

1. Uvod

Progresivan rast broja stanovnika na planeti, pa ta-ko i urbanih sredina, ima direktne i negativne posledice na okruženje i samu prirodu. Energetske potrebe stanovništva u gradovima postale su pokretač ciklusa zagađenja vazduha i glavna pretnja opstanku samih gradova kao epicentra zagađenja, pa tako i čitave planete.

Svojim sadejstvom, grad i okruženje pod uticajem meteoroloških faktora stvaraju izmenjene lokalne klimatske uslove. Njihova međusobna interakcija predstavlja složen sistem koji je teško u potpunosti odrediti i predvideti, ali isto tako izuzetno bitan za prepoznavanje i uvažavanje prilikom planiranja i projektovanja gradskog prostora, sa neposrednim uticajem na zdravlje stanovništva.

Prirodna ventilacija gradskog prostora predstavlja izuzetno bitan faktor smanjenja zagađenja i obezbeđivanja egzistencijalnog komfora stanovništva. Imajući u vidu trendove zagađenja urbanih sredina, ova stavka će predstavljati sve važniji i neophodniji faktor

Usled delovanja termičkog efekta i vetra na izgrađenu i neizgrađenu strukturu grada, kao i na okruženje, nastaje razlika gustine vazduha i pritiska, što predstavlja potencijal ventilacije u gradskoj sredini.

1.1. Grad i klimatska zona - potrebe i mogućnosti ventilacije

Mogućnosti i potrebe za ventilacijom gradskog prostora suštinski zavise od opštih klimatskih uslova, tj. pripadnosti određenoj klimatskoj zoni:

- hladnoj,
- toploj i suvoj,
- toploj i vlažnoj,
- kontinentalnoj i
- umereno-primorskoj.

Hladne oblasti zahtevaju sto veće izlaganje sunčevom zračenju, kao i zaštitu od nepoželjnog dejstva vetra, koji bi dodatno uticao na termičke gubitke, pa sami tim i na smanjenje komfora života u gradu.

Tople i suve oblasti imaju potrebu za zaštitom od dejstva sunca, kao i intenzivnim rashlađivanjem. Međutim, kako su te oblasti često pustinjske, dejstvo peska i prašine na

BIBLID 0350-1426 (2003) 32:3 p.
33-37 UDK 711.4.03

u funkcionisanju života grada.

ga mora voditi računa i o zaštiti i kontrolisanju cirkulaciji vazduha.

KLIMA, GRAD I NJEGOVA VENTILACIJA

**Prof. dr. Milica Bajkić-Brković,
Arhitektonski fakultet, Beograd, i
Ivan Randelović, dipl. inž.,
CIP, Beograd**

Urbanističko rešenje gradova treba da ima u vidu prirodnu cirkulaciju vazduha u cilju ventilacije grada. Ventilacija urbane sredine zavisi od opštih klimatskih uslova, geometrije grada i okoline, građevinske mase i stepena njegove zagađenosti, slobodnih površina, rešenja grejanja, vetrovitosti. Pravilnim planiranjem gradova, osmišljenim grupisanjem objekata, efekat ventilacije se povećava. Usled delovanja termičkog efekta i vetra na izgrađenu i neizgrađenu strukturu grada, kao i na okruženje, nastaje razlika gustine vazduha i pritiska, što predstavlja potencijal ventilacije u gradskoj sredini.

**Ključne reči:
grad; sunčevo zračenje; ventilacija; klimatska zona; vetar; struktura izgrađenosti**

**Key words:
city; solar radiation; ventilation; climate zone;**

Tople i vlažne oblasti zahtevaju pored zaštite od sunca i zaštitu od čestih i obilnih padavina, a naročito intenzivnu ventilaciju, kako spoljašnjeg tako i unutrašnjeg prostora. Na taj način se umanjuje velika vlažnost vazduha i pospešuje hlađenje isparavanjem od suštinskog značaja za ugodnost komfora u ovim oblastima.

