

## ***CURSUL 1***

### ***Elemente introductive. Sisteme ecologice***

#### ***Cuprins***

1.1. Sistemele .....	2
1.2. Sistemele biologice .....	3
1.2.1. Clasificarea sistemelor biologice .....	3
1.2.2. Caracteristicile sistemelor biologice .....	3
1.3. Elementele vieții .....	5
1.3.1. Componentele materiei – atomii, moleculele și compuși .....	5
1.3.2. Legăturile chimice .....	6
1.3.3. Sarcina electrică și pH-ul .....	6
1.3.4. Compuși organici .....	7
1.3.5. Celulele – unitățile fundamentale ale vieții .....	8
1.4. Energia .....	8
1.4.1. Legile termodinamicii .....	9
1.4.2. Energie pentru viață .....	10

## *1.1. Sistemele*

Găsirea unor soluții la problemele de mediu implică înțelegerea factorilor care modifică sau reglează sistemele naturale și sociale. Astfel, înainte de a examina sistemele, ar trebui să studiem unele proprietăți generale ale acestora.

Sistemele pot fi fizice, precum cele formate în ciclurile biologice și chimice care permit fluxul nutrienților, sau pot fi abstracte, precum un program pe computer sau un model matematic. Unele sisteme sunt închise fiind izolate de influența mediului exterior, iar altele sunt deschise putând realiza schimburi de materie, energie sau informație cu mediul exterior. De exemplu, mlaștina artificială din studiul de caz este un sistem deschis. Energia solară încălzește mlaștina, care elimină energia radiantă (căldură). Apa intră sub formă de ploaie sau zăpadă și iese prin evaporare sau scurgere, șiroire. Substanțele nutritive provin din deversarea apelor reziduale fiind depozitate la bază în sedimente și sunt purtate mai departe de organismele care le consumă. Un submarin care călătorește sub calota glaciară poate fi considerat un sistem închis.

Unele dintre cele mai importante caracteristici ale unui sistem sunt interconexiunile care se realizează între componentele sistemului și mecanismele de reglare care controlează caracteristicile sistemului. Unele dintre aceste mecanisme de control pot fi externe față de acest sistem. Nivelul apei într-un heleșteu este determinat în principal de temperatură și de ploi. Heleșteul în sine are o mică influență asupra volumului său. Cele mai interesante mecanisme de reglare însă sunt cele interne. Numărul de pești dintr-un heleșteu este reglat în principal de sursa de hrană, prădare, mortalitate și rata de reproducere.

Uneori produsul final al unui sistem poate servi ca element de intrare al aceluiași sistem, fiind un proces circular (ciclic) cunoscut ca feedback. Un feedback pozitiv presupune utilizarea produsului final al unui proces pentru a continua acel proces.

Un feedback negativ presupune schimbarea direcției în care evoluează sistemul. De exemplu, un termostat reglează temperatura unei camere prin feedback negativ. Când temperatura camerei devine prea mare termostatul închide căldura, iar când temperatura camerei devine prea mică termostatul pornește căldura. Atunci când procesele reglatoare sunt în echilibru unul cu celălalt se spune că sistemul este în echilibru dinamic sau în stare de homeostazie (tendința unui sistem de a menține constante sau stabile condițiile interne). În general organismele superioare (mamiferele) prezintă stare de homeostazie. Contrabalansarea efectelor hormonilor, proceselor fiziologice și a acțiunilor conștiente (raționale) mențin majoritatea funcțiilor organismului în limite rezonabile.

Mecanismele de feedback din natură pot exacerba sau modera interacțiunile atât la scală mare, cât și la scală mică. În mlaștina din studiul de caz unele interacțiuni acționează ca feedback pozitiv, în timp ce altele sunt reglate negativ. Reziduurile metabolice precum ureea și dioxidul de carbon produse de pești și alte ierbivore acționează ca feedback pozitiv prin stimularea creșterii plantelor. Excesul de biomasă produs plante acționează ca feedback negativ prin blocarea luminii solare și reducerea creșterii altor plante. Dacă prea multe ierbivore reduc biomasa vegetală sub un nivel critic, atunci nu va fi suficientă hrană pentru pești acționând din nou ca un feedback negativ. Toate aceste mecanisme de regulă mențin în general un echilibru între organismele heleșteului și mediul lor.

