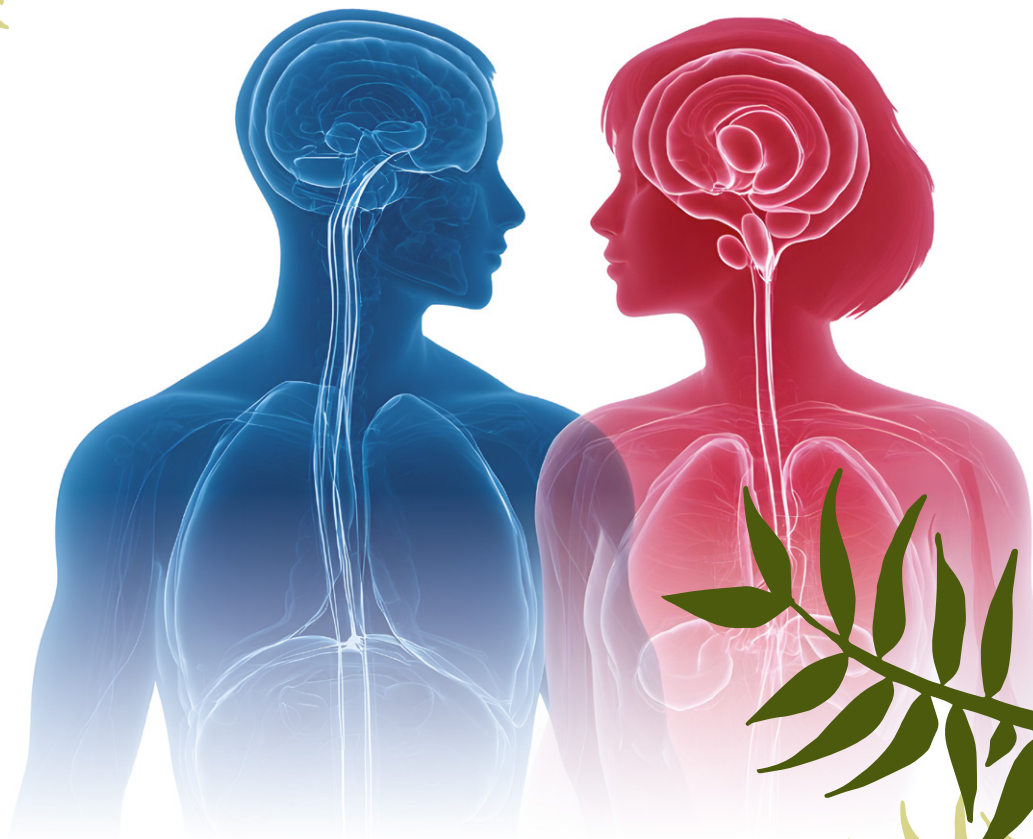


Sunčica Remenar

Grada i funkcija ljudskog tijela

UDŽBENIK IZ BIOLOGIJE ZA **STRUKOVNE ŠKOLE**



1. izdanje | 2026.



Nakladnik

ALFA d. d. Zagreb

Nova Ves 23a

Za nakladnika

Ivan Petric

Direktorica nakladništva

mr. sc. Daniela Novoselić

Urednica za Prirodu i Biologiju

mr. sc. Daniela Novoselić

Recenzija

dr. sc. Vedran Balta

Ljiljana Vidović

Lektura i korektura

Kristina Ferencina

Likovno i grafičko oblikovanje

Edita Keškić

Naslovnica

Edita Keškić

Vilim Plužarić

Ilustracija

Igor Bojan Vilagoš

Adobe Stock

Fotografija

Adobe Stock

Alfa d. d.

Digitalno izdanje

Alfa d. d.

Mozaik Education Ltd.

Tehnička priprema

Alfa d. d.

Tisak

Tiskara Zelina

Proizvedeno u Republici Hrvatskoj, EU

OPSEG PAPIRNATOG IZDANJA	MASA PAPIRNATOG IZDANJA	KNJIŽNI FORMAT
164 str.	342 g	265 mm (v) x 210 mm (š)

Digitalno izdanje dostupno je na internetskoj adresi **hr.mozaweb.com** ili putem aplikacije **mozaBook** za pametne uređaje s operativnim sustavima Android i iOS.

©Alfa

Ova knjiga, ni bilo koji njezin dio, ne smije se umnožavati ni na bilo koji način reproducirati bez nakladnikova pismenog dopuštenja.

Mozaik Education Ltd. zadržava intelektualno vlasništvo i sva autorska prava za komercijalne nazive *mozaBook*, *mozaWeb*, digitalne proizvode, sadržaje i usluge proizvedene neovisno o nakladniku Alfa d. d.

SADRŽAJ

1. STANICA – OSNOVA GRAĐE I FUNKCIJE

1.1. Raznolikost stanica	8
1.2. Prokariotska stanica	12
1.3. Eukariotska stanica	16
1.4. Stanični metabolizam	23

2. ŽIVOTNI CIKLUS STANICE

2.1. Stanice nastaju iz stanica	32
2.2. Binarna fisija	35
2.3. Stanični ciklus eukariota	39
2.4. Mitoza	44
2.5. Mejoza	49

3. LOKOMOTORNI SUSTAV

3.1. Topografska anatomija čovjeka	56
3.2. Građa ljudskog tijela	61
3.3. Kostí – potpora tijela	65
3.4. Spojevi između kostiju	80
3.5. Mišići – pokretači tijela	84

4. OSTALI ORGANSKI SUSTAVI

4.1. Nadzorni sustavi – živčani, osjetilni, endokrini	96
4.2. Srčano-žilni sustav	118
4.3. Imunosni sustav	130
4.4. Dišni sustav	134
4.5. Probavni sustav	138
4.6. Sustav za izlučivanje	144
4.7. Spolni sustav	148

POJMOVNIK	153
------------------------	-----

TERMINOLOGIJA LJUDSKE ANATOMIJE	161
--	-----

★ Oznake međupredmetnih tema



OSOBNI I SOCIJALNI RAZVOJ



ZDRAVLJE



PODUZETNIŠTVO



UPORABA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE



ODRŽIVI RAZVOJ



GRAĐANSKI ODGOJ I OBRAZOVANJE



UČITI KAKO UČITI

Draga učenice, dragi učenice,

pred tobom je udžbenik za modul **Građa i funkcija ljudskog tijela**. Sadržaj je podijeljen u četiri cjeline: *Stanica - osnova građe i funkcije*, *Životni ciklus stanice*, *Lokomotorni sustav* i *Ostali organski sustavi*. Svaka cjelina odgovara posebnom skupu ishoda učenja te će ti pomoći da s uspjehom ostvariš odgojno-obrazovne ishode cijeloga modula. Ovaj udžbenik omogućuje ti stjecanje temeljnih znanja o građi i funkciji ljudskog tijela, što je nužno za tvoju struku.