Kontinentalne oblasti imaju karakteristike i toplih i hladnih zona sa značajnim oscilacijama klimatskih parametara. U toku toplijeg perioda godine potrebe za zaštitom od dejstva sunca i ventilacijom su intenzivne, dok se tokom hladnijeg perioda potrebe za izlaganjem sunčevom zračenju i zaštitom od vetrova javljaju kao prioritet.

Umereno-primorske oblasti usled blizine velikih vodenih površina imaju manja temperaturna kolebanja od kontinentalnih zbog veće termičke inertnosti vode u odnosu na kopno. Iz tog razloga priobalne zone imaju umerenije, tj. prijatnije klimatske uslove, kao i bolje uslove ventilacije.

2. Faktori koji utiču na ventilaciju grada

2.1. Termički efekat

2.1.1. Sunčevo

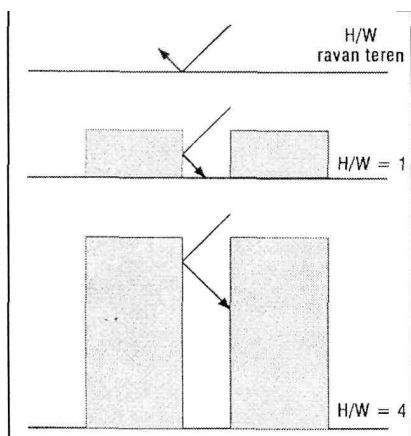
zračenje i termičko izračivanje -geometrija grada i okoline

Sunčevo zračenje kao kratkotalasno varira od svog maksimuma leti, do minimuma tokom zime, u zavisnosti od klimatske zone, tj. geografske širine i oblačnosti. Pri dospevanju na površinu tla deli se na apsorbovanu komponentu sa uticajem na toplotu i vlažnost, kao i reflektovan deo bez direktnog uticaja na tlo i samo okruženje. Rezultanta, tj. termičko izračivanje kao dugotalasno zavisi od morfologije tla, njegovog tipa, tj. koeficijenta apsorpcije. Odnos kratko-talasnog sunčevog zračenja i dugotalasnog termičkog izračivanja je pozitivan leti (zagrevanje), dok je tokom zime negativan (hlađenje).

Ukupan iznos sunčevog zračenja nad gradom i nad otvorenim prostorom u okruženju je identičan, dok je udeo nad gradom manji zbog delimičnog reflektovanja zračenja usled pojave "zvona zagađenog vazduha" nad gradom. Prodirući zraci deluju na izgrađenu strukturu grada (objekti visokogradnje - krovovi i zidovi, i niskogradnje), kao i na neizgrađenu strukturu, tj. na slobodne prostore pokrivene vegetacijom (parkovi, vodene površine, okućnice i dr.).

Gustina izgrađenosti gradskog prostora predstavlja bitniji faktor od same veličine grada. Delom direktno apsorbova-

ni, a delom usled refleksije (20-80% u zavisnosti od boje) indirektno apsorbovani, kratkotalasni zraci tokom dana predstavljaju potencijal zagrevanja gradske strukture. To kom dana iznos ukupne apsorpcije sunčeve energije u gradu je manji od okoline zbog prisutne gustine izgrađenosti i H/W faktora (odnos visine objekata prema njihovom među-sobnom rastojanju), dok je razlika u termičkoj rezultanti u korist grada (K apsorpcije približno identičan) [1].



Ludvig predstavlja rezultate svojih istraživanja (slika 1) na sledeći način:

- 1) $H/W = 1$; ravan teren; kratkotalasno zračenje se delom apsorbuje, reflektuje ili emituje kao dugotalasno u atmosferu;
- 2) $H/W = 1$; reflektovani zraci deluju na okolne objekte i apsorbuju se pri tlu;

3) $H/W = 4$; reflektovani zraci deluju na okolne objekte i apsorbuju se visoko iznad tla [1].

Ouk osamdesetih godina predstavlja termin "Gradski kanjon" i istraživanja za grad Vankuver. Pri odnosu $H/W = 0,9$ utvrđeno je:

- 60% podnevnih sunčevih dobitaka se transformiše u osetnu toplotu vazduha u kanjonu
- 30% se skladišti u materijalima "kanjona" i emituje tokom noći;
- 10% se koristi u isparavanju površina "kanjona" [1].