Dezechilibrele, evenimente distrugătoare, periodice precum incendiile sau inundațiile sunt o componentă normală a multor sisteme naturale. Ele pot chiar să depindă de aceste dezechilibre. Luncile inundabile au nevoie de inundații periodice pentru reîmprospătarea solului cu substanțe nutritive și pentru menținerea diversității vegetației. Preerile depind de incendii pentru reciclarea substanțelor nutritive, încetinirea creșterii copacilor. Pădurile de pin au nevoie de incendii regulate pentru a distruge vegetația nedescompusă care poate fi sursă de boli și dăunători. Atunci

când o combinație a feedback-urilor pozitive și negative permite unui sistem recuperarea echilibrului pierdut din cauza dezechilibrelor externe se spune că acel sistem este elastic.

Proprietățile emergente ale unui sistem sunt acele proprietăți care caracterizează întreg sistemul, fiind mai mult decât suma proprietăților părților acestuia. De exemplu, oamenii sunt sisteme constituite din țesuturi, organe și reacții metabolice, dar ei sunt mai mult decât materia și procesele din care sunt făcuți. Ei pot cânta, dansa, gândi, crea și împărtăși sentimente cu cei care îi înconjoară. Toate aceste proprietăți apar pentru că ei funcționează ca sisteme. Un copac este mai mult decât o masă care stochează carbon. El dă structura unei păduri, este habitat pentru alte organisme, umbrește și răcorește pământul și structurează solul unui deal, versant cu rădăcinile sale.

## ***1.2. Sistemele biologice***

Materia este organizată în corpuri materiale numite sisteme, a căror complexitate variază de la cele mai simple (atomii, moleculele) și până cele mai complexe (plante, animale, etc.). Sistemul este un ansamblu de elemente identice sau diferite dependente între ele care formează un întreg organizat.

Teoria sistemelor elaborată de L. von Bertalanffy (1942) postulează că universul este organizat în sisteme și ansambluri de elemente aflate în interacțiune.

Sistemele biologice sunt sisteme deschise, informaționale care, datorită organizării lor, au capacitatea de autoconservare, autoreproducere, autoreglare și autodezvoltare, au un comportament antientropic și finalizat, care le asigură stabilitatea în relațiile lor cu alte sisteme.

### ***1.2.1. Clasificarea sistemelor biologice***

Ilya Prigogine studiind sistemele organizate din punct de vedere al relațiilor cu mediul, al schimbului de materie și energie le-a clasificat în trei categorii:

- ✓ **izolate** – sunt sistemele care nu realizează schimburi de materie și energie cu mediul, astfel de sisteme nu există în natură fiind considerate sisteme ideale;
- ✓ **închise** – sunt sistemele care realizează numai schimburi energetice cu mediul, astfel de sisteme pot fi create în mod artificial;
- ✓ **deschise** – sunt sisteme naturale care realizează atât schimburi de materie cât și schimburi de energie cu mediul, în această categorie se încadrează sistemele biologice.

### ***1.2.2. Caracteristicile sistemelor biologice***

Sistemele biologice prezintă o serie de caracteristici generale care le deosebesc de sistemele deschise nebiologice, trăsături care s-au conturat și perfecționat de-a lungul evoluției lor:

- 1.caracterul istoric;
- 2.caracterul informațional;
- 3.integralitatea;
- 4.echilibrul dinamic;
- 5.programul;
- 6.autoreglarea.

**1. Caracterul istoric.** Orice sistem viu sau neviu are un anumit trecut, o istorie formată dintr-o serie de evenimente care au lăsat amprente asupra sistemului. Evoluția, privită ca un proces de transformare, de mișcare, este o proprietate generală a tuturor corpurilor materiale. La sistemele biologice evoluția este un proces foarte complex și calitativ diferit în comparație cu

sistemele lipsite de viață. Oricât de bine am cunoaște un sistem biologic (un microorganism, o plantă, un animal) nu vom reuși să explicăm structura și funcțiile sale dacă nu cunoaștem etapele apariției lui, cu alte cuvinte istoria lui.

**2. Caracterul informațional.** Sistemele biologice din punct de vedere fizic funcționează ca sisteme cibernetice, care sunt sisteme informaționale ce folosesc transformările de energie pentru recepționarea, prelucrarea, acumularea și transmiterea informațiilor. Organismele în activitatea lor metabolică transformă energia diferitelor legături chimice în energie termică, mecanică, nervoasă, electrică etc. Această transformare de energie reprezintă forma prin care organismul, ca sistem deschis, întreține relațiile sale cu mediul înconjurător. Toate sistemele biologice sunt sisteme informaționale ce pot să recepționeze informații, să le prelucreze, interpreteze și apoi în anumite momente să transmită mediului sau altor sisteme din mediu, propriile sale informații. Activitatea informațională a sistemelor biologice este esențială pentru procesul de integrare în mediu.

