivity radonu vlivem tektoniky nebo kontaktu hornin se může projevit i v malé ploše.

Na prognózní mapě jsou odlišeny oblasti podle rizika pronikání radonu do budov - na území s vysokým radonovým indexem je častější výskyt domů s vyššími koncentracemi, naopak na území s nízkým radonovým indexem je nadměrně zatížených domů málo. Mapu zpracovala Česká geologická služba (autoři I. Barnett, J. Mikšová, J. Procházka)

Výskyt radonu ve vnitřním prostředí budov

Současná výstavba se vyznačuje vysokou těsností obálky budovy. Tyto stavby mají dobře utěsněné všechny konstrukce, jako je střecha, obvodový plášť, okna, stropy. Čím vyšší je vzduchotěsnost obálky budovy, tím mohou být vyšší koncentrace radonu ve vnitřním prostředí. U dobře vzduchotěsných budov se koncentrace radonu snižuje pravidelným větráním (přirozeným či nuceným). Nízké koncentrace radonu jsou typické pro budovy s netěsnými výplněmi otvorů, díky čemuž je zajištěna neustálá výměna vzduchu.

Průměrná hodnota objemové aktivity radonu v budovách v České republice je 118 Bq/m³. Patříme tak k zemím s nejvyšší koncentrací radonu v bytech na světě.

Do interiérů budov radon proniká skrze základové konstrukce - netěsnostmi v podlahách nebo stěnách suterénu, podlahami bez patřičné izolace, šachtami, kanálky nebo studnami. Neopomenutelnou možností průniku radonu do vnitřního prostředí je difuze přes kontaktní plochu spodní stavby s podložím. Zdrojem radonu mohou být taktéž zabudované materiály nebo voda. Základní vstupní cesty radonu jsou trhliny v betonové podlaze, styk zdiva s podlahou, trhliny ve zdivu pod terénem, spáry v dřevěné podlaze, trhliny ve zdivu, mezera okolo přírodního potrubí, dutiny ve zdivu). Stavební stav objektu má významný vliv na množství radonu v objektech (kvalita a stav izolace, utěsnění prostupů, apod.).

Při využití vody bohaté na radon může docházet k uvolňování tohoto plynu do objektů, ale není to významné vzhledem k pronikání radonu přímo z podloží do objektu. Voda dodávaná z veřejného vodovodu je pravidelně sledována na obsah radioaktivních látek.

Výskyt radonu ve stavebních materiálech

Zdrojem vyšších objemových aktivit radonu v ovzduší objektu může být i zvýšený obsah rádia 226 ve stavebních materiálech. Přírodní materiály jsou drceny, mlety a tepelně upravovány, což může vést k většímu uvolňování radonu ze stavebního materiálu do interiéru objektu. V minulosti se ukázaly jako problematické různé druhy odpadů užitých ve stavebních materiálech, zvláště škváry. V současné době musí mít všechny prodávané stavební materiály radonový atest.

5.3. Měření radonu

Radon nelze vnímat lidskými smysly. Jedinou možností, jak věrohodně zjistit koncentraci radonu v domě je měření. Měřicí činnost může vykonávat pouze osoba vlastníci osvědčení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Ve vlastním zájmu by toto osvědčení měli vyžadovat všichni zájemci o měření.

Měřit se může buď **koncentrace samotného radonu** (nazývaná též jako objemová aktivita radonu a označovaná OAR) nebo **koncentrace produktů přeměny radonu** (nazývaná též jako ekvivalentní objemová aktivita radonu a označovaná EOAR).

Platí vztah $EOAR = 0,4 \cdot OAR$. Směrné hodnoty jsou vyjádřeny v koncentracích produktů přeměny, a proto musíme se přesvědčit, zda jsou udány v EOAR.

Měření se provádí po delší časový interval, neboť koncentrace radonu není v čase konstantní a mění se během roku i během jednoho dne. Doporučuje se provádět měření:

- Měření na dobu jednoho roku stopovými detektory, pokud není žádný spěch
- Měření minimálně po dobu 1 týden, pokud je spěch a je nutno stanovit orientační hodnotu

Koeficient emanace představuje podíl radonu uvolněného a celkového množství vzniklého ve stavebních materiálech.

5.4. Protiradonová opatření

Pokud koncentrace produktů přeměny radonu v domě převyšuje referenční úroveň uvedenou ve vyhlášce č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, měly by být v závislosti na výši překročení provedeny odpovídající stavební úpravy. Nezbytným podkladem pro projekci těchto úprav je tzv. radonová diagnostika, což je celý soubor měření, jejichž úkolem je identifikovat zdroje a vstupní cesty radonu do domu. Rovněž k provádění radonové diagnostiky musí být vydáno osvědčení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Primárně se volí opatření jednoduchá, rychle a snadno realizovatelná, která se co nejméně dotýkají stavební konstrukce a při jejichž provádění nedochází k výraznému omezení provozu v budově. Současně se většinou jedná o opatření poměrně levná, která si postupně může provádět vlastník domu sám. Základní zásah do zdroje se provádí **volbou vhodného místa stavby, volbou vhodného stavebního materiálu a volbou opatření proti vnikání radonu do budov.**

Jako ochrana nových i modernizovaných staveb před účinky radonu se používá plynotěsná fólie pod základovou deskou s dimenzí dle oblasti radonového rizika a použití certifikovaných stavebních hmot. Pečlivé provádění izolačních prací a vhodný výběr materiálu. Je nezbytné se vyvarovat se neodborných zásahů do vodorovných izolací a užití neznámých stavebních materiálů.

Výrobci stavebních materiálů jsou povinni prokazovat nezávadnosti stavebního materiálu po stránce obsahu radioaktivních látek. Nyní se sledují všechny přírodní radionuklidy (nejen aktivita radia). Index hmotnostní aktivity vypočítávaný z aktivit radia, thoria a draslíku – nové kritérium posuzování. Stanovuje se výhradně laboratorně z důvodů relativně vysokého obsahu přirozeně radioaktivních prvků kdekoli v půdě. Posuzování použitelnosti stavebního materiálu se provádí dle přílohy č. 10 vyhl. 307/2002 Sb. ve znění vyhl. 499/2005 Sb.

6. TOXICKÉ MIKROKLIMA

6.1. Toxické mikroklima

Vzduch je směsí různých plynů, z nichž převládá dusík, kyslík, argon a oxid uhličitý, které tvoří 99,99% atmosféry. Kromě toho obsahuje vzduch různé příměsi, ze kterých je nejvýznamnější ozón, oxid uhelnatý CO, oxidy síry, amoniak a prach. Toxické látky přítomné ve vnitřním prostředí budov, mohou být původ buď v **exteriéru** či samotném **interiéru**.

Z **venkovního ovzduší** přicházejí oxidy síry (SO_2 a SO_3 jako vedlejší produkty spalování fosilních paliv), oxidy dusíku (dieselové motory, teplárny, hoření plynu), oxid uhelnatý (benzínové motory a nedokonalé spalování), ozón, uhlovodíky a smog.

