

REGULACE VLHKOSTI VNITŘNÍHO VZDUCHU V KONTEXTU HOSPODAŘENÍ S VODOU

Kristýna SCHULZOVÁ

ČVUT v Praze, Fakulta architektury, Thákurova 9, Praha 6, kristyna.schulzova@fa.cvut.cz

Abstrakt:

Vzdušná vlhkost je v rámci techniky prostředí často neprávem opomíjena, má však zásadní vliv na zdraví obyvatel. Článek se zabývá optimálními vlhkostními podmínkami v interiéru a popisuje způsoby jejich regulace pomocí architektonického návrhu i technologických zařízení. Dále se zabývá také možnostmi druhotného využití vody zkondenzované v těchto zařízeních.

Klíčová slova:

Vnitřní prostředí, relativní vlhkost, nucené větrání, entalpický výměník, využití kondenzátu

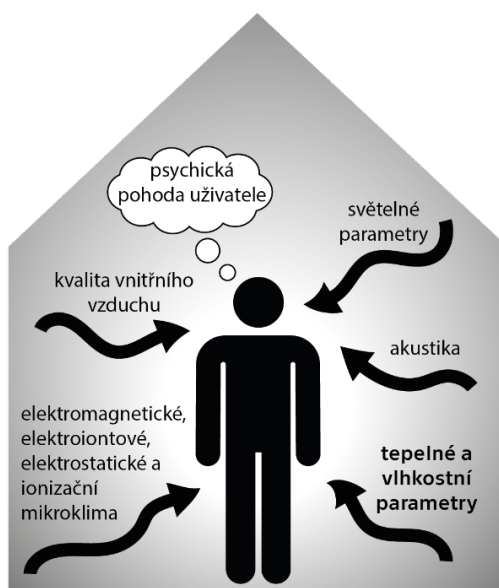
Úvod

Vnitřní prostředí je životní prostředí v interiéru budov. Jedná se o soubor fyzických podmínek, které obklopují člověka a působí na jeho smysly [1].

Hlavním cílem techniky vnitřního prostředí je zajištění zdraví a pohody jeho uživatelů. Pohoda prostředí je definována jako „*Takový stav prostředí, při kterém se lidé v uvažovaném prostoru subjektivně cítí co nejlépe a jsou tedy též schopni maximálního pracovního výkonu ať již fyzického či duševního, nebo co nejučinnějšího odpočinku* [2].“

Vnitřní prostředí má několik složek, které se vzájemně doplňují (Obr.1)

Obr. 1: Složky vnitřního prostředí působící na člověka



Zdroj: Adaptováno z několika zdrojů

Vlhkost vzduchu je jedním z nejméně zanedbávaných faktorů kvality vnitřního prostředí, má však zásadní vliv na zdraví uživatelů. Vzdušná vlhkost se udává pomocí relativní vlhkosti vzduchu, což je poměr mezi množstvím vodních par ve vzduchu a maximálním možným množstvím par, které je vzduchu schopen pojmout. Relativní vlhkost vzduchu je tedy proměnlivá v závislosti na teplotě (Obr. 2).

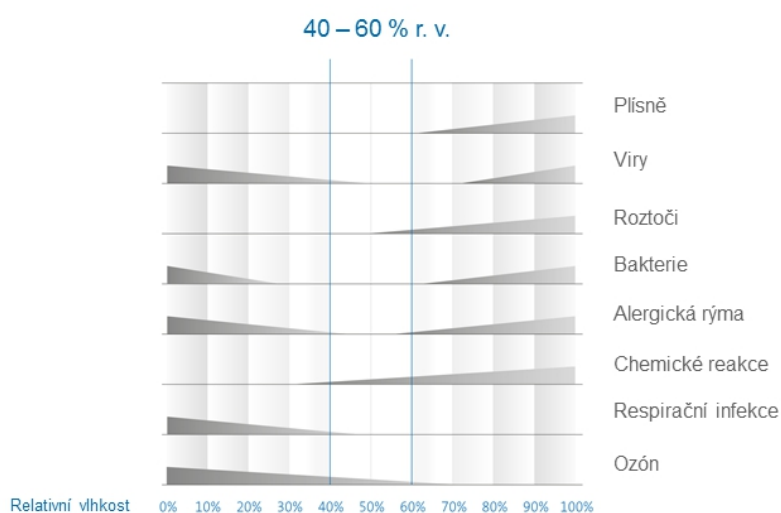
Obr. 2: Závislost relativní vlhkosti na teplotě



