

Ministarstvo ekonomije CG & GTZ

Obuka lica za vršenje energetskih pregleda i sertifikovanje zgrada

Mašinski fakultet i Arhitektonski fakultet UCG

Podgorica, 01.03.2011.

KLIMATOLOGIJA, ELEMENTI KOMFORA,
TOPLOTNA ZAŠTITA
[Arhitektura_1a]

Prof. dr Dušan Vuksanović, dipl.inž.arh.

Arhitektonski fakultet u Podgorici

Odnos čovjeka i okoline

- Karakteristike i problemi savremenog društva doprinijeli su razvoju nove nauke:
 - **Nauka o životnoj sredini (environmental science)**: fizički i socijalni/psihosocijalni aspekti...
- **Polje djelovanja arhitekata** u okviru ove nauke odnosi se na poznate oblasti profesionalnog angažovanja:
 - prostorno i urbanističko planiranje,
 - urbanističko i arhitektonsko projektovanje i građenje,
 - ... ali i **elemente drugih nauka** od značaja za djelatnost arhitekata:
klimatologiju, ekologiju, održivi razvoj (sustainable development)

Klimatologija

KLIMA



KLIMA I VRIJEME

- Klima
- srednje stanje atmosfere – prosjek meteoroloških pojava koje karakterišu srednje stanje atmosfere na nekom mjestu u određenom periodu
- KLIMATOLOGIJA
- proučava višegodišnji režim tipova vremena - klimu, podneblje određenog mjesta, neke teritorije, kao i cjelokupne Zemljine površine
- ... primjena u urbanističkom planiranju i arhitektonskom projektovanju



KLIMA I VRIJEME

- **Vrijeme**
- **trenutno stanje atmosfere** – stanje meteoroloških elemenata i pojava u određenom trenutku
- **METEOROLOGIJA**
- nauka o atmosferi - utvrđuje zakone po kojima se javljaju atmosferske pojave i procesi i ustanovljavaju njihove uzajamne veze - **fizika atmosfere**



Podjela klime u odnosu na geografske i fizičke odrednice

- **Makroklima** - klima velikih oblasti (pustinje, tundre, tropske šume)
- **Mezoklima** - lokalna klima, klima geomorfoloških cjelina
- **Mikroklima** - topoklima, klima uže lokacije
- **Klima gradova** - područje grada, gradskog centra
- **Kriptoklima** - klima zatvorenog prostora

KLIMATSKI ELEMENTI I KLIMATSKI FAKTORI

KLIMATSKI ELEMENTI

- Sunčevo zračenje
- Temperatura i vlažnost vazduha
- Vazdušni pritisak
- Vjetar
- Oblačnost, magla
- Padavine (kiša, snijeg)

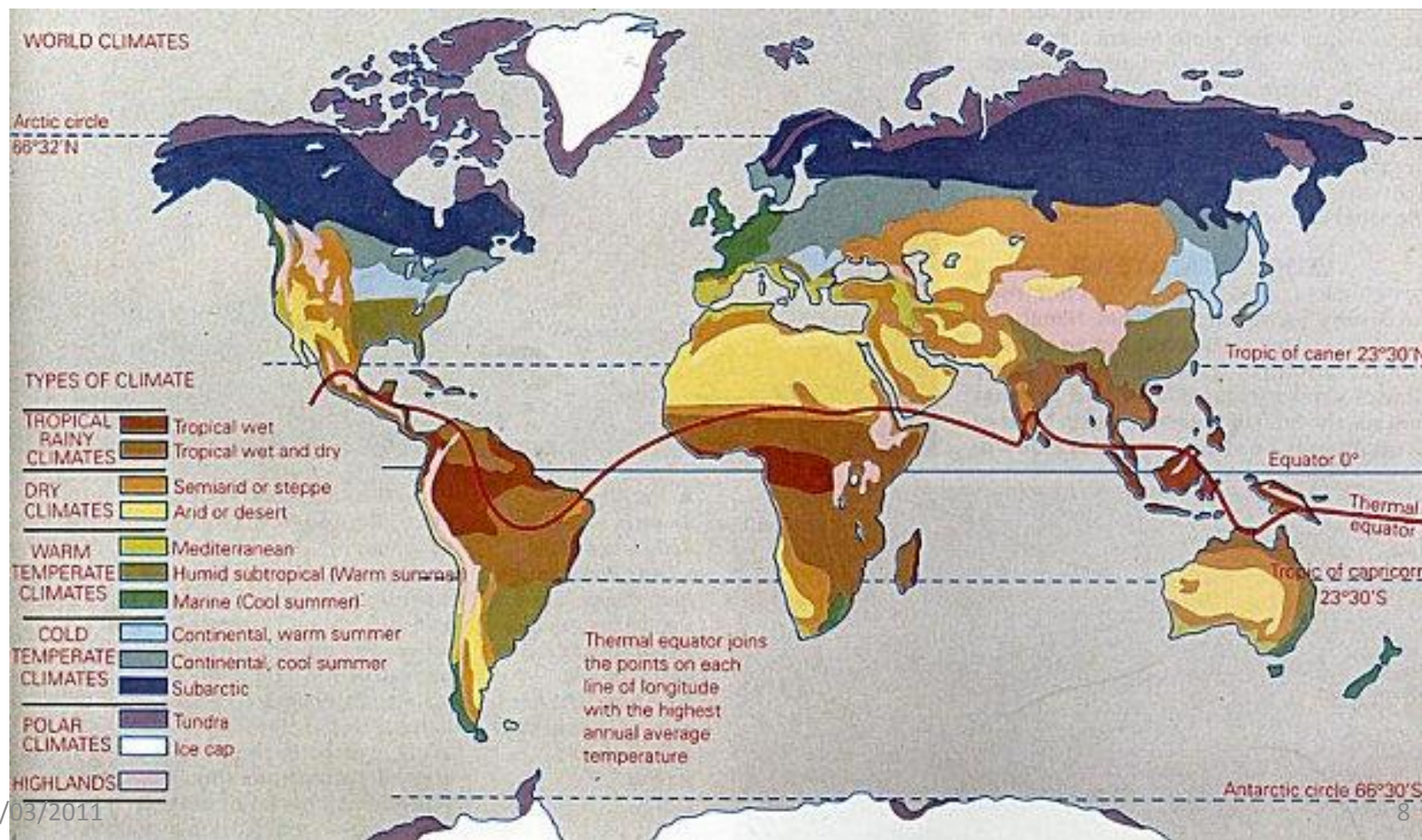
KLIMATSKI FAKTORI - modifikuju klimatske elemente:

