

**MATIČNA SEKCIJA STROJNIH INŽENIRJEV**

# **Obrazci dokazovanja skladnosti**

**Računski primeri preverjanja skladnosti  
za HVAC sisteme (oddelek 6.5.3.1) in  
sisteme PTV (oddelek 7.5.1) z dodatkom**



**Izdala: Inženirska zbornica Slovenije, Jarška cesta 10 b, Ljubljana**

**Oblika izdaje: elektronska verzija, dostopno na [www.izs.si](http://www.izs.si)**

**Ljubljana, julij 2021**

# Vsebina

- 1. Primeri preverjanja nepreseganja dovoljene rabe energije za ventilatorske sisteme v oddelku 6.5.3.1 ..... 3**
- 2. Primer preverjanja doseganja izkoriščenosti ventilatorja iz oddelka 6.5.3.1.3 ..... 13**
- 3. Primer preverjanja nepreseganja toplotnih izgub v stanju pripravljenosti skupnega kotlovskega sistema za gretje prostorov in potrošne tople vode iz oddelka 7.5.1 ..... 15**
- 4. Dodatek – tehnična predstavitev končnih naprav z zaporedno in vzporedno postavljenim ventilatorjem ..... 19**

# 1. PRIMERI PREVERJANJA NEPRESEGANJA DOVOLJENE RABE ENERGIJE ZA VENTILATORSKE SISTEME V ODDELKU 6.5.3.1

## UVODNO POJASNILO

Ventilatorji predstavljajo enega od sklopov sistemov HVAC&R, ki porabljajo največ energije. Vendar predpisovanje še dovoljene rabe energije posameznega ventilatorskega sistema skozi projektiranje v namen izboljšanja energijskih performanc otežuje veliko število možnih uporab, od majhnih ventilatorskih konvektorjev, ki služijo enemu toplotnemu območju, do velikih osrednjih ventilatorskih sistemov, ki služijo celotnim stavbam. Omejitve moči ventilatorja iz oddelka 6.5.3.1 veljajo za sisteme ventilatorjev z močjo na napisni ploščici motorja nad 3,7 kW pri projektnih pogojih. Moč ventilatorskega sistema predstavlja vsoto nazivne porabe energije (moči na napisnih ploščicah) vseh ventilatorjev v sistemu, ki morajo delovati v projektnih pogojih za dovajanje zraka od vira gretja ali hlajenja (kot npr. toplotni menjalnik) v klimatizirane prostore in ga vračajo nazaj v vir, ali odvajajo na prosto. Za omejevanje moči ventilatorjev obstajata dve možnosti:

- **Možnost 1** predstavlja dopustna moč motorja na napisni ploščici. Ta možnost je za uporabo preprosta, vendar ne upošteva posebnih zahtev za filtre, naprave za zajemanje toplote ali drugih dejavnosti, ki povečujejo tlačno razliko na ventilatorjih in posledično potrebno moč ventilatorja.
- **Možnost 2** predstavlja dopustna vhodna moč na gredi ventilatorja in vključuje prilagoditve, ki upoštevajo vključitev posebnih filtrov ali drugih naprav v zračnem toku, ki povečajo statični tlak, ki ga mora ventilator premagati. Pri tem je potrebno upoštevati, da morajo ventilatorji, ki izpolnjujejo to možnost, izpolnjevati tudi zahtevo oddelka 6.5.3.1.2 Napisna ploščica motorja.

Pri obeh možnostih omejitev moči velja za vse ventilatorje, ki delujejo pri vršnih projektnih pogojih, vključno s primarnimi dovodnimi ventilatorji, ventilatorji odvodnega zraka, zavrženega zraka in končne naprave VAV z ventilatorjem z zaporednim zračnim tokom<sup>1</sup>. Končne naprave VAV z ventilatorjem z vzporednim zračnim tokom običajno delujejo pri vršnih projektnih pogojih brez vključenih ventilatorjev. Za ventilatorje v sistemih z nespremenljivim in spremenljivim pretokom veljajo različne omejitve. Upoštevati je potrebno, da se za eno-območni sistem s spremenljivim zračnim pretokom uporabljajo merila za nespremenljiv zračni pretok.

<sup>1</sup> V zvezi s temi napravami glej tehnično pojasnilo v dodatku.

### PRIMER 1: Projektne zahteve za ventilatorje bolnišničnega prezračevalnega sistema z nespremenljivim pretokom in s 100 % zunanjim zrakom

Prezračevalna naprava bolnišnične enote ima projektiran ventilatorski sistem z količino dovodnega zraka 4719 l/s (17.000 m<sup>3</sup>/h). Ventilator dotočnega zraka ima projektiran motor nazivne moči 15 kW (napisna ploščica motorja), ki deluje z vhodno močjo 10,4 kW. Ventilator odtočnega zraka ima projektiran motor nazivne moči 3,7 kW, ki deluje z vhodno močjo 2,4 kW. Sistem krmiljenja pretoka odtočnega zraka vzdržuje zahtevana tlačna razmerja med prostori, ki jih ta sistem oskrbuje.

Priprava zraka uporablja filter MERV 13 oz. ISO ePM1 65-80 % (opuščeni F7) in odtočni zrak je v celoti odveden preko kanalov. Sistem uporablja 100 % zunanji zrak in ima vgrajen hidronični sistem zajemanja toplote zavrženega zraka (cevna zanka toplotnih menjalnikov), pri čemer vsak od toplotnih menjalnikov povzroča padec tlaka 100 Pa pri načrtovanem zračnem toku. Ali ta sistem ventilatorjev ustreza zahtevam glede omejevanja moči ventilatorjev v oddelku 6.5.3.1 standarda 90.1-2016?

**DA.** Čeprav gre za napravo z nespremenljivim zračnim pretokom, ker gre za bolnišnico in se za vzdrževanje tlačnih razmer uporabljajo zračne škatle na kanalskih priključkih vsakega od prostorov, veljajo zahteve za moč ventilatorja za sistem s spremenljivim zračnim pretokom, saj primer predstavlja izjemo 1 iz oddelka 6.5.3.1.1. Za ta sistem je primerna preverba ustreznosti po Možnosti 2, ki upošteva dodatne padce tlaka v kanalih odtočnega zraka, zračnih filtrih MERV 13 in sistemu zajemanja toplote zavrženega zraka.

Iz tabele 6.5.3.1-1 izhaja dovoljena vhodna električna moč za sistem:

$$kW = l/s_D \times 0,0021 + A = 4719 \times 0,0021 + A = 9,91 + A$$

V tabeli 6.5.3.1.1-2 znaša prilagoditev padca tlaka (A) za filter razreda MERV 13 224 Pa, za povsem s kani voden odtočni zrak še 124 Pa. Prilagoditev padca tlaka za toplotni menjalnik v vsakem od obeh zračnih tokov znaša 150 Pa, prilagoditev padca tlaka za vzdrževanje tlačnih razmer z uporabo zračnih škatel dodatnih 124 Pa. Pretok zraka skozi napravo znaša 4719 l/s, zato znaša dovoljena dodatna vhodna moč A = 5,63 kW, kot je to izračunano spodaj:

$$A = \frac{l/s_{M13} \times PD_{M13} + l/s_{DR} \times PDDR + l/s_{FC} \times PDFC + 2 \times (l/s_{HX} \times PD_{HX})}{650.000}$$

$$A = \frac{4719 \times 225 + 4719 \times 125 + 4719 \times 125 + 2 \times (4719 \times 150)}{650.000} = \frac{3.657.225}{650.000} = 5,63 \text{ kW}$$

Skupna dovoljena vhodna moč je 9,91 kW + 5,63 kW = 15,54 kW, kar je več kot siceršnja vhodna moč ventilatorskega sistema 14,1 kW (10,4 + 3,7). Pomeni, projektiran sistem izpolnjuje zahteve standarda.

