

PRIMERJAVA IZMERJENIH IN PROJEKTHNIH VREDNOSTI GLEDE NA INTENZIVNOST PREZRAČEVANJA PROSTOROV

Gašper Brunskole, Uroš Stritih

Izveček:

V tem članku je poudarek na centralnem prezračevalnem sistemu, ki ima vgrajeno napravo Dantherm RCV 320. Vse meritve zraka, kot so: pretok zraka, temperatura zraka, vlaga v prostoru in CO₂, so bile izvedene v montažni nizkoenergijski stanovanjski stavbi v Metliki.

Ključne besede:

prezračevanje, rekuperacija toplote, prezračevalni sistemi, kakovost zraka

1 Uvod

Cilj članka je predstaviti, kakšen vpliv ima prezračevanje na ljudi, delovanje prezračevalne naprave Dantherm RCV 320 in preveriti skladnost dejanskih ter projektnih količin zraka v prostorih. V nadaljevanju članka bodo predstavljene tudi opravljene meritve prezračevanja.

V današnjem času posvečamo vedno več pozornosti prezračevanju stavb, saj ljudje (predvsem v razvitih državah) preživimo približno 90 % časa v zaprtih prostorih. Visoke koncentracije aerosolov v zaprtih prostorih povečajo izpostavljenost in odmerjanje tako organskih kot anorganskih spojin v zraku. Poleg tega pa je koristno prezračevati prostore zaradi različnih bolezni. Delci aerosola in plinasta onesnaževala so potencialno tveganje za zdravje ljudi, vplivajo na dihala, živčni, srčno-žilni in imunski sistem, astmo, alergije in raka. Z rednim prezračevanjem svež zrak pozitivno vpliva na naše zdravje in počutje. Prezračevanje spreminja tlačne razlike v zgradbah in lahko povzroči ali prepreči infiltracijo onesnaževal iz struktur ali sosednjih prostorov. Prezračevanje se v mnogih primerih uporablja tudi za nadzor toplotnega okolja ali vlažnosti v stavbah [1, 2].

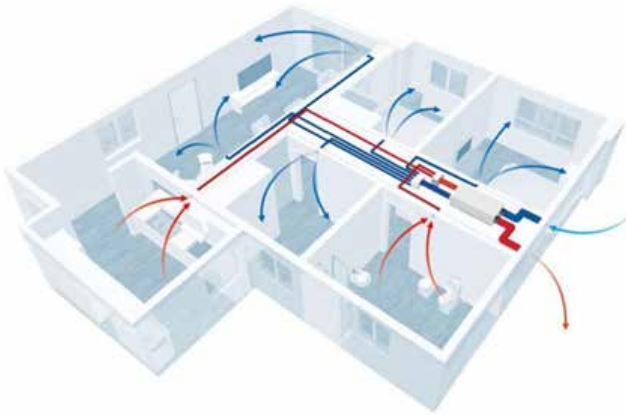
Gašper Brunskole, dipl. inž., izr. prof. dr. Uroš Stritih, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

2 Načini prezračevanja objektov

Poznamo tri načine prezračevanja stanovanjskih stavb. To so [3]:

- ▶ prezračevalni pasivni sistemi brez rekuperacije toplote,
- ▶ prezračevalni lokalni sistemi z rekuperacijo toplote,
- ▶ prezračevalni centralni sistemi z rekuperacijo toplote.

Danes je vse več montažnih nizkoenergijskih stavb. Čeprav so te dobro izolirane, zrakotesne in zgrajene za zmanjšanje porabe energije v stanovanjskih stavbah, to pogosto vodi v problem slabe kakovosti zraka v zaprtih prostorih (angl. IAQ) zaradi pomanjkanja infiltracije [4]. V takšnih stanovanjih je nujno potrebno vgraditi prezračevalni sistem, ker moramo zagotoviti prisilno prezračevanje. S prezračevalnimi sistemi z rekuperacijo poskrbimo, da ne izgubljammo preveč toplote za ogrevanje. V objekt prihaja svež hladen zrak, ki prejme toploto v rekuperatorju in od tukaj naprej potuje v vse prostore. Veliko ljudi takšnih naprav ne zna uporabljati, saj jih ugašajo in vklaplajo takrat, ko imajo potrebo po tem. To je velika napaka. Prezračevanje z rekuperacijo lahko enačimo v odnosu do hiše z dihanjem človeka. Rekuperator ni klimatska naprava, zadosti pa vsem potrebam po svežem zraku v stanovanju. Posledično ni potrebno odpirati oken. Kljub nameščenim napravam jih lahko odpremo, če to želimo. Prezračevanje z rekuperacijo nam enostavno zagotavlja kakovosten zrak po nastavljenih parametrih. V stanovanju



Slika 1 : Prikaz centralnega prezračevanja [4]

se same naprave ne sliši in ne občutimo, da bi zrak ob pravilno dimenzioniranem sistemu pihal. Bistveno je, da se takoj na začetku v projektu označi, kje bodo elementi prezračevalnega sistema, saj mora biti tok zraka na koncu takšen, da ne bo ustvarjal težav pri prezračevanju. Za prezračevalno napravo lahko rečemo, da je naložba v kakovostno in zdravo bivanje.