- Geografska širina i dužina
- Raspored kopna i mora
- Nadmorska visina
- Reljef - ekspozicija prema suncu
- Geološke i pedološke karakteristike
- Biljni pokrivač



Klasifikacija klime (globalna) – klimatski tipovi

- U odnosu na *temperaturu i vlažnost vazduha*, kao ključne parametre (toplotnog) komfora - **klasifikacija klime** za potrebe arhitekture i urbanizma:
- •Hladna klima •Umjerena klima (topla i hladna) •Topla suva klima •Topla vlažna klima



Sunčevo zračenje: energetske aspekti

Sunce kao izvor energije

- temperatura površine Sunca: 5800°K
- snaga zračenja Sunca: $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$

Karakteristični parametri dozračene sunčeve energije

- **Snaga dozračene sunčeve energije na granici atmosfere:**
 - **solarna konstanta: 1353 W/m^2**
mjerena na površinu upravnu na pravac sunčevih zraka



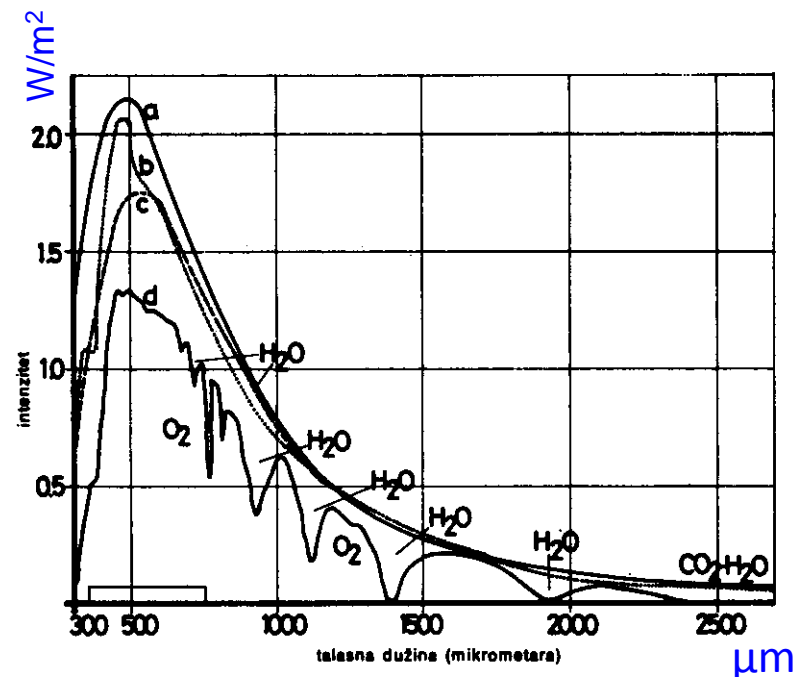
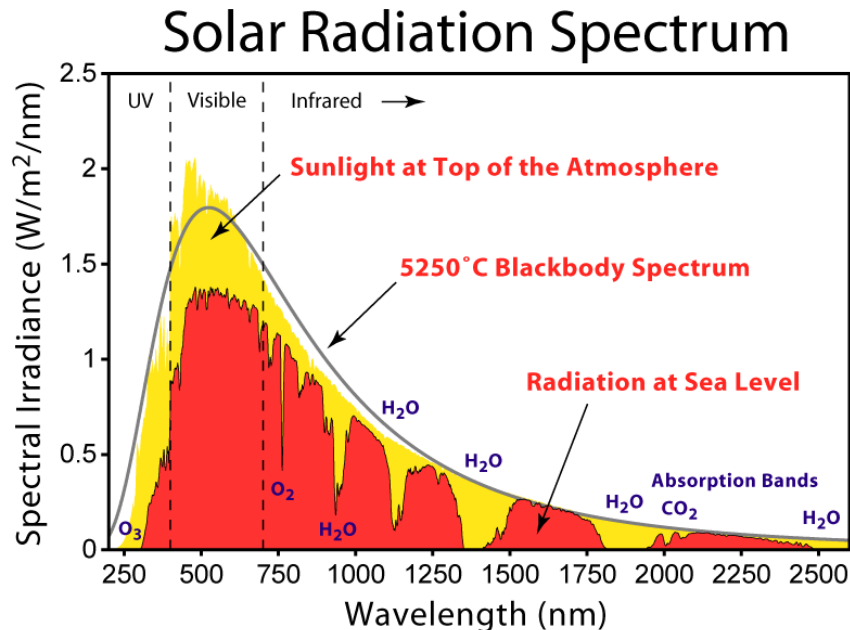
Struktura dozračene sunčeve energije

Nosioci sunčeve energije: **Elektromagnetni talasi** sa talasnim dužinama u opsegu od 0,29 do 4,75 μm

- **nevidljivi** dio spektra – **ultravioletni** dio, 1% energije
- **vidljivi** dio spektra – **svjetlosni** dio, 39% energije
- **infracrveni** dio spektra – **toplotni** dio, 60% energije

Najznačajniji aspekti apsorpcije atmosfere

- ✓ **Ozon (O_3)** apsorbuje najveći dio **ultravioletnog** zračenja;
- ✓ **Vod. para i CO_2** apsorbuju znatan dio **infracrvenog** zrač.

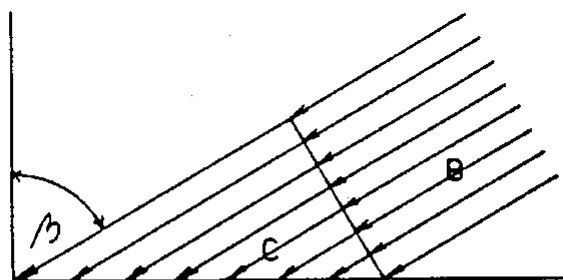


Sl. 1 Spektralni sastav sunčevog zračenja;
a — zračenje crnog tela na $T=6000\text{ K}$; b — zračenje izvan atmosfere; c — zračenje crnog tela na $T=5630\text{ K}$; d — zračenje posle prolaska kroz atmosferu

Karakteristični parametri dozračene sunčeve energije

Snaga dozračene sunčeve energije na Zemljinoj površini – zavisi od:

- upadnog ugla sunčevih zraka – geometrijskih aspekata, koji se odražavaju na:
 - gustinu fluksa zračenja na Zemljinoj površini
 - dužinu puta koji zračenje prelazi kroz atmosferu
- stanja atmosfere
- Geometrijske aspekte sunčevog zračenja uslovljavaju geografska širina lokacije, godišnje doba i doba dana...
- Stanje atmosfere vezano je za oblačnost, prisustvo vodene pare, zagađenost vazduha...