Tokom noći dolazi do dugotalasnog zračenja toplote, apsorbovane toplote tokom dana, a njegova suma je ista u gradu kao u njegovoj okolini. U izgrađenoj strukturi ovo zračenje je slabijeg intenziteta zbog malog slobodnog prostora i SVF faktora (preglednost gradskog neba). Tako dolazi do apsorpcije dela toplote koja se kreće ka otvorenom ne-bu, sto prouzrokuje veće toplotno opterećenje u gradu ne-go na otvorenom.

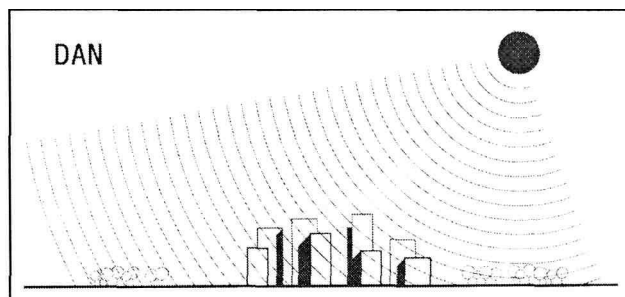
I na otvorenom prostoru u okruženju dolazi do delimične apsorpcije sunčevog zračenja i to pri samom tlu, kao i reflektovanja, sto zavisi od tipa tla i boje. Apсорbovana komponenta se delom troši na fotosintezu biljaka, a delom prodire u dublje slojeve tla. Tokom noći se toplota iz dubljih slojeva kreće ka površini i usporava hlađenje površinskog sloja. Čitav proces dugotalasnog zračenja je neometan fizičkom strukturom, te je mnogostruko intenzivniji nego u gradu.

2.1.2. "Masa" grada i gustina izgrađenosti kao faktor toplotne inercije

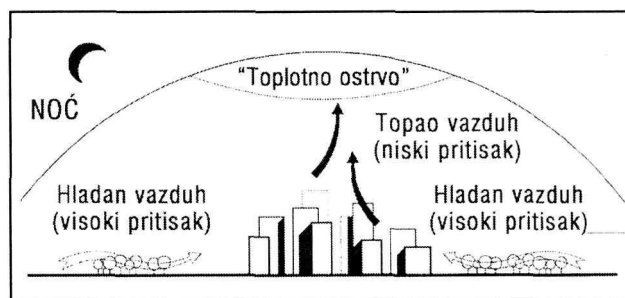
Kako gradom pretežno dominira njegova dvodimenzionalnost, tako se "masa" gradske strukture kao skladište toplote definiše gustinom izgrađenosti. Ona se sastoji od izgrađenih oblasti različite gustine, kao i neizgrađenih slobodnih površina, sa porastom gustine od periferije ka centru.

Centralni gradski prostor sa najvećom gustinom izgrađenosti predstavlja oblast sa najvećim intenzitetom skladištenja toplote, usled najmanje mogućnosti emitovanja dugotalasnog zračenja. Takođe, on predstavlja zonu sa manjim za-

uzimanjem površina po jedinici zapremine, sto prouzrokuje manje gubitke energije za horizontalni, ali veću potrošnju za vertikalni transport. Generalno gledajući, on čini termički najinertniju oblast u čitavoj "masi" grada (slika 2).



Slika 2. Gradska struktura kao faktor akumulacije i toplotne inercije



Slika 3. Konvekciono hlađenje kao faktor nastanka "toplotnog ostrva" nad gradom

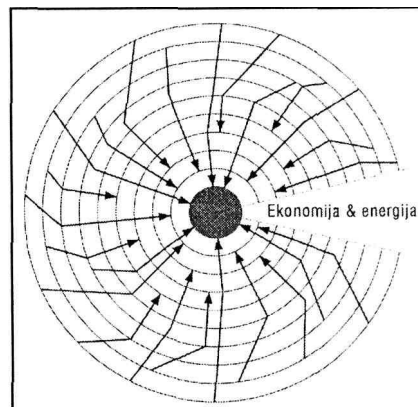
2.1.3. "Toplotno ostrvo"