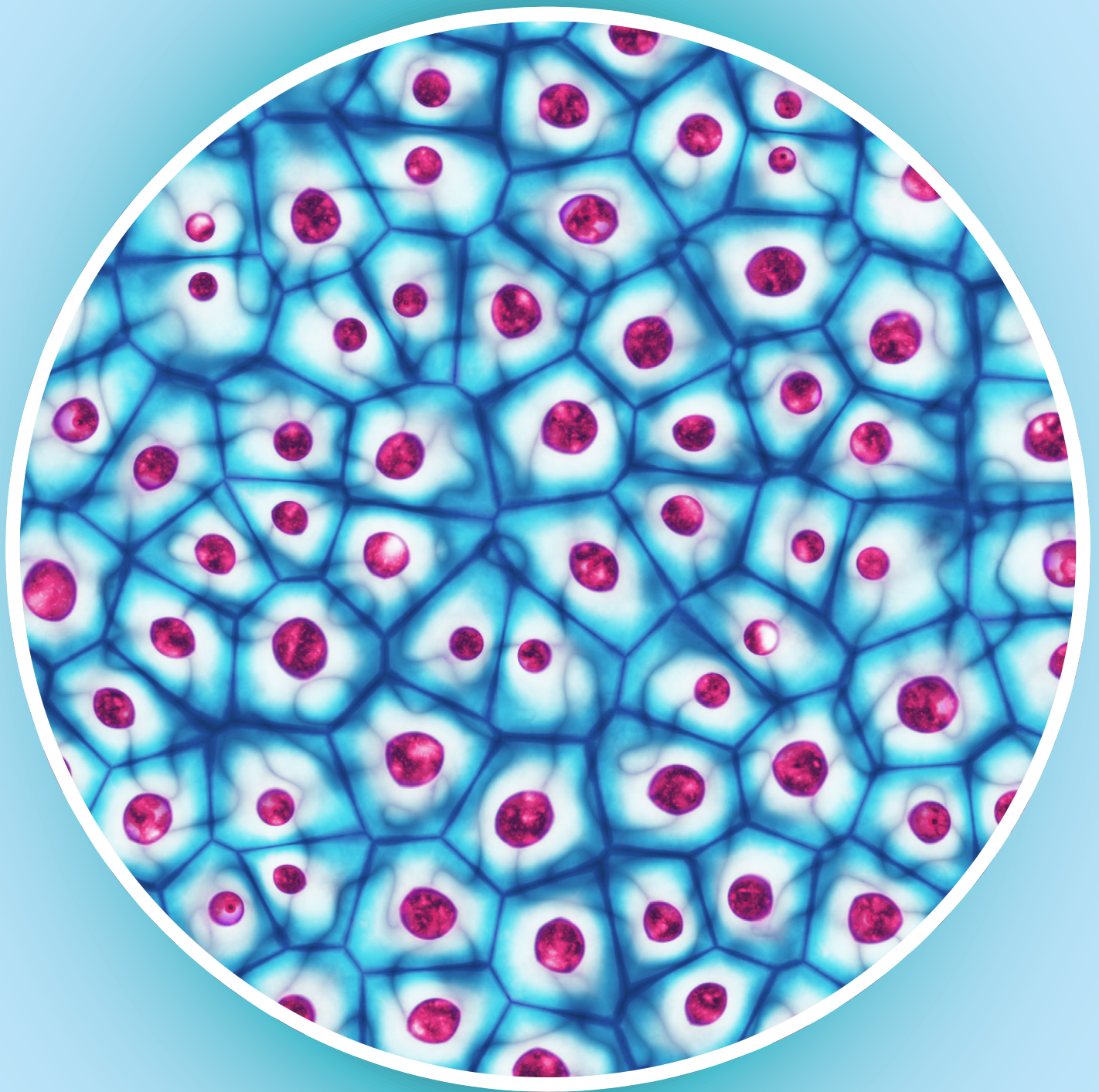
Da bi tvoje učenje bilo što lakše i zanimljivije, udžbenik je opremljen posebnim rubrikama. Svaka cjelina započinje ilustracijom, popisom tema i ključnim konceptima kako bi odmah znao/znala što te očekuje. Obrati pozornost na **tamnije otisnute riječi** u tekstu – to su ključni pojmovi. Pitanja u oblačićima pomoći će ti u povezivanju gradiva, dok rubrika **Znam li odgovoriti?** služi za brzu provjeru razumijevanja sadržaja. Na kraju svake teme pronaći ćeš **Sažetak** – grafički organizator znanja, odnosno prikaz najvažnijih pojmova za lakše usvajanje i ponavljanje sadržaja. U rubrici **Zanimljivo** saznaj dodatne informacije koje će obogatiti tvoje znanje.

Ako zapneš na nepoznatoj riječi, na kraju udžbenika potraži **Pojmovnik** s objašnjenjima, a ako su ti za dodatno učenje potrebni anatomske pojmovi na latinskom pronaći ćeš ih u prilogu pod nazivom **Terminologija ljudske anatomije**.

Želim ti mnogo uspjeha u otkrivanju tajni ljudskog tijela!

Autorica

1. STANICA – OSNOVA GRAĐE I FUNKCIJE



1.1. Raznolikost stanica

1.2. Prokariotska stanica

1.3. Eukariotska stanica

1.4. Stanični metabolizam

KLJUČNI KONCEPTI



- ★ stanica je osnovna jedinica građe i funkcije živih organizama
- ★ stanična membrana polupropusna je prepreka između vanjskog okoliša i unutrašnjosti stanice
- ★ prokariotska stanica označava prvi oblik života na Zemlji
- ★ eukariotska stanica ima oblikovanu jezgru i stanične organele
- ★ u višestaničnom organizmu stanice se specijaliziraju za određenu funkciju
- ★ fotosinteza je proces kojim se svjetlosna energija Sunca pretvara u kemijsku energiju sadržanu u molekuli glukoze
- ★ stanično disanje i vrenje omogućuju razgradnju glukoze i oslobađanje kemijske energije koju stanice koriste za život

- ★ U okviru nastavne cjeline *Stanica – osnova građe i funkcije* ostvarit ćeš i odgojno-obrazovna očekivanja međupredmetnih tema:



suradnički učiti i raditi u timu



razumjeti važnost višedimenzionalnog modela zdravlja



primjenjivati inovativna i kreativna rješenja te planirati i upravljati aktivnostima



samostalno ili u suradnji s drugima stvarati nove sadržaje i ideje primjenjujući različite načine za poticanje kreativnosti



osmišljavati i koristiti se inovativnim i kreativnim oblicima djelovanja s ciljem održivosti



promicati kvalitetu života u zajednici



samostalno određivati ciljeve učenja, odabirati pristup učenju te planirati učenje

1.1. RAZNOLIKOST STANICA

Po čemu se stanice razlikuju?

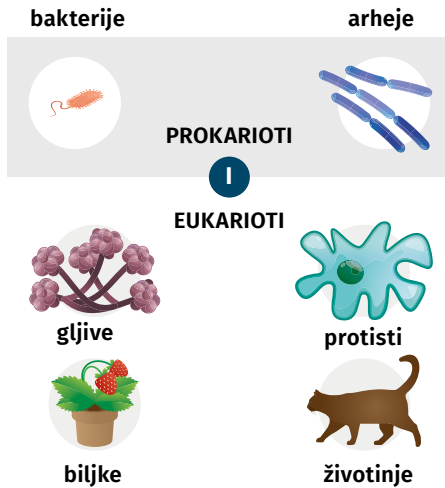


Promatrajući tratinčicu na livadi ili goluba koji šeće gradskim trgom, važno je razumjeti da je ono što vidimo zapravo skup brojnih stanica, koje su međusobno povezane i usklađene kako bi organizam mogao živjeti. Dakle, svi organizmi građeni su od stanica. Osim što izgrađuju organizam, stanice također provode određene procese. One mogu funkcionirati samostalno i neovisno ili u zajednici i ovisnosti o drugim stanicama. Zbog toga kažemo da je stanica **osnovna građevna i funkcionalna jedinica svih živih organizama**.

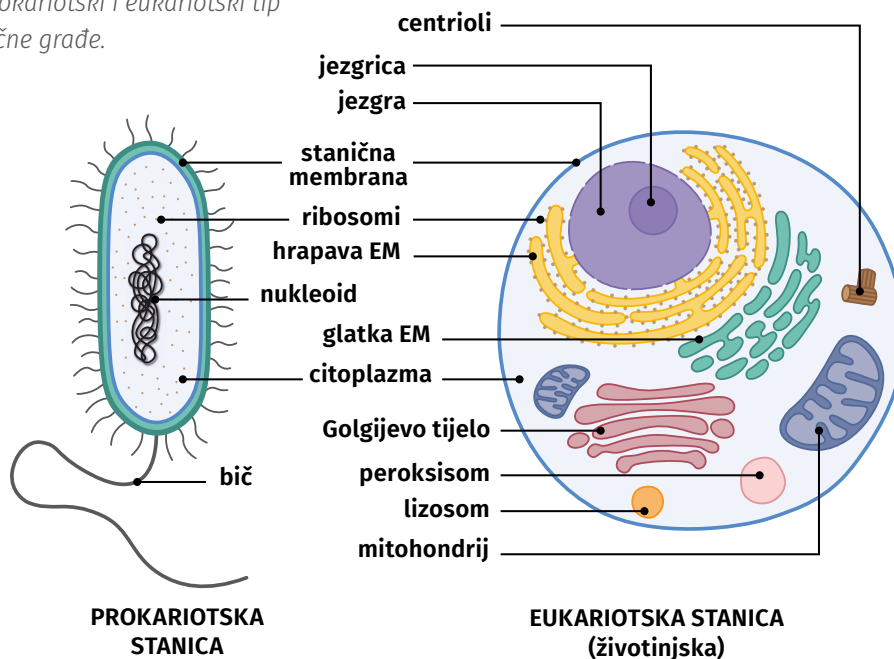
U obilju vrsta živih bića koje danas možemo vidjeti svojim očima teško je zamisliti da je više od dvije milijarde godina život postojao isključivo u obliku **jednostaničnih organizama**. Taj prvi, najstariji oblik života na Zemlji nazivamo **prokariotskom stanicom**. Bila je jednostavne građe, ali dobro prilagođena životu u tadašnjim uvjetima. Unutar malog ograđenog prostora odvijali su se svi procesi potrebni za život – rast, razvoj, izmjena tvari, razgradnja hrane, oslobađanje energije, odgovaranje na podražaje, priprema za razmnožavanje...