**3. Integralitatea.** Integralitatea este una dintre caracteristicile de bază ale oricărui sistem biologic și constă în faptul că părțile componente ale unui sistem biologic se diferențiază morfo-funcțional și stabilesc între ele conexiuni și interacțiuni care determină funcționarea sistemului ca un întreg. Fiecare sistem biologic este delimitat față de alte sisteme și se comportă ca un tot, datorită conexiunilor care leagă componentele lui. Însușirile întregului nu pot fi reduse la însușirile părților componente și nici la suma acestor proprietăți, iar cu cât diferențierea unui sistem este mai avansată, cu atât funcția fiecărui component va fi mai specifică, iar dependența reciprocă va fi mai mare.

**4. Echilibrul dinamic.** Echilibrul dinamic reprezintă starea caracteristică tuturor sistemelor biologice fiind consecința însușirii fundamentale a sistemelor deschise de a avea un permanent schimb de substanță și energie cu mediul și sistemele înconjurătoare. Toate sistemele biologice care realizează permanent schimburi de materie și energie cu mediul ambiant se autoreînnoiesc continuu păstrându-și însă individualitatea, determinată genetic, reușind să realizeze astfel un echilibru dinamic, între stabilitate și schimbare. Toate aceste procese, desfășurate în mod coordonat în cadrul sistemelor biologice (fie la nivel individual, populațional sau biocenotic), asigură homeostazia acestora, sistemele biologice fiind capabile să-și mențină starea dinamică relativ constantă a structurii și funcțiilor lor și să reziste în mod activ la variațiile mediului care au tendința de a deregla sistemele. Sistemele biologice ca sisteme dinamice pot trece la o nouă stare, determinată de răspunsul la variațiile condițiilor de mediu. Trecerea la o stare nouă se poate produce treptat, gradat sau rapid. Schimbarea condițiilor de mediu ambiant (prin poluare) poate duce la noi posibilități de evoluție a dinamicii populațiilor din ecosistem, cu modificarea, deseori drastică nu numai a compoziției intraspecifice ci și a celei din biocenoză.

**5. Programul.** Programul unui sistem biologic este definit ca schimbarea posibilă, viitoare, a sistemului determinată de structura sa. Evoluția fiecărui organism ce se desfășoară din momentul apariției și până la dispariția lui, se realizează pe baza unui program general, care determină desfășurarea secvențială a fiecărei etape de dezvoltare ontogenetică și condiționează durata de viață a organismului. Programele au fost clasificate în trei categorii:

- ✓ **programe proprii** – constau din structura și funcțiile care asigură existența și autoconservarea individului (de exemplu: acțiuni legate de găsirea hranei, de apărare);
- ✓ **programe inferioare** – sunt programele subsistemelor care alcătuiesc sistemul analizat (de exemplu: programele organelor, țesuturilor și celulelor);
- ✓ **programe superioare** – sunt programe care asigură existența sistemului populațional în care este integrat individul (de exemplu: reproducerea indivizilor asigură perpetuarea speciei, supraviețuirea populației).

**6. Autoreglarea.** Autoreglarea este una din cele mai importante caracteristici ale sistemelor deschise, care sunt organizate în așa fel încât să realizeze recepția informației,

circulația ei între elementele sistemului, selecția celui mai bun răspuns, etc. Ca sisteme cibernetice, sistemele biologice prezintă mai multe componente și anume:

- ✓ **receptor** (care preia din mediu diferiți stimuli);
- ✓ **centru de comandă** (informațiile sunt transmise pe o cale aferentă spre acesta, care le analizează și elaborează comenzile de răspuns);
- ✓ **efector** (primește comanda pe o cale eferentă și realizează activitatea de răspuns).

### *1.3. Elementele vieții*

Cum se realizează schimbul de nutrienți și energie între plantele și animalele din mlaștina din studiul de caz? Care este sursa de energie care face ca sistemul să funcționeze? Aceste întrebări stau la baza ecologiei - studiul științific al relațiilor dintre organisme și mediul lor.

Fiecare organism poate fi considerat o uzină chimică ce captează materia și energia din mediu și o transportă în structuri și procese care fac posibilă viața. Pentru a înțelege cum funcționează aceste procese vor fi prezentate unele proprietăți fundamentale ale materiei și energiei.