Usled ovakve situacije, temperatura u gradu tokom vedrog dana može biti niza od okolne za $1-2^{\circ}\text{C}$, dok je tokom mirnih noći visa $3-5^{\circ}\text{C}$. Noćna razlika temperature u gradu i okolini stvara fenomen "toplotnog ostrva" sa visinom 3-5 zgrada, iznad koje je temperatura identična sa okolnom na istoj visini. Nad gradom se formira vise "toplotnih ostrva", koja se sjedinjuju sa težištem nad centrom grada tokom mirnih noći, dok se pri blagom strujanju vazduha ono spusta niz vetar sa najvećim uticajem na oblast iznad koje se nalazi [1].

Ovakva termička situacija uslovljava različitu gustinu vazduha i raspodelu pritisaka, sto dalje uzrokuje prirodnu cirkulaciju vazduha tokom mirnih noći (konvekciono hlađenje). Kretanje vazduha vertikalno na gore uslovljava prodor svežeg vazduha po horizontali iz periferije u centralni gradski prostor, te samim tim i ventilaciju, kao i pasivno hlađenje. Kako ovaj proces nije intenzivan, a i sam je otezan izgrade-nom gradskom strukturom, nad gradom se formiraju "toplotna ostrva" (slika 3).

2.1.4. Gradske funkcije i oslobađanje toplote

Sve gradske funkcije predstavljaju potrošače



Slika 4. Uticaj centrifugalnog dejstva gradskog centra na ekonomsko-energetske tokove

energije, pa se tako može konstatovati da grad predstavlja živi organizam sa svojim energetskim potrebama. Isto tako, kao rezultat tih funkcija javlja se i toplotna energija koja se emituje u okolinu. U zimskom periodu godine i u hladnim zonama ta energija čini pogodnost, dok u toplim zonama, naročito tokom leta ona umnogome doprinosi stvaranju ne-prijatnog ambijenta za život i rad u gradu.

Kako se gustina izgrađenosti povećava od periferije ka centru, tako se prosečno povećava i intenzitet funkcija, kao i emitovanje toplotne energije. U takvoj situaciji saobraćaj ima bitnu ulogu kao emiter toplote, kako po horizontali na ulicama (motorna vozila sa emitovanjem zagađenja), tako i po vertikali u visokim zgradama (liftovi i dizalice).

Centralni gradski prostor intenzivno privlači i privredne gra-ne kao bitne potrošače energije i emitere toplote (veštačko osvetljenje, ventilacija, klimatizacija). Poslovanje, trgovina, zabava i dr. nalaze svoje mesto u gusto izgrađenim atraktivnim delovima grada, dok njihovo prisustvo opada ka periferiji. Stanovanje sa splotom svojih funkcija predstavlja izuzetnog emitera toplotne energije. Kao funkcija sa čitavom svojom infrastrukturom (stan, zgrada, blok, naselje) relativno je ravnomerno raspoređeno po površini grada, intenzivno prisutno i van centra. Svojim periodičnim funkcija-ma u zavisnosti od godišnjeg doba (grejanje zimi i hlađenje leti), kao i delatnostima u samom domaćinstvu (kuvanje, pranje, peglanje, zabava), predstavlja konstantnog i velikog emitera toplote u gradu.

Takođe, u industrijskim gradovima proizvodnja čini najvećeg potrošača energije, pa tako i emitira toplote sa direktnim uticajem na temperaturu grada, a naročito na zagađenje vazduha.

2.1.5. Slobodne površine. vegetacija i isparavanje

Nivo isparavanja zavisi od intenziteta apsorpcije, kao i vlažnosti same podloge. U gradu se ono odvija na izvesnom udaljenju od tla, gravitirajući visinskom težištu izgrađene fizičke strukture, dok se na otvorenom području ono dešava pri samom tlu i zavisi od tipa podloge i vegetacije, tj. podne-blja i godišnjeg doba.