Tijekom evolucije se život razvio u mnoštvo oblika, veličina i načina života. Iako ne znamo koliko točno vrsta živi na našem planetu, biolozi su opisali više od dva milijuna različitih vrsta živih bića. Da bismo se lakše snalazili u tom velikom broju vrsta, sav živi svijet razvrstavamo u **tri domene**: arheje, bakterije i eukariote. Domena arheja i bakterija sadrže jedno carstvo istoimenoga naziva: carstvo arheja i bakterija. Domena eukariota dijeli se na četiri carstva: protiste, gljive, biljke i životinje. **Prokariotska stanica** označava tip stanične organizacije kakav danas nalazimo u bakterija i arheja, dok u životinja, biljaka, gljiva i protista nalazimo **eukariotski tip** stanične građe (slika 1.1.1.).

Prokariotske stanice manje su i jednostavnije građe od eukariotskih stanica, ali su vrlo prilagodljive i mogu živjeti u najrazličitijim uvjetima. Za eukariotski tip građe značajna je podjela procesa na membranom odvojene **odjeljke** u stanici, čime se postiže **veća učinkovitost** staničnih procesa (slika 1.1.2.). Takvi su odjeljci omeđeni membranom: jezgra, endoplazmatska mrežica (EM), Golgijevo tijelo, mitohondriji, peroksisomi i lizosomi.



► Slika 1.1.1. Podjela živog svijeta na prokariotski i eukariotski tip stanične građe.

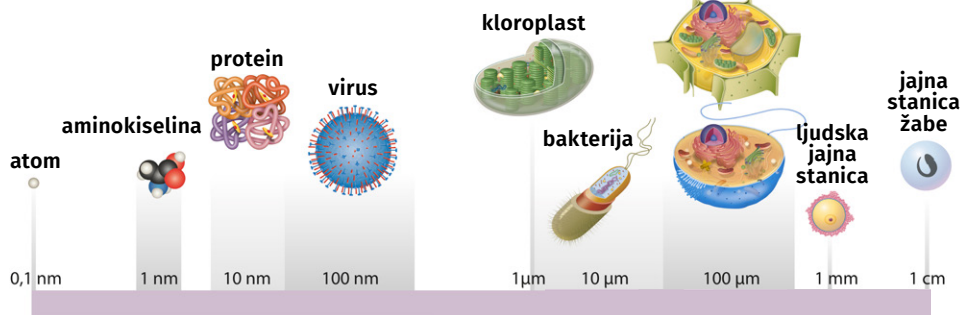


► Slika 1.1.2. Usporedba građe prokariotske i eukariotske stanice.

► Tablica 1.1.1. Vrste stanica i razine organizacijske složenosti u živom svijetu.

Domena	Carstvo	Vrsta stanice	Razina organizacijske složenosti organizma
Arheje	Arheje	prokariotska	jednostanični organizam (npr. <i>Halobacterium salinarum</i>)
Bakterije	Bakterije	prokariotska	jednostanični organizam (npr. <i>Escherichia coli</i>)
Eukarioti	Protisti	eukariotska	jednostanični ili višestanični organizam (npr. ameba)
	Gljive	eukariotska	jednostanični ili višestanični organizam (npr. kvasac)
	Biljke	eukariotska	višestanični organizam (npr. lavanda)
	Životinje	eukariotska	višestanični organizam (npr. vuk)

Kako stanična organizacija eukariotske stanice podrazumijeva postojanje dodatnih odjeljaka unutar stanice, tako eukariotske stanice dosežu znatno veće dimenzije od prokariotskih. Prokarioti su u prosjeku veličine **0,1 – 2 μm** , dok su eukariotske stanice prosječno velike **10 – 100 μm** (slika 1.1.3.).



► Slika 1.1.3. Odnos veličina različitih struktura u živom svijetu.

Procijenjeno je da ljudski organizam izgrađuje približno **30 – 40 bilijuna** ($3 - 4 \times 10^{13}$) **stanica**. Uz njih u ljudskom tijelu živi i otprilike **jednak broj drugih stanica**, ponajviše bakterija (primjerice u crijevima, na koži, u ustima). Većina tih bakterija **korisna** je i potrebna jer pomažu u probavi, obrani od bolesti i održavanju zdravlja. No, zbog svoje veličine i složenosti, ljudske stanice čine gotovo cjelokupnu masu i strukturu tijela. S druge strane, prokariotske stanice, iako brojne, zauzimaju samo malen dio ukupnog volumena.

Zašto su stanice tako male?

Svaka stanica omeđena je staničnom membranom. **Stanična membrana** odvaja unutrašnjost stanice od okolnog prostora. Preko stanične membrane stanica **izmjenjuje tvari i energiju** s vanjskim okolišem ili međustaničnim prostorom, što je ključno za održavanje života. To znači da stanica preko stanične membrane prima hranjive tvari, kisik i druge tvari potrebne za životne procese, a otpušta otpadne i suvišne tvari. Što je stanica većeg volumena (V), ona ima i veću potrebu za navedenim tvarima pa treba i veću površinu (P) stanične membrane za izmjenu tvari. No kako stanica raste, tako se volumen povećava brže od površine. Što je omjer površine i volumena (P/V) manji, to je stanica manje učinkovita u izmjeni tvari i energije s okolišem (slika 1.1.4.).

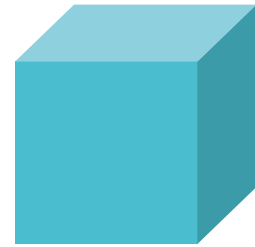


$$a = 1$$

$$P = 6 \times a^2 = 6 \text{ cm}^2$$

$$V = a^3 = 1 \text{ cm}^3$$

$$P/V = 6/1 = 6$$



$$a = 2$$

$$P = 6 \times a^2 = 24 \text{ cm}^2$$

$$V = a^3 = 8 \text{ cm}^3$$

$$P/V = 24/8 = 3$$

► Slika 1.1.4. Usporedba omjera površine i volumena za stanice različite veličine.

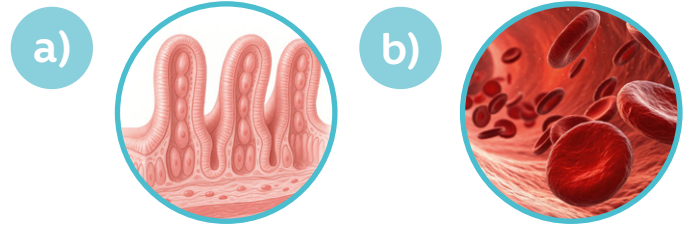
Koja je stanica najveća, a koja najmanja u ljudskom tijelu?

To znači da velika stanica ima premalu površinu za učinkovitu izmjenu tvari. Primjerice, ako bi stanica postala prevelika, ne bi mogla dovoljno brzo unositi kisik i hranjive tvari niti bi mogla učinkovito izlučivati otpadne tvari. Zbog toga povećanje volumena stanice nije održivo jer bi onemogućilo normalno funkcioniranje stanice. Dakle, da bi bile **učinkovitije, stanice su male**. Sukladno tomu višestanični organizmi rastu povećanjem broja stanica, a ne povećanjem volumena stanica.

Kako je priroda riješila potrebu za većom površinom?

Što je površina neke strukture više **naborana**, a da pritom njezin volumen ostaje isti, to je **omjer površine i volumena veći**. Time se omogućuje učinkovitija izmjena tvari i odvijanje procesa u stanici ili organu. Primjere takvog rješenja nalazimo u naboranoj unutarnjoj membrani mitohondrija koja omogućuje veću površinu za stanično disanje te u naboranoj stijenci i naboranim stanicama tankog crijeva, čime se povećava površina za apsorpciju hranjivih tvari (slika 1.1.5.a).