**PRIMER 2: Projektne zahteve za ventilatorski sistem laboratorijev z lokalnimi odvodi iz laboratorijskih nap (digestorijev)**

Vsak od štirih laboratorijev ima vgrajene tri laboratorijske nape, preko vsake se lahko odvaja 189 l/s (680 m<sup>3</sup>/h) zraka. V vsak laboratorij se dovaja 755 l/s (2718 m<sup>3</sup>/h) in odvaja preko skupnega odvoda 230 l/s (828 m<sup>3</sup>/h). Skupna pretočna količina dovodnega ventilatorja znaša 3020 l/s (10.872 m<sup>3</sup>/h), skupna odvodna količina 920 l/s (3312 m<sup>3</sup>/h).

Vsaka laboratorijska napa (digestorij) ima namenski ventilator z motorjem nazivne moči 0,4 kW, ki deluje z vhodno močjo 0,2 kW. Naprava z nespremenljivo količino dovedenega zraka, ki oskrbuje laboratorije, ima nazivno moč motorja 3,7 kW, ta deluje z vhodno močjo 2,4 kW in ventilator odvodnega zraka z nazivno močjo 0,7 kW, ki deluje z vhodno močjo 0,4 kW. Odvodni zrak je v celoti izveden z porabo kanalov.

Ali ta sistem izpolnjuje zahteve glede moči ventilatorjev iz oddelka 6.5.3.1?

**DA.** Odvodni ventilatorji laboratorijskih nap (digestorijev) imajo moči z napisno ploščico 0,4 kW, ventilator skupnega odvoda 0,7 kW, zato so vsi izvzeti v skladu z izjemo 2 za oddelek 6.5.3.1.1. Ker so ti ventilatorji izvzeti, se ne more uporabiti prilagoditev za kanalski odvod in laboratorijske nape (digestorije). Tako se upošteva samo energija za ventilator dovedenega zraka. Kot prikazano spodaj, ima ventilator dovedenega zraka napisno ploščico motorja 4,5 kW ter vhodno moč 2,4 kW, zato ustreza.

$$\text{kW}_{\max} = l/s_D \times 0,0015 = 3020 \times 0,0015 = 4,53 \text{ kW} > 2,4 \text{ kW}$$

### PRIMER 3: Projektne zahteve za ventilatorski sistem laboratorijev s skupnim odvodom iz laboratorijskih nap (digestorijev)

Če bi v stavbo iz primera 2 vgradili skupni odvod iz laboratorijskih nap (digestorijev) pretočne količine 3188 l/s (11.477 m<sup>3</sup>/h) in z nazivno močjo motorja (na napisni ploščici) 3,7 kW, ki deluje z vhodno močjo 3,6 kW, namesto posameznih ventilatorjev za vsakega od laboratorijev, ali bi sistem še vedno ustrezal standardu?

**DA.** Izjema 2 za posamezne ventilatorje ne velja več, ker je moč napisne ploščice motorja ventilatorja večja od v oddelku navedenega praga. Vendar pa je za odvodni sistem dovoljena prilagoditev moči ventilatorja za kanalski odvod in laboratorijske nape (digestorije). Iz tabele 6.5.3.1-2 je za v celoti kanalskim odvodom iz laboratorijskih nap (digestorijev) dodano 535 Pa in za vsako od nap še 85 Pa. Omejitev moči ventilatorja se izračuna na naslednji način:

$$kW_{\max} = I/s_D \times 0,0015 + \frac{(I/s_{\text{NAP}} \times PD \times n)}{650.000} + \frac{(I/s_{\text{ODV}} \times PD)}{650.000}$$

$$kW_{\max} = 3188 \times 0,0015 + \frac{(189 \times 85 \times 12)}{650.000} + \frac{(3188 \times 535)}{650.000}$$

$$kW_{\max} = 4,78 + 0,30 + 2,62 = 7,7 \text{ kW}$$

Ker je projektirana vhodna moč motorjev, 2,4 kW za dovodni ventilator in 3,6 kW za odvodni ventilator, skupaj 2,4 + 3,6 = 6,0 kW, kar je nižje od izračunanih dovoljenih 7,7 kW, bi bil ta sistem skladen za zahtevami standarda glede moči sistema ventilatorjev.

### PRIMER 4: Omejevanje moči ventilatorjev pri ventilatorskih konvektorjih

HVAC sistem ima 40 ventilatorskih konvektorjev, ki so namenjeni posameznim toplotnim območjem, vsak z motorjem nazivne moči 0,125 kW. Ali mora ta sistem zadostiti zahtevam oddelka 6.5.3.1?

**NE.** Vsak ventilatorski konvektor predstavlja ločen sistem ventilatorjev, ker ima vsak svoj vir hlajenja in gretja. Skupna moč sistema ventilatorjev za vsak ventilatorski konvektor je samo 0,125 kW, kar je manj od praga 3,7 kW, postavljenega v oddelku 6.5.3.

**PRIMER 5: Prilagoditev moči ventilatorjev pri elektronsko okrepljenem filtru**

Dovodni ventilatorski sistem s pretočno količino 9400 l/s (33.840 m<sup>3</sup>/h) vključuje elektronsko okrepljen filter s padcem tlaka pri čistem vložku 310 Pa. Ob uporabi Možnosti 2, koliko znaša dovoljen dodatek vhodne moči ventilatorja?

Za ta tip filtra iz tabele 6.5.3.1-2 izhaja, da se privzame za izračun nazivni padec tlaka za dodatno vhodno moč, ki je dvakrat večji od nazivnega padca v čistem filtru. Dodatek za moč ventilatorja (kW) se določi na naslednji način:

$$kW = \frac{I/s_{FIL} \times 2 \times PD_{FIL}}{650.000}$$

$$kW = \frac{9400 \times 2 \times 310}{650.000} = 8,97 \text{ kW}$$

**PRIMER 6: Projektne zahteve za moči ventilatorjev pri sistemu s spremenljivo pretočno količino in letnim preklopom načina delovanja**

Kakšne so zahteve glede projektiranja sistema ventilatorjev z letnim preklopom načina delovanja in s spremenljivo pretočno količino zraka (imenovan tudi »sistem s spremenljivo pretočno količino in temperaturo«), ki vključuje obvodno zračno loputo znotraj same naprave?

Ta sistem ima spremenljivo pretočno količino na ravni temperaturnega območja, vendar obvodna loputa ohranja razmeroma nespremenljiv pretok zraka skozi ventilator. Sistem je zato sistem z nespremenljivo pretočno količino in mora izpolnjevati zahteve glede moči ventilatorjev po tabeli 6.5.3.1-1 za tozadevne sisteme.

