

Klimatizacija škola

Naučimo -
podsetimo se

podsetimo se

Ventilacija spoljnim vazduhom je veoma važna jer u školama obezbeđuje pogodne uslove za rad i učenje. Ipak, stručne rasprave među inženjerima u vezi sa ventilacijom usmerene su na projektovanje sistema sa udelom spoljnog vazduha ispod minimalnog nivoa predviđenog standardom. U tekstu koji sledi objašnjen je način na koji će inženjeri projektovati dobar sistem koji ima konkurentnu cenu i koji obezbeđuje 25 m³/h svežeg vazduha po osobi. Ovo je treći deo serije članaka posvećenih klimatizaciji škola, čiji su autori grupa američkih stručnjaka. Prva dva dela objavljena su u brojevima 4/2004. i 1/2005. „KGH”.

Inženjeri. kvalitet unutrašnjeg vazduha i škole

Uprkos prevladavajućem mišljenju da je kvalitet unutrašnjeg vazduha novo i često taško razumljivo pitanje, „Health Reformer” br. 1871 pobija ovu činjenicu: „U projektovanju zgrada, kako poslovnih tako i stambenih, treba obratiti pažnju na dobru ventilaciju i mnogo sunčeve svetlosti, što u školama najčešće nedostaje. Zanemarivanje pravilne ventilacije dovodi do mnogih propusta i nepravilnosti, što doprinosi otežanom i neefikasnom radu nastavnog osoblja.” Jasno je da ventilacija u okviru sistema KGH direktno utiče na efikasnost, produktivnost, ugodnost i rizično poslovanje.

Kroz razgovore sa školskim osobljem i analizu projekata za izgradnju škola širom zemlje, dolazi se do saznanja da je jedan od glavnih ciljeva pri projektovanju novih škola izgradnja najveće moguće površine uz najmanje troškove. Škole se projektuju tako da se investicioni troškovi svedu na minimum. Takav cilj je vredan pažnje pod uslovom da su ostali ključni kriterijumi u skladu sa investicionim troškovima. Ostali ključni kriterijumi podrazumevaju:

- efikasan skelet zgrade i sistem KGH da bi se postigli minimalni energetske troškovi,
- trajnu opremu koja se lako održava i materijale koji iziskuju minimalne troškove održavanja,
- prijatnu i produktivnu radnu sredinu koja ide na ruku nastavnom osoblju,
- pogodnu radnu sredinu za učenje, a to je i najvažnije. Tokom 1995. i 1996. godine, Američko odeljenje za opšte knjigovodstvo objavilo je brojne izveštaje o stanju instalacija u školskim objektima namenjenim osnovnom i srednjem obrazovanju.

Svaka peta škola uložila je žalbu na kvalitet unutrašnjeg vazduha. Više od jedne trećine žalilo se na probleme u funkcionisanju sistema KGH. Po izvršenim regionalnim analizama škola širom zemlje, Američka agencija za zaštitu životne sredine uočila je u skoro svim školama velike probleme u dovođenju spoljnog vazduha. Mnogi od problema sa kojima se škole suočavaju nisu prouzrokovani lošim projektom. Međutim, oni mogu da se

izbegnu poboljšanim projektima. Poboljšani sistemi ventilacije su:

- bolji u pogledu kontrole vlažnosti i kondenzovane vlage,
- lakši za održavanje i servisiranje,
- dugotrajniji,
- uglavnom lišeni slučajnog smanjenja dovoda spoljnog vazduha,
- tiši i izazivaju manju promaju,
- lakši za rukovanje.

Na prvi pogled, ove pogodnosti se čine jednostavnim, ali potrebno je znalački shvatiti ove pogodnosti, naročito u kontekstu minimalnih investicionih troškova.

Zašto je kvalitet unutrašnjeg vazduha posebno važan za škole

Dobar kvalitet unutrašnjeg vazduha je važna komponenta ugodnosti unutrašnjeg prostora. On može doprineti da škole ostvare svoj primarni cilj - dobro školovanje učenika. Školsku populaciju čini mnogo različitih ljudi koji ne reaguju isto na razna zagađenja vazduha. Faktori koji dovode do komplikacija mogu biti: alergija, astma, bolesti respiratornog sistema, trudnoća, oštećenja imunološkog sistema usled hemoterapije, zračenja ili bolesti. Deca su najbrojnija školska populacija. Njihov imunološki i respiratorni sistem koji su u razvoju i količina vazduha koju udišu u za razliku od količine vazduha koju udišu odrasli, čini ih naročito osetljivim na zagađenja vazduha.

