

Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade

Autori:

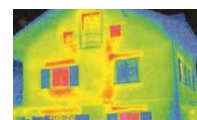
prof.dr.sc. Damir Dović, dipl.ing.stroj.

doc.dr.sc. Nenad Ferdelji, dipl.ing.stroj.

Ivan Horvat, mag.ing.stroj.

Alan Rodić, mag.ing.stroj.

Zagreb, svibanj 2017.



SADRŽAJ**UVOD**

1. Proračun potrebne energije za ventilaciju zgrade-koncept
2. Proračun protoka zraka u zgradi
3. Potrebna toplinska energija za ventilaciju
 - 3.1 Prirodna ventilacija
 - 3.2 Mehanička ventilacija
4. Proračun potrebne energije za rad generatora
 - 4.1 Generator toplinskog učina
 - 4.1.1 GViK sustavi
 - 4.1.2 Sobni sustavi za grijanje prostora
 - 4.1.3 GViK sustavi + sobni sustavi za grijanje prostora
 - 4.1.4 Proračun toplinskih gubitaka (GVik i/ili sobni sustavi)
 - 4.1.5 Isporučena toplinska energija podsustavu proizvodnje
 - 4.2 Generator rashladnog učina
 - 4.2.1 GViK sustavi
 - 4.2.2 Sobni sustavi za hlađenje prostora
 - 4.2.3 GViK sustavi +sobni sustavi za hlađenje prostora
 - 4.2.4 Proračun toplinskih gubitaka (GVik i/ili sobni sustavi)
 - 4.2.5 Isporučena toplinska energija podsustavu proizvodnje
 - 4.2.6 Isporučena el. energija generatoru rashladnog učina
 - 4.2.7 Apsorpcijski rashladni uređaji
 - 4.2.8 Plinski rashladni uređaji
5. Proračun pomoćne energije
 - 5.1 Pumpe
 - 5.1.1 Razvod ogrjevnog medija
 - 5.1.2 Razvod rashladnog medija
 - 5.2 Ventilatori u kanalskom razvodu GViK sustava
 - 5.3 Ventilatori u sobnim sustavima za hlađenje prostora
 - 5.3.1 Sustav grijanja
 - 5.3.2 Sustav hlađenja
 - 5.4 Kondenzatori
 - 5.5 Pumpe za vodeno ovlaživanje
 - 5.6 Sustavi povrata topline
 - 5.6.1 Pumpe
 - 5.6.2 Rotori rotacijskih regeneratora
 - 5.7 Vraćena i iskoristiva pomoćna energija
6. Proračun ukupno isporučene i primarne energije za grijanje i hlađenje
 - 6.1 Isporučena energija
 - 6.2 Primarna energija
 - 6.3 Godišnja emisija CO₂
7. Povezivanje jednostavne satne metode s Algoritmom za proračun toplinske energije za ventilaciju i klimatizaciju
8. Analiza rezultata proračuna-primjer

UVOD

Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade zgradama temelji se na normama na koje upućuje pravilnik koji se odnosi na energetske certificiranje zgrada. Proračun obuhvaća sustave s mehaničkom ventilacijom/klimatizacijom (GVİK) te sustave grijanja/hlađenja prostora putem ogrjevnih i rashladnih tijela (sobni sustavi). U prvom dijelu Algoritma, kao integralni dio proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje, opisan je postupak određivanja protoka zraka u zgradi uslijed infiltracije, otvaranja prozora te zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom, kao i njihove međusobne interakcije. Jedan dio ulaznih veličina iz ovog Algoritma se određuje u Algoritmu za proračun potrebne godišnje toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrada prema HRN EN ISO 13790 te Algoritmu za proračun sustava grijanja i priopreme PTV-a prema skupini normi HRN EN 15316. Te su ulazne veličine naznačene na odgovarajući način. Za određeni broj ulaznih veličina dana je mogućnost unosa iz podataka u izvješću o energetske pregledu i iz projekta, odnosno ukoliko one nisu poznate, mogu se koristiti nazivne vrijednosti iz priloženih tablica.

Radi lakšeg povezivanja izraza u Algoritmu s onima iz normi, pored svakog izraza preuzetog iz norme dan je broj odgovarajućeg izraza iz te norme - npr. HRN EN 15242 (3). Isto vrijedi i za tablice. Uz to, svi izrazi imaju svoju zasebnu numeraciju s brojem poglavlja - npr. (4.3).

Slijed izraza je načelno takav da omogućuje kontinuirani izračun svake naredne veličine koristeći one prethodno izračunate. Iznimka su osnovni izrazi za bilanciranje izlaznih veličina, koji su dani na početku svake cjeline radi lakšeg praćenja nastavka proračuna. Zajednički dijelovi proračuna pomoćne energije za GVİK i sobne sustave u periodu hlađenja i grijanja dani su radi preglednosti u zasebnom poglavlju. Svako poglavlje završava s energetske bilancom izračunatih veličina.

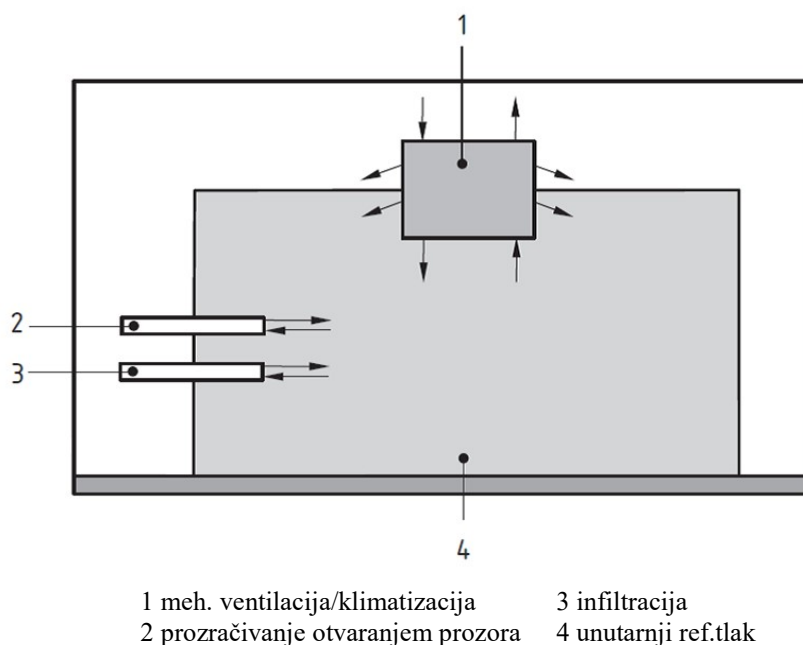
Algoritam započinje s izračunom toplinske energije na izlazu iz sustava predaje toplinske energije u prostor i završava izračunom toplinske energije na ulazu u sustav proizvodnje toplinske energije. Temeljem toga se kao krajnji rezultat računaju isporučena i primarna energija. Proračun je potrebno provesti iterativnim putem jer ulazne veličine u proračun ovise o kasnije izračunatim veličinama (toplinskim gubicima). Na kraju Algoritma je dan pregled postupka proračuna i svih izlaznih veličina, dobivenih za konkretan primjer termotehničkog sustava zgrade.

1. Proračun potrebne energije za ventilaciju zgrade-koncept

Proračun se odnosi na određivanje potrebne toplinske energije za ventilaciju u periodu grijanja i hlađenja, toplinskih gubitaka i energije za pogon pomoćnih uređaja u sustavima prisilne ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije (GViK) te u prirodno ventiliranim zgradama sa sobnim sustavima. Proračun obuhvaća slijedeće podsustave:

- podsustav predaje toplinske energije u prostor, uključujući regulaciju;
- podsustav razvoda prijenosnika topline i razvoda zraka, uključujući regulaciju;
- podsustav proizvodnje toplinske energije, uključujući spremnik i cjevovode primarne; cirkulacije do generatora toplinske energije te regulaciju.

Konačni rezultat proračuna je isporučena i primarna energije zgrade za zadanu korisnu toplinsku energiju koju je potrebno isporučiti zgradi.



Slika 1.1 Protok zraka kroz zgradu (prema HRN EN 15241)

Prema Slici 1.1 potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju zgrade se može iskazati kao

Period grijanja

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{H,Ve,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (1.1a)$$

Period hlađenja

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{C,Ve,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (1.1b)$$

- $Q_{Ve,inf}$ – potrebna toplinska energija radi infiltracije vanjskog zraka (kWh);
 $Q_{Ve,win}$ – potrebna toplinska energija radi prozračivanja otvaranjem prozora (kWh);
 $Q_{H,Ve,mech}$ – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).
 $Q_{C,Ve,mech}$ – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).

Napomena: $Q_{H,Ve,mech}$ se računa i u periodu hlađenja (ljeti) kao dio procesa pripreme zraka u klimatizacijskim sustavima s regulacijom vlažnosti zraka, ali se ne uvrštava u $Q_{C,nd}$ (vidi Jedn. 1.5), već se koristi za proračun topl. en. generatora $Q_{CH,gen,in}$ (Pog. 4.2.1) i $E_{H,prim}$ (Pog. 6.2).

Vremenski korak proračuna

Proračun $Q_{H,ve,mech}$ te svih toplinskih gubitaka i pomoćne energije je moguće provesti na mjesečnoj ili satnoj razini.

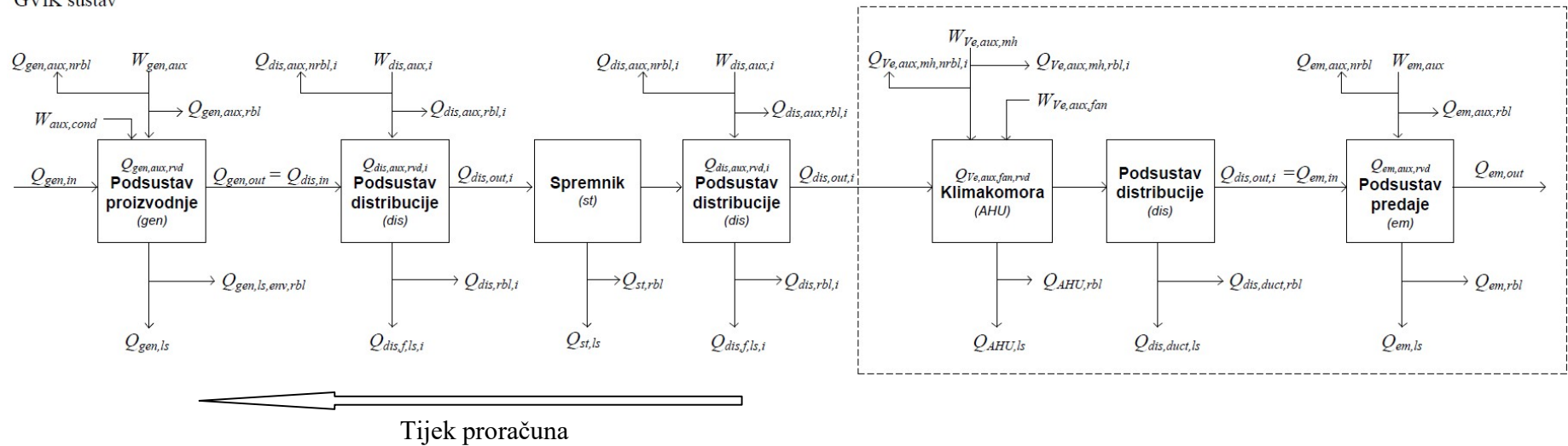
Proračun $Q_{C,ve,mech}$ potrebno je radi specifičnosti procesa pripreme zraka provesti prema satnoj metodi za karakterističan dan u mjesecu. Temeljem toga dobivene kumulativne vrijednosti $Q_{C,ve,mech}$ za karakterističan dan u pojedinom mjesecu se potom mogu u ostatku proračuna koristiti za vremenski period od d dana u predmetnom mjesecu (odnosno koristeći mjesečnu metodu).

Kod postupka računanja na mjesečnoj razini, u svim se mjesecima računa sa stvarnim brojem sati rada sustava, uzimajući u obzir dinamiku izmjene topline u zgradi, dnevni i tjedni broj dana rada sustava te broj dana grijanja u pojedinom mjesecu koristeći vrijednosti $Q_{H,nd}$ i $Q_{C,nd}$ s uključenim redukcijskim faktorima $\alpha_{H,red}$ i $\alpha_{H,red}$, sukladno proceduri opisanoj u Algoritmu prema HRN EN ISO 13790 i Poglavlju 6 ovog Algoritma. Kod primjene jednostavne satne metode dinamika izmjene topline i dnevni broj sati rada su uključeni kroz proračun $Q_{H,nd}$ i $Q_{C,nd}$ dok se tjedni broj sati rada i broj dana grijanja uzimaju u obzir kroz naknadne proračune.

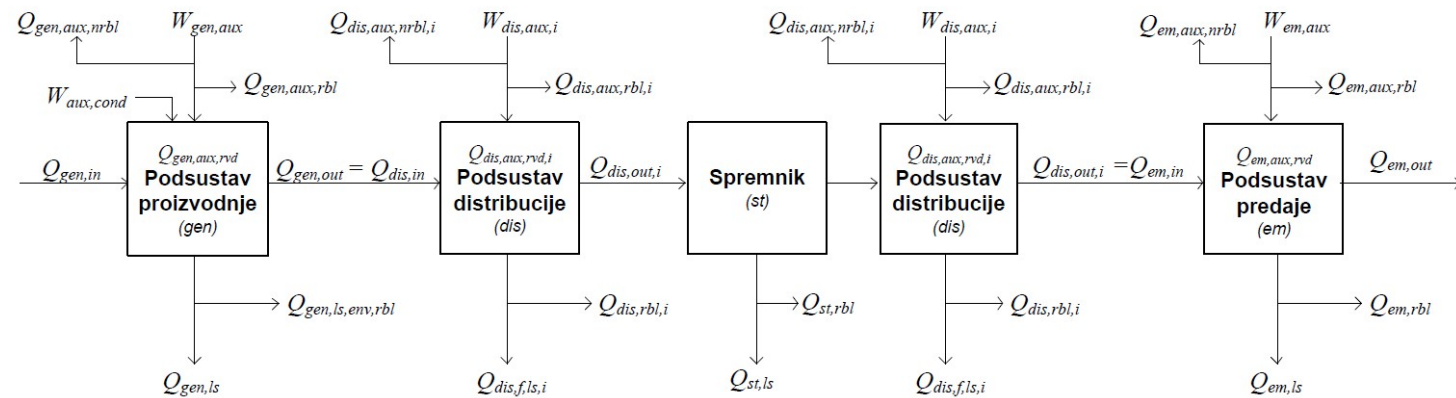
Postupak proračuna

Shematski prikaz podjele sustava s mehaničkom ventilacijom/klimatizacijom na podsustave dan je na Slici 1.2. Na Slici 1.3 dana je podjela na podsustave kod sustava sobnog grijanja/hlađenja (radijatori, konvektori, ventilokonvektori, podna, stropna i zidna grijanja/hlađenja, zidne i stropne jedinice itd.).

GVik sustav



Slika 1.2 Podjela sustava mehaničke ventilacije/klimatizacije (GVik) na podsustave s prikazom ulazno/izlaznih veličina



Slika 1.3 Podjela sobnog sustava grijanja/hlađenja na podsustave s prikazom ulazno/izlaznih veličina

Općenito, toplinska energija na ulazu u pojedini podsustav grijanja i hlađenja računa se kao

$$Q_{H,in} = Q_{H,out} - \sum_i Q_{H,aux,rvd,i} + Q_{H,ls} \text{ [kWh]} \text{ HRN EN 15316-2-1 (1), HRN EN 15316-4-1} \quad (1.2)$$

$$Q_{C,in} = Q_{C,out} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} + Q_{C,ls} \text{ [kWh]} \quad (1.3)$$

Q_{in} – toplinska energija na ulazu u podsustav (kWh);

Q_{out} – toplinska energija na izlazu iz podsustava (kWh);

$Q_{aux,rvd,i}$ – vraćena pomoćna energija u podsustav (kWh);

Q_{ls} – ukupni toplinski gubici podsustava (kWh).

Napomena: indeksi H i C se odnose na period grijanja i hlađenja, respektivno.

Primjenjujući Jedn. (1.2,1.3) na svaki podsustav sa Slike 1.2, u konačnici se dobije potrebna toplinska energija koju je gorivom potrebno isporučiti u sustav grijanja/hlađenja $Q_{H,gen,in}$ / $Q_{C,gen,in}$. Temeljem tih vrijednosti i izračunate ukupne potrebne pomoćne električne energije, računa se isporučena i primarna energija prema izrazima iz Poglavlja 6.

Potrebna toplinska energija u periodu grijanja $Q_{H,nd}$ i hlađenja $Q_{C,nd}$ (kontinuirani rad) ovdje je definirana kao

$$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \text{ [kWh]} \text{ HRN EN 13790 (3), HRN EN 15316-2-1 (3)} \quad (1.4)$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{Tr} + Q_{Ve}) \text{ [kWh]} \quad (1.5)$$

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom (kWh);

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju (kWh);

$Q_{H,gn}$, $Q_{C,gn}$ – toplinski dobitci od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja (kWh).

$\eta_{H,gn}$ – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka kod grijanja (-), prema Jedn. (52)÷(56) iz HRN EN ISO 13790.

$\eta_{C,ls}$ – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-), prema Jedn. (57)÷(61) iz HRN EN ISO 13790.

Ulazna veličina u proračun je toplinska energija $Q_{em,out}$ koja se podsustavom predaje tj. ogrjevnim/rashladnim tijelima u prostoru i/ili izmjenjivačima/parnim ovlaživačima u ventilacijskom/klimatizacijskom sustavu na istrujnim otvorima predaje u kondicionirani prostor, a računa se iterativno prema

Period grijanja

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd} - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \text{ [kWh]} \text{ (temelj. 6.1.3 iz HRN EN 15603)} \quad (1.6a)$$

$$Q_{H,em,out} = (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{H,ve,mech}) - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \text{ [kWh]} \quad (1.6b)$$

Period hlađenja

$$Q_{C,em,out} = Q_{C,nd} - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \text{ [kWh]} \text{ (temeljem 6.1.3 iz HRN EN 15603)} \quad (1.7a)$$

$$Q_{C,em,out} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{C,ve,mech}) - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + \sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$$

[kWh] (1.7b)

$Q_{H, Ve, mech}$ – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).

$Q_{C, Ve, mech}$ – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).

$\sum_i Q_{H, ls, rvd, i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka GViK i sobnih sustava u periodu grijanja (kWh);

$\sum_i Q_{C, ls, rvd, i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka GViK i sobnih sustava u periodu hlađenja (kWh);

$\sum_i Q_{W, ls, rvd, i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode (kWh).

Napomena: $Q_{H, Ve, mech}$ se računa i u periodu hlađenja kao dio procesa pripreme zraka u klimatizacijskim sustavima s regulacijom vlažnosti zraka.

Pri tome. iskorišteni gubitak $Q_{ls, rvd, i}$ predstavlja stvarno iskorišteni dio pojedinog iskoristivog gubitka $Q_{rbl, i}$, odnosno

$$Q_{ls, rvd, i} = \eta_{rvd} \cdot Q_{rbl, i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{temeljem 6.1.3 iz HRN EN 15603}) \quad (1.8)$$

gdje je η_{rvd} stupanj iskorištenja iskoristivih gubitaka

Period grijanja

η_{rvd} stupanj iskorištenja iskoristivih gubitaka se računa prema izrazima iz poglavlja 1.3.4 Algoritma za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prosora prema HRN EN ISO 13790 (Jedn. 1.74-1.76) na način da se vrijednost toplinskih dobitaka $Q_{H, gn}$, kod proračuna y_H uveća za vrijednost iskoristivih toplinskih gubitaka, tj.

$$Q_{H, gn} = Q_{int} + Q_{sol} + Q_{HW, rbl}$$

Period hlađenja

za određivanje stupnja iskorištenja iskoristivih gubitaka η_{rvd} se koriste Jedn. 2.10-2.12 Algoritma za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje zgrade prema HRN EN ISO 13790, gdje se za proračun toplinskih dobitaka (jednadžba 2.13) koristi

$$Q_{C, gn} = Q_{int} + Q_{sol} - Q_{C, rbl}$$

Napomena 1: gornji izrazi za $Q_{H, gn}$ i $Q_{C, gn}$ se koriste samo za proračun η_{rvd} termotehničkih sustava (ne i za proračun $Q_{H, nd}$ i $Q_{C, nd}$ koji se računaju bez uključenih iskoristivih gubitaka sustava kako ti gubici ne bi 'umjetno' umanjivali vrijednosti $Q_{H, nd}$ i $Q_{C, nd}$ koji predstavljaju neto toplinske gubitke kroz ovojnicu koji se moraju pokriti termotehničkim sustavom tj. ogrjevnim tijelima + iskorištenim gubicima sustava, vidi Jedn. 1.6-1.7)

Napomena 2: iskorišteni gubitak $Q_{W, ls, rvd}$ u sezoni hlađenja se računa prema Jedn. (1.8) s $\eta_{rvd} = 0,8$

Prema proceduri opisanoj u točki 6.1.3 iz HRN EN 15603, postupak proračuna započinje tako da se na početku uzme da je $Q_{em, out} = Q_{H, nd}$, odnosno $Q_{em, out} = Q_{C, nd}$ a nakon što se temeljem

toga izračuna $\sum_i Q_{rbl,i}$, u narednim koracima se $Q_{em,out}$ računa prema Jedn. (1.2, 1.3), sve dok razlika vrijednosti $Q_{em,out}$ iz posljednja dva koraka ne bude $< 1\%$.

Potrebna toplinska energija za grijanje koju je potrebno dovesti generatoru može se temeljem prethodnih izraza odrediti iz

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,AHU,ls} + Q_{H,gen,ls} - \sum_i Q_{H,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (1.10)$$

gdje je

$Q_{H,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje GViK sustava (kWh);

$Q_{H,dis,ls}$ - toplinski gubici razvoda sustava grijanja (kWh);

$Q_{H,st,ls}$ - toplinski gubici akumulacijskog spremnika (kWh);

$Q_{C,AHU,ls}$ - ukupni toplinski gubici klimakomore (kWh);

$Q_{C,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za grijanje (kWh).

Potrebna toplinska energija za hlađenje koju je potrebno dovesti generatoru može se temeljem prethodnih izraza odrediti iz

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,st,ls} + Q_{C,AHU,ls} + Q_{C,gen,ls} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (1.11)$$

gdje je

$Q_{C,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje GViK sustava (kWh);

$Q_{C,dis,ls}$ - toplinski gubici razvoda sustava hlađenja (kWh);

$Q_{C,st,ls}$ - toplinski gubici akumulacijskog spremnika (kWh);

$Q_{C,AHU,ls}$ - ukupni toplinski gubici klimakomore (kWh);

$Q_{C,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za hlađenje (kWh).

Oznake (Slike 1.2, 1.3)

$Q_{H,nd}$ - potrebna toplinska energija za grijanje prostora (kWh);

$Q_{C,nd}$ - potrebna toplinska energija za hlađenje prostora (kWh);

$Q_{em,out}$ - toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,ls}$ - ukupni toplinski gubici podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,rbl}$ - iskoristivi toplinski gubici podsustava predaje (kWh);

$W_{em,aux}$ - pomoćna energija podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,aux,rvd}$ - vraćena pomoćna energija u podsustav predaje (kWh);

$Q_{em,aux,rbl}$ - iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava predaje (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);

$Q_{em,aux,nrbl}$ - neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,in}$ - toplinska energija na ulazu u podsustav predaje (kWh);

$Q_{dis,out}$ - toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda ogrjevnog medija (kWh);

$Q_{dis,duct,ls}$ - toplinski gubici u podsustavu kanalskog razvoda zraka (kWh);

$Q_{dis,duct,rbl}$ - iskoristivi toplinski gubici u podsustavu kanalskog razvoda zraka (kWh);

$Q_{AHU,lsl}$ - toplinski gubici u klimakomore (kWh);

$Q_{AHU,rbl}$ - iskoristivi toplinski gubici u klimakomore (kWh);

$W_{Ve,aux,fan}$ - pomoćna energija za pogon ventilatora razvoda zraka (kWh);

$W_{Ve,aux,mh}$ - pomoćna energija za pogon pumpi za vodeno ovlaživanje (kWh);

$Q_{dis,f,ls}$ - ukupni toplinski gubici u podsustavu cijevnog razvoda (kWh);

$Q_{dis,ls}$	– ukupni toplinski gubici u podsustavu razvoda (kWh);
$Q_{dis,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici podsustava razvoda (kWh);
$W_{dis,aux}$	– pomoćna energija podsustava razvoda (kWh);
$Q_{dis,aux,rvd}$	– vraćena pomoćna energija u podsustav razvoda (kWh);
$Q_{dis,aux,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);
$Q_{dis,aux,nrbl}$	– neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (kWh);
$Q_{st,ls}$	– ukupni toplinski gubici spremnika (kWh);
$Q_{st,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici spremnika (kWh);
$Q_{dis,in}$	– toplinska energija na ulazu u podsustav razvoda (kWh);
$Q_{gen,out}$	– toplinska energija na izlazu iz podsustava proizvodnje (kWh);
$Q_{gen,ls}$	– ukupni toplinski gubici podsustava proizvodnje (kWh);
$W_{gen,aux}$	– pomoćna energija podsustava proizvodnje (kWh);
$W_{aux,cond}$	– pomoćna energija kondenzatora (kWh);
$Q_{gen,aux,rvd}$	– vraćena pomoćna energija u podsustav proizvodnje (kWh);
$Q_{gen,aux,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);
$Q_{gen,aux,nrbl}$	– neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (kWh);
$Q_{gen,in}$	– toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje (kWh);
$E_{gen,del,el}$	– isporučena električna energija (generatoru) na ulazu u podsustav proizvodnje (kWh);
E_{del}	– isporučena energija u sustav (kWh);
$E_{del,el}$	– isporučena električna energija u sustav (kWh);
E_{prim}	– primarna energija sustava (kWh).

Indeksi:

H	– sustav grijanja prostora, grijanje zraka;
C	– sustav hlađenja prostora, hlađenje zraka;
CH	– grijanje zraka kod klimatizacije s regulacijom vlažnosti u periodu hlađenja prostora, hlađenje zraka;
W	– sustav pripreme PTV-a;
Ve	– ventilacija;
em	– podsustav predaje toplinske energije u prostor;
dis	– podsustav razvoda radnog medija;
gen	– podsustav proizvodnje;
st	– spremnik;
ls	– ukupni toplinski gubici;
rvd	– vraćena pomoćna energija radnom mediju;
rbl	– iskoristivi toplinski gubitak vraćen u grijani prostor;
$nrbl$	– neiskoristivi toplinski gubitak;
ls,rvd	– iskorišteni toplinski gubitak;
$ls,nrbl$	– neiskorišteni toplinski gubitak;
aux	– pomoćna energija/pomoćni uređaj;
in	– ulaz u pojedini podsustav;
out	– izlaz iz pojedinog podsustava;
del	– isporučena energija;
$prim$	– primarna energija;
el	– električna energija;
$mech$	– mehanička ventilacija/klimatizacija;
inf	– infiltracija;

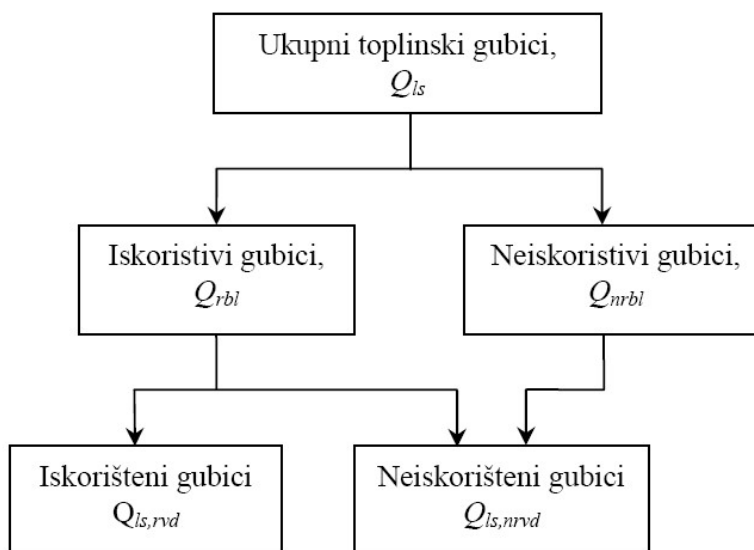
<i>win</i>	– prozor;
<i>leak</i>	– propuštanje zraka;
<i>tr</i>	– transmisija;
<i>int</i>	– unutarnji zrak;
<i>e</i>	– vanjski zrak;
<i>sup</i>	– dovedeni zrak;
<i>exh</i>	– odvedeni zrak;
<i>f</i>	– fluid;
<i>fan</i>	– ventilator;
<i>duct</i>	– kanal;
<i>AHU</i>	– klimakomora;
<i>mh</i>	– vodeno ovlaživanje;
<i>cond</i>	– kondenzator;
<i>heater</i>	– grijač;
<i>cool</i>	– hladnjak;
<i>steam</i>	– parno ovlaživanje.

