



SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO

**POSVET O PREZRAČEVANJU VEČSTANOVANJSKIH STAVB
TEHNIČNI STAVBNI SISTEMI (TSS) – PREZRAČEVANJE**

Ljubljana, 6.12. 2023

**EVALVACIJA
TEHNIČNIH STAVBNIH SISTEMOV (TSS) –
PREZRAČEVANJE
februar, 2024**

Evalvacija TSS - Prezračevanje

Konec leta 2023 je bil v prostorih IZS organiziran posvet na temo **Prezračevanje večstanovanjskih stavb**. Na pobudo Upravnega odbora IZS, ga je organizirala MSS. Na posvet so bili vabljeni pooblaščen inženirji MSS in MSG, ZAPS, predstavniki SSRS in občinskih stanovanjskih skladov, predstavniki Direktorata za stanovanja iz Ministrstva za solidarno prihodnost, predstavniki Direktorata za prostor in graditev Ministrstva za naravne vire in prostor.

Namen posveta je bila splošna razprava glede najpogostejših projektiranih in izvedenih tehničnih stavbnih sistemov (v nadaljevanju TSS) prezračevanja večstanovanjskih stavb ter ugotavljanje in evalvacija nekaterih bistvenih lastnosti posameznih TSS prezračevanja, podano neodvisno, pa vendar subjektivno s strani avtorja prispevka.

Več o posvetu si lahko preberete tukaj: (<https://www.izs.si/aktualno/novice/na-izs-je-potekal-posvet-o-prezracevanju-vecstanovanjskih-stavb>).

Skladno s sklepi posveta je bil pooblaščen inženirjem (PI) MSS poslan vprašalnik za potrebe izdelave evalvacije TSS – Prezračevanja. Vprašalnik je bil vsebinsko in oblikovno enak preglednicam prikazanim na posvetu.

V stolpcu "Ocena PI", so PI podajali oceno za posamezne TSS prezračevanja in sicer od 1 (slabo) do 5 (dobro), prav tako so v rubriki "Mnenje PI", po želji oziroma potrebi podajali tudi opisno oceno posamezne lastnosti.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati evalvacije posameznih TSS – Prezračevanje, ki predstavljajo splošne evalvacije posameznih TSS prezračevanja s strani PI MSS, oziroma predstavljali splošno mnenje stroke glede obravnavanih TSS prezračevanja.

Evalvacija TSS - Prezračevanje

Splošna evalvacija najpogostejših projektiranih in izvedenih tehničnih stavbnih sistemov (v nadaljevanju TSS) prezračevanja večstanovanjskih stavb.

- **tehnične lastnosti**
 - učinkovitost (lastnosti energetske učinkovitosti v smislu transporta zraka in vračanje toplote zavrženega zraka),
 - filtracija (lastnosti filtracije zunanjega zraka),
 - distribucija (lastnosti distribucije vtočnega zraka),
 - tlačne razmere (lastnosti ustvarjanja ustreznih tlačnih razmer),
- **ekonomski vidik**
 - višina investicije (izražena kot specifična investicija EUR/m²),
 - strošek obratovanja (izražen kot učinkovitost sistema),
- **izvedba**
 - montaža (splošne lastnosti),
 - prostorske zahteve (splošne lastnosti),
- **uporabniške lastnosti**
 - vzdrževanje (splošne lastnosti),
 - delitev stroškov (splošne lastnosti),
 - življenjska doba (splošne lastnosti).

TSS prezračevanja

Načini prezračevanja glede na gibanje oziroma transport zraka:

- naravno prezračevanje,
- mehansko prezračevanje.

Načini prezračevanja glede na izrabo odpadne toplote zavrženega zraka:

- mehansko prezračevanje brez vračanja toplote zavrženega zraka,
- mehansko prezračevanje z vračanjem toplote zavrženega zraka.

Načini prezračevanja glede na način distribucije zraka:

- lokalno na nivoju posameznega prostora,
- lokalno na nivoju posameznega stanovanja,
- centralno na nivoju stavbe,
- kombinacije zgoraj navedenih načinov (dovod lokalno, odvod centralno ipd.)