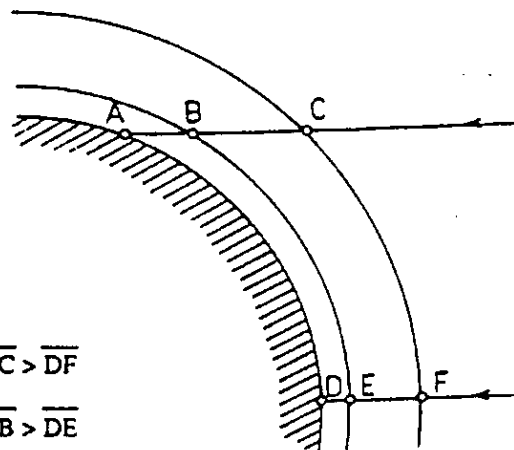
$$\cos \beta = \frac{B}{A}$$

$$P_c > P_b$$

$$\text{inten. } C < \text{inten. } B$$

$$G_c = G_b \times \cos \beta$$

Slika 1.4 Promena intenziteta zračenja sa promenom upadnog ugla zraka (zračenje je najveće na površini koja je upravna na pravac zračenja)



$$\overline{AC} > \overline{DF}$$

$$\overline{AB} > \overline{DE}$$

Slika 1.5 Promena intenziteta Sunčevog zračenja na Zemljinoj površini usled promene ugla visine Sunca i promene dužine putanje zraka kroz atmosferski sloj

Karakteristike sunčevog zračenja na Zemljinoj površini

- **Globalno zračenje:** **ukupno zračenje** koje dospijeva na Zemljinu površinu sastoji se od **dvije komponente: direktno i difuzno zračenje** koja su uvijek prisutna u različitim proporcijama.
- **Direktno zračenje**
Dominantno zračenje pri vedrom nebu ($\approx 10\%$ pripada difuznom zračenju);
max. dozračena energija – intenzitet sunčevog zračenja $\approx 1\text{kW/m}^2$ ljeti, kada je sunce u zenitu.
- **Difuzno zračenje**
Dominantno zračenje pri oblačnom nebu; uvijek prisutno kao posljedica prolaska sunčevih zraka kroz atmosferu (**apsorpcija, refleksija, refrakcija, rasipanje** – prisustvo različitih čestica), na šta dodatno utiču **oblaci** koji u uslovima potpune oblačnosti čine cjelokupno sunčevo zračenje difuznim.

Ponašanje zemljine površine

- **Zračenje koje padne na zemljinu površinu**, shodno karakteristikama površinskog sloja, ponaša se kako slijedi:
 - ↘ dio sunčeve energije **se apsorbuje**,
 - ↑ dio apsorbovane energije **se vraća u atmosferu** – **izračivanje** zemljine površine
 - ↗ dio dozračene energije **se reflektuje ka atmosferi (albedo)** – refleksioni koeficijent zemljine površine, srednja vrijednost 30%; **albedo** utiče na difuzno zračenje: u slučaju oblačnog neba, zračenje reflektovano ka atmosferi ponovo se od oblaka reflektuje ka zemljinoj površini.