**PRIMER 7: Projektne zahteve za moči ventilatorjev pri sistemu s spremenljivo pretočno količino in dogretjem v pisarniški stavbi**

Sistem spremenljive pretočne količine z dogretjem zraka služi nizki poslovni stavbi. Stavbo oskrbuje ena strešna naprava z dovodnim ventilatorjem nazivne moči 7,5 kW, ki je opremljen s krmiljenjem hitrosti vrtenja (VSD). V pisarnah, obrnjenih proti severu, so uporabljene 4 končne naprave z vzporedno postavljenim ventilatorjem\*. Dve končni napravi z zaporedno postavljenim ventilatorjem\*, vsaka z ventilatorjem nazivne moči 0,25 kW in z elektronsko komutiranim motorjem, služita dvema notranjima sejnima sobama. Za vsako od 4-ih stranišnih prostorov so uporabljeni samostojni odvodni ventilatorski sistemi z izpihom na prosto. Vsi v sistem vgrajeni ventilatorji so navedeni v spodnji tabeli. Delovanje ventilatorjev, skupaj z lastnostmi, so navedene v spodnji tabeli.

Ali je ta sistem skladen z oddeikom 6.5.3.1?

| Količina | Naloga ventilatorja                                   | Projektna pretočna količina (l/s), vsak | Vhodna moč (kW) | Nazivna moč na napisni ploščici motorja (kW) |
|----------|---|---|-----------------|--|
| 1        | Ventilator dovodnega zraka z VSD                      | 5700                                    | 6,5             | 7,5  |
| 2        | Ventilatorja kondenzatorja                            | 4400                                    | 0,5             | 0,75   |
| 1        | Ventilator odvodnega zraka                            | 5200                                    | 3,1             | 3,7  |
| 4        | Ventilatorja odvodnega zraka iz sanitarnih prostorov  | 170                                     | 0,12            | 0,15   |
| 4        | Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem | 190                                     | 0,06            | 0,15   |
| 2        | Končni napravi z zaporedno postavljenim ventilatorjem | 280                                     | 0,09            | 0,25   |

**DA.** Sistem ventilatorjev mora ustrezati omejitvi moči na napisni ploščici ali omejitvi vhodne moči. V tem primeru bo preverjena moč na napisnih ploščicah.



Najprej določi katere ventilatorje je potrebno vključiti v izračun moči sistema ventilatorjev:

- Ventilatorji dovodnega in odvodnega zraka so vsekakor vključeni v izračun moči.
- Ventilatorje kondenzatorja niso vključeni, ker zgolj prepihavajo zunanji zrak in ne vplivajo na kondicioniran zrak, ki se dovaja v prostor.
- Ventilatorji odvodnega zraka iz sanitarnih prostorov niso vključeni v izračun, ker izpolnjujejo pogoje za izjemo 2 oddelka 6.5.3.1.1, ki izvzema posamezne ventilatorje zavrženega zraka z napisno ploščico motorja 0,75 kW ali manj.
- Končne naprave z vzporedno postavljenim ventilatorjem, niso vključene v izračun moči ventilatorja, ker delujejo v načinu gretja, ko dovodni ventilator ne deluje pri vršnih projektnih pogojih.
- Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem delujejo neprestano in so vključene v izračun moči ventilatorja.

Skupna moč na napisnih ploščicah znaša 11,7 kW, kot je to prikazano spodaj.

$$\text{Moč na napisnih ploščicah} = 7,5 + 3,7 + (2 \times 0,25) = 11,7 \text{ kW}$$

Skupna pretočna količina dovodnega zraka, ki se dovaja iz prezračevalne naprave, znaša 5700 l/s (20.520 m<sup>3</sup>/h), dovoljena moč na napisnih ploščicah za sistem s spremenljivo pretočno količino pa znaša 13,7 kW, kot je prikazano spodaj.

$$\text{Največja dovoljena moč na napisnih ploščicah} = 5700 \times 0,0024 = 13,7 \text{ kW}$$

Skupna moč na napisnih ploščicah v višini 11,7 kW je manjša od dovoljenih 13,7 kW, zato je sistem ventilatorjev v skladu z zahtevami standarda. Če bi moč na napisnih ploščicah preseгла dovoljeno mejo, bi bilo potrebno projektiran sistem ustrezno spremeniti.

**PRIMER 8: Projektne zahteve za moči ventilatorjev pri pisarniškem sistemu s spremenljivo pretočno količino v pisarniški stavbi**

Običajen sistem s spremenljivo pretočno količino zraka služi pisarniški stavbi. Delovanje ventilatorjev je podano v spodnji tabeli. Ali je sistem v skladu z oddelkom 6.5.3.1?

| Količina | Naloga ventilatorja                                   | Projektna pretočna količina (l/s), vsak | Vhodna moč (kW) | Nazivna moč na napisni ploščici motorja (kW) |
|----------|---|---|-----------------|--|
| 2        | Ventilatorja dovodnega zraka z VSD                    | 35.400                                  | 53,0            | 56,0   |
| 4        | Ventilatorji izpusta zraka pri varčevalniku           | 15.100                                  | 2,6             | 3,7  |
| 1        | Ventilator odvoda zraka iz sanitarnih prostorov       | 3185                                    | 2,0             | 2,2  |
| 1        | Ventilator tehničnega prostora dvigala                | 2360                                    | Neznana         | 0,56   |
| 2        | Ventilatorja hladilnega stolpa                        | Neznana                                 | Neznana         | 11,0   |
| 15       | Ventilatorji odvoda iz sejnih sob                     | 236                                     | 240 W           | –  |
| 120      | Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem | 614 (povprečno)                         | Neznana         | 0,25   |

Najprej določi katere ventilatorje je potrebno vključiti v izračun moči sistema ventilatorjev:

- Ventilatorji dovodnega zraka so vključeni.
- Ventilatorji izpusta zraka pri varčevalniku niso vključeni, ker ne bodo delovali ob vršnih, projektnih pogojih hlajenja. (Če bi namesto teh uporabljali odvodne ventilatorje, bi ti morali biti v izračun vključeni.)
- Ventilator odvodnega zraka iz sanitarnih prostorov je vključen, ker iz stavbe odvaja kondicioniran zrak, saj se ta ne vrača k dovodnemu ventilatorju, in deluje ob vršnih, projektnih pogojih hlajenja.
- Ventilator tehničnega prostora dvigala ne predstavlja dela sistema, ker se v tem primeru nadomestni zrak sesa od zunaj in ne iz stavbe. Če bi se ta zajemal iz stavbe, potem bi bil vključen tudi ventilator ob pogoju, da bi bila nazivna moč njegovega motorja večja od 0,75 kW.
- Ventilatorji hladilnega stolpa sicer delujejo ob vršnih, projektnih pogojih hlajenja, vendar niso tudi del sistema, ker pri delovanju uporabljajo zunanji zrak. Upoštevati pa je potrebno, da čeprav moč ventilatorjev hladilnega stolpa ne prispevajo k moči sistema ventilatorjev, mora ta izpolnjevati najmanjše zahteve glede energijskih lastnosti iz tabele 6.8.1-7.
- Za ventilatorje sejnih sob je privzeto, da ti služijo prenosu prehodnega zraka; preprosto odvajajo zrak iz prostora in ga odvajajo v stropni plenum. Ker se ta zrak ne odvaja na prostoto, ventilatorji niso vključeni.

- Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem\* delujejo neprestano in so vključene v izračun moči ventilatorja. Če bi bile vzporednega tipa, ne bi bile vključene, saj ne bi delovale ob vršnih, projektnih pogojih hlajenja.