Toxické plyny ve **vnitřním ovzduší** vznikají **antropogenní činností a uvolňováním ze stavebních materiálů** (NO_2 , CO). Nejběžnější toxickou složkou vnitřního prostředí budov je oxid uhelnatý (CO). Jeho zdrojem jsou nejčastěji spalovací procesy a spalování tabáku. Při dobrém spalování obsahují spaliny přibližně 0,2 – 0,5 % CO. V případě nedokonalého spalování jsou tyto koncentrace podstatně vyšší. Plynové spotřebiče bez odvodu jsou kromě produkce oxidu uhelnatého také zdrojem oxidů dusíku. Taktéž plastické hmoty v interiéru jsou zdrojem toxických plynů, například z polystyrenu se uvolňuje styren, z nátěrů se při zahřívání povrchů velmi často odpařují těkavé organické látky.

Oxid uhelnatý je produktem nedokonalého spalování za přístupu kyslíku. Mezi zdroje můžeme zařadit např. kamna na pevná paliva, plynové spotřebiče bez odvodu, krby, nevětrané kuchyně s plynovým sporákem apod. Zemní plyn, který je v domácnostech v ČR využíván k vaření, vytápění nebo ohřevu vody, obsahuje 5 % oxidu uhelnatého. Mezi nezanedbatelný zdroj patří také kouření. Oxid uhelnatý se váže na červené krevní barvivo a tím snižuje množství kyslíku přenášeného krví. Lehčí otravy se projevují bolestmi hlavy, bušením krve v hlavě, tlakem na prsou, závratěmi. Dostavuje se celková nevolnost, zvracení. Při těžších otravách oxidem uhelnatým se projevuje značný sklon k mdlobám. Nejprve slábnou nohy, člověk přestává cítit půdu pod nohama, předměty se zdají být větší. Tělesná teplota stoupá až na 42 °C.

Zdrojem **oxidu siřičitého** mohou být například domácí topeniště, ve kterých se spaluje uhlí. V 70. a 80. letech minulého století byl hlavní složkou znečištění ovzduší, ale od poloviny 90. let má jeho koncentrace klesající tendenci a to z důvodu dokonalejších technologií odsiřování spalin velkých zdrojů znečištění. Mezi tyto zdroje patří například tepelné elektrárny, teplárny a průmyslové kotelny. Vyšší koncentrace SO_2 dráždí horní cesty dýchací, projevuje se kašlem a zvyšuje onemocnění respiračními nemocemi.

Zdrojem **oxidů dusíku** jsou emise z automobilové dopravy a ze stacionárních zdrojů spalujících za vysokých teplot fosilní paliva. Z osmi oxidů dusíku, které se mohou nacházet v ovzduší vnitřního prostředí, pouze dva způsobují poškození zdraví. Jsou jimi oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusný (NO).

Smog je chemické znečištění atmosféry, které je způsobené lidskou činností. Jedná se o jev, během kterého je atmosféra obohacena o složky, které v ní normálně nejsou a které jsou škodlivé pro zdraví. Smog (kouř a mlha vytvořená oxidy dusíku) vzniká v důsledku znečištění vzduchu, který je dále působením ultrafialového záření rozkládán na další, rovněž toxické látky, např. ozón. Ozón není škodli-

nou přímo vypouštěnou do ovzduší a proto je pro omezení jeho zvýšené koncentrace potřeba snížit emise látek, které potřebuje ke svému vzniku.

Ozón (O_3 neboli tříatomový kyslík) je přírodní plyn, který se váže na oxidované organické látky. Vzniká reakcí s dalšími prvky v atmosféře. Koncentrace ozónu bývají poloviční ve srovnání s vnějším prostředím. Rozlišujeme dva druhy:

- **Atmosférický ozón**, který je v atmosférické vrstvě a chrání nás před škodlivými ultrafialovými paprsky. Jeho úbytek způsobuje tzv. ozónovou díru.
- **Troposférický ozón**, který je obsažen v přízemní vzduchové zóně a ve vysokých koncentracích je pro člověka škodlivý.

Těkavé organické látky (volatile organic compounds – VOCs) jsou definovány jako organické látky v tuhém, kapalném nebo plynném skupenství, které se při běžné teplotě a tlaku dostávají do ovzduší ve formě par s tlakem vyšším než 0,13 kPa. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou těkavé organické sloučeniny definovány jako organické sloučeniny s bodem varu od 50 - 100 °C do 240 - 260 °C.

Těkavé organické látky jsou sloučeniny, které za přítomnosti slunečního záření reagují s oxidy dusíku a tvoří fotochemické oxidanty. Mají prokazatelně negativní vliv na životní prostředí a kvalitu ovzduší s negativními dopady na lidské zdraví. V prostředí se většinou vyskytují společně jako suma sloučenin. Mezi jejich zdroje patří především lepidla, rozpouštědla, barvy, nátěry, apod. Z konkrétních látek se jedná např. o toluen, xylen, styren, etylbenzen, chlorované uhlovodíky, ftaláty a terpeny.

Zdrojem **formaldehydu** ve vnitřním prostředí budov mohou být zařizovací předměty (nábytek, koberce, tapety, atd.) či použité stavební materiály. Dále také čisticí a kosmetické prostředky používané v domácnostech nebo provozech, spalování uhlí, hoření plynu a kouření. Mezi venkovní zdroje patří především doprava. Koncentrace formaldehydu v interiéru se odvíjí především od počtu osob, vybavení interiéru, teploty a vlhkosti prostředí. Přítomnost formaldehydu je díky jeho štiplavému zápachu, objevujícímu se i při malých koncentracích, postřehnutelná čichem a bývá proto

považován za jednu z nejbezpečnějších škodlivin v interiérech. Jeho vliv na lidské zdraví určitě nelze podceňovat.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) představují skupinu více než 100 chemických sloučenin. Polycyklické aromatické uhlovodíky tvoří uhlík a vodík, dvě a více benzenovými jádry. Vyznačují se schopností dlouhodobé setrvačnosti ve vnitřním prostředí. Jedná se o látky s významnou zdravotní závažností. Mezi jejich charakteristiku patří toxické, karcinogenní a mutagenní vlastnosti. Mají výraznou schopnost vázat se na pevných sorbentech nebo částicích (prach) i v živých organismech (schopnost bioakumulace). Jsou schopny vytvářet další sloučeniny, které mohou být dokonce mnohem více karcinogenní.

6.2. Optimalizace toxického mikroklimatu

Optimalizaci toxického mikroklimatu lze provést **zásahem do zdroje škodlivin, zásahem do pole přenosu** nebo **zásahem na subjektu**. Základní metodou optimalizace je větrání.

V případě zásahu do zdroje škodlivin je nutné preferovat konstrukční materiály, ze kterých se neuvolňují toxické složky a těkavé organické látky. U technologických zařízení pro vytápění je nutné pravidelně provádět údržbu a čištění, aby nedošlo ke snížení účinnosti spalovacího procesu a nadměrné produkci oxidu uhelnatého.

