PROJEKAT RASPODELE VAZDUHA ZASNOVAN NA EN ISO 7730 UZ POMOĆ KOMPJUTERSKOG PROGRAMA

COMPUTER-AIDED AIR DISTRIBUTION DESIGN BASED ON EN ISO 7730

Egon Venko, inž. str., i Boris Gantar, dipl. inž. str.,
IMP Klima, Godovič, Slovenija

„Klima ADE" je program za brz izbor i proračunavanje uređaja za uduvavanje vazduha, zasnovan na:

– kriterijumu projektovanja toplotnog okruženja–sredine zasnovanom na standardu EN ISO 7730 (optimalna radna temperatura i najveća prosečna brzina vazduha u radnoj zoni). Čovekova reakcija na toplotnu sredinu je izražena oznakama predviđenog prosečnog glasa (PPO) i predviđenog procenta nezadovoljnih (PPN);

– zapaženom kvalitetu vazduha prema CEN CR 1752;

– količini vazduha zahtevanoj sa gledišta zdravlja (ugljen-dioksid), prema CEN CR 1752;

– protoku vazduha zahtevanom za projektovanje grejanja;

– zvučnom okruženju prema CEN CR 1752 (dozvoljenom nivou pritiska zvuka u zadnoj zoni);

– geometriji prostora i radne zone;

– projektu raspodele vazduha – optimizovanom izboru elemenata za ubacivanje vazduha (rešetke, spirokanalske rešetke, difuzori, varijabilni difuzori i linijski difuzori).

Proračuni i modeliranje se koriste da bi se dobila grafička predstava rezultata. Strujnice protoka vazduha su izračunate na osnovu obimnih merenja u laboratoriji preduzeća.

Klima ADE is a programme for fast selection and calculation of air diffusion devices, which is based on:

– design criteria for thermal environment based on EN ISO 7730 (optimal operation temperature and maximum mean air velocity in occupied zone). The human response to the thermal environment is expressed by the predicted mean vote (PMV) and predicted percentage of dissatisfied (PPD) indices;

– perceived air quality according to CEN CR 1752;

– air flow rate required from a health point of view (carbon dioxide) according to CEN CR 1752;

– air flow rate required for thermal design;

– acoustic evnironment according to CEN CR 1752 (permissible A-weighted sound pressure level in occupied zone);

– space and occupied zone definition;

– air distribution design – optimised selection of air devices (grilles, spiro duct grilles, diffusers, variable diffusers and slot diffusers);

– advanced calculations and modeling are used to obtain graphical presentation of the results. Air flow patterns are calculated on the basis of extensive measurements in our laboratory.

Ključne reči: kriterijum projekta; zapažen kvalitet vazduha; toplotno okruženje; zvučno okruženje; raspodela vazduha
Key words: design criteria; perceived air quality; thermal envionment; accoustic environment; air distribution

1. Termička sredina

1.1. Kriterijumi projekta za toplotnu sredinu definisani su EN ISO 7730. Čovekova reakcija na toplotno okruženje je izražena oznakama predviđenog prosečnog glasa (PPO) i predvidenog procenta nezadovoljnih (PPN) koje predviđaju procenat ljudi koji se osećaju suviše toplo ili hladno u celom telu. Predviđanje procenta nezadovoljnih koristi se za uspostavljanje zahteva toplotnog okruženja i za ventilaciju.

1.2. U radnoj zoni, mora biti uzet u račun kombinovani efekat temperature vazduha i temperature zračenja okolnih površina. Ta temperatura je poznata kao operativna sobna temperatura (takođe nazvana „osetna" ili „opažena temperatura"). Za dati prostor postoji jedan optimum operativne temperature koji odgovara PMV = 0, a zavisi od aktivnosti i odevenosti ljudi. Optimum operativne temperature je isti za tri kategorije, dok se dozvoljena oblast oko optimuma operativne temperature menja. Operativna temperatura na svim mestima u radnoj zoni prostora treba sve vreme da bude unutar dozvoljenog opsega.