Osim naboranosti, povećanje omjera površine i volumena omogućava i promjena oblika. **Izduženi** ili **spljoštene oblik** omogućuje **veću površinu** bez povećanja volumena. Tako su, primjerice, živčane stanice razgranate i dugačke kako bi imale veću površinu za prijenos živčanih impulsa, dok su eritrociti (crvene krvne stanice) spljoštene (slika 1.1.5.b). Takav oblik eritrocita omogućuje bržu i učinkovitiju izmjenu kisika između stanične membrane i unutrašnjosti stanice nego što bi to bilo moguće da su kuglaste.



► Slika 1.1.5. Primjeri postizanja veće površine bez porasta volumena: a) naborana stijenka (i stanice) tankog crijeva, b) spljoštene stanice eritrocita.

Sažetak

RAZNOLIKOST STANICA

- **stanica** = osnovna građevna i funkcionalna jedinica svakog živog bića
- sve stanice omeđene su staničnom membranom
- ★ **prokariotska stanica**
- svi procesi odvijaju se u istom prostoru
- ★ **eukariotska stanica**
- procesi su prostorno odvojeni - odjeljci

OMJER POVRŠINE I VOLUMENA

- male stanice imaju veći P/V nego velike
- veći P/V → veća učinkovitost procesa izmjene tvari i energije s okolišem
- veći P/V postiže: nabiranje površine, izduženje ili spljoštenost

- **3 domene živoga svijeta** → arheje, bakterije, eukarioti
- **4 carstva eukariota** → protisti, gljive, biljke, životinje
- arheje i bakterije → prokariotska stanica
- protisti, gljive, biljke, životinje → eukariotska stanica

ZANIMLJIVO



- ★ Najduža stanica u ljudskom tijelu jest živčana stanica (neuron). Njezini dugi nastavci (aksoni) mogu biti duži od 1 metra, primjerice od leđne moždine do stopala, a to omogućuje brz prijenos živčanih impulsa na velike udaljenosti u tijelu.

ZNAM LI ODGOVORITI ?

1. Što je stanica?
2. Jesu li prvotni oblici života bili jednostanični ili višestanični?
3. Navedi domene i carstva živog svijeta.
4. Koja je ključna razlika u građi prokariotske i eukariotske stanice?
5. Zašto su stanice mikroskopskih veličina?

1.2. PROKARIOTSKA STANICA

Što određuje prokariote?

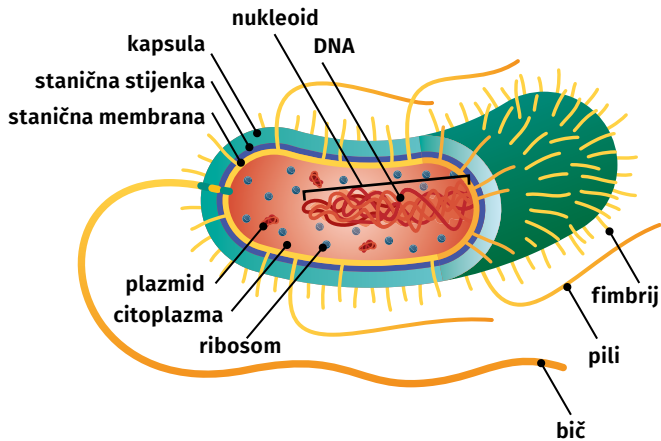


Organizme koji imaju prokariotski tip stanične građe nazivamo prokariotima. Naziv „prokarioti” dolazi od grčkih riječi *pro* i *karyon*, što u prijevodu znači „prije jezgre”. Ovaj naziv otkriva i glavno obilježje prokariotske stanice: **nema pravu jezgru** pa genetski materijal (molekula DNA) nije zaštićen posebnom membranom. Osim toga prokariotska stanica nema nikakve druge membrane koje bi omeđivale zasebne odjeljke unutar stanice.

Građa prokariotske stanice

Većina prokariotskih stanica ima **staničnu ovojnicu** koju čine stanična membrana i stanična stijenka (slika 1.2.1.). **Stanična membrana** odvaja unutrašnjost stanice od okoliša te sudjeluje u izmjeni tvari i komunikaciji s okolišem. Sastoji se od dvostrukog sloja fosfolipida u koji su umetnuti proteini.

Membrana je **polupropusna** – neke tvari propušta, a neke ne. Preko nje stanica iz okoliša uzima tvari koje su joj potrebne, a izbacuje tvari koje su joj suvišne. Preko membranskih proteina stanica komunicira s okolinom – prima informacije i tvari iz okoliša te izlučuje tvari za obranu. **Stanična stijenka** okružuje stanicu s vanjske strane stanične membrane. Ona daje **oblik** i **štiti** stanicu te omogućuje preživljavanje u teškim uvjetima. Bakterije imaju stijenku građenu od peptidoglikana (kompleksi proteina i ugljikohidrata). Stijenka bakterija je često obavijena **ovojnicom (kapsulom)** koja dodatno štiti stanicu i omogućuje joj prijanjanje uz podlogu.



► Slika 1.2.1. Građa prokariotske stanice.

Unutrašnjost prokariotske stanice je ispunjena **citoplazmom**, gustom tekućom masom. U njoj se nalaze sve unutarstanične strukture i odvijaju se svi životni procesi. Citoplazma sadrži **ribosome** (sitna tjelešca) važna za **sintezu proteina** prema genetskoj uputi molekule DNA.

Glavni genetski materijal prokariotske stanice jest **kružna molekula DNA** namotana u klupko. Ona slobodno pluta u području citoplazme koje nazivamo **nukleoid**. Osim glavne DNA neke bakterije imaju i **plazmide**, male kružne molekule DNA koje nose dodatne gene (npr. za otpornost na antibiotike). Ukupnu genetsku informaciju organizama nazivamo **genom**. U prokariota, genom čini jedan prokariotski kromosom (kružna molekula DNA), a može uključivati i plazmide koji nose dodatne gene važne za prilagodbu okolišu.

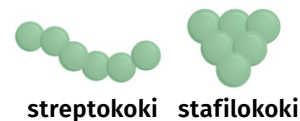
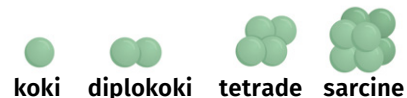
Kako se bakterije pokreću?

Neke prokariotske stanice imaju tanke nastavke **pilije** ili **fimbrije**. Oni omogućuju vezanje stanice za različite površine (primjerice vezanje uzročnika karijesa za površinu zuba), ali i za prijenos genetskog materijala između stanica. Mnoge bakterije imaju jedan ili više **bičeva** građenih od proteinskih vlakana. Oni omogućuju kretanje stanica i pomicanje sadržaja u okolini koja okružuje stanicu radi učinkovitije izmjene tvari.

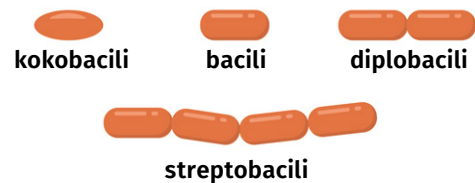
Raznolikost prokariota

Arheje su prokarioti koji često žive u **ekstremnim uvjetima** poput vrlo vrućih izvora, slanih jezera ili područja bez kisika. One su po svojoj građi stanične ovojnice i metabolizmu specifično prilagođene ovim uvjetima te se razlikuju od bakterija. Najpoznatiji su prokarioti **bakterije**, koje se prema obliku dijele na **koke** (kuglasti oblik), **bacile** (štapičasti oblik) i **spirile** (zavojiti oblik) (slika 1.2.2.). Kada su koki povezani u lanac, nazivamo ih **streptokokima**, a kada čine grozdastu nakupinu, nazivamo ih **stafilokokima**. Oblik stanice često je povezan s načinom kretanja, razmnožavanja i prilagodbe okolišu.