#### *1.3.1. Componentele materiei – atomii, moleculele și compușii*

Materia reprezintă tot ceea ce ocupă un spațiu și are o masă. Materia poate exista în trei forme de agregare: solidă, lichidă și gazoasă, datorită diferitelor moduri de aranjare a particulelor constituente. Apa de exemplu poate exista ca gheață (faza solidă), ca lichid, sau sub formă de vapori (faza gazoasă).

În condiții obișnuite materia nu poate fi nici creată nici distrusă, dar poate fi reciclată continuu. Unele dintre moleculele constituente ale corpului uman probabil conțin atomi care au constituit odată corpul unui dinozaur sau mult mai probabil au fost părți ale unor organisme preistorice mai mici de vreme ce elementele chimice sunt utilizate și reutilizate de către organismele vii. Materia este transportată și combinată în diferite moduri, ea nu dispare, altfel spus materia se conservă.

Cum poate fi aplicat acest principiu în relația oamenilor cu biosfera? În societățile bogate, dezvoltate se utilizează resurse naturale pentru a produce o cantitate incredibilă de bunuri de consum. Dacă totul se duce undeva, unde se duc lucrurile aruncate de oameni după ce pleacă mașina de gunoi? Odată cu creșterea cantității de deșeuri, oamenii au început să aibă probleme mari în găsirea unor locuri unde să le depoziteze.

Materia este constituită din elemente, care sunt substanțe ce nu pot fi descompuse în forme mai simple prin reacții chimice obișnuite. Fiecare dintre cele 115 elemente cunoscute (92 naturale și 23 create în condiții speciale) au caracteristici chimice distincte. Dintre acestea cele patru elemente oxigen, carbon, hidrogen și azot constituie mai mult de 96% din masa majorității organismelor vii.

Toate elementele sunt compuse din atomi, care sunt cele mai mici particule care manifestă caracteristicile unui element. Atomii sunt compuși din protoni care sunt încărcăți pozitiv, electroni care sunt încărcăți negativ și neutroni care sunt neutri din punct de vedere electric. Protonii și neutronii care au aproximativ aceeași masă sunt adunați în nucleu în centrul atomului. Electronii care sunt mai mici față de celelalte particule orbitează în jurul nucleului cu viteza luminii.

Fiecare element are un număr caracteristic de protoni per atom care se numește număr atomic. Numărul de neutroni a diferiților atomi al aceluiași element poate varia puțin. Deci și masa atomică, care este suma protonilor și neutronilor din fiecare nucleu, poate varia puțin. Formele aceluiași element care diferă prin masa atomică se numesc izotopi. De exemplu,

hidrogenul, cel mai ușor element în mod normal are în nucleu doar un proton și nici un neutron. Un procent mic de atomi de hidrogen au un proton și un neutron în nucleu, acest izotop numindu-se deuteriu  $^2\text{H}$ . Un procent și mai mic de atomi de hidrogen au în nucleu un proton și doi neutroni, acest izotop numindu-se tritium  $^3\text{H}$ . Forma de azot greu  $^{15}\text{N}$  are în nucleu un neutron în plus față de forma de azot ușoară  $^{14}\text{N}$ . Ambele tipuri de izotopi ai azotului sunt stabile, dar există izotopi care sunt instabili, ceea ce înseamnă că pot emite spontan energie electromagnetică sau particule subatomice, sau ambele. De exemplu, deșeurile radioactive și energia nucleară rezultă de la izotopii instabili ai unor elemente precum uraniul și plutoniul.

### **1.3.2. Legăturile chimice**

Atomii se unesc și formează compuși sau substanțe compuse din diferite tipuri de atomi. O pereche sau un grup de atomi care poate exista ca o singură unitate se numește moleculă. Unele elemente în mod normal formează molecule, de exemplu oxigenul molecular  $\text{O}_2$ , azotul molecular  $\text{N}_2$ , hidrogenul molecular  $\text{H}_2$ . Unii compuși pot exista ca molecule, de exemplu glucoza  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Sarea de bucătărie, clorura de sodiu  $\text{NaCl}$  este un compus care nu poate exista ca o pereche de atomi, ci ca o masă mare de atomi de  $\text{Na}$  și  $\text{Cl}$  sau ca doi ioni  $\text{Na}^+$  și  $\text{Cl}^-$  într-o soluție. Majoritatea moleculelor sunt constituite din puțini atomi, altele precum proteinele și acizii nucleici pot include milioane sau chiar miliarde de atomi.