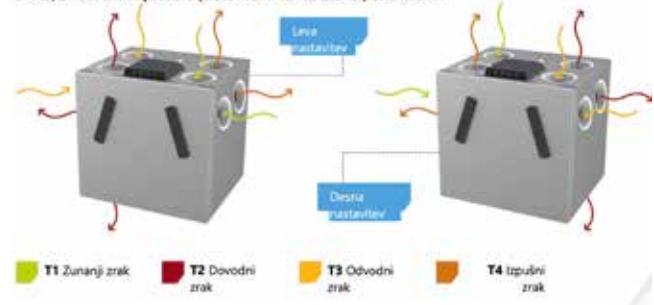
Centralno prezračevanje je zasnovano tako, da zagotavlja stalen odvod notranjega zraka in stalen dovod svežega zunanjega zraka v vse prostore. Pri tem se zunanji zrak tudi filtrira in prečisti, kar zagotavlja boljšo kakovost zraka v notranjih prostorih.

3 Prezračevalna naprava z rekuperacijo toplote (Dantherm RCV 320)

Mi smo se osredotočili na centralni prezračevalni sistem, ki ima vgrajeno napravo Dantherm RCV 320, prikazano na *sliki 2*. Tehnologija, uporabljena v RCV 320, že obstaja v različnih izdelkih, vendar pa še nikoli ni bila oblikovana na način, da bi tako kompaktna enota lahko ponudila vsestransko možnost

Visoka prilagodljivost. Hitra namestitev. Nizki stroški uporabe.

RCV 320 ponuja 48 različnih načinov priključitve obstoječih kanalov na enoto, 24 kombinacij za levo postavitev in 24 za desno postavitev ...



Slika 3 : Prikaz leve in desne izvedbe naprave [5]

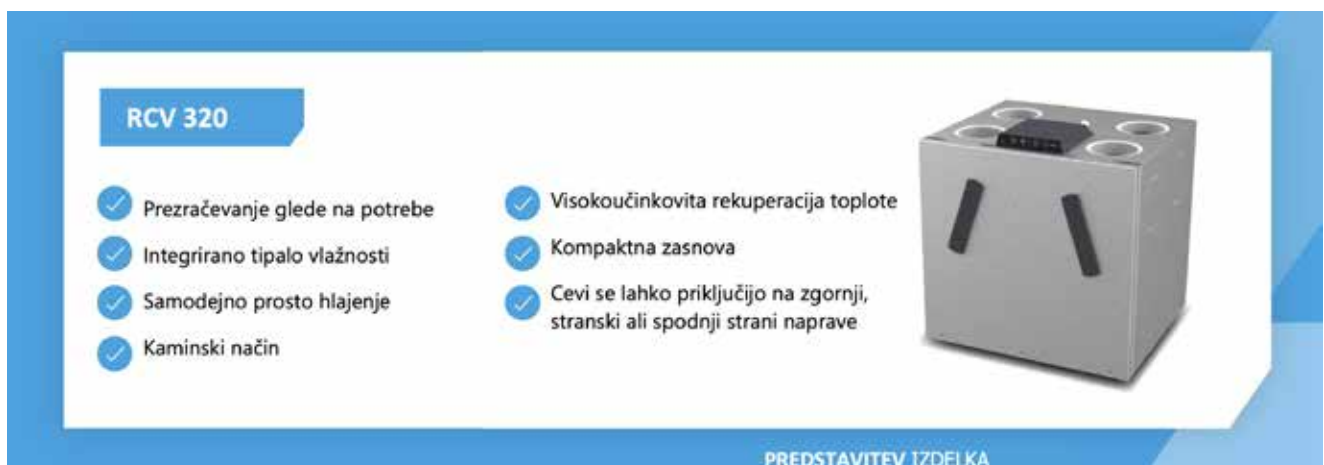
za prezračevanje hiš, stanovanj in drugih bivalnih objektov. Druge enote, ki ponujajo enako stopnjo prilagodljivosti, preprosto niso tako majhne.