Toplinski gubici i vraćena pomoćna energija

Ukupni toplinski gubici (index ls - eng. loss) dijele se na (Slika 1.4):

- iskoristive gubitke (index rbl - eng. recoverable) – to su oni toplinski gubici dijelova sustava (kotlova, spremnika, cjevovoda, regulacije i dr.) koji se mogu vratiti u grijani prostor tijekom sezone grijanja i smanjiti toplinsku energiju $Q_{em,out}$ koju je ogrjevnim tijelima potrebno predati u grijani prostor
- neiskoristive gubitke (index $nrbl$ – engl non-recoverable) – to su oni toplinski gubici koji se ne mogu iskoristiti za grijanje prostora, a predstavljaju razliku ukupnih i iskoristivih toplinskih gubitaka
- iskorištene gubitke (index ls,rvd - engl. losses,recovered) - predstavljaju stvarno iskorišteni dio iskoristivih gubitaka za smanjenje $Q_{em,out}$
- neiskorištene gubitke (index $ls,nrvd$ - engl. losses,non-recovered) - predstavljaju u konačnici neiskorišteni dio ukupnih gubitaka koji se nije iskoristio za smanjenje $Q_{em,out}$, i računaju se kao razlika ukupnih i iskorištenih gubitaka (prema Jedn. (2) iz HRN EN 15306)

Vraćena pomoćna energija (index rvd - engl. recovered) je onaj dio energije potrebne za pogon pojedinog pomoćnog uređaja (pumpe, ventilatora, plamenika i dr.) koja se direktno vraća radnom mediju i zraku za izgaranje. Preostali dio pomoćne energije se predaje u okolinu kao iskoristivi i/ili neiskoristivi toplinski gubitak.



Slika 1.4 Podjela toplinskih gubitaka (prema HRN EN 15316-1 i HRN EN 15306)

2. Proračun protoka zraka u zgradi

Toplinska i rashladna opterećenja uslijed ventilacije

Tokovi topline uslijed ventilacije dijele se na toplinska i rashladna opterećenja zbog

- 1) Mehaničke ventilacije
- 2) Infiltracije - ulazak vanjskog zraka kroz ovojnicu zgrade
- 3) Prozračivanja – ulazak vanjskog zraka zbog otvaranja prozora

Ukoliko je temperatura unutarnjeg zraka veća od temperature zraka koji ulazi u zonu, toplinski tok smatra se toplinskim opterećenjem za promatranu zonu.

Ukoliko je temperatura unutarnjeg zraka manja od temperature zraka koji ulazi u zonu, toplinski tok smatra se rashladnim opterećenjem za promatranu zonu.

Ulazne veličine:

$\dot{V}_A$	- minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine, ($\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$), DIN V 18599-10, Tablica 2.1
A	- referentna površina zone, (m^2)
V	- neto volumen zone, [m^3]
n_{50}	- broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa, (h^{-1}), mjerena vrijednost ili Tablica 2.4
e_{wind}, f_{wind}	- faktori zaštićenosti zgrade od vjetra, (-), Tablica 2.5,
$t_{v,mech}$	- dnevni broj sati rada mehaničkog sustava (h/d), za nestambene zgrade Tablica 2.1, $t_{v,mech} = 24$ h/d za stambene zgrade i sustave bez prekida rada tijekom noći (kontinuirani rad) $t_{v,mech} = 17$ h/d za stambene zgrade i sustave s prekidom rada tijekom noći (nekontinuirani rad)
$\dot{V}_{mech,exh}$	- volumni protok odsisanog zraka mehaničkom ventilacijom (m^3/h), projektna vrijednost ako postoji
A_{duct}	- površina kanala, (m^2)
$A_{indoorduct}$	- površina kanala smještenih unutar zone, (m^2)
ε_v	- faktor efikasnosti ventilacije, (-), $\varepsilon_v = 1$ (defaultna vrijednost HRN EN 15241)
C_{rec}	- faktor recirkulacije, (-), $C_{rec} = 1$ (recirkulacija je uzeta u obzir u Jedn. (3.13a))
C_{cont}	- lokalni faktor kontrole protoka, (-), $C_{cont} = 1$
$\mathcal{G}_{int}$	- unutarnja temperatura zone, ($^{\circ}\text{C}$), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790
$\mathcal{G}_e$	- vanjska temperatura, ($^{\circ}\text{C}$), iz pravilnika koji se odnosi na en. certificiranje zgrada
$\dot{V}_{mech,des}$	- projektna vrijednost volumnog protoka mehaničke ventilacije, (m^3/h)
ϕ_{max}	- najveće toplinsko opterećenje pri režimu grijanja odnosno hlađenja (kW), projektna vrijednost

Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka**Stambene zgrade**

Minimalan broj izmjena vanjskog zraka za stambene zgrade (prema tehničkom propisu koji se odnosi na o racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama)

Sustavi s konstantnim protokom zraka (bez regulacije protoka)

$$n_{req} = \max \left\{ \frac{\dot{V}_{mech,des}}{V}; 0.5 \right\} \quad [h^{-1}] \quad \text{temeljem HRN EN 13779 (D.3)} \quad (2.1a)$$

$\dot{V}_{mech,des}$ - nazivni projektni volumni protok vanjskog zraka (m^3/h), podatak iz projekta ili ako nije poznat Jedn. (2.1c).

Sustavi s promjenjivim protokom zraka (s regulacijom protoka u ovisnosti o topl. opterećenju)

$$n_{req} = \max \left\{ \frac{0.65 \cdot \dot{V}_{mech,des}}{V}; 0.5 \right\} \quad [h^{-1}] \quad \text{temeljem HRN EN 13779 (D.3)} \quad (2.1b)$$

$\dot{V}_{mech,des}$ - nazivni projektni volumni protok vanjskog zraka (m^3/h), podatak iz projekta ili ako nije poznat Jedn. (2.1c)

$$\dot{V}_{mech,des} = \frac{\phi_{max}}{0.34 \cdot \Delta\theta_{des}} \cdot 1000 \quad [m^3/h] \quad \text{DIN V 18599-2 (86)} \quad (2.1c)$$

gdje je

ϕ_{max} – najveće toplinsko opterećenje pri režimu grijanja odnosno hlađenja (ovisno o tome za koji se režim računa protok) (kW), projektna vrijednost ili ako nije poznata koristiti podatak o nazivnoj snazi generatora toplinskog/rashladnog učina;

$\Delta\theta_{des}$ – projektna razlika temperatura (K), ukoliko nije poznata iz projekta, računati prema:

Sustavi prema Shemama 1,2 (Pog. 3)

$$\Delta\theta_{des} = (1 - \eta_{hru}) (\vartheta_{int} - \vartheta_{e,avg}) \quad [K] \quad (\text{prema DIN V 18599-2 (90),(91)})$$

Sustavi prema Shemama 3-14 (Pog. 3)

$$\Delta\theta_{des} = 10 \text{ K za period hlađenja, (prema DIN V 18599-2 (92),(93))}$$

$$\Delta\theta_{des} = 15 \text{ K za period grijanja.}$$

ϑ_{int} - unutarnja temperatura zone, ($^{\circ}C$), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790;

$\vartheta_{e,avg}$ - prosječna vanjska mjesečna temperatura ($^{\circ}C$), iz pravilnika koji se odnosi na en. certificiranje zgrada;

η_{hru} - faktor povrata topline, (-), projektna vrijednost ili Tablica 3.3.

Nestambene zgrade

Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka za nestambene zgrade

Sustavi s konstantnim protokom zraka (bez regulacije protoka)

$$n_{req} = \frac{\dot{V}_{mech,des}}{V} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (80)} \quad (2.2a)$$

$\dot{V}_{mech,des}$ - nazivni projektni volumni protok vanjskog zraka (m^3/h), podatak iz projekta ili ako nije poznat Jedn. (2.1c) ili;

$$n_{req} = \frac{\dot{V}_A A}{V}$$

$\dot{V}_A$ - minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine, ($m^3/(m^2h)$),

Tablica 2.1;

A - referentna površina zone (m^2).

Sustavi s promjenjivim protokom zraka (s regulacijom protoka u ovisnosti o topl. opterećenju)

$$n_{req} = \frac{0.65 \cdot \dot{V}_{mech,des}}{V} \quad [h^{-1}] \quad \text{temeljem HRN EN 13779 (D.3)} \quad (2.2b)$$

$\dot{V}_{mech,des}$ - nazivni projektni volumni protok vanjskog zraka (m^3/h), podatak iz projekta ili ako nije poznat Jedn. (2.1c) ili

$$n_{req} = \frac{\dot{V}_A A}{V}$$

Minimalno potreban volumni protok zraka (za stambene i nestambene zgrade)

$$\dot{V}_{req} = n_{req} V \quad [m^3/h] \quad (2.3)$$

U slučaju kad nema mehaničke ventilacije mora za stambene i nestambene zgrade vrijediti (prema tehničkom propisu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama)

$$n_{inf} + n_{win} = \max\{n_{inf} + n_{win}; 0.5\} \quad [h^{-1}]$$

Napomena: potrebno zadovoljiti samo u periodu korištenja zgrade

Tablica 2.1 (temeljem DIN V 18599-10 (4)) Standardne vrijednosti vremena rada sustava mehaničke ventilacije za nestambene zgrade

Namjena prostora	Period korištenja (h)*	Broj sati korištenja sustava t_{kor} (h/dan)	Broj sati rada sustava grijanja/hlađenja**, $t_{v,mech}$ (h/dan)	Minimalno potrebni protok vanjskog zraka po jedinici površine, $\dot{V}_A$, (m ³ /(m ² h))
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	07:00 – 18:00	11	13	4
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	08:00 – 20:00	12	14	10
Vrtići	07:00 – 18:00	11	13	10
Knjižnice – prostorije za čitanje	08:00 – 20:00	12	14	8
Knjižnice – prostorije s policama	08:00 – 20:00	12	14	2
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	00:00 – 24:00	24	24	4
Hoteli, moteli i sl.	00:00 – 24:00	24	24	3
Muzeji	00:00 – 24:00	24	24	4
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	00:00 – 24:00	24	24	4
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	08:00 – 21:00	13	15	4
Sportske zgrade	08:00 – 23:00	15	17	3
Radionice i proizvodne hale	07:00 – 19:00	12	14	20
Kongresni centri	09:00 – 18:00	9	11	7
Kazališta i kina	13:00 – 23:00	10	12	25
Kantine	08:00 – 15:00	7	9	18
Restorani	10:00 – 00:00	14	16	18
Kuhinje	10:00 – 23:00	13	15	90
Serverske sobe, kompjuterski centri	00:00 – 24:00	24	24	1,3
Garaže	00:00 – 24:00	24	24	16
Spremišta opreme, arhive	07:00 – 18:00	11	13	0,15
Zgrade koje nisu navedene	07:00 – 19:00	12	14	10

*Sustav grijanja/hlađenja s radom počinje 2 sata prije početka korištenja prostora

**U Algoritmu prema HRN EN ISO 13790 ove vrijednosti se odnose na broj sati rada sustava grijanja/hlađenja t_d (h/d).

U slučaju da pojedini prostori imaju poznate vrijednosti rada (muzejski prostori sa kontroliranim uvjetima), koji nisu manji od gore navedenih, potrebno je računati sa njima

U slučaju da zona obuhvaća više prostorija sa različitim dnevnim vremenima korištenja mehaničke ventilacije, za $t_{v,mech}$ se uzima maksimalni iznos.

Mehanička ventilacija

Dovedeni zrak

Tablica 2.2. (HRN EN 15242 (4)) Faktor propuštanja razvodnih kanala u ovisnosti o klasi kanala

Klasa razvodnih kanala	$C_{ductleak}$
2.5 klasa A	1.15
klasa A	1.06
klasa B	1.02
klasa C (i bolje)	1.0

Tablica 2.3. (HRN EN 15242 (5)) Faktor propuštanja AHU jedinice u ovisnosti o njenoj klasi, prema HRN EN 15242

Klasa AHU jedinice	$C_{AHUleak}$
2.5 klasa L3	1.06
klasa L3	1.02
klasa L2	1.01
klasa L1 (i bolje)	1.0

Ukoliko nisu poznate klasa kanala ili AHU jedinice uzima se najveća vrijednost faktora propuštanja prema Tablicama 2.6 i 2.7.

Razlikuju se dva slučaja, za koja se računaju koeficijenti propuštanja:

- 1) AHU jedinica je smještena unutar zone
- 2) AHU jedinica je smještena izvan zone

- 1) AHU jedinica je smještena unutar zone

Koeficijent propuštanja u zonu

$$C_{indoorleak} = C_{ductleak} C_{AHUleak} \quad [-] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.4)$$

Koeficijent propuštanja izvan zone

$$C_{outdoorleak} = 1 \quad [-] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.5)$$

- 2) AHU jedinica je smještena izvan zone

Odnos površine kanala unutar zone i ukupne površine razvodnih kanala

$$R_{indoorduct} = \frac{A_{indoorduct}}{A_{duct}} \quad [-] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.6)$$

Koeficijent propuštanja u zonu

$$C_{indoorleak} = 1 - R_{indoorduct} (1 - C_{ductleak}) \quad [-] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.7)$$

Koeficijent propuštanja izvan zone

$$C_{outdoorleak} = (1 - (1 - C_{ductleak})(1 - R_{indoorduct})) C_{AHUleak} \quad [-] \quad (2.8)$$

Ukupni koeficijent propuštanja

$$C_{leak} = C_{indoorleak} C_{outdoorleak} \quad [-] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.9)$$

Broj izmjena zraka dovedenog u prostor mehaničkom ventilacijom

$$n_{mech,sup} = \frac{n_{req} C_{cont} C_{indoorleak} C_{rec}}{\varepsilon_v} \quad [h^{-1}] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.10)$$

ε_v – faktor efikasnosti ventilacije, $\varepsilon_v = 1$ (defaultna vrijednost HRN EN 15241)

Ukupni protok zraka koji propuštaju kanali

$$\dot{V}_{duct,leak} = \dot{V}_{req} (C_{ductleak} - 1) \quad [m^3/h] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.11)$$

Protok zraka koji propušta dionica kanala, površine A_i , smještene izvan kondicioniranog prostora

$$\dot{V}_{duct,leak,i} = \dot{V}_{duct,leak} \frac{A_i}{A_{duct}} \quad [m^3/h] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.12)$$

Napomena: Ako se želi izračunati propuštanje kroz bilo koju dionicu kanala (što nije dio procedure ovog Algoritma), tada se za površinu A_i uzima površina te, proračunavane dionice kanala.

Protok zraka koji propušta AHU jedinica smještena izvan kondicioniranog prostora

$$\dot{V}_{AHU,leak} = \dot{V}_{req} (C_{AHUleak} - 1) \quad [m^3/h] \quad \text{HRN EN 15242} \quad (2.13)$$

U danu uprosječni broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom – za mjesečnu metodu

$$n_{mech} = n_{mech,sup} \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (84)} \quad (2.14)$$

Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom – za satnu metodu

$$n_{mech} = n_{mech,sup} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (84)} \quad (2.15)$$

Volumni protok zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom

$$\dot{V}_{mech,sup} = n_{mech} V \quad [m^3/h] \quad (2.16)$$

Napomena: U mjesečnoj metodi prethodni izraz predstavlja ukupno izmjenjenu količinu zraka u prostoru u jednom danu svedenu na jedinicu vremena

Ukupni volumni protok dovedenog zraka mehaničkom ventilacijom

$$\dot{V}_{mech,sup,tot} = \dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec} + \dot{V}_{duct,leak} + \dot{V}_{AHU,leak} \quad [m^3/h] \quad (2.17)$$

Ukupni volumni protok odvedenog zraka mehaničkom ventilacijom

$$\dot{V}_{mech,exh,tot} = \dot{V}_{mech,exh} + \dot{V}_{duct,leak} + \dot{V}_{AHU,leak} \quad [m^3/h] \quad (2.18)$$

$\dot{V}_{mech,rec}$ -volumni protok recirkulacijskog zraka (m^3/h), vidi Jedn. (3.13).

Napomena: U mjesečnoj metodi prethodni izraz predstavlja ukupnu količinu zraka mehaničke ventilacije u jednom danu svedenu na jedinicu vremena)

Pri dimenzioniranju ventilatora i pripadajućih protoka, propuštanja zraka kroz kanale i AHU jedinice moraju se dodati sumi zraka u ili iz zone jer ta propuštanja ne spadaju u protoke zraka koji služe za održavanje kvalitete zraka u zoni.

Odvedeni zrak

Broj izmjena odvedenog zraka mehaničkom ventilacijom

$$n_{mech,exh} = \frac{\dot{V}_{mech,exh}}{V} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (89)} \quad (2.19a)$$

ili kada nije poznata vrijednost $\dot{V}_{mech,exh}$

$$\dot{V}_{mech,exh} = n_{mech,exh} \cdot V \quad [m^3/h] \quad (2.20b)$$

gdje je DIN V 18599-2 (2.21)

$$n_{mech,exh} = n_{mech,sup} \quad [h^{-1}]$$

$$n_{mech,exh} = n_{req} \quad [h^{-1}] \quad \text{- za odsisne sustave (bez dovoda)} \quad \text{DIN V 18599-2 (80)} \quad (2.22)$$

Infiltracija

Broj izmjena zraka uslijed infiltracije vanjskog zraka kroz proreze, male otvore i pukotine, n_{win} , ovisi o tome da li je prisutna mehanička ventilacija ili se izmjena zraka obavlja prirodnom ventilacijom. Ako postoji mehanička ventilacija i ukoliko je ona balansirana ona neće utjecati na n_{win} . U slučaju nebalnsirane mehaničke ventilacije, broj izmjena zraka uslijed infiltracije će se smanjivati ili povećavati u ovisnosti razlike tlaka koja se uspostavlja kao posljedica takve mehaničke ventilacije.

Mehanička ventilacija nije prisutna

Broj izmjena zraka uslijed infiltracije ako nema mehaničke ventilacije

$$n_{inf} = e_{wind} n_{50} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (59)} \quad (2.23)$$

n_{50} - broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa, (h^{-1}),
mjerena vrijednost ili Tablica 2.4

e_{wind} - faktor zaštićenosti zgrade od vjetra, (-) , Tablica 2.5,

Tablica 2.4. (DIN V 18599-2 (4)) Proračunske vrijednosti n_{50} za neispitane zgrade

Kategorije za općenito određivanje zrakopropusnosti zgrade	Proračunske vrijednosti za n_{50} [h ⁻¹]
I	a) 2 ; b) 1
II	4
III	6
IV	10

Kategorija I:

Zgrade kojih se testiranje zrakopropusnosti izvodi nakon završetka zgrade

- a) zgrade bez GViK sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$)
- b) zgrade sa GViK sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 1.5 \text{ h}^{-1}$)

Kategorija II:

Zgrade, ili dijelovi zgrada koje će tek biti završene, za koje se ne planiraju raditi testiranja zrakopropusnosti

Kategorija III :

Zgrade koje ne spadaju u kategorije **I**, **II** ni **IV**

Kategorija IV :

Zgrade sa očitim otvorima kroz koje slobodno ulazi zrak, kao što su pukotine u ovojnici zgrade

Tablica 2.5. (HRN EN ISO 13789 C.4) Koeficijenti e_{wind}

Koeficijent e_{wind} za klasu zaklonjenosti:	Izloženo više od jedne fasade	Izložena jedna fasada
Nezaklonjene: zgrade na otvorenom, visoke zgrade u gradskim centrima	0.1	0.03
Srednje zaklonjene: zgrade okružene drvećem ili drugim zgradama, predgrađa	0.07	0.02
Jako zaklonjene: zgrade prosječnih visina u gradskim centrima, zgrade u šumama	0.04	0.01
Koeficijent f_{wind}	15	20

Mehanička ventilacija prisutna

Faktor korekcije zbog mehaničke ventilacije

$$f_{v,mech} = 0 \quad [-], \text{ za balansirane meh. vent., (vidi (3.20,3.24))} \quad \text{DIN V 18599-2 (61)} \quad (2.24)$$

$$f_{v,mech} = \frac{1}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \left(\frac{n_{mech,sup} - n_{mech,exh}}{n_{50}} \right)^2} - 1, [-], \text{ ako } n_{mech,sup} > n_{mech,exh} \quad \text{DIN V 18599-2 (62)} \quad (2.25)$$

$$f_{v,mech} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \left(\frac{n_{mech,sup} - n_{mech,exh}}{n_{50}} \right)^2}, [-], \text{ ako } n_{mech,sup} < n_{mech,exh} \quad \text{DIN V 18599-2 (63)} \quad (2.26)$$

$n_{mech,exh}$

U danu uprosječni broj izmjena zraka uslijed infiltracije ako je prisutna meh. ventilacija

$$n_{inf} = e_{wind} n_{50} \left(1 + f_{v,mech} \frac{t_{v,mech}}{24h} \right) \quad [h^{-1}] \quad \text{HRN EN ISO 13789 (C3)} \quad (2.27)$$

Prozračivanje

Kad god promatrana zona ima otvore prema vanjskoj okolini, pretpostavlja se minimalna vrijednost broja izmjena zraka od $0.1 h^{-1}$. Ipak, ta se vrijednost mijenja uslijed infiltracije vanjskog zraka uzimajući u obzir profil korištenja zone. Također, ako postoji mehanička ventilacija, pri određivanju broja izmjena zraka, potrebno je uzeti u obzir interakciju ventilacijskog sustava sa dovedenim zrakom uslijed prozračivanja.

Korekcija uslijed infiltracije

$$\Delta n_{win} = \max \left(0; n_{req} - \frac{n_{req} - 0.2h^{-1}}{h^{-1}} n_{inf} - 0.1h^{-1} \right) [h^{-1}] \quad n_{req} < 1.2 h^{-1} \quad \text{DIN V 18599-2 (68,70)} \quad (2.28)$$

$$\Delta n_{win} = \max \left(0; n_{req} - n_{inf} - 0.1h^{-1} \right) [h^{-1}] \quad n_{req} \geq 1.2 h^{-1} \quad \text{DIN V 18599-2 (69,70)} \quad (2.29)$$

Broj izmjena zraka koji ovisi o profilu korištenja

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max \left(0; n_{req} - \frac{n_{req} - 0.2h^{-1}}{h^{-1}} n_{50} e_{wind} (1 + f_{v,mech}) - 0.1h^{-1} \right) [h^{-1}] \quad n_{req} < 1.2 h^{-1}$$

DIN V 18599-2 (73,75) (2.30)

$$\Delta n_{win,mech,0} = \max \left(0; n_{req} - n_{50} e_{wind} (1 + f_{v,mech}) - 0.1h^{-1} \right) [h^{-1}] \quad n_{req} \geq 1.2 h^{-1}$$

DIN V 18599-2 (74,75) (2.31)

Korekcija izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije

Ako se broj izmjena zraka $\Delta n_{win,mech,0}$ pokriva u potpunosti mehaničkom ventilacijom i infiltracijom, vrijede sljedeći izrazi za korekciju broja izmjena zraka:

Uvjet : $\Delta n_{win,mech,0} \leq n_{mech,sup}$

$n_{mech,exh} \leq (n_{mech,sup} + n_{50}e_{wind})$	$n_{mech,exh} > (n_{mech,sup} + n_{50}e_{wind})$
$\Delta n_{win,mech} = 0$ DIN V 18599-2 (76)	$\Delta n_{win,mech} = n_{mech,exh} - n_{mech,sup} - n_{50}e_{wind}$ (2.33) DIN V 18599-2 (77)

Ako se broj izmjena zraka $\Delta n_{win,mech,0}$ ne pokriva u potpunosti niti mehaničkom ventilacijom niti infiltracijom, vrijede sljedeći izrazi za korekciju broja izmjena zraka:

Uvjet: $\Delta n_{win,mech,0} > n_{mech,sup}$

$n_{mech,exh} \leq (\Delta n_{win,mech,0} + n_{50}e_{wind})$	$n_{mech,exh} > (\Delta n_{win,mech,0} + n_{50}e_{wind})$
$\Delta n_{win,mech} = (\Delta n_{win,mech,0} - n_{mech,sup})$ DIN V 18599-2 (78)	$\Delta n_{win,mech} = n_{mech,exh} - n_{mech,sup} - n_{50}e_{wind}$ (2.35) DIN V 18599-2 (79)

U slučaju da nema mehaničke ventilacije, ili mehanička ventilacija ne radi, srednji dnevni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja se može izračunati prems sljedećem izrazu:

U danu uprosječni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja, $t_{v,mech} = 0$

$$n_{win} = 0.1h^{-1} + \Delta n_{win} \frac{t_{kor}}{24h} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (72)} \quad (2.36)$$

U slučaju mehaničke ventilacije, srednji dnevni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja se može izračunati prema sljedećem izrazu, pazeći na to da on vrijedi za standardne slučajeve kada vrijeme boravka ne prelazi vrijeme rada mehaničke ventilacije.

U danu uprosječni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja, $t_{v,mech} \geq t_{kor}$

$$n_{win} = 0.1h^{-1} + \Delta n_{win,mech} \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (67)} \quad (2.37)$$

U slučaju da mehanička ventilacija ne radi svo vrijeme boravka u zoni, srednji dnevni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja se može izračunati kao,

U danu uprosječni broj izmjena zraka uslijed prozračivanja, $t_{v,mech} < t_{kor}$

$$n_{win} = 0.1h^{-1} + \Delta n_{win} \frac{t_{kor} - t_{v,mech}}{24h} + \Delta n_{win,mech} \frac{t_{v,mech}}{24h} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (72)} \quad (2.38)$$

U slučaju kad nema mehaničke ventilacije mora vrijediti (prema tehničkom propisu koji se odnosi na o racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama)

$$n_{inf} + n_{win} = \max[n_{inf} + n_{win}; 0.5] \quad [h^{-1}]$$

Proračun protoka zraka između susjednih zona

Kada postoji značajna izmjena zraka između zona, one trebaju biti grupirane u jednu zonu. To je slučaj kada je izmjena zraka između zona dvosmjerna, zbog, npr. otvaranja vrata.

Ipak, u posebnim slučajevima, potrebno je računati i izmjenu zraka između dvije zone. To se uzima u obzir kada je npr. mehanički sustav ventilacije projektiran tako da opskrbljuje više od jedne zone. Traženi protok zraka mora se odrediti tako da se osigura ravnoteža između dolaznog i odlaznog zraka, s jedne strane te adekvatne dobave svježeg zraka u pojedinu zonu.

Kada mehanička ventilacija nije prisutna, izmjena zraka između susjednih zona treba se uzeti u obzir ako se unutarnje temperature razlikuju za više od 4 K.

Dolazni zrak iz susjednih zona

Za zonu (koja se proračunava) bez prozora ili otvora prema okolini kada je protok odvedenog zraka veći od dovedenog, vrijedi sljedeći izrazi;

Broj izmjena zraka uslijed dolaznog zraka iz susjednih zona

$$n_{z,sup} = \frac{\dot{V}_z}{V} = n_{mech,exh} - n_{mech,sup} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (101,102)} \quad (2.39)$$

gdje je $\dot{V}_z$ volumenski protok zraka koji dolazi iz susjedne zone, samo u slučaju mehaničkih ventilacija kada su one u pogonu.

U svim ostalim slučajevima broj izmjena zraka treba biti specificiran uzimajući u obzir strukturne i tehničke aspekte ventilacije

Odlazni zrak u susjedne zone

Za susjedne zone bez prozora ili otvora prema okolini, vrijedi sljedeći izraz za proračun odvedenog zraka;

Broj izmjena zraka uslijed odlaznog zraka u susjedne zone

$$n_{z,exh} = \frac{\dot{V}_z}{V} = \frac{(n_{mech,exh,j} - n_{mech,sup,j})V_j}{V_i} \quad [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (103,104)} \quad (2.40)$$

gdje je $\dot{V}_z$ volumenski protok zraka koji odlazi u susjedne zone, samo u slučaju mehaničkih ventilacija kada su one u pogonu.

U svim ostalim slučajevima broj izmjena zraka treba biti specificiran uzimajući u obzir strukturne i tehničke aspekte ventilacije

U slučaju da postoji strujanje zraka između susjednih zona, valja korigirati proračun dolaznog zraka prozračivanjem na način da se u jednadžbama (2.16), (2.23), (2.24), (2.30), (2.31), (2.32) i (2.33) i njihovim pripadajućim uvjetima umjesto $(n_{mech,sup})$ koristi $(n_{mech,sup} + n_{z,sup})$

Ventilacija nekondicioniranih prostora, prema HRN EN ISO 13789

Kako procjena transmisijskih gubitaka ne bi bila preniska, volumni protok zraka između kondicioniranih i nekondicioniranih prostora se uzima da je jednak nuli.

Volumni protok zraka između kondicioniranog i nekondicioniranog prostora

$$\dot{V}_{iu} = 0 \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{HRN EN ISO 13789(10)} \quad (2.41)$$

Broj izmjena zraka između nekondicioniranog i vanjskog prostora

Broj izmjena zraka između nekondicioniranog i vanjskog prostora uzima se iz Tablice 2.6 s obzirom na opis nekondicioniranog prostora koji najviše odgovara onima iz spomenute tablice.