Atunci când ioni cu sarcini electrice opuse formează un compus, atracția electrică îi ține împreună prin ceea ce se numește legătură ionică. Uneori atomii formează legături prin „împărțirea” electronilor. De exemplu cei doi atomi de hidrogen dintr-o moleculă se pot lega prin împărțirea unui singur electron care orbitează în jurul celor doi nuclei de hidrogen în mod egal și menține atomii împreună. Astfel de legături care se formează prin împărțirea electronilor se numesc legături covalente. Carbonul poate forma legături covalente simultan cu patru alți atomi de carbon, putând să formeze structuri complexe cum sunt glucidele și proteinele. Atomii care formează legături covalente nu totdeauna împart electronii în mod egal, de exemplu în legătura covalentă care formează molecula de apă, atomul de oxigen atrage electronii mai puternic decât o fac cei doi atomi de hidrogen. În consecință, partea ocupată de hidrogen din moleculă are o ușoară încărcătură electrică pozitivă, iar partea ocupată de oxigen are o ușoară încărcătură electrică negativă. Aceste încărcături electrice creează o atracție slabă (ușoară) între moleculele de apă, ceea ce face ca apa să aibă tendința de a fi coezivă, aderentă.

Atunci când un atom cedează unul sau mai mulți electroni se spune că acesta se oxidează. Atunci când un atom primește electroni se spune că acesta se reduce. Reacțiile chimice necesare proceselor vitale implică oxidarea și reducerea. De exemplu, oxidarea moleculelor de zahăr și amidon este foarte importantă pentru asigurarea energiei din alimente.

Ruperea legăturilor necesită energie, în timp ce formarea legăturilor în general eliberează energie. De exemplu arderea lemnului duce la ruperea unor molecule mari, cum sunt cele de celuloză și formarea multor molecule mai mici de dioxid de carbon și apă cu eliberarea unei energii (căldura). În general pentru inițierea reacției de oxidare este nevoie de o energie de activare, de exemplu energia eliberată de un chibrit poate asigura energia de activare necesară pentru aprinderea focului (începerea reacției de oxidare a lemnului).

### **1.3.3. Sarcina electrică și pH-ul**

Atomii în mod frecvent câștigă sau pierd electroni, căpătând astfel o sarcină electrică negativă sau pozitivă. Atomii încărcăți electric (sau combinații de atomi) se numesc ioni. Ionii încărcăți negativ (care au unul sau mai mulți electroni în plus) se numesc anioni. Ionii încărcăți

pozitiv se numesc cationi. Un atom de hidrogen poate ceda singurul său electron și să devină astfel ionul de hidrogen  $H^+$ . Clorul poate primi electroni formând astfel ionul de clor  $Cl^-$ .

Substanțele care cedează ioni de hidrogen în apă sunt numite acizi. De exemplu acidul clorhidric în apă disociază și formează ioni de hidrogen  $H^+$  și clor  $Cl^-$ . Într-un alt curs vor fi prezentate diferite probleme de mediu cauzate de acizi – ploile acide, scurgerile acide de la mine, etc. În general, acizii provoacă probleme de mediu deoarece ionii de hidrogen reacționează ușor cu țesuturile vii (precum pielea umană sau țesuturile plantelor) și cu diferite substanțe (precum tencuielile clădirilor, monumentele, etc. care sunt erodate de ploile acide).

Substanțele care se leagă cu ionii de hidrogen se numesc baze sau substanțe alcaline. De exemplu hidroxidul de sodiu  $NaOH$  eliberează ioni hidroxil  $OH^-$  care se leagă cu ioni de hidrogen  $H^+$  și formează apă. Bazele pot fi puternic reactive, cauzând și ele probleme de mediu.

Tăria unui acid sau a unei baze este dată de valoarea pH-ului, adică de logaritmul negativ al concentrației ionilor de hidrogen  $H^+$ . Acizii au pH-ul cuprins între 0 și 7, bazele au pH-ul între 7 și 14, iar o soluție cu pH-ul egal cu 7 se spune că este neutră. Deoarece scala de pH este logaritmică un pH = 6 reprezintă de 10 ori mai mulți ioni de hidrogen în soluție decât un pH = 7.