- **Bilans zračenja (Q)**

$$G = S + D$$

$$Q = S + D - R$$

$$Q = G - a \cdot G$$

G – globalno zračenje

S – direktno zračenje

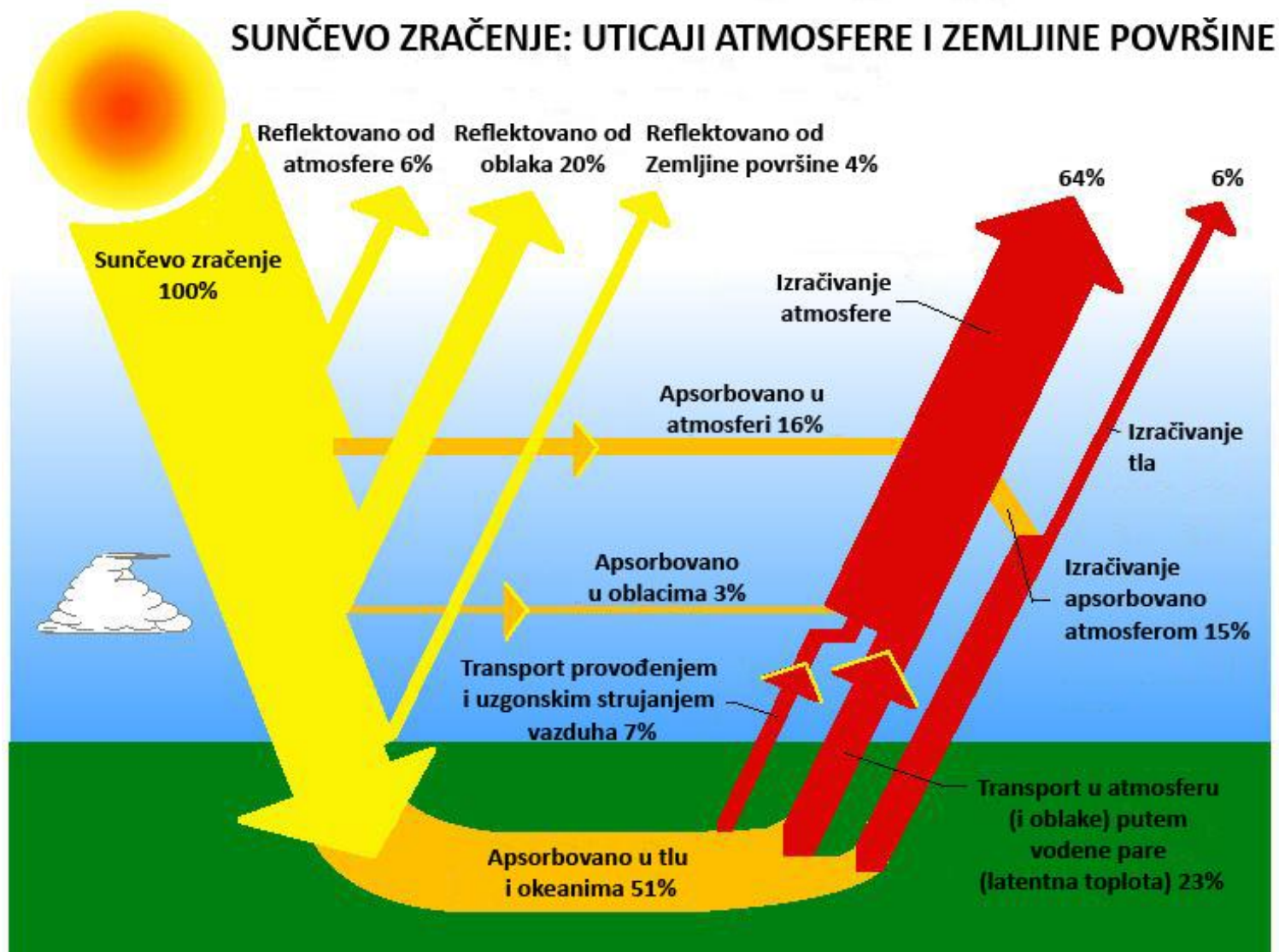
D – difuzno zračenje

R – reflektovano zračenje

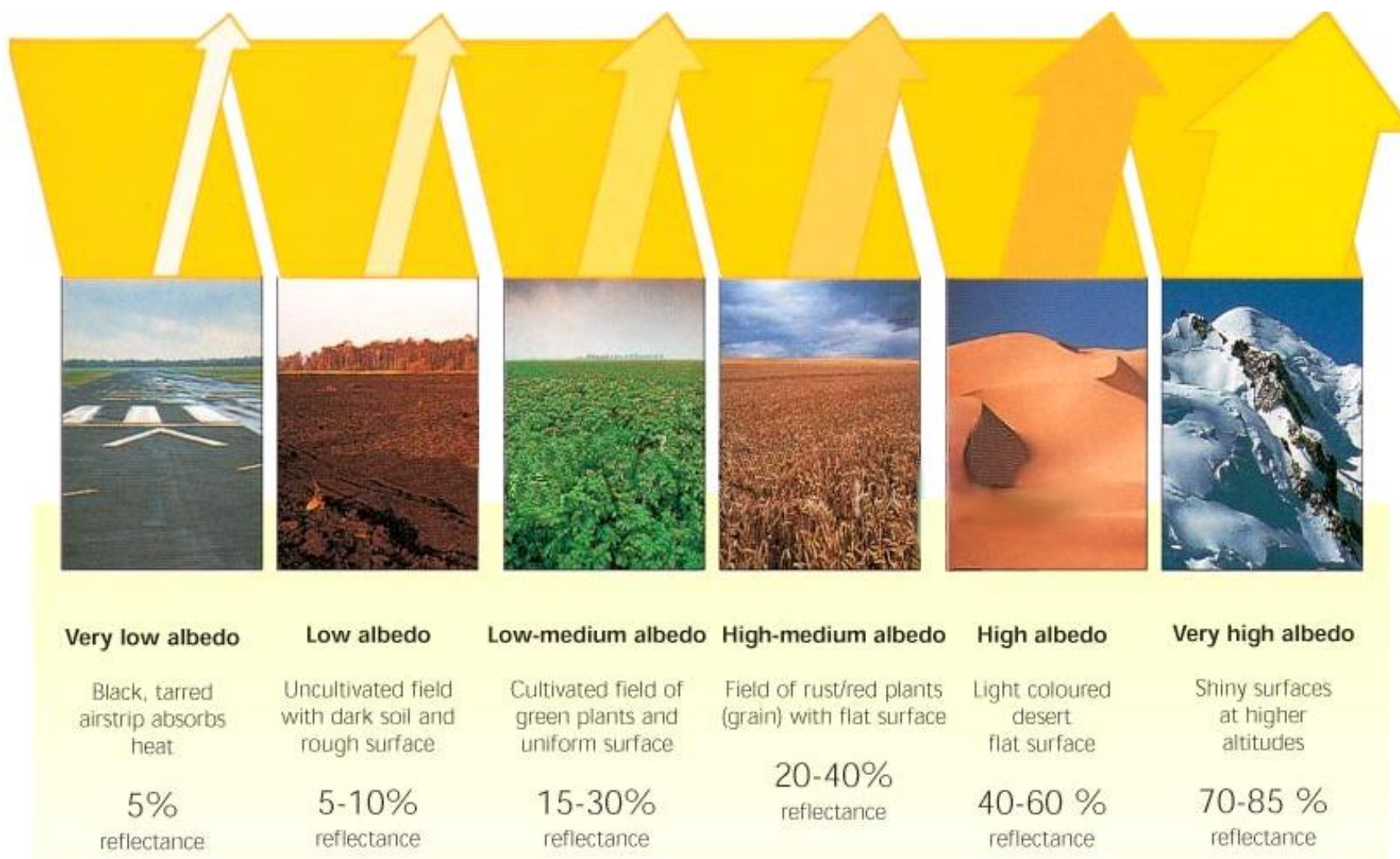
a – albedo

Q – bilans zračenja

Ponašanje zemljine površine



Apsorpcija i refleksija sunčevog zračenja na zemlji



$$\text{albedo} = \frac{\text{odbijeno zračenje}}{\text{upadno zračenje}} \times 100$$