Tablica 2.6. (HRN EN 13789 (2)) Konvencionalne vrijednosti broja izmjena zraka između nekondicioniranog prostora i vanjskog okoliša.

Br	Tip zrakopropusnosti	n_{ue} [h ⁻¹]
1	Prostor bez vrata i prozora, svi spojevi između komponenata dobro zabrtvljeni, nema ventilacijskih otvora	0.1
2	Prostor u kojem su svi spojevi između komponenata dobro zabrtvljeni, nema ventilacijskih otvora	0.5
3	Prostor u kojem su svi spojevi između komponenata dobro zabrtvljeni, postoje mali ventilacijski otvori	1
4	Zrakopropusan prostor zbog lokalnih otvorenih spojeva između komponenti ili trajnih ventilacijskih otvora	3
5	Zrakopropusan prostor zbog mnogih otvorenih spojeva između komponenti ili velikih, brojnih i trajnih ventilacijskih otvora	10

Ukoliko je broj izmjena zraka n_{50} poznat, potrebno je iz Tablice 2.6 uzeti onaj broj izmjena zraka koji je najbliži vrijednosti $\frac{n_{50}}{20}$.

3. Potrebna toplinska energija za ventilaciju

3.1 Prirodna ventilacija

TOPLINSKA I RASHLADNA OPTEREĆENJA

Proračunski period

$t = 24 \cdot d$ [h]	mjesečna metoda	(3.1a)
$t = 1$ h	satna metoda	(3.2b)

d je ukupni broj dana u pojedinom mjesecu (d);

Napomena 1: kod primjene mjesečne metode, dobivene vrijednosti $Q_{Ve,mech}$ za proračunski period t se kod proračuna $Q_{H,nd}$ i $Q_{C,nd}$ pri nekontinuiranom radu u Algoritmu prema HRN EN ISO 13790 dodatno korigiraju preko bezdimenzijskog redukcijskog faktora $\alpha_{H,red}$ i $\alpha_{C,red}$.

Napomena 2: kod primjene satne metode, dobivene satne vrijednosti $Q_{Ve,mech}$ za proračunski period t se zbrajaju tijekom jednog dana u periodu kada sustav radi, te se potom preračunavaju na mjesečne i godišnje vrijednosti prema izrazima u Pog. 6.

INFILTRACIJA

Koeficijent izmjene topline uslijed infiltracije

$$H_{Ve,inf} = 0.34 \cdot n_{inf} V \quad [\text{W/K}] \quad \text{DIN V 18599-2 (58)} \quad (3.3)$$

Potrebna toplinska energija uslijed infiltracije

$$Q_{Ve,inf} = \frac{H_{V,inf} (g_{int} - g_e)}{1000} t \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-2 (56)} \quad (3.4)$$

PROZRAČIVANJE

Koeficijent izmjene topline uslijed prozračivanja

$$H_{Ve,win} = 0.34 \cdot n_{win} V \quad [\text{W/K}] \quad \text{DIN V 18599-2 (66)} \quad (3.5)$$

Potrebna toplinska energija uslijed prozračivanja

$$Q_{Ve,win} = \frac{H_{V,win} (g_{int} - g_e)}{1000} t \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-2 (64)} \quad (3.6)$$

SUSJEDNE ZONE

Koeficijent izmjene topline uslijed dolaznog zraka iz susjedne zone

$$H_{Ve,z} = 0.34 \cdot n_{z,sup} \frac{t_{V,mech}}{24} V \quad [\text{W/K}] \quad \text{DIN V 18599-2 (99)} \quad (3.7)$$

Toplinsko opterećenje uslijed dolaznog zraka iz susjedne zone, kada $g_{int} > g_e$

$$Q_{Ve,z} = \frac{H_{V,z} (g_{int} - g_z)}{1000} t \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-2 (97,98)} \quad (3.8)$$

g_z – temperatura susjedne zone, [°C]

NEKONDICIONIRANE ZONE

Koeficijent ventilacijske izmjene topline nekondicioniranih zona

$$H_{Ve,ue} = 0.34n_{ue}V \quad [\text{W/K}] \quad \text{DIN V 18599-2 (58)} \quad (3.9)$$

Potrebna toplinska energija nekondicioniranih zona

$$Q_{Ve,ue} = \frac{H_{Ve,ue}(\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_z)}{1000} t \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-2 (97,98)} \quad (3.10)$$

U satnoj metodi $Q_{Ve,inf}$, $Q_{Ve,win}$, $Q_{Ve,z}$, $Q_{Ve,ue}$ sume satnih vrijednosti u jednom danu.

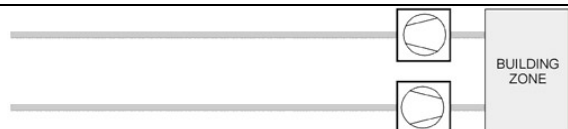
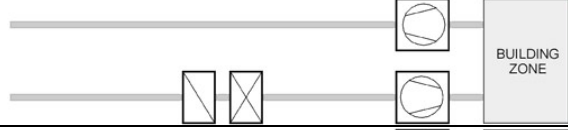
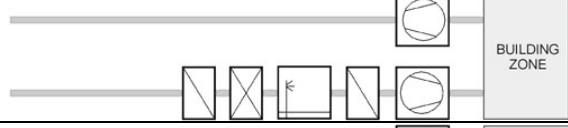
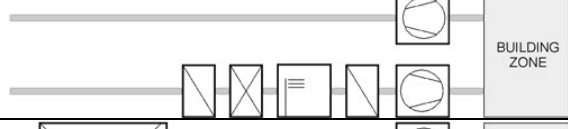
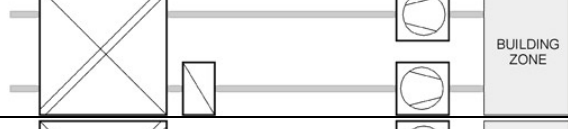
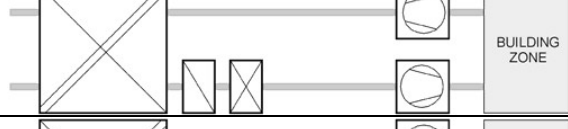
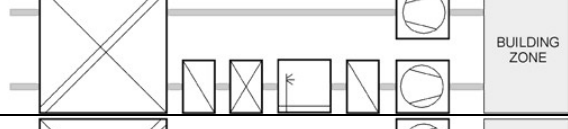
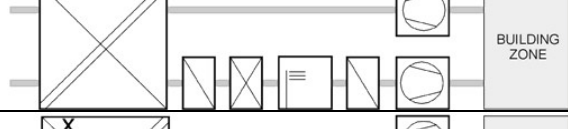
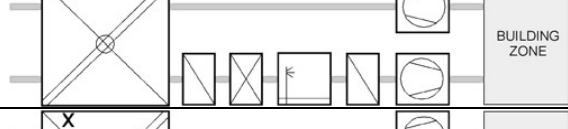
U mjesečnoj metodi $Q_{Ve,inf}$, $Q_{Ve,win}$, $Q_{Ve,z}$, $Q_{Ve,ue}$ su mjesečne vrijednosti računate s d =ukupni broj dana u pojedinom mjesecu.

3.2 Mehanička ventilacija

Izbor sustava, DIN 18599-3

Tablica 3.1a. Brojevi varijanti GViK sustava

		Broj varijante																																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		
Regulacija vlažnosti	Nema	X	X	X	X																																												
	Unutar tolerancija					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
	Bez tolerancija																																																
Tip ovlaživača	vođeno - kontrolirano					X	X	X	X	X	X	X																																					
	vođeno - nekontrolirano													X	X	X	X	X	X	X																													
	parno																				X	X	X	X	X	X	X																						
Vrsta povrata topline	Nema	X				X							X							X							X									X													
	Senzibilna		X	X	X		X	X	X					X	X	X					X	X	X					X	X	X						X	X	X					X	X	X				
	Senzibilna i latentna									X	X	X					X	X	X					X	X	X					X	X	X					X	X	X					X	X	X		
Faktor povrata topline	50%		X				X			X				X			X				X			X				X			X				X			X				X							
	65%			X				X			X				X			X				X			X				X			X				X					X					X			
	70%				X				X			X				X			X				X			X				X			X				X				X					X			

Redni broj sheme	Shema				Broj varijante			
1					Energija za pripremu zraka nije potrebna			
2					Energija za pripremu zraka nije potrebna			
3					Potrebna energija može se izračunati iz sheme 4			
4					1			
5					5 12 26	33		
6					19 40			
7					Potrebna energija može se izračunati iz sheme 8			
8					2 3 4			
9					6 7 8	13 14 15	27 28 29	34 35 36
10					20 21 22	41 42 43		
11					9 10 11	16 17 18	30 31 32	37 38 39
12					23 24 25	44 45 46		

Tablica 3.1b. Shematski prikazi varijanti GViK sustava

ULAZNE VELIČINE

Zajedničke ulazne veličine za sve sheme:

ϑ_{int}	- unutarnja temperatura zone, iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790 (°C)
ϑ_e	- vanjska temperatura, podatak iz pravilnika koji se odnosi na en. certificiranje zgrada, (°C)
p_d	- parcijalni tlak vodene pare vanjskog zraka, podatak iz pravilnika koji se odnosi na en. certificiranje zgrada, (mbar)
ρ_a	- gustoća zraka, (kg/m ³), $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$
c_{pa}	- specifični toplinski kapacitet zraka, (kJ/kgK), $c_{pa} = 1.01 \text{ kJ/kgK}$
$\dot{V}_{\text{mech, sup}}$	- volumni protok mehaničke ventilacije, (m ³ /h)
d	- broj dana u promatranom periodu (d)

Ulazne veličine za sheme **3,4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12:**

ϑ_{rv}	- temperatura rashladne vode, (°C)
Q_{Tr}	- transmisijski toplinski gubici u promatranom periodu od d dana, (kWh), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790
$Q_{Ve, inf}$	- potrebna toplinska energija radi infiltracije u promatranom periodu, (kWh), iz Poglavlja 2
$Q_{Ve, win}$	- potrebna toplinska energija radi prozračivanja u promatranom periodu, (kWh), iz Poglavlja 2
$Q_{C, gn}$	- toplinski dobici od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja u promatranom periodu, (kWh), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790
$\eta_{C, ls}$	- faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja
$Q_{H, gn}$	- toplinski dobici od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja u promatranom periodu, (kWh), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790
$\eta_{H, gn}$	- stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka kod grijanja
k_v	- udio toplinskog opterećenja koje pokriva mehanička ventilacija, vidi poglavlje 4 (-)

Ulazna veličina za sheme **2, 7, 8, 9, 10, 11, 12:**

η_{hru}	- faktor povrata topline, (-), projektna vrijednost ili Tablica 3.3
--------------	---

Tablica 3.3. (DIN V 18599-7 (4)) Faktor povrata topline u ovisnosti o tipu izmjenjivača

Tip izmjenjivača	Faktor povrata osjetne topline, η_{hru} [-]	Faktor povrata latentne topline [-]
Pločasti izmjenjivač	0,5	-
Pločasti izmjenjivač - protusmjerni, križni	0,65	-
Rotirajući, bez sorpcijskog materijala	0,7	0
Rotirajući, sa sorpcijskim materijalom	0,7	0,7

Ulazna veličina za sheme **6, 10, 12**:

f_{steam}	- faktor učinkovitosti parnog ovlaživača, (-), Tablica 3.4
--------------------	--

Tablica 3.4. Faktor učinkovitosti parnog ovlaživača u ovisnosti o vrsti ovlaživača

Vrsta generatora vlage	f_{steam}
Električni	1,16
Uljni (prema vrsti izgaranja)	1,45
Plinski (prema vrsti izgaranja)	1,51

Ulazna veličina za sheme **5, 9, 11**:

ϑ_w	– temperatura vode za ovlaživanje, $\vartheta_w = 12.5^\circ\text{C}$
---------------	---

Ulazna veličina za sheme **5, 6, 8, 9, 10, 11, 12**:

$x_{\text{mech,sup}}$	- apsolutna vlažnost ubacivanog zraka, (kg/kg), Tablice 3.5 i 3.6
-----------------------	---

Tlak zasićenja pri temperaturi vanjskog zraka (za ljeto)

$$p_s(\vartheta_{\text{int}}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{\text{int}}} - \frac{4065}{\vartheta_{\text{int}} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq 80^\circ\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.11a)$$

Kod primjene satne metode vrijednosti parcijalnog tlaka i sadržaja vlage se određuju prema

$$p_d(\vartheta_e) = \%RH / 100 \cdot e^{\frac{23.621}{\vartheta_e} - \frac{4065}{\vartheta_e + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad (3.12b)$$

$$x_e = 0.622 \frac{p_d}{100000 - p_d} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.131c)$$

%RH – relativna vlažnost zraka [%]

Tablica 3.5. Apsolutna vlažnost ubacivanog zraka za sustave sa kontrolom vlažnosti unutar tolerancija

Sustavi sa kontrolom vlažnosti unutar tolerancija, DIN V 18599-3			
$x_{\text{mech,sup}}$ [kg/kg]	Zima	Ljeto	
		$p_s(\vartheta_{\text{int}}) > 1737\text{Pa}$	$p_s(\vartheta_{\text{int}}) \leq 1737\text{Pa}$
	0.006	0.011	$\frac{0.5911}{\frac{100000}{p_s(\vartheta_{\text{int,ljeto}})} - 0.95}$

Tablica 3.6. Apsolutna vlažnost ubacivanog zraka za sustave sa kontrolom vlažnosti bez tolerancija

Sustavi sa kontrolom vlažnosti bez tolerancija, DIN V 18599-3		
	Zima	Ljeto
		$p_s(\vartheta_{\text{int}}) > 1269\text{Pa}$ $p_s(\vartheta_{\text{int}}) \leq 1269\text{Pa}$

$x_{mech,sup}$ [kg/kg]	0.008	0.008	$\frac{0.5911}{\frac{100000}{p_s(\vartheta_{int,ljeto})} - 0.95}$
------------------------	-------	-------	---

Napomena: termini "zima" i "ljeto" se odnose na period grijanja i hlađenja, respektivno.

PRORAČUN**Proračunski period**

$$t = 24 \cdot d \quad [\text{h}] \quad \text{mjesечna metoda} \quad (3.14a)$$

$t = 1 \text{ h}$ satna metoda

d je ukupni broj dana u pojedinom mjesecu (d);

Napomena: Kod primjene Jednostavne satne metode iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790 do vrijednosti $Q_{Ve, mech}$ dolazi se iterativnim putem.

Apsolutna vlažnost vanjskog zraka (računa se za bilo koju shemu)

$$x_e = 0.622 \frac{p_d}{1000 - p_d} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.15a)$$

Entalpija vanjskog zraka (računa se za bilo koju shemu)

$$h_e = 1.01 \vartheta_e + x_e (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad \text{DIN V 18599-3} \quad (3.12b)$$

Entalpija unutrašnjeg zraka (računa se za bilo koju shemu)

$$h_{\text{int}} = 1.01 \vartheta_{\text{int}} + x_{\text{mech, sup}} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{\text{int}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad \text{DIN V 18599-3} \quad (3.12c)$$

Pri proračunu u zimskom periodu bilo koje sheme valja paziti na sljedeće:

Ako $\vartheta_{\text{mech, sup}} - \vartheta_{\text{int}} > 15^\circ\text{C}$ potrebno je, za predmetno proračunsko radoblje, povećavati volumni protok mehaničke ventilacije dodavanjem recirkulacijskog zraka dok ne bude ispunjeno $\vartheta_{\text{mech, sup}} - \vartheta_{\text{int}} \leq 15^\circ\text{C}$

Pri proračunu u ljetnom periodu bilo koje sheme valja paziti na sljedeće:

Ako $\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_{\text{mech, sup}} > 10^\circ\text{C}$ potrebno je, za predmetno proračunsko radoblje, povećavati volumni protok mehaničke ventilacije dodavanjem recirkulacijskog zraka dok ne bude ispunjeno $\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_{\text{mech, sup}} \leq 10^\circ\text{C}$

Pri tome se volumni protok recirkulacijskog zraka $\dot{V}_{\text{mech, rec}}$ određuje prema

$$\dot{V}_{\text{mech, rec}} = \dot{V}_{\text{mech, sup}} \frac{h_{\text{mech, sup}} - h_M}{h_M - h_{\text{int}}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.16a)$$

Zima

$$h_M = 1.01(\vartheta_{\text{int}} + 15^\circ\text{C}) + x_{\text{mech, sup}} (2501 + 1.86 \cdot (\vartheta_{\text{int}} + 15^\circ\text{C})) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.13b)$$

Ljeto

$$h_M = 1.01(\vartheta_{\text{int}} - 10^\circ\text{C}) + x_{\text{mech, sup}} (2501 + 1.86 \cdot (\vartheta_{\text{int}} - 10^\circ\text{C})) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.13c)$$

Shema 1**Zima****Ukupno toplinsko ventilacijsko opterećenje**

$$Q_{H, Ve, mech} = \frac{\rho_a c_{pa} \dot{V}_{mech, sup} (\vartheta_{int} - \vartheta_e) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.17)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech, sup} = \vartheta_e \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.18)$$

Ljeto**Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju**

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a c_{pa} \dot{V}_{mech, sup} (\vartheta_{int} - \vartheta_e) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.19)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech, sup} = \vartheta_e \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.20)$$

Shema 2**Zima i ljeto****Entalpija zraka na ulazu u rekuperator**

$$h_e = 1.01\vartheta_e + x_e (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.19a)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_e (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.21b)$$

Razlika entalpija uslijed povrata osjetne topline

$$\Delta h_{hru} = \min \{0; \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] - \text{ljetni period} \quad (3.22)$$

$$\Delta h_{hru} = \max \{0; \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] - \text{zimski period} \quad (3.23)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju (samo zima)

$$Q_{H, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{pom} - h_e - \Delta h_{hru}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.24)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju (samo ljeto)

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{pom} - h_e - \Delta h_{hru}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.25)$$

Entalpija ubacivanog zraka

$$h_{mech, sup} = h_e + \Delta h_{hru} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.26)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{mech,sup} - 2501x_e}{1.01 + 1.86x_e} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.27)$$

Shema 3

Računa se identično kao zimski period Sheme 4

Shema 4

Napomena: u zimskom periodu koristi se samo grijač, a u ljetnom samo hladnjak

Zima

Entalpija zraka na ulazu u grijač

$$h_{heater,in} = 1.01\vartheta_e + x_e(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.28)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_e(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.29)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.27a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.27b)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz grijača

$$h_{mech,sup} = h_{heater,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.307c)$$

Toplinska energija za predana grijačem

$$Q_{heater} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{heater,in}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.31)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{heater,in} - \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.32)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{heater,out} - 2501x_e}{1.01 + 1.86x_e} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.33)$$

Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt,rec}$$

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_e}{1.01 + 1.86x_e}$$

Ljeto
Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = 1.01\vartheta_e + x_e(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.34)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{rv}} - \frac{4065}{\vartheta_{rv} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.35)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.36)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja (transmisija infiltracija, sunce, ljudi, uređaji, rasvjeta)

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.37a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.33b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

1a) Uvjet $x_{s,min} \geq x_e$

Vlažnost ubacivanog zraka

$$x_{mech,sup} = x_e \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.38)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.39)$$

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01g_{rv} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.40)$$

Entalpija zraka na izlazu hladnjaka

$$h_{mech,sup} = h_{cool,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.41)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.42)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.43)$$

Jednostana satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.40)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{cool,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.44)$$

Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_e}{1.01 + 1.86x_e}$$

1b) Uvjet $x_{s,min} < x_e$ **Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)**

$$h_{s,min} = 1.01g_{rv} + x_{s,min}(2501 + 1.86 \cdot g_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.45)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_e - h_{s,\min}}{x_e - x_{s,\min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.46)$$

Vlažnost ubacivanog zraka

$$x_{mech,\sup} = \frac{1.01g_{\text{int}} + mx_{s,\min} - h_{s,\min} - \Delta h_{opt}}{m - (2501 + 1.86 \cdot g_{\text{int}})} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.47)$$

Entalpija ubacivanog zraka tj. na izlazu iz hladnjaka

$$h_{mech,\sup} = h_{cool,out} = m(x_{mech,\sup} - x_{s,\min}) + h_{s,\min} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.48)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,\sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.49)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.50a)$$

Jednostana satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,\sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.47b)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,\sup} = \frac{h_{mech,\sup} - 2501x_{mech,\sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,\sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.51)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema Jedn. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,\sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,\sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,\sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,\sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,\sup}}$$

Shema 5

Zima

Faktor odnosa razlike vlažnosti za ovlaživače, DIN V 18599-3

Ovlaživač sa regulacijom vlažnosti	Ovlaživač bez regulacije vlažnosti
$\varphi \leq 0.95$	$\varphi = 0.95$

U slučaju ovlaživača sa regulacijom vlažnosti, ako faktor odnosa, φ nije poznat, uzima se standardna vrijednost od 0.95

Maksimalna vlažnost zraka na izlazu ovlaživača

$$x_{\max} = x_e + \frac{x_{\text{mech,sup}} - x_e}{\varphi} \quad [\text{kg/kg}] \quad \text{DIN V 18599-3} \quad (3.52)$$

Parcijalni tlak vodene pare za maksimalnu vlažnost

$$p_{d,\max}(x_{\max}) = \frac{100000x_{\max}}{0.622 + x_{\max}} \quad [\text{Pa}] \quad (3.53)$$

Temperatura zasićenja za parcijalni tlak kod maksimalne vlažnosti

$$\vartheta_{s,\max}(p_{d,\max}) = \frac{4065}{23.621 - \ln(p_{d,\max})} - 236.2506 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad (3.54)$$

Entalpija zraka kod maksimalne vlažnosti

$$h_{\max} = 1.01\vartheta_{s,\max} + x_{\max}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{s,\max}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.55)$$

Entalpija na izlazu iz grijača 1

$$h_{\text{heater1,out}} = \max\{h_e; h_{\max} - 4.187\vartheta_w(x_{\max} - x_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.56)$$

Entalpija na ulazu u grijač 1

$$h_{\text{heater1,in}} = 1.01\vartheta_e + x_e(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.57)$$

Entalpija zraka na ulazu u grijač 2

$$h_{\text{heater2,in}} = h_{\text{heater1,out}} - 4.187\vartheta_w(x_e - x_{\text{mech,sup}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.58)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{\text{pom}} = 1.01\vartheta_{\text{int}} + x_{\text{mech,sup}}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{\text{int}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.57a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{\text{opt}} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{\text{Tr}} + Q_{\text{Ve,inf}} + Q_{\text{Ve,win}}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.57b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{\text{opt}} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.57c)$$

$Q_{H,nd}$ *- potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz grijača 2

$$h_{heater2,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.57d)$$

Toplinska energija predana grijačem 1

$$Q_{heater1} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.59)$$

Toplinska energija predana grijačem 2

$$Q_{heater2} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater2,out} - h_{heater2,in}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.60)$$

Toplinska energija predana grijačima 1 i 2

$$Q_{heater} = Q_{heater1} + Q_{heater2} \quad [\text{kWh}] \quad (3.61)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in} + h_{heater2,out} - h_{heater2,in} - \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.62)$$

Napomena: Ukoliko je $Q_{H,nd}$ manji od $Q_{heater1}$ (uvjeti kad je proračunski $Q_{heater2}$ manji od 0) za vrijednost $Q_{H,nd}$ uzima se vrijednost $Q_{heater1}$ te za vrijednost k_v se uzima 1

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{heater2,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.62)$$

Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

Ljeto

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = 1.01\vartheta_e + x_e(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.63)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{rv}} - \frac{4065}{\vartheta_{rv} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq 80^\circ\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.64)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.65)$$

Ako $x_{s,min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.66a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.67b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{s,min}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.68)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_e - h_{s,min}}{x_e - x_{s,min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.69)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.70)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{need} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.71)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.72)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

1) Uvjet $x_e \leq x_{mech,sup}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187 g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.73)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{out} = h_{need} - n(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.74)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_e) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.75)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.76)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.77)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.78)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_e + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.79)$$

2) Uvjet $x_e > x_{mech,sup}$

Kontrolna entalpija

$$h_{contr} = h_e - m(x_e - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.80)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

2a) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja

2b) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja

2c) ako $h_{contr} < h_{s,min}$ – potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187 g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.81)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s,min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s,min} - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.82)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out})}{3600} t \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.83)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.84)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_e + \Delta h_{opt})}{3600} t \quad [\text{kWh}] \quad (3.85)$$

2b) Uvjet $h_{s,\min} < h_{\text{contr}} \leq h_{\text{need}}$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{\text{cool,out}} = h_{\text{contr}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.86)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{\text{cool}} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{cool,in}} - h_{\text{cool,out}}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.87)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{\text{cool}}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,\inf} + Q_{ve,\text{win}}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.88)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{cool,out}} - h_e + \Delta h_{\text{opt}}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.89)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{\text{heater}} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{need}} - h_{\text{contr}}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.90)$$

Shema 6

Zima

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.91)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.91a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.91b)$$

Jednostana satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.91c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz ovlaživača

$$h_{mech,sup} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.91d)$$

Entalpija zraka na izlazu iz grijača

$$h_{heater,out} = h_{mech,sup} - \Delta h_{hsteam} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.92e)$$

Toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_e) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.93)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{steam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.94)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_e - \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.95)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{mech,sup} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.95)$$

Napomena: $h_{mech,sup} = h_{heater2,out}$

Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

Ljeto

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = 1.01g_e + x_e(2501 + 1.86 \cdot g_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.96)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(g_{rv}) = e^{\frac{23.621 - \frac{4065}{g_{rv} + 236.2506}}{}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^\circ\text{C} \leq g \leq 80^\circ\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.97)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(g_{rv})}{100000 - p_s(g_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.98)$$

Ako $x_{s,min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.99a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.99b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01g_{rv} + x_{s,min}(2501 + 1.86 \cdot g_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.100)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_e - h_{s,\min}}{x_e - x_{s,\min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.101)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{\text{int}} + x_{\text{mech,sup}}(2501 + 1.86 \cdot g_{\text{int}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.102)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{\text{need}} = h_{pom} - \Delta h_{\text{opt}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.103)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{\text{mech,sup}} = \frac{h_{\text{need}} - 2501x_{\text{mech,sup}}}{1.01 + 1.86x_{\text{mech,sup}}} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.104)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{\text{opt,rec}} = \frac{\dot{V}_{\text{mech,sup}} \cdot \Delta h_{\text{opt}}}{\dot{V}_{\text{mech,sup}} + \dot{V}_{\text{mech,rec}}}$$

$$h_{\text{rec,out}} = h_{pom} - \Delta h_{\text{opt,rec}}$$

$$g_{\text{mech,sup}} = \frac{h_{\text{rec,out}} - 2501x_{\text{mech,sup}}}{1.01 + 1.86x_{\text{mech,sup}}}$$

1) Uvjet $x_e \leq x_{\text{mech,sup}}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.105)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{\text{out}} = h_{\text{need}} - n(x_{\text{mech,sup}} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.106a)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{\text{hsteam}} = 2676(x_{\text{mech,sup}} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.107b)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{\text{steam}} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} \Delta h_{\text{steam}} t}{3600} \cdot f_{\text{steam}} \quad [\text{kWh}] \quad (3.1086c)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{out}} - h_e) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.109)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.110a)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.111)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{Q_{C, gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C, ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve, inf} + Q_{Ve, win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.112)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{out} - h_e + \Delta h_{opt})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.113)$$

2) Uvjet $x_e > x_{mech, sup}$

Kontrolna entalpija

$$h_{contr} = h_e - m(x_e - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.114)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

2a) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja

2b) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja

2c) ako $h_{contr} < h_{s, min}$ – potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.115)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool, out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s, min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s, min} - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.116)$$

Apsolutna vlažnost na izlazu iz hladnjaka

$$x_{cool, out} = x_{mech, sup} + \frac{h_{cool, out} - h_{need}}{n} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.117)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech, sup} - x_{cool, out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.118)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{steam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.119a)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.1208)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.12119)$$

Satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_e + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.122)$$

$$2b) \text{ Uvjet } h_{s,min} < h_{contr} \leq h_{need}$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{contr} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.123)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.124)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju – hlađenje

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.125)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_e + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.126)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{heater} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{need} - h_{contr}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.127)$$

Shema 7

Računa se identično kao zimski period sheme 8

Shema 8

Zima

Entalpija na izlazu iz rekuperatora

$$h_{rek,out} = \max\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.128)$$

Entalpija zraka na ulazu u grijač

$$h_{heater,in} = h_{rek,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.129)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_e (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.130a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.129b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.129c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz grijača

$$h_{heater,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.131)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{heater,in})}{3600} t \quad [\text{kWh}] \quad (3.132)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{heater,in} - \Delta h_{opt})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.133)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{heater,out} - 2501x_e}{1.01 + 1.86x_e} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.134)$$

Ljeto**Entalpija na izlazu iz rekuperatora**

$$h_{rek,out} = \min\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.135)$$

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = h_{rek,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.136)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621 - \frac{4065}{\vartheta_{rv} + 236.2506}}{}} [\text{Pa}] \quad 0.01^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq 80^\circ\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.137)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.138)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.139a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.140b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