Za razliko od drugih izdelkov na trgu Dantherm RCV ponuja 48 načinov priključitve kanalov. To pomeni, da obstoječih kanalov ni treba preurejati in je napravo mogoče enostavno vgraditi. Enota ima levo in desno nastavitev, vsaka pa omogoča 24 kombinacij, kar lahko vidimo na *sliki 3*.

To zagotavlja popolno prilagodljivost za hitro in stroškovno učinkovito vgradnjo, tudi v zapletenih in tesnih prostorih. Dovodni kanal lahko priključite celo na dno enote, če so kanali vgrajeni v tlak.

3.1 Primer uporabe naprave kot učnega pripomočka za meritve zraka

Samo napravo smo testirali in izvedli vse potrebne meritve zraka, kot so: pretok, temperatura, vlaga in CO₂. Te so bile izvedene v montažni nizkoenergijski stanovanjski stavbi. Svoj čas smo posvetili tudi proučevanju prezračevalne naprave. S temi meritvami smo prikazali, da je bivanje štiričlanske družine



Slika 2 : Opis naprave [5]

ne v stanovanjski hiši glede prezračevanja zdravo in energetsko učinkovito. Meritve smo opravili v skladu s pravilnikom o prezračevanju [6].

3.2 Preskus in prevzem vgrajenega prezračevalnega sistema

Pri izvajanju meritev smo se osredotočili na pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb – predvsem na člene 23, 24 in 25 [6].

23. člen vključuje naslednja pravila:

1. Pri preskusu sistema so dopustna naslednja odstopanja izmerjenih vrednosti:

Preglednica 1: Dopustna odstopanja [6]

količina zraka za posamezni prostor	±20	%
količina zraka za posamezni sistem	±15	%
temperatura zraka	±2	°C
relativna vlažnost zraka	±15	% abs
hitrost zraka v bivalni coni	±0,05	m/s
temperatura zraka in občutena temperatura v bivalni coni	±1,5	°C
raba energije, preračunana na načrtovano količino zraka	+5	%

2. Podana odstopanja iz točke 1 vključujejo dovoljen odklon od načrtovanih vrednosti in tudi merilno negotovost [6].
3. Če funkcionalnost sistema in/ali delov sistema zahteva manjša odstopanja, kot so opredeljena v prvem odstavku tega člena, jih mora projektant posebej navesti v projektni dokumentaciji. Vse temperature in karakteristike ogrevanja ali hlajenja morajo sočasno ustrezati danim odstopanjem [6].
4. Meritve se opravijo z merilnimi instrumenti skladno z meroslovnimi predpisi. Točnost uporabljenih merilnih instrumentov mora biti v okviru odstopanj, kot so navedena v tem členu [6].

24. člen vključuje naslednja pravila:

Po končanem pregledu, preskusu oziroma meritvah se izdela poročilo, ki mora vsebovati [6]:

- ▶ podatke o izvajalcu preskusa,
- ▶ podatke o naročniku,
- ▶ definicijo zahtevka za opravljanje preskusa,
- ▶ podatke o lokaciji stavbe in/ali sistema, ki se preskuša,
- ▶ podatke o metodologiji preskusa in uporabljenih merilnih instrumentih,
- ▶ podatke o meteoroloških razmerah v času preskusa,
- ▶ rezultate preskusa,
- ▶ analizo merilnih rezultatov in ugotovitve,
- ▶ oceno merilnih pogojev,

- ▶ sklepne ugotovitve z odločitvijo glede na veljavne predpise.

25. člen vključuje naslednja pravila:

Preskusni postopek in merilne metode, skupna celotna kontrola, preskus delovanja, preskusne in specialne meritve prezračevalnega sistema se izvajajo skladno s standardom SIST prEN 12599 [6].

4 Stavba

Spodaj na *sliki 4* smo prikazali, kakšna je stanovanjska hiša z vseh strani neba. V stanovanjski hiši, ki smo jo uporabili v diplomski nalogi, živi štiričlanska družina. Gre za nizkoenergijsko montažno gradnjo pri podjetju Lumar, ki nudi visoko bivalno udobje. Neto uporabna površina stavbe znaša 124,75 m² in ima eno spalnico, dve otroški sobi, dnevno sobo, hodnik, kuhinjo, kopalnico, tehnični prostor, shrambo, stopnišče, jedilnico, vetrolov in nadstrešek za avtomobil, ki je bil zgrajen naknadno. Postavljena je bila decembra leta 2019. Ker živi družina na podeželju, so izbrali tip hiše Kaja, ki ima klasični oz. tradicionalni videz dvokapnice z naklonom 38°. Je pravokotno tlorisno zasnovana, zato je tudi lažje prilagodljiva za manjšo parcelo, na kateri stoji.