O soluție poate fi neutralizată prin adăugarea unor soluții tampon, sau a unor substanțe care acceptă sau eliberează ioni de hidrogen. În mediu de exemplu rocile alcaline pot avea rol de tampon a precipitațiilor acide scăzându-le aciditatea. Rocile acide precum granitul sunt foarte vulnerabile la ploile acide deoarece au o capacitate mai mică de tamponare.

#### ***1.3.4. Compușii organici***

Organismele utilizează unele elemente în cantități foarte mari, pe altele în cantități foarte mici (urme), iar pe altele nu le utilizează deloc. Anumite substanțe vitale sunt concentrate în celule în timp ce altele sunt excluse în mod activ. Carbonul este un element important deoarece lanțurile și inelele atomilor de carbon formează scheletul, structura compușilor organici, materia din care sunt făcute biomoleculele și deci organismele vii.

Cele patru categorii majore de compuși organici prezenți în organismele vii – compuși bio-organici sunt: glucidele, proteinele, acizii nucleici și lipidele. Lipidele (grăsimile și uleiurile) stochează energia pentru celule și formează structura internă a membranelor celulare și a altor structuri. Mulți hormoni sunt lipide. Lipidele nu se dizolvă în apă și structura lor de bază este reprezentată de un lanț de atomi de carbon de care sunt atașați atomi de hidrogen. Această structură le face să aparțină familiei de hidrocarburi. Carbohidrații (glucidele) precum zahărul, amidonul și celuloza stochează de asemenea energie pentru celule și formează structura internă a unor celule. Ca și lipidele, glucidele au o structură de bază formată din atomi de carbon, dar grupările hidroxil ( $OH$ ) înlocuiesc jumătate din atomii de hidrogen.

Proteinele sunt formate din lanțuri de aminoacizi. Lanțurile de aminoacizi se împletesc și formează o rețea tridimensională complexă care asigură diferite structuri și funcții celulelor. Enzimele precum sunt cele care acționează asupra glucidelor și lipidelor pentru eliberarea energiei, sunt proteine. Proteinele pot de asemenea să fie folosite în identificarea microorganismelor patogene, pot face mușchii să se miște, transportă oxigen celulelor și reglează activitatea celulară.

Nucleotidele sunt molecule complexe formate din glucide cu cinci atomi de carbon (numite riboză și dezoxiriboză), una sau mai multe grupări fosfat și o moleculă ce conține azot organic (numită bază azotată purinică sau pirimidinică). Nucleotidele sunt foarte importante deoarece ele poartă informația de la celule, țesuturi și organe și sunt și sursă de energie intracelulară. De asemenea, ele formează lanțuri lungi numite acid ribonucleic ARN sau acid dezoxiribonucleic ADN care sunt esențiali pentru stocarea și exprimarea informației genetice. Doar patru tipuri de nucleotide – adenina, guanina, citozina și timina intră în structura ADN, dar

pot exista miliarde de astfel de molecule aliniate într-o secvență foarte specifică. Grupuri de trei nucleotide numite codoni funcționează ca literele unui mesaj care codifică direct secvența de aminoacizi din proteine.

Lanțurile lungi de ADN se leagă pentru a forma structura secundară – dublul helix. Aceste lanțuri se separă pentru replicare atunci când celulele se pregătesc de diviziune sau când își exprimă informația genetică în timpul procesului de sinteză a proteinelor. Biologii moleculari au pus la punct tehnici pentru extracția ADN-ului din celule și descifrarea secvenței de nucleotide, acestea dovedindu-se a fi foarte importante pentru genetica medicală, pentru agricultură. De asemenea, sunt importante în taxonomie și criminalistică, deoarece fiecare individ are un set unic de molecule de ADN, secvențierea acestora poate permite identificarea distinctă a fiecărui individ.

### ***1.3.5. Celulele – unitățile fundamentale ale vieții***

Toate organismele vii sunt constituite din celule, “compartimente” în care se realizează procesele vieții. Organismele microscopice precum bacteriile, levurile, unele alge și protozoare sunt formate dintr-o singură celulă, în timp ce majoritatea organismelor superioare sunt multicelulare, în general cu o mare varietate de celule. Fiecare celulă este înconjurată de o membrană fină, dinamică formată din lipide și proteine care primește informații despre lumea exterioară și reglează fluxul substanțelor dintre celulă și mediul său. În interior celulele sunt subdivizate în organite mai mici și particule subcelulare care asigură funcționarea celulei. Unele dintre aceste organite stochează și eliberează energie. Altele distribuie informația sau creează structurile interne care dau celulei forma sa caracteristică și îi permit îndeplinirea rolului său.