1a) Uvjet $x_{s,min} \geq x_e$ **Vlažnost ubacivanog zraka**

$$x_{mech,sup} = x_e \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.141)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.142)$$

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.143)$$

Entalpija zraka na izlazu hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.144)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out})}{3600} t \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.145)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{Q_{C, gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C, ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve, inf} + Q_{Ve, win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.146)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, out} - h_{cool, in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.147)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech, sup} = \frac{h_{cool, out} - 2501x_{mech, sup}}{1.01 + 1.86x_{mech, sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.148)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt, rec} = \frac{\dot{V}_{mech, sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech, sup} + \dot{V}_{mech, rec}}$$

$$h_{rec, out} = h_{pom} - \Delta h_{opt, rec}$$

$$\vartheta_{mech, sup} = \frac{h_{rec, out} - 2501x_{mech, sup}}{1.01 + 1.86x_{mech, sup}}$$

1b) Uvjet $x_{s, min} < x_e$

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s, min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{s, min} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.149)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_{cool, in} - h_{s, min}}{x_e - x_{s, min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.150)$$

Vlažnost ubacivanog zraka

$$x_{mech, sup} = \frac{1.01\vartheta_{int} + mx_{s, min} - h_{s, min} - \Delta h_{opt}}{m - (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int})} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.151)$$

Entalpija ubacivanog zraka tj. na izlazu iz hladnjaka

$$h_{mech, sup} = h_{cool, out} = m(x_{mech, sup} - x_{s, min}) + h_{s, min} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.152)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, in} - h_{cool, out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.153)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{Q_{C, gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C, ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve, inf} + Q_{Ve, win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.154)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, out} - h_{cool, in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.155)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech, sup} = \frac{h_{mech, sup} - 2501x_{mech, sup}}{1.01 + 1.86x_{mech, sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.156)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt, rec} = \frac{\dot{V}_{mech, sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech, sup} + \dot{V}_{mech, rec}}$$

$$h_{rec, out} = h_{pom} - \Delta h_{opt, rec}$$

$$g_{mech, sup} = \frac{h_{rec, out} - 2501x_{mech, sup}}{1.01 + 1.86x_{mech, sup}}$$

Shema 9

Zima

Entalpija na izlazu iz rekuperatora

$$h_{rek,out} = \max\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.157)$$

Faktor odnosa razlike vlažnosti za ovlaživače

Ovlaživač sa regulacijom vlažnosti	Ovlaživač bez regulacije vlažnosti
$\varphi \leq 0.95$	$\varphi = 0.95$

U slučaju ovlaživača sa regulacije vlažnosti, ako faktor odnosa, φ nije poznat, uzima se standardna vrijednost od 0.95

Maksimalna vlažnost zraka na izlazu ovlaživača

$$x_{\max} = x_e + \frac{x_{mech,sup} - x_e}{\varphi} \quad [\text{kg/kg}] \quad \text{DIN V 18599-3} \quad (3.158)$$

Parcijalni tlak vodene pare za maksimalnu vlažnost

$$p_{d,\max}(x_{\max}) = \frac{100000 x_{\max}}{0.622 + x_{\max}} \quad [\text{Pa}] \quad (3.159)$$

Temperatura zasićenja za parcijalni tlak kod maksimalne vlažnosti

$$\vartheta_{s,\max}(p_{d,\max}) = \frac{4065}{23.621 - \ln(p_{d,\max})} - 236.2506 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad (3.160)$$

Entalpija zraka kod maksimalne vlažnosti

$$h_{\max} = 1.01 \vartheta_{s,\max} + x_{\max} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{s,\max}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.161)$$

Entalpija na izlazu iz grijača 1

$$h_{heater1,out} = \max\{h_{rek,out}; h_{\max} - 4.187 \vartheta_w (x_{\max} - x_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.162)$$

Entalpija na ulazu u grijač 1

$$h_{heater1,in} = h_{rek,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.163)$$

Entalpija zraka na ulazu u grijač 2

$$h_{heater2,in} = h_{heater1,out} - 4.187 \vartheta_w (x_e - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.164)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01 \vartheta_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.165a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.162b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.162c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnim satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz grijača 2

$$h_{heater2,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.166)$$

Toplinska energija predana grijačem 1

$$Q_{heater1} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.167)$$

Toplinska energija predana grijačem 2

$$Q_{heater2} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater2,out} - h_{heater2,in})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.168)$$

Toplinska energija predana grijačima 1 i 2

$$Q_{heater} = Q_{heater1} + Q_{heater2} \quad [\text{kWh}] \quad (3.169)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in} + h_{heater2,out} - h_{heater2,in} - \Delta h_{opt})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.170)$$

Napomena: Ukoliko je $Q_{H,nd}$ manji od $Q_{heater1}$ (uvjeti kad je proračunski $Q_{heater2}$ manji od 0) za vrijednost $Q_{H,nd}$ uzima se vrijednost $Q_{heater1}$ te za vrijednost k_v se uzima 1

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{mech,sup} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.17167)$$

Napomena: $h_{mech,sup} = h_{heater2,out}$

Ljeto

Entalpija na izlazu iz rekuperatora

$$h_{rek,out} = \min\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (g_{int} - g_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.172)$$

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = h_{rek,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.173)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(g_{rv}) = e^{\frac{23.621}{g_{rv}} - \frac{4065}{g_{rv} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq g \leq 80^{\circ}\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.174)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,\min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.175)$$

Ako $x_{s,\min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.176a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.17772b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,\min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{s,\min} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.178)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_{rek,out} - h_{s,\min}}{x_e - x_{s,\min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.179)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.180)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{need} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.181)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^\circ\text{C}] \quad (3.182)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rek,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

1) Uvjet $x_e \leq x_{mech,sup}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187 g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.183)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{out} = h_{need} - n(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.184)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_{rek,out}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.185)$$

Potrebna toplinska energija za predana grijačem

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.186)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.187)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.188)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_{rek,out} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.189)$$

2) Uvjet $x_e > x_{mech,sup}$

Kontrolna entalpija

$$h_{contr} = h_{rek,out} - m(x_e - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.190)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

2a) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja

2b) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja

2c) ako $h_{contr} < h_{s,min}$ – potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187 g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.191)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s,min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s,min} - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.192)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.193)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.194)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.195)$$

2b) Uvjet $h_{s,min} < h_{contr} \leq h_{need}$
Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{contr} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.196)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.197)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.198)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.199)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{heater} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{need} - h_{contr}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.200)$$

Shema 10

Zima

Entalpija na izlazu iz rekuperatora

$$h_{rek,out} = \max\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.201)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.202)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.203a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.175b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.175c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz ovlaživača

$$h_{mech,sup} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.175d)$$

Entalpija zraka na izlazu iz grijača

$$h_{heater,out} = h_{mech,sup} - \Delta h_{hsteam} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.175e)$$

Toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max\left\{0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{rek,out})}{3600} t\right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.204)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{hsteam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.205)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{rek,out} - \Delta h_{opt})}{3600} t \quad [\text{kWh}] \quad (3.206)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{mech,sup} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.207)$$

Ljeto
Entalpija na izlazu iz rekuperatora

$$h_{rek,out} = \min\{h_e; h_e + \eta_{hru} c_{pa} (\vartheta_{int} - \vartheta_e)\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.208)$$

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = h_{rek,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.209)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{rv}} - \frac{4065}{\vartheta_{rv} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.210)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.211)$$

Ako $x_{s,min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.212a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.206b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{s,min} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.213)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_{rek,out} - h_{s,min}}{x_e - x_{s,min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.214)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.215)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{need} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.216)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.217)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

1) Uvjet $x_e \leq x_{mech,sup}$
Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.218)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{out} = h_{need} - n(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.219)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_{rek,out}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.220)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.125a)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{hsteam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.125b)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.125c)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.221)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{Q_{C, gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C, ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve, inf} + Q_{Ve, win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.222)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{out} - h_{rek, out} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.223)$$

 2) Uvjet $x_e > x_{mech, sup}$
Kontrolna entalpija

$$h_{contr} = h_{rek, out} - m(x_e - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.224)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

 2a) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja

 2b) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja

 2c) ako $h_{contr} < h_{s, min}$ – potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

 2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$
Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.225)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool, out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s, min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s, min} - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.226)$$

Apsolutna vlažnost na izlazu iz hladnjaka

$$x_{cool, out} = x_{mech, sup} + \frac{h_{cool, out} - h_{need}}{n} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.227)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech, sup} - x_{cool, out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.228)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} \Delta h_{hsteam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.229)$$

Toplinska energija za predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, in} - h_{cool, out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.230)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{Q_{C,gn}k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.231)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.232)$$

2b) Uvjet $h_{s,min} < h_{contr} \leq h_{need}$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{contr} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.233)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.234)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{Q_{C,gn}k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.235)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.236)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,Ve,mech} = Q_{heater} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{need} - h_{contr}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.237)$$

Shema 11

Zima

Pretpostavlja se da je stupanj povrata latentne topline jednak stupnju povrata senzibilne topline, η_{hru}

Entalpija dovedenog zraka na temperaturi prostorije

$$h_{\text{int}} = 1.01\vartheta_{\text{int}} + x_{\text{mech,sup}}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{\text{int}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.238)$$

Entalpija na izlazu iz regeneratora

$$h_{\text{reg,out}} = h_e + \eta_{hru}(h_{\text{int}} - h_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.239)$$

Vlažnost zraka na izlazu iz regeneratora

$$x_{\text{reg,out}} = x_e + \eta_{hru}(x_{\text{mech,sup}} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.240)$$

Faktor odnosa razlike vlažnosti za ovlaživače

Ovlaživač sa regulacijom vlažnosti	Ovlaživač bez regulacije vlažnosti
$\varphi \leq 0.95$	$\varphi = 0.95$

U slučaju ovlaživača sa regulacije vlažnosti, ako faktor odnosa, φ nije poznat, uzima se standardna vrijednost od 0.95

Maksimalna vlažnost zraka na izlazu ovlaživača

$$x_{\text{max}} = x_{\text{reg,out}} + \frac{x_{\text{mech,sup}} - x_{\text{reg,out}}}{\varphi} \quad [\text{kg/kg}] \quad \text{DIN V 18599-3} \quad (3.241)$$

Parcijalni tlak vodene pare za maksimalnu vlažnost

$$p_{d,\text{max}}(x_{\text{max}}) = \frac{100000x_{\text{max}}}{0.622 + x_{\text{max}}} \quad [\text{Pa}] \quad (3.242)$$

Temperatura zasićenja za parcijalni tlak kod maksimalne vlažnosti

$$\vartheta_{s,\text{max}}(p_{d,\text{max}}) = \frac{4065}{23.621 - \ln(p_{d,\text{max}})} - 236.2506 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad (3.243)$$

Entalpija zraka kod maksimalne vlažnosti

$$h_{\text{max}} = 1.01\vartheta_{s,\text{max}} + x_{\text{max}}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{s,\text{max}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.244)$$

Entalpija na izlazu iz grijača 1

$$h_{\text{heater1,out}} = \max\{h_{\text{reg,out}}; h_{\text{max}} - 4.187\vartheta_w(x_{\text{max}} - x_{\text{reg,out}})\} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.245)$$

Entalpija na ulazu u grijač 1

$$h_{\text{heater1,in}} = h_{\text{reg,out}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.246)$$

Entalpija zraka na ulazu u grijač 2

$$h_{\text{heater2,in}} = h_{\text{heater1,out}} - 4.187\vartheta_w(x_{\text{reg,out}} - x_{\text{mech,sup}}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.247)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.248a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.244b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.244c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz grijača 2

$$h_{heater2,out} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.244d)$$

Toplinska energija predana grijačem 1

$$Q_{heater1} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.249)$$

Toplinska energija predana grijačem 2

$$Q_{heater2} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater2,out} - h_{heater2,in}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.250)$$

Toplinska energija predana grijačima 1 i 2

$$Q_{heater} = Q_{heater1} + Q_{heater2} \quad [\text{kWh}] \quad (3.251)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater1,out} - h_{heater1,in} + h_{heater2,out} - h_{heater2,in} - \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.248)$$

Napomena: Ukoliko je $Q_{H,nd}$ manji od $Q_{heater1}$ (uvjeti kad je proračunski $Q_{heater2}$ manji od 0) za vrijednost $Q_{H,nd}$ se uzima vrijednost $Q_{heater1}$ te za vrijednost k_v se uzima 1.

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.252)$$

Napomena: $h_{mech,sup} = h_{heater2,out}$

Ljeto

Pretpostavlja se da je stupanj povrata latentne topline jednak stupnju povrata senzibilne topline, η_{hru}

Entalpija dovedenog zraka na temperaturi prostorije

$$h_{int} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.253)$$

Entalpija na izlazu iz regeneratora

$$h_{reg,out} = h_e + \eta_{hru}(h_{int} - h_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.254)$$

Vlažnost zraka na izlazu iz regeneratora

$$x_{reg,out} = x_e + \eta_{hru}(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.255)$$

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = h_{reg,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.256)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{rv}} - \frac{4065}{236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^\circ\text{C} \leq \vartheta \leq 80^\circ\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.257)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.258)$$

Ako $x_{s,min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls}(Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.259a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.256b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01\vartheta_{rv} + x_{s,min}(2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.260)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_{reg,out} - h_{s,min}}{x_{reg,out} - x_{s,min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.261)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.262)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{need} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.263)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.264)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

1) Uvjet $x_{reg,out} \leq x_{mech,sup}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.265)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{out} = h_{need} - (x_{mech,sup} - x_{reg,out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.266)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}(h_{out} - h_{reg,out})}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.267)$$

Potrebna toplinska energija –predana grijačem

$$Q_{H,Ve,mech} = Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.268)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.269)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{Q_{C,gn}k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.270)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{out} - h_{reg, out} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.271)$$

2) Uvjet $x_{reg, out} > x_{mech, sup}$

Kontrolna entalpija

$$h_{contr} = h_{reg, out} - m(x_{reg, out} - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.272)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

2a) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja

2b) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja

2c) ako $h_{contr} < h_{s, min}$ – potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 4.187 g_w \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.273)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool, out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s, min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s, min} - x_{mech, sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.274)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \min \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, out} - h_{cool, in}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.275)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{Q_{C, gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C, ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve, inf} + Q_{Ve, win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.276)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech, sup} (h_{cool, out} - h_{cool, in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.277)$$

2b) Uvjet $h_{s,\min} < h_{\text{contr}} \leq h_{\text{need}}$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{\text{cool,out}} = h_{\text{contr}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.278)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{\text{cool}} = \min \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{cool,out}} - h_{\text{cool,in}}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.279)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C, \text{Ve, mech}} = \frac{Q_{C, \text{gn}} k_v - Q_{\text{cool}}}{\eta_{C, \text{ls}}} - (Q_{\text{Tr}} + Q_{\text{Ve, inf}} + Q_{\text{Ve, win}}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.280)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C, \text{Ve, mech}} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{cool,out}} - h_{\text{cool,in}} + \Delta h_{\text{opt}}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.281)$$

Potrebna toplinska energija –predana grijačem

$$Q_{H, \text{Ve, mech}} = Q_{\text{heater}} = \frac{\rho_a \dot{V}_{\text{mech,sup}} (h_{\text{need}} - h_{\text{contr}}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.282)$$

Shema 12

Zima

Pretpostavlja se da je stupanj povrata latentne topline jednak stupnju povrata senzibilne topline, η_{hru}

Entalpija dovedenog zraka na temperaturi prostorije

$$h_{int} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.283)$$

Entalpija na izlazu iz regeneratora

$$h_{reg,out} = h_e + \eta_{hru}(h_{int} - h_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.284)$$

Vlažnost zraka na izlazu iz regeneratora

$$x_{reg,out} = x_e + \eta_{hru}(x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.285)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{steam} = 2676(x_{mech,sup} - x_{reg,out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.286)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup}(2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.2874a)$$

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{(Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) - \eta_{H,nd} Q_{H,gn}}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.284b)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{H,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.284c)$$

$Q_{H,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za grijanje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Entalpija zraka na izlazu iz ovlaživača

$$h_{mech,sup} = h_{pom} + \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.284d)$$

Entalpija zraka na izlazu iz grijača

$$h_{heater,out} = h_{mech,sup} - \Delta h_{hsteam} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.284e)$$

Toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{reg,out})}{3600} t \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.288f)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{steam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.289)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H, Ve, mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{heater,out} - h_{reg,out} - \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.290)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$\vartheta_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.29187)$$

Ljeto

Pretpostavlja se da je stupanj povrata latentne topline jednak stupnju povrata senzibilne topline, η_{hru}

Entalpija dovedenog zraka na temperaturi prostorije

$$h_{int} = 1.01\vartheta_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot \vartheta_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.292)$$

Entalpija na izlazu iz regeneratora

$$h_{reg,out} = h_e + \eta_{hru} (h_{int} - h_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.293)$$

Vlažnost zraka na izlazu iz regeneratora

$$x_{reg,out} = x_e + \eta_{hru} (x_{mech,sup} - x_e) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.294)$$

Entalpija na ulazu u hladnjak

$$h_{cool,in} = h_{reg,out} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.295)$$

Tlak zasićenja za temperaturu rashladne vode

$$p_s(\vartheta_{rv}) = e^{\frac{23.621}{\vartheta_{rv}} - \frac{4065}{\vartheta_{rv} + 236.2506}} \quad [\text{Pa}] \quad 0.01^{\circ}\text{C} \leq \vartheta \leq 80^{\circ}\text{C} \quad \text{DIN V 18599-3 (37)} \quad (3.296)$$

Minimalna vlažnost (za temperaturu rashladne vode)

$$x_{s,min} = 0.622 \frac{p_s(\vartheta_{rv})}{100000 - p_s(\vartheta_{rv})} \quad [\text{kg/kg}] \quad (3.297)$$

Ako $x_{s,min} > x_{reg,out}$ potrebno je smanjiti temperaturu rashladne vode ili koristiti shemu bez regulacije vlažnosti

Potrebna razlika entalpija uslijed toplinskog opterećenja suncem, transmisijom i infiltracijom

Mjesečna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win})}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.298a)$$

Jednostavna satna metoda:

$$\Delta h_{opt} = \frac{3600}{t} \frac{Q_{C,nd}^*}{\rho_a \dot{V}_{mech,sup}} k_v \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.294b)$$

$Q_{C,nd}^*$ - potrebna toplinska energija za hlađenje dobivena jednostavnom satnom metodom koja ne obuhvaća potrebnu toplinsku energiju za pripremu zraka (mehaničku ventilaciju)

Minimalna entalpija zraka (za temperaturu rashladne vode)

$$h_{s,min} = 1.01g_{rv} + x_{s,min} (2501 + 1.86 \cdot g_{rv}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.299)$$

Nagib pravca hlađenja

$$m = \frac{h_{reg,out} - h_{s,min}}{x_{reg,out} - x_{s,min}} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.300)$$

Ciljana entalpija zraka u prostoriji

$$h_{pom} = 1.01g_{int} + x_{mech,sup} (2501 + 1.86 \cdot g_{int}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.301)$$

Potrebna entalpija ubacivanja

$$h_{need} = h_{pom} - \Delta h_{opt} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.302)$$

Temperatura ubacivanog zraka

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{need} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.303)$$

Napomena: Ukoliko postoji potreba za računanjem volumnog protoka recirkulacijskog zraka prema jed. (3.13a), temperatura ubacivanog zraka se računa prema:

$$\Delta h_{opt,rec} = \frac{\dot{V}_{mech,sup} \cdot \Delta h_{opt}}{\dot{V}_{mech,sup} + \dot{V}_{mech,rec}}$$

$$h_{rec,out} = h_{pom} - \Delta h_{opt,rec}$$

$$g_{mech,sup} = \frac{h_{rec,out} - 2501x_{mech,sup}}{1.01 + 1.86x_{mech,sup}}$$

1) Uvjet $x_{reg,out} \leq x_{mech,sup}$

Nagib pravca ovlaživanja

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.304)$$

Entalpija na izlazu iz grijača ili hladnjaka

$$h_{out} = h_{need} - n(x_{mech,sup} - x_{reg,out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.305)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech,sup} - x_{reg,out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.302a)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{steam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.302b)$$

Toplinska energija predana grijačem/hladnjakom

$$Q_{h/c} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_{reg,out}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.306c)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{heater} = \max\{0; Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.302d)$$

Potrebna toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max\{0; -Q_{h/c}\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.307)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.308)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{out} - h_{reg,out} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.309)$$

2) Uvjet $x_{reg,out} > x_{mech,sup}$ **Kontrolna entalpija**

$$h_{contr} = h_{reg,out} - m(x_{reg,out} - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.310)$$

Kontrolna entalpija služi za provjeru ima li ovlaživanja ili ne:

1b-1) ako $h_{contr} > h_{need}$ – ima ovlaživanja1b-2) ako $h_{contr} < h_{need}$ – nema ovlaživanja1b-3) ako $h_{contr} < h_{s,min}$ – temperatura rashladne vode nije dovoljno niska2a) Uvjet $h_{contr} > h_{need}$ **Nagib pravca ovlaživanja**

$$n = 2676 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.311)$$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{need} - \frac{n}{m} h_{s,min} + \frac{n}{1 - \frac{n}{m}} (x_{s,min} - x_{mech,sup}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.312)$$

Apsolutna vlažnost na izlazu iz hladnjaka

$$x_{cool,out} = x_{mech,sup} + \frac{h_{cool,out} - h_{need}}{n} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.313)$$

Razlika entalpija na ovlaživaču

$$\Delta h_{hsteam} = 2676(x_{mech,sup} - x_{cool,out}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.314)$$

Toplinska energija na parnom ovlaživaču

$$Q_{steam} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} \Delta h_{hsteam} t}{3600} \cdot f_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.315)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

$$Q_{H,ve,mech} = Q_{steam} \quad [\text{kWh}] \quad (3.316)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.317)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.318)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.319)$$

2b) Uvjet $h_{s,min} < h_{contr} \leq h_{need}$

Entalpija na izlazu iz hladnjaka

$$h_{cool,out} = h_{contr} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (3.320)$$

Toplinska energija predana hladnjakom

$$Q_{cool} = \max \left\{ 0; \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,in} - h_{cool,out}) t}{3600} \right\} \quad [\text{kWh}] \quad (3.321)$$

Potrebna toplinska energija za ventilaciju

Mjesečna metoda:

$$Q_{C,ve,mech} = \frac{Q_{C,gn} k_v - Q_{cool}}{\eta_{C,ls}} - (Q_{Tr} + Q_{ve,inf} + Q_{ve,win}) k_v \quad [\text{kWh}] \quad (3.322)$$

Jednostavna satna metoda:

$$Q_{C,Ve,mech} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{cool,out} - h_{cool,in} + \Delta h_{opt}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.323)$$

Potrebna toplinska energija predana grijačem

$$Q_{H,Ve,mech} = Q_{heater} = \frac{\rho_a \dot{V}_{mech,sup} (h_{need} - h_{contr}) t}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (3.324)$$

IZLAZNE VELIČINE IZ PRORAČUNA

$Q_{H, Ve, mech}$	- Potrebna toplinska energija u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije kod zagrijavanja zraka (kWh);
$Q_{C, Ve, mech}$	- Potrebna toplinska energija u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije kod hlađenja zraka (kWh);
q_{heater}	- Specifična potrebna toplinska energija za grijanje u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije (kWh/(m ³ /h));
q_{cool}	- Specifična potrebna toplinska energija za hlađenje u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije (kWh/(m ³ /h));
$H_{H, Ve, mech}$	- Koeficijent ventilacijske izmjene topline za grijanje, sveden na razliku vanjske i unutarnje temperature (kWh/K);
$H_{C, Ve, mech}$	- Koeficijent ventilacijske izmjene topline za hlađenje, sveden na razliku vanjske i unutarnje temperature (kWh/K);

U satnoj metodi $Q_{H, Ve, mech}$ je suma satnih vrijednosti u jednom danu prema izrazu

$$Q_{H, Ve, mech} = \sum_i Q_{H, Ve, mech, i} \quad [\text{kWh/d}] \quad (3.325)$$

gdje se indeks i odnosi na satne vrijednosti u periodu rada mehaničke ventilacije, Tabl. 2.1.

U satnoj metodi $Q_{C, Ve, mech}$ je suma satnih vrijednosti u jednom danu prema izrazu

$$Q_{C, Ve, mech} = \sum_i Q_{C, Ve, mech, i} \quad [\text{kWh/d}] \quad (3.326)$$

gdje se indeks i odnosi na satne vrijednosti u periodu rada mehaničke ventilacije, Tabl. 2.1..

U mjesečnoj metodi $Q_{H, Ve, mech}$ je mjesečna vrijednost pri d =ukupni broj dana u pojedinom mjesecu.

Napomena: Ovdje izačunate mjesečne i satne veličine u Algoritmu prema HRN EN ISO 13790 imaju indekse m, odnosno h, respektivno.

Specifična potrebna toplinska energija za grijanje u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije

Satna metoda

$$q_{heater} = \frac{Q_{heater, i} + Q_{steam, i}}{\dot{V}_{mech, sup} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H, dis}} \quad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})] \quad (3.327a)$$

gdje se indeks i odnosi na satne vrijednosti u periodu rada mehaničke ventilacije, Tabl. 2.1.

$\beta_{H, dis}$ - faktor opterećenja, definiran u Pog. 4

t_{uk} – period proračuna, $t_{uk}=1$ h

Mjesečna metoda

U mjesečnoj metodi Q_{heater} je mjesečna vrijednost pri ukupnom broju dana u pojedinom mjesecu.

$$q_{heater} = \frac{Q_{heater} + Q_{steam}}{\dot{V}_{mech, sup} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H, dis}} \quad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})] \quad (3.328b)$$

$\beta_{H, dis}$ - faktor opterećenja, definiran u Pog. 4

t_{uk} – period proračuna, definiran u Pog. 4

Specifična potrebna toplinska energija za hlađenje u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije

Satna metoda

$$q_{cool} = \frac{Q_{cool,i}}{V_{mech,sup} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis}} \quad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})] \quad (3.329a)$$

gdje se indeks i odnosi na satne vrijednosti u periodu rada mehaničke ventilacije, Tabl. 2.1.

$\beta_{C,dis}$ - faktor opterećenja, definiran u Pog. 4

t_{uk} – period proračuna, $t_{uk}=1$ h

Mjesečna metoda

U mjesečnoj metodi Q_{cool} je mjesečna vrijednost pri d =ukupni broj dana u pojedinom mjesecu.

$$q_{cool} = \frac{Q_{cool}}{V_{mech,sup} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis}} \quad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})] \quad (3.330b)$$

$\beta_{C,dis}$ - faktor opterećenja, definiran u Pog. 4

t_{uk} – period proračuna, definiran u Pog. 4

Radi proračuna $Q_{H,nd}$ i $Q_{C,nd}$ u Algoritmu prema HRN EN ISO 13790, potrebno je izračunati koeficijente ventilacijske izmjene topline za grijanje i hlađenje, koji su, zbog potrebe spomenutog proračuna, svedeni na razliku vanjske i unutarnje temperature.

Koeficijent ventilacijske izmjene topline za grijanje, sveden na razliku vanjske i unutarnje temperature

Mjesečna metoda

$$H_{H,ve,mech} = \left| \frac{1000 \cdot Q_{H,ve,mech}}{(\vartheta_{int} - \vartheta_e) \cdot 24 \cdot d} \right| \quad [\text{W/K}] \quad (3.331)$$

Satna metoda

$$H_{H,ve,mech} = \frac{1000 \cdot Q_{H,ve,mech}}{(\vartheta_{int} - \vartheta_e) \cdot t} \quad [\text{W/K}] \quad (3.332)$$

Koeficijent ventilacijske izmjene topline za hlađenje, sveden na razliku vanjske i unutarnje temperature (satna metoda)

$$H_{C,ve,mech} = \frac{1000 \cdot Q_{C,ve,mech}}{(\vartheta_{int} - \vartheta_e) \cdot t} \quad [\text{W/K}] \quad (3.333)$$

Napomena: Kod izračuna H_{ve} za jednostavnu satnu metodu (Algoritam prema EN ISO 13790, prilog A) koristi se $H_{H,ve,mech}$ ukoliko je izračunata unutarnja temperatura u prethodnom satu $\vartheta_{air} \leq 21^\circ\text{C}$ odnosno $H_{C,ve,mech}$ ukoliko je $\vartheta_{air} > 21^\circ\text{C}$.