Slika 4: Stanovanjska hiša z vseh strani neba

Novogradnja predstavlja dve etaži: pritličje in mansardo. Za nizkoenergijsko montažno hišo so se odločili predvsem zaradi hitre postavitve, možnosti postopne gradnje, ugodne cene in minimalne porabe energije.

5 Izvajanje meritev z univerzalnim merilnikom Testo 400

V Laboratoriju za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko na FS razpolagamo z merilnikom Testo 400. To je večnamenski, inovativen prenosni ročni

merilnik, s katerim lahko izmerimo vse parametre, povezane z IAQ: temperaturo, hitrost pretoka, vlažnost, osvetlitev, tlak, sevalno toploto, CO₂, CO in turbulenco. Z merilnikom Testo 400 (glej *slika 5*) smo izmerili pretok zraka, temperaturo, vlažnost in CO₂. Sam instrument je fleksibilen, saj je takoj pripravljen za uporabo. Med enostavno zamenjavo sonde ni potreben vnovični zagon merilnika. Vse izvedene meritve se shranijo v napravi do 500.000 odčitkov. Te pa je možno naložiti neposredno na računalnik. Merilnik izpisuje podatke na zaslonu po predhodno nastavljenem časovnem zamiku. Preden smo meritve prenesli na računalnik, sem moral naložiti programsko opremo Testo Comfort Software.



Slika 5 : Merilnik Testo 400

Pri izvajanju meritev smo uporabili dve sondi:

- ▶ sondo za merjenje CO₂, vključno s senzorjem temperature in vlage (glej *slika 6*). Z njo smo izmerili koncentracijo CO₂ temperaturo in vlago v prostorih;



Slika 6 : Sonda za merjenje CO₂

- ▶ vetrnica, ki je prikazana na *sliki 7*, ima premer Ø100 mm. Z njo smo merili dovodne in odvodne količine zraka v prostore in iz njih.



Slika 7 : Vetrnica s premerom 100 mm

6 Izvajanje meritev

Pred pričetkom izvajanja meritev smo nastavili prezračevalno napravo na srednjo nastavitvev prezračevanja. Naprava je delovala dve uri, nato smo pričeli meritve. Pred pričetkom testa so morala biti vsa vrata prostorov zaprta, da je bilo čim manj nezaželenih vplivov. Med izvajanjem meritev v prostorih ni bilo ljudi.

Ko smo izvajali meritve CO₂, smo nastavili interval merjenja na 3 sekunde, da so bile meritve čim pogostejše. Čas ene meritve je trajal 15 min. Mogoče je bilo izbrati enotočkovno ali časovno merjenje. Merjenje pretoka zraka pa je trajalo 1 minuto na vsakem distribucijskem elementu – tako za dovodni kot odvodni zrak. Preden smo začeli izvajati meritve, smo morali določiti premer cevi merilnika in poiskati način, kako bomo izmerili pretok zraka. Ko smo končali z merjenjem dovodnega zraka, smo morali pred pričetkom merjenja odvodnega zraka v merilniku spremeniti nastavitve.

6.1 Kontrola vstopnih in izstopnih količin zraka

V prvem delu meritve smo izvedli kontrolo vstopnih in izstopnih količin zraka. Namen tega testa je bil ugotoviti količine dovedenega in odvedenega zraka. Količino zraka za posamezne prostore lahko merimo v ravnih kanalskih odcepkih ali direktno na distribucijskih elementih, če ni posebnih odstopanj na vstopnih merilnih površinah. Preveriti smo morali, da klimatizacijski sistem deluje v stabilnem območju. Dovodne in odvodne količine zraka smo merili z uporabo vetrnice in merilnega lijaka, ki se priklopi na sondo. Merilnik samodejno prepozna, kateri tip lijaka je nameščen in ali merimo dovodni oz. odvodni zrak. Meritve smo izvajali po prostorih na distribucijskih elementih, kot je vidno na *sliki 8*.

Meritve hitrosti zraka neposredno v prostorih na distribucijskih elementih smo izvedli na sledeč način:



Slika 8 : Izvajanje meritev pretoka zraka z lijakom

anemometer je bil usmerjen pravokotno na smer pretoka zraka, tako da je bil zagotovljen laminarni pretok. Sam merilnik je izmerjeno hitrost zraka avtomatsko preračunal v pretok. Pozornost smo posvetili tudi hitrosti zraka, saj ta ne sme preseči 15 m/s. Če bi bila hitrost zraka večja, bi morali izbrati drugo metodo merjenja. Na elementih ni bilo prevelike turbulence zraka, zato smo meritve izvedli z visoko natančno lopatično sondo. S pomočjo pripomočka za pretvorbo turbulentnega toka v laminarni tok, ki je prikazan na sliki 9, smo izvedli natančne meritve na vrtničnih izhodih.