Zásah do pole přenosu představuje omezení šíření toxických látek ve vnitřním prostředí. Metody omezení šíření zahrnují větrání, filtraci a rozklad toxických látek na netoxické nebo odstraňování toxických látek intenzivní ionizací vzduchu.

Zásah na subjektu vystaveném toxickému mikroklimatu zahrnuje použití plynových masek.

7. AEROSOLY VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

7.1. Aerosolové mikroklima

Aerosolové mikroklima je složka vnitřního prostředí tvořená aerosolovými toky, které spoluvytvářejí celkový stav vnitřního prostředí.

Aerosol je speciálním typem disperzní soustavy, sestávající z plynné fáze a pevných nebo kapalných částic, které jsou v ní rozptýleny.

Disperzní soustava je soustava aspoň dvou druhů fází, přičemž jedna fáze (disperzní fáze) je rozptýlená v druhé (disperzní prostředí).

Disperzní fáze je dispergující látka tvořená kolektivem částic.

Aerodynamický průměr částic je průměr částic při hustotě kolem 1g/cm^3 padající pádovou rychlostí způsobenou gravitační silou při ustálené teplotě, tlaku a vlhkosti vzduchu.

Tuhé částice PM₁₀ (particulate matter) obsahují částice s velikostí 2,5 až 10 μm , přičemž 50 % těchto částic má aerodynamický průměr 10 μm .

Tuhé částice PM_{2,5} (particulate matter) obsahují částice s velikostí 2,5 a méně, přičemž 50 % těchto částic má aerodynamický průměr 2,5 μm .

Aerosoly jsou tvořeny z pevných částic (prach) nebo z kapalných částic (mlhy). Pevné aerosoly jsou původu organického, anorganického, popř. smíšeného, s elektrickým nábojem kladným či záporným, s velikostí 0,1 až 100 mikrometrů. Ve venkovním ovzduší velkoměst se spád prachu pohybuje v hodnotách až 1100 t/km² za rok, při běžné koncentraci 1 až 3 mg/m³.

Domovní prach, zvláště biologické částice pod 1 mikrometr jsou hlavní příčinou postižení astmatem. Jako přípustná hodnota v běžných budovách se uvádí koncentrace inertních pevných aerosolů 10 mg/m³.

7.2. Rozdělení aerosolů

Aerosoly rozlišujeme na **pevné aerosoly** a **kapalné aerosoly**. Pevné aerosoly neboli prach lze třídit **dle svého původu** na **organické** (živočišného nebo rostlinného původu), **anorganické** (kovový nebo nekovový) a **smíšené**.

Prachové částice rostlinného a živočišného původu jsou lehčí než částice anorganické. Tyto částice jsou většinou vláknité, rozvětvené v chomáčcích. Zatímco anorganické částice jsou hranolovité nebo kulovitého tvaru s hladkými či ostrými hranami. Proces sedimentace prachových částic je ovlivňován zemskou přitažlivostí, odporem vzduchu a elektrickou polaritou jednotlivých povrchů materiálů. Aerosolové částice jsou přenašeči mikrobů.

Nejznámějším příkladem kapalného aerosolu je mlha, která vzniká kondenzací vodní páry při poklesu teploty pod rosný bod. Další kapalné aerosoly vznikají v průmyslových provozech. **Dle složení** mohou být kapalné aerosoly buď **monodisperzní** (částice mají zhruba stejnou velikost) nebo **polydisperzní** (částice různých velikostí). **Podle velikosti částic** rozlišujeme **páry** (částice menší než 10-4 mm) a **spreje** (částice větší než 10 mm). Ihned po svém vzniku mění kapalné aerosolové částice svůj tvar, což je způsobeno odpařováním tekutiny nebo vlivem slučování částic.

Podle tvaru disperzních částic lze rozdělit aerosoly na **korpuskulární, laminární a fibrilární disperzní soustavy**:

- **Korpuskulární disperzní soustavy** se sestávají z izometrických disperzních částic, jejichž rozměry jsou ve všech třech prostorových směrech přibližně stejné.
- **Laminární disperzní soustavy** (minerální částice bentonitu a kaolinu) a **fibrilární disperzní soustavy** (přírodní a umělá vlákna anorganické nebo organické povahy) mají částice anizometrické. U takových částic převládá jeden nebo dva z jejich rozměrů a patří k diformním soustavám.

7.3. Biologický účinek aerosolového klimatu

Účinek aerosolového mikroklima závisí především na toku aerosolových částic, na době expozice, na jeho koncentraci, chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. Fyzikální charakteristiky zahrnují velikost částic, jejich tvar a pevnost, elektrický náboj, rozpustnost v biologických tekutinách, apod.

Účinky aerosolových částic na organismus lze charakterizovat z hlediska fyzikálního (mechanické vlastnosti), chemického (toxicita), fyzikálně chemického a biologického (alergie a karcinogenita).

Mechanicky působí aerosoly na pokožku, ve spojivkovém vaku, na sliznici, blokováním lymfatických cest v plicích, apod. Při delší expozici působí dráždivě a výsledkem bývají nespecifické zánětlivé změny kůže, spojivek a sliznic v závislosti na chemickém složení částic, jejich množství, velikosti, tvaru, hloubce působení a individuální reakci.

7.4. Kritéria aerosolového mikroklimatu

Neexistují kritéria, jež by byla schopna určit nejvýše přípustný tok aerosolu do organismu. Většina předpisů stanoví maximálně přípustnou koncentraci aerosolů v ovzduší. Ve venkovním ovzduší pro prach s maximálním obsahem SiO_2 20 % se připouští průměrná denní koncentrace $0,15 \text{ mg/m}^3$ a spad prachu nesmí překročit 150 tun na jeden km^2 za rok.

7.5. Optimalizace aerosolového klimatu

Optimalizaci aerosolového mikroklima lze provést **zásahem do zdroje aerosolů** nebo **zásahem do pole přenosu**.

Zásah do zdroje aerosolů lze provést třemi základními způsoby:

- **Změnou technologie** již při přípravě provozu
- **Mísením sypkého materiálu s jinými vhodnými látkami**, například vodou
- **Uzavřením zdroje pevným krytem nebo kapalinovou clonou**

Zásah do pole přenosu aerosolů lze provést:

- **Omezením šíření aerosolů v budově** (vertikální či horizontální rozdělení)
- **Větráním**
- **Filtrací vzduchu** pomocí filtrů ve vzduchotechnických jednotkách
- **Koagulací aerosolových částic** (rozprašováním kapalného aerosolu s vysokou smáčivostí dochází ke slučování malých částic ve větší, které se vlivem gravitace usazují)

Posledním opatřením proti působení aerosolů je **použití ochranných pomůcek**, jako jsou brýle, respirátory a skafandry, které jsou ovšem značně nekomfortní. Jejich použití by mělo být pouze výjimečné. Existují pracoviště, kde se bez jejich použití neobejdeme - např. lakovny, chemické provozovny, operační sály, důlní a textilní závody, apod.