Zdroj: <https://www.stadlerform.cz/pruvodce-zvlhcovanim/>

Pro lidský organismus se ideální vlhkost vzduchu pohybuje v rozmezí 40-60% (obr. 3). Příliš vysoká vlhkost vzduchu může způsobovat kondenzaci vodních par, která poškozuje stavební konstrukce a také růst plísní a roztočů, což negativně působí na respirační systém obyvatel. Při vyšší vlhkosti vzduchu jsou navíc intenzivněji vnímány nepříjemné oděry [3].

Obr. 3: Sterling-Scofieldův diagram - vlivy prostředí na lidský organismus v závislosti na relativní vlhkosti



Zdroj: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/18142-vlhkost-vzduchu-a-hygiena-prostredi>

Příliš suchý vzduch může způsobovat vysychání sliznic a očí, což vede k narušení imunitního systému. Suchý vzduch způsobuje také respirační obtíže, zvýšenou únavu a dehydrataci

Způsoby regulace vlhkosti vnitřního vzduchu

Stejně jako v dalších oblastech regulace kvality vnitřního prostředí jsou primární metodou některé obecné zásady, které mohou být zohledněny i v architektonickém návrhu. Při regulaci vlhkosti hrají hlavní roli použité materiály – dřevo a keramika má největší schopnost regulovat vzdušnou vlhkost.

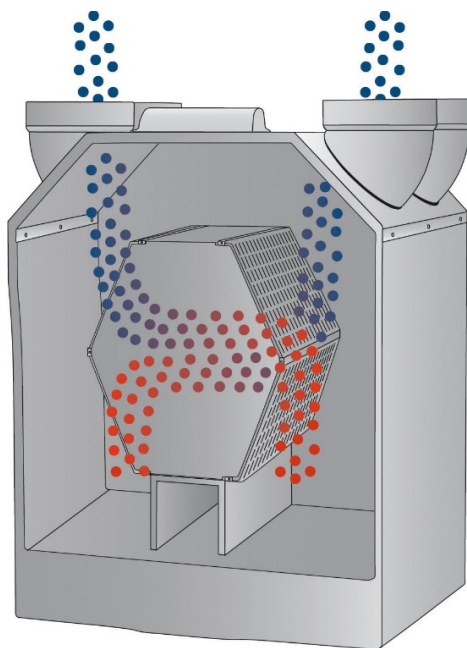
Dále hrají zásadní roli návyky obyvatel. Od nadměrné vlhkosti může pomoci především správné větrání, používání digestoře a pokličky při vaření, odvětrávání koupelny při sprchování či praní a další. Naopak ke zvýšení vlhkosti příliš suchého vzduchu mohou přispět pokojové rostliny či využití nezapáchajících zdrojů vodní páry (tedy odvětrávání pouze z kuchyně či WC, nikoli například z koupelny či prádelny) k opětovnému zvlhčení vzduchu. I při vhodném materiálovém a provozním řešení domu je však často nutné přistoupit k použití technologických zařízení.

Regulace vlhkosti pomocí větracího systému

Nejen v obytných budovách jsou v současné době již standardem větrací systémy s rekuperací, tedy mechanické nucené větrání se zpětným získáváním tepla. V tepelném výměníku vnitřní vzduch odváděný z interiéru předává teplo studenému vzduchu přiváděnému zvenčí. Tento systém současně napomáhá snížení nadměrné vlhkosti vnitřního vzduchu: při ohřátí studeného venkovního vzduchu se jeho relativní vlhkost sníží (viz. Obr. 2). V zimním období se však přiváděný studený vzduch z exteriéru ohřeje natolik, že jeho relativní vlhkost klesne až na 25% i méně [4].