TSS prezračevanja

Najpogostejši TSS prezračevanja:

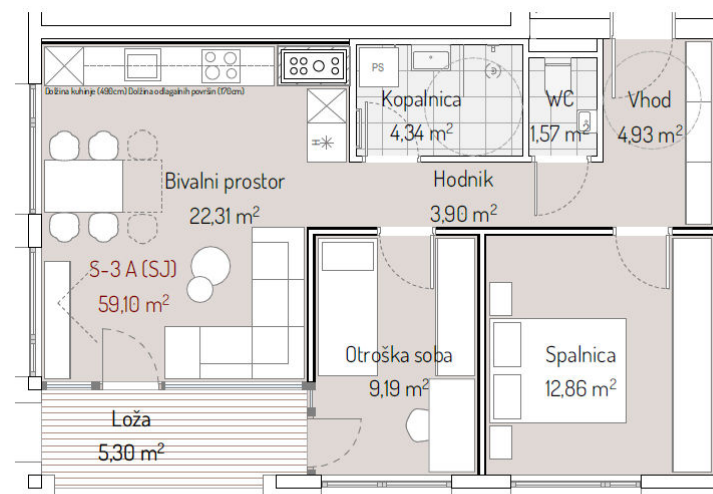
- naravno prezračevanje
 - z odpiranjem zunanjega in notranjega stavbnega pohištva
- lokalno/centralno mehansko prezračevanje glede na relativno vlažnost zraka v prostoru lokacije dovodnega/odvodnega elementa - higrosenzibilno
 - regulacija količine dovedenega in odvedenega zraka preko integriranega senzorja relativne vlažnosti v dovodnem elementu zunanjega zraka in/ali odvodnem elementu zavrženega zraka, lokalni ali centralni odvodni ventilator, z ali brez izrabe odpadne toplote zavrženega zraka
- lokalno mehansko ciklično (izmenično, "push-pull", ...) prezračevanje
 - dvosmerno obratovanje ventilatorja v napravi za ciklični odvod zavrženega zraka in dovod zunanjega zraka z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka
- lokalno prostorsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka
 - element (rekuperator) za vračanje odpadne toplote zavrženega zraka vgrajen direktno v stavbno pohištvo ali ločeno kompaktno napravo vgrajeno na zunanji steni stavbe,
 - brez stanovanjskega distribucijskega sistema zraka
- lokalno stanovanjsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka
 - stanovanjski distribucijski sistem zraka s stanovanjsko centralno enoto za izrabo odpadne toplote zavrženega zraka,
- centralno mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka
 - stanovanjski distribucijski sistem zraka s stavbno centralno enoto za izrabo odpadne toplote zavrženega zraka (klimatska naprava),

TSS prezračevanja

Izhodišča za evalvacijo TSS prezračevanja:

- večstanovanjska stavba, za oddajo v najem,
- pet (5) stanovanjskih etaž, šest (6) stanovanj v vsaki etaži,
- 30 stanovanj (identična glede tlorisa – prikaz na risbi),
- 60m² stanovanjska površina tipičnega stanovanja,
- 3 sobno stanovanje (kuhinja + dnevna soba, spalnica, otroška soba, kopalnica, WC, povezovalni hodnik),
- 3 osebe/ležišča na tipično stanovanje,
- kopalnica, WC, brez zunanje stene.

S-3 A Trosobno stanovanje (3 ležišča)		
Notranji prostori		
Bivalni prostor	22,31	
Hodnik	3,90	
Kopalnica	4,34	
Otroška soba	9,19	
Spalnica	12,86	
Vhod	4,93	
WC	1,57	
	59,10 m²	
Zunanji prostori		
Loža	5,30	
	5,30 m²	
	64,40 m²	



TSS prezračevanja - naravno

Naravno prezračevanje

- preko netesnosti ovoja stavbe zaradi tlačnih razlik – infiltracija/eksfiltracija (veter, vzgon ipd.)
- z odpiranjem zunanjih/notranjih oken in vrat, prezračevalnih odprtih in jaškov

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Naravno prezračevanje	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	minimalno - odvodni ventilator v nečistih prostorih (kopalnica, WC) - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	4,00
Montaža	ustrezno	4,56
Regulacijska sposobnost	manj ustrezno* (človeški faktor v primeru intenzivnega prezračevanja)	1,89
Regulacijska odzivnost	manj ustrezno* (človeški faktor v primeru intenzivnega prezračevanja)	2,06
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	3,56
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	neustrezno	1,06
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	neustrezno	1,67
Filtracija	neustrezno* (če je potrebna zaradi kakovosti zunanjega zraka)	1,22
Distribucija svežega zraka	manj ustrezno* (odvisno od načina prezračevanja)	1,89
Hrup	manj ustrezno* (zunanji vplivi)	2,28
Toplotno okolje	manj ustrezno* (vdor hladnega/toplega zraka)	2,00
Vzdrževanje	ustrezno	4,44
Življenjska doba	ustrezno	4,67
Prostorske zahteve za vgradnjo	ustrezno	4,78
Delitev stroškov	ustrezno (gospodinski odjem)	4,67
Skupna povprečna ocena		2,98

TSS prezračevanja - naravno

Naravno prezračevanje

Bistvene prednosti:

- nizka investicija,
- višja energetska učinkovitost transporta zraka,
- nizki vzdrževalni stroški (samo odvodni ventilatorji v nečistih prostorih).

