

## Osnovno o infiltraciji zraka

Mitja Lenassi, predsednik MSS

Precejšen delež potrebne energije za ogrevanje in hlajenje stavb povzroča izmenjava zunanjega zraka. Zato je izredno pomembno, da je ta v fazi načrtovanja pravilno upoštevana pri izračunih toplotnih obremenitev stavb v namen določanja inštalacijske opreme sistemov ogrevanja in hlajenja, prav tako tudi pri ocenjevanju letne potrebne rabe energije za ogrevanje in hlajenje ter s tem povezanim odločanjem o stroškovno optimalnih tehničnih rešitvah. Vezano na slednje, izmenjane količine zunanjega zraka, ki se v osnovi deli na prezračevanje in infiltracijo, in povzročene rabe energije za eno in drugo, v Elaboratih URE ni mogoče jasno ugotoviti. Za razliko od izračunov toplotnih obremenitev, tu so energijske potrebe povzročene zaradi infiltracije in prezračevanja prikazane ločeno in jasno razvidne<sup>1</sup>.

Nazaj k tematiki. Prezračevanje je nameren vnos zunanjega zraka v stavbo, ki se nadalje deli na naravno in mehansko prezračevanje. Naravno prezračevanje je tok zraka skozi odprta okna, vrata, rešetke in drugih v stavbnem ovoju načrtovanih odprtih kot posledica naravnih in/ali umetno ustvarjenih tlačnih razlik. Mehansko (ali prisilno) prezračevanje predstavlja nameren tok zraka v in iz stavbe z uporabo ventilatorjev preko namenskih odprtih za vstop in izstop.

Infiltracija je pretok zunanjega zraka v zgradbo skozi razpoke in druge nenamerne odprtine ter ob normalni uporabi zunanjih vrat za vstopanje in izstopanje. Infiltracija je znana tudi kot uhajanje zraka v stavbo. Eksfiltracija predstavlja ravno nasprotno, iztekanje zraka iz stavbe skozi podobne vrste odprtih. Tako kot naravno prezračevanje, tudi infiltracijo in eksfiltracijo poganjajo naravno in/ali umetno ustvarjene tlačne razlike.

Iz predstavljenega izhaja, da v stavbi nastopata prezračevanje in infiltracija, ne morda prezračevanje ali infiltracija. Priročnik za izdelovalce EI, ki ga izdelovalci elaboratov tudi uporabljajo, podaja napotek, kako izvesti izračun prezračevalnih izgub stavbe, pri čemer je očitno, da gre pri tem zgolj za naravno in mehansko prezračevanje. Kaj pa infiltracija? Kako se ta upošteva pri izračunu letnih energijskih potreb? Je morda tako majhna, da jo lahko inženir v tej ali oni vlogi preprosto zanemari?

<sup>1</sup> Razlog za ne prikazovanje porabljene energije za ta del v Elaboratih URE je iskati v nerazumevanju njihovih izdelovalcev in preprostem vstavljanju privzetih vrednosti v (s strani ministrstva na pravilnost delovanja še vedno nepotrjeno) komercialno programsko opremo proizvajalcev izolacijskega materiala, katerih poslovni interes je izpostavljanje »debeline izolacije«. K takšnemu razmišljanju usmerja sicer že sam PURES s postavitvijo kriterija  $H'_T$ , ki je tehnično neupravičen enak za vse kategorije stavb (trgovine, stanovanja...) in za vse vrste gradenj (lahka, težka...)!

Infiltracijo/eksfiltracijo poganja tlačna razlika na ovoju stavbe. Ta je lahko povzročena zaradi vetra in razlike gostote zraka kot posledica razlik temperature med notranjim in zunanjim zrakom (vzgon oziroma učinek dimnika). Tu so še tehnični sistemi s premikanjem zraka, kot na primer kurilne naprave, netesni kanalski sistemi in mehanski prezračevalni sistemi, ki s svojim delovanjem tudi povzročajo tlačne razlike na ovoju. Razlika notranji / zunanji tlak na določenem mestu je odvisna od velikosti teh gonilnih mehanizmov, kot tudi o značilnosti odprtih v ovoju stavbe (t. j. njihovih lokacij in razmerja med tlačno razliko in pretokom zraka vsake od odprtih). Tlačna razlika na ovoju stavbe, zapisana z enačbo in predstavljena na sliki 1:

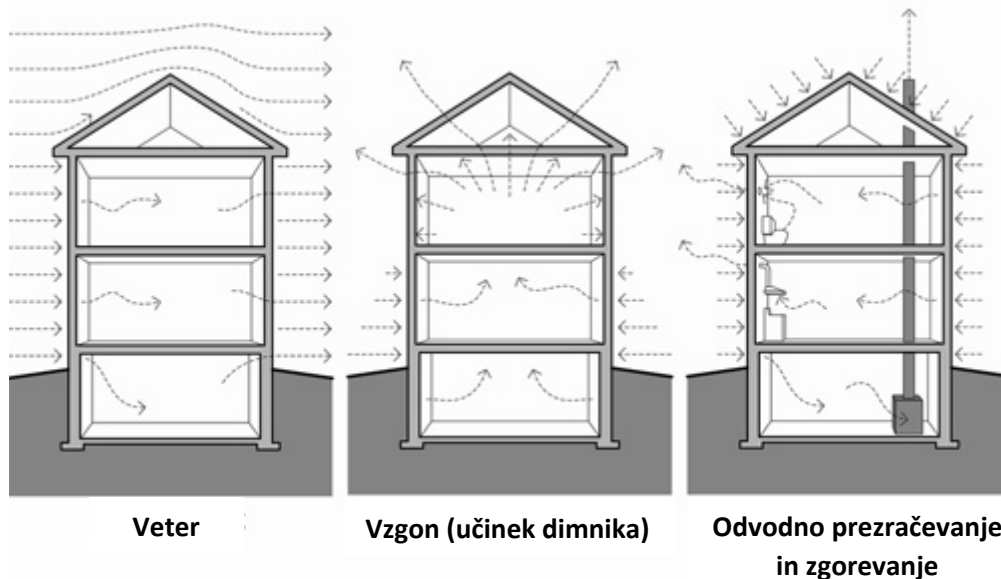
$$dp = dp_{vzg} + dp_{vet} + dp_{tl}$$

pri čemer je

$dp_{vzg}$  = tlačna razlika zaradi vzgona, Pa

$dp_{vet}$  = tlačna razlika zaradi vetra, Pa

$dp_{tl}$  = tlačna razlika zaradi vzdrževanja (nad/pod)tlaka v stavbi, Pa



Slika 1: Infiltracija/eksfiltracija skozi ovojo stavbe zaradi različnih vplivov

Tehnična smernica TSG-1-004 v točki 9.13.1.1<sup>2</sup> podaja enačbo za izračun potrebne toplote zaradi infiltracije zraka, točka 9.13.2 za izračun potrebnega hladu<sup>3</sup>. Pri tem izhodišče predstavlja vrednost  $n_{50}$ , ki predstavlja število izmenjav zraka pri tlačni razliki 50 Pa, in  $e_{wind}$ , to je zaščitenost stavbe pred vetrom. TSG-1-004 v točki 3.4 predpisuje zahtevano zrakotesnost **novih** stavb pri tlačni razliki 50 Pa v primerih naravnega prezračevanja na največ 3-kratno izmenjavo zraka na uro in v primerih mehanskega prezračevanja na 2-kratno, vendar podaja v tabeli 37 tudi vrednosti  $n_{50}$  za uporabo pri načrtovanju, kadar dosežena vrednost ni potrjena z meritvami.

Kategorija stavbe glede na tesnost	$n_{50}$ (h <sup>-1</sup> )
I – zelo tesne stavbe <sup>A)</sup> brez <sup>B)</sup> z mehanskim prezračevanjem	3 <sup>A)</sup> , 1,5 <sup>B)</sup>
II – tesne stavbe <sup>4</sup>	4
III – stavbe, ki ne spadajo v I, II ali IV kategorijo	6
IV – netesne stavbe <sup>5</sup>	10

Slika 2: Tabela 37 iz TSG-1-004

<sup>2</sup> Poglavje 9.13 se glede na naslov nanaša na potrebno toploto/hlad pri nestanovanjskih stavbah. V stanovanjskih infiltracije naj ne bi bilo?

<sup>3</sup> Iz predstavljene enačbe izhaja, da je hlad potreben samo v primerih, če je povprečna mesečna zunanja temperatura zraka ( $\theta_{eM}$ ) višja od notranje temperature zraka ( $\theta$ ). Ker je povprečna mesečna zunanja temperatura v Ljubljani v mesecu juliju in avgustu 19 °C, infiltracija naj ne bi povzročala rabe energije za proizvodnjo hladu! To ne bo v redu.

<sup>4</sup> Po tolmačenju DIN V 18599-2 se med te uvrstijo vse nove stavbe, ki še niso zgrajene, preizkušanje tesnosti ovoja zanje pa ni predvideno.

<sup>5</sup> Po tolmačenju DIN V 18599-2 se med te uvrstijo stavbe, ki imajo vidne špranje v ovoju stavbe. Te na primer predstavljajo tudi 5% odprtine v dvigalnih jaških, fasadne odprtine sistemi za zagotavljanja nadtlaka v stopniščih... Priporočila kako te netesnosti zmanjšati je mogoče najti tudi v slovenskem prevodu 6. dela standarda ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2013.

Drug pomemben dejavnik predstavlja zaščitenost stavbe pred vetrom  $e_{wind}$ , za katerega je v TSG-1-004 navedeno, da je privzeta vrednost lahko 0,07, sicer pa ta izhaja iz EN ISO 13789, s predstavljenimi vrednostmi v tabeli na sliki 3.