Odvodne količine zraka za prostore, v katerih je izvedena regulacija nadtlaka oz. podtlaka, smo izmerili le za informacijo, dejansko pa so odvisne od tesnosti prostora. Z regulacijo odvodne količine vzdržujemo v prostoru potrebni nadtlak oz. podtlak. Odvodne količine zraka za prostore, v katerih ni izvedena regulacija nadtlaka oz. podtlaka, smo izmerili na odsesovalnih rešetkah. Meritve odvede-



Slika 9 : Pripomoček za pretvorbo turbulentnega v laminarni tok

nih in dovedenih količin zraka smo opravili s kalibriranim instrumentom za merjenje količin zraka po distribucijskih elementih (Testo 400).

6.2 Kontrola koncentracije CO₂, vključno z merjenjem temperature in vlažnosti

V drugem delu pa smo izvedli meritve koncentracije CO₂, ki je odličen pokazatelj kvalitete zraka, temperature in vlažnosti v prostorih.

Sonda za merjenje CO₂ vsebuje občutljive vizualne komponente, tako da smo morali z njo ravnati previdno. Močne vibracije spremenijo tovarniško kalibracijo, zato smo izvedli preverjanje odčitkov na svežem zraku od 350 do 450 ppm CO₂ (mestni zrak do 700 ppm CO₂). Na sondi ni smelo biti rose, ker bi lahko merilnik pokazal višje vrednosti CO₂. Sondo smo morali imeti čim dlje od telesa, da smo se izognili vplivu CO₂ v zraku, ki ga dihamo.

Meritve se izvajajo v mirovanju, brez prisotnosti ljudi. Naprave so v prostorih, vendar ne delujejo med meritvijo. Klimatski sistem pa mora delovati že dlje časa pred meritvijo.

Meritve smo izvedli v vseh prostorih stanovanjske hiše (spalnica, kuhinja, soba 1, soba 2, hodnik, kopalnica v pritličju, kopalnica v nadstropju, kabinet, tehnična soba, vetrolov, dnevna soba in jedilnica). Sondo smo postavili nekje med 0,8 m in 1,7 m visoko od tal. To je približno delovna višina. Sondo smo postavili v sredino prostora in postopek ponovili za vse prostore v hiši.

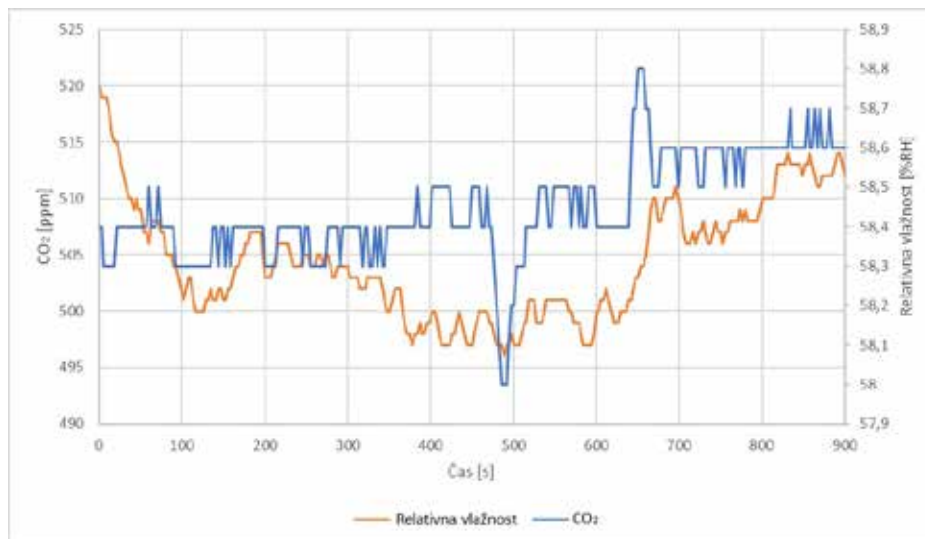
V Excel so bile vnesene vse meritve, ki smo jih izvedli z merilnikom Testo 400. V preglednici 1, preglednici 2 in preglednici 3 so z rdečo barvo označeni vsi prostori, v katerih so bile izvedene meritve. S sivo barvo pa so označeni vsi dobljeni rezultati.

V preglednici 1 so prikazani rezultati, ki smo jih izmerili s sondo za CO₂. S to sondo smo poleg koncentracije CO₂ izmerili tudi temperaturo v prostoru in relativno vlažnost.