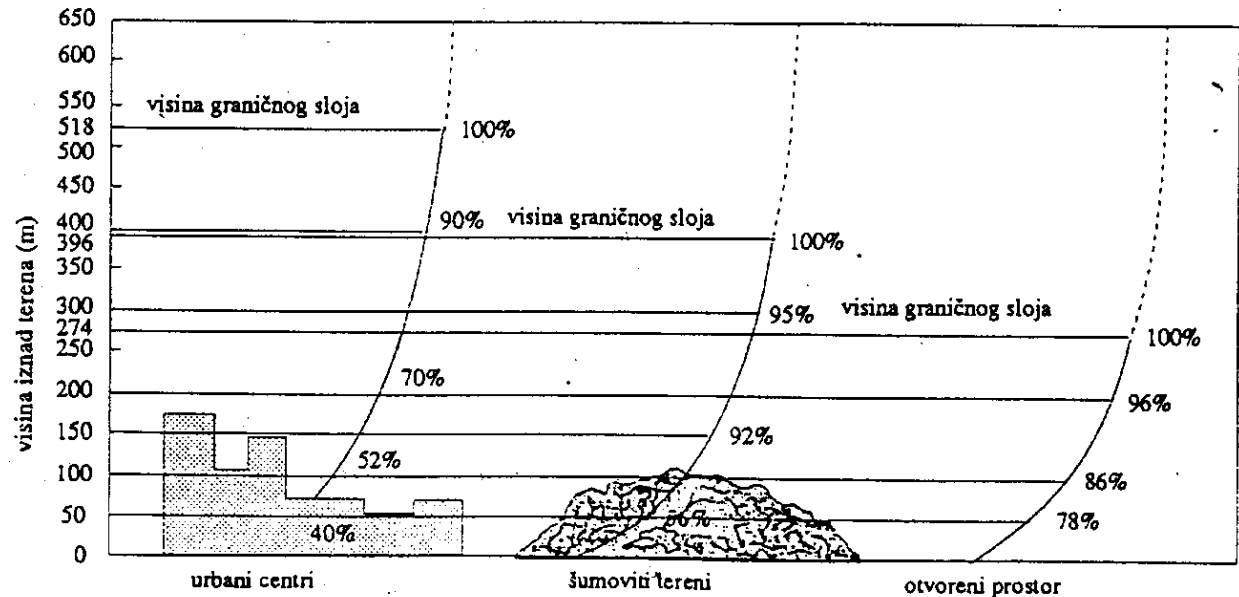
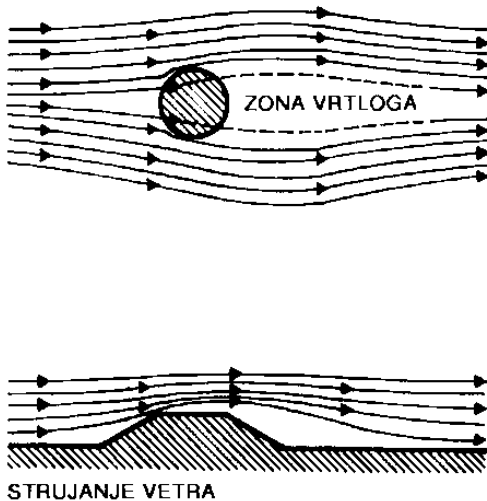
Dužina trajanja sijanja Sunca

- **Dužina trajanja sijanja Sunca** – u satima za određeni period (mjesec, godina)
 - **Zavisí od:** geografske širine, nadmorske visine, reljefa i stepena oblačnosti...
 - **Za primjenu u praksi:** relativno trajanje sijanja Sunca – u % od mogućeg (potencijalnog) trajanja
- **Intenzitet sunčevog zračenja i trajanje sijanja Sunca su proporcionalne veličine...**

Načelno: kod lokacija sa istom geografskom širinom javiće se razlike u količini dozračene sunčeve energije usljed djelovanja lokalnih klimatskih i fizičkih faktora – naročito: nadmorska visina, reljef, orijentacija

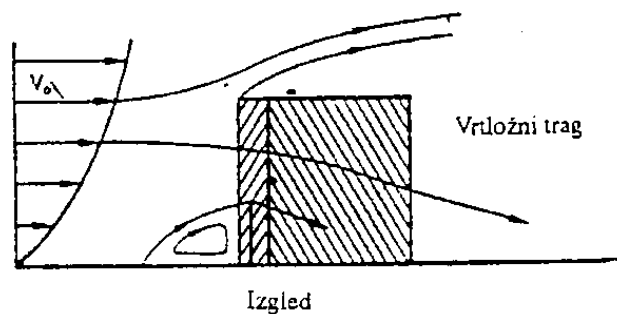
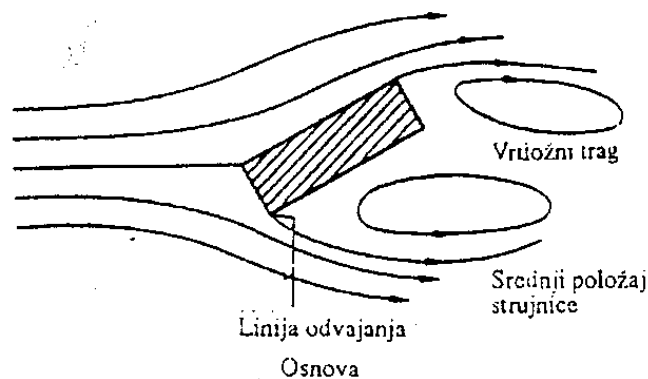
Vjetar

- Fizička priroda: **horizontalno strujanje vazduha** čiji je pokretački mehanizam razlika u vazдушnom pritisku; **smjer strujanja**: od zone višeg ka zoni nižeg vazdušnog pritiska
- Lokalni topografski uslovi i građena struktura** mogu značajno da izmijene brzinu i pravac vjetra

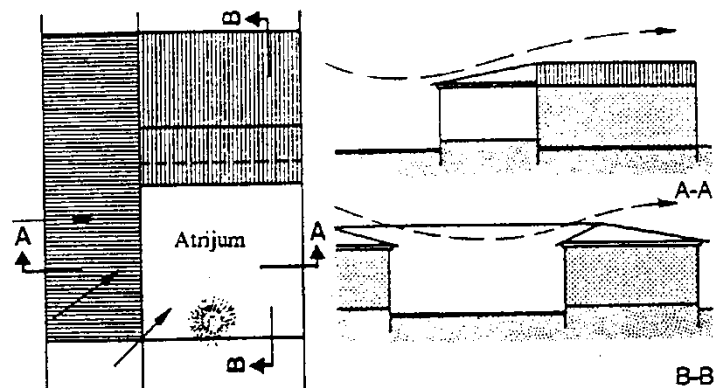


Vertikalni profili relativne brzine vjetra (%)