1.3. Ljudi sa niskim nivoom aktivnosti veoma su osetljivi na brzine vazduha i zato je promaja veoma uobičajen uzrok za žalbe zaposlenih u provetravanim i klimatizovanim prostorima. Fluktuacije brzine vazduha imaju značajan uticaj na lični osećaj promaje. Procenat ljudi koji osećaju promaju (stepen promaje) može biti procenjen iz modela promaje. EN ISO 7730 preporučuje tri kategorije za promaju. Dozvoljena srednja brzina vazduha se računa kao funkcija lokalne temperature vazduha i jačine turbulencije za tri kategorije promaje.

2. Osetan kvalitet vazduha

2.1. Studije u prirodno i mehanički provetravanim zgradama pokazale su da se više zamerki koje se odnose na oboljenja našlo među ljudima u mehanički provetravanim zgradama. Veruje se da su te zamerke uzrokovane više internim emitovanjem zagađivača, od građevinskih materijala, nameštaja, opreme i ventilacionih postrojenja nego od aktivnih ljudi.

2.2. Ljudi osećaju kvalitet vazduh putem dva čula. Čulo mirisa je smešteno u nosnoj šupljini i osetljivo je na stotine hiljada različitih mirisa u vazduhu. Opšte hemijsko čulo je smešteno svuda oko sluznice u nosu i očima i osetljivo je na takođe veliki broj nadražajnih sredstava u vazduhu. Kombinovani odgovor ova dva čula je

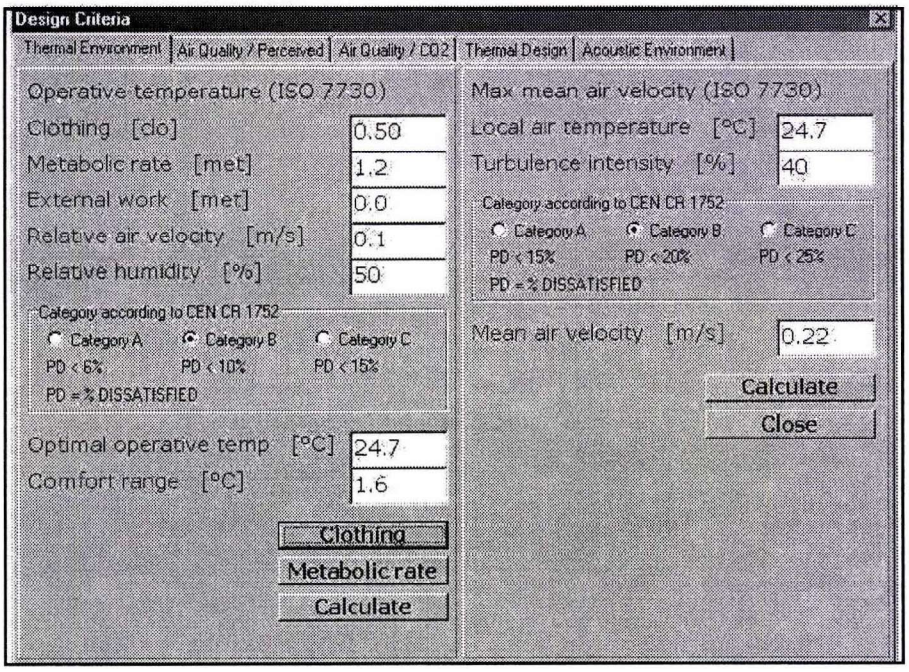
taj koji određuje da li vazduh osećamo kao svež i prijatan ili ustajao, neprijatan i iritirajući.