V prostorih, v katerih so prisotni ljudje, so tudi vonjave, ki jih ti oddajajo in obremenjujejo zrak. Več, kot je ljudi v prostoru, večje so koncentracije vonjav. Ljudje se počutijo ugodno pri koncentraciji pod 0,1 % (1000 ppm), če pa je koncentracija nad 0,2 %, se počutijo neugodno. Tako se je uveljavila t. i. Pettenkoferjeva vrednost (1000 ppm). Izmerjene vrednosti CO₂ so pod 0,1 % koncentracije. Za RH pa naj bi znašala vrednost nekje med 40 in 60 %. Povprečna koncentracija CO₂ v spalnici znaša 504 ppm, povprečna relativna vlažnost v spalnici pa 58,4 %. Rezultati meritev koncentracije CO₂ in relativne vlažnosti za spalnico so prikazani na sliki 10. Najboljša koncentracija je bila dosežena v otroški sobi 1.

Preglednica 2 : Potek meritve koncentracije CO₂ (prikazani rezultati meritev)

Prostori	CO ₂ [ppm]	Temp. v prostoru [°C]	Relativna vlažnost [%RH]
Spalnica	504	23,1	58,4
Hodnik	585	23,5	60,6
Soba 1	493	22,9	68,7
Soba 2	689	23,2	59,4
Kopalnica v nadstropju	604	23,1	60,6
Kopalnica v pritličju	620	23,3	58,5
Dnevna soba in jedilnica	564	23,3	56,9
Kabinet	604	24,7	54,5
Tehnična soba	584	24,3	58,5
Vetrolov	562	23,4	58,3
Kuhinja	546	23,3	56,7

**Slika 10 :** Potek meritev koncentracije CO₂ in relativne vlažnosti v spalnici

V preglednici 1 so prikazane le povprečne vrednosti celotne meritve, zato smo priložili sliko 10, iz katere so rezultati celotne meritve bolj pregledni. Sama meritev je trajala 15 minut. CO₂ in RH smo izmerili predvsem zaradi zdravstvenih razlogov.

V preglednico 2 smo vnesli rezultate dovodnega zraka. Z vetrnico smo izmerili volumski pretok in hitrost zraka. Na enak način smo izmerili tudi odvodni zrak, le da smo v merilniku spremenili nastavitve, zato so pri odvodnem zraku v preglednici 3 vsi rezultati negativni. Poleg tega smo iz volumskega pretoka in prostornine izračunali še število izmenjav zraka na uro. V obeh preglednicah smo dodali en stolpec, kjer piše: volumski pretok, premer cevi 75 mm [m³/h]. Ta stolpec smo dodali, ker smo po izvedenih meritvah ugotovili, da je bil v merilno napravo vnesen večji premer cevi. Tako smo preračunali volumski pretok s premera cevi 125 mm na 75 mm. Hitrost je v obeh primerih enaka, prav tako se $\frac{\pi}{4}$ okrajša. Tako smo dobili razmerje kvadratov $\left(\frac{125}{75}\right)^2$. Vsak vo-

lumski pretok smo nato delili z razmerjem kvadratov ter dobili pravilne vrednosti. Enačba, ki smo jo uporabili, pa je bila:

$$\dot{V} = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

\dot{V} [m³/h] - volumski pretok
 d [m] - premer cevi
 v [m/s] - hitrost zraka

Število izmenjav zraka za celotno stavbo smo izračunali tako, da smo sešteli vse volumske pretoke (premer cevi 75 mm) pri dovodu in jih delili s celotnim volumnom stavbe. Enako smo naredili za odvod.

Na podlagi preglednice 2 in ostalih podatkov v Excelu je izrisan graf za spalnico. V preglednici 2 so le povprečne vrednosti. Na sliki 11 pa je prikazan potek dovodnega volumskega pretoka za cev