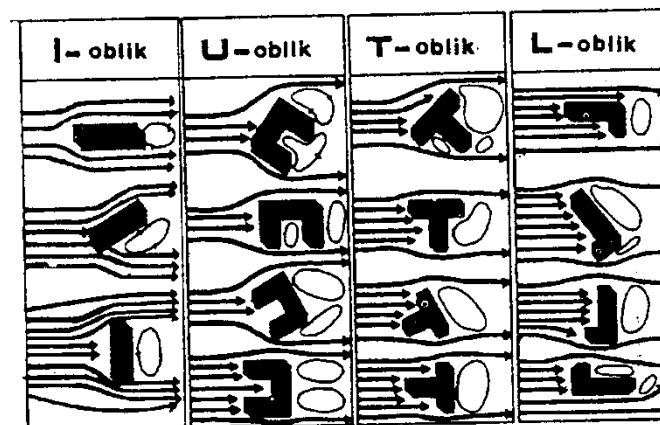
KARAKTERISTIKE STRUJANJA VJETRA I GABARIT ZGRADE



Slika 5.3 Karakteristike strujanja u odnosu na zgradu [149]



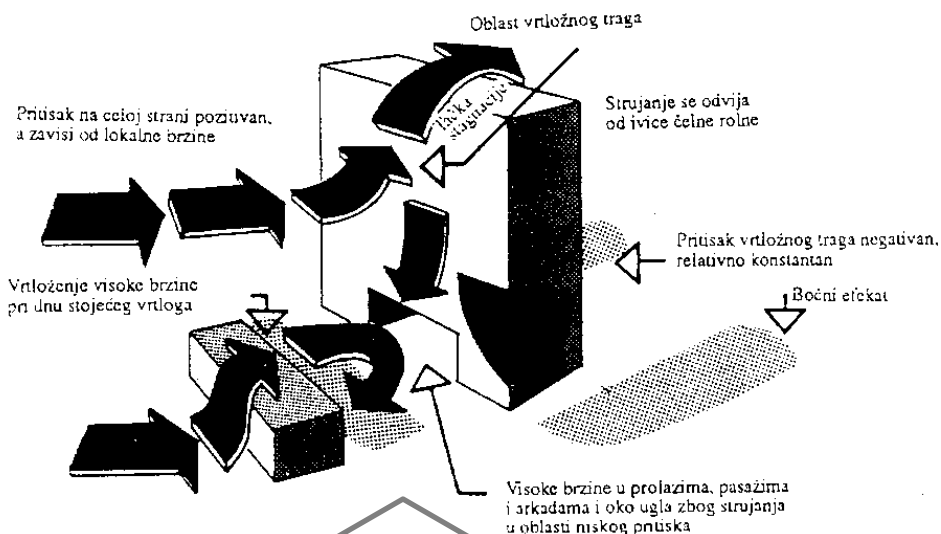
Slika 5.9 Atrijumska zgrada sa povoljnim oblikom krova



Slika 5.10 Uticaj različitih oblika osnova na tokove strujanja vetra oko zgrade

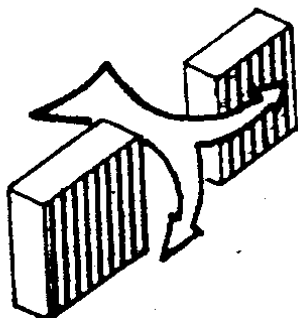
Vjetar

Ostali klimatski elementi

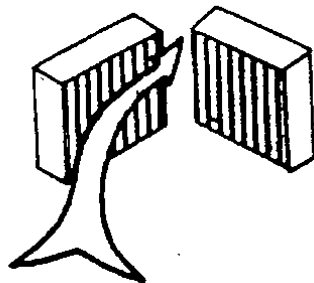


Raspodjela strujanja, pritiska i vrtloženja u odnosu na različite gabarite zgrada

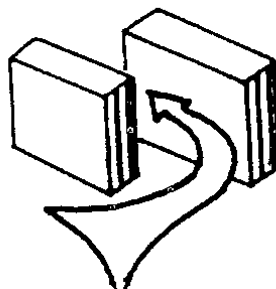
Efekat otvora



Efekat procepa



Efekat skretanja



Promjena pravca vjetra kao posljedica položaja zgrada – urbane morfologije

- **Oblačnost** ... u desetinama neba – na osnovu osmatranja
 - Vedro nebo: oblačnost $\leq 2/10$;
 - Oblačno nebo: oblačnost $\geq 8/10$
- **Vlažnost vazduha**
Apsolutna vlažnost i relativna vlažnost
- **Temperatura vazduha**

Pojave koje prate savremeno društvo i utiču na stanje prirodne i građene sredine

- **POJAVE:**

- intenzivna urbanizacija
- intenziviranje saobraćaja
- povećanje zagađenja

- **NEGATIVNI UTICAJI NA MIKROKLIMU GRADA:**

- povećanje temperature
- povećanje potrebe za energijom
- prljave tehnologije - zagađenje okoline
- iscrpljivanje prirodnih energetske resursa (fosilna goriva – drvo, ugalj, nafta)

- **ODGOVOR NA NEGATIVNE UTICAJE:**

- ✓ prihvatanje novih koncepata – **koncept održivog razvoja**, što uključuje i primjenu obnovljivih izvora energije

Analiza interakcija u procesu izgradnje kuće i naselja: uticaji – odgovori

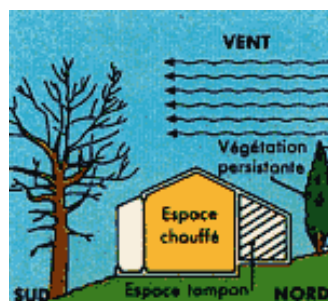
Uticaji faktora lokacije – prirodnih (klime i tla) i stvorenih uslova (objekti) – na **kreiranje arhitekture**