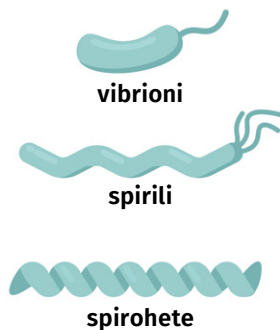
OKRUGLE BAKTERIJE



ŠTAPIČASTE BAKTERIJE

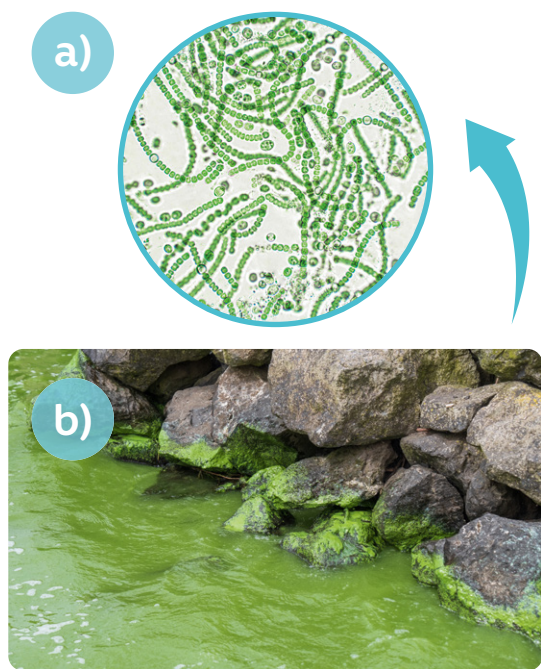


DRUGI OBLICI



► Slika 1.2.2. Podjela bakterija prema obliku.

Posebnu skupinu prokariota čine **cijanobakterije** (modrozeleno bakterije). One su sposobne za **fotosintezu** kojom proizvode kisik te su zato imale ključnu ulogu u razvoju života na Zemlji. Za razliku od nefotosintetskih prokariota, cijanobakterije imaju sustav unutarnjih membrana nazvan **tilakoidi**. Unutar tilakoida nalazi se zeleni pigment **klorofil**, ali i dodatni pigmenti, posebno **fikocijanin** koji im daje plavozelenu boju (slika 1.2.3.a). Danas žive u vodi i vlažnim staništima, a u nekim uvjetima mogu se prekomjerno razmnožiti i uzrokovati cvjetanje voda (slika 1.2.3.b).



► Slika 1.2.3. Cijanobakterije: a) promatrane mikroskopom, b) uzrokuju cvjetanje voda.

U prirodi se arheje i bakterije često udružuju u biofilmove. **Biofilm** je složena zajednica mikroorganizama koji se pričvršćuju za površinu i okružuju višak zaštitnim slojem koji same stvaraju. Taj zaštitni sloj građen od sluzi i drugih tvari (polisaharidi, proteini) mikroorganizmima omogućuje bolju zaštitu i preživljavanje. Dok bakterije često prevladavaju, arheje pridonose metabolizmu i stabilnosti, omogućujući preživljavanje u uvjetima bez kisika, ekstremnim temperaturama ili visokom salinitetu (slanosti). Mikroorganizmi u biofilmu ponašaju se kao organizirana zajednica, a ne kao pojedinačne stanice.

Zbog toga su otporniji na antibiotike, dezinficijense i obrambene mehanizme organizma nego slobodne bakterije. Biofilm se može razviti na različitim površinama, poput zuba (zubni plak), kože, sluznice, medicinskih pomagala ili unutar tijela. U ljudskom organizmu biofilm može imati i negativne i pozitivne učinke. Neki biofilmovi sudjeluju u zaštiti kože i sluznice od štetnih mikroorganizama, dok drugi mogu uzrokovati kronične infekcije jer ih je teško ukloniti. Primjer biofilma na koži je bakterijski biofilm u folikulima dlake, osobito kod akni. Bakterije se vežu za folikul i okružuju zaštitnim slojem, zbog čega postaju otpornije na čišćenje i lokalne pripravke. Zbog toga se upala može održavati dulje vrijeme i teže se uklanja.

Zašto su prokarioti važni?

Prokariotske stanice pojavile su se prije više od 3,5 milijardi godina i dugo su bile jedini oblik života. Danas prokariotske stanice (poput bakterija) nalazimo posvuda – u tlu, vodi, zraku, živim organizmima te i u ljudskom tijelu. Mnoge bakterije imaju korisnu ulogu u prirodi i ljudskom organizmu. Sudjeluju u razgradnji tvari, kruženju hranjivih tvari u prirodi te u probavi hrane u crijevima čovjeka (npr. **korisne bakterije** u sastavu mikrobiote čovjeka ili probiotici koje unosimo hranom). Velik broj različitih vrsta bakterija koristi se u proizvodnji hrane, a neke se primjenjuju u proizvodnji farmaceutskih i drugih proizvoda.

Međutim, neke su bakterije **patogene**, što znači da mogu uzrokovati bolesti. Među najčešće bakterijske uzročnike bolesti ubrajaju se bakterije koje izazivaju anginu, tuberkulozu, upalu pluća, tetanus i salmonelozu.

Uz gljive, bakterije su ključni i najvažniji **razlagači**, koji razgrađuju organske tvari i time omogućuju kruženje tvari u prirodi. Razumijevanje građe i funkcioniranja prokariotskih stanica važno je za biologiju, medicinu, kozmetiku i svakodnevni život te nam pomaže shvatiti osnovne životne procese i odnose između čovjeka i mikroorganizama.

Sažetak

PROKARIOTSKA STANICA

- nema pravu jezgru

GRAĐA

- stanična ovojnica: stanična stijenka, stanična membrana, kapsula
- nukleoid (kružna DNA) i plazmidi (male kružne DNA)
- citoplazma
- ribosomi
- piliji, fimbriji, bičevi

RAZNOLIKOST PROKARIOTA

- **arheje** – često žive u ekstremnim uvjetima
- **bakterije**, prema obliku → koki, bacili, spirili
- korisne bakterije → u ljudskom organizmu, proizvodnji hrane i lijekova
- patogene bakterije → uzrokuju bolesti
- cijanobakterije → proizvode kisik

ZANIMLJIVO



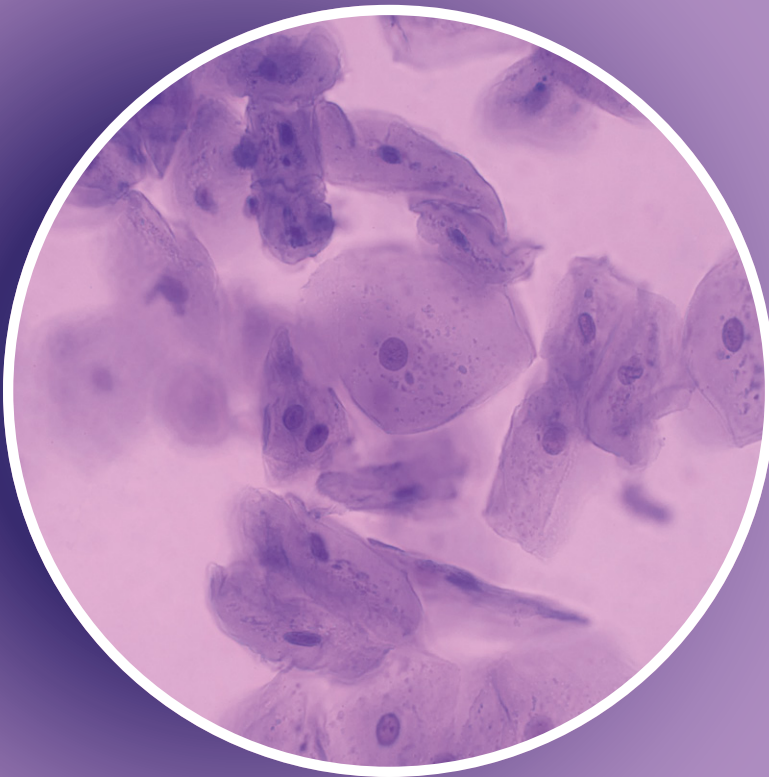
- ★ Bakterije se razlikuju po količini peptidoglikana u stijenci pa različito reagiraju na specifično bojenje poznato kao „bojenje po Gramu”. Bakterije koje imaju tanji sloj peptidoglikana obavijen vanjskom membranom obojit će se crveno (gram-negativne bakterije), a one s debljim slojem peptidoglikana obojit će se ljubičasto-plavo (gram-pozitivne bakterije).
- ★ Probiotici su korisni mikroorganizmi, između ostalih i bakterije, koje unosimo hranom. Imaju povoljan učinak na zdravlje, prvenstveno održavajući ravnotežu crijevne mikrobiote, poboljšavajući probavu i jačajući imunitet. Nalaze se u fermentiranoj hrani – jogurtu, kefiru, kiselom kupusu i kombuchi.