Kot drugo, z uporabo Možnosti 1 sešteje moči napisnih ploščic (ne vhodnih moči) ustreznih ventilatorjev. V tem primeru so vključeni ventilatorji in moči njihovih motorjev naslednje:

| Naloga ventilatorja                                   | Količina | Nazivna moč na napisni ploščici motorja (kW) | Skupna nazivna moč z napisnih ploščic motorjev (kW) |
|---|----------|--|---|
| Ventilatorja dovodnega zraka z VSD                    | 2        | 56,0   | 112,0   |
| Ventilator odvoda zraka iz sanitarnih prostorov       | 1        | 2,2  | 2,2   |
| Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem | 120      | 0,25   | 30,0  |
| <b>SKUPAJ</b>   |          |  | <b>144,2</b>  |

V tretjem koraku določi pretočno količino dovodnega zraka. To je skupni pretok zraka, ki se dovaja skozi vir gretja ali hlajenja, kar je v tem primeru enako seštevku pretoka zraka dveh dovodnih ventilatorjev,  $2 \times 35.000 = 71.000$  l/s. Skupno količino dovodnega zraka ne predstavlja vsota pretoka zraka končnih napravah z ventilatorjem, čeprav je to najvišja količina dovodnega zraka v prostore, vendar ta ne teče v celoti tudi skozi vir gretja ali hlajenja. Pretočna količina odvodnega ventilatorja iz prav istega razloga tudi ni vključena v količino dovodnega zraka.

V četrtem koraku določi postavljeno merilo v tabeli 6.5.3.1-1. Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem v kondicionirane prostore dovajajo nespremenljivo količino zraka, vendar se primarni pretok zraka – pretok zraka skozi vir hlajenja – spreminja v odvisnosti od obremenitev, zato ta sistem ustreza opredelitvi sistema s spremenljivo pretočno količino (VAV). Pri Možnosti 1 je največja moč napisnih ploščic sistema 168 kW, kot je prikazano spodaj.

$$kW_{\max} = l/sD \times 0,0024$$

$$kW_{\max} = 71.000 \times 0,0024 = 170,4 \text{ kW}$$

Na koncu primerjaj dovoljeno moč sistema ventilatorja s projektirano močjo. Dejanska moč napisnih tablic sistema ventilatorjev 144,2 kW je manjša od meje 170,4 kW, zato ta sistem izpolnjuje zahteve. Če sistem teh ne bi izpolnjeval, bi projektant moral razmisliti o uporabi kanalov z večjim presekom v namen zmanjšanja razlike statičnega tlaka ali preusmeritvi tehnične rešitve končnih naprav z ventilatorjem.

**PRIMER 9: Projektne zahteve za moči ventilatorjev pri sistemu z napravami po etažah**

Stolpnica ima klimatske naprave postavljene v vsaki od etaž, vendar ima osrednji ventilatorski napravi za odvod zraka iz sanitarnih prostorov in drugo za dovod zunanjega zraka za zadostitev prezračevalnih potreb. Kako se zahteve standarda uporabijo za ta primer?

Vsak klimatska naprava šteje kot sistem ventilatorjev. Moč ventilatorjev za odvod zraka iz sanitarnih prostorov in za dovod zunanjega zraka za prezračevanje je potrebno dodeliti vsaki klimatski napravi na osnovi l/s. Če na primer eno nadstropje prejema 944 l/s zunanjega zraka, ventilator zunanjega zraka pa ima motor z močjo na napisni ploščici 3,7 kW in dovaja skupno 4719 l/s zunanjega zraka, se doda 20 % ( $944/4719$  l/s) moči ventilatorja, to je 0,74 kW moči ventilatorja klimatske naprave posamezne etaže. Upoštevaj, da se pretočne količine zraka iz sistema odvoda iz sanitarnih prostorov in sistema dovoda zunanjega zraka za prezračevanje ne vključijo v dovodno količino, ker te ne vplivajo na zračni pretok, ki teče preko grelnikov / hladilnikov klimatskih naprav etaž.

**PRIMER 10: Uporaba omejevanja moči ventilatorjev pri namenskem sistemu zunanjega zraka (DOAS)**

Krilo osnovne šole oskrbuje 8 toplotnih črpalk (TČ) z vodnim virom, ki imajo ventilator z motorjem moči 0,56 kW, pri čemer vsaka služi eni učilnici. Zrak za prezračevanje se dovaja v vsako učilnico neposredno preko namenskega sistema zunanjega zraka (DOAS). Vsaka učilnica potrebuje 236 l/s zunanjega zraka, zato DOAS z ventilatorjem moči 3,7 kW zagotavlja skupno 1888 l/s toplotno obdelanega zunanjega zraka. Ali mora biti ta sistem skladen z zahtevami oddelka 6.5.3.1?

**NE.** Vsaka toplotna črpalka z vodnim virom predstavlja ločen sistem ventilatorjev, saj ima vsaka samostojen vir gretja in hlajenja. Moč ventilatorja DOAS mora biti ustrezno dodeljena vsaki toplotni črpalki na osnovi l/s. Moči ventilatorja TČ vsake od učilnic se doda 12,5 % ( $236/1888$  l/s) moči ventilatorja DOAS (12,5 % od 3,7 kW = 0,463), kar privede k skupni vrednosti  $0,56 + 0,463 = 1,023$  kW na sistem učilnice. V tem primeru, kljub dodeljenemu deležu ventilatorja DOAS vsakemu od ventilatorjev toplotnih črpalk, je moč manjša od praga 3,7 kW iz oddelka 6.5.3, zato sistemu ni potrebno izpolniti zahtev oddelka 6.5.3.1.

## 2. PRIMER PREVERJANJA DOSEGANJA IZKORIŠČENOSTI VENTILATORJA IZ ODDELKA 6.5.3.1.3

### UVODNO POJASNILO

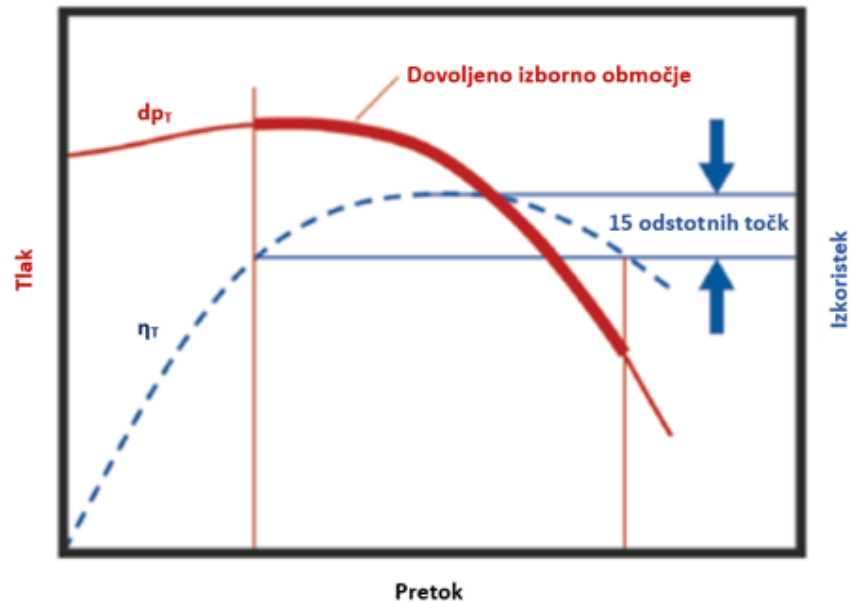
Zahteve glede moči ventilatorja iz oddelka 6.5.3.1 omejujejo zgolj moč ventilatorja in ne zahtevajo posebej tudi njegove energijske izkoriščenosti. Sistem ventilatorjev s sicer nizko energijsko izkoriščenostjo lahko povsem izpolni zahteve glede omejevanja moči iz oddelka 6.5.3.1 že samo z občutnim znižanjem statičnega tlaka sistema. Zato standard postavlja še dodatno zahtevo glede energijske izkoriščenosti ventilatorja samega.