Koncentracija velikog broja ljudi je još jedan jedinstveni aspekt bitan za projektante ventilacionih sistema u školama. Ona može dovesti do pojave brojnih zagađivača unutrašnjeg vazduha i povezanog rizika od prenošenja infektivnih bolesti putem vazduha.

Škola je, takođe, izvor niza različitih zagađivača vazduha, kao što su nastavna sredstva u laboratorijama i umetničkim radionicama, radionicama industrijskog dizajna i primenjene umetnosti, radionicama za domaćinstvo i salama za fiskulturu.

Propusti u pogledu kvaliteta unutrašnjeg vazduha tokom faza projektovanja, izgradnje i prijema ogledaju se u:

- negativnom uticaju na radnu sredinu, ugodnost i posećenost,
- smanjenoj produktivnosti rada nastavnog i školskog osoblja usled neudobnih uslova rada ili izostajanja,
- bržem propadanju i smanjenoj efikasnosti postrojenja i opreme škole,
- povećanom riziku od zatvaranja zgrada i privremenog preseljenja,
- zategnutim odnosima između školske uprave, roditelja i personala, što se odražava na negativni publicitet koji može da ugrozi ugled i efikasan rad škole i uprave.

Za razliku od ostalih zgrada, projekti koji se odnose na škole zahtevaju odgovoran odnos prema javnim fondovima i bezbednosti dece. Način na koji se ove odgovornosti sprovode može da prouzrokuje stroge reakcije zabrinutih roditelja i zajednice uopšte. Pored toga, škole bije loš glas zbog minimiziranja investicionih troškova i odlaganja održavanja u cilju „uštede“ u novcu. Ova praksa rezultira problemima u smislu kvaliteta unutrašnjeg vazduha i skupim rešavanjem ovih problema.

Razmatranje aspekata projektovanja

Projektanti isuviše često vrednost od 25 do 27 m³/h po osobi iz standarda 62-1989 ANSI/ASHRAE, koji se odnosi na ventilaciju za postizanje zadovoljavajućeg kvaliteta unutrašnjeg vazduha, podrazumevaju kao maksimalnu, a ne minimalnu. To bi bilo prihvatljivo kada bi se standard od 25 m³/h po osobi smatrao znatno većim od količine vazduha neophodne za školu, ili kada bi ta količina bila veća od ventilacionih standarda u drugim zemljama. Ali, nije tako. Inženjeri koji se bave ventilacijom ne bi trebalo da projektuju dodatne kapacitete spoljnog vazduha, u nameri da spreče nepotrebno nagomilavanje zagađivača. Umesto toga, oni treba da kroz timski rad sa građevincima, smanje izvore zagađenja. Inženjeri takođe treba da nastoje da smanje uobičajene probleme u vezi sa instalacijom, radom i održavanjem koji ometaju dovodenje spoljnog vazduha. Kontrola izvora zagađenja i korišćenje ventilacije u kontroli aerozagađivača predstavljaju dve glavne projektantske intervencije u cilju izbegavanja problema vezanih za kvalitet unutrašnjeg vazduha. U nastavku će biti izloženo šest osnovnih metoda smanjenja koncentracije zagađivača unutrašnjeg vazduha.

Kontrola izvora podrazumeva otklanjanje, supstituciju i blokadu izvora. Kontrola izvora je najefikasnija kontrolna metoda kada se primenjuje u praksi. Poreklo zagađivača unutrašnjeg vazduha može biti u zgradi ili van nje.

Ako se izvor zagađenja ne kontroliše, problemi vezani za kvalitet unutrašnjeg vazduha mogu se pojaviti čak i u uslovima regularnog rada sistema KGH. Činioci zagađivača vazduha su brojne

čestice, vlakna, buđ, bakterije i gasovi. Bilo bi korisno razmišljati o izvorima kao jednoj od kategorija iz tabele 1. Najbolji preventivni metod je onemogućavanje unošenja nepotrebnih zagađivača u zgradu. Primeri otklanjanja izvora zagađenja vazduha uključuju projektovanje školskih ulaza i parkinga što dalje od mesta usisa spoljnog vazduha, kao i zabrana punjenja u zgradi.