Řešením je entalpický výměník (Obr. 4), který je kromě tepla schopen rekuperovat i vzdušnou vlhkost. Jejich účinek je patrný zejména v domech s vnitřními zdroji vzdušné vlhkosti, tedy například z vaření, pokojových rostlin či sprchování [4]. Entalpický výměník je schopen rekuperovat asi 73% vlhkosti vnitřního vzduchu při zachování tepelné účinnosti srovnatelné s běžným tepelným výměníkem. Vlhkost je vnějšímu vzduchu předávána přes speciální polymerické membrány, které eliminují přenos pachů a mikrobů [5].

Obr. 4: Entalpický výměník



Zdroj: zehnder.cz

Zvlhčovače vzduchu

Další možností (využitelnou zejména pro prostory bez vnitřních zdrojů vzdušné vlhkosti, kde jsou entalpické výměníky neúčinné) je použití zvlhčovačů. Ty se podle principu zvlhčování dělí na několik kategorií.

Izotermické zvlhčování využívá ke zvlhčení vzduchu vodní páry. Jelikož je voda přiváděna již v plynném skupenství, výrazně se nemění teplota vzduchu. Hlavní výhodou parních zvlhčovačů je hygienická nezávadnost, protože var likviduje většinu mikroorganismů ve vodě. Nevýhodou v porovnání s ostatními typy zvlhčovačů je především vyšší spotřeba elektrické energie, vyšší hlučnost a u některých modelů také riziko opaření [6].

Adiabatické zvlhčování s sebou přináší také chladicí efekt; voda je do systému přiváděna v tekuté podobě a pro její přechod do plynného skupenství je potřeba energie [7]. Ultrazvukové odpařovače fungují na principu rozprašování vody na jemný aerosol a vytváření takzvané studené mlhy. Vzhledem k citlivost piezoelektrických chvějek na znečištění je jejich provoz možný pouze s demineralizovanou vodou. Výhodou ultrazvukových rozprašovačů je zejména jejich tichý provoz a nízká spotřeba elektrické energie, nevýhodou vysoká cena a nízká životnost.

Mezi adiabatické se řadí také zvlhčovače se studeným odparem, v nichž se voda odpařuje z filtračních kazet (deskové odpařovače) nebo disků (diskové odpařovače). Při tomto způsobu zvlhčování nevzniká viditelná pára a nemůže dojít k převlhčení vzduchu. Výhodou jsou také nízké investiční a provozní náklady, tento způsob zvlhčování je však nejnáchylnější na kontaminaci vody, které lze částečně předejít antibakteriální úpravou vnitřních součástí zvlhčovače [8].

Odvhlčovače vzduchu

Odvhlčovače se dělí na adsorpční a kondenzační. Mimo použitého fyzikálního principu se liší i oblastí použití – nejedná se o alternativní metody, doplňují se v rozsahu a účinnosti odvlhčení [9].

Adsorpční odvlhčovače nepřetržitě odebírají vodu z nasávaného vzduchu na základě hygroskopické adsorpce, tedy navázání vodní molekuly na sorbent (např. silikagel). Vyznačují se schopností docílit velmi nízkého rosného bodu – až okolo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. S rostoucí teplotou vzduchu jejich účinnost klesá (při teplotě odvlhčovaného vzduchu nad $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ jejich použití prakticky význam) a uplatní se tedy zejména při odvlhčování velmi studeného vzduchu [10].

Kondenzační odvlhčovače fungují na principu ochlazení vzduchu pod teplotu rosného bodu. Vzduch je nasáván ventilátorem přes výparník, na němž vzniká kondenzát. Ten odkapává z výparníku do kondenzační vany, odkud je odváděn do zásobníku nebo přímo do odpadu [11]. Tato metoda je nevhodná pro odvlhčování vzduchu o teplotě nižší než $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Druhotné využití kondenzátu

Standardně je z kondenzovaná vlhkost ze vzduchotechnické jednotky či odvlhčovače odváděna do kanalizace či do exteriéru. Voda z těchto technologických zařízení má však poměrně výhodné vlastnosti (například neutrální pH) a lze ji dále využívat. Druhotné využití kondenzátu má smysl především v oblastech, kde je alespoň po část roku vzduch přiváděný z exteriéru teplejší, než je požadovaná teplota vzduchu v interiéru, protože při ochlazení vzduchu dochází ke zvýšení jeho relativní vlhkosti a vzniku kondenzátu. V teplém a vlhkém klimatu je množství vniklého kondenzátu cca $12\text{--}40\text{ l}$ na 100 m^2 klimatizované plochy [12]. Případová studie hotelu

v Abu Dhabi prokázala, že v těchto podmínkách může kondenzát z klimatizace pokrýt téměř polovinu potřeby vody moderního hotelu [13].