Kako gradski prostor sadrži mahom izgrađenu strukturu manje ili veće gustine, a manjim delom slobodne zelene površine, može se reci da poseduje veliku akumulacionu masu određene apsorpcije, a male vlažnosti, te zato ima vrlo mali potencijal hlađenja isparavanjem. Uticaj zelenih površina u gradu ograničen je prostorno na samu njegovu lokaciju sa relativno malim uticajem na susedstvo. Ono se ogleda modifikovanjem termičkog okruženja samih zgrada, tj. mikroklima i obezbeđenju ugodnijeg opšteg klimatskog komfora formiranjem zasenčenih površina.

Na ukupan njihov efekat u gradu, veći uticaj imaju ravnomerno raspoređene zelene površine od koncentrisanih.

Okolina grada pokrivena mahom zelenim površinama predstavlja neizgrađenu oblast sa apsorpcionim potencijalom približnim gradskom prostoru. Međutim, za razliku od grada apsorbovana komponenta zračenja se osim jednim manjim delom fotosintezom pretvara u hemijsku energiju (1-2%), najvećim delom oslobodi isparavanjem, sto kao rezultat dobija rashlađivanje lisca i okolnog vazduha, kao i povećanje vlažnosti [1]. Ova osetna razlika vlažnosti u odnosu na grad može biti vrlo poželjna u toplim oblastima, kao i tokom leta.

Međutim, ona može biti vrlo nepoželjna u vlažnim krajevima naročito u periodima bez uticaja vetra, kao i tokom hladnijeg perioda kada zadržavanje vlage može prouzrokovati mestimičnu pojavu kondenzacije vodene pare, pa tako i budi.

2.1.6. Sezonsko oslobađanje toplote - grejanje i hlađenje

Bitna komponenta toplotnog opterećenja grada predstavlja sezonsko oslobađanje toplote u zavisnosti od klimatske zone. U hladnijim oblastima tokom zime potrebe za grejanjem su znatne, dok termički gubici zavise od efikasnosti sistema za grejanje, a naročito od kvaliteta termičkog izolovanja objekata. Postojeći gubici uzrokuju povećanje temperature spoljašnjeg prostora sa uslovno povoljnim dejstvom na ugodnost ambijenta tokom zime. Hlađenje i klimatizacija objekata su mahom vezani za toplije predele i razvijene zemlje. Najaktivniji su u toplijem periodu godine, a najzastupljeniji u komercijalno-poslovnoj zoni, pa se može konstatovati da je centralna gradska oblast tokom leta termički izuzetno opterećena sa nepovoljnim uticajem na okruženje.

2.2. Uticaj vetra na ventilaciju grada

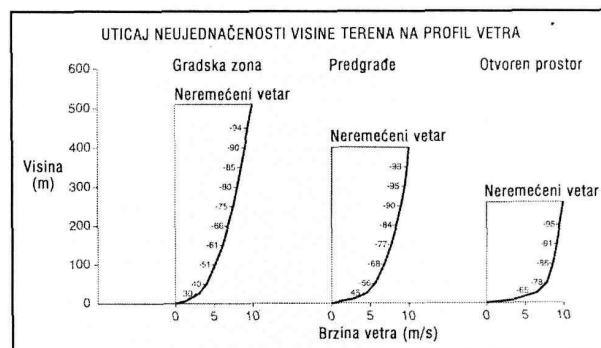
U opštem smislu vetar predstavlja kretanje vazdušne mase usled razlike pritisa, prouzrokovane nejednakim zagrevanjem zemljine površine i razlikama u gustini vazduha, pod uticajem sunčevog zračenja. Ovo kretanje se menja usled rotacije Zemlje, globalnog razmeštaja kopnenih i vodenih površina, kao i topografije terena. Sloj u kome deluje ovakav vetar se naziva "slobodna atmosfera" i počinje na nekoliko stotina metara nad tlom u zavisnosti od konfiguracije. Sam vetar se naziva "regionalni" ili "neremećeni", čija je brzina konstantna u odnosu na promenu visine. Sloj u kome se brzina menja, tj. opada sa visinom, naziva se "atmosferski granični sloj". Usled trenja nastalog zbog neravne površine tla (morfologija prirodnog tla i izgrađene strukture), dolazi do mehaničke turbulencije, koja predstavlja pro-menu pravca i brzine vetra između dve tačke u određenom vremenskom intervalu. Ona zajedno sa termičkom turbulencijom menja vertikalni profil srednje brzine vetra i stvara spektar koji definiše "polje vetra" [3],