Supstitucija izvora uključuje izbor manje toksičnih materijala za konstrukciju za završne radove na zgradi. Blokiranje izvora podrazumeva postavljanje barijera oko izvora tako da se spreči širenje zagađivača u unutrašnji vazduh.

Lokalni odsis može da ukloni ključne izvore zagađivača vazduha pre njihovog širenja u unutrašnji vazduh, izduvavanjem zagađenog vazduha u spolnu sredinu. Sobe za odmor i kuhinje su dobri primeri lokalnog odsisa. Naučne laboratorije, ostave, štamparije i kopirnice, kao i zanatske/industrijske radionice i zavarivački pultovi drugi su izvor zagađivanja čiji je nastanak vezan za određeno mesto i mogu se lako odstraniti. Projekti koji predviđaju lokalno izduvavanje sprečavaju kretanje zagađivača sa ovih kritičnih punktova u ostale prostorije škole.

Za ventilaciju se koristi čistiji (često spoljni) vazduh, za razrađivanje zagađenog (često unutrašnjeg) vazduha koji ljudi udišu. Lokalni građevinski propisi uglavnom navode minimalnu količinu spoljnog vazduha koji treba dovesti u zonu boravka velikog broja ljudi. Projektanti takođe uzimaju u obzir količinu spoljnog vazduha po standardu 62 iz 1989. Mora se uzeti u obzir i činjenica da su u sistemima koji se projektuju bez rezervnih kapaciteta ili sposobnosti da se lako uveća dovod spoljnog vazduha, mogući problemi zbog uvećanja broja prisutnih ili povećanja zagađenja.

Kontrola izlaganja zagađenju podrazumeva vreme i mesto. Za situacije koje su vremenski ograničene, kao što su malanje, hoblovanje parketa, primena pesticida ili hemijskih sredstava, sistem ventilacije treba da je takav da omoguću privremeno povećanje ventilacije spolnim vazduhom, tako da miris može brzo da se neutrališe. Zona boravka ljudi u naučnim laboratorijama primer je gde se kontrola izlaganja zagađenju obavlja putem ubrizgavanja pripremljenog vazduha.

Filtriranje vazduha uglavnom podrazumeva otklanjanje čestica prašine, alergena i bakterija u unutrašnjem vazduhu. Na ovom planu lako može doći do poboljšanja. Filtri većeg stepena efikasnosti otklanjanja prašine, od 35 do 60%, već su na raspolaganju. Uvećanje površine filtra može da smanji troškove potrošnje električne energije za ventilator i da prolongira periode održavanja filtera. Loše održavanje se često zapaža u školama. Filtri treba da budu lako dostupni. Na primer, treba da su na dohvat ruke sa zemlje, da ne

Tabela 1. Tipični izvori zagađenja unutrašnjeg vazduha

spoljni izvori	Oprema zgrade	Komponente/namještaj	Ostali izvori
Zagađen spoljni vazduh	Oprema za KGH	Komponente	Ostali unutrašnji izvori
- Polen, prašina, gljivične spore	- Razvoj mikroorganizama u kadama za otapanje, cevovodu, cevnom zmi-jama i ovlaživačima	- Razvoj mikroorganizama na blatnja-vom materijalu ili materijalu ošteće-nom vodom	- Naučne laboratorije
- Industrijski otpadni gasovi	- Nepravilno odvođenje produkata sa-gorevanja	- Suvi sifoni koji omogućavaju prolazak kanalizacionih gasova	- Ateljei primenjene umetnosti
- Izduvni gasovi vozila	- Prašina ili oštećenja u cevovodu	- Materijali koji sadrže isparljiva organ-ska jedinjenja i oštećen azbest	- Kopirnice i štamparije
Obližnji izvori	Ostala oprema	Namještaj	- Prostorije za pripremu hrane
- Utovarni dokovi	- Izduvni gasovi iz opreme u kancela-rijama (isparljiva organska jedinjenja, ozon)	- Isparenja iz novog namještaja i po-dnih obloga	- Prostorije za pušenje
- Neprijatni mirisi sa deponija	- Isparenja iz radionica, laboratorija	- Razvoj mikroorganizama na blatnja-vom namještaju ili namještaju ošteće-nom vodom	- Sredstva za čišćenje
- Nehigijenske ruševine i odisi iz zgra-da u blizini usisa spoljnog vazduha			- Isparenja dubreta
Podzemni izvori			- Pesticidi
- Radon			- Mirisi i isparljiva jedinjenja od boja, kre-de, kita i lepkova
- Pesticidi			- Prisutna lica sa bolestima koje se pre-nose dodirnom
- Curenja iz podzemnih skladišnih tan-kova			- Suvi markeri, brisači i slične olovke
			- Insekti i druge napasti
			- Sredstva za ličnu higijenu