Oddelek 6.5.3.1.3 standard zahteva za ventilator dvoje:

- da glede izkoriščenosti ventilatorja, ta ustreza stopnji (FEG) 67 ali več, kot to določeno v AMCA 205.
- da mora biti izkoriščenost ventilatorja pri projektnih pogojih znotraj 15 odstotnih točk njegove največje skupne izkoriščenosti.

Vezano na prvo točko, te projektantu v ES ni potrebno preverjati, ker evropska direktiva ErP sama določa, da so podjetja, ki končnim odjemalcem dobavljajo ventilatorje, odgovorna za njihovo skladnost z Uredbo Komisije EU 327/11. Uredba sama zahteva najmanjšo izkoriščenost, ki jo mora dosegati ventilator, njegov motor in pogon. Direktiva ErP obravnava različne vrste ventilatorjev: aksialne, centrifugalne, z mešanim in navzkrižnim tokom, katerih vhodna moč znaša med 0,125 kW in 500 kW. Za različne tipe ventilatorjev so zahtevane različne stopnje izkoriščenosti. Pomeni, v kolikor je ventilator ali sklop dosegljiv na našem trgu, prvo točko že izpolnjuje.

Vezano na drugo točko, tu nastopi projektantovo tehnično določevanje in izbor. Kot prikazuje slika 1, mora pri izboru upoštevati proizvajalčev diagram ventilatorja, iz njega odčitati njegov največji izkoristek, ta ima obliko zvona, in posledično izbrati delovno točko znotraj odstopanja 15 odstotnih točk od vrha.



**Slika 1:** Prikaz izbora ventilatorja upoštevajoč izkoriščenost

#### PRIMER 11: Uporaba določanja najnižje izkoriščenosti ventilatorja

Centrifugalni ventilator z nazaj zakrivljenimi lopaticami, ki ne predstavlja del vnaprej sestavljen in kot takšne že ocenjene HVAC opreme, ampak npr. modulno prezračevalno-klimatsko napravo, ima po podatku proizvajalca ventilatorja pri projektnih pogojih delovno točko pri 60 %, njegova najvišja možna pa znaša 72 %. Ali ta ventilator ustreza zahtevam glede izkoriščenosti iz oddelka 6.5.3.1.3?

**DA.** Izkoristek ventilatorja pri projektnih pogojih mora biti znotraj 15 % njegovega največjega izkoristka. Ta ventilator ustreza, ker je izkoristek pri projektnih pogojih 12 % nižji od največje nazivne vrednosti.

### 3. PRIMER PREVERJANJA NEPRESEGANJA TOPLOTNIH IZGUB V STANJU PRIPRAVLJENOSTI SKUPNEGA KOTLOVSKEGA SISTEMA ZA GRETJE PROSTOROV IN POTROŠNE TOPLE VODE IZ ODDELKA 7.5.1

#### UVODNO POJASNILO

Oddelek 7.5.1 omejuje toplotne izgube kotla ali kotlovskega sistema v stanju pripravljenosti za primer uporabe tega za skupno (kombinirano) gretje prostorov in potrošne tople vode. Sistemi, na katere se zahteva nanaša, vključujejo naslednje:

- Kombinirane hidronične grelnike.
- Vodne ali parne kotle za gretje prostorov z vstavljenim svežnjem cevi ali vložkom, namenjenega posrednemu gretju potrošne tople vode.
- Toplotni menjalnike za gretje potrošne vode, katerih topla/vroča voda ali para je pripravljena s kotloma za gretje prostorov.

V kombiniranih sistemih se lahko zapravlja veliko energije že samo z uporabo prevelikega kotla (velikosti, ki ustreza hkratnim obremenitvam gretja prostora in potrošne tople vode) za samostojno gretje potrošni vode po končani grelni sezoni. Zahteve oddelka 7.5.1 se nanašajo na zmanjšanje tozadevno zapravljenе energije.

**PRIMER 12: Določanje dovoljenih toplotnih izgub kotlovskega sistema pri kombiniranem gretju prostorov in potrošne tople vode**

Kakšne so dovoljene toplotne izgube (SL = Standby Losses) skupnega kotla za gretje in pripravo PTV v stanju pripravljenosti v kW za stavbo s 40-imi stanovanjskimi enotami v Ljubljani?

Iz tabele 1 izhaja verjetna največja urna potreba na stanovanjsko enoto 37,9 m<sup>3</sup>/s, na podlagi katere se izračuna vrednost pmd »postopki, opisanimi v splošno sprejetih tehniških standardih in priročnikih«:

$$\text{pmd} = 40 \text{ enot} \times 37,9 \text{ l}/(\text{enoto} \times \text{h}) \times (\text{m}^3/1000 \text{ l}) * (\text{h}/3600 \text{ s}) = 0,000421 \text{ m}^3/\text{s} (0,421 \text{ l/s})$$

Z uporabo urnih podatkov o tipičnem meteorološkem letu (TMY) za Ljubljano ugotoviš, da znaša vrednost  $n = 0,29$ , kar predstavlja tisti del leta, ko je srednja zunanja dnevna temperatura višja od 18,3 °C. Določitev vrednosti  $n$  se izvede na način, da se za vsak dan izračuna povprečna temperatura suhega termometra in nato prešteje število dni s srednjo vrednostjo višjo od 18,3 °C, ki se na koncu deli s 365. Glej sliko 2.

Z uporabo teh vrednosti znašajo dovoljene največje izgube v stanju pripravljenosti (SL<sub>max</sub>):

$$\text{SL}_{\text{max}} = (3,7 \times 10^6 \times \text{pmd} + 117) / n = (3,7 \times 10^6 \times 0,000421 + 117) / 0,29 = 5775 \text{ W} = \mathbf{5,78 \text{ kW}}$$