8. ODÉRY VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

8.1. Odérové mikroklima

Odérové látky jsou plynné složky ovzduší, vnímané jako **pachy**. Jsou to anorganické či organické látky většinou produkované člověkem nebo jeho činností. Existuje pět základních typů odérů:

- Éterický odér (lidské pachy)
- Aromatický odér (zralé ovoce)
- Izovalerický odér (pachy z kouření tabáku a zvířecí pot)
- Zažluklý odér (mlékárenské produkty)
- Narkotický odér (rozkládající se proteiny)

Odér je parametr, který se obtížně kvantifikuje fyzicky nebo chemicky. Je to schopnost odérových látek (odérantů) nebo směsí látek aktivovat čichový smysl a vyvolat vjem.

Odéranty (Odérové látky) jsou organické nebo anorganické látky produkované člověkem samotným a jeho činností. Dominantními složkami odérových látek ve vnitřním prostředí budov jsou oxid uhličitý CO₂ a těkavé organické látky. Uvolňují se ze stavebních materiálů a zařízení budov.

Olfaktometrie je metoda objektivního stanovení pachových látek ve vzduchu na základě čichových vjemů člověka.

Práh vnímání je nejnižší koncentrace odérantu, při které odérový vzduch je odlišen od bezodérového vzduchu 50-ti% posuzovatelů na základě prvotního vjemu odéru v testovaném vzduchu.

Práh rozpoznání je nejnižší koncentrace odéru, při které vzduch s odérovými látkami je odlišen od bezodérového vzduchu 50-ti% posuzovatelů na základě jednoznačně rekognoskovaného vjemu odéru v testovaném vzduchu.

Odérové látky vstupují do interiéru **zvenku** nebo **vznikají přímo uvnitř budovy** (činností člověka, uvolňováním ze stavebních materiálů). Z venkovního ovzduší vstupuje do budovy 50 – 80 % odérových látek. Jsou to produkty spalovacích motorů a z výrobních procesů a spaliny z tepláren. V důsledku činnosti člověka se uvolňují různé pachy, zplodiny z cigaret, pachy kosmetických přípravků, zápach odpadků a čisticích prostředků.

8.2. Faktory působení odérových látek

Vdechovaný vzduch vstupuje mezi nosní mušlovité kosti v čichové zóně pokryté čichovými buňkami se sliznicí na povrchu. Odérové látky musí přijít do styku se sliznicí, aby byl vyvolán čichový vjem. Čichové buňky pak vysílají elektrochemické impulsy do čichového centra v přední části mozku. Část mozku, zabývající se čichem, je umístěna nad nosem a vytvářejí se v ní také emoce. Z toho vyplývá, že pachy ovlivňují tvorbu nálad.

Působení odérových látek lze rozdělit do 4 skupin:

- Osvěžující nebo uklidňující
- Kladně povzbuzující
- Otupující, případně omamující
- Vyvolávající stavy nervového rozrušení a agresivity

8.3. Optimalizace odérového mikroklimatu

Optimální odérové klima lze zajistit **zásahem do zdroje odérů** nebo **zásahem do pole přenosu** od zdroje k exponovanému subjektu.

Nejúčinnější způsob optimalizace je **omezení nebo úplná eliminace zdroje odérů**, například za použití rychleschnoucích barev (barev, které ve styku s UV zářením vyvolávají velmi rychlý přechod sloučenin z nízkomolekulárních na vysokomolekulární) nebo lisů na odpady.

Optimalizace odérového mikroklimatu zásahem do pole přenosů je možné provést **omezením šíření odérů v budově, dostatečným větráním, filtrací vzduchu, deodorizací** nebo **neutralizací ionizovaným ozónem**. Omezení šíření odérů v budově spočívá v rozdělení vertikálních šachet do několika částí nebo vhodným umístěním zdrojů odérů. Množství čerstvého vzduchu je spjata s odérovými koncentracemi ve vnitřním prostředí.

Filtrace odérů se provádí pomocí **filtrů s aktivním uhlíkem nebo dřevěným uhlím**, promýváním vzduchu vodou, biologickou pračkou nebo biologickým filtrem. Filtry na bázi aktivního nebo dřevěného uhlí neabsorbují téměř žádnou vlhkost a nemění tak stav vzduchu. Jejich účinnost závisí na době styku plynu s uhlím. Pro dosažení alespoň 80% účinnosti je nutné mít vrstvu alespoň 25 mm tlustou a rychlost proudění přes filtr by neměla překročit rychlost 3,0 m/s. Promývání vzduchu vodou je účinné zejména u látek, které jsou schopny se vázat na vodu, např. čpavek. **Biologická pračka** funguje na principu, kdy se odérové plyny absorbují v prací kapalině, ve které jsou rozptýleny

mikroorganismy. Tento způsob filtrace je vhodný zejména pro silně znečištěné plyny. **Biologické** filtry obsahují přírodní náplň - rašelinu, v níž přítomné mikroorganismy jsou schopny odbourávat aromatické látky, například uhlovodíky. Velkou výhodou těchto filtrů jsou nízké provozní náklady.

Deodorizace je založena na použití jiné, silnější, ale příjemně vonící látky, než je původní odér.

Účinek **neutralizace** je založen na ionizovaném ozónu, který je silným oxysličovadlem. Molekuly odérových látek jsou rozkládány a přeměňovány na vodní páru, oxid uhličitý a další bezodérové látky. Nutnou pozornost je třeba věnovat koncentraci ozónu z důvodu jeho toxicity.

Odéry lze také eliminovat **intenzivní ionizací vzduchu** pomocí negativních aeroionů o vysoké koncentraci.

Pokožkové rostliny jsou nejen ozdobou a spotřebitelem CO₂, ale některé druhy jsou schopny také čistit vzduch od benzenu, oxidu uhličnatého, oxidu dusičitého a formaldehydu.

9. MIKROORGANISMY VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

9.1. Mikrobiální mikroklima

Mikrobiální mikroklima je tvořeno mikroorganismy – bakteriemi, viry a plísněmi, které se vyskytují ve vnitřním prostředí budov. Vážným problémem jsou především spory, plísně a pylové částice, které jsou spouštěčem alergických reakcí.

Bakterie jsou mikroskopické jednobuněčné mikroorganismy různé velikosti. Průměrná velikost bakterií se pohybuje kolem 0,3 - 2,0 μm . Nicméně některé vodní bakterie mají velikost několik desítek i stovek mikrometrů.

Viry jsou nebuněčné organismy s vnějším bílkovinovým obalem uzavírajícím nukleovou kyselinu.

Roztoči jsou řada drobných členovců z třídy pavoukovců, jejichž články těla splynuly do jediného celku. Mnozí roztoči jsou parazitičtí a nebezpeční přenašeči chorob.