Toate reacțiile chimice necesare creării acestor structuri, asigurării energiei și substanțelor pentru îndeplinirea funcțiilor lor, depozitării reziduurilor, realizării altor funcții la nivel celular sunt realizate de o clasă specială de proteine numite enzime. Enzimele sunt catalizatori moleculari care reglează reacțiile chimice fără a fi consumate sau inactivate în acest proces. În fiecare celulă există în general diferite tipuri de enzime care sunt necesare pentru realizarea proceselor vitale. Totalitatea reacțiilor enzimatiche realizate de un organism se numește metabolism.

### ***1.4. Energia***

Dacă materia este materialul din care sunt făcute lucrurile, energia asigură forța care menține structurile împreună, le face să se despartă una de alta și le mută dintr-un loc în altul.

Energia poate lua diferite forme: căldură, lumină, electricitate și energie chimică. Energia conținută de obiectele în mișcare se numește energie cinetică. O piatră care se rostogolește la vale pe un deal, vântul care bate prin copaci, apa care curge în cădere liberă în cascadă sau electronii care se rotesc în jurul nucleului unui atom sunt toate exemple de energie cinetică.

Energia potențială este energia stocată, latentă, care este gata să fie eliberată și utilizată. O piatră aflată în vârful unei pante și apa dintr-un lac de acumulare aflată în spatele unui baraj sunt exemple de energie potențială. Energia chimică din produsele alimentare și benzina din rezervorul unei mașini sunt de asemenea exemple de energie potențială care poate fi eliberată pentru a putea face ceva util. De regulă, energia se măsoară în calorii sau în jouli. Un joul reprezintă forța depusă pentru a deplasa 1 kg cu 1 m/s. O calorie este cantitatea de energie necesară pentru a încălzi 1 g de apă cu 1 °C. O calorie este echivalent cu 4,184 J.

Căldura descrie energia care poate fi transferată între obiecte cu temperaturi diferite. Atunci când o substanță absoarbe căldură, energia cinetică a moleculelor sale crește, sau i se



poate modifica starea de agregare, o substanță solidă poate deveni lichidă sau una lichidă poate deveni gazoasă.

Un obiect, lucru sau corp poate avea un conținut mare de căldură, dar la o temperatură scăzută, cum este un lac care îngheață încet. Alte obiecte precum un băț de chibrit care arde are o temperatură mare, dar un conținut mic de căldură. Căldura stocată în lacuri, mări și oceane este esențială pentru moderarea climei și menținerea comunităților biologice. Căldura absorbită în stările de agregare aflate în schimbare ale apei sunt de asemenea importante. Evaporarea și condensarea apei în atmosferă sunt necesare pentru distribuția căldurii pe tot globul.

Energia care este difuză, dispersată și are o temperatură scăzută este considerată o energie slabă deoarece nu poate fi utilizată în scopuri productive. De exemplu, căldura stocată în oceane este imensă, dar fiind greu de captat și utilizat se spune că este o energie de calitate slabă. În schimb energia care este intensă, concentrată și are o temperatură ridicată este considerată o energie de calitate mare deoarece poate fi utilizată pentru a realiza diferite lucruri. Flăcările intense ale unui foc sau energia electrică de mare voltaj sunt exemple ale formelor de energie de calitate mare care sunt foarte importante pentru oameni. Multe din sursele de energie alternativă, precum este cea eoliană, sunt difuze comparativ cu energia chimică din petrol, cărbuni sau gazele naturale.

#### ***1.4.1. Legile termodinamicii***

Atomii și moleculele circulă fără oprire prin organisme și mediul lor, dar fluxul de energie are un singur sens. O alimentare constantă cu energie (provenită în mare majoritate de la soare) este necesară pentru funcționarea continuă a proceselor biologice. Energia poate fi utilizată în mod repetat așa cum intră în sistem, poate fi stocată temporar în legăturile chimice ale moleculelor organice, dar în cele din urmă este eliberată și disipată.

Termodinamica se ocupă cu studiul modului cum energia este transferată în procesele naturale, și anume cu rata fluxului și a transformării energiei de la o formă sau calitate la alta. Prima lege a termodinamicii spune că energia se conservă, ceea ce înseamnă că ea nu poate fi nici creată și nici distrusă în condiții normale. Energia poate fi transformată, de exemplu din energia din legăturile chimice în căldură, fără să se modifice cantitatea totală.