Povratni uticaji intervencija u prostoru – na **prirodno okruženje**

bioklimatski princip



Zima – dan:
djelovanje **sunca**
i listopadno drvo



Zima – dan:
djelovanje **vjetra**

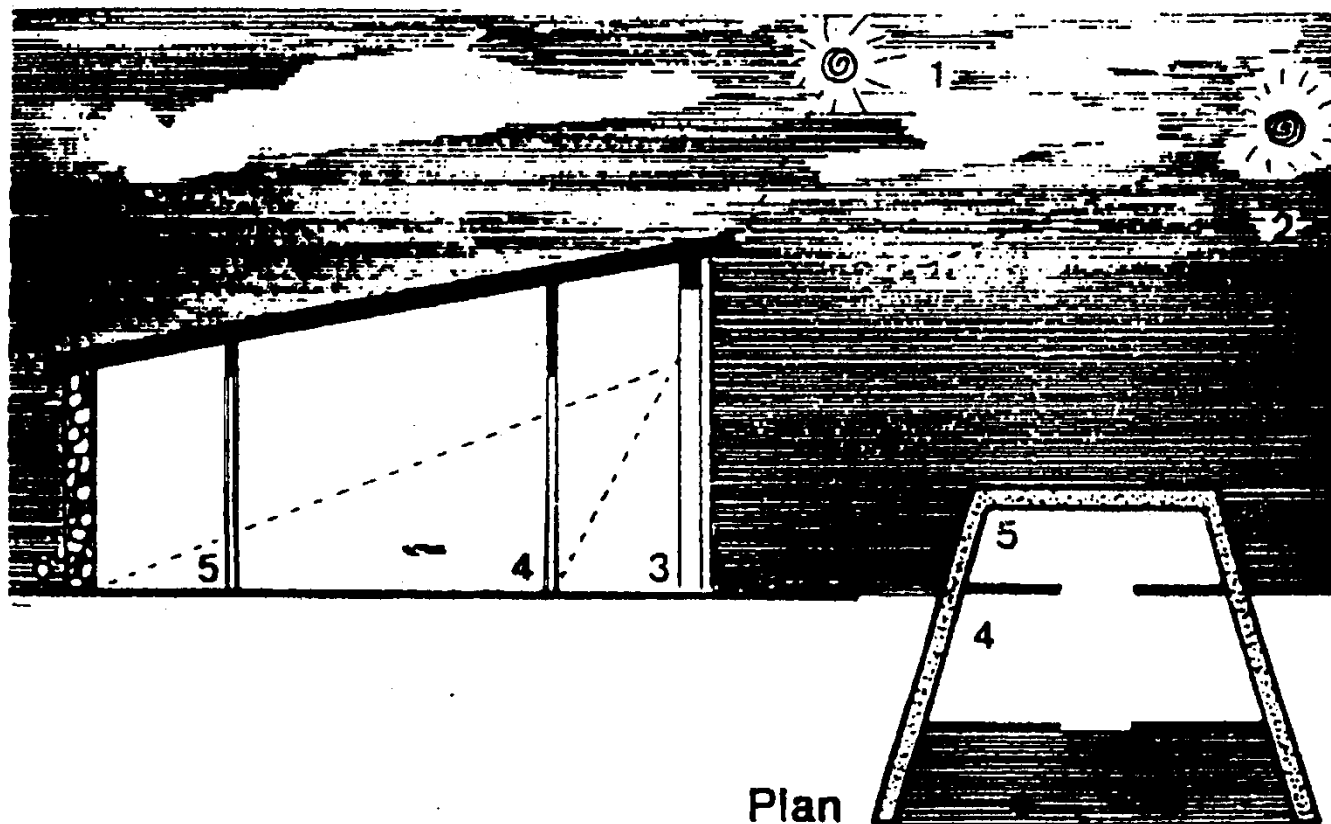


Zima – **noć (vedra)**:
hlađenje (radijacija)



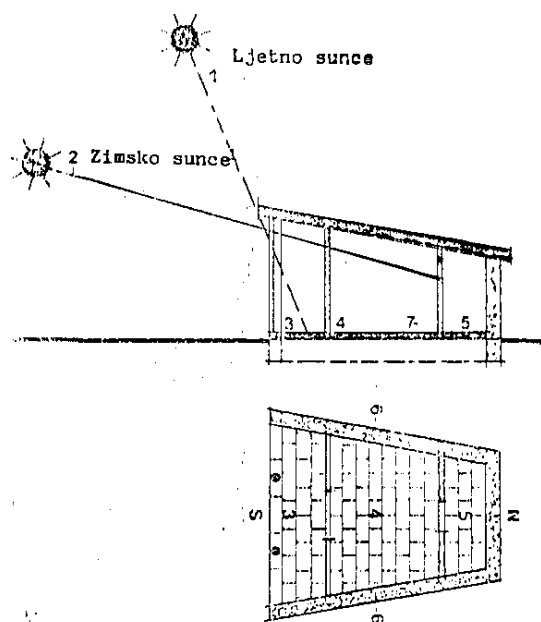
Ljeto – dan:
djelovanje **sunca**
i listopadno drvo

Antički koncept pasivne solarne arhitekture: Sokratova "pametna kuća"

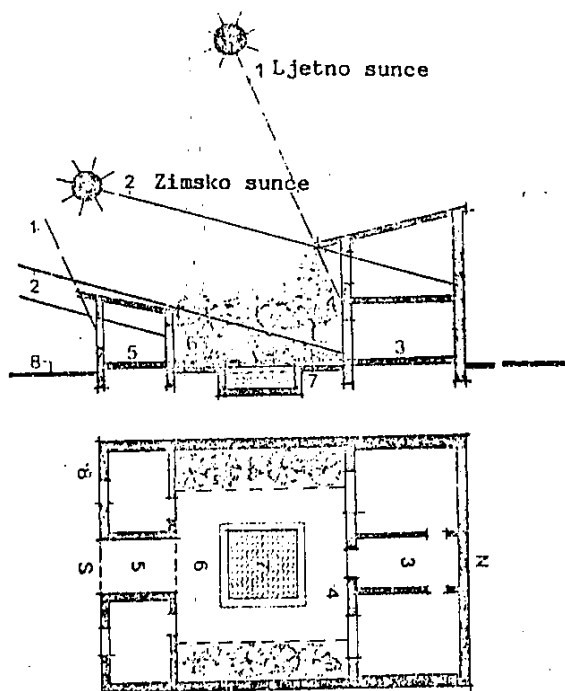


Sl. 6.9. Geometrija Sokratove kuće prilagođena je i zaštiti od nepoželjnog ljetnjeg sunca (1) i zahvatu poželjnog zimskog sunca (2)

Antički koncepti – usklađeni sa klimatskim i kulturnim kontekstom: Sokratova funkcionalna kuća i razvijeni model atrijumske kuće