Plísně (vláknité mikroskopické houby, mikromycety) jsou více buněčné mikroorganismy, které jsou zařazeny do samostatné říše hub.

Podle způsobu vstupu do interiéru rozlišujeme tři zdroje mikroorganismů:

- Venkovní ovzduší jako zdroj mikroorganismů
- Vzduchotechnické zařízení budov jako zdroj mikroorganismů
- Člověk jako zdroj mikroorganismů

Nejčastějším, ne však jediným, zdrojem mikroorganismů, jsou sami lidé, kteří zárodky mikroorganismů roznášejí do vnitřního i venkovního ovzduší a odtud do klimatizačních a vzduchotechnických zařízení.

Hlavními nositeli mikroorganismů jsou **kapalné aerosoly** a **pevné aerosoly** (prachy). Proto je nutné zabránit zvlhnutí usazeného prachu v uzavřených a těžko přístupných vzduchovodech (pomocí zpětných klapek, garantovaného přetlaku atd.) neboť zde hrozí výskyt virů i plísní s neomezené životností.

Intenzivním zdrojem mikroorganismů může být také teplovzdušné vytápění, ventilační a klimatizační soustavy, filtrační zařízení, zařízení pro zvlhčování a odvlhčování vzduchu, vzduchovody a dvojité stropy.

Mikroorganismy, které se dostávají do ovzduší z oblečení, při hovoru, kašli, kýchání zůstávají ve vlhkém prostředí dlouho ve vzduchu na jemných vodních kapénkách, které nesedimentují. Doba přetrvávání kapének ve vzduchu závisí pouze na jejich velikosti.

Největší výskyt mikroorganismů v interiérech oproti venkovnímu prostředí je v zimě. Většina mikroorganismů pro svůj život a rozmnožování nutně potřebuje vysokou vlhkost a teplotu. Stavební a technické objekty nejsou optimálním životním prostředím pro mikroby, přesto se zde objevuje mnoho rodů mikrobů. Tito mikrobi potřebují pro svůj život výjimečné prostředí, řadíme je proto mezi tzv. **extrémofily**.

Vybrané druhy extrémofilních organismů včetně jejich prostředí výskytu:

- **Termofily** – vysoká teploty
- **Psychrofily** – nízká teplota
- **Adidofily** – Kyselé prostředí (nízké pH)
- **Alkalofily** – Zásadité prostředí (vysoké pH)
- **Halofily** – Velká koncentrace solí
- **Barofily** – Vysoký tlak
- **Oligofily** – Malá koncentrace organického substrátu
- **Osmofily** – Nedostupnost vody

Ve stavebních objektech se nejčastěji objevují **psychrofily** a **alkalofily**, případně osmofily a oligofily. Ve stavebních prvcích domů a bytů (dřevěné trámy, zdivo, podlahové krytiny, rámy oken apod.) se objevují plísně, které potřebují mít podmínky pro své existenci a další rozšíření. Jsou to čtyři základní podmínky, tzv. požadavky na vlhkost, požadavky na teploty, požadavky na pH stavebních materiálů, požadavky na živiny.

Plísně lze očekávat všude tam, kde je vysoká vlhkost vzduchu. Ta totiž způsobuje vlhkost stavebních konstrukcí, které jsou pak pro plísně živnou půdou. Vzhledem k masové výměně oken v minulých letech, která nebyla spojena se změnou jejich užívání, tj. nová okna nevětrají infiltrací, je nutno je otvírat, došlo v mnoha bytech k nárůstu vlhkosti a tím rozvoji plísní. Dalším zdrojem vlhkosti, jak ukázalo šetření Státního zdravotního ústavu, je také zatékání střechou nebo vzlínání spodní vody. Tyto závady nejsou pouze estetické, neboť většina těchto plísní je pro člověka alergizující. Vliv kyslíku a vliv slunečního záření mohou být odlišné na jednotlivých druzích

Kvalita mikrobiálního mikroklimatu

Kvalita mikrobiálního mikroklimatu se hodnotí podle únosné koncentrace mikrobů – pro obytná prostředí činí max. 200 až 500 mikrobů/m³, ve venkovním prostředí měst jsou koncentrace až 1500 mikrobů/m³. Požadavky na kvalitu prostředí u běžných staveb jsou splněny, pokud nepřekročí koncentrace bakterií nebo plísní 500 KTJ/m³ vzduchu (kolonie tvořících jednotek).

9.2. Optimalizace mikrobiálního mikroklimatu

Optimální mikrobiální klima lze zajistit dvěma základními způsoby:

- **Zásahem do zdroje mikroorganismů**
- **Zásahem do pole přenosu id zdroje k exponovanému subjektu**

Zásah do zdroje mikroorganismů zahrnuje především péči o čistotu pokožky, oděvu a obuvi a izolaci nemocných. U vzduchotechnických soustav se doporučuje nahradit sprchovací komoru (pračku vzduchu) parním zvlhčovačem, u něhož je vlhčení vzduchu dosahováno rozprašováním vodní páry na ohřívák. Je nezbytné odvádět zkondenzovanou vodní páru. Jako odvlhčovací zařízení je lepší volit suché metody před kondenzací na chladiči. Při filtraci vzduchu jsou lepší suché způsoby, tj. když relativní vlhkost procházejícího vzduchu filtrem nepřekročí hranici 70 %. Eliminovat výskyt kondenzace vodní páry na stěnách lze přidáním tepelné izolace, vhodným způsobem vytápění, větráním a instalací odvlhčovacích zařízení.

Zásahy do pole přenosu zahrnují omezení šíření mikrobů v budově zajištěním čistoty všech interiérů, odstraněním nepříjemného hmyzu, přívodem dostatečného množství čerstvého vzduchu (větráním), dezinfekcí vzduchu ozařováním UV zářením nebo úpravou stěn vhodnou substancí do povrchového filmu.

10. ELEKTROSTATICKÁ A ELEKROMAGNETICKÁ ENERGIE V BUDOVÁCH

10.1. Elektrostatické mikroklima

Statická elektřina je označení pro jevy vyvolané nashromážděním elektrického náboje na povrchu různých těles a předmětů a jejich výměnou při vzájemném kontaktu.

Statický náboj vzniká, když dva materiály přicházejí spolu do styku a opětovně se oddělují, nebo jejich třením. To způsobuje rozdělení nebo převod negativních elektronů z jednoho atomu na druhý. Velikost náboje je závislá na řadě faktorů, jako jsou materiál, teplota, vlhkost, tlak a rychlost oddělení materiálů. Čím větší je tlak nebo rychlost oddělení, tím větší je náboj. Statický náboj vzniká hojně v zimních měsících (nízká vlhkost). Je to proto, že některé materiály jsou schopny absorbovat vlhkost (vodu) ze vzduchu do sebe a tím se stávají více vodivými.