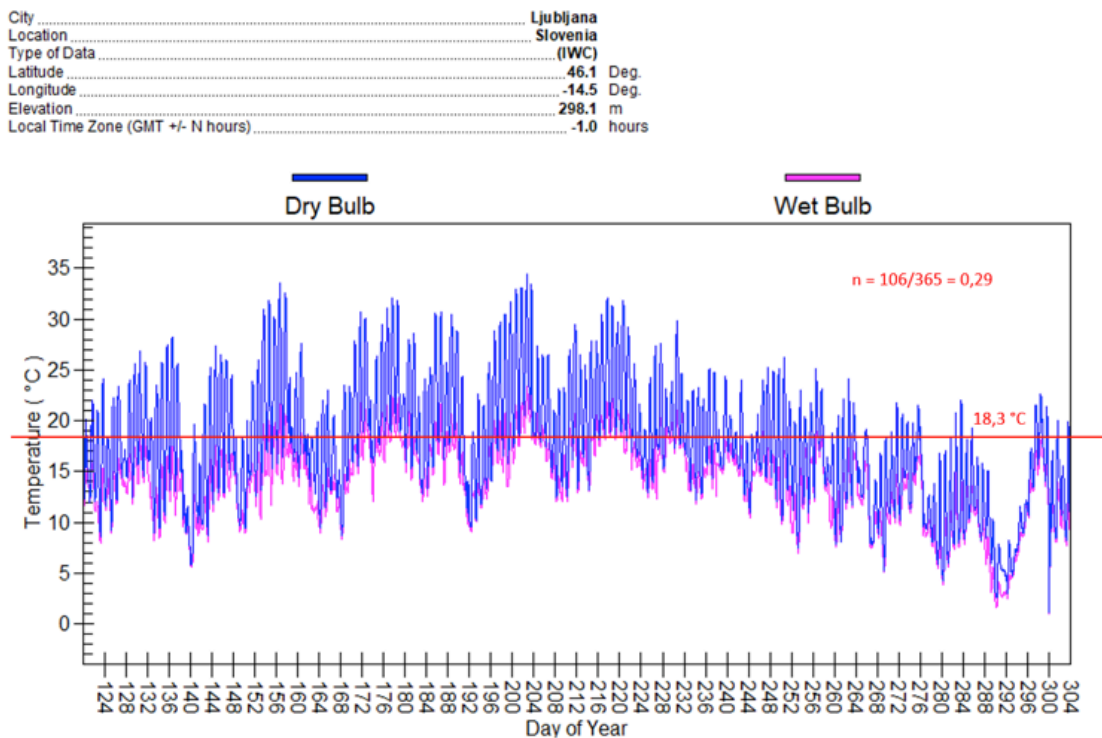
**PRIMER 13: Določanje dovoljenih toplotnih izgub kotlovskega sistema pri kombiniranem gretju prostorov in potrošne tople vode**

Kakšne so dovoljene toplotne izgube (SL = Standby Losses) za isti primer, le da je stavba umeščena v Portorožu?

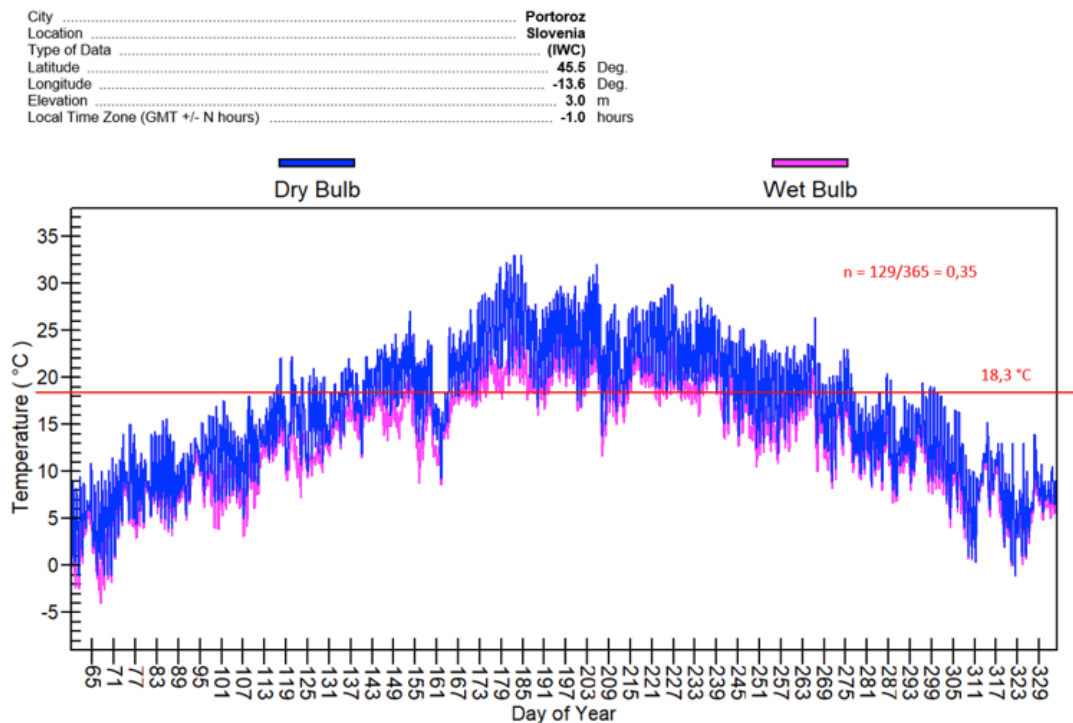
Kot izhaja iz slike 3, znaša vrednost za primer Portoroža  $n = 0,35$ . Ob uporabi te vrednosti znašajo dovoljene največje izgube v stanju pripravljenosti (SL<sub>max</sub>):

$$\text{SL} = (3,7 \times 10^6 \times \text{pmd} + 117) / n = (3,7 \times 10^6 \times 0,000421 + 117) / 0,35 = 4785 \text{ W} = \mathbf{4,78 \text{ kW}}$$





**Slika 2:** Prikaz poteka urnih dnevni temperatur suhega in vlažnega termometra preko običajnega meteorološkega leta (TMY) za vremensko postajo Ljubljana-Bežigrad (WMO #140150) od 1. maja (121. dan) do 31. oktobra (304. dan)



**Slika 3:** Prikaz poteka urnih dnevni temperatur suhega in vlažnega termometra preko običajnega meteorološkega leta (TMY) za vremensko postajo Portorož (WMO #141050) od 1. marca (60. dan) do 30. novembra (334. dan)

| Vrsta stavbe  | Največja urna potreba            | Največja dnevna potreba             | Povprečna dnevna                   |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Domovi za moške   | 14,4 l/stanovalca                | 83,3 l/stanovalca                   | 49,7 l/stanovalca                  |
| Domovi za ženske  | 19 l/stanovalko                  | 100 l/stanovalko                    | 46,6 l/stanovalko                  |
| <b>Moteli – število enot</b>                            |                                  |                                     |                                    |
| 20 ali manj   | 23 l/enoto                       | 132,6 l/enoto                       | 75,8 l/enoto                       |
| 60  | 20 l/enoto                       | 94,8 l/enoto                        | 53,1 l/enoto                       |
| 100 ali več   | 15 l/enoto                       | 56,8 l/enoto                        | 37,9 l/enoto                       |
| Oskrbovana stanovanja                                   | 17 l/posteljo                    | 114 l/posteljo                      | 69,7 l/posteljo                    |
| Pisarniška stavba                                       | 1,5 l/osebo                      | 7,6 l/osebo                         | 3,8 l/osebo                        |
| <b>Obrati za hrano:</b>                                 |                                  |                                     |                                    |
| Vrsta A: Restavracije in menze s celotno pripravo hrane | 5,7 l/največje število obrokov/h | 41,7 l/največje število obrokov/dan | 9,1 l/največje število obrokov/dan |
| Vrsta B: hitra priprava hrane vseh vrst                 | 2,6 l/največje število obrokov   | 22,7 l/največje število obrokov     | 6,2 l/največje število obrokov     |
| <b>Stanovanjske stavbe: število enot</b>                |                                  |                                     |                                    |
| 20 ali manj   | 45,5 l/enoto                     | 303,2 l/enoto                       | 159,2 l/enoto                      |
| 50  | 37,9 l/enoto                     | 276,7 l/enoto                       | 151,6 l/enoto                      |
| 75  | 32,2 l/enoto                     | 250 l/enoto                         | 144 l/enoto                        |
| 100   | 26,5 l/enoto                     | 227,4 l/enoto                       | 140,2 l/enoto                      |
| 200 in več  | 19 l/enoto                       | 195 l/enoto                         | 132,7 l/enoto                      |
| Osnovne šole  | 2,3 l/dijaka                     | 5,7 l/dijaka                        | 3,6 l/dijaka                       |
| Srednje šole  | 3,8 l/dijaka                     | 13,6 l/dijaka                       | 6,8 l/dijaka                       |

Opombi:

Upoštevane običajne iztočne pipe, ne znižano iztočnim tokom.