4. Proračun potrebne energije za rad generatora

4.1 Generator toplinskog učina

4.1.1 GViK sustavi

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (istrujni otvori) (vidi Jedn. (1.2))

$$Q_{H,em,in} = Q_{H,dis,out} = Q_{H,em,out} - Q_{H,em,aux,rvd} + Q_{H,em,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.1)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda (vidi Jedn. (1.2))

$$Q_{H,dis,in} = Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,out} - Q_{H,dis,aux,rvd} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,AHU,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.2)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje, tj. generatoru toplinskog učina, se onda temeljem prethodne dvije jednadžbe može skupno pisati kao

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,AHU,ls} + Q_{H,gen,ls} - \sum_i Q_{H,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

temeljem HRN EN 15243 (K.1) (4.3)

gdje je $Q_{H,em,out}$ toplinska energija koja se na istrujnim otvorima predaje u prostor (vidi Pog. 1)

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd} + Q_{steam} - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.4)$$

$Q_{H,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje (istrujni otvori) GViK sustava (kWh), $Q_{H,em,ls}=0$;
 $Q_{H,dis,ls}$ - ukupni toplinski gubici razvoda sustava grijanja (kWh);
 $Q_{H,AHU,ls}$ - ukupni toplinski gubici klimakomore (kWh);
 $Q_{H,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za grijanje (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a temeljem $Q_{H,gen,out}$;
 $Q_{H,aux,rvd,i}$ - vraćena pomoćna energija u pojedini podsustav (kWh), vidi Pog. 5.7;
 $Q_{H,nd}$ - potrebna toplinska energija za grijanje (kWh), proračun u Algoritmu prema EN ISO 13790;
 $\sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode, (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;
 $\sum_i Q_{H,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava ventilacije/klimatizacije (kWh), vidi Jedn. (4.25).

Napomena 1: Kad se računa mjesečnom metodom, iznos toplinske energija na ovlaživaču Q_{steam} računati za period t (Pog.3) dobije se na isti način kao i za $Q_{H,nd}$ za stvarno vrijeme rada sustava (vidi Algoritam prema EN ISO 13790)

Napomena 2: Za proračun $Q_{H,gen,ls}$ prema Algoritmu za sustave grijanja i pripremu PTV potrebno je poznavati toplinsku energiju na izlazu iz podsustava proizvodnje $Q_{H,gen,out}$, Jedn.(4.2).

Ukupni toplinski gubici razvoda (uključujući krug ogrjevnog medija i kanale za zrak)

$$Q_{H,dis,ls} = Q_{H,dis,f,ls} + Q_{H,dis,duct,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.5)$$

$Q_{H,dis,f,ls}$ - toplinski gubici podsustava razvoda ogrjevnog medija od generatora topl. učina do izmjenjivača (kWh), (računaju se prema Algoritmu za sustave grijanja i pripreme PTV-a $=Q_{H,dis,ls}$);

Ukupni toplinski gubici kanala u podsustavu razvoda zraka

$$Q_{H,dis,duct,ls} = Q_{H,dis,leak,ls} + Q_{H,dis,tr,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.6)$$

Toplinski gubici zbog propuštanja kanala u podsustavu razvoda zraka (osjetna+latentna toplina)

$$Q_{H,dis,leak,ls} = q_{heater} \cdot \sum_i \dot{V}_{duct,leak,i} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (4.7a)$$

$\dot{V}_{duct,leak,i}$ – propuštanje zraka kroz pojedine dionice kanalskog razvoda izvan grijanog prostora (m^3/h), Pog. 2;

q_{heater} – specifična potrebna toplinska energija u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$), Pog.3

t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{uk} = t_{v,mech} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{H,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{uk} = 1$ h kod satne metode (zbrojiti sve sate kad je $Q_{H,nd} > 0$).

$t_{v,mech}$ – dnevni broj sati rada sustava (h/d) (iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790);

$d_{use,tj}$ – broj dana korištenja sustava u tjednu (d/tj);

$L_{H,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za grijanjem u pojedinom mjesecu (d/mj), iz Algoritma prema EN ISO 13790),

Faktor opterećenja

$$\beta_{H,dis} = \frac{Q_{H,gen,out}}{\Phi_{H,gen} \cdot t_{uk}} \quad [-] \quad (4.8b)$$

$\Phi_{H,gen}$ – nazivna snaga generatora toplinskog učina (kW), podatak iz energetskog pregleda ili projekta;

Napomena 1: radi izbjegavanja iteracije može se uzeti $Q_{H,gen,out} = Q_{H,nd}$

Napomena 2: toplinski gubici klimakomore i razvodnih kanala smještenih u grijanom prostoru su uzeti u obzir preko $C_{inddorleak}$ tj. $n_{mech,sup}$ i $\dot{V}_{mech,sup}$, vidi Pog. 2.

Toplinski gubici transmisijom kroz stijenke kanalskog razvoda zraka

$$Q_{H,dis,tr,ls} = 16 \ (W / m^2) \cdot \sum_i A_{duct,i} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.9)$$

$A_{duct,i}$ – oplošje pojedine dionice kanalskog razvoda (m^2).

ako je $\vartheta_{mech,sup} - \vartheta_{int} < 10 \text{ K}$ onda $Q_{H,dis,tr,ls} = 0$.

ϑ_{int} - temperatura prostorije kroz koju prolazi kanal ($^{\circ}\text{C}$);

$\vartheta_{mech,sup}$ - temperatura dobavnog zraka ($^{\circ}\text{C}$).

Ukupni toplinski gubici klimakomore

$$Q_{H,AHU,ls} = Q_{H,AHU,leak,ls} + Q_{H,AHU,tr,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.10)$$

Toplinski gubici zbog propuštanja zraka iz klimakomore (osjetna+latentna toplina)

$$Q_{H,AHU,leak,ls} = q_{heater} \cdot \dot{V}_{AHU,leak} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (4.11)$$

$\dot{V}_{AHU,leak}$ - volumni protok zraka koji propušta klimakomora smještena izvan grijanog prostora (m^3/h), Pog. 2.

Toplinski gubici transmisijom kroz stijenke klimakomore

$$Q_{H,AHU,tr,ls} = U \cdot A_{AHU} \cdot (\vartheta_{mech,sup} - \vartheta_{int}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.12)$$

U - koeficijent prolaska topline kućišta ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), temeljem klase klimakomore (Tablica 4.1) ili ako klasa nije poznata $U=2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$;

A_{AHU} – površina stijenki klimakomore (m^2);

ϑ_{int} - temperatura prostorije u kojoj se nalazi klima komora ($^{\circ}\text{C}$);

$\vartheta_{mech,sup}$ - temperatura dobavnog zraka ($^{\circ}\text{C}$).

Tablica 4.1 (temeljem HRN EN 1886 (8)) Klasifikacija kućišta prema koeficijentu prolaska topline

Klasa	Koeficijent prolaska topline kućišta $U [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
T1	0,5
T2	0,75
T3	1,2
T4	1,7
T5	2

Ukoliko postoji više ogrjevnih krugova s pripadajućim generatorima, proračun $Q_{H,gen,in}$ je potrebno provesti za svaki krug zasebno.

4.1.2 Sobni sustavi za grijanje prostora

Proračun potrebne toplinske energije za grijanje dovedene generatoru toplinskog učina $Q_{H,gen,in}$ sobnih sustava za grijanje prostora (radijatori, konvektori, panelno grijanje, zidne i stropne jedinice itd.) se provodi prema proceduri iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a.

Napomena: Ovdje je dan pregled osnovnih izraza potrebnih za proračun $Q_{H,gen,in}$ radi lakšeg povezivanja s ostalim dijelovima proračuna u ovom Algoritmu.

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (vidi Jedn. (1.2))

$$Q_{H,em,in} = Q_{H,dis,out} = Q_{H,em,out} - Q_{H,em,aux,rvd} + Q_{H,em,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.13)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda (vidi Jedn. (1.2))

$$Q_{H,dis,in} = Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,out} - Q_{H,dis,aux,rvd} + Q_{H,dis,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.14)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje, tj. generatoru toplinskog učina, se onda temeljem prethodne dvije jednadžbe može pisati kao

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,em,out} + Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,gen,ls} - \sum_i Q_{H,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.15)$$

gdje je $Q_{H,em,out}$ toplinska energija koja se ogrjevnim tijelima predaje u prostor (vidi Pog. 1)

$$Q_{H,em,out} = Q_{H,nd} - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.16)$$

$Q_{H,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje (ogrjevnih tijela) (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;

$Q_{H,dis,ls}$ - ukupni toplinski gubici razvoda sustava grijanja od generatora topl. učina do ogrjevnih tijela (kWh);

$Q_{H,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za grijanje (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a;

$Q_{H,aux,rvd,i}$ - vraćena pomoćna energija u pojedini podsustav (kWh), vidi Pog. 5.7;

$\sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode, (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;

$\sum_i Q_{H,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka grijanja (kWh), vidi Jedn. (4.25).

Napomena 1: Kad se računa mjesečnom metodom, iznos toplinske energija na ovlaživaču Q_{steam} računati za period t (Pog.3) dobije se na isti način kao i za $Q_{H,nd}$ za stvarno vrijeme rada sustava (vidi Algoritam prema EN ISO 13790)

Napomena 2: Za proračun $Q_{H,gen,ls}$ prema Algoritmu za sustave grijanja i pripremu PTV potrebno je poznavati toplinsku energiju na izlazu iz podsustava proizvodnje $Q_{H,gen,out}$.

Ukupni toplinski gubici razvoda (samo krug ogrjevnog medija)

$$Q_{H,dis,ls} = Q_{H,dis,f,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.17)$$

$Q_{H,dis,f,ls}$ - toplinski gubici podsustava razvoda ogrjevnog medija od generatora topl. učina do ogrjevnih tijela (kWh), (računaju se prema Algoritmu za sustave grijanja i pripreme PTV-a $= Q_{H,dis,ls}$) ;

4.1.3 GViK sustavi + sobni sustavi za grijanje prostora

U slučaju da se ukupna potrebna toplinska energija za grijanje u pojedinoj zoni namiruje djelomično putem GViK sustava a ostatak sobnim sustavom za grijanje prostora (radijatori, konvektori, panelno grijanje, zidne i stropne jedinice itd.), proračun je potrebno provesti zasebno za svaki sustav prema Jedn. (4.1)-(4.16) pri čemu se $Q_{H,em,out,j}$ za pojedini sustav računa prema

GViK sustav

$$Q_{H,em,out,j} = Q_{heater} + Q_{steam} - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - k_v \cdot \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.18)$$

Sobni sustav

$$Q_{H,em,out,j} = (Q_{H,nd} - Q_{heater}) - \sum_i Q_{H,ls,rvd,i} - (1 - k_v) \cdot \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.19)$$

$\sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode, (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;
 $\sum_i Q_{H,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka promatranog sustava (GViK ili sobni) (kWh);

Napomena 1: Kad se računa mjesečnom metodom, iznos toplinske energija na ovlaživaču Q_{steam} računati za period t (Pog.3) dobije se na isti način kao i za $Q_{H,nd}$ za stvarno vrijeme rada sustava (vidi Algoritam prema EN ISO 13790)

Napomena 2: toplinski gubici zajedničkih dionica se mogu pribrojati jednom od sustava (GViK ili sobni)

k_v – udio pokrivanja potrebne topl. energije za grijanje GViK sustavom u odnosu na ukupnu potrebnu topl. energiju za grijanje (bez $Q_{H,Ve,mech}$) (-), podatak iz projekta ili približno prema izrazu

$$k_v = \frac{\Phi_{H,em}}{\Phi_{H,em,tot}} \quad [-] \quad (4.20)$$

$\Phi_{H,em,j}$ –nazivna snaga ogrjevnih izmjenjivača (ili odgovarajućeg generatora) GViK sustava (kW), podatak iz energetskeg pregleda ili projekta;

$\Phi_{H,em,tot}$ – ukupna nazivna snaga svih sustava grijanja u promatranoj zoni (kW).

$Q_{H,gen,in}$ se dobije iz

$$Q_{H,gen,in} = \sum_j Q_{H,gen,in,j} \quad [\text{kWh}] \quad (4.21)$$

$Q_{H,gen,in,j}$ – potrebna toplinska energija za grijanje dovedena generatoru toplinskog učina u pojedinom sustavu (kWh).

U slučaju korištenja zajedničkog generatora za GViK i sobni sustav, toplinski gubici generatora i njegova pomoćna energija se računaju za skupni $Q_{H,gen,out}$ prema algoritmu za sustave grijanja i pripreme PTV-a

$$Q_{H,gen,out} = \sum_j Q_{H,gen,out,j} \text{ [kWh]} \quad (4.22)$$

$Q_{H,gen,in,j}$ – toplinska energija na izlazu iz podsustava proizvodnje pojedinog sustava (kWh);

Dobivene vrijednosti toplinskih gubitaka generatora (ukupnih, iskoristivih i iskorištenih) i pomoćne energije (ukupne i vraćene) se tada raspodijeljuju na svaki sustav prema udjelu isporučene topl. energije k_v i $(1-k_v)$ radi daljnjeg iterativnog proračuna $Q_{H,gen,in,j}$ pojedinog sustava.

Napomena: Kod računanja gubitaka u distribuciji ogrjevnog medija $Q_{H,dis,f,ls}$ treba obratiti pozornost da se zajedničke dionice (ukoliko postoje) uzmu u obzir samo u jednom sustavu (GVik ili sobni). Isto vrijedi i za pomoćnu energiju $W_{H,dis,aux}$ gdje se pad tlaka na zajedničkim dionicama i ostalim elementima sustava (ventili, ogrjevni generator) pribrajaju samo jednom sustavu.

4.1.4 Proračun toplinskih gubitaka (GVik i/ili sobni sustavi)

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav predaje

$$Q_{H,em,ls,rbl}=0 \quad \text{[kWh]} \quad (4.23)$$

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav razvoda

$$Q_{H,dis,rbl} = k_i \cdot Q_{H,dis,f,ls} + k_j \cdot Q_{H,dis,tr,ls} + k_k \cdot 0,34 \cdot \sum_i \dot{V}_{duct,leak,i} (\vartheta_{mech,sup} - \vartheta_{int}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} / 1000 \quad \text{[kWh]} \quad (4.24)$$

$$Q_{H,AHU,rbl} = k_f \cdot Q_{H,AHU,tr,ls} + k_g \cdot 0,34 \cdot \dot{V}_{AHU,leak} (\theta_{mech,sup} - \theta_{int}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{H,dis} / 1000 \text{ [kWh]} \quad (4.25)$$

$k_{i,j,f}$ – udio iskoristivih gubitaka u ukupnim za pojedini dio sustava u ovisnosti o smještaju (-);

$k=1$ tj. 100% ukupnih gubitaka ako je dio u grijanom prostoru;

$k=0,5$ tj. 50% ukupnih gubitaka ako je dio u negrijanom prostoru koji graniči s grijanim;

$k=0$ tj. 0% ukupnih gubitaka ako je dio u negrijanom prostoru koji ne graniči s grijanim.

$k_{k,g}$ – udio iskoristivih gubitaka (osjetna toplina) u ukupnim za pojedini dio sustava u ovisnosti o smještaju (-);

$k=0,5$ tj. 50% ukupnih gubitaka ako je dio u negrijanom prostoru koji graniči s grijanim;

$k=0$ tj. 0% ukupnih gubitaka ako je dio u negrijanom prostoru koji ne graniči s grijanim.

t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{uk} = t_{v,mech} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{H,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{uk} = 1$ h kod satne metode.

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav proizvodnje $Q_{H,gen,ls,env,rbl}$

Ulazna veličina iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a

Proračun iskorištenih toplinskih gubitaka

$$\sum_i Q_{H,ls,rvd,i} = 0,8 \cdot \eta_{H,gn} \left(Q_{H,em,rbl} + Q_{H,dis,rbl} + Q_{H,AHU,rbl} + Q_{H,gen,ls,env,rbl} + \sum_i Q_{H,aux,rbl,i} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (4.26)$$

$$\sum_i Q_{H,aux,rbl,i} - \text{ukupna iskoristiva pomoćna energija koja se vraća u prostor (kWh), Jedn. (5.26).}$$

4.1.5 Isporučena toplinska energija podsustavu proizvodnje

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje (generatoru toplinskog učina) $Q_{H,gen,in}$

Vidi Jedn. (4.3), (4.14)

4.2 Generator rashladnog učina

4.2.1 GViK sustavi

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (istrujni otvori) (vidi Jedn. (1.3))

$$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,aux,rvd} + Q_{C,em,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.28)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda (vidi Jedn. (1.3))

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,aux,rvd} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,AHU,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.29)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje, tj. generatoru rashladnog učina, se onda temeljem prethodne dvije jednadžbe može pisati kao

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,st,ls} + Q_{C,AHU,ls} + Q_{C,gen,ls} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

temeljem HRN EN 15243 (K.1) (4.30)

gdje je $Q_{C,em,out}$ toplinska energija koja na istrujnim otvorima predaje u prostor (vidi Pog. 1)

$$Q_{C,em,out} = Q_{C,nd} - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.31)$$

$Q_{C,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje (istrujni otvori) GViK sustava (kWh);

$Q_{C,dis,ls}$ - ukupni toplinski gubici razvoda sustava hlađenja (kWh);

$Q_{C,st,ls}$ - toplinski gubici akumulacijskog spremnika (kWh), $Q_{C,st,ls}=0$;

$Q_{C,AHU,ls}$ - ukupni toplinski gubici klimakomore (kWh);

$Q_{C,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za hlađenje (kWh), $Q_{C,gen,ls}=0$;

$Q_{C,aux,rvd,i}$ - vraćena pomoćna energija u pojedini podsustav (kWh), vidi Pog. 5.7;

$Q_{C,nd}$ - protebna toplinska energija za hlađenje (kWh), proračun iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790.

$\sum_i Q_{W,ls,rnd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;
 $\sum_i Q_{C,ls,rnd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava ventilacije/klimatizacije (kWh), vidi Jedn (4.55).

U slučaju klimatizacije s regulacijom vlažnosti kada je potrebno i u periodu hlađenja zagrijavati zrak i/ili ga ovlaživati parom, potrebna toplinska energija za generator toplinskog učina se određuje prema

$$Q_{CH,gen,in} = Q_{H,em,out} + Q_{H,dis,f,ls} + Q_{H,gen,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.32)$$

pri čemu je $Q_{H,em,out} = Q_{heater} + Q_{steam}$.

Napomena 1: Kad se računa mjesečnom metodom, iznos toplinske energija na grijaču Q_{heater} i ovlaživaču Q_{steam} računati za period t (Pog.3) dobiju se na isti način kao i za $Q_{H,nd}$ za stvarno vrijeme rada sustava (vidi Algoritam prema EN ISO 13790)

Toplinski gubici podsustava predaje GViK sustava

$$Q_{C,em,ls} = [(1 - \eta_{C,em}) + (1 - \eta_{C,em,sens})] \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (K.2)} \quad (4.33)$$

$\eta_{C,em}$ – učinkovitost izmjenjivača rashladnog kruga (-), Tablica 4.2;

$\eta_{C,em,sens}$ – senzibilna učinkovitost izmjenjivača rashladnog kruga kojom se uzima u obzir neželjeno izdvajanje vlage iz zraka na izmjenjivačkim površinama (-), Tablica 4.2.

Ukupni toplinski gubici razvoda (uključujući krug rashladnog medija i kanale za zrak)

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,dis,f,ls} + Q_{C,dis,duct,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.34)$$

Toplinski gubici podsustava razvoda rashladnog medija od generatora rashladnog učina do izmjenjivača

$$Q_{C,dis,f,ls} = (1 - \eta_{C,dis}) \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (K.3)} \quad (4.35)$$

$\eta_{C,dis}$ – učinkovitost razvoda (-), Tablica 4.2;

Tablica 4.2 (HRN EN 15243 K.1) Učinkovitosti izmjenjivača topline rashladnog kruga i podsustava razvoda

Rashladni sustav	$\eta_{C,em,sens}$			$\eta_{C,em}$	$\eta_{C,dis}$
	bez zahtjeva za vlažnost	s tolerancijom	bez tolerancije		
Hladna voda 6/12°C	1***	1***	1	0,90	0,95*/0,90**
Hladna voda 14/18°C	1	1	1	0,90	0,95*/0,90**
Hladna voda 18/20°C	1	1	1	1,00	1,00
Direktno ovlaživanje parom	1***	1***	1	0,90	0,95*/0,90**
Hlađenje uz rashladni toranj	1	1	1	0,95	0,95*/0,90**

* instalacije unutar zgrade

** instalacije izvan zgrade

***topl.gubici zbog neželjenog izdvajanja vlage na izmj. površinama su uzeti u obzir u proračunu $Q_{C,ve,mech}$

Ukupni toplinski gubici kanala u podsustavu razvoda zraka

$$Q_{C,dis,duct,ls} = Q_{C,dis,leak,ls} + Q_{C,dis,tr,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.36)$$

Toplinski gubici zbog propuštanja kanala u podsustavu razvoda zraka (osjetna+latentna toplina)

$$Q_{C,dis,leak,ls} = (q_{heater} + q_{cool}) \cdot \sum_i \dot{V}_{duct,leak,i} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (4.37)$$

$\dot{V}_{duct,leak,i}$ – propuštanje zraka kroz pojedine dionice kanalskog razvoda izvan hlađenog prostora (m^3/h), Pog. 2;

q_{heater}, q_{cool} – specifična potrebna toplinska energija u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$), Pog. 3;

t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{uk} = t_{v,mech} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{C,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{uk} = 1$ h kod satne metode (zbrojiti sve sate kad je $Q_{C,nd} > 0$);

$t_{v,mech}$ – dnevni broj sati rada sustava (h/d) (iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790);

$d_{use,tj}$ – broj dana korištenja sustava u tjednu (d/tj);

$L_{C,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za hlađenjem u pojedinom mjesecu (d/mj), iz Algoritma prema EN ISO 13790),

Faktor opterećenja

$$\beta_{C,dis} = \frac{Q_{C,gen,out}}{\Phi_{C,gen} \cdot t_{uk}} \quad [-] \quad (4.38b)$$

$\Phi_{C,gen}$ – nazivna snaga rashladnog uređaja (kW), podatak iz energetskeg pregleda ili projekta;

Napomena 1: radi izbjegavanja iteracije može se uzeti $Q_{C,gen,out} = Q_{C,nd}$

Napomena 2: toplinski gubici klimakomore i razvodnih kanala smještenih u hlađenom prostoru su uzeti u obzir preko $C_{inddorleak}$ tj. $n_{mech,sup}$ i $\dot{V}_{mech,sup}$, vidi Pog. 2.

Toplinski gubici transmisijom kroz stijenke kanalskog razvoda zraka

$$Q_{C,dis,tr,ls} = 9 \text{ (W/m}^2\text{)} \cdot \sum_i A_{duct,i} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.39)$$

$A_{duct,i}$ – oplošje pojedine dionice kanalskog razvoda (m^2).

ako je $\vartheta_{int} - \vartheta_{mech,sup} < 10 \text{ K}$ onda $Q_{C,dis,tr,ls} = 0$.

ϑ_{int} – temperatura prostorije kroz koju prolazi kanal ($^{\circ}\text{C}$);

$\vartheta_{mech,sup}$ – temperatura dobavnog zraka ($^{\circ}\text{C}$).

Ukupni toplinski gubici klimakomore

$$Q_{C,AHU,ls} = Q_{C,AHU,leak,ls} + Q_{C,AHU,tr,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.40)$$

Toplinski gubici zbog propuštanja zraka iz klimakomore (osjetna+latentna toplina)

$$Q_{C,AHU,leak,ls} = (q_{heater} + q_{cool}) \cdot \dot{V}_{AHU,leak} \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (4.41)$$

$\dot{V}_{AHU,leak}$ - volumni protok zraka koji propušta klimakomora smještena izvan hlađenog prostora (m^3/h), Pog. 2.

Toplinski gubici transmisijom kroz stijenke klimakomore

$$Q_{C,AHU,tr,ls} = U \cdot A_{AHU} \cdot (g_{int} - g_{mech,sup}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.42)$$

U - koeficijent prolaska topline kućišta ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), temeljem klase klimakomore (Tablica 4.3) ili ako klasa nije poznata $U=2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$;

A_{AHU} – površina stijenki klimakomore (m^2).

g_{int} - temperatura prostorije u kojoj se nalazi klimakomora ($^{\circ}\text{C}$);

$g_{mech,sup}$ - temperatura dobavnog zraka ($^{\circ}\text{C}$).

Tablica 4.3 (temeljem HRN EN 1886 (8)) Klasifikacija kućišta prema koeficijentu prolaska topline

Klasa	Koeficijent prolaska topline kućišta $U [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
T1	0,5
T2	0,75
T3	1,2
T4	1,7
T5	2

Ukoliko postoji više rashladnih krugova s pripadajućim generatorima, proračun $Q_{C,gen,in}$ je potrebno provesti za svaki krug zasebno.

4.2.2 Sobni sustavi za hlađenje prostora

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (ventilokonvektori, panelno hlađenje, parapet, zidne i stropne jedinice itd.) (vidi Jedn. (1.3))

$$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,aux,rvd} + Q_{C,em,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.43)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda (vidi Jedn. (1.3))

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,aux,rvd} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,AHU,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (4.44)$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje, tj. generatoru rashladnog učina, se onda temeljem prethodne dvije jednadžbe može pisati kao

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,st,ls} + Q_{C,gen,ls} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

temeljem HRN EN 15243 (K.5) (4.45)

gdje je $Q_{C,em,out}$ toplinska energija koja se rashladnim tijelima predaje u prostor (vidi Pog. 1)

$$Q_{C,em,out} = Q_{C,nd} - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.46)$$

$Q_{C,em,ls}$ - toplinski gubici podsustava predaje (rashladnih tijela) sobnog sustava (kWh);

$Q_{C,dis,ls}$ - toplinski gubici razvoda sustava hlađenja od generatora rashl. učina do rashladnih tijela (kWh);

$Q_{C,st,ls}$ - toplinski gubici akumulacijskog spremnika (kWh), $Q_{C,st,ls}=0$;

$Q_{C,gen,ls}$ - toplinski gubici generatora toplinske energije za hlađenje (kWh), $Q_{C,gen,ls}=0$;

$Q_{C,aux,rvd,i}$ - vraćena pomoćna energija u pojedini podsustav (kWh), vidi Pog. 5.7;

$Q_{Tr}, Q_{C,gn}, \eta_{C,ls}$ - ulazni podaci iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790, vidi Pog. 1;

$Q_{Ve,inf}, Q_{Ve,win}$ - ulazni podaci iz proračuna danog u Pog. 3;

$\sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode

(kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;

$\sum_i Q_{C,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava hlađenja (kWh), vidi Jedn.

(4.55)

Toplinski gubici podsustava predaje (rashladnih tijela)

$$Q_{C,em,ls} = [(1 - \eta_{C,em}) + (1 - \eta_{C,em,sens})] \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (K.2)} \quad (4.47)$$

$\eta_{C,em}$ - učinkovitost predaje topline rashladnim tijelima (-), Tablica 4.4;

$\eta_{C,em,sens}$ - senzibilna učinkovitost predaje topline rashladnim tijelima kojom se uzima u obzir neželjeno izdvajanje vlage iz zraka na izmjenjivačkim površinama (-), Tablica 4.4.

Toplinski gubici razvoda sustava hlađenja od generatora rashladnog učina do rashladnih tijela

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,dis,f,ls} = (1 - \eta_{C,dis}) \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (K.3)} \quad (4.48)$$

$\eta_{C,dis}$ - učinkovitost razvoda (-), Tablica 4.4;

Tablica 4.4 (HRN EN 15243 K.2) Učinkovitosti rashladnih tijela i podsustava razvoda

Rashladni sustav	$\eta_{C,em,sens}$	$\eta_{C,em}$	$\eta_{C,dis}$
Hladna voda 6/12°C	0,87	1,00	0,90
Hladna voda 8/14°C (npr. ventilokonvektor)	0,90	1,00	0,90
Hladna voda 14/18°C (npr. ventilokonvektor, indukcijski)	1,00	1,00	1,00
Hladna voda 16/18°C (npr. rashladni strop)	1,00	1,00	1,00

Hladna voda 18/20°C	1,00	0,90	1,00
Direktno isparavanje	0,87	1,00	1,00

Ukoliko postoji više rashladnih krugova s pripadajućim generatorima, proračun $Q_{C,gen,in}$ je potrebno provesti za svaki krug zasebno.

4.2.3 GViK sustavi +sobni sustavi za hlađenje prostora

U slučaju da se ukupna potrebna toplinska energija za hlađenje u pojedinoj zoni namiruje djelomično putem GViK sustava a ostatak sobnim sustavom za hlađenje prostora (ventilokonvektori, panelno hlađenje, parapet, zidne i stropne jedinice), proračun je potrebno provesti zasebno za svaki sustav prema Jedn. (4.27)-(4.50) pri čemu se $Q_{C,em,out,j}$ za pojedini sustav računa prema

GViK sustav

$$Q_{C,em,out,j} = Q_{cool} - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + k_v \cdot \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.49)$$

Sobni sustav

$$Q_{C,em,out,j} = (Q_{C,nd} - Q_{cool}) - \sum_i Q_{C,ls,rvd,i} + (1 - k_v) \cdot \sum_i Q_{W,ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (4.50)$$

$\sum_i Q_{W,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava pripreme potrošne tople vode,

(kWh), ulazni podatak iz Algoritma za sustave grijanja i pripreme PTV-a ;

$\sum_i Q_{C,ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka promatranog sustava (GViK ili sobni)

(kWh);

k_v – udio pokrivanja potrebne topl. energije za hlađenje GViK sustavom u odnosu na ukupnu potrebnu topl. energiju za hlađenje (bez $Q_{C,ve,mech}$) (-), podatak iz projekta ili približno prema izrazu

$$k_v = \frac{\Phi_{C,em}}{\Phi_{C,em,tot}} \quad [-] \quad (4.51)$$

$\Phi_{C,em,j}$ – nazivna snaga ogrjevnih izmjenjivača (ili odgovarajućeg generatora) GViK sustava (kW), podatak iz energetskog pregleda ili projekta;

$\Phi_{C,em,tot}$ – ukupna nazivna snaga svih sustava grijanja u promatranoj zoni (kW).