Tabela 2. Pregled četiri škole sa uspešnim sistemima KGH

	Boscawen Elementary School, Boscawen, N. H.	Alexander Elementary School, Huston, Texas	Stonewall Jackson Middle School, Roanoke, Va.	Red Wing High School, Red Wing, Minn.
Učenici	350	900	800	1400
Površina	4460 m ²	7650 m ²	7830 m ²	24 800 m ²
Godina izgradnje	1996.	1997.	1996.	1995.
Opis sistema	100% spoljnog vazduha kroz centralne komore za obradu vazduha i ventilacija sa rekuperacijom toplote (ERV). Hlađenje ekonomizacijom sa odvlaživanjem pomoću sredstva za sušenje. Grejanje radiatorima sa orebrenim cevima.	Stepen rekuperacije toplote 75%. Vodom hlađeni vazduh centralno pripremljen.	Spoljni vazduh se dovodi pomoću specijalne komore koja sadrži sistem za rekuperaciju toplote sa stalnom rekuperacijom od 65% i njaku. VAV sistem sa dogrevanja hlađenjem i odvlaživanjem i parnim grejačem. Toplotna pumpa u svakoj učionici za grejanje i hlađenje.	Šest sistema za rekuperaciju toplote učinka 40.000 m ³ /h. Centralna priprema vazduha u hladstepenom rekuperaciji od 65% i njaku. Ušteda zahvaljujući ERV sistemu iznosi 400.000 dolara.
Investicioni troškovi sistema KGH	12\$/ft ²	Poravnati (uz sva moguća smanjenja troškova)	39 \$/ft ²	2025 \$/m ² (poravnanje uz smanjenje troškova i cene)
Godišnja ušteda	7.200 \$	9.500 \$		120.000\$
Godine potrebne za povraćaj uložених sredstava (bez ERV sistema)	5-7	Momentano, zahvaljujući izbegnutoj potrebi za 239 kW za klimatizaciju	<5	Momentano, zahvaljujući smanjenju cene i izbegnutoj potrebi za 1550 kW za grejanje i klimatizaciju.
Spoljni vazduh	25 m ³ /h po osobi	25 m ³ /h po osobi	25 m ³ /h po osobi	25 m ³ /h po osobi
Zimska projektna temperatura po suvom termometru	-19°C	-0°C	-18°C	-29°C
Letnja spoljna projektna temperatura po vlažnom termometru	29/21 °C	35/26°C	35/24°C	33/24°C
Stvama relativna vlažnost	35-50%	45-55%	40-60% (po proj.)	30-50% pri -36°C
Svojstva kvaliteta unutrašnjeg vazduha	Potisna ventilacija. Opširno uputstvo za pogon i održavanje. Obezbeđena obuka.	Količina spoljnog vazduha od 8 do 25 m ³ /h po osobi. Količina CO ₂ smanjena za 50% od vršnih 900 ppm.	30% grubih filtara i 85% filtera.	Upotreba prigušivača koji kontroliše količinu spoljnog vazduha. Neobložen metalni cevovod.

zahtevaju korišćenje merdevina ili puzanje. Održavanje je olakšano ako se umesto zavrtnjeva filteri oslobađaju pomoću ručica. Takođe, rešetke filtara i otvori na jedinicama za obradu vazduha treba da svedu na minimum prolaz priljavog vazduha oko filtra.

Obuka školskog osoblja je ključni momenat. Ako je ono obavešteno o pravilnom radu sistema za ventilaciju i njegovom održavanju, imaće bolju spoznaju o sredini u kojoj rade i trudiće se da se smanji izlaganje izvorima zagađenja. Na primer, nastavnici često isključuju ventilatore zbog neadekvatne toplotne ugodnosti i buke koju stvaraju. Verovatno da oni ne znaju da kada je ventilator isključen, da se prostorija ne provetrava spoljnim vazduhom. Ako projektanti ventilacionih sistema žele da on celog radnog veka funkcioniše kao što je projektom predviđeno, oni treba - u sprezi sa glavnim projektantom - da pomognu školskom osoblju da razvije odgovarajući nivo svesti na tom planu.