2.2.1. "Polje vetra" u okruženju

Granični sloj postoji i nad otvorenim prostorom. On se definiše manjim promenama brzine vetra i nižim intenzitetom turbulencije. Sve ovo zavisi od nivoa odstupanja tla od idealno glatke površine. Kako je priroda tla cesto morfološki neujednačena, to dosta utiče na teško odredive parametre "polja vetra" u takvoj sredini.

Ravničarski predeo u najmanjoj meri menja uslove ventilacije. Svojim visinskim neoscilovanjem lokacija ne ometa vazdušno strujanje i pod uticajem je opštih lokalnih uslova.

Brdsko-planinski krajevi neposredno utiču na vazdušna strujanja u gradu. Privetrinska strana brda ima intenzivnije strujanje vazduha u smeru na gore, kao i bolje uslove ventilacije. Nasuprot njoj, zavetrinska strana ima sporije struja-



Slika 5. Dijagram profila brzine vetra nad urbanom, ruralnom i površinom mora (procenat neremećene brzine vetra)

nje vazduha u smeru na dole, sa manje povoljnim uslovima ventilacije.

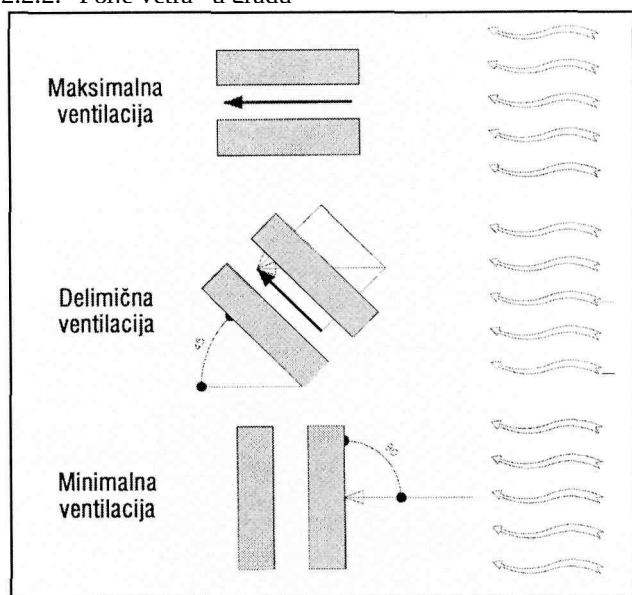
Vrhovi uzvišenja, kao i visoravni, usled visinske dominacije nad okolinom imaju najintenzivnije uslove cirkulacije vazduha, pa tako i ventilacionog potencijala.

Kotline okružene planinama u najvećoj meri imaju izmenjene uslove ventilacije u odnosu na okruženje. Blokirana vazдушna strujanja nadvisuju kotlinu, što prouzrokuje vrlo loše uslove ventilacije, kao i intenzivnu noćnu inverziju.

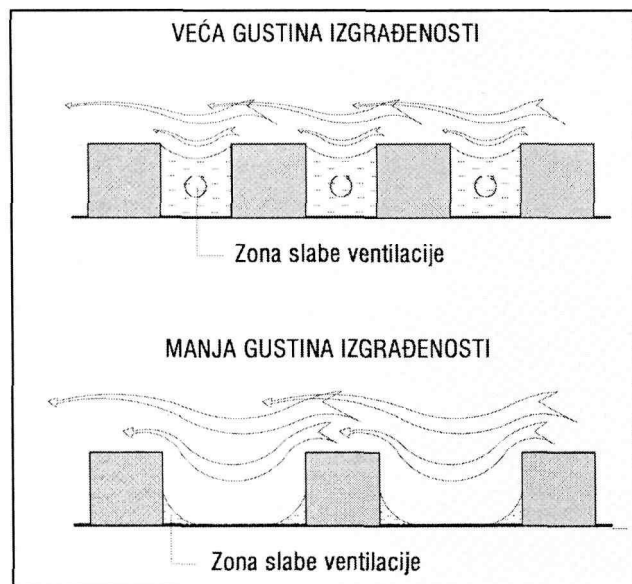
Planinski useci koncentrišu i pojačavaju strujanje vazdušne mase i u danima bez vetra. Tokom noći oni kanališu hladan vazduh koji se spusta sa planina koji može biti poželjan u toplim zonama i pri manjem intenzitetu.