2.3. Profesor Fanger je 1998. uveo dve jedinice: „olf" (izvedena je iz latinske reči *olfactus*, tj. miris) kojom se izražava jačina izvora zagađenja vazduha, i „decipol" (od latinske reči *pollutio*, tj. zagađenje), a izražava zagađenje vazduha koje zapaža pojedinac. Jedan olf se definiše kao emitovana količina zagađivača vazduha (bio--efluenti) od standardne osobe. Ova jedinica može biti upotrebljena i da izrazi jačinu drugih izvora zagađenja kao ekvivalent broju standardnih osoba (olfova) sa efektom koji izaziva isto nezadovoljstvo kao stvarni izvor zagađenja. Zapaženi intenzitet zagađenja vazduha uzrokovan tipičnom osobom (1 olf) provetravan sa 1 l/s nezagađenog vazduha je 1 pol. Fanger je sugerisao upotrebu jedinice decipol koja je 0,1 pol. Jedan decipol je definisan kao zagađenje koje uzrokuje jedna tipična osoba (1 olf) provetravana sa 10 l/s nezagađenog vazduha [1 dp = 0,1 olf/(l/s)].

Studije u prirodno i u mehanički provetravanim zgradama pokazale su da je više zamerki zbog oboljenja nađeno među ljudima u mehanički provetravanim zgradama. Lošiji kvalitet unutrašnjeg vazduha u slučaju mehanički provetravanih zgrada izgleda da podržava argument da su loše održavana ventilaciona postrojenja glavni razlog obolenja u zgradama.

3. Ugljen-dioksid

3.1. Ljudi proizvode ugljen-dioksid proporcionalno brzini njihovog metabolizma. Govoreći o količini, on je najvažniji ljudski bio-efluent. Mada je na niskim kon-



Slika 1. Toplotno okruženje

centarcijama u zatvorenom prostoru, CO_2 neškodljiv i nije zapažen od ljudi, dobar je indikator koncentracije drugih *humanih bio-efluenata* koji se zapažaju kao smetnje.

3.2. U salama za predavanja, skupnim dvoranama i sličnim prostorijama, stepen posećenosti se može promeniti u kratkom periodu vremena. Merenje CO_2 je dobro utemeljena praksa kontrolisanja obezbeđenja spoljnjeg vazduha.

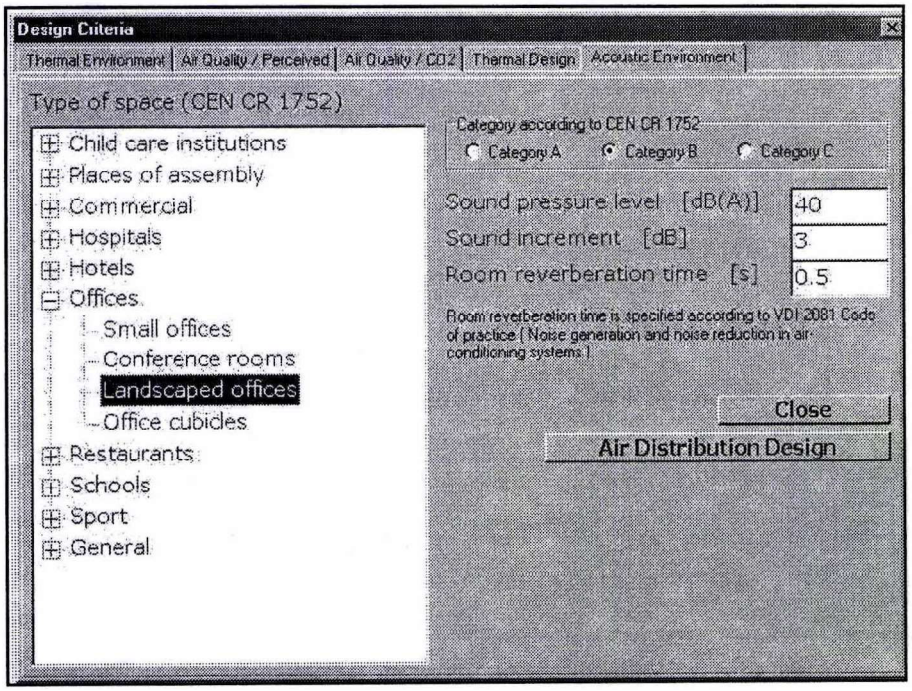
3.3 Ako se novi posetioci smatraju kao jedini izvor zagađenja, CEN CR 1752 preporučuje koncentracije CO_2 iznad nivoa spoljnog vazduha koje odgovaraju trima kategorijama A: 460 ppm, B: 660 ppm i C: 1190 ppm. Koncentracija ugljen-dioksida u spoljnjem vazduhu obično je oko 700 mg/m^3 (350 ppm).