ZNAM LI ODGOVORITI ?

1. Što je karakteristično za prokariotsku stanicu u usporedbi s eukariotskom stanicom?
2. Opiši građu bakterijske stanice.
3. Navedi podjelu bakterija prema obliku.
4. Koji prokariotski organizmi imaju sposobnost fotosinteze?
5. Koja je uloga korisnih bakterija koje žive u crijevu čovjeka?

1.3. EUKARIOTSKA STANICA

Što možemo vidjeti na slici, a ključno je obilježje eukariotskih stanica?



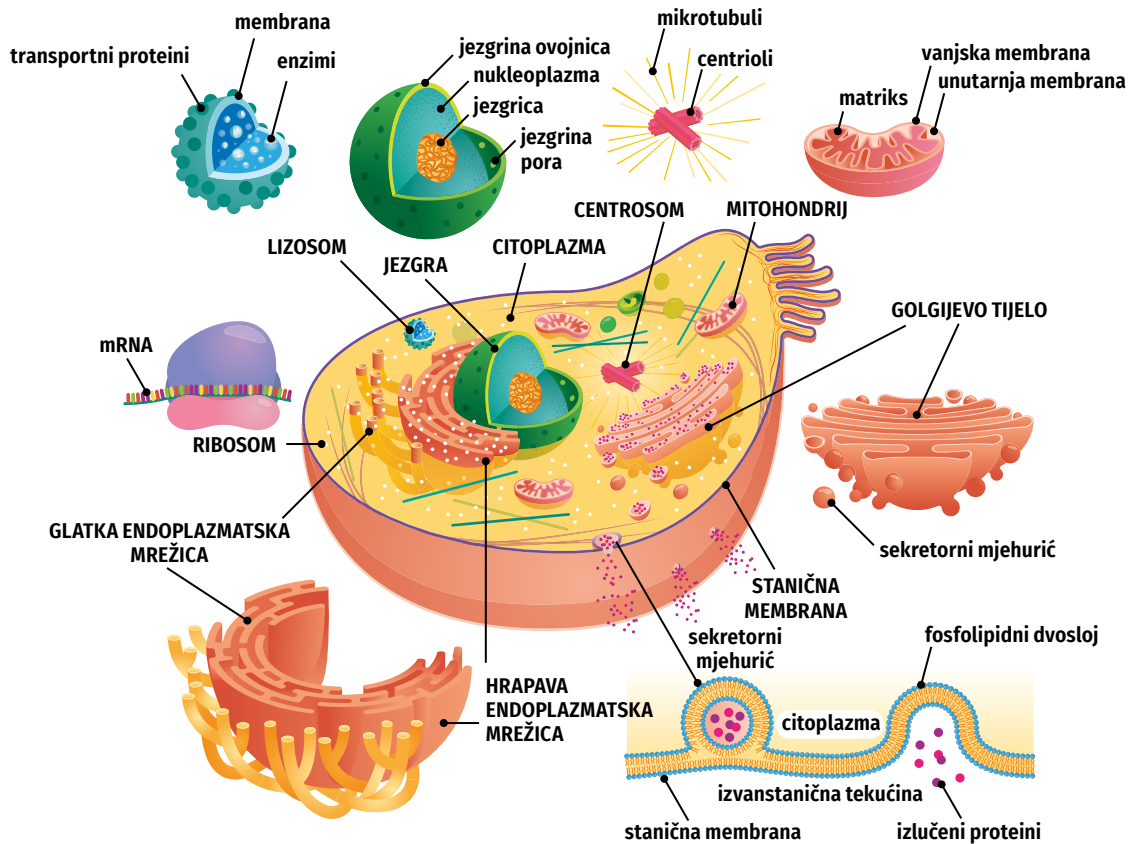
Eukariotske stanice obično su veće od prokariotskih stanica. Izgrađuju neke jednostanične (protisti, gljive) i sve višestanične organizme (protisti, gljive, biljke, životinje). Organizmi s eukariotskim stanicama nazivaju se **eukarioti**, a obuhvaćaju organizme od jednostavnih protista (npr. alge, papučice ili amebe) do ljudi. Naziv *eukarioti* dolazi iz grčkog jezika gdje riječi *eu* i *karyon* daju značenje „prava jezgra”. Prava **jezgra** dio je eukariotske stanice u kojem je smješten genetski materijal (DNA), a od citoplazme je odvojen jezgriinom ovojnicom.

Osim jezgre, eukariotske stanice sadrže i druge odjeljke unutar citoplazme koji su **omeđeni membranom**. Takve „odjeljke” zovemo organele. **Organela** je struktura unutar citoplazme koja obavlja određenu funkciju u stanici. Mitohondriji, primjerice, osiguravaju energiju stanici, a vakuole pohranjuju tvari u stanici. Podijeljenost na odjeljke omogućuje eukariotskim stanicama **istodobno, usklađeno i učinkovito** obavljanje različitih životnih procesa.

Građa eukariotske stanice

Kao i u prokariota, unutrašnjost eukariotske stanice ispunjena je **citoplazmom**. Citoplazmu čini polutekuća tvar koja se naziva **citokol**, u njemu su smještene stanične organele i druge strukture. Sastavni je dio citoplazme i **citokelet** – mreža tankih proteinskih cjevčica (mikrotubula) i vlaknaca (mikrofilamenata) koja daje stanici oblik i čvrstoću te osigurava unutar organizaciju. U citoplazmi se odvija velik broj metaboličkih procesa važnih za život stanice poput sinteze molekula i prijenosa tvari.

U citoplazmi se nalaze i **ribosomi** koji su jednake građe kao u prokariota, ali nešto veći. Ribosomi su sitna stanična tjelešca, građena od RNA i proteina, koja sudjeluju u sintezi proteina. Ribosomi mogu biti slobodni u citoplazmi ili vezani uz endoplazmatski retikulum (slika 1.3.1.).

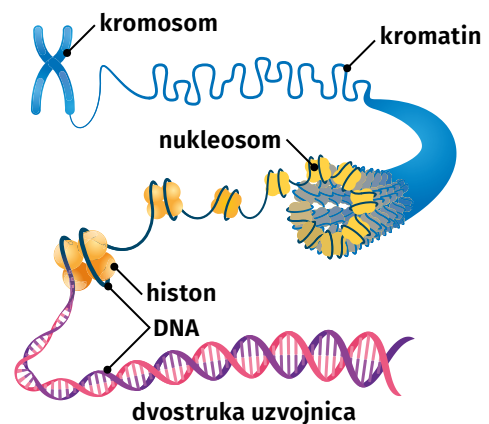


► Slika 1.3.1. Građa životinjske eukariotske stanice.

Zašto je jezgra toliko važna?

U središtu stanice najčešće se nalazi **jezgra**. Ona je obično nepravilno kuglasta i najveća organela u stanici. Omeđena je **jezgrinom ovojnicom**, dvostrukom membranom s porama koje omogućuju razmjenu tvari između jezgre i citoplazme. Unutar jezgre nalazi se genetski materijal stanice – **molekule DNA**. Molekula DNA ima oblik dvostruke uzvojnice (slika 1.3.2.), koja se u eukariotskoj stanici namata oko kompleksa proteina (histona) tvoreći **nukleosome**, a oni daljnjim namatanjem tvore **kromatin**. Tijekom stanične diobe kromatin se dalje gusto namata i tvori kromosome. U jezgri se često nalazi i **jezgrica** u kojoj započinje stvaranje ribosoma prije njihova prijelaza u citoplazmu. Jezgra je **upravljачko središte** stanice jer kontrolira rast, diobu i sve važne životne procese stanice.

U blizini jezgre nalazi se **centrosom**, građen od para valjkastih tjelešaca – **centriola**, koji su međusobno postavljeni okomito. Centrosom je prisutan samo u životinjskim stanicama i sudjeluje u stvaranju dugih i tankih proteinskih cjevčica – **mikrotubula**. Mikrotubuli su dio citoskeleta, sudjeluju u stvaranju struktura za pokretanje stanice te imaju važnu ulogu u oblikovanju diobenog vretena tijekom diobe stanice.