$Q_{C,gen,in}$ se dobije iz

$$Q_{C,gen,in} = \sum_j Q_{C,gen,in,j} \quad [\text{kWh}] \quad (4.52)$$

$Q_{C,gen,in,j}$ – potrebna toplinska energija za grijanje dovedena generatoru rashladnog učina u pojedinom sustavu (kWh).

Napomena 1: kod satne metode uzeti $\eta_{C,ls}=1$

Napomena 2: Kod računanja gubitaka u distribuciji rashladnog medija $Q_{C,dis,fls}$ treba obratiti pozornost da se zajedničke dionice (ukoliko postoje) uzmu u obzir samo u jednom sustavu (GViK ili sobni). Isto vrijedi i za pomoćnu energiju $W_{C,dis,aux}$ gdje se pad tlaka na zajedničkim dionicama i ostalim elementima sustava (ventili, rashladni generator) pribrajaju samo jednom

sustavu. Pomoćna energija zajedničkog kondenzatora $W_{C,aux,con}$ (Pog. 5) se može raspodijeliti na svaki sustav prema udjelu isporučene topl. energije k_v i $(1-k_v)$.

4.2.4 Proračun toplinskih gubitaka (GVik i/ili sobni sustavi)

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav predaje

$$Q_{C,em,rbl}=0 \quad [\text{kWh}] \quad (4.53)$$

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav razvoda

$$Q_{C,dis,rbl} = k_i \cdot Q_{C,dis,f,ls} + k_j \cdot Q_{C,dis,tr,ls} + k_k \cdot 0,34 \cdot \sum_i \dot{V}_{duct,leak,i} (g_{int} - g_{mech,sup}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.54)$$

$$Q_{C,AHU,rbl} = k_f \cdot Q_{C,AHU,tr,ls} + k_g \cdot 0,34 \cdot \dot{V}_{AHU,leak} (g_{int} - g_{mech,sup}) \cdot t_{uk} \cdot \beta_{C,dis} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4.55)$$

$k_{i,j,f}$ –udio iskoristivih gubitaka u ukupnim za pojedini dio sustava u ovisnosti o smještaju (-);

$k=1$ tj. 100% ukupnih gubitaka ako je dio u hlađenom prostoru;

$k=0,5$ tj. 50% ukupnih gubitaka ako je dio u nehlađenom prostoru koji graniči s hlađenim;

$k=0$ tj. 0% ukupnih gubitaka ako je dio u nehlađenom prostoru koji ne graniči s hlađenim.

$k_{k,g}$ –udio iskoristivih gubitaka (osjetna toplina) u ukupnim za pojedini dio sustava u ovisnosti o smještaju (-);

$k=0,5$ tj. 50% ukupnih gubitaka ako je dio u nehlađenom prostoru koji graniči s hlađenim;

$k=0$ tj. 0% ukupnih gubitaka ako je dio u nehlađenom prostoru koji ne graniči s hlađenim.

q_{heater} – specifična potrebna toplinska energija u sustavu mehaničke ventilacije/klimatizacije ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$), Pog.3

t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{uk} = t_{v,mech} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{C,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{uk} = 1$ h kod satne metode.

Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka koji se vraćaju u prostor u promatranom periodu za podsustav proizvodnje

$$Q_{C,gen,rbl}=0 \quad [\text{kWh}] \quad (4.56)$$

Proračun iskorištenih toplinskih gubitaka

$$\sum_i Q_{C,ls,rnd,i} = 0,8 \cdot \eta_{C,ls} \left(Q_{C,em,rbl} + Q_{C,dis,rbl} + Q_{C,AHU,rbl} + Q_{C,gen,rbl} - \sum_i Q_{C,aux,rbl,i} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (4.57)$$

$$\sum_i Q_{C,aux,rbl,i} \text{ -ukupna iskoristiva pomoćna energija koja se vraća u prostor (kWh), Jedn. (5.27)}$$

4.2.5 Isporučena toplinska energija podsustavu proizvodnje

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje (generatoru rashladnog učina) $Q_{C,gen,in}$

Vidi Jedn. (4.29), (4.43)

4.2.6 Isporučena el. energija generatoru rashladnog učina

Potrebna (isporučena) električna energija $E_{C,gen,del,el}$ za pogon generatora rashladnog učina dobije se iz

$$E_{C,gen,del,el} = \frac{Q_{C,gen,out}}{EER \cdot PLV_{AV}} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (I.1)} \quad (4.58)$$

Napomena: $Q_{C,gen,out} = Q_{C,gen,in}$, vidi Jedn. (4.29), (4.43)

EER – faktor energetske učinkovitosti rashladnog uređaja kW/kW, Tablice 4.8-4.11;

PLV_{AV} – prosječni faktor djelomičnog opterećenja (-), Tablice, 4.5-4.7 i Tablice 4.12,4.13.

Tablica 4.5 (HRN EN 15243 I.5) Vrste regulacije djelomičnog opterećenja kompresorskih rashladnih jedinica s vodenim hlađenjem (prema "index-value" metodi)

Vodom hlađene kompresorske rashladne jedinice, vrsta regulacije djelomičnog opterećenja	
(1)	Stapni ili spiralni kompresori s regulacijom "uklj./isklj."
(2)	Stapni ili spiralni kompresori s regulacijom na više razina (najmanje 4 razine regulacije snage u multi-kompresorskim setovima)
(3)	Stapni kompresori s mogućnošću izvršenja pojedinog cilindra iz pogona
(4)	Stapni ili spiralni kompresori s by-pass kontrolom
(5)	Vijčani kompresori s regulacijom pomoću ventila
(6)	Turbokompresori s regulacijom usisa prigušivanjem
(7)	Apsorpcijski rashladni uređaj, jedno-stupanjski s regulacijom ogrjevnog medija

Tablica 4.6 (HRN EN 15243 I.6) Vrste regulacije djelomičnog opterećenja kompresorskih rashladnika sa zračnim hlađenjem (prema "index-value" metodi)

Kompresorski rashladnici sa zračnim hlađenjem	
(A)	Stapni ili spiralni kompresori s regulacijom "uklj./isklj." i akumulacijskim spremnikom
(B)	Stapni ili spiralni kompresori s regulacijom na više razina (najmanje 4 razine regulacije snage u multi-kompresorskim setovima)
(C)	Vijčani kompresori s kontrolom pomoću ventila

Tablica 4.7 (HRN EN 15243 I.7) Vrste regulacije djelomičnog opterećenja sobnih rashladnih sustava sa zračnim hlađenjem (prema "index-value" metodi)

Sobni rashladni sustavi sa zračnim hlađenjem	
(D)	jednozonski sustav s impulsnom regulacijom "uklj./isklj."
(E)	višezonski sustav s impulsnom regulacijom "uklj./isklj."
(F)	jednozonski sustav s kontinuiranom regulacijom (npr. frekventno/impulsna regulacija s elektronski reguliranim ekspanzijskim ventilom)
(G)	višezonski sustav s kontinuiranom regulacijom (npr. frekventno/impulsna regulacija s elektronski reguliranim ekspanzijskim ventilom)

Tablica 4.8 (HRN EN 15243 I.8) Faktor energetske učinkovitosti EER za vodom hlađene kompresorske rashladnike

(temeljem analize proizvoda na tržištu – oko 60% proizvoda ima veću efikasnost u odnosu na onu iz ove tablice)

Radna tvar	Temperatura rashladne vode na kondenzatoru (polaz/povrat), °C	¹ Temperatura rashladne vode (polaz iz rashladnika), °C	² Srednja temperatura isparavanja, °C	Normalna vrijednost faktora hlađenja, EER		
				Stapni i spiralni kompresori 10÷1500 kW	Vijčani kompresori 200÷2000 kW	Turbokompresori 500÷8000 kW
R134a	27/33	6	0	4,0	4,5	5,2
		14	8	4,6	5,3	5,9
	40/45	6	0	3,1	2,9	4,1
		14	8	3,7	3,7	4,8
R407C	27/33	6	0	3,8	4,2	-
		14	8	4,4	4,9	-
	40/45	6	0	3,0	2,7	-
		14	8	3,6	3,3	-
R410A	27/33	6	0	3,6	-	-
		14	8	4,2	-	-
	40/45	6	0	2,8	-	-
		14	8	3,3	-	-
R717	27/33	6	0	-	4,6	-
		14	8	-	5,4	-
	40/45	6	0	-	3,1	-
		14	8	-	3,7	-
R22	27/33	6	0	4,1	4,6	5,1
		14	8	4,8	5,4	5,7
	40/45	6	0	3,2	3,0	4,1
		14	8	3,8	3,6	4,7

¹ Koristiti kao radni parametar kod sustava s indirektnom ekspanzijom radne tvari (rashladnik voda-zrak)

² Koristiti kao radni parametar kod sustava s direktnom ekspanzijom radne tvari u rashladniku

Tablica 4.9 (HRN EN 15243 I.9) Faktor energetske učinkovitosti EER za zrakom hlađene kompresorske sustave

Radna tvar	¹ Temperatura rashladne vode (polaz iz rashladnika), °C	² Srednja temperatura isparavanja, °C	Normalna vrijednost faktora hlađenja, EER	
			Stapni i spiralni kompresori 10÷1500 kW	Vijčani kompresori 200÷2000 kW
R134a	6	0	2,8	3,0
	14	8	3,5	3,7
R407C	6	0	2,5	2,7
	14	8	3,2	3,4
R410A	6	0	2,4	-
	14	8	3,1	-
R717	6	0	-	3,2
	14	8	-	3,9
R22	6	0	2,9	3,1
	14	8	3,6	3,8

¹ Koristiti kao radni parametar kod sustava s indirektnom ekspanzijom radne tvari (rashladnik voda-zrak)² Koristiti kao radni parametar kod sustava s direktnom ekspanzijom radne tvari u rashladniku

Tablica 4.10 (HRN EN 15243 I.10) Faktor energetske učinkovitosti EER za zrakom hlađene sobne rashladne sustave snage <12 kW, u skladu s 2002/31/EC

Zrakom hlađeni sobni rashladni sustavi <12 kW		
Vrsta sustava	EER	Vrsta regulacije djelomičnog opterećenja
Kompaktni rashladni sustavi (prozorski ili zidni sustav)	2,6	impulsna (iskl./uklj.) (D)
Split-sustavi (s jednom unutarnjom jedinicom)	2,7	impulsna (iskl./uklj.) (D)
		frekventna
Split-sustavi (s više unutarnjih jedinica)	2,9	impulsna (iskl./uklj.) (E)
		frekventna

Tablica 4.11 (HRN EN 15243 I.11) Faktor energetske učinkovitosti EER za zrakom hlađene sobne rashladne sustave snage >12 kW

Zrakom hlađeni sobni rashladni sustavi >12 kW		
Vrsta sustava	EER	Vrsta regulacije djelomičnog opterećenja
Sustavi s promjenjivim protokom radne tvari (VRF)	3,5	Najmanje jedan kompresor s frekventnom regulacijom (G)

Tablica 4.12 (HRN EN 15243 I.12) Faktor djelomičnog opterećenja za vodom hlađene rashladnike (primjena: zgrade s uredima i usporedivo)

Vrsta kompresora: Tabl.4.5	Način rada: sobni rashladni sustav / hlađenje klimakomorom			Konst.dovod rashl.vode				Promjenjiv dovod rashl.vode			
				Rashladni toranj		Suhi rashladnik		Rashladni toranj		Suhi rashladnik	
				PLV _{AV} [-]	f _{R,VK} [-]	PLV _{AV} [-]	f _{R,TK} [-]	PLV _{AV} [-]	f _{R,VK} [-]	PLV _{AV} [-]	f _{R,TK} [-]
(1)	sobni rashladni sustav			0,92	0,12	0,92	0,09				
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	0,93	0,10	0,93	0,08				
			povrat topline	0,92	0,10	0,92	0,08				
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	0,92	0,10	0,92	0,08				
			povrat latentne i osjetne topline	0,92	0,11	0,92	0,09				
(2)	sobni rashladni sustav			1,31	0,12	1,26	0,08	1,54	0,37	1,74	0,63
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	1,33	0,09	1,27	0,08	1,57	0,29	1,75	0,70
			povrat topline	1,33	0,10	1,27	0,08	1,56	0,31	1,74	0,71
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	1,33	0,10	1,27	0,08	1,56	0,30	1,75	0,65
			povrat latentne i osjetne topline	1,32	0,11	1,26	0,08	1,55	0,36	1,73	0,68
(3)	sobni rashladni sustav			0,82	0,13	0,79	0,09	0,96	0,40	1,09	0,65
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	0,73	0,10	0,70	0,08	0,86	0,31	0,95	0,72
			povrat topline	0,75	0,11	0,72	0,08	0,88	0,34	0,99	0,73
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	0,75	0,10	0,71	0,08	0,88	0,33	0,98	0,67
			povrat latentne i osjetne topline	0,77	0,12	0,74	0,09	0,91	0,38	1,02	0,71
(4)	sobni rashladni sustav			0,56	0,13	0,56	0,09				
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	0,45	0,10	0,45	0,08				
			povrat topline	0,48	0,11	0,48	0,09				
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	0,47	0,11	0,47	0,08				
			povrat latentne i osjetne topline	0,51	0,12	0,51	0,09				
(5)	sobni rashladni sustav			1,01	0,12	0,97	0,09	1,19	0,38	1,79	0,64
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	0,87	0,09	0,83	0,08	1,02	0,30	1,53	0,72
			povrat topline	0,91	0,10	0,87	0,08	1,06	0,33	1,58	0,73
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	0,90	0,10	0,86	0,08	1,05	0,32	1,58	0,67
			povrat latentne i osjetne topline	0,95	0,11	0,91	0,08	1,11	0,37	1,66	0,70
(6)	sobni rashladni sustav							1,21	0,38	1,37	0,64
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline					1,07	0,30	1,19	0,71
			povrat topline					1,11	0,32	1,23	0,73
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline					1,10	0,32	1,23	0,66
			povrat latentne i osjetne topline					1,15	0,37	1,29	0,70
(7)	sobni rashladni sustav			1,07	0,12	1,09	0,08	1,35	0,37	1,46	0,64
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline	0,99	0,09	0,95	0,08	1,28	0,30	1,29	0,73
			povrat topline	1,01	0,10	0,97	0,08	1,30	0,33	1,31	0,74

		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline	1,01	0,10	0,96	0,08	1,29	0,31	1,31	0,67
			povrat latentne i osjetne topline	1,04	0,11	1,00	0,08	1,32	0,36	1,34	0,70

Tablica 4.13 (HRN EN 15243 I.12) Faktor djelomičnog opterećenja za zrakom hlađene rashladnike (primjena: zgrade s uredima i usporedivo)

Vrsta kompresora: Tabl.4.6,4.7	Način rada: sobni rashladni sustav / hlađenje klimakomorom				PLV _{AV} [-]
(A)	sobni rashladni sustav				1,32
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		1,37
			povrat topline		1,35
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		1,36
			povrat latentne i osjetne topline		1,34
(B)	sobni rashladni sustav				1,43
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		1,50
			povrat topline		1,48
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		1,49
			povrat latentne i osjetne topline		1,46
(C)	sobni rashladni sustav				1,14
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		1,09
			povrat topline		1,10
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		1,09
			povrat latentne i osjetne topline		1,11
(D)	sobni rashladni sustav				1,24
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		
			povrat topline		
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		
			povrat latentne i osjetne topline		
(E)	sobni rashladni sustav				0,85
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		
			povrat topline		
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		
			povrat latentne i osjetne topline		
(F)	sobni rashladni sustav				1,37
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		
			povrat topline		
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		
			povrat latentne i osjetne topline		
(G)	sobni rashladni sustav				1,33
	hlađenje klimakomorom	regulacija temperature i djelomično vlage	bez povrata topline		1,21
			povrat topline		1,23
		potpuna regulacija temperature i vlage	bez povrata topline		1,23
			povrat latentne i osjetne topline		1,28

4.2.7 Apsorpcijski rashladni uređaji

Potrebna toplinska energija koja se generatorom topline dovodi za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja

$$Q_{C,gen,out,therm} = \frac{Q_{C,gen,out}}{\zeta \cdot PLV_{AV}} \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-7 (51)} \quad (4.59)$$

Napomena: $Q_{C,gen,out}=Q_{C,gen,in}$, vidi Jedn. (4.29), (4.43)

ζ – toplinski faktor hlađenja (-), podatak proizvođača ili Tablica 4.14;

PLV_{AV} – prosječni faktor djelomičnog opterećenja (-), Tablice 4.5 i 4.12;

Tablica 4.14 (DIN V 18599-7 Tabl. 27) Toplinski faktor hlađenja za jedno-stupanjske H₂O/LiBr apsorpcijske rashladne uređaje

Temperatura ogrjevnog medija polaz/povrat, °C	Temperatura vode za hlađenje polaz/povrat, °C	Temperatura rashladne vode (polaz iz rashladnika), °C	Toplinski faktor hlađenja ζ
80/70	27/33	6	-
		14	0,71
	40/45	6	-
		14	-
90/75	27/33	6	0,69
		14	0,72
	40/45	6	-
		14	-
110/95	27/33	6	0,70
		14	0,72
	40/45	6	-
		14	0,71
130/110	27/33	6	0,71
		14	0,73
	40/45	6	0,70
		14	0,72

4.2.8 Plinski rashladni uređaji

Isporučena toplinska energija gorivom za pogon kompresorskog rashladnog uređaja pogonjenim plinskim motorom računa se prema

$$Q_{C,gen,del,gas} = \frac{Q_{C,gen,out}}{EER_{gas} \cdot PLV_{AV,gas}} \quad [\text{kWh}] \quad \text{DIN V 18599-7 (53)} \quad (4.60)$$

Napomena: $Q_{C,gen,out}=Q_{C,gen,in}$, vidi Jedn. (4.29), (4.43)

EER_{gas} – faktor energetske učinkovitosti rashladnog uređaja kW/kW, $EER_{gas}=1.05$;

$PLV_{AV,gas}$ – prosječni faktor djelomičnog opterećenja (-), $PLV_{AV,gas}=0.95$.

Napomena: kod apsorpcijskih rashladnih uređaja direktno zagrijavanih plinom vrijedi

$$Q_{C,gen,del,gas}=Q_{C,gen,out,therm} \text{ (vidi Jedn. 4.57)}$$

5. Proračun pomoćne energije

5.1 Pumpe

5.1.1 Razvod ogrjevnog medija

Pomoćna energija za razvod sustava grijanja $W_{H,dis,aux}$ se računa prema Algoritmu za sustave grijanja i pripreme PTV-a.

5.1.2 Razvod rashladnog medija

Pomoćna energija za pogon pumpe podsustava razvoda sustava hlađenja u promatranom periodu se računa prema

$$W_{C,dis,aux} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot t_{C,uk} \cdot \beta_{C,dis} \cdot f_{Abgl} \cdot e_{C,dis} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (J.2, J.3)} \quad (5.1)$$

$P_{hydr,des}$ – projektna hidraulička snaga cirkulacijske pumpe (W);

$e_{C,dis}$ – faktor energetskeg utroška pumpe (-);

$t_{C,uk}$ – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{C,uk} = t_{v,mech} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{C,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{C,uk} = 1$ h kod satne metode.

$t_{v,mech}$ – dnevni broj sati rada sustava (h/d) (iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790);

$d_{use,tj}$ – broj dana rada sustava u tjednu (d/tj);

$L_{C,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za hlađenjem u pojedinom mjesecu (d/mj), iz Algoritma prema EN ISO 13790),

$\beta_{C,dis}$ – faktor opterećenja (-);

f_{Abgl} – korekcijski faktor hidrauličke ravnoteže (-),

$f_{Abgl} = 1$ – hidraulički uravnoteženi sustavi,

$f_{Abgl} = 1.25$ – hidraulički neuravnoteženi sustavi.

Faktor opterećenja

$$\beta_{C,dis} = \frac{Q_{C,gen,out}}{\Phi_{C,gen} \cdot t_{C,uk}} \quad [-] \quad \text{HRN EN 15243 (J.10)} \quad (5.2)$$

$\Phi_{C,gen}$ – nazivna snaga rashladnog uređaja (kW), podatak iz energetskeg pregleda ili projekta;

Projektni volumni protok u podsustavu distribucije

$$\dot{V}_{des} = \frac{3600 \cdot \Phi_{C,gen}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta\theta_{W,gen}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{temeljem HRN EN 15243 (F.3)} \quad (5.3)$$

$\Delta\theta_{W,gen}$ – razlika temperatura rashladnog medija od ulaza do izlaza iz generatora (K), podatak iz projekta ili energetskeg pregleda ili Tablice 4.2, 4.4;

ρ – gustoća rashladnog medija (kg/m^3);

c_p – specifični toplinski kapacitet rashladnog medija (kJ/kgK).

Najveća duljina cjevovoda u distribucijskom krugu $L_{C,dis,max}$

- podatak s energetskog pregleda, projekta ili aproksimativno prema izrazu

$$L_{C,dis,max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + 10 \right) \quad [\text{m}] \quad \text{HRN EN 15243 (J.8)} \quad (5.4)$$

L – duljina zgrade (zone) (m);

B – širina zgrade/zone (m);

N_{lev} – broj katova (-);

h_{lev} – visina kata (-).

Napomena: Prethodni izraz za $L_{C,dis,max}$ se koristi za sobne sustave te GViK sustave s izmjenjivačima u sklopu istrujnih jedinica. Za ostale GViK sustave potrebno je koristiti podatke o duljinama cjevovoda s en. pregleda ili iz projekta.

Projektni pad tlaka u distribucijskom krugu (aproksimacija)

$$\Delta p_{des} = 0,325 \cdot L_{C,dis,max} + \Delta p_{C,gen} + \sum_i \Delta p_{RV,i} + \Delta p_{C,em} \quad [\text{kPa}] \quad \text{HRN EN 15243 (J.7)} \quad (5.5)$$

Δp_{RV} – pad tlaka na armaturi (kPa) (npr. kontrolni ventil, nepovratni ventil), podaci proizvođača ili Tablica 5.1

$\Delta p_{C,gen}$ – pad tlaka generatora rashladnog učina (kPa), podaci proizvođača ili Tablica 5.1

$\Delta p_{C,em}$ – pad tlaka u sustavu predaje (izmjenjivača ili rashladnog tijela) (kPa), podaci proizvođača ili Tablica 5.1

Tablica 5.1 (HRN EN J.3) Vrijednosti pada tlaka za pojedine dijelove rashladnog sustava

Komponente rashladnog sustava	Pad tlaka (kPa)	
Pločasti isparivač	$\Delta p_{C,gen}$	40
Cijevni isparivač		30
Kondenzator		45
Rashladni toranj, zatvoreni	Δp_{KT}	35
Rashladni toranj, otvoreni		35
Centralni hladnjak zraka	$\Delta p_{C,em}$	35
Centralni grijač zraka		20
Indukcijski uređaji		35
Hlađeni strop, konvektor		35
Nepovratni ventil	Δp_{RV}	5
Zaporni ventil		10
Prigušni ventil, kontinuirana regulacija:	Δp_{RV}	$0,67 \cdot \Delta p_{C,em}$
troputni ventil		10

Projektna hidraulička snaga

$$P_{hydr,des} = 0,2778 \cdot \Delta p_{des} \cdot \dot{V}_{des} \quad [\text{W}] \quad \text{HRN EN 15243 (J.4)} \quad (5.6)$$

Faktor učinkovitosti

$$f_e = \frac{P_{el,pmp}}{P_{hydr,des}} \quad [-] \quad \text{HRN EN 15243 (J.13)} \quad (5.7)$$

$P_{el,pmp}$ – nazivna električna snaga pumpe (pri broju okretaja na kojem radi) (W), podatak proizvođača ili kad nije poznata $P_{el,pmp}$ određuje se prema slijedećem izrazu

$$f_e = \left[1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr,des}} \right)^{0,5} \right] \cdot f_{Adap} \cdot b \quad [-] \quad \text{HRN EN 15243 (J.14)} \quad (5.8)$$

$b=1$ za nove zgrade i $b=1,2$ za postojeće zgrade,
 $f_{Adap}=1$ podaci o pumpi su poznati, radi u projektnoj točki,
 $f_{Adap}=1,2$ podaci o pumpi nisu poznati, ne radi u projektnoj točki,
 $f_{Adap}=1,05$ podaci o pumpi nisu poznati, elektronska regulacija rada.

Faktor energetskeg utroška

$$e_{C,dis} = f_e \cdot (C_{P1} + C_{P2} / \beta_{C,dis}) \quad [-] \quad \text{HRN 15243 EN (J.12)} \quad (5.9)$$

C_{P1} , C_{P2} – konstante, Tablica 5.2

Tablica 5.2 (temeljem HRN EN 15243 J.5) Konstante za izračun faktora energetskeg utroška

Regulacija pumpe	C_{P1}	C_{P2}
Pumpa nije regulirana (konstantna brzina vrtnje)	0,25	0,75
konstantan Δp	0,75	0,25
promjenjiv Δp	0,90	0,10

5.2 Ventilatori u kanalskom razvodu GViK sustava

Snaga potrebna za pogon ventilatora P_{sup} i P_{exh}

$$P_{sup} = \frac{\sum \dot{V}_{mech,sup,tot} \cdot \Delta p_{sup}}{3600 \cdot \eta_{sup}} \quad [\text{W}] \quad \text{ili} \quad \text{HRN EN 13779 (D.4)} \quad (5.10)$$

$$P_{sup} = \frac{\sum \dot{V}_{mech,sup,tot} \cdot P_{SFP}}{3600} \quad [\text{W}] \quad \text{HRN EN 13779 (D.3)} \quad (5.11)$$

$$P_{exh} = \frac{\sum \dot{V}_{mech,exh,tot} \cdot \Delta p_{exh}}{3600 \cdot \eta_{exh}} \quad [\text{W}] \quad \text{ili} \quad \text{HRN EN 13779 (D.4)} \quad (5.12)$$

$$P_{exh} = \frac{\sum \dot{V}_{mech,exh,tot} \cdot P_{SFP}}{3600} \quad [\text{W}] \quad \text{HRN EN 13779 (D.3)} \quad (5.13)$$

gdje je

$\dot{V}_{mech,sup,tot}$ - ukupni dovedeni volumni protok zraka (m^3/h), Pog. 2;

$\dot{V}_{mech,exh,tot}$ - ukupni odvedeni volumni protok zraka (m^3/h), Pog. 2;

Δp_{sup} - ukupan pad tlaka sustava za dobavu zraka (ventilator+kanali) (Pa), projektni podatak za nazivni protok ili Tablica 5.3 (kod sustava s *promjenjivim protokom zraka* računati s $0.65 \cdot \Delta p_{sup}$);

Δp_{exh} - ukupan pad tlaka sustava za odsis zraka (ventilator+kanali) (Pa), projektni podatak za nazivni protok ili Tablica 5.3 (kod sustava s *promjenjivim protokom zraka* računati s $0.65 \cdot \Delta p_{sup}$);

η_{sup}, η_{exh} – ukupna efikasnost ventilatora, motora i prijenosa (-), (preuzeta vrijednost: $\eta_{sup} = \eta_{exh} = 0,7$ HRN EN 15243 E.2.5);

P_{SFP} - specifična snaga ventilatora (Tablica 5.3 i 5.4).

Potrebna pomoćna energija za pogon ventilatora

$$W_{Ve,aux,fan} = (P_{sup} + P_{exh}) \cdot t_{fan,uk} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (E.22)} \quad (5.14)$$

$t_{fan,uk}$ – period proračuna (h),

$t_{fan,uk} = t_{v,mec} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{HC,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{fan,uk} = 1 \text{ h}$ kod satne metode.

$t_{v,mec}$ – dnevni broj sati rada sustava (h/d);

$d_{use,tj}$ – broj dana rada sustava u tjednu (d/tj);

$L_{HC,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za grijanjem/hlađenjem u pojedinom mjesecu (d/mj),

Standardne vrijednosti za pojedinačne elemente GViK sustava dane su u sljedećim tablicama.

Tablica 5.3 (prema HRN EN 13779 (D.2) i (9)) Standardizirane vrijednosti za proračun potrebne energije za pogon ventilatora

*SFP4	Specifična snaga P_{SFP} [W/m ³ s]	$\Delta p_{sup}/p_{exh}$ [Pa]
Odsisni ventilator	1250	750
Tlačni ventilator s grijačem	1600	960
Tlačni ventilator GViK	2000	1200

*SFP4- specifična snaga ventilatora, kategorija 4

Tablica 5.4 (HRN EN 13779 (10)) Dodatna potrebna snaga za svladavanje dodatnih otpora strujanju

Element	+ P_{SFP} [W/m ³ s]
Dodatni mehanički filter	+300 +1000
HEPA filter	+300
Plinski filter	+300
Izmjenjivač topline, klasa H2 ili H1*	+300
Hladnjak	+300

* Klasa H1 ili H2 u skladu s normom HRN EN 13053.