Vmesne vrednosti se interpolirajo.

**Tabela 1:** Potreba po potrošni topli vodi v odvisnosti od vrste stavbe

## 4. DODATEK – TEHNIČNA PREDSTAVITEV KONČNIH NAPRAV Z ZAPOREDNO IN VZPOREDNO POSTAVLJENIM VENTILATORJEM

Končne naprave z ventilatorjem se uporabljajo v HVAC sistemih kot sekundarne naprave za obdelavo zraka in so običajno nameščeni v zračnih prostorih (plenumih) odvodnega zraka (npr. tehničnem stropu sobe). Pogosto se uporabljajo tudi kot majhne samostojne naprave za obdelavo zraka. Od indukcijskih zračnih enot se razlikujejo po tem, da vključujejo ventilator, ki ga poganja majhen motor, ki sesa zrak iz kondicioniranega prostora, tehničnega stropa ali tehničnega poda, ki ga meša s hladnim primarnim zrakom iz glavne prezračevalno-klimatske naprave. Značilnosti teh naprav so naslednje:

- V načinu gretja se primarni zrak meša s toplejšim zrakom z namenom povišanja temperature zraka vstopajočega v dogrelnik, s čimer se zmanjša ali odpravi potreba po dogretju.
- Zračni tlak v dovodnem kanalu je mogoče zvišati, s čimer zrak doseže tudi tista območja, v katerih bi sicer lahko umanjkal.
- Pretok zraka se lahko ohrani dovolj visok za zagotovitev ugodja uporabnikom.
- Pretočne količine zraka se lahko znižajo v pogojih nizke toplotne obremenitve, kar zniža raven hrupa.
- Območja po obodu stavbe je mogoče greti brez delovanja osrednje klimatske naprave, če hlajenje ni potrebno.
- Delovni tlak glavne klimatske naprave se v primeru uporabe končnih naprav z zaporedno postavljenim ventilatorjem se v primerjavi z drugimi takšnimi sistemi lahko zniža, kar zmanjšuje porabo energije za razvod zraka.
- V sistemih s hranilniki hladu in drugih sistemih z razmeroma nizko temperaturo dovodnega zraka, se lahko za mešanje tega uporabijo končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem. Nekatere takšne enote so že opremljene s posebno izolacijo in parno zaporo, ki preprečuje kondenzacijo pri nizkih temperaturah dovodnega zraka.

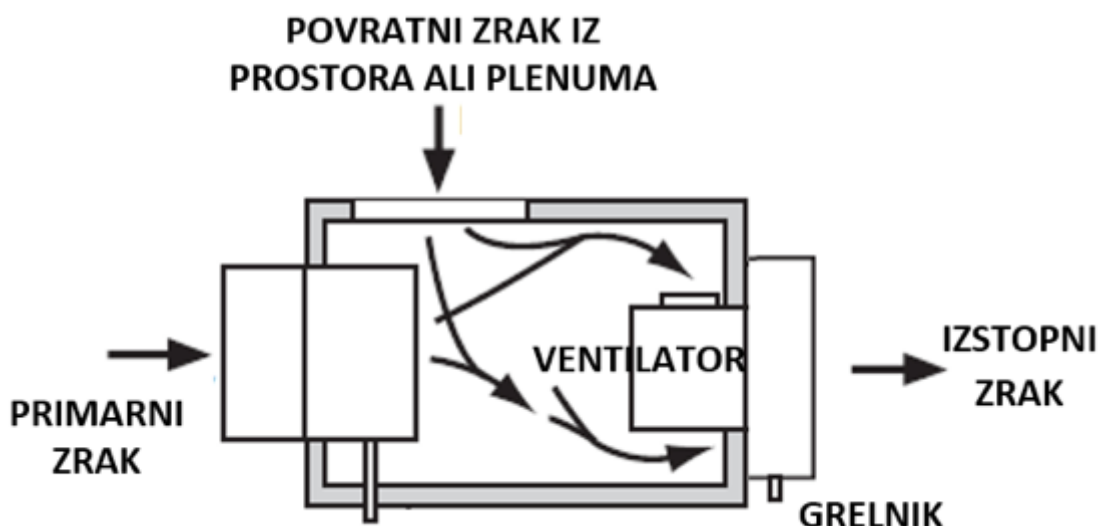
Končne naprave z ventilatorjem sta dveh vrst:

- Z zaporedno postavitvijo ventilatorja, pri kateri ves primarni in posesan zrak prehajata skozi ventilator. Ob tem ventilator deluje v času zasedenosti neprekinjeno.
- Vzpostredna postavitev ventilatorja, pri kateri ventilator deluje samo na zahtevo, kadar je potrebno ohranjati pretočno količino ali prostor potrebuje gretje.

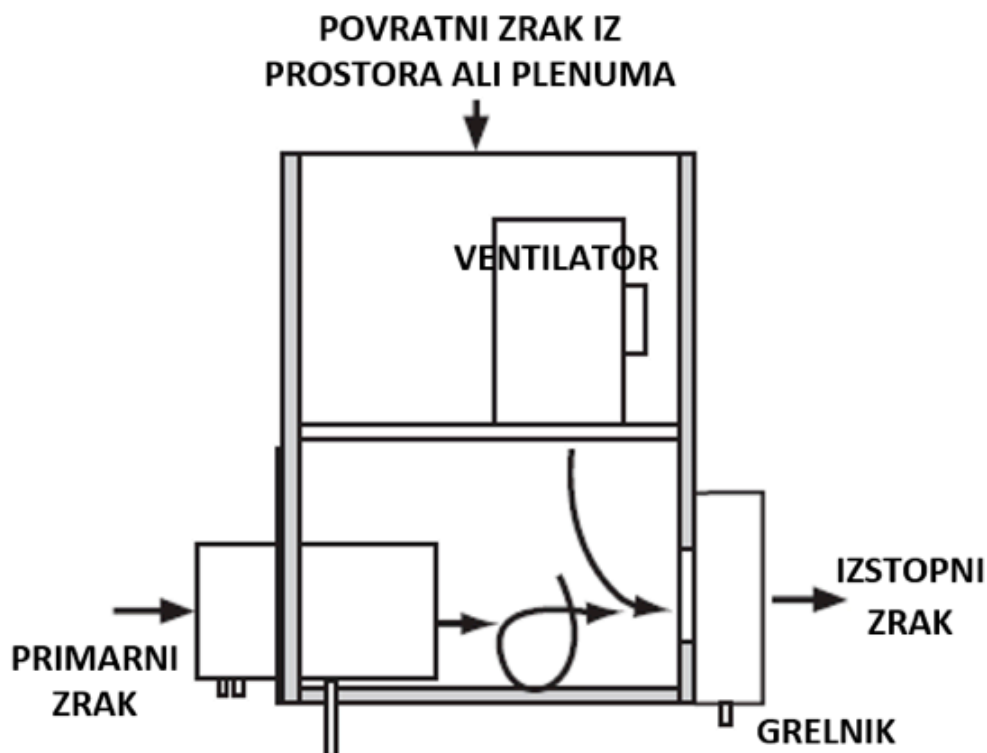
Končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem (slika 4) imajo navadno dva dovoda, enega za hladen primarni zrak iz osrednje prezračevalno-klimatske naprave in drugega za sekundarni zrak. Ves zrak, ki se dovaja v prostor, prehaja preko ventilatorja, ta deluje neprekinjeno ves čas, ko deluje tudi ventilator primarnega zraka, ali pa se vklaplja v časovnih obdobjih, ko je ventilator primarnega zraka izključen. Ko se hladilna obremenitev zmanjša, enota za krmiljenje pretoka zraka omeji dovod primarnega zraka, ki se dovaja v mešalni predel. Ventilator nadoknadi zmanjšano količino primarnega zraka s sesanjem zraka iz klimatiziranega prostora ali stropnega plenuma preko odprtine za sekundarni zrak. Končna naprava z zaporedno postavljenim ventilatorjem ima lahko poleg sekundarnega dovoda zraka tudi dva kanalska dovoda, kot je to primer pri dvo-kanalski enoti. V tem primeru se drugi kanalski priključek običajno uporabi za dovod zunanjega zraka iz temu namenjenega sistema (DOAS).