► Slika 1.3.2. Od dvostruke uzvojnice do kromosoma.

Rast, stanična dioba, proizvodnja proteina, izlučivanje i mnoge kemijske reakcije u citoplazmi zahtijevaju stalnu opskrbu energijom. **Mitochondriji** su organele u kojima se procesom **staničnoga disanja** iz hranjivih tvari oslobađa energija potrebna za rad stanice. To su valjkaste organele obavijene dvostrukom membranom. Vanjska je membrana glatka, a unutarnja je složena i naborana. Nabori unutarnje membrane dijele prostor mitochondrija na dva dijela: **matriks** i međumembranski prostor. U tekućem matriksu nalaze se molekule **mitohondrijske DNA**, RNA i ribosomi (koji sintetiziraju mali broj proteina).

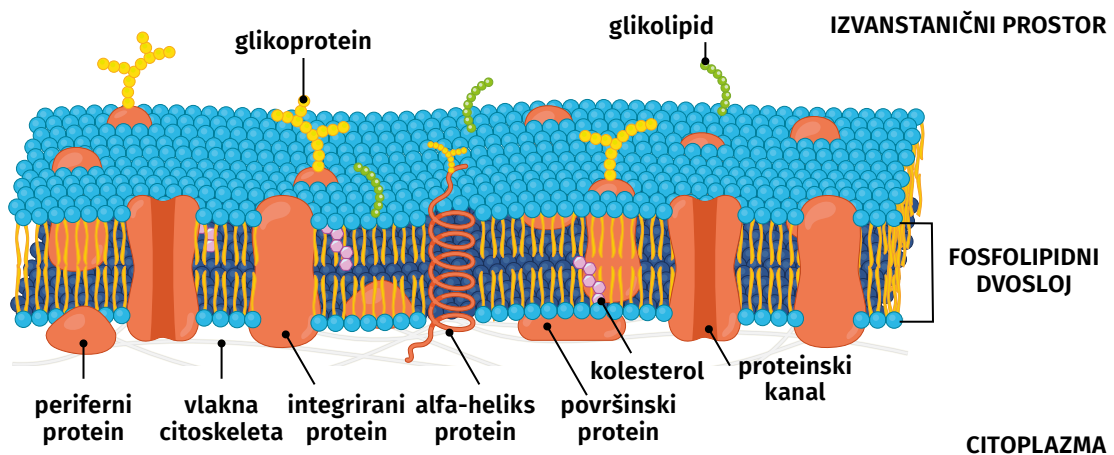
Endoplazmatska mrežica (EM) ili endoplazmatski retikulum (ER) jest **sustav membranskih kanala, nabora i šupljina** povezan s jezgrinom ovojnicom koji sudjeluje u sintezi i prijenosu tvari unutar stanice. **Hrapava EM** prekrivena je ribosomima i mjesto je sinteze **proteina** koji se izlučuju iz stanice ili ugrađuju u membrane. **Glatka EM** sudjeluje u sintezi **lipida**, neutralizaciji štetnih tvari i regulaciji koncentracije iona u stanici. Proizvedeni lipidi i proteini izlaze iz organela u prijenosnim mjehurićima koji se odvajaju od završetaka membrane glatke EM.

Golgijevo tijelo sastoji se od niza spljoštenih membranskih vrećica. U njima se proteini i lipidi koji dolaze iz glatke endoplazmatske mrežice (gEM) doraduju, razvrstavaju i pakiraju u **sekretorne mjehuriće** (vezikule). Sekretorni mjehurići odvajaju se od rubova membrana Golgijeva tijela i prenose sadržaj na određite, u stanici ili izvan nje.

Lizosomi su membranom omeđeni mjehurići ispunjeni **enzimima** koji su nastali u Golgijevu tijelu. Sudjeluju u procesu stanične probave tako što razgrađuju otpadne tvari, oštećene organele i strane čestice.

Sve eukariotske stanice sadrže **peroksisome**, organele koje sadrže nekoliko vrsta enzima. Oni sudjeluju u razgradnji štetnih tvari i masnih kiselina te štite stanicu od otrovnih produkata metabolizma.

Eukariotska je stanica, kao i prokariotska, omeđena **staničnom membranom** (slika 1.3.3.). Glavna uloga stanične membrana jest zaštita stanice i kontrola prolaska tvari u stanicu i iz nje. Stanična membrana dijeli sličnu građu s drugim membranama unutar stanice, a jednim imenom zovemo ih biomembrane ili biološke membrane. **Biomembrane** su tanke ovojnice koje okružuju stanice i stanične organele. Osnovu biomembrane čini **dvosloj fosfolipida**. Svaki fosfolipid ima dio koji privlači vodu (**hidrofilni dio**) i dio koji odbija vodu (**hidrofobni dio**). Hidrofilni dijelovi („glave”) okrenuti su prema okolišu membrane, dok su hidrofobni dijelovi („reповi”) okrenuti jedan prema drugomu. Takav raspored omogućuje stabilnost membrane u vodenoj okolini. U fosfolipidni dvosloj ugrađeni su **proteini** membrane. Oni imaju različite uloge: neki omogućuju prijenos tvari, drugi sudjeluju u prepoznavanju stanica ili u prijenosu signala. Na vanjskoj strani membrane često se nalaze i **ugljikohidrati**, vezani za proteine (**glikoproteini**) ili lipide (**glikolipidi**), koji sudjeluju u međustaničnoj komunikaciji i zaštiti stanice.



► Slika 1.3.3. Građa stanične membrane.

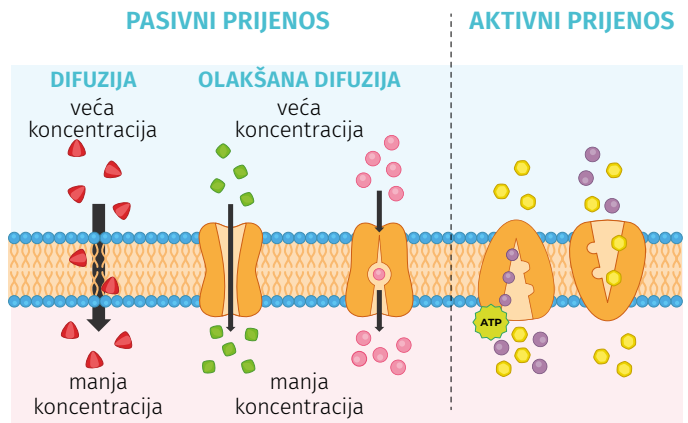
Zbog takve je građe biomembrana **selektivno propusna**, što znači da neke tvari mogu prolaziti kroz nju, a druge ne. Biomembrana nije kruta, nego elastična i pokretna. Zahvaljujući takvoj građi, membrana može mijenjati oblik, može se obnavljati i prilagođavati potrebama stanice.

Kako tvari ulaze u stanicu?

Prijenos tvari kroz membranu

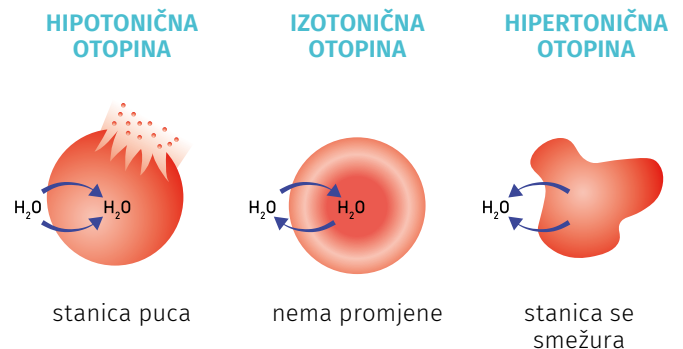
Za jednostanične je organizme izvanstanična tekućina dio okoliša u kojem žive, dok je za višestanične organizme dio mikrookoliša pojedine stanice. Stanična membrana odvaja unutrašnjost stanice od vanjske okoline i istodobno omogućuje kontrolirani prolazak tvari u stanicu i iz nje. Fosfolipidna građa stanične membrane određuje njezinu propusnost pa način na koji tvari prolaze kroz membranu ovisi o veličini i vrsti (naboj, topivost) molekula. Tako stanica prima hranjive tvari i kisik, a izlučuje otpadne tvari. Prijenos tvari kroz membranu može se odvijati bez utroška energije (pasivni prijenos) ili uz utrošak energije (aktivni prijenos).