5.3 Ventilatori istrujnih jedinica u GViK i sobnim sustavima

5.3.1 Sustav grijanja

Napomena: potrebna pomoćna energija za pogon ogrjevnih tijela u sobnim sustavima $W_{H,em,aux}$ računa se prema Algoritmu za sustave grijanja i pripreme PTV-a, (napomena: ovdje je $W_{H,em,aux} = W_{em,aux}$)

5.3.2 Sustav hlađenja

Potrebna energija za pogon ventilatora rashladnih tijela (podsustav predaje)

$$W_{C,em,aux, fan} = f_{C,aux, fan} \cdot Q_{C,gen,out} \cdot \frac{t_{C,op}}{1000h} \quad [\text{kWh}] \text{ HRN EN 15243 (L.1)} \quad (5.15)$$

$f_{C,aux, fan}$ – specifična potrebna energija za pogon ventilatora temeljena na 1000 h rada (kWh/kWh), podatak proizvođača ili Tablica 5.5

$t_{C,op}$ – vrijeme rada rashladnog sustava (h), $t_{C,op} = t_{C,uk} \cdot \beta_{C,dis}$.

Tablica 5.5 (HRN EN 15243 L.1) Standardizirane vrijednosti za proračun potrebne energije za pogon ventilatora rashladnih tijela

	nazivna snaga kW / kW	$f_{C,aux, fan}$ kWh / kWh
Rashladni uređaji: unutarnja jedinica s direktnim isparavanjem; kanalski razvod zraka i pojedinačni ventilacijski otvori*	0,030	0,060
Rashladni uređaji: unutarnja jedinica s direktnim isparavanjem; stropna jedinica	0,020	0,040
Rashladni uređaji: unutarnja jedinica s direktnim isparavanjem; zidna i/ili parapet jedinica	0,020	0,040
Ventilokonvektori, parapet i stropne jedinice (rash.voda 6°C)	0,020	0,040
Ventilokonvektori, parapet i stropne jedinice (rash.voda 14°C)	0,035	0,070
Ventilokonvektori, stropne jedinice s kanalskim razvodom zraka (rash.voda 14°C)*	0,040	0,080

*spada u GViK sustave

5.4 Kondenzatori

Potrebna električna energija

$$W_{C,aux,cond} = \Phi_{cond} \cdot q_{cond,el} \cdot f_{cond,av} \cdot t_{cond,op} \quad [\text{kWh}] \text{ HRN EN 15243 (M.1)} \quad (5.16)$$

$q_{cond,el}$ – specifična potrebna el. energija za rad kondenzatora (kW/kW), Tablica 5.6;

$f_{cond,av}$ – prosječni faktor učinkovitosti kondenzatora (-), $=f_{R,VK}, f_{R,TK}$ Tablica 4.12;

$t_{cond,op}$ - vrijeme rada kondenzatora (h), $t_{cond,op} = t_{C,op}$.

Snaga kondenzatora

$$\Phi_{cond} = \Phi_{C,gen} \cdot \left(1 + \frac{1}{EER} \right) \quad [\text{kW}] \quad \text{HRN EN 15243 (M.1)} \quad (5.17)$$

$\Phi_{C,gen}$ – nazivna snaga rashladnog uređaja (kW), podatak iz energetske pregleda ili projekta
 EER – faktor energetske učinkovitosti rashladnog uređaja kW/kW, Tablice 4.8-4.11;

Kod apsorpcijskih uređaja umjesto EER uzeti toplinski faktor hlađenja ζ (-) (vidi J. 4.57)
 (Φ_{cond} u tom slučaju predstavlja zbroj snage kondenzatora samog aps. uređaja i apsorbera)

Tablica 5.6 (HRN EN 15243 M.1) Specifična potrebna el. energija za rad kondenzatora

	Rashladni toranj i evaporativni kondenzator (uključujući pumpe raspršivača vode)		Suhi hladnjak
	Zatvoreni krug	Otvoreni krug	
	$q_{cond,el}$ kW/kW		
Bez dodatnog prigušivača	0,033	0,018	0,045
S dodatnim prigušivačem (radijalni ventilator)	0,040	0,021	-

5.5 Pumpe za vodeno ovlaživanje

Potrebna električna energija

$$W_{Ve,aux,mh} = \dot{V}_{mech,sup,tot} \cdot P_{el,mh} \cdot t_{mh,op} \cdot f_{mh} / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 15243 (J.18)} \quad (5.18)$$

$P_{el,mh}$ – specifična snaga pumpe vodenog ovlaživača (W/(m³/h)), Tablica 5.7;

f_{mh} – faktor djelomičnog opterećenja za regulaciju vlažnosti (-), Tablica 5.7;

$t_{mh,op}$ – vrijeme rada pumpe (h), $t_{mh,op} = t_{HC,uk} \cdot \beta_{HC,dis}$

Tablica 5.7 (HRN EN 15243 J.7) Faktor djelomičnog opterećenja za regulaciju vlažnosti (prosječne godišnje vrijednosti) za pojedine tipove vodenih ovlaživača

Tip ovlaživača	Regulacija	Spec. snaga $P_{el,mh}$ W/(m ³ /h)	Faktor djel.opter. f_{mh} za $x_{mech,sup}=6$ g/kg	Faktor djel.opter. f_{mh} za $x_{mech,sup}=8$ g/kg
Kontaktni i s kapanjem	nekontrolirani, regulacija s ventilom	0,01	1	1
Rotacijski s raspršivanjem	nekontrolirani	0,20	1	1
	reg. s ventilom	0,20	1	1
	uklj./isklj. (proporcionalno)	0,20	0,35	0,50
	kontrola brzine vrtnje	0,20	0,20	0,30
Visokotlačni	kontrola brzine vrtnje	0,04	0,35	0,50
Hibridni	uklj./isklj.	0,02	0,35	0,50

5.6 Sustavi povrata topline

5.6.1 Pumpe

Potrebna električna energija

Za pumpe bez regulacije

$$W_{Ve,aux,hru} = \dot{V}_{mech,sup,tot} \cdot 0.03(W / m^3 / h) \cdot t_{hru,op} / 1000 \text{ [kWh] HRN EN 15243 (J.16)} \quad (5.19)$$

Za pumpe regulacijom brzine vrtnje

$$W_{Ve,aux,hru} = \dot{V}_{mech,sup,tot} \cdot 0.015(W / m^3 / h) \cdot t_{hru,op} / 1000 \text{ [kWh] HRN EN 15243 (J.16)} \quad (5.20)$$

$t_{hru,op}$ – vrijeme rada pumpe (h), $t_{hru,op} = t_{fan,uk}$.

5.6.2 Rotori rotacijskih regeneratora

Potrebna električna energija

$$W_{Ve,aux,rot} = P_{el,av,rot} \cdot t_{rot,op} / 1000 \text{ [kWh] HRN EN 15243 (J.17)} \quad (5.21)$$

$P_{el,av,rot}$ – električna snaga za pogon rotora (W), Tablica 5.8;

$t_{rot,op}$ – vrijeme rada rotora (h/d), $t_{rot,op} = t_{fan,uk}$.

Tablica 5.8 (HRN EN 15243 J.6) Električna snaga za pogon rotora

$\dot{V}_{mech,sup}$ (m ³ /h)	$P_{el,av,rot}$ (W)
<7 500	90
7 500-25 000	180
25 000-65 000	370
>65 000	750

5.7 Vraćena i iskoristiva pomoćna energija

Ukupna pomoćna energija

Sustav grijanja

$$W_{Ve,aux} = W_{H,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} + W_{H,gen,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (5.22)$$

$W_{H,dis,aux}$ – pomoćna energija u razvodu sustava grijanja (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za grijanje i pripremu PTV-a;

$W_{H,em,aux}$ – pomoćna energija u podsustavu predaje sustava grijanje (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za grijanje i pripremu PTV-a;

$W_{H,gen,aux}$ – pomoćna energija generatora (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za grijanje i pripremu PTV-a;

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period grijanja.

Sustav hlađenja

$$W_{Ve,aux} = W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} \quad [\text{kWh}] \quad (5.23)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period hlađenja.

Napomena: pomoćna energija generatora rashladnog učina uzeta je u obzir kroz potrebnu (isporučenu) električnu energiju za pogon $E_{C,gen,del,el}$ (vidi Poglavlje 4.2.6).

Proračun vraćene pomoćne energije radnom mediju (voda, rasolina, zrak) u promatranom periodu (bez pomoćne energije generatora)

Sustav grijanja

$$\sum_i Q_{H,aux,rnd,i} = 0,75 \cdot (W_{H,dis,aux} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) + W_{Ve,aux,fan} + Q_{H,gen,aux,rnd} \quad [\text{kWh}] \quad (5.24)$$

$Q_{H,gen,aux,rnd}$ – pomoćna energija generatora vraćena ogrjevnom mediju (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za grijanje i pripremu PTV-a;

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period grijanja.

Sustav hlađenja

$$\sum_i Q_{C,aux,rnd,i} = 0,75 \cdot (W_{C,dis,aux} + W_{C,em,aux,fan} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) + W_{Ve,aux,fan} \quad [\text{kWh}] \quad (5.25)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period hlađenja.

Proračun iskoristive pomoćne energije koja se vraća u prostor u promatranom periodu

Sustav grijanja

$$\sum_i Q_{H,aux,rbl,i} = 0,25 \cdot (k_i \cdot W_{H,dis,aux} + k_j \cdot W_{H,em,aux} + k_k \cdot W_{Ve,aux,mh} + k_l \cdot W_{Ve,aux,hru} + k_m \cdot W_{Ve,aux,rot}) + Q_{H,gen,aux,rbl}$$

[kWh] (5.26)

$Q_{H,gen,aux,rbl}$ – pomoćna energija generatora vraćena u grijani prostor (kWh), ulazni podatak iz Algoritma za grijanje i pripremu PTV-a.

Sustav hlađenja

$$\sum_i Q_{C,aux,rbl,i} = 0,25 \cdot (k_i \cdot W_{C,dis,aux} + k_j \cdot W_{C,em,aux,fan} + k_k \cdot W_{Ve,aux,mh} + k_l \cdot W_{Ve,aux,hru} + k_m \cdot W_{Ve,aux,rot})$$

[kWh] (5.27)

k – udio iskoristivih gubitaka u ukupnim (-);

$k=1$ tj. 100% ukupnih gubitaka ako je komponenta smještena u grijanoj/hlađenoj zoni;

$k=0,5$ tj. 50% ako je komponenta smještena u negrijanoj/nehlađenoj zoni;

$k=0$ tj. 0% ako je komponenta smještena izvan zgrade.

6. Proračun ukupno isporučene i primarne energije za grijanje i hlađenje

6.1 Isporučena energija

Sustav grijanja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$E_{H,del} = Q_{H,gen,in} + (W_{H,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} + W_{H,gen,aux}) \quad [\text{kWh}] \quad (6.1)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period grijanja.

Napomena: $W_{H,em,aux}$ i $W_{H,gen,aux}$ se računa prema proceduri iz Algoritma za sustave grijanja i pripremu PTV-a.

Sustav hlađenja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

Toplinska + električna

$$E_{C,del,thel} = Q_{C,gen,in} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \quad [\text{kWh}] \quad (6.2a)$$

Električna

$$E_{C,del} = E_{C,gen,del,el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \quad [\text{kWh}] \quad (6.2b)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period hlađenja.

Za sustave s više generatora u Jedn. (6.1) i (6.2a,b) potrebno je zbrojiti energije na ulazu u svaki pojedini generator i pomoćne el. energije za pogon svih pomoćnih uređaja u sustavu.

6.1.1 Isporučena godišnja energija-grijanje/hlađenje

Mjesečna metoda:

Broj dnevnih i tjednih sati rada sustava uzima se u obzir preko $\alpha_{HC,red}$ a broj dana u kojima postoji potreba za grijanjem/hlađenjem preko $L_{HC,m,i}$, a koje se sve koriste kod izračuna ulaznih veličina $Q_{H,nd}$ / $Q_{C,nd}$

$$E_{HC,del,a} = \sum_i E_{HC,del,m,i} \quad [\text{kWh/a}] \quad (6.3)$$

$E_{HC,del,m,i}$ – isporučena energija u i -tom mjesecu koji ima d_i dana (kWh/mj);

$E_{HC,del,a}$ – ukupno isporučena energija u periodu grijanja/hlađenja (kWh/a).

Jednostavna satna metoda:

Kada su ulazne veličine satne vrijednosti $Q_{H,nd}/Q_{C,nd}$ nije potrebno korištenje $\alpha_{HC,red}$ obzirom da je dinamika izmjene topline uzeta u obzir samom metodom, dok se broj dnevnih i tjednih sati te broj dana u kojima postoji potreba za grijanjem preko $L_{H,m,i}$ uzima u obzir preko slijedećih izraza:

Dnevno:

$$E_{HC,del,day} = \sum_i E_{HC,del,i} \quad [\text{kWh}] \quad (6.4)$$

$E_{HC,del,i}$ - isporučena energija u i-tom satu kada sustav radi (ulazna veličina satna vrijednost $Q_{H,nd,i}/Q_{C,nd,i}$)

Mjesečno:

$$E_{HC,del,m} = \sum_i E_{HC,del,day,i} \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{HC,m,i} / d_i \quad [\text{kWh}] \quad (6.5)$$

$d_{use,tj}$ – broj dana rada sustava u tjednu (d/tj);

d_i – ukupan broj dana u mjesecu (d).

$L_{HC,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za grijanjem/hlađenjem u pojedinom mjesecu (d/mj),
izlazna veličina iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790;

Godišnje:

$$E_{HC,del,a} = \sum_i E_{HC,del,m,i} \quad [\text{kWh/a}] \quad (6.6)$$

Napomena: Kod izračuna $E_{HC,del,a}$ moguće je kombinirati satnu i mjesečnu metodu, na način da se satnom metodom izračunaju mjesečne vrijednosti $Q_{H,nd}/Q_{C,nd}$ (uključivo i $Q_{H,ve,mech}/Q_{C,ve,mech}$, Q_{heater} , Q_{steam} , Q_{cool}), i u nastavku koristeći te ulazne veličine toplinski gubici sustava i pomoćna energija mjesečnom metodom.

6.2 Primarna energija

Općenito

$$E_{prim} = \sum_i (f_{p,i} \cdot Q_{gen,in,i}) + \sum_j (f_{p,el} \cdot W_{aux,j}) \quad [\text{kWh}] \quad (6.7)$$

$Q_{gen,in,i}$ – isporučena energija i -tom generatoru topline (kWh);

$W_{aux,j}$ – energija za pogon pojedinog pomoćnog uređaja (kWh);

$f_{p,i}$ – faktor primarne energije za i -ti izvor energije (-), Tablica 6.1;

$f_{p,el}$ – faktor primarne energije za električnu energiju (-), Tablica 6.1.

Sustav grijanja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$E_{H,prim} = Q_{H,gen,in} \cdot f_{p,i} + (W_{H,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} + W_{H,gen,aux}) \cdot f_{p,el} \quad [\text{kWh}] \quad (6.8)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period grijanja.

Sustav hlađenja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$E_{C,prim} = E_{C,gen,del,el} \cdot f_{p,el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \cdot f_{p,el} \quad [\text{kWh}] \quad (6.9)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period hlađenja.

Napomena: u slučaju zagrijavanja zraka u periodu hlađenja kod klimatizacije prostora s regulacijom vlažnosti, potrebno je izračunati $E_{H,prim}$ za proračunom dobiveni $Q_{CH,gen,in}$ (vidi Pog. 4.2.1).

6.2.1 Primarna godišnja energija-grijanje/hlađenje

Postupak je ekvivalentan onome prikazanom u Poglavlju 6.1.1 pri čemu se umjesto Q_{del} uzima Q_{prim} .

6.2.2 Koeficijent utroška primarne energije

Koeficijent utroška primarne energije e_p predstavlja omjer primarne energije i potrebne (korisne) toplinske energije

$$e_p = E_{prim} / (Q_{H,nd} + Q_{C,nd}) \quad [-] \quad (6.10)$$

6.3 Godišnja emisija CO₂

Godišnja emisija CO₂ se računa prema isporučenoj energiji u sustav

Sustav grijanja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$CO_{2,H} = Q_{H,gen,in} \cdot C_{p,i} + \left(W_{H,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} + W_{H,gen,aux} \right) \cdot C_{el} \quad [kg] \quad (6.11a)$$

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period grijanja.

Sustav hlađenja (s jednim generatorom)

(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$CO_{2,C} = E_{C,gen,del,el} \cdot C_{el} + \left(W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} \right) \cdot C_{el} \quad [kg] \quad (6.11b)$$

$C_{p,i}$ - faktor pretvorbe za i -ti izvor energije (-), Tablica 6.2;

C_{el} - faktor pretvorbe za električnu energiju (-), Tablica 6.2.

$W_{Ve,aux,fan}$, $W_{Ve,aux,mh}$, $W_{Ve,aux,hru}$ i $W_{Ve,aux,rot}$ se ovdje odnose na period hlađenja.

Ukupna godišnja emisija CO₂

$$CO_{2,a} = CO_{2,H,a} + CO_{2,C,a} \quad [kg] \quad (6.12)$$

Godišnje vrijednosti $CO_{2,H,a}$ i $CO_{2,C,a}$ se računaju u analogiji s proračunom godišnjih vrijednosti $E_{del,a}$ i $E_{prim,a}$ za režim grijanja i hlađenja u ovisnosti o načinu rada sustava (kontinuirani/nekontinuirani rad), Pog. 6.2, 6.3.

7. Povezivanje jednostavne satne metode s Algoritmom za proračun toplinske energije za ventilaciju i klimatizaciju

Napomena: Ako je $\vartheta_{\text{air,ac,t-1}} \leq (\vartheta_{\text{H,set}} + \vartheta_{\text{C,set}})/2$ koristiti shemu za grijanje;

Ako je $\vartheta_{\text{air,ac,t-1}} > (\vartheta_{\text{H,set}} + \vartheta_{\text{C,set}})/2$ koristiti shemu za hlađenje.

Uvjet ne vrijedi kad je $\vartheta_{\text{H,set}} = \vartheta_{\text{C,set}}$ (osim prilikom početka rada termotehničkog sustava), tada se može koristiti sljedeće:

Ako je termotehnički sustav u prethodnom satu isporučivao toplinsku energiju za grijanje u proračunskoj zoni isto tako radi i u proračunskom satu ili ne radi ako se bez isporučivanja toplinske energije ostvari da je $\vartheta_{\text{air,ac}} > \vartheta_{\text{H,set}}$.

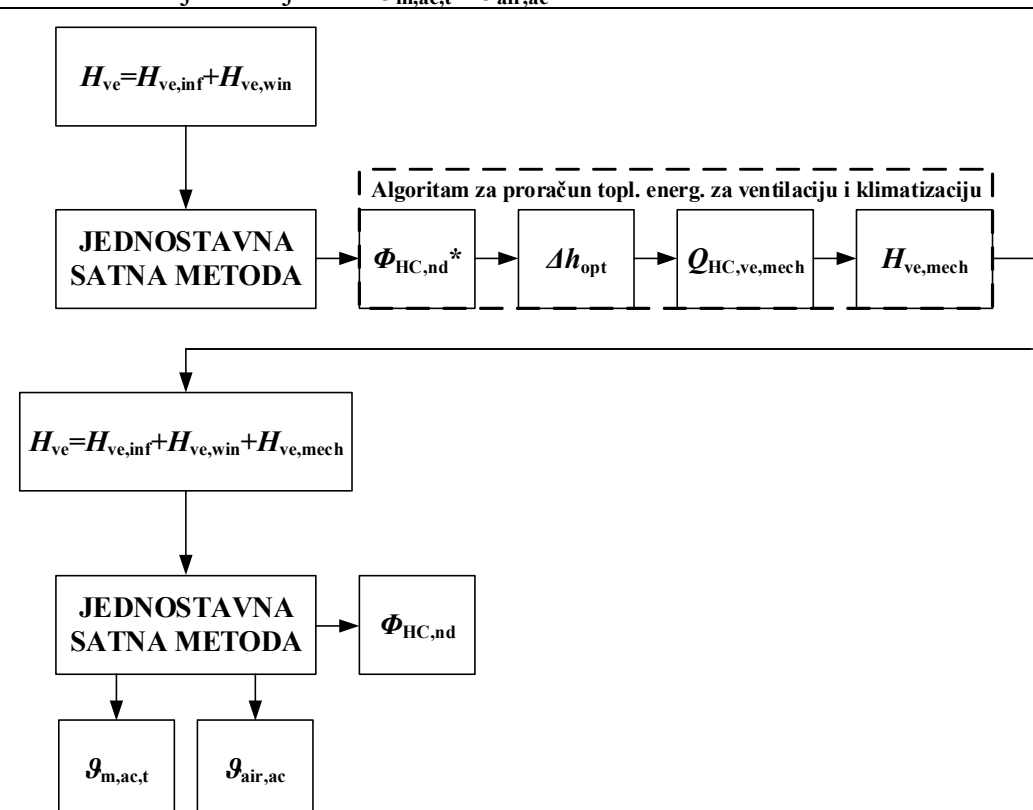
U proračunskom satu termotehnički sustav može proračunskoj zoni isporučivati toplinsku energiju za hlađenja ukoliko je isto to radio u prethodnom satu ili ukoliko se u prethodnom satu nije isporučivala energija niti sustavu grijanja, niti sustavu hlađenja.

$\vartheta_{\text{air,ac,t-1}}$ - proračunski određena temperatura zraka unutar proračunske zone u prethodnom satu (°C)

Proračun za karakteristični dan u mjesecu:

Sat	Postupak
0	Postaviti inicijalne uvjete za $\vartheta_{\text{m,ac,t}}$ i $\vartheta_{\text{air,ac}}$.
1 ... 24	$H_{\text{ve}} = H_{\text{ve,inf}} + H_{\text{ve,win}}$ Zamijeniti inicijalne uvjete s izračunatim vrijednostima $\vartheta_{\text{m,ac,t}}$ i $\vartheta_{\text{air,ac}}$ u 24-tom satu. Postupak za svaki mjesec (karakterističan dan) ponoviti do poklapanja inicijalnih i izračunatih vrijednosti u barem dvije decimale. Isti postupak se ponavlja za svaki mjesec u godini.

Proračun za svaki sat u godini:

Sat	Postupak
0	Postaviti inicijalne uvjete za $\vartheta_{m,ac,t}$ i $\vartheta_{air,ac}$.
1 ... 8760	 Zamijeniti inicijalne uvjete s izračunatim vrijednostima $\vartheta_{m,ac,t}$ i $\vartheta_{air,ac}$ u 8760-tom satu te se postupak s novim incijalnim uvjetima još jednom ponavlja.

7. Analiza rezultata proračuna-primjer

U nastavku su dani rezultati proračuna isporučene i primarne energije za primjer stambeno poslovne zgrade s GViK i sobnim sustavom za grijanje/hlađenje prostora. Zgrada se sastoji od podruma, stubišta, prizemlja (poslovni dio), 1. i 2. kata (stambeni dio), vanjskih gabarita 16×12 m. Proračun je napravljen za poslovni dio zgrade korisne površine $165,3 \text{ m}^2$ i volumena zraka $392,6 \text{ m}^3$, za mjesec siječanj i srpanj koristeći podatke o $Q_{H, Ve, mech}$ i $Q_{C, Ve, mech}$ dobivene satnom metodom za karakteristični dan u pojedinom mjesecu.

Osnovni dijelovi termotehničkog sustava su:

- kanalski razvod za dovod i odsis zraka s istrujnim otvorima i pripadajućom klimakomorom s regeneratom i vodenim ovlaživanjem (GViK sustav)
- ventilokonvektori (sobni sustav), grijanje $70/55^\circ\text{C}$, hlađenje $7/12^\circ\text{C}$
- plinski toplovodni kotao topl. kapaciteta 20 kW
- rashladnik vode rashl. kapaciteta 15 kW sa zrakom hlađenim kondenzatorom

Klimakomora, kotao i dio razvoda su smješteni u podrumskim prostorijama. Ostatak sustava (osim zračnog kondenzatora) se nalazi u kondicioniranom prostoru.

U prvom su dijelu dani rezultati proračuna protoka zraka za zgradu i GViK sustav. Slijede rezultati satnih proračuna $Q_{H, Ve, mech}$ i $Q_{C, Ve, mech}$ za Shemu 4 (bez reg. vlažnosti, Pog. 3) i Shemu 11 (s reg. vlažnosti, Pog. 3) uz $k_v=0,4$. U zadnjem je dijelu dan pregled izlaznih veličina iz proračuna potrebnih za određivanje primarne energije za slučaj kombiniranog rada GViK sustava iz Sheme 11 i sobnog sustava ($k_v=0,4$) te, naposljetku, skupni prikaz najvažnijih veličina.

NAPOMENA: Sve prikazane numeričke vrijednosti su oglednog karaktera, i ovdje su u funkciji lakšeg praćenja tijeka postupka proračuna.