Závěr

Vlhkost vzduchu je jedním z nejméně zanedbávaných faktorů kvality vnitřního prostředí budov. Je však prokázán její vliv na zdraví obyvatel. Optimální relativní vlhkost vzduchu je 40-60%. Relativní vlhkost vzduchu je závislá na jeho teplotě – při ohřátí vzduchu se relativní vlhkost sníží. V systémech nuceného větrání, kdy je do interiéru přiváděn vzduch s exteriéru o odlišné teplotě, než vzduch vnitřní, je tedy nutno regulovat také vlhkost vzduchu, nejčastěji využitím entalpických (tepelně-vlhkostních) výměníků. Při ochlazování vzduchu nebo při jeho cíleném odvlhčování pak dochází ke vzniku kondenzátu, který je možno druhotně využít pro pokrytí potřeby vody objektu.

Literatura:

- [1] VEVERKOVÁ, Zuzana, Karel KABELE a Pavla DVOŘÁKOVÁ. Vnitřní prostředí budov. *TZB Haustechnik*. 2015, **2015**(12015, 14-18.
- [2] JOKL, Miloslav. *Teorie vnitřního prostředí budov*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1986.
- [3] ANDRES, Petr. Vlhkost vzduchu a hygiena prostředí. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-10-04]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/18142-vlhkost-vzduchu-a-hygiena-prostredi>
- [4] ŠUBRT, Roman. Vliv větracího systému s entalpickým výměníkem na interiérové mikroklíma. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/14333-vliv-vetraciho-systemu-s-entalpicky-m-vymenikem-na-interierove-mikroklíma>
- [5] Rekuperace vlhkosti a entalpický výměník Zehnder. *Zehnder Group Czech Republic s.r.o.* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.zehnder.cz/rekuperace-vlhkosti>
- [6] ANDRES, Petr. Srovnání adiabatických a izotermických zvlhčovacích systémů. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/18537-srovnani-adiabatickych-a-izotermicky-zvlhcovacych-systemu>
- [7] Co je adiabatické zvlhčování vzduchu. *Condair* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://www.condair.cz/know-how/adiabatic-humidification>
- [8] Zvlhčovače vzduchu se studeným odparem. *Zvlhčovač vzduchu* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://www.zvlhcovace-vzduchu.cz/zvlhcovace-vzduchu-se-studenym-odparem.php>
- [9] ANDRES, Petr. Odvlhčování pomocí adsorbční technologie DST Seibu Giken. *TZB-info* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/4918-odvlhcovani-pomoci-adsorbni-technologie-dst-seibu-giken>

- [10] Princip fungování adsorpčního odvlhčovače. *SEN s.r.o.* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://www.odvlhcovani.cz/adsorpcni-odvlhcovace.p13.html>
- [11] Princip fungování kondenzačního odvlhčovače. *SEN s.r.o.* [online]. [cit. 2020-10-11]. Dostupné z: <http://www.odvlhcovani.cz/kondenzacni-odvlhcovace.p8.html>
- [12] PERRY, Jason a Peter DEMPSEY. Predicting condensate collection from HVAC air handling units. *ASHRAE Transactions*. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc, 2010, **116**, 3. ISSN 0001-2505.
- [13] MAGRINI, Anna, Lucia CATTANI, Marco CARTESEGNA a Lorenza MAGNANI. Water Production from Air Conditioning Systems: Some Evaluations about a Sustainable Use of Resources. *Sustainability* [online]. 2017, **9**(8) [cit. 2020-10-11]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: [doi:10.3390/su9081309](https://doi.org/10.3390/su9081309)