Takođe, pokrivenost tla vegetacijom ima određen uticaj u zavisnosti od podneblja, godišnjeg doba, vrste i zastupljenosti. Međutim, generalno gledajući vegetacija po svojoj prirodi dobrim delom propusta strujanje vetra ne čineći idealnu prepreku. U poređenju sa čvrstim strukturama, ka-ko prirodnim tako i stvorenim, promena brzine vetra i pojava turbulencije je dosta manja.

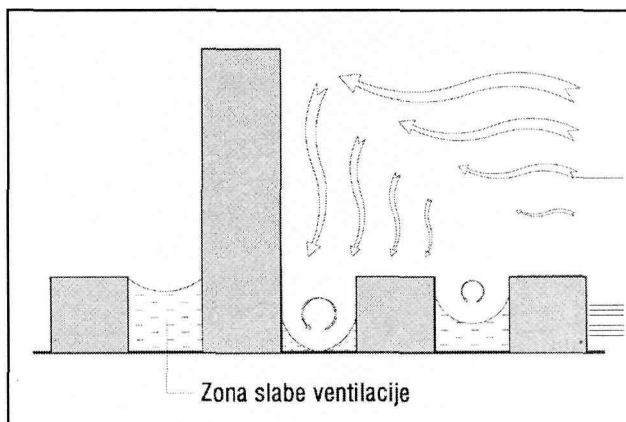
2.2.2. "Polie vetra" u gradu



Slika 8. Uticaj orijentacije ulične matrice na ventilacioni potencijal grada



Slika 6. Uticaj gustine izgrađenosti na ventilacioni potencijal grada



Slika 7. Uticaj visokih objekata na poboljšanje ventilacionog potencijala grada

- 3) veličina i visina objekata,
- 4) orijentacija ulične matrice,
- 5) zelene površine.

Gustina izgrađenosti obrnuto srazmerno utiče na brzinu vetra u gradu, pa tako i na potencijal ventilacije. Sto je gustina veća, manja je komponenta koja prodire unutar gradske strukture, brzina se smanjuje, a turbulencija povećava.

Visina izgrađene strukture utiče na vertikalni profil srednje brzine vetra. Ako je visina ujednačena, čitava struktura se ponaša kompaktno praveći veći otpor vetru sa manje povoljnim uslovima ventilacije od neujednačene visine strukture. Mestimično visoki objekti zadiru u delimično neremećenu strujnicu vetra, čineći prelaznu visinsku zonu povećanog pritiska koja doprinosi dodatnim turbulencijama i usmeravanju vazduha ka tlu, prema nižim slojevima manjeg pritiska. Na taj način dolazi do mešanja čistijeg i svežeg vazduha iz okruženja sa gradskim vazduhom, tj. do poboljšanja uslova ventilacije.

Orijentacija i profil ulične matrice su vrlo bitni za potencijal ventilacije grada. Oni direktno utiču na propusnu moć gradske strukture u odnosu na dejstvo vetra, pa samim tim i na potencijal ventilacije. Ako su ulice sa nizovima zgrada paralelne dominantnom vetru, onda se ovaj potencijal povećava. U slučaju povećanja ugla između pravca vetra i uličnih frontova, dejstvo vetra se postepeno razdvaja na dve komponente. Kao rezultat nastaju zone povišenog pri-

tiska na pretežno privetrinskoj strani zgrada sa tendencijom kretanja vazduha niz ulicu, kao i do formiranja negativnog pritiska na pretežno zavetrinskoj strani sa tendencijom zadržavanja vazduha. U slučaju dominantnog vetra upravnog na pravac uličnih frontova, dejstvo vetra je proizvod trenja o nizove zgrada sa intenzivnom pojavom turbulencije i minimalnim potencijalom ventilacije.