Zaščitenost stavbe pred vetrom $e_{wind}$ (-)	Več izpostavljenih fasad	Ena izpostavljena fasada
Brez zaščite	0,1	0,03
Zmerna zaščita	0,07	0,02
Visoka zaščita	0,04	0,01

**Slika 3:** Vrednosti zaščitenosti stavbe glede na veter  $e_{wind}$

Upoštevajoč TSG-1-004 je pri načrtovanju stavbe, kjer ni predviden preizkus tesnosti ovoja, potrebno računsko upoštevati  $n_{50} = 4$  in privzeti vrednost zaščitenosti stavbe  $e_{wind} = 0,07$ , kar pomeni infiltracijo  $n_{inf} = n_{50} * e_{wind} = 4 * 0,07 = 0,28 \text{ h}^{-1}$ . Za primer obstoječe stavbe, kjer špranje niso vidne, vrednost  $n_{inf} = 6 * 0,07 = 0,42 \text{ h}^{-1}$ , pri stavbi z vidnimi špranjami  $n_{inf} = 10 * 0,07 = 0,7 \text{ h}^{-1}$ . Če je stavba brez zaščite, še 30 % več.

Vezano na infiltracijo v stanovanjskih enotah je upoštevajoč Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji (Ur. l. RS, št. 42/02) (peti odstavek 8. člena) potrebno načrtovanje prezračevanja teh stavb izvesti upoštevajoč zahteve DIN 1946-6. Ta standard podaja tudi enačbo za izračun infiltracije kot del neprestano potekajočega prezračevanja v namen zaščite pred vlago, ki ni odvisno od uporabnika:

$$n_{inf} = f_{wirk,Komp} * n_{50} * (f_{wirk,Lage} * dp/50)^{0,666}$$

pri čemer je

$f_{wirk,Komp}$  = korekturni faktor učinkovitosti infiltracije po komponenti prezračevanja – za naravno prezračevanje znaša vrednost 0,5

$n_{50}$  = tesnost stavbe – srednja vrednost zgrajenih stavb znaša  $4,5 \text{ h}^{-1}$

$f_{wirk,Lage}$  = korekturni faktor učinkovitosti infiltracije glede na lego stavbe – za šibko vetrovno pokrajino in normalno lego stavbe višine do štirih etaž znaša vrednost 1,0

$dp$  = tlačna razlika na ovoju – za enoetažne stavbe in šibak veter znaša vrednost 2 Pa, za večetažne stavbe in šibak veter 5 Pa

Iz izračuna izhaja, da znaša povprečna infiltracija enoetažnih stanovanjskih stavb  $n_{inf} = 0,5 * 4,5 * (1,0 * 2/50)^{0,666} = 0,26 \text{ h}^{-1}$ . Glede na to, da TSG-1-004 predpisuje za stanovanjske stavbe prezračevanje z izmenjavo (najmanj) 0,5-krat na uro, izračunano pomeni, da je potrebno za s prezračevanjem, naravnim ali mehanskim, zagotoviti samo še razliko med stalno potekajočo infiltracijo kot naravnim prezračevanjem. Pri odločitvi za mehanski način manjkajočega prezračevanja je to tudi tisto prezračevanje, ki je lahko bolj ali manj energijsko učinkovito, saj je edino tega mogoče voditi preko sistema za zajemanje toplote iz zavrženega zraka, iz eksfiltriranega ne.

Infiltracijo je sicer mogoče preprečevati z ustvarjanjem nadtlaka v stavbi preko sistema mehanskega prezračevanja z dovajanjem presežne količine zunanjega zraka, vendar je v tem primeru potrebno presežni zunanji zrak predhodno ogreti oziroma ohladiti brez možnosti rekuperacije toplote, kar ne vodi k nižji rabi energije. Ustvarjanje nadtlaka v stavbi prvenstveno izboljšuje kakovost notranjega okolja, posebej pozimi v spodnjih etažah visokih stavb, saj bolj ali manj uspešno preprečuje infiltracijo tudi zaradi vzgonskega tlaka. Posebno poglavje predstavlja infiltracija zaradi neprestanega prehajanja ljudi skozi vrata poslovnih objektov, ki je odvisna od številnih faktorjev. Kako, če sploh, računajo letno rabo te energije slovenski strokovnjaki, ki so šli za področje energijskega ocenjevanja stavb skozi prav posebno strokovno usposabljanje?

Morebitno neupoštevanje ali nezadostno upoštevanje infiltracije zraka pri računanju energijskih potreb je strokovno seveda napačno, vendar ima tudi »prednosti«: nižja je računaska raba energije stavbe, posledično je boljša rEI in doseganje zastavljenega cilja iz pred nekaj meseci sprejetega Akcijskega načrta gradnje sNES lažje.

Vezano na (ne)pravilno računanje rabe energije v stavbah glej tudi sestavek na medmrežni strani IZS:

[http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/aktualno/aktualno-letno-2015/Toplotne\\_cone-Lenassi-25-5-15-objava-www-novice.pdf](http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/aktualno/aktualno-letno-2015/Toplotne_cone-Lenassi-25-5-15-objava-www-novice.pdf)