Radnici na poslovima održavanja i servisiranja treba da koriste priručnike sa detaljnim uputstvima za rad i održavanje. Potrebni su im sistematska obuka i praktični trening. Školsko osoblje treba da pohađa kurs koji će ih osposobiti za pravilno rukovanje sistemom. Svi polaznici kursa treba da dobiju kratke ali iscrpne priručnike sa ilustracijama. Primerici treba da se obezbede i za one koji ne mogu da pohađaju kurs, kao i za one koji će doći u školu u budućnosti.

Deset kritičnih tačaka na dovodu vazduha

EPA (Environmental Protection Agency - Agencija za zaštitu čovekove okoline) ustanovila je dvadesetak glavnih tačaka u okviru sistema ventilacije koji mogu da utiču na dovod spoljnog vazduha. Među njima, na 10 tačaka može da se utiče već u fazi projektovanja, jer tada problemi koji prouzrokuju nesmotreno smanjenje dovoda vazduha mogu da se svedu na minimum. Tačke su prikazane na slici 1 na primeru tipičnog sistema ventilacije. Ove tačke se

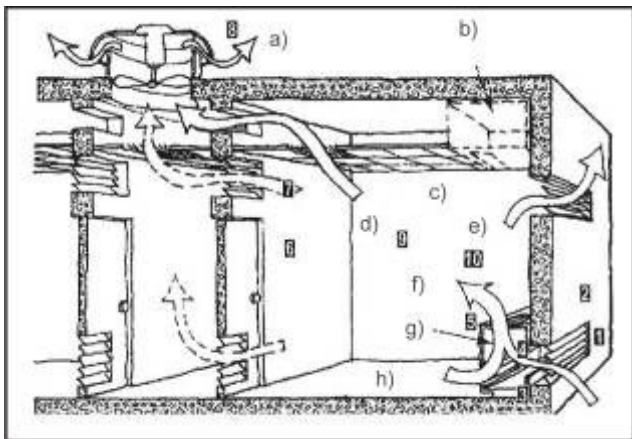
odnose na većinu sistema ventilacije. Neke direktno utiču na dovod spoljnog vazduha, dok druge imaju posredno dejstvo, omogućavajući lakše servisiranje, jednostavniji rad i smanjenu potrebu za održavanjem.

Standard 62 nasuprot standardu 90

Mnogi smatraju da standard 62-1989 ANSI/ASHRAE (Ventilacija za zadovoljavanje kvaliteta unutrašnjeg vazduha) nije u saglasnosti sa standardom 90.1-1989 ASHRAE/IESNA (Projektovanje energetski efikasnih novih zgrada, izuzev niskih stambenih zgrada). Mnogo se diskutuje o smanjenju dovoda svežeg vazduha u cilju smanjenja investicionih i pogonskih troškova. Sa malo više razmišljanja, efikasnost energije i kvalitet unutrašnjeg vazduha ne moraju biti suprotstavljeni.

Ventilacija sa rekuperacijom toplote je rešenje koje obećava. Diskusije u vezi sa smanjenjem količine svežeg vazduha za najmanje 1,8, 3, ili čak 6 m³/h od najmanje 25 m³/h lako može da se zameni rekuperativnim energetskim sistemom koji omogućava da se 25 m³/h približi nivou od 9 m³/h ili nižem. Ovi sistemi postižu te rezultate, bez smanjenja dovoda spoljnog vazduha, što vodi smanjenju ugodnosti i povećanom broju žalbi.

Neki tipovi sistema za rekuperaciju energije pomažu kontroli vlažnosti unutrašnjeg vazduha. Vlažnost je problem ugodnosti u svim državama SAD istočno od Rocky Mountains, ne samo u jugoistočnim. U suvim zapadnim, kao i hladnim severnim državama, rekuperacija vlage omogućava prijatnost unutrašnjeg vazduha tokom cele grejne sezone. Druge moguće prednosti rekuperacije energije su smanjene cene uređaja koja smanjuje investicione troškove i vazdušni ekonomizator koji smanjuje pogonske troškove. Potvrđeno je da sistemi zasnovani na odvlaživanju mogu da unište vazdušne mikroorganizme. Činjenica je da velika gustina polaznika u školama može da dovede do



Slika 1. Deset kritičnih tačaka na kojima dolazi do zaustavljanja dovoda spoljnog vazduha; a) centralni izduvni ventilator, b) moguće mesto ventilatorske jedinice, c) prolaz otpadnog vazduha, d) centralna ili lokalna ventilacija, e) sobna ventilacija, f) pripremljeni vazduh, g) ventilator-konvektor, h) recirkulacioni vazduh, i) dovod spoljnog vazduha

neadekvatnog hlađenja, pa škole mogu da imaju korist od sistema ventilacije koji obezbeđuje dodatni dovod spoljnog vazduha i slobodno hlađenje.