Bistvene slabosti:

- nizka energetska učinkovitost, brez vračanja odpadne toplote zavrženega zraka,
- vdor nekondicioniranega zunanjega zraka.

TSS prezračevanja – mehansko - higrosenzibilno

Lokalno/centralno mehansko prezračevanje – higrosenzibilno

- regulacija količine dovedenega in odvedenega zraka preko integriranega senzorja relativne vlažnosti v dovodnem elementu zunanjega zraka in/ali odvodnem elementu zavrženega zraka, lokalni ali centralni odvodni ventilator, z ali brez izrabe odpadne toplote zavrženega zraka

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Lokalno mehansko higrosenzibilno prezračevanje	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	35 – 70 EUR/m ² - higrosenzibilne rešetke/ventili dovodni (3x) in odvodni (3x), - odvodni strešni ventilator, - požarna loputa* (v primeru skupnih odvodnih kanalov), - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	3,13
Montaža	ustrezno	4,11
Regulacijska sposobnost	ustrezno	3,33
Regulacijska odzivnost	ustrezno* (izhodišče -> koncentracija CO ₂ v korelaciji s RH)	3,17
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	3,56
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	manj ustrezno* (potrebna ločena naprava – TČ za izrabo odpadne toplote zavrženega zraka)	1,78
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	ustrezno* (podtlak)	3,33
Filtracija	manj ustrezno* (manjša tlačna razlika na vstopni rešetki)	2,00
Distribucija svežega zraka	ustrezno	3,17
Hrup	ustrezno* (slabša na dovodnih rešetkah - zunanji vplivi)	2,78
Toplotno okolje	manj ustrezno* (vdor hladnega/toplega zraka)	2,22
Vzdrževanje	ustrezno	3,50
Življenjska doba	ustrezno	3,78
Prostorske zahteve za vgradnjo	ustrezno	3,72
Delitev stroškov	ustrezno* (gospodinski odjem/skupni odjem)	3,76
Skupna povprečna ocena		3,16

TSS prezračevanja – mehansko - higrosenzibilno

Lokalno/centralno mehansko prezračevanje – higrosenzibilno

Bistvene prednosti:

- nižja investicija,
- višja energetska učinkovitost transporta zraka,
- nižji vzdrževalni stroški,
- regulacija v odvisnosti od RH.

Bistvene slabosti:

- nizka energetska učinkovitost, brez vračanja odpadne toplote zavrženega zraka (razen v primeru vgradnje sistema za vračanje odpadne toplote na skupnem odvodnem kanalu),
- vdor nekondicioniranega zunanjega zraka.

TSS prezračevanja – pulzno/ciklično

Lokalno mehansko pulzno prezračevanje

- dvosmerno obratovanje ventilatorja v napravi za ciklični odvod zavrženega zraka in dovod zunanjega zraka z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Lokalno mehansko ciklično prezračevanje	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	40 – 100 EUR/m2 - stenski element (6x), - odvodni ventilator kopalnica in WC, - požarna loputa* (v primeru skupnih odvodnih kanalov), - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	2,80
Montaža	ustrezno	3,56
Regulacijska sposobnost	ustrezno	3,44
Regulacijska odzivnost	manj ustrezno	2,72
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	3,78
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	manj ustrezno* (nižja trajna učinkovitost cikličnega sistema regeneracije odpadne toplote zavrženega zraka)	2,78
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	manj ustrezno	2,56
Filtracija	manj ustrezno* (manjša tlačna razlika na vstopni rešetki, izmenično delovanje)	2,56
Distribucija svežega zraka	manj ustrezno* (slabše preplakovanje prostora v primeru instalacije elementov na isti zunanji steni)	2,50
Hrup	ustrezno* (slabše pri višjih hitrostih ventilatorja)	2,72
Toplotno okolje	manj ustrezno* (vdor hladnejšega/toplejšega zraka)	2,94
Vzdrževanje	ustrezno* (manj ustrezno v primeru večjega števila elementov)	3,11
Življenjska doba	ustrezno	3,33
Prostorske zahteve za vgradnjo	ustrezno* (pogoj zunanje stene)	3,11
Delitev stroškov	ustrezno (gospodinjiski odjem)	4,44
Skupna povprečna ocena		3,09

TSS prezračevanja – pulzno/ciklično

Lokalno mehansko pulzno prezračevanje

Bistvene prednosti:

- višja energetska učinkovitost transporta zraka,
- enostavnejša montaža,
- nižji vzdrževalni stroški.