Končne naprave z vzporedno postavljenim ventilatorjem (slika 5) so oskrbovane s hladnim primarnim zrakom neposredno v mešalni predel, mimo ventilatorja, tako da primarni zrak teče preko kanalov neposredno v prostor. Predel z ventilatorjem je nameščen vzporedno z enoto za krmiljenje pretoka primarnega zraka in sesa zrak iz prostora ali stropnega plenuma. Loputa povratnega toka na izstopni strani ventilatorja preprečuje primarnemu zraku, da bi iztekal preko ventilatorja, ko ta ni v delovanju. Ventilator je običajno v delovanju takrat, ko primarni pretok zraka doseže svojo najnižjo vrednost. Običajno takšna naprava zagotavlja gretje z nespremenljivim pretokom in hlajenje s spremenljivim. Končne naprave z vzporedno postavljenim ventilatorjem so običajno omejen na en kanalski dovod.

Obe vrsti končnih naprav imata na izstopnem priključku lahko dograjen tudi zračni grelnik.



**Slika 4:** Končna naprava z zaporedno postavljenim ventilatorjem



**Slika 5:** Končna naprava z vzporedno postavljenim ventilatorjem

### **Končne naprave z ventilatorjem v primerjavi (eno-kanalskim) zračnim škatlam s spremenljivim pretokom (VAV)**

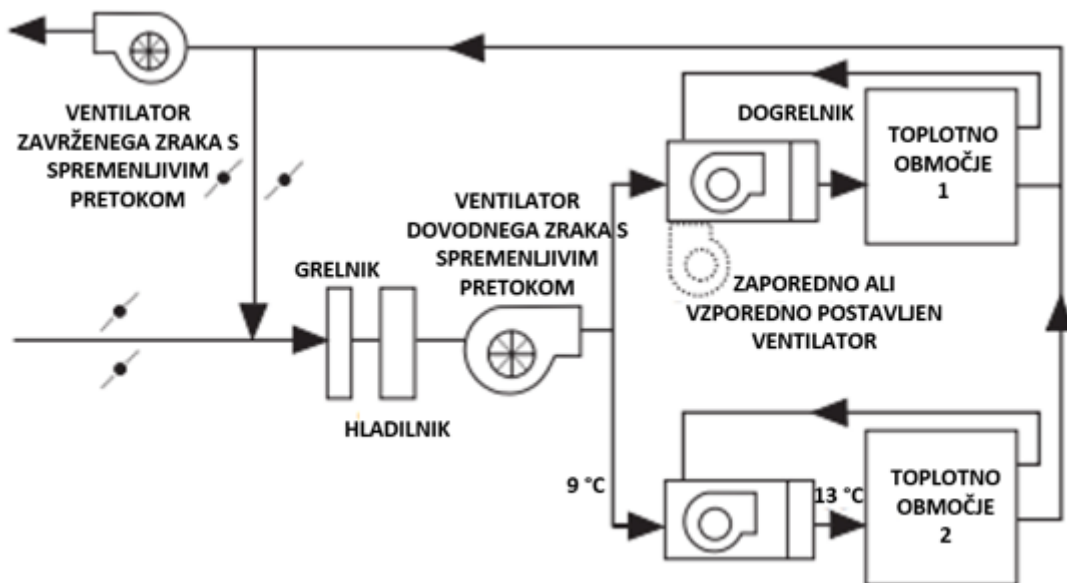
V mnogih podnebnih področjih imajo sistemi s končnimi napravami z ventilatorji nižje obratovalne stroške kot navadni enokanalni sistemi. Energijsko neizkoriščenost, povezano z dogretjem hladnega primarnega zraka, je mogoče odpraviti s ključno projektno zasnovo, značilno za končne naprave z ventilatorjem, gretjem zraka iz stropnega plenuma. Gretje z uporabo toplejšega zraka iz plenuma omogoča zajem toplote razsvetljave in drugih toplotnih virov v stavbi.

#### **Običajna uporaba končnih naprav z vzporedno postavljenim ventilatorjem:**

Te naprave so zelo pogoste v toplotnih območjih po obodu ali stavbah, kjer se obremenitve med zasedenostjo spreminjajo. Sredinska toplotna območja, ki ohranjajo bolj nespremenljivo potrebo po hlajenju, so primernejša za (eno-kanalske) zračne škatle s spremenljivim pretokom zraka. Običajna uporaba združuje v sistem končne naprave z vzporedno postavljenim ventilatorjem po obodu stavbe in eno-kanalske zračne škatle v notranjosti stavbe, s čemer se zagotovi energijsko izkoriščen sistem z najnižjimi začetnimi stroški. Čeprav je povzročena hrupnost v celotnem obdobju delovanja pri vzporedno postavljenih ventilatorjih nižja od enakovrednega z zaporedno postavitvijo, je lahko moteče njihovo prekinjeno delovanje. Slednje se uspešno odpravlja z uporabo ECM motorjem s tehnologijo mehkega zagona.

**Običajna uporaba končnih naprav z zaporedno postavljenim ventilatorjem:**

Primeri uporabe, ki zahtevajo nespremenljivo pretočno količino zraka ali njegovo mešanje, uporabljajo končne naprave z zaporedno postavljenim ventilatorjem. Sejne sobe, laboratoriji in vhodne avle so primeri običajnih uporab. Ker zaporedno postavljen ventilator osnovnemu sistemu dodaja tudi statični tlak, se v pisarniških stavbah to značilnost izkoristi pri določanju primarne naprave, ki ima tozadevno nižjo zmogljivost. V nizkotemperaturnih zračnih sistemih, kot to kaže slika 6, se tovrstne končne naprave uporabijo za dogretje mrzlega primarnega zraka (7-10 °C) s toplim zrakom iz plenuma pred dovodom v same prostore.



**Slika 6:** Primer uporabe končnih naprav z zaporedno postavljenim ventilatorjem pri sistemih mrzlega zraka



**Inženirska zbornica Slovenije**

Jarška cesta 10/b, 1000 Ljubljana, Slovenija

**T:** +386 (0)1 547 33 40

**E:** [izs@izs.si](mailto:izs@izs.si) / **I:** [www.izs.si](http://www.izs.si)