Preglednica 3 : Izmerjeni pretoki dovodnega zraka z vetrnico

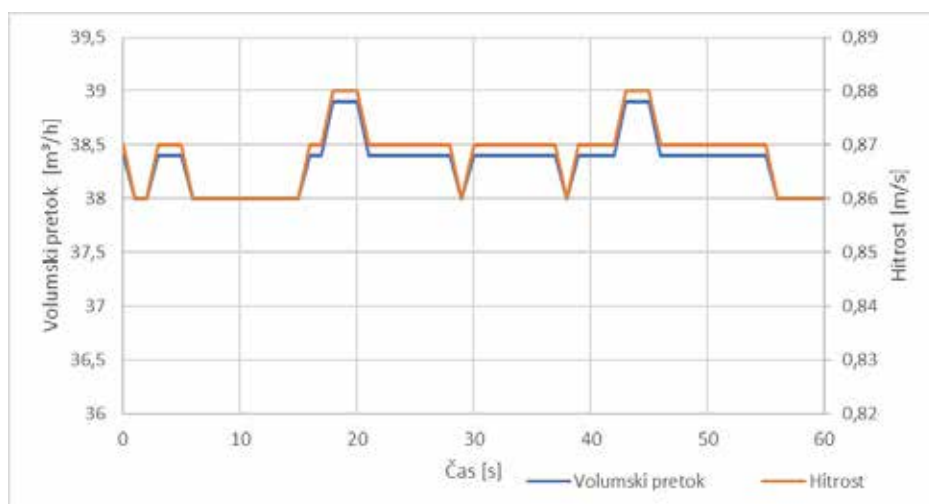
Prostori	Volumski pretok, premer cevi 125 mm [m ³ /h]	Volumski pretok, premer cevi 75 mm [m ³ /h]	Hitrost [m/s]	Št. izmenjav zraka [h ⁻¹]	Temp. v prostoru [°C]	Št. izmenjav zraka [h ⁻¹ za celotno stavbo
Dnevna soba 1	50	18,00	1,13	0,42	43,28	$\frac{131,11}{303,39} = 0,43$
Dnevna soba 2	92,2	33,19	2,09	0,77	43,28	
Jedilnica	45,2	16,27	1,02	0,50	32,48	
Kabinet	55	19,80	1,24	0,95	20,8	
Soba 1	41,3	14,87	0,93	0,51	29,3	
Soba 2	42,2	15,19	0,95	0,52	29,3	
Spalnica	38,3	13,79	0,87	0,38	35,93	

Preglednica 4 : Izmerjeni pretoki odvodnega zraka z vetrnico

Prostori	Volumski pretok, premer cevi 125 mm [m ³ /h]	Volumski pretok, premer cevi 75 mm [m ³ /h]	Hitrost [m/s]	Št. izmenjav zraka [h ⁻¹]	Temp. v prostoru [°C]	Št. izmenjav zraka [h ⁻¹ za celotno stavbo
Hodnik	-36	-12,96	-0,81	0,49	26,38	$\frac{143,57}{303,39} = 0,47$
Kopalnica v pritličju	-74,5	-26,82	-1,69	3,36	7,98	
Kopalnica zgoraj	-74,5	-26,82	-1,69	0,99	27,15	
Kuhinja	-114,9	-41,36	-2,6	1,68	24,58	
Tehnična soba	-43,1	-15,52	-0,97	1,65	9,43	
Vetrolov	-55,8	-20,09	-1,26	1,20	16,78	

Ø125 mm in hitrosti zraka skozi celotno meritev v spalnici. Meritev je trajala 1 minuto. S to meritvijo smo želeli prikazati nihanje volumskega pretoka in nihanje hitrosti zraka. Do odstopanja pri meritvah pretoka je prišlo zaradi tlačnih padcev, npr. odpiranje oz. zapiranje vrat, pihanje vetra proti smeri, kjer je vtok zraka v hišo.

Pri merjenju pretoka zraka so bile izmerjene količine različne kot projektne, zato smo najprej izmerili vse količine in jih prenesli na računalnik. Ko smo vse podatke odčitali, smo ugotovili, da so bile dosežene količine dovodnega in odvodnega zraka drugačne kot po projektnih količinah. To smo prikazali tudi v *preglednici 4* in *preglednici 5*, toda odstopanja izmerjenih veličin se gibljejo približno v območju



Slika 11 : Prikaz poteka volumskega pretoka in hitrosti zraka v spalnici

Preglednica 5 : Primerjava izmerjenih in projektnih vrednosti za odvod zraka

Volumski pretok [m ³ /h] (odvod)	Hodnik	Kopalnica v pritličju	Kopalnica zgoraj	Kuhinja	Tehnična soba	Vetrolov	Skupne količine
Izmerjene vrednosti	-13	-27	-27	-41	-16	-20	-144
Projektne vrednosti	-15	-40	-40	-70	-20	-15	-200

Preglednica 6 : Primerjava izmerjenih in projektnih vrednosti za dovod zraka

Volumski pretok [m ³ /h] (dovod)	Dnevna soba 1	Dnevna soba 2	Jedilnica	Kabinet	Soba 1	Soba 2	Spalnica	Skupne količine
Izmerjene vrednosti	18	33	16	20	15	15	14	131
Projektne vrednosti	22	46	22	22	22	22	44	200

±10 %, kar pomeni, da presek ni prazen. To območje pa je merilna negotovost, ki se pojavi pri izvajanju meritev. Vidimo lahko, da se izmerjene količine gibljejo v tem preseku. Da smo prišli do te ugotovitve, smo najprej izračunali povprečno hitrost pri odvodu in ±0,1 m/s delili s povprečno hitrostjo. Ta rezultat smo nato pomnožili s 100, da smo dobili procent merilne negotovosti na hitrosti. Ker je pretok sorazmeren hitrosti, smo relativno napako prenesli na volumski pretok. Volumske pretoke za odvod smo nato sešteli in pomnožili z relativno napako. Tako smo dobili absolutno napako za odvod zraka. Prav tako smo postopek ponovili za dovod zraka. Ugotovili smo tudi, da smo izvedli meritve v napačnem položaju naprave. Naprava bi morala delovati v maksimalnem možnem načinu, če bi želeli doseči projektne vrednosti, in ne v srednjem. Smo pa zadovoljni z opravljenimi meritvami, saj se rezultati prekrivajo z merilno negotovostjo, ki je dovoljena.