Bistvene slabosti:

- višja investicija (v primeru vgradnje vsaj dveh enot za posamezen prostor oziroma cono prezračevanja),
- nižja energetska učinkovitost, omejeno vračanje odpadne toplote zavrženega zraka (dvosmerno stacionarno rekuperacijsko jedro),
- slabša distribucija zraka v prostoru (odsotnost distribucijskega sistema).

TSS prezračevanja – mehansko lokalno

Lokalno prostorsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

- element (rekuperator) za vračanje odpadne toplote zavrženega zraka vgrajen direktno v stavbno pohištvo ali ločeno napravo vgrajeno na zunanji steni stavbe,
- brez stanovanjskega distribucijskega sistema zraka

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Lokalno mehansko prezračevanje s kompaktno rekuperatorsko enoto brez distribucijskega sistema	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	60 – 120 EUR/m ² - stenski element (3x), - odvodni ventilator kopalnica in WC, - požarna loputa* (v primeru skupnih odvodnih kanalov), - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	2,76
Montaža	ustrezno	3,78
Regulacijska sposobnost	ustrezno	4,06
Regulacijska odzivnost	ustrezno	3,94
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	3,83
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	ustrezno	4,11
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	manj ustrezno	3,06
Filtracija	ustrezno	3,89
Distribucija svežega zraka	manj ustrezno* (slabše zagotavljanje preplakovanja prostora)	2,83
Hrup	ustrezno* (slabše pri višjih hitrostih ventilatorja)	3,06
Toplotno okolje	ustrezno	3,83
Vzdrževanje	ustrezno* (manj ustrezno v primeru večjega števila elementov)	3,44
Življenjska doba	ustrezno	3,72
Prostorske zahteve za vgradnjo	ustrezno* (pogoj zunanje stene)	3,11
Delitev stroškov	ustrezno (gospodinjski odjem)	4,59
Skupna povprečna ocena		3,60

TSS prezračevanja – mehansko lokalno

Lokalno prostorsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

Bistvene prednosti:

- višja energetska učinkovitost transporta zraka,
- višja energetska učinkovitost, vračanje odpadne toplote zavrženega zraka (protitočni ploščni toplotni prenosnik),
- enostavnejša montaža.

Bistvene slabosti:

- višja investicija (v primeru vgradnje vsaj ene enote za posamezen prostor oziroma cono prezračevanja),
- slabša distribucija zraka v prostoru (odsotnost distribucijskega sistema).

TSS prezračevanja – mehansko lokalno/centralno

Lokalno stanovanjsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

- stanovanjski distribucijski sistem zraka s stanovanjsko centralno enoto za izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Lokalno mehansko prezračevanje s kompaktno rekuperatorsko enoto s stanovanjskim distribucijskim sistemom	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	100 – 160 EUR/m ² - naprava z ventilatorji za dovod in odvod zraka ter rekuperatorjem, - stanovanjski distribucijski sistem, - požarna loputa* (v primeru skupnih odvodnih kanalov), - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	2,65
Montaža	manj ustrezno* (ustrezne prostorske zahteve)	2,56
Regulacijska sposobnost	ustrezno	4,39
Regulacijska odzivnost	ustrezno	4,39
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	4,28
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	ustrezno	4,72
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	ustrezno	4,44
Filtracija	ustrezno	4,39
Distribucija svežega zraka	ustrezno	4,56
Hrup	ustrezno* (pogojeno s učinkovito vgradnjo kanalskih dušilnikov hrupa in vgradnje naprave)	3,72
Toplotno okolje	ustrezno	4,39
Vzdrževanje	ustrezno* (potrebna ustrezna dostopnost)	3,39
Življenjska doba	ustrezno	3,89
Prostorske zahteve za vgradnjo	manj ustrezno* (distribucijski sistem)	2,56
Delitev stroškov	ustrezno (gospodinjski odjem)	4,82
Skupna povprečna ocena		3,94

TSS prezračevanja – mehansko lokalno/centralno

Lokalno stanovanjsko mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

Bistvene prednosti:

- višja energetska učinkovitost, vračanje odpadne toplote zavrženega zraka (protitočni ploščni toplotni prenosnik),
- delno kondicioniranje vtočnega zraka (običajno dogrevanje z elektro grelnikom),
- sposobnost dušenja hrupa (v primeru ustrezne vgradnje dušilnikov zvoka).