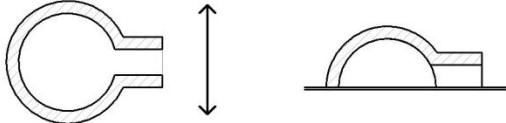
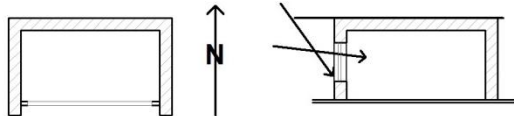
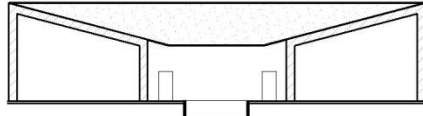
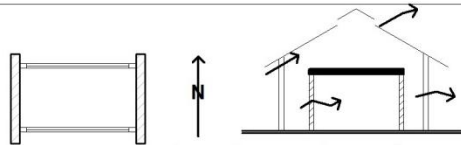


Sokratova sunčana kuća
#69-397 prije nv
3. terasa, predprostor
4. dnevni boravak
5. zaštitna zona
7. kameni pod



Antička atrijumska kuća
3. dvoetažna glavna zgrada
4. bršljanom zarašćena strana
5. jednospratna zgrada
6. i 7. atrijum sa bazenom

Klimatska zona – uticajni faktori – potrebne mjere – karakteristike i **tipologije regionalne arhitekture**

klimatska zona	zastita od	potrebna kontrola	tipicne karakteristike
hladna	vjetar mraz snijeg: opterecenje penetracija	minimalni gubici toplote	 <p>idealni oblik eskimski iglu, minimalna površina pri maksimalnoj zapremini, sto manji otvori postavljeni upravno na smjer vjetra</p>
umjerena	kisa, snijeg, hladan vjetar, ljetnja vrucina, zimski mraz	minimalni gubici toplote zimski toplotna izolacija, ljeti: zasjencenje i ventilacija	 <p>dobra toplotna izolacija, veliki prozori na juznoj strani, ljetnja zastita od sunca</p>
suva-vruca	osuncanje, pijesak, prasina, vjetar, susa	iskoriscavanje malih kolicina kise, iskljucivanje velikih dnevnih temperaturnih promjena	 <p>atrijumski tip, zasjencena veranda oko atrijuma, bazen ili fontana, masivni zidovi sa velikim temperaturnim kasnjenjem</p>
vlažna-vruca	kisa vrucina vlaga osuncanje	provjetravanje/ventilacija hladjenje	 <p>zasjencene verande uz istocnu i zapadnu stranu, zidoci na juznoj i sjevernoj strani, poprecna ventilacija, visoke prostorije, ventilisan prostor potkrovlja</p>

Uticaji koji mogu usloviti ponašanje nekog objekta, njegovu formu i materijalizaciju

- **Uslovi/uticaji – vrste:**

1. Uslovi/uticaji sredine
2. Način korišćenja prostora
3. Zahtjevi koji proizlaze iz konstrukcije - sklopa u kojem se materijal/proizvod nalazi

- **Uslovi/uticaji sredine – po porijeklu:**

1. spoljašnji – van omotača

- a) iz atmosfere
- b) iz tla

2. unutrašnji – unutar omotača

- a) posljedica namjene / načina korišćenja prostora
- b) posljedica projekta

- **Uslovi sredine – po fizičkoj prirodi:**

mehanički, elektromagnetni, toplotni, hemijski, biološki

Zahtjevi korisnika i osnovni oblici komfora

Zahtjevi korisnika:

- pojam obuhvata sve one zahtjeve koje treba da ispuni “arhitektura kao zaklon”;
- najčešća podjela zahtjeva korisnika podrazumijeva njihovu kategorizaciju na:
 - zahtjeve koji se tiču bezbjednosti
 - zahtjeve koji se tiču **komfora**

Zahtjevi komfora - osnovni oblici KOMFORA:

1. **toplotni** (temperatura vazduha)
2. **svjetlosni** (dnevni osvjetljaj)
3. **vazdušni** (kvalitet vazduha)
4. **zvučni** (buka, akustika)
5. prostorni (normativi i standardi u dimenzionisanju prostora) – arh. projektovanje

Građevinska fizika – fizika zgrade

- **Negativni aspekti klime zatvorenog prostora i mikroklima grada** doveli su do uspostavljanja i razvoja nove **primijenjene nauke** interdisciplinarnog karaktera:

građevinske fizike – fizike zgrade

kao posebnog područja djelovanja arhitekata i inženjera drugih tehničkih struka koji učestvuju u djelatnostima projektovanja i građenja, usmjerenih na fizičke fenomene koje neki objekat ispoljava, ili im je izložen: **toplota, zvuk, svjetlost, požar,...**

- **Inicijalizacija razvoja fizike zgrade:**

Svjetska energetska kriza sedamdesetih godina XX vijeka (1973.-1974.)

Tretman **toplotne zaštite** zgrada **kroz istoriju**

1. **princip građenja u skladu sa prirodnim uslovima lokacije – predindustrijsko doba:**
 - dobro poznavanje karakteristika mikrolokacije (pozitivnih i negativnih)
 - drugačije shvatanje kriterijuma toplotnog komfora od današnjeg – skromniji zahtjevi
2. **zaboravljanje klimatskih principa kao posljedica otkrića fosilnih goriva – industrijska revolucija:**
 - primjena različitih sistema grijanja u objektima
 - razvoj novih materijala i tehnologija građenja
 - **jeftino gorivo** (energija) kojim se kompenzuju nedostaci koje objekti ispoljavaju u pogledu toplotnog komfora (zimi i ljeti)
 - **pojava građevinskih šteta** kao posljedica nedovoljno promišljene primjene novih materijala i tehnologija građenja – **podsticaj za razvoj prvih propisa iz oblasti toplotne zaštite**

Savremeni tretman toplotne zaštite zgrada

- **Danas u svijetu:**
 - **kriterijumi** termičke zaštite se **ne zadržavaju u okvirima minimalnih zahtjeva**, već se **insistira na pojačanoj/povišenoj toplotnoj zaštiti** u cilju postizanja **energetske efikasnosti (!)**
 - **tretman objekta – zajedno sa instalacionim i drugim sistemima** koji se ugrađuju
 - razmatranje **energije vezane za funkcionisanje zgrada – ukupne potrebe** i realna potrošnja energije jednog objekta
 - **arhitektonski koncepti i koncepti instalacija** – uvođenje naprednih i novih konceptijskih i tehničko-tehnoloških **rješenja**