10.2. Zdroje statické elektřiny

Pravděpodobně největším energetickým zdrojem na Zemi jsou vodní toky, kde statická elektřina vzniká třením molekul vody o skalní nebo jiné podloží. Energetické složky (aura, zóny, interzóny) podzemních pramenů, potoků, řek, veletoků, mořských proudů a příbojů vytvářejí po celé Zemi mohutný trojrozměrný rastr, jehož vodivé složky jsou v interakci se složkami bouřkových mraků i jiných nábojů. Vlivem měnících se průtoků vodních toků a pohybu bouřkových mraků, jsou všechny tři složky statické elektřiny v neustálém pohybu, přičemž fauně i flóře samovolně doplňují energii.

Vnitřní zdroje

- Nízká vlhkost vzduchu
- Nedostatečné uzemnění budovy/podlah
- Všechny kovy
- Proudící voda v potrubí topného systému
- Elektrické rozvody
- Všechny elektrické spotřebiče
- Ohně a další

Vnější zdroje

- Umístění budovy (křížení statických zón)
- Vítr
- Velikost a hmota budovy
- Následky statické elektřiny
- Porušení elektroniky
- Zvýšené napětí na mozkových buňkách
- Nepříjemné výboje
- Ve zdravotnictví
- V průmyslu (chování materiálu)

10.3. Optimalizace elektrostatického mikroklimatu

Optimální elektrostatické mikroklima je charakteristické minimálním výskytem statické elektřiny. Úplné vyloučení vzniku statické elektřiny je nereálné. Je vhodné minimalizovat výskyt statické elektřiny. Případný výskyt statické elektřiny je nutné eliminovat např. vhodným uzemněním nebo vhodnou úpravou přenosu. Pokud mají být způsoby likvidace st. elektřiny účinné, pak je nutné odvést nashromážděný náboj v co nejkratším čase, aby nedocházelo ke kumulování vysokých potenciálů. Optimalizaci elektrostatického klimatu je možné provést buď **zášahem do zdroje elektrostatické elektřiny**, nebo **zášahem do pole přenosu**.

Úpravu zdroje elektrostatické elektřiny lze provést **antistatickými látkami a uzemněním**. Běžně se nanáší vodivé filmy od vody až po vysokomolekulární halogeny čpavku. Vznik statické elektřiny lze taktéž omezit vhodným oděvem a obuví.

Pole přenosu elektrostatického náboje lze optimalizovat **úpravou ovzduší a úpravou povrchových materiálů stěn a podlah**. Vytvoření optimálního elektroiontového mikroklimatu lze provést inverzí ionizací vzduchu popřípadě zvýšením relativní vlhkosti vzduchu. Při hodnotách relativních vlhkosti vzduchu 60 - 70 % je riziko tvorby statické elektřiny již minimální. Pro úpravu podlah a stěn je vhodné použít antistatické nátěry a dokonalé uzemnění.

10.4. Elektromagnetické mikroklima

Elektromagnetické mikroklima je složka prostředí vytvářená elektromagnetickým střídavým polem elektromagnetických vln o vlnové délce větší než 1 mm (3.1011 Hz) v uvažovaném prostoru a ovlivňující celkový stav člověka. V prostorech určených pro častý pobyt osob a spánku by neměla magnetická indukce překročit hodnotu 25 nanotesla, tedy 0,025 μT (mikrotesla).

Elektromagnetické záření se vyskytuje jak ve volné přírodě, tak uvnitř budov. **Elektromagnetické záření** může pronikat do interiéru z exteriéru, popřípadě může být produkováno vnitřními zdroji. V exteriéru jsou **přírozeným zdrojem** elektromagnetického záření atmosferické výboje a sluneční činnost. **Umělým zdrojem** jsou vysílače a vedení vysokého napětí. Vnitřním zdrojem elektromagnetického záření může být například mikrovlnný ohřev, mobilní telefony, monitor, obrazovky a další elektronické spotřebiče.

Kolem vodiče, kterým prochází elektrický proud, se vždy vytváří magnetické pole. Opačně, jestliže se mění magnetické pole, pak se ve vodiči vždy indukuje elektrický proud. Každá změna v elektrickém poli indukuje změnu v poli magnetickém a naopak.

10.5. Zdroje elektromagnetického záření

- Vedení vysokého napětí, podzemní kabely, trafostanice
- Antény základových stanic (BTS) a vysokorychlostního internetu
- Vysílače mobilních sítí, rádia a televize
- Zabezpečovací systémy
- Elektrické obvody, například zásuvky, osvětlení, podlahové vytápění
- Domácí elektrospotřebiče, mikrovlnná trouba, televize, dálkové ovladače
- Mobilní telefony a počítače, WiFi zařízení
- V určité míře také dětské hračky na dálkové ovládání a dětské chůvičky

Elektrosmog je všechno to neviditelné záření, které dnes vydávají domácí elektrospotřebiče. Elektrosmog je elektromagnetické záření, které se vyskytuje tam, kde dochází k výrobě a přenosu elektrické energie – při používání elektrických přístrojů, v mobilních sítích, v telekomunikaci, ale i televizním a rozhlasovém vysílání. V závislosti na frekvenci se elektrosmog rozděluje na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční.

Elektromagnetické záření působí jak na živé organismy, tak na neživé objekty. Mezi nejcitlivější partie patří oči, nervová soustavy a pohlavní orgány. Neživé objekty jsou ohroženými, pokud nejsou dostatečně stíněny.

Vědní obor zabývající se ochranou uživatelů před působením elektromagnetického záření se nazývá **elektromagnetická kompatibilita** (EMC, Electromagnetic compatibility). Své uplatnění má nejen na specializovaných pracovištích, ale také ve všech prostorech, kde lidé přicházejí do styku s elektromagnetickým zářením.

Kritéria elektromagnetického mikroklimatu

Základním kritériem je **ozáření**, které je závislé na **intenzitě pole** a **době expozice**. Intenzita pole závisí na vzdálenosti od zdroje a na jeho velikosti.

10.6. Optimalizace elektromagnetického mikroklimatu

Optimalizaci elektromagnetického pole lze provést **zásahem do zdroje elektromagnetického záření, zásahem do pole přenosu** nebo **použitím osobních ochranných pomůcek** u subjektů vystavených elektromagnetickému záření. Zásah do zdroje elektromagnetického záření spočívá v eliminaci zdroje, což představuje nejúčinnější způsob zajištění optimální elektromagnetického klimatu. Ke stínění se používají hliníkové nebo měděné plechy o tloušťce alespoň 0,5 mm. Stínění musí být řádně uzemněno. Zásah do pole přenosu spočívá v místním ochranném stínění podle stejných zásad jako zásad u zdroje.

Ochrana před elektrosmogem

- Vypínejte elektrozařízení v době, kdy je nepoužíváte
- Na noc vypínejte WiFi zařízení, lampičku na nočním stolku odpojte ze zásuvky. Na noc také vypněte mobilní telefon nebo jej přepněte do režimu Letadlo
- Nespěte u stěny, za kterou je nějaký elektrospotřebič
- Od vedení kabelů a prodlužovaček pobývejte ve vzdálenosti 0,5-1 metru
- Vyvarujte se používání dětských chůviček
- Na trhu najdete proti působení elektromagnetického záření různé ochranné prvky. Například **speciální ochranné omítky, stěrky, fasády, malířské barvy a podlahy**. Dále také stínící fólie na okna, stínící textilní látku na zeď nebo speciální pouzdra na mobilní telefon.