Pošto je standard 62-1989 utvrdio minimalnu količinu dovoda spoljnog vazduha od 7 L/s po osobi, projektanti ventilacionih sistema treba da razmotre opravdanost korišćenja sistema za rekuperaciju energije, kao što je prikazano, za četiri postojeća sistema, u tabeli 2.

Uloga inženjera

Pošto je budžet za izgradnju škola oskudan, inženjeri možda treba da objasne školskoj upravi razloge zbog kojih je kvalitet unutrašnjeg vazduha važan za škole, i da im ukažu na činjenicu da sistem ventilacije u školama zahteva veću pažnju. Postizanje kvaliteta unutrašnjeg vazduha uz istovremeno održavanje niskih investicionih troškova nije nemoguće. U nekim situacijama, sistem koji u velikoj meri pridaje značaj kvalitetu unutrašnjeg vazduha može da se uklopi u najniže investicione troškove.

Tokom 1997-98, izveštaj Američkog saveta za inženjering i konsalting, objavljen u Professional Liability Report,

govori da je 75% od ispitanih strah od pouzdanosti sprečio da uvedu nove, unapređene tehnike ili materijale. Možda ćemo jednom shvatiti da manje straha od odgovornosti leži u korišćenju novih tehnologija koje su zasnovane na čvrstim principima inženjeringa, nego u upornom tradicionalnom pristupu koji veoma često ne obezbeđuje zdravu, niti po ceni pristupačnu, radnu sredinu.

Herbert Huverje jednom prilikom na skupu inženjera rekao: „Pošto ste profesionalci, vaša je privilegija da podignete standard društva u kome sami živite.“ Oprema i komponente već su dostupni, tehnologija je afirmisana, poboljšanja su vidna, a potreba se javlja sada. Na inženjerima je da izaberu kako usmeriti i izboriti se za najbolje uslove rada u školama, u budućnosti.

Mesta zagušenja vazduha	Preventivne mere
I 1. Ulazna rešetka	Sprečiti blokadu prouzrokovanu snegom ili lišćem. Voditi računa o razdaljini od izduvnih gasova vozila, pesticida, vodoinstalacionih ventila i otpadnog vazduha iz zgrade. Predvideti jednostavan mehanizam za brz prilaz situ.
I 2. Ulazno sito	Sprečava ulazak ptica i glodara. Treba da je lako za skidanje, čišćenje ili zamenu.
I 3. Vazdušni filter	Predvideti filtre veće efikasnosti i veće površine. Obezbediti lak pristup. Minimalan bajpas oko filtra (videti tekst).
I 4. Komora za mešanje i razmenjivač toplote	Omogućiti lak pristup radi pregleda, čišćenja i popravki.
I 5. Prigušivači i spojnice	Zbog prisustva vlage, materijali treba da budu visokootporni na koroziju kako bi se izbegla njihova postepena degradacija.
I 6. Kontrolni punktovi	Staviti etiketu na sve kontrolne punktove i označiti zadate vrednosti i opseg. Omogućiti pristup ovlašćenim licima.
I 7. Prolazna rešetka	Ne smeštati usis direktno iznad horizontalnih površina gde uskladištene kutije i knjige mogu da blokiraju protok vazduha.
I 8. Izduvne komponente	Nalepiti upozorenja na prekidače strujnih kola za izduvne komponente. Predvideti sita da bi se sprečilo formiranje ptičijih gnezda.
I 9. Prijem	Izmeriti protok spoljnog vazduha pod stvarnim radnim uslovima da biste se uverili u pravilan rad ventilacionog sistema.
10. Obuka	Nabaviti uputstvo za rad i održavanje. Obučiti školsko osoblje (videti tekst).

(Nastavak u idućem broju)