Bistvene slabosti:

- visoka investicija,
- nižja energetska učinkovitost transporta zraka,
- prostorske zahteve za vgradnjo prezračevalne naprave in stanovanjskega distribucijskega sistema.

TSS prezračevanja – mehansko centralno

Centralno mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

- stanovanjski distribucijski sistem zraka s stavbno centralno enoto za izrabo odpadne toplote zavrženega zraka (klimatska naprava)

TSS	Lastnost TSS	Povprečna ocena
Centralno mehansko prezračevanje s skupno klimatsko napravo in stanovanjskim distribucijskim sistemom	Neodvisno mnenje	1(slabo)-5(dobro)
Višina investicije	40 – 80 EUR/m ² - centralna klimatska naprava z ventilatorji za dovod in odvod zraka ter rekuperatorjem, - stavbni distribucijski prezračevalni kanali, - stanovanjski distribucijski sistem, - požarne lopute*, - kuhinjska napa ni predmet evalvacije	3,06
Montaža	manj ustrezno* (ustrezne prostorske zahteve)	2,44
Regulacijska sposobnost	ustrezno	4,11
Regulacijska odzivnost	ustrezno	4,22
Energetska učinkovitost sistema: transport zraka	ustrezno	3,83
Energetska učinkovitost sistema: vračanje odpadne toplote zavrženega zraka	ustrezno	4,83
Zagotavljanje ustreznih tlačnih razmer	ustrezno	4,61
Filtracija	ustrezno	4,61
Distribucija svežega zraka	ustrezno	4,72
Hrup	ustrezno* (pogojeno s učinkovito vgradnjo kanalskih dušilnikov hrupa in vgradnje naprave)	4,06
Toplotno okolje	ustrezno	4,61
Vzdrževanje	ustrezno* (vzdrževanje ene naprave)	4,06
Življenjska doba	ustrezno	4,06
Prostorske zahteve za vgradnjo	manj ustrezno* (distribucijski sistem, skupni kanalski razvodi)	2,28
Delitev stroškov	manj ustrezno (skupni odjem)	2,78
Skupna povprečna ocena		3,89

TSS prezračevanja – mehansko centralno

Centralno mehansko prezračevanje z izrabo odpadne toplote zavrženega zraka

Bistvene prednosti:

- višja energetska učinkovitost, vračanje odpadne toplote zavrženega zraka (protitočni ploščni toplotni prenosnik),
- sposobnost kondicioniranja vtočnega zraka (gretje, hlajenje, razvlaževanje),
- sposobnost dušenja hrupa (v primeru ustrezne vgradnje dušilnikov zvoka).

Bistvene slabosti:

- višja investicija,
- nizka energetska učinkovitost transporta zraka,
- prostorske zahteve za vgradnjo prezračevalne naprave in stanovanjskega distribucijskega sistema.

TSS prezračevanja – evalvacija

TSS	Povprečna ocena
	1(slabo)-5(dobro)
Naravno prezračevanje	2,98
Lokalno mehansko higrosenzibilno prezračevanje	3,16
Lokalno mehansko ciklično prezračevanje	3,09
Lokalno mehansko prezračevanje s kompaktno rekuperatorsko enoto brez distribucijskega sistema	3,60
Lokalno mehansko prezračevanje s kompaktno rekuperatorsko enoto s stanovanjskim distribucijskim sistemom	3,94
Centralno mehansko prezračevanje s skupno klimatsko napravo in stanovanjskim distribucijskim sistemom	3,89

OPOMBA:

Pri obravnavi rezultatov evalvacije so pomemben dejavniki lastnosti stavbe in sicer od vrste (eno- večstanovanjska stavba), tlorisne površine, etažnosti, način in lokacija gradnje, namembnosti stavbe ipd.

Prikazana evalvacija se prvenstveno nanaša na obravnavan tip stavbe in stanovanjske enote (navedeno na začetku). Nekatere lastnosti in posledično evalvacija lahko za drugačne lastnosti stavbe odstopajo od prikazanih.