11. ELEKTROIONTOVÉ MIKROKLIMA VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

II.1. Elektroiontové klima

Elektroiontové mikroklima je složka prostředí vytvářená **pozitivními a negativními ionty** v ovzduší, které působí na člověka a utváří jeho celkový stav.

Za normálního stavu jsou molekuly plynů elektricky neutrální. Vlivem působení ionizační energie dochází k neelastickým srážkám do té doby neutrálních molekul. V důsledku těchto srážek se odtrhávají elektrony z orbitální sféry atomů a tím vzniknou dvojice elektricky nabitých částic. Tyto částice nejsou stabilní, spojují se s neutrálními atomy, či molekulami do shluků (až 30 molekul), které jsou již stabilnější, ty se nazývají lehkými ionty.

Iont je elektricky nabitá částice, která vznikla z elektricky neutrálního atomu nebo molekuly přidáním resp. ubráním elektronů při ponechání původního počtu protonů.

Aeroiont je komplex 10 až 30 molekul, který vzniká spojováním elektricky nabitých částic s neutrálními atomy.

II.2. Zdroje ionizační energie

Ionty vznikají v důsledku **působení elektrického pole, působení ionizující a ultrafialového záření** a také při tzv. **Lenandrově efektu**.

V přirozených podmínkách se na tvorbě vzdušných iontů podílí ionizující záření z přirozených radioaktivních látek obsažených v prostředí (půdě, vzduchu), dále kosmické záření a záření těžkých částic, přicházejících do vyšších vrstev atmosféry ze slunečního záření. Obdobně působí i ultrafialové záření.

V interiéru budov mohou být mohutným zdrojem aeroiontů i radioaktivní plyny Ra²²² a Ra²²⁰, obsaženými ve stavebních konstrukcích (z žuly a betonu), které difundují do místnosti. Koncentrace aeroiontů, zvláště při snížené ventilaci místnosti, může být pak i značně vyšší než v exteriéru. V takovém případě mohou radon a jeho modifikace ve vzduchu překročit i nejvyšší přípustné hodnoty pro dlouhodobý pobyt a stát se vážným nebezpečím, o kterém uživatel nemá ponětí – není je schopen svými smysly vnímat.

K **Lenandrově efektu** dochází při rozprašování vody do vzduchu nebo při praskání bublinek plynu na vodní hladině dochází k tvorbě pozitivních a negativních iontů

oddělováním malých částic z povrchu vody. Celá tekutina se tudíž rozdělí na malé záporné částičky a větší kladné kapky.

II.3. Účinky iontů v ovzduší na lidský organismus

Aeroionty především slouží pro urychlení biochemických reakcí. Na organismus mají pozitivní vliv lehké nebo také malé záporné ionty. Pozitivní účinek mají na dýchací systém, kde odevzdávají svůj náboj, což se pozitivně projeví zvýšenou aktivitou řasinkového epitelu a produkci hlenu, na EEG, změnách krevního tlaku, bazálního metabolismu a subjektivním pocitu svěžesti. Pozitivní vliv lehkých záporných iontů byl pozorován u astmatiků, alergiků a revmatiků.

Negativní ionty (anionty) v organismu způsobují vzrůst pH krve, pokles krevního tlaku, pokles spotřeby kyslíku, zvyšují metabolismus ve vodě rozpustných vitamínů, vzrůst sekreční aktivity sliznic a zvýšení odolnosti vůči virovým onemocněním.

Pozitivní ionty (kationty) způsobují pokles pH krve, vzrůst krevního tlaku, pokles hladiny cholesterolu, vysoušení sliznic.

Převaha kationtů v ovzduší je v přírodě demonstrována nepříznivým působením některých suchých teplých větrů. Látky, které ionty ovlivňují, hrají důležitou roli pro metabolické jevy a přenos některých impulsů do spodního mozku, který je velmi důležitý pro tvorbu spánku a celkové nálady člověka.

Vzduch chudý na jakékoliv ionty je označován jako "těžký", vzduch s převahou pozitivních iontů jako "dusno", s převahou negativních iontů jako "chladný" a s optimálním poměrem ($p/n = 5/4$) jako "lehký a čerstvý". Je třeba zabránit tvorbě středních a zvláště těžkých iontů, musíme tedy zajistit čistotu ovzduší. Elektroiontové mikroklima je nutno řešit vždy společně s aerosolovým mikroklimatem.

Obsah lehkých záporných iontů ve vnitřním prostředí budov je redukován antropogenní činností jako např. kouřením. Kouření výrazně snižuje obsah lehkých iontů v místnosti na dobu několika hodin. V zakouřeném prostředí cítí lidé nespecifické potíže typu podrážděnosti, zvýšené únavnosti, obtížné schopnosti koncentrace a pokles pracovní výkonnosti. Mohou se objevit poruchy spánku a nespavost.

II.4. Optimalizace elektroinotového mikroklimatu

Optimalizaci elektroinotového mikroklimatu lze provést buď **zásahe**m do zdroje, nebo **zásahe**m do pole přenosu.

Z vnějšího prostředí se aeroionty dostávají do vnitřního prostředí větráním, přirozeně okny nebo nuceným větráním, které elektricky nabitě částice nelikviduje. Výskyt aeroiontů významně ovlivňuje i použitá stavební materiálu a povrchová úprava. Doporučuje se používat klasické stavební materiálu, jako jsou cihly a dřevo. Surové dřevo bez povrchové úpravy zneutalizuje na svém povrchu značné množství aeroiontů na rozdíl od hladké dýhy.

Jednou z možností jak zabránit likvidaci aeroiontů je omezení aktivit v poli přenosu, které je odstraňují. Druhou možností je instalace ionizátorů, které produkují aeroionty. Pro praktické použití se v současnosti vyrábějí ionizátory hydrodynamické, s koronovým výbojem a se stropní elektrodou.

12. PSYCHICKÉ A SVĚTELNÉ MIKROKLIMA

12.1. Barevnost vnitřního prostředí

Barevnost vnitřního prostředí lze vyjádřit:

- Barvou povrchu a barvou světla
- Materiálem povrchu
- Kombinací barev u vícebarevných povrchů
- Velikostí prostoru

12.2. Osvětlení vnitřního prostředí

Z hlediska zdroje světla můžeme osvětlení rozdělit na:

- **Denní osvětlení** – přirozeným, rozptýleným světlem a přímým slunečním zářením
- **Umělé osvětlení** – pomocí umělých zdrojů
- **Sdružené osvětlení** – denní osvětlení doplněné světlem umělým

Denní osvětlení je svým charakterem pro lidský organismus vhodnější než osvětlení umělé. Biorytmus člověka je rovněž spjat s pravidelným střídáním světla a tmy. V obytných budovách musí být zajištěna alespoň minimální úroveň denního osvětlení, daná činitelem denní osvětlenosti [%].