Glavni unutrašnji izvor CO_2 u kancelarijskim zgradama je respiracija ljudi. Koncentracije CO_2 u kancelarijskim zgradama obično su u opsegu od 350 do 2500 ppm. Povećana unutrašnja koncentracija CO_2 može otkriti neadekvatnu ventilaciju po osobi i povećanu koncentraciju unutrašnjeg zagađenja, koja vodi simptomima sindroma „bolesne zgrade" (SBZ). Neki simptomi SBZ povezani sa CO_2 su glavobolja, umor, zamor očiju, simptomi u nosu i respiratornom traktu.

4. Zvučno okruženje

4.1. CEN CR 1752 za zvučno okruženje određuje dozvoljeni nivo pritiska zvuka nastalog i/ili prenesenog putem ventilacionih ili klimatizacionih sistema u različitim tipovima prostora za tri kategorije.

4.2. Ventilacioni zvuk prvenstveno potiče od ventilatora i turbulencije vazduha koja se stvara unutar cevovoda i okolnih uređaja za ubacivanje i izvlačenje vazduha.



Slika 2. Zvučno okruženje

Nivo buke i frekventne karakteristike su takođe određene brzinom vazduha unutar kanala i oko terminalskih uređaja, gde faktori kao što su dimenzije i smeštaj kanala i terminalskih uređaja mogu igrati presudnu ulogu u pojavi buke.

4.3. Sobno vreme odjeka je određeno prema VDI 2081 Code of practice (Stvaranje šumova i smanjivanje šumova u sistemima klimatizacije).

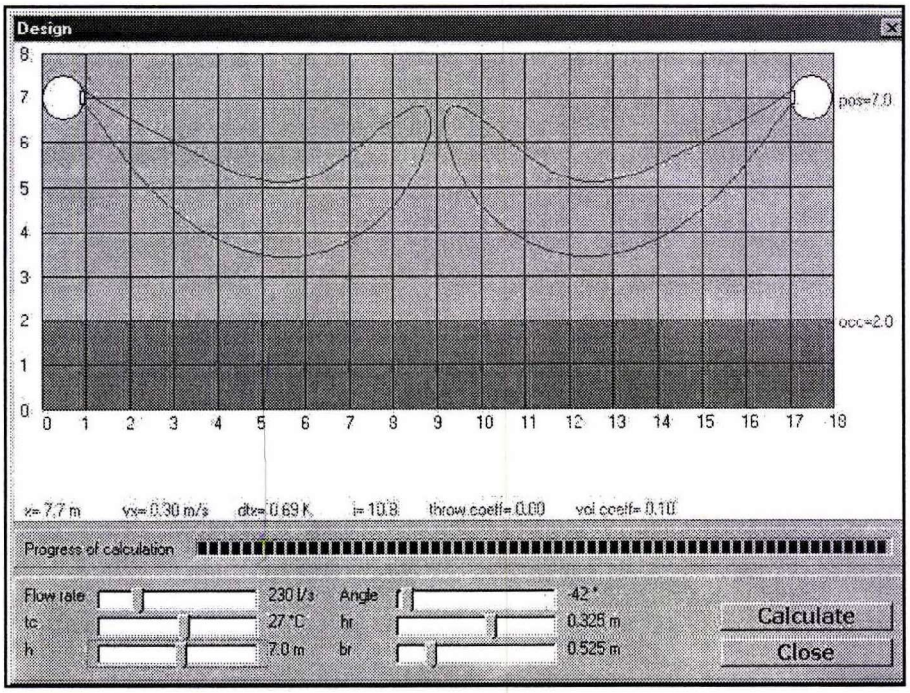
Šumovi ventilacije prvenstveno nastaju od ventilatora i turbulencije unutar kanala i okolnih terminalskih uređaja za ubacivanje i odvođenje vazduha.