Primer izračuna za odvod zraka:

$$\frac{v_{\text{dovoljeno odstopanje}}}{v_{\text{povprečna odvod}}} = \frac{\pm 0,1}{1,5} \cdot 100 \% = 6,7 \%$$

$$0,067 \cdot 143,57 = 9,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Primer izračuna za dovod zraka:

$$\frac{v_{\text{dovoljeno odstopanje}}}{v_{\text{povprečna dovod}}} = \frac{0,1}{1,18} \cdot 100 \% = 8,5 \%$$

$$0,085 \cdot 131,11 = 11,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Po vseh izmerjenih meritvah smo se posvetili sami napravi in distribuciji, da smo se še bolj približali projektnim količinam. Napravo smo postavili v maksimalni način delovanja.

7 Zaključek

Ugotovili smo, da so bile naše meritve pravilne, saj smo postopek ponovili kar dvakrat in dobili enak re-

zultat. Izmerjene skupne vrednosti dovoda zraka se razlikujejo od projektnih vrednosti za 34,5 %. Izmerjene skupne vrednosti odvoda zraka se razlikujejo od projektnih vrednosti za 28 %. Nato smo lastnika povprašali, ali so monterji, ki so jim montirali prezračevalno napravo, opravili meritve pretoka. Izvedeli smo, da meritve niso bile izvedene, zato smo na koncu lastniku vse izmerjene vrednosti nastavili na projektne količine. Prav tako smo ugotovili, da je prišlo pri merjenju relativne vlage do očitnih sprememb, na kar je vplivalo perilo, ki se je sušilo v spalnici.

Sama prezračevalna naprava se je odlično obnesla. Filtri so bili redno menjani, zato do kakšnih nevšečnosti ni moglo priti. V prihodnosti upamo, da se bo naprava še nadgrajevala in pomagala pri določenih izzivih, ki se pojavljajo v praksi.

Viri

- [1] H. Y. Bai, P. Liu, M. Justo Alonso, H. M. Mathisen. 2022. A review of heat recovery technologies and their frost control for residential building ventilation in cold climate regions. Volume 162.
- [2] M. Malovrh, M. Praznik, Gradbeni inštitut ZRMK: Pravilno zračenje in prezračevanje, <https://www.heker.si/wp-content/uploads/2016/09/pravilno-zracenje-in-prezracevanje.pdf>, Gradbeni inštitut ZRMK, ogled: 5. 05. 2022.
- [3] U. Stritih: Predavanja pri predmetu Stavbna tehnika, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2021/2022.
- [4] Primerjam.si: Kaj je centralno prezračevanje?, dostopno na: <https://www.primjerjam.si/nasveti/prezracevalni-sistemi/kaj-je-centralno-prezracevanje>, ogled: 9. 06. 2023.
- [5] Bossplast: Dobro počutje se prične z globokim vdihom, dostopno na: <https://bossplast.com/>, ogled: 9. 06. 2023.
- [6] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/02 z dne 15. 5. 2002, ostopno na: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregled-Predpisa?id=PRAV4223>, ogled: 14. 04. 2022.

Comparison of measured and design values regarding the intensity of ventilation of the premises

Abstract:

In this article, the focus is on a central ventilation system that has a Dantherm RCV 320 installed. All air measurements, such as: air flow, air temperature, room humidity and CO₂, were carried out in a residential prefab low-energy building located in Metlika or more precisely at the address Berčice 3a. We wanted to check whether the project values stated by the designers are the same as the measured values. Since the owner of the building was interested in the operation of the heating and ventilation devices, we devoted our time to this as well and familiarized him with it.

Keywords:

ventilation, heat recovery, ventilation system, air quality

ECOWAVE
Where challenges meet solutions
ecowave@icm.si

10.- 12.10.2023
Ljubljana, Slovenia
www.icm.si

JAKŠA
MAGNETNI VENTILI
od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu

www.jaksa.si

Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana
T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E info@jaksa.si

SI CERTIFICIRAN ALI ISO 9001, I3Net, CE, UL, CLASSIFIED