Používanými kritérii pro popis světelného mikroklimatu jsou:

- **Činitel denní osvětlenosti**
- **Osvětlenost**
- **Teplota chromatičnosti**
- **Index podání barev**
- **Index oslnění**

Světlo je viditelné záření, které je schopné vyvolat bezprostřední zrakový vjem hodnocen normálním lidským zrakem. Rozsah viditelného záření se předpokládá v mezích vlnových délek 380 až 780 nm.

Činitel denní osvětlenosti je poměr osvětlenosti v bodě na dané rovině přímým nebo odraženým oblohovým světlem v dané době k současně srovnávací osvětlenosti vnější

nezastíněné vodorovné roviny za předpokládaného nebo známého rozložení jasu oblohy. Příspěvek přímého slunečního světla na obě intenzity osvětlení je vyloučen. Hodnota činitele denní osvětlenosti se udává v procentech.

Intenzita osvětlení (osvětlenost) je fotometrická veličina definovaná jako světelný tok dopadající na jednotku plochy. Je tedy podílem světelného toku (v lumenech) a plochy (m^2).

12.3. Barevnost prostoru

Zrakové vnímání barev vyvolává mimo jiné pocity tepla a chladu. Vlivem teplých barev se zrychlují a vlivem studených zpomalují některé fyziologické funkce, včetně bazálního metabolismu, přičemž změna závisí také na aktuálním psychickém stavu. Zelená a modrá jsou studeně působící barvy, které jsou pasivní a podporují duševní soustředění a delší pracovní výkonnost. Teple působící barvy (červená, oranžová nebo žlutá) jsou barvy dynamické podněcující k činnosti.

Barva je vlastnost světla, respektive látky, ze které světlo vychází. Barva vyjadřuje vjem, který je vytvářen na sítnici oka viditelným elektromagnetickým zářením (vlněním).

Barevný vjem závisí na spektrálním složení přicházejícího světla (závislost světelného toku a frekvenci či vlnové délce) a jeho intenzitě vzhledem k pozadí. Barevné vidění je zprostředkováno receptory zvané čípky trojího druhu, které jsou citlivé na tři základní barvy – červenou, zelenou a modrou. Všechny známé barvy vycházejí z těchto tří základních barev.

Barva vnímaná okem může v mozku ovlivnit pocity vysílané hmatem nebo svalovým napětím (stejně předměty lze podle jejich barvy považovat za lehčí nebo těžší). Barva má vliv i na naše pojetí prostoru (místnost můžeme opticky zvětšit či zmenšit, zvýšit či snížit), protože celková barevnost prostředí vyvolává pocity prostornosti nebo stísněnosti, nebo se na těchto pocitech podílí. V roce 1977 proběhl výzkum, který zjistil, že teplé barvy mají až o 0,4 °C posunutou tepelnou pohodu oproti barvám chladným.

Obecně platí, že černá je asi 25x tmavší, než bílá. Pokud by pro osvětlení pokoje s bílými stěnami stačila žárovka o příkonu 40 W, pak bychom pro stejný světelný vjem v pokoji s černými stěnami potřebovali žárovku o příkonu 1 000 W.

12.4. Účinek psychického a světelného stresu

Zrakové vnímání vnitřního prostoru je úzce spjato s centrální nervovou soustavou. Světelné mikroklima povzbuzuje pocity hněvu, vypětí nebo naopak radosti a klidu. Světelné mikroklima je definováno geometrickými rozměry prostoru, druhem světelným zdrojů, počtem a rozmístěním svítidel, rovnoměrností osvětlení, barevným podáním a kontrastem v prostoru. Důsledkem působení všech složek prostředí na lidský nervový systém může být psychická únava.

12.5. Optimalizace psychického a světelného mikroklimatu

Barevnost prostředí a jeho složek vytváří celkový psychický účinek organismu na prostředí. Neexistuje žádný komplexní návrh optimalizace světelného mikroklimatu. Cílem optimalizace psychického a světelného mikroklimatu je navození pocitu zrakové pohody. **Zraková pohoda** je stav organismu, při níž zrakový systém plní svou funkci a při kterém se člověk cítí ve světelné pohodě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BEDNÁŘOVÁ, Petra a Jana KREJSOVÁ, 2008. *Zdravé domy pro zdravé lidi*, VŠTE v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-903888-9-5.

GODISH, Thad. *Indoor environmental quality*. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers, 2001. ISBN 1566704022.

JOKL, Miloslav. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0928-0.

JUHÁSOVÁ ŠENITKOVÁ, Ingrid. *Vnímaná kvalita prostředí a výkonnost uživatelů budov*. 1. vyd. České Budějovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2016. 136 s. ISBN 978-80-7468-104-2.

KRAUS, Michal a Ingrid JUHÁSOVÁ ŠENITKOVÁ, Indoor Air Quality of Residential Buildings. In: *In 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2017: Book 6 Nano, Bio and Green – Technologies for a Sustainable Future*, Sofia (Bulharsko): International Multidisciplinary Scientific Geoconference, 2017.

KRAUS, Michal a Ingrid JUHÁSOVÁ ŠENITKOVÁ, Indoor Environment in Residential Prefabricated Buildings. In: *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2017*, Prague.

KRAUS, Michal a Ingrid JUHÁSOVÁ ŠENITKOVÁ, Indoor Environment in Residential Prefabricated Buildings. In: *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2017*, Prague.

KRAUS, Michal, Hygrothermal Analysis of Indoor Environment. In: *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2017*, Prague.

KRAUS, Michal, Hygrothermal Analysis of Indoor Environment. In: *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2017*, Prague.

KRAUS, Michal. Airtightness as Key Factor of Sick Building Syndrome (SBS). In *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2016: Book 6 Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future, Volume II*. 1. vyd. Sofia (Bulharsko): International Multidisciplinary Scientific Geoconference, 2016. s. 439-445, 7 s. ISBN 978-619-7105-69-8. doi:10.5593/sgem2016B62.

NEZNAL, Matěj a Martin NEZNAL. *Ochrana staveb proti radonu*. Praha: Grada, 2009. ISBN 8024730650.

Radonový program České republiky [online]. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2016 [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: <http://www.radonovyprogram.cz>

Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. [online]. Praha: SÚRO, 2017 [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz>

ŠENITKOVÁ, Ingrid, Silvia VILČEKOVÁ a Marcela ONDOVÁ. *Budovy a prostředí*. 1. vyd. Košice: TU, SvF, 2011. 165 s. ISBN 978-80-553-0668-1.

TŮMA, Jiří. *Tepelná pohoda* [online]. Praha: Fakulta elektrotechnická, ČVUT, 5228 [cit. 2017-06-13]. Dostupné z: <http://heat.feld.cvut.cz/mertaj/tuma2.html>