Pasivni prijenos događa se uvijek u smjeru **iz područja veće koncentracije tvari prema području manje koncentracije tvari**. Pasivnim prijenosom tvari mogu prolaziti jednostavnom difuzijom ili olakšanom difuzijom. **Jednostavna difuzija** je vrsta prijenosa u kojem male molekule, poput kisika, ugljikova dioksida i vode, prolaze izravno kroz membranu (primjerice kisik iz pluća prelazi membrane plućnih mjehurića i krvnih kapilara te ulazi u krv). Za ione, kao i za velike i polarne molekule, stanična je membrana nepropusna pa će njima u prijelazu s područja veće koncentracije na područje manje koncentracije pomoći **membranski proteini**. Takav prijenos naziva se **olakšana difuzija**. **Osmoza** je proces kojim kroz polupropusnu membranu **prolaze samo čestice otapala**, odnosno vode (primjerice ako se stanica nađe u okolišu koji ima veću koncentraciju soli od citoplazme – voda izlazi iz stanice). Pritisak koji čestice otopljene tvari stvaraju na polupropusnu membranu poznat je kao **osmotski tlak**, a bit će to veći što je veća razlika u koncentraciji otopina s dviju strana membrane.



► Slika 1.3.4. Vrste prijenosa tvari kroz membranu.

U usporedbi s otopinom unutar stanice, otopina u okolini stanice može biti: **izotonična** – ima jednaku koncentraciju otopljenih tvari kao otopina unutar stanice, **hipertonična** – ima veću koncentraciju otopljenih tvari od otopine unutar stanice, ili **hipotonična** – ima manju koncentraciju otopljenih tvari od otopine unutar stanice. Kada se životinjska stanica nađe u hipertoničnoj otopini, voda osmozom izlazi iz nje i stanica se smežura (slika 1.3.5.). U izotoničnoj je otopini koncentracija otopljenih tvari u otopini jednaka koncentraciji otopljenih tvari u stanici pa nema promjene. Kada životinjsku stanicu stavimo u hipotoničnu otopinu, voda ulazi u stanicu sve dok se koncentracije ne izjednače, a stanica raspukne.

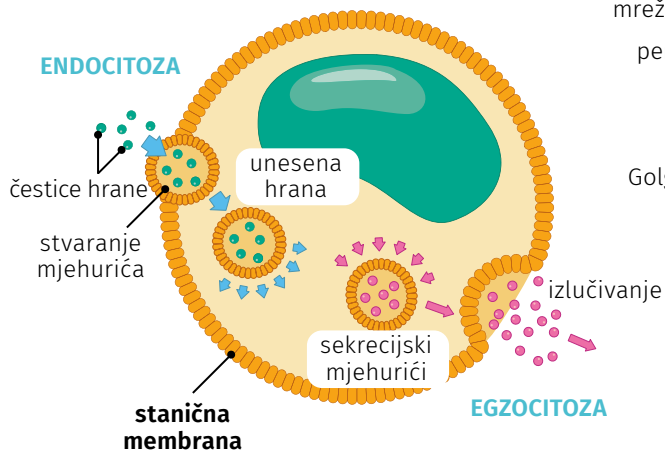


► Slika 1.3.5. Životinjska stanica u različitim otopinama.

Aktivni prijenos zahtijeva energiju jer se tvari prenose **s područja manje koncentracije prema području veće koncentracije**. Aktivni prijenos koristi se **proteinskim prenositeljima** (proteinske pumpe) koji su specifični za tvar koju prenose.

Mikroorganizmi, velike molekule, neke čestice i tekućine ne mogu proći staničnu membranu bez utroška energije, ali ni uz pomoć proteinskih prenositelja, stoga se prijenos zbiva **uz pomoć mjehurića** (slika 1.3.6.). Te tvari ulaze u stanicu endocitozom, a izlaze egzocitozom. **Endocitoza** podrazumijeva **uvijanje stanične membrane oko čestice** koja se nalazi izvan stanice i stvaranje mjehurića. Takav mjehurić odvaja se od stanične membrane i ulazi u citoplazmu stanice. Ako se u stanicu unose krupne čestice poput bakterija ili ostataka stanica, pri čemu stanica obuhvaća i unosi te tvari stvarajući mjehurić u kojem se one razgrađuju, tada govorimo o **fagocitozi**. Nepotrebni produkti metabolizma odvođe se nakon razgradnje sekrecijskim mjehurićima do stanične membrane te se odvija egzocitoza. **Egzocitoza** podrazumijeva **stapanje sekrecijskog mjehurića sa staničnom membranom** i **izbacivanje tvari** u izvanstanični prostor. Zahvaljujući različitim načinima prijenosa kroz membranu, stanica može održavati **homeostazu** (unutarnje ravnotežno stanje) i normalno funkcionirati. Održavanje homeostaze u stanicama temelj je održavanja homeostaze cijelog organizma.

Po čemu se građa biljnih stanica razlikuje od životinjskih?

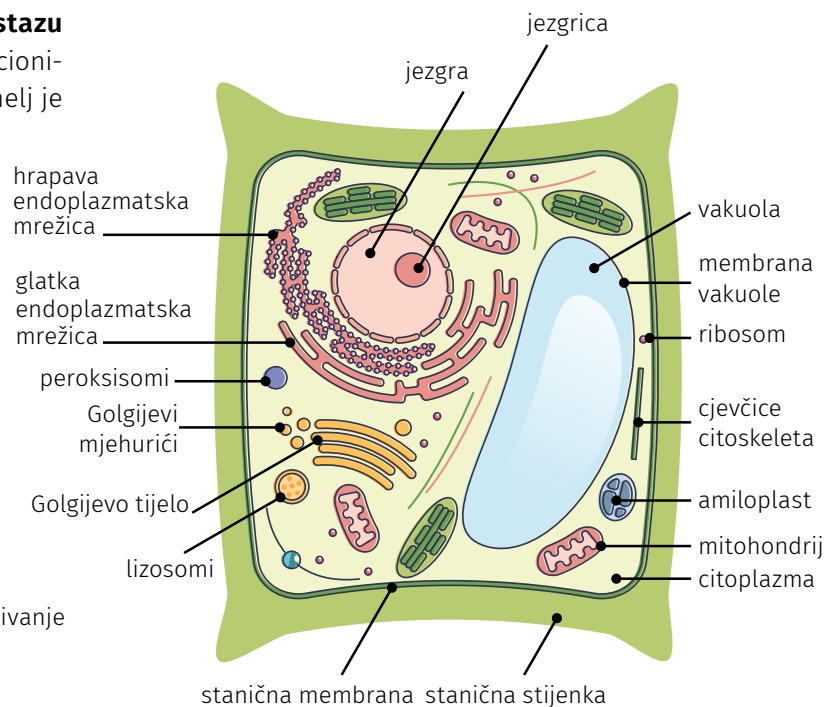


Biljna eukariotska stanica

Iako biljna stanica također ima eukariotski tip stanične organizacije, ona je donekle različita od životinjske i ima dodatne strukture (slika 1.3.7.). Te strukture omogućuju biljkama rast, čvrstoću te omogućavaju odvijanje fotosinteze.

Staničnu membranu biljne stanice izvana obavija **stanična stijenka**. Ona je građena uglavnom od **celuloze** i daje stanici čvrstoću, pravilan oblik i zaštitu.

U biljnoj stanici nalaze se i **kloroplasti**, organele u kojima se odvija fotosinteza. Kloroplasti su organele koje, kao i mitohondriji, imaju **vlastitu DNA**. U kloroplastima se nalazi zeleni pigment **klorofil** koji upija svjetlosnu energiju i omogućuje stvaranje hrane za biljku. Osim kloroplasta, biljne stanice sadrže i **kromoplaste** (koji sadrže pigmente koji također sudjeluju u fotosintezi i daju biljkama karakteristične boje) te **amiloplaste** (u kojima se pohranjuje škrob kao rezervna tvar).



► Slika 1.3.7. Građa biljne stanice.

► Slika 1.3.6. Prijenos tvari uz pomoć mjehurića.