5. Rešetke

5.1. Podaci kao što su optimalna radna temperatura, dozvoljena srednja brzina vazduha, zahtevani protok dovodnog vazduha i dozvoljeni nivo pritiska zvuka prebacuju se iz kriterijuma projekta do prozora projekta raspodele vazduha.

5.2. Ako su dve ili više rešetki za dovodni vazduh smeštene blizu jedna uz drugu i rade paralelno, domet mlaza će se povećati. Trenutno povećanje dužine mlaza vazduha je zavisno od broja rešetki za dovod vazduha i rastojanja između njih u odnosu na širinu mlaza. Izbor rešetke za dovod vazduha je olakšan uvođenjem proračunskih koeficijenata. Optimizovan izbor rešetki za dovod vazduha temelji se na najmanjem međudejstvu paralelnih mlazeva (koeficijent rasipanja) i zahtevanog protoka vazduha u prostoru (zapreminski koeficijent).

5.3. Na temelju empirijskih jednačina izvedenih iz merenja i teorije Prandtl--Schlichtinga o dvodimenzionim turbulentnim strujnicama iza tela, razvijen je model



Slika 3. Rezultati kriterijuma projekta

za izračunavanje, sa zadatkom da dovoljno opiše međudejsvo vazdušnih otvora koji deluju paralelno. U osnovi postoje dve oblasti interesovanja: međudejstvo između paralelnih ravnih mlazeva i međudejstvo između pomerenog mlaza i zida. Daleko ispod rešetke paralelni mlazevi će se spojiti i formirati jedan slobodni mlaz, dok će se pomereni mlaz razviti u tzv. zidni mlaz.

5.4. Tačka odvajanja za hlađenje (tačka odvajanja uređaja za hlađenje sa tavanice) izračunata je.

5.5. Da bi se obezbedili optimalni uslovi u radnoj zoni, potrebni su sledećI podaci:

- razmeštaj rešetki,
- dužina prostiranja mlaza,
- temperaturna razlika na dužini dometa,
- indukcija na dužini dometa,
- pad pritiska u otvoru,
- nivo jačine zvuka na otvoru,
- nivo pritiska zvuka u prostoru na 1,8 m od otvora.

6. Linijski i kanalski difuzori

6.1 Programom su predviđeni razni tipovi dovodnog vazduha:

- za hlađenje – jednostrani sa Coandinim efektom;
- za hlađenje – dvostrani sa Coandinim efektom;
- za hlađenje sa naizmeničnim stranama sa Coandinim efektom;
- obezbeđivanje hlađenja zida;
- vertikalno grejanje (ugao mlaza 90°);
- dvostrano grejanje (ugao mlaza 60°);
- grejanjem preko naizmeničnih strana (ugao 60°);
- obezbeđenje grejanja zida.

6.2. Savremeni proračuni i modeliranje koriste se za dobijanje grafičke prezentacije rezultata. Strujnice protoka vazduha izračunate su na osnovu obimnih laboratorijskih merenja.

6.3. Izračunati su tačka odvajanja mlaza za hlađenje sa tavanice i udaljenost penetracije za grejanje (najveći domet difuzora).

6.4. Prezentovani su sledeći rezultati da bi se obezbedili optimalni uslovi u radnoj zoni:

- prosečna brzina vazduha između difuzora na udaljenosti H1 pri hlađenju;
- prosečna brzina vazduha na udaljenosti L od zida pri hlađenju;
- vertikalni domet difuzora kod grejanja;
- temperaturski količnik između difuzora;
- temperaturski količnik od zida;
- pad pritiska na difuzoru;
- nivo jačine zvuka na difuzoru;
- nivo pritiska zvuka u prostoru na odstojanju od 1,8 m.