Proračun protoka zraka (prema Poglavlju 2)

ULAZNE VELIČINE			
Referentna površina zone	A	165	m^2
Neto volumen zone	V	392.6	m^3
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	n_{50}	2	h^{-1}
Površina kanala	A_{duct}	80	m^2
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{indoorduct}$	72	m^2
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	e_{wind}	0.07	-
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	f_{wind}	15	-
Dnevno vrijeme korištenja zone	t_{kor}	11	h
Dnevni broj sati rada mehaničkog sustava	$t_{v,mech}$	13	h
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	V_A	4	$\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	n_{req}	1.681	h^{-1}
MEHANIČKA VENTILACIJA			
Minimalno potrebni volumni protok zraka	V_{req}	660	m^3/h
Koeficijent propuštanja kanala	$C_{ductleak}$	1.06	-
Koeficijent propuštanja AHU jedinice	$C_{AHUleak}$	1.02	-
Koeficijent propuštanja u zonu	$C_{indoorleak}$	1.054	-
Koeficijent propuštanja izvan zone	$C_{outdoorleak}$	1.026	-
Ukupni koeficijent propuštanja	C_{leak}	1.082	-
Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$n_{mech,sup}$	1.772	h^{-1}
Ukupni protok zraka koji propuštaju kanali	$V_{duct,leak}$	39.60	m^3/h
Protok zraka koji propušta AHU jedinica	$V_{AHU,leak}$	13.20	m^3/h
Volumni protok zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$V_{mech,sup}$	695.64	m^3/h
Totalni volumni protok zraka mehaničke ventilacije	$V_{mech,tot}$	748.44	m^3/h
INFILTRACIJA			
Faktor korekcije zbog mehaničke ventilacije	$f_{v,mech}$	0	-
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije - mehanička ventilacija prisutna	n_{inf}	0.14	h^{-1}
PROZRAČIVANJE			
Korekcija uslijed infiltracije	Δn_{win}	1.441	h^{-1}
Korekcija izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije	$\Delta n_{win,mech}$	0	h^{-1}
U danu uprosječenii broj izmjena zraka uslijed prozračivanja	n_{win}	0.1	h^{-1}

Proračun $Q_{H,ve,meh}$ i $Q_{C,ve,meh}$ (prema Poglavlju 3) – Shema 4 zimski period

ULAZNE VELIČINE			
Unutarnja temperatura zone	ϑ_{int}	20	°C
Neto volumen zone	V	392.6	m ³
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije	n_{inf}	0.14	h ⁻¹
U danu uprosječenii broj izmjena zraka uslijed prozračivanja	n_{win}	0.1	h ⁻¹
Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$n_{mech,sup}$	1.772	h ⁻¹
Volumni protok zraka doveden mehaničkom ventilacijom	$V_{mech,sup}$	695.64	m ³ /h
Gustoća zraka	ρ_a	1.188	kg/m ³
Specifični toplinski kapacitet zraka	$c_{p,a}$	1.01	kJ/(kgK)
Broj dana u mjesecu	d	31	-
Apsolutna vlažnost vanjskog zraka	x_e	0.00344	kg/kg
Udio toplinskog opterećenja koje pokriva mehanička ventilacija	k_v	0.4	-

SAT	ϑ_{int} [°C]	ϑ_e [°C]	$Q_{Ve,inf}$ [kWh]	$Q_{Ve,win}$ [kWh]	
0-1	20	-0.5	0.376	0.268	
1-2	20	-0.7	0.379	0.271	
2-3	20	-0.7	0.379	0.271	
3-4	20	-0.8	0.381	0.272	
4-5	20	-0.8	0.381	0.272	
5-6	20	-1.0	0.385	0.275	
6-7	20	-1.1	0.387	0.276	
7-8	20	-1.2	0.388	0.277	
8-9	20	-0.6	0.377	0.270	
9-10	20	0.0	0.366	0.262	
10-11	20	0.7	0.354	0.253	
11-12	20	1.4	0.341	0.243	
12-13	20	1.8	0.333	0.238	
13-14	20	2.2	0.326	0.233	
14-15	20	2.4	0.322	0.230	
15-16	20	1.9	0.332	0.237	
16-17	20	1.4	0.341	0.243	
17-18	20	0.9	0.350	0.250	
18-19	20	0.4	0.359	0.256	
19-20	20	0.2	0.363	0.259	
20-21	20	0.0	0.366	0.262	
21-22	20	-0.3	0.372	0.266	
22-23	20	-0.4	0.374	0.267	
23-24	20	-0.4	0.374	0.267	
Σ			4.576	3.269	kWh/dan
ΣΣ			141.863	101.330	kWh/mj

Napomena: Infiltracija i prozračivanje se zbrajaju samo u periodu rada mehaničke ventilacije (uokvireni period)

SAT	ϑ_e [°C]	$h_{\text{heater1,in}}$ [kJ/kg]	$h_{\text{heater1,out}}$ [kJ/kg]	$Q_{H,Ve,mch} = Q_{\text{heater}}$ [kWh]	$\vartheta_{\text{mch,sup}}$ [°C]
0-1	-0.5	8.095	28.931	0	x
1-2	-0.7	7.892	28.931	0	x
2-3	-0.7	7.892	28.931	0	x
3-4	-0.8	7.790	28.931	0	x
4-5	-0.8	7.790	28.931	0	x
5-6	-1.0	7.587	28.931	0	x
6-7	-1.1	7.485	28.931	4.9232	25.7
7-8	-1.2	7.384	28.931	4.9465	25.8
8-9	-0.6	7.993	28.931	4.8065	23.6
9-10	0.0	8.603	28.931	4.6665	22.7
10-11	0.7	9.315	28.931	4.5032	21.9
11-12	1.4	10.026	28.931	4.3399	21.4
12-13	1.8	10.433	28.931	4.2465	21.3
13-14	2.2	10.839	28.931	4.1532	21.4
14-15	2.4	11.043	28.931	4.1065	21.8
15-16	1.9	10.534	28.931	4.2232	22.8
16-17	1.4	10.026	28.931	4.3399	24.8
17-18	0.9	9.518	28.931	4.4565	25.0
18-19	0.4	9.010	28.931	4.5732	25.2
19-20	0.2	8.807	28.931	0	x
20-21	0.0	8.603	28.931	0	x
21-22	-0.3	8.298	28.931	0	x
22-23	-0.4	8.197	28.931	0	x
23-24	-0.4	8.197	28.931	0	x
Σ				58.285	kWh/dan
$\Sigma\Sigma$				1806.83	kWh/mj

Proračun $Q_{H,ve,mech}$ i $Q_{C,ve,mech}$ (prema Poglavlju 3) – Shema 4 ljetni period

ULAZNE VELIČINE			
Unutarnja temperatura zone	ϑ_{int}	22	°C
Neto volumen zone	V	392.6	m ³
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije	n_{inf}	0.14	h ⁻¹
U danu uprosječenii broj izmjena zraka uslijed prozračivanja	n_{win}	0.1	h ⁻¹
Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$n_{mech,sup}$	1.772	h ⁻¹
Volumni protok zraka doveden mehaničkom ventilacijom	$V_{mech,sup}$	695.64	m ³ /h
Gustoća zraka	ρ_a	1.188	kg/m ³
Specifični toplinski kapacitet zraka	$c_{p,a}$	1.01	kJ/(kgK)
Broj dana u mjesecu	d	31	-
Apsolutna vlažnost vanjskog zraka	x_e	0.01166	kg/kg
Temperatura rashladne vode	ϑ_{rv}	9	°C
Udio toplinskog opterećenja koje pokriva mehanička ventilacija	K_v	0.4	-

SAT	ϑ_{int} [°C]	ϑ_e [°C]	$Q_{ve,inf}$ [kWh]	$Q_{ve,win}$ [kWh]	
0-1	22	17.8	0.077	0.055	
1-2	22	17.4	0.084	0.060	
2-3	22	16.9	0.093	0.067	
3-4	22	16.4	0.103	0.073	
4-5	22	16.3	0.104	0.075	
5-6	22	16.9	0.093	0.067	
6-7	22	17.7	0.079	0.056	
7-8	22	18.6	0.062	0.044	
8-9	22	19.7	0.042	0.030	
9-10	22	20.9	0.020	0.014	
10-11	22	22.4	-0.007	-0.005	
11-12	22	23.9	-0.035	-0.025	
12-13	22	25.3	-0.060	-0.043	
13-14	22	26.4	-0.081	-0.058	
14-15	22	26.8	-0.088	-0.063	
15-16	22	26.9	-0.090	-0.064	
16-17	22	26.5	-0.082	-0.059	
17-18	22	25.5	-0.064	-0.046	
18-19	22	24.3	-0.042	-0.030	
19-20	22	23.0	-0.018	-0.013	
20-21	22	21.6	0.007	0.005	
21-22	22	20.3	0.031	0.022	
22-23	22	19.2	0.051	0.037	
23-24	22	18.2	0.070	0.050	
Σ			-0.346	-0.247	kWh/dan
ΣΣ			-10.733	-7.667	kWh/mj

Napomena: Infiltracija i prozračivanje se zbrajaju samo u periodu rada mehaničke ventilacije (uokvireni period)

				Uvjet 1b) : $x_{s,min} < x_e$				
SAT	ϑ_e [°C]	$h_{cool,in}$ [kJ/kg]	Δh_{opt} [kJ/kg]	$x_{mech,sup}$ [kg/kg]	$h_{mech,sup}$ [kJ/kg]	Q_{cool} [kWh]	$Q_{C,Ve,mech}$ [kWh]	$\vartheta_{mech,sup}$ [°C]
0-1	17.8	47.524	0.241	0.01368	56.755	0	0	x
1-2	17.4	47.111	0.100	0.01407	57.875	0	0	x
2-3	16.9	46.595	-0.077	0.01460	59.415	0	0	x
3-4	16.4	46.080	-0.254	0.01521	61.142	0	0	x
4-5	16.3	45.976	1.529	0.01426	56.933	0	0	x
5-6	16.9	46.595	2.047	0.01343	54.313	0	0	x
6-7	17.7	47.421	2.612	0.01257	51.564	0	0	x
7-8	18.6	48.349	3.177	0.01181	49.060	0	0	x
8-9	19.7	49.484	4.569	0.01077	45.023	1.0241	0.0249	17.6
9-10	20.9	50.722	5.769	0.00997	41.797	2.0488	-0.7252	16.4
10-11	22.4	52.270	6.784	0.00933	39.161	3.0092	-1.4534	15.4
11-12	23.9	53.817	7.453	0.00893	37.455	3.7562	-2.0473	14.7
12-13	25.3	55.262	7.949	0.00865	36.251	4.3640	-2.5418	14.3
13-14	26.4	56.397	8.200	0.00849	35.612	4.7714	-2.8919	14.0
14-15	26.8	56.809	7.858	0.00855	36.092	4.7558	-2.9549	14.3
15-16	26.9	56.912	7.119	0.00872	37.266	4.5101	-2.8787	15.1
16-17	26.5	56.500	5.975	0.00904	39.216	3.9677	-2.5987	16.2
17-18	25.5	55.468	5.373	0.00930	40.498	3.4365	-2.2051	16.8
18-19	24.3	54.230	4.667	0.00967	42.129	2.7779	-1.7082	17.5
19-20	23.0	52.889	3.902	0.01013	44.078	0	0	x
20-21	21.6	51.444	1.587	0.01126	49.244	0	0	x
21-22	20.3	50.103	1.126	0.01190	51.343	0	0	x
22-23	19.2	48.968	0.737	0.01258	53.448	0	0	x
23-24	18.2	47.937	0.383	0.01333	55.722	0	0	x
Σ						38.422	-21.980	kWh/dan
$\Sigma\Sigma$						1191.07	-681.393	kWh/mj

Proračun $Q_{H,ve,mech}$ i $Q_{C,ve,mech}$ (prema Poglavlju 3) – Shema 11 zimski period

ULAZNE VELIČINE			
Unutarnja temperatura zone	ϑ_{int}	20	°C
TIP sustava	Sustav sa kontrolom vlažnosti bez tolerancija		
Neto volumen zone	V	392.6	m ³
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije	n_{inf}	0.14	h ⁻¹
U danu uprosječenii broj izmjena zraka uslijed prozračivanja	n_{win}	0.1	h ⁻¹
Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$n_{mech,sup}$	1.772	h ⁻¹
Volumni protok zraka doveden mehaničkom ventilacijom	$V_{mech,sup}$	695.64	m ³ /h
Gustoća zraka	ρ_a	1.188	kg/m ³
Specifični toplinski kapacitet zraka	$c_{p,a}$	1.01	kJ/(kgK)
Broj dana u mjesecu	d	31	-
Apsolutna vlažnost vanjskog zraka	x_e	0.00344	kg/kg
Temperatura rashladne vode	ϑ_{rv}	9	°C
Temperatura vode za ovlaživanje	ϑ_w	12.5	°C
Faktor odnosa vlažnosti za ovlaživače	φ	0.95	-
Faktor povrata topline (Rotirajući, sa sorpcijskim materijalom)	η_{htu}	0.7	-
Udio toplinskog opterećenja koje pokriva mehanička ventilacija	k_v	0.4	-

SAT	ϑ_{int} [°C]	ϑ_e [°C]	$Q_{ve,inf}$ [kWh]	$Q_{ve,win}$ [kWh]	
0-1	20	-0.5	0.376	0.268	
1-2	20	-0.7	0.379	0.271	
2-3	20	-0.7	0.379	0.271	
3-4	20	-0.8	0.381	0.272	
4-5	20	-0.8	0.381	0.272	
5-6	20	-1.0	0.385	0.275	
6-7	20	-1.1	0.387	0.276	
7-8	20	-1.2	0.388	0.277	
8-9	20	-0.6	0.377	0.270	
9-10	20	0.0	0.366	0.262	
10-11	20	0.7	0.354	0.253	
11-12	20	1.4	0.341	0.243	
12-13	20	1.8	0.333	0.238	
13-14	20	2.2	0.326	0.233	
14-15	20	2.4	0.322	0.230	
15-16	20	1.9	0.332	0.237	
16-17	20	1.4	0.341	0.243	
17-18	20	0.9	0.350	0.250	
18-19	20	0.4	0.359	0.256	
19-20	20	0.2	0.363	0.259	
20-21	20	0.0	0.366	0.262	
21-22	20	-0.3	0.372	0.266	
22-23	20	-0.4	0.374	0.267	
23-24	20	-0.4	0.374	0.267	
Σ			4.576	3.269	kWh/dan
ΣΣ			141.863	101.330	kWh/mj

Napomena: Infiltracija i prozračivanje se zbrajaju samo u periodu rada mehaničke ventilacije (uokvireni period)

SAT	ϑ_e [°C]	$h_{\text{heater1,in}}$ [kJ/kg]	$h_{\text{heater1,out}}$ [kJ/kg]	$h_{\text{heater2,in}}$ [kJ/kg]	$h_{\text{heater2,out}}$ [kJ/kg]	Q_{heater1} [kWh]	Q_{heater2} [kWh]	$Q_{H,Ve,mch}$ [kWh]	$\vartheta_{\text{mch,sup}}$ [°C]
0-1	-0.5	30.782	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
1-2	-0.7	30.721	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
2-3	-0.7	30.721	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
3-4	-0.8	30.691	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
4-5	-0.8	30.691	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
5-6	-1	30.630	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
6-7	-1.1	30.599	31.008	31.079	40.506	0.0937	2.1639	2.2576	25.7
7-8	-1.2	30.569	31.008	31.079	40.506	0.1007	2.1639	2.2646	25.8
8-9	-0.6	30.752	31.008	31.079	40.506	0.0587	2.1639	2.2226	23.6
9-10	0	30.935	31.008	31.079	40.506	0.0167	2.1639	2.1806	22.7
10-11	0.7	31.148	31.148	31.220	40.506	0	2.1316	2.1316	21.9
11-12	1.4	31.362	31.362	31.433	40.506	0	2.0826	2.0826	21.4
12-13	1.8	31.484	31.484	31.555	40.506	0	2.0546	2.0546	21.3
13-14	2.2	31.606	31.606	31.677	40.506	0	2.0266	2.0266	21.4
14-15	2.4	31.667	31.667	31.738	40.506	0	2.0126	2.0126	21.8
15-16	1.9	31.514	31.514	31.586	40.506	0	2.0476	2.0476	22.8
16-17	1.4	31.362	31.362	31.433	40.506	0	2.0826	2.0826	24.8
17-18	0.9	31.209	31.209	31.281	40.506	0	2.1176	2.1176	25.0
18-19	0.4	31.057	31.057	31.128	40.506	0	2.1526	2.1526	25.2
19-20	0.2	30.996	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
20-21	0	30.935	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
21-22	-0.3	30.843	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
22-23	-0.4	30.813	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
23-24	-0.4	30.813	31.008	31.079	40.506	0	0	0	x
Σ						0.270	27.364	27.634	kWh/dan
$\Sigma\Sigma$						8.37	848.29	856.66	kWh/mj

Proračun $Q_{H,ve,meh}$ i $Q_{C,ve,meh}$ (prema Poglavlju 3) – Shema 11 ljetni period

ULAZNE VELIČINE			
Unutarnja temperatura zone	ϑ_{int}	22	°C
TIP sustava	Sustav sa kontrolom vlažnosti bez tolerancija		
Neto volumen zone	V	392.6	m ³
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije	n_{inf}	0.14	h ⁻¹
U danu uprosječenii broj izmjena zraka uslijed prozračivanja	n_{win}	0.1	h ⁻¹
Broj izmjena zraka dovedenog mehaničkom ventilacijom	$n_{mech,sup}$	1.772	h ⁻¹
Volumni protok zraka doveden mehaničkom ventilacijom	$V_{mech,sup}$	695.64	m ³ /h
Gustoća zraka	ρ_a	1.188	kg/m ³
Specifični toplinski kapacitet zraka	$c_{p,a}$	1.01	kJ/(kgK)
Broj dana u mjesecu	d	31	-
Apsolutna vlažnost vanjskog zraka	x_e	0.01166	kg/kg
Temperatura rashladne vode	ϑ_{rv}	9	°C
Temperatura vode za ovlaživanje	ϑ_w	12.5	°C
Faktor odnosa vlažnosti za ovlaživače	φ	0.95	-
Faktor povrata topline (Rotirajući, sa sorpcijskim materijalom)	η_{tru}	0.7	-
Udio toplinskog opterećenja koje pokriva mehanička ventilacija	k_v	0.4	-

SAT	ϑ_{int} [°C]	ϑ_e [°C]	$Q_{ve,inf}$ [kWh]	$Q_{ve,win}$ [kWh]	
0-1	22	17.8	0.077	0.055	
1-2	22	17.4	0.084	0.060	
2-3	22	16.9	0.093	0.067	
3-4	22	16.4	0.103	0.073	
4-5	22	16.3	0.104	0.075	
5-6	22	16.9	0.093	0.067	
6-7	22	17.7	0.079	0.056	
7-8	22	18.6	0.062	0.044	
8-9	22	19.7	0.042	0.030	
9-10	22	20.9	0.020	0.014	
10-11	22	22.4	-0.007	-0.005	
11-12	22	23.9	-0.035	-0.025	
12-13	22	25.3	-0.060	-0.043	
13-14	22	26.4	-0.081	-0.058	
14-15	22	26.8	-0.088	-0.063	
15-16	22	26.9	-0.090	-0.064	
16-17	22	26.5	-0.082	-0.059	
17-18	22	25.5	-0.064	-0.046	
18-19	22	24.3	-0.042	-0.030	
19-20	22	23.0	-0.018	-0.013	
20-21	22	21.6	0.007	0.005	
21-22	22	20.3	0.031	0.022	
22-23	22	19.2	0.051	0.037	
23-24	22	18.2	0.070	0.050	
Σ			-0.346	-0.247	kWh/dan
ΣΣ			-10.733	-7.667	kWh/mj

Napomena: Infiltracija i prozračivanje se zbrajaju samo u periodu rada mehaničke ventilacije (uokvireni period)

					Uvjet 2): $x_{reg,out} > x_{mech,sup}$												
					Uvjet 2a) - OVLAŽIVANJE: $h_{contr} > h_{need}$			Uvjet 2b) - BEZ OVLAŽIVANJA: $h_{s,min} < h_{contr} \leq h_{need}$									
SAT	ϑ_e [°C]	$h_{cool,in}$ [kJ/kg]	Δh_{opt} [kJ/kg]	h_{need} [kJ/kg]	$h_{cool,out}$ [kJ/kg]	Q_{cool} [kWh]	$Q_{C,Ve,mech}$ [kWh]	$h_{cool,out}$ [kJ/kg]	Q_{cool} [kWh]	$Q_{C,Ve,mech}$ [kWh]	$Q_{H,Ve,mech}$ [kWh]	Ovlaživanje	Q_{cool} [kWh]	Q_{heater} [kWh]	$Q_{C,Ve,mech}$ [kWh]	$Q_{H,Ve,mech}$ [kWh]	$\vartheta_{mech,sup}$ [°C]
0-1	17.8	44.046	0.241	42.314	42.114	0	0	34.215	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
1-2	17.4	43.922	0.100	42.456	42.254	0	0	34.164	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
2-3	16.9	43.767	-0.077	42.633	42.430	0	0	34.100	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
3-4	16.4	43.613	-0.254	42.810	42.605	0	0	34.036	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
4-5	16.3	43.582	1.529	41.026	40.821	0	0	34.023	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
5-6	16.9	43.767	2.047	40.508	40.305	0	0	34.100	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
6-7	17.7	44.015	2.612	39.944	39.743	0.9807	-0.3815	34.202	2.2527	-1.6548	1.3181	NE	2.2527	1.3181	-1.6548	1.3181	19.5
7-8	18.6	44.294	3.177	39.378	39.180	1.1739	-0.4449	34.317	2.2902	-1.5623	1.1618	NE	2.2902	1.1618	-1.5623	1.1618	18.9
8-9	19.7	44.634	4.569	37.986	37.791	1.5709	-0.5224	34.458	2.3360	-1.2883	0.8099	NE	2.3360	0.8099	-1.2883	0.8099	17.5
9-10	20.9	45.005	5.769	36.787	36.595	1.9307	-0.6070	34.612	2.3860	-1.0628	0.4993	NE	2.3860	0.4993	-1.0628	0.4993	16.4
10-11	22.4	45.470	6.784	35.772	35.584	2.2694	-0.7128	34.804	2.4485	-0.8921	0.2222	NE	2.4485	0.2222	-0.8921	0.2222	15.4
11-12	23.9	45.934	7.453	35.102	34.918	2.5288	-0.8187	34.995	2.5110	-0.8009	0.0245	NE	2.5110	0.0245	-0.8009	0.0245	14.7
12-13	25.3	46.367	7.949	34.607	34.426	2.7413	-0.9175	35.175	2.5694	-0.7454	-0.1304	DA	2.7413	0	-0.9175	0	14.2
13-14	26.4	46.708	8.200	34.355	34.177	2.8766	-0.9951	35.315	2.6152	-0.7335	-0.2204	DA	2.8766	0	-0.9951	0	14.0
14-15	26.8	46.832	7.858	34.698	34.520	2.8262	-1.0234	35.367	2.6319	-0.8289	-0.1536	DA	2.8262	0	-1.0234	0	14.3
15-16	26.9	46.862	7.119	35.437	35.259	2.6636	-1.0305	35.379	2.6361	-1.0029	0.0131	NE	2.6361	0.0131	-1.0029	0.0131	15.1
16-17	26.5	46.739	5.975	36.581	36.403	2.3727	-1.0022	35.328	2.6194	-1.2491	0.2875	NE	2.6194	0.2875	-1.2491	0.2875	16.2
17-18	25.5	46.429	5.373	37.182	37.002	2.1642	-0.9316	35.200	2.5777	-1.3455	0.4549	NE	2.5777	0.4549	-1.3455	0.4549	16.8
18-19	24.3	46.058	4.667	37.888	37.705	1.9175	-0.8469	35.047	2.5277	-1.4577	0.6522	NE	2.5277	0.6522	-1.4577	0.6522	17.4
19-20	23.0	45.655	3.902	38.654	38.468	0	0	34.880	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
20-21	21.6	45.222	1.587	40.969	40.779	0	0	34.701	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
21-22	20.3	44.820	1.126	41.429	41.236	0	0	34.535	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
22-23	19.2	44.479	0.737	41.818	41.622	0	0	34.394	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
23-24	18.2	44.170	0.383	42.172	41.973	0	0	34.266	0	0	0	NE	0	0	0	0	x
Σ													33.029	5.444	-15.253	5.444	kWh/dan
ΣΣ													1023.91	168.75	-472.83	168.75	kWh/mj

Proračun primarne energije (prema Poglavljima 4-5)**Izlazne veličine iz proračuna - GViK (Shema 11)+sobni sustav**

Siječanj	GViK sustav	sobni sustav	ukupno
	kWh/mj	kWh/mj	kWh/mj
pod sustav predaje, grijanje			
$k_v Q_{H,nd}; (1-k_v) Q_{H,nd}$	1315,3	323,1	1638,4
$Q_{H,em,out}$	1160	154	1314
$*Q_{H,em,ls}$	0	32	32
$*Q_{H,em,ls,rbl}$	0	0	0
$*W_{H,em,aux}$	0	0,06	0
$Q_{H,em,aux,rld}$	0	0,04	0
$Q_{H,em,aux,rbl}$	0	0,01	0
$\sum Q_{H,ls,rld,i}$	75	48,93	124
$Q_{em,in}$	1160	186	1346
pod sustav razvoda, grijanje			0
$Q_{H,dis,out} = Q_{H,em,in}$	1160	186	1346
$Q_{H,dis,f,ls}$	123	91	214
$Q_{H,AHU,leak,ls}$	196		196
$Q_{H,AHU,tr,ls}$	21		21
$Q_{H,AHU,ls}$	218		218
$Q_{H,AHU,rbl}$	14		14
$Q_{H,dis,leak,ls}$	59		59
$Q_{H,dis,tr,ls}$	0		0
$Q_{H,dis,duct,ls}$	59		59
$Q_{H,dis,ls}$	182	91	273
$Q_{H,dis,rbl}$	62	45	108
$W_{Ve,aux,fan}$	205		205
$W_{H,dis,aux}$	4	3	6
$W_{Ve,aux,mh}$	28,03		28
$Q_{H,dis,aux,rld}$	229	1,99	231
$Q_{H,dis,aux,rbl}$	7	0	8
$Q_{H,dis,in}$	1330	275	1605
pod sustav proizvodnje i razvoda, PTV			
$*Q_W$			224,6
$*k_v \sum Q_{W,ls,rld,i}; (1-k_v) \sum Q_{W,ls,rld,i}$	80,27	120,40	200,67
$*Q_{W,gen,in}$			729,65
pod sustav proizvodnje, grijanje			

$Q_{H,gen,out}=Q_{H,dis,in}$	1330	275	1605
$*Q_{H,gen,ls}$	132,48	198,73	331
$*Q_{H,gen,ls,env,rbl}$	10,8	16,19	27
$*W_{H,gen,aux}$	7,47	1,83	9
$*Q_{H,gen,aux,rvd}$	5,60	8,40	14
$*Q_{H,gen,aux,rbl}$	1,32	0,32	2
$Q_{H,gen,in}$	1457,36	464,94	1922

* iz proračuna prema Algoritmu za sustave grijanja i pripremu PTV-a

Izlazne veličine iz proračuna – GViK (Shema 11)+sobni sustav

Srpanj	GViK sustav	sobni sustav	ukupno
	kWh/mj	kWh/mj	kWh/mj
pod sustav predaje, hlađenje			
$k_v Q_{C,nd}; (1-k_v) Q_{C,nd}$	1034,9	816,3	1851,2
$Q_{C,em,out}$	1080	909	1988
$Q_{C,em,ls}$	108	0	108
$Q_{C,em,ls,rbl}$	0	0	0
$W_{C,em,aux,fan}$	0	8,50	8,50
$Q_{C,em,aux,rvd}$	0	6,38	6,38
$Q_{C,em,aux,rbl}$	0	1,06	1,06
$\sum Q_{C,ls,rvd,i}$	35	28,12	63
$Q_{em,in}$	1188	915	2103
pod sustav razvoda, hlađenje			
$Q_{C,dis,out}=Q_{C,em,in}$	1188	915	2103
$Q_{C,dis,f,ls}$	54	90,86	145
$Q_{C,AHU,leak,ls}$	273		273
$Q_{C,AHU,tr,ls}$	37		37
$Q_{C,AHU,ls}$	311		311
$Q_{C,AHU,rbl}$	24		24
$Q_{C,dis,leak,ls}$	82		82
$Q_{C,dis,tr,ls}$	0		0
$Q_{C,dis,duct,ls}$	82		82
$Q_{C,dis,ls}$	136	91	227
$Q_{C,dis,rbl}$	29	45	74
$W_{Ve,aux,fan}$	233		233
$W_{C,dis,aux}$	47	73	120
$W_{Ve,aux,mh}$	20		20
$W_{C,aux,cond}$	5,87	9	15
$Q_{C,dis,aux,rvd}$	310	55	365

$Q_{C,dis,aux,rbl}$	8	9	17
$Q_{C,dis,in}$	1944	1061	3005
pod sustav proizvodnje i razvoda, PTV			
$*Q_W$			224,6
$*k_v \sum Q_{W,ls,rvd,i}; (1-k_v) \sum Q_{W,ls,rvd,i}$	80,27	120,40	200,67
$*Q_{W,gen,in}$			1261,14
pod sustav proizvodnje, hlađenje			
$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in}$	1944	1061	3005
$Q_{C,gen,ls}$	0	0	0
$Q_{C,gen,ls,env,rbl}$	0	0	0
$W_{C,gen,aux}$	0	0	0
$Q_{C,gen,aux,rvd}$	0	0	0
$Q_{C,gen,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{C,gen,in}$	1944	1061	3005
$E_{C,gen,del,e}$	514	287	801
pod sustav proizvodnje, grijanje			
$*Q_{CH,gen,in}$	236		236

* iz proračuna prema Algoritmu za sustave grijanja i pripremu PTV-a

Skupni prikaz rezultata – GViK (Shema 11)+sobni sustav

Siječanj	GViK sustav, kWh/mj	sobni sustav, kWh/mj	ukupno, kWh/mj
*Ukupna toplinska potreba, $Q_{H,nd}$	1315	323	1638
Topl. energija za vent./klimat.. $Q_{H,ve}$			1100
Topl. energija za meh. vent./klimat.. $Q_{H,ve,mech}$	857		857
Ukupni topl. gubici, $Q_{H,ls}$	532	322	854
Iskoristivi topl. gubici, $Q_{H,rbl}$	87	61	148
Iskorišteni topl. gubici, $\Sigma Q_{H,ls,rld}$	156	169	325
Vraćena pomoćna energija, $Q_{H,aux,rld}$	235	10	245
Iskoristiva pomoćna energija, $Q_{aux,rbl}$	9	1	9
Pomoćna energija, $W_{H,ve,aux}$	244	5	249
Isporučena topl. en. generatorima, $Q_{H,gen,in}$	1457	465	1922
Isporučena energija, $E_{H,del}$	1702	469	2171
Primarna energija, $E_{H,prim}$	2336	525	2861
Faktor utroška prim. en, e_p (primarna/topl.potreba)	1,78	1,63	1,75

Srpanj	GViK sustav, kWh/mj	sobni sustav, kWh/mj	ukupno, kWh/mj
*Ukupna toplinska potreba, $Q_{C,nd}$	1035	816	1851
Topl. energija za vent./klimat.. $Q_{C,ve}$			-491
Topl. energija za meh. vent./klimat.. $Q_{C,ve,mech}$	-473		-473
Topl. energija za meh. vent./klimat.. $Q_{H,ve,mech}$	169		169
Ukupni topl. gubici, $Q_{C,ls}$	555	91	646
Iskoristivi topl. gubici, $Q_{C,rbl}$	53	45	98
Iskorišteni topl. gubici, $\Sigma Q_{C,ls,rld}$	35	28	63
Vraćena pomoćna energija, $Q_{C,aux,rld}$	310	61	371
Iskoristiva pomoćna energija, $Q_{C,aux,rbl}$	8	10	19
Pomoćna energija, $W_{C,ve,aux}$	306	91	397
Pomoćna energija, $W_{H,ve,aux}$	9		9
Isporučena topl. en. generatorima, $Q_{C,gen,in}$	1944	1061	3005
Isporučena el. en. generatorima, $E_{C,gen,del,el}$	514	287	801
Isporučena topl. en. generatorima, $Q_{CH,gen,in}$	236		236
Isporučena energija, $E_{C,del}$	2250	1152	3402
Isporučena el. energija, $E_{C,del,el}$	820	378	1198
Isporučena energija, $E_{H,del}$	245		245
Primarna energija, $E_{C,prim}$	2460	1133	3594
Primarna energija, $E_{H,prim}$	296		296
Primarna energija, E_{prim}	2757	1133	3890
Faktor utroška prim. en., e_p (primarna/topl.potreba)	2,66	1,39	2,10

*računato za $d=31$ d/mj i 7 dana/tjedno radi usporedbe s $Q_{ve,mech}$, mjesečne vrijednosti za stvarno vrijeme rada se dobiju nakon korekcije s faktorima $\alpha_{H,red}$ i $\alpha_{C,red}$ (vidi Algoritam prema HRN EN ISO 13790)