Profil ulice, tj. faktor H/W (odnos visine objekata prema njihovom međusobnom rastojanju), definiše njenu propusnu moć. Sto je ovaj odnos veći, to je ventilacioni potencijal ulice manji, sto naročito vazi za slučaj dejstva vetra upravno na ulični front. U suprotnom, ako se ovaj odnos smanjuje, propusna moć se povećava pa tako i ukupan potencijal ventilacije.

Zelene površine predstavljaju jedan od faktora od uticaja na ventilacioni potencijal grada svojim uticajem na dejstvo vetra. Ono se može definisati kroz tip vegetacije, kao i njen razmeštaj u okruženju. Tipom vegetacije se određuje sposobnost zelenih površina da omogućavaju vazдушna strujanja. Travnate površine daju najmanju mogućnost na-stajanja trenja prilikom cirkulacije vazduha, pa tako i stvara-ju slobodnu površinu sa najpovoljnijim uslovima ventilacije. Visoko rastinje, u zavisnosti od koncentracije i rasporeda, može stvarati određen faktor trenja u slojevima pri tlu. Sam intenzitet takođe zavisi od vrste zelenila, godišnjeg doba i klimatske zone, jer je on upravo srazmeran gustini vegetacije. Pojas gustog zasada, kao i visoko žbunje mogu činiti lokalnu barijeru, ali i usmeravati cirkulaciju vazduha u određenom pravcu.

3. Zaključak

Na osnovu sagledavanja situacije na polju klime, grada i njegove ventilacije, može se zaključiti da je čitav proces uzročno-posledično vezan i predstavlja neraskidivu celinu, pa je kao takvu treba i posmatrati. Takođe se može konstatovati da su uticaji koji vladaju, kao i njihovo interaktivno delovanje, od izuzetne važnosti kada je u pitanju energetska-ekološki faktor života u gradu, kao i da mu prilikom planiranja gradskog prostora

treba posvetiti punu pažnju.

Grad nije samo vestalki stvorena fizička struktura sa svojim autonomnim potrebama i reaktivnim uticajima, već isključivo sastavni deo sredine u kojoj se nalazi. Njegov ventilacioni potencijal je u direktnoj zavisnosti od međusobnog uticaja okruženja na grad, kao i samog grada na okruženje.

Sile u prirodi, tj. okruženju, sa termičkim efektom i vetrom kao njihovom reakcijom, predstavljaju nezaobilazni i direktni potencijal prirodne ventilacije grada, pa tako i objekata kao zasebnih fizičkih jedinica.

Planiranjem i postavljanjem objekata i njihovih grupacija na određenoj lokaciji u okruženju direktno menjamo prvobitne uslove ventilacije. Stoga, projektovanje ventilacije samih objekata, kao i šireg prostora, mora biti usaglašeno sa novonastalim uslovima, a ne prvobitnim, i čitavu gradsku strukturu treba posmatrati kao jedinstveno i dinamično živo tkivo, koje da bi bilo efikasno i zdravo, mora biti u prostor-noj i energetske saglasnosti i balansu sa prirodom kao njegovim okruženjem.

Literatura

- [1] Givoni, B. (1999): Climate Consideration in Building and Urban Design, USA. [2] Milosavljević, M. (1950): Fizičke osobine vetrova u Beogradu, Prirodno-matematički fakultet, Naučna knjiga, Beograd. [3] Pesic, S. (1994): Energija vetra, Mašinski fakultet, Beograd. [4] Plazinic, S. (1985): Tehnička meteorologija, Naučna knjiga, Beograd. [5] Pucar, M., M. Pajevic, M. Popović (1994): Bioklimatsko planiranje i projektovanje, Urbanistički parametri, Zavet, Beograd. [6] Stanojević, S., S. Jovanović (1974): Prilog poznavanju zagađenosti vazduha u Beogradu u zimskoj polovini godine, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd. [7] ***: UNEP (2000): Industry and Environment, Volume 23, No. 1-2, Urban environmental management.

Kgh3/2003.