A doua lege a termodinamicii spune că la fiecare transfer succesiv de energie sau transformare a energiei într-un sistem, cu atât rămâne mai puțină energie disponibilă pentru realizarea proceselor sistemului. Energia este degradată la forme de calitate scăzută sau este disipată sau este pierdută. Atunci când o mașină merge, energia chimică a benzinei sau gazului utilizat este transformată în energie cinetică și căldură, care este disipată în cele din urmă în aer. Cea de a doua lege spune că entropia (dezordinea) tinde să crească în toate sistemele naturale. Ceea ce înseamnă că atunci când se termină un proces va fi totdeauna mai puțină energie utilă disponibilă decât la începerea procesului. Din cauza acestei pierderi a energiei totul în univers tinde să se încetinească, să se oprească sau să se dezorganizeze.

Cum se aplică cea de a doua lege a termodinamicii organismelor și sistemelor biologice? Organismele sunt înalt organizate atât structural cât și metabolic. Pentru menținerea acestei organizări este nevoie permanent de energie pentru realizarea proceselor. În orice clipă este utilizată energie de către celule pentru a realiza un anumit proces și o anumită parte din energie este disipată sau se pierde prin degajare de căldură. Dacă alimentarea cu energie a celulei este întreruptă sau se epuizează mai devreme sau mai târziu celula va muri.

### 1.4.2. Energie pentru viață

De unde vine energia necesară organismelor? Cum este ea captată și utilizată pentru a realiza diferite procese? Pentru aproape toate plantele și animalele de pe suprafața pământului soarele este sursa fundamentală de energie, dar pentru organismele care trăiesc în adâncurile pământului, mărilor sau oceanelor, unde lumina soarelui nu ajunge, substanțele chimice provenite de la roci și sedimente asigură sursa de energie. Acest tip de energie alternativă este considerată a fi cea mai veche deoarece înainte de apariția plantelor superioare au existat celulele asemănătoare bacteriilor care au trăit prin prelucrarea substanțelor chimice provenite din izvoarele termale.

Până nu demult se credea că în abisurile mărilor și oceanelor nu trăiesc organisme deoarece este prea rece, întuneric, presiunea este prea mare și nu exista nici o sursă cunoscută de energie. Explorările subacvatice din anii 1970 au scos la iveală existența unor colonii de animale (creveți, viermi uriași cilindrici, crabi și moluște ciudate) adunate în jurul venturilor de unde țâșnesc bule de apă fierbinte ce conține minerale provenite din adâncul pământului. Dar cum obțin aceste organisme energia? Răspunsul este printr-un proces numit chemosinteză, prin care substanțele anorganice precum hidrogenul sulfurat ( $H_2S$ ) sau hidrogenul molecular ( $H_2$ ) servesc ca sursă de energie pentru sinteza substanțelor organice.

Descoperirea acestor organisme care trăiesc în condiții extreme de mediu în jurul venturilor hidrotermale din abisurile oceanelor a dus la sporirea interesului pentru studierea și a altor medii care par să aibă condiții și mai aspre. Astfel, au fost descoperite o serie de organisme interesante în zona izvoarelor termale din Parcul Yellowstone, în lacuri cu apă sărată și chiar în formațiunile rocilor bazaltice din râul Columbia. Unele dintre aceste organisme sunt de-a dreptul uimitoare, de exemplu un organism numit *Pyrolobus fumarii* poate supraviețui la temperaturi mai mari de  $113^{\circ}C$ . Marea majoritate a acestor organisme extremofile aparțin grupului Archaea - organisme unicelulare intermediare între bacterii și organismele eucariote. Archaea sunt considerate a fi cele mai primitive organisme și condițiile în care trăiesc ele se crede că sunt similare cu acelea de la începutul lumii.

Archaeobacteriile prezente la adâncimi de 800 m sau chiar mai mult sub nivelul mării pot produce metan din hidrogen gazos și dioxidul de carbon provenit de la roci. Alte specii oxidează metanul utilizând sulfurul pentru a produce hidrogen sulfurat, care este consumat de către bacterii, care sunt sursa de hrană pentru organisme mult mai complexe cum sunt viermii cilindrici. Dar de ce trebuie să acordăm atâta importanță acestor comunități exotice subacvatice? Se estimează că masa totală a acestor microorganisme care trăiesc în abisurile oceanelor reprezintă aproape o treime din biomasa (materia organică) a planetei. Mai mult, cantitatea mare de metan produsă de această comunitate poate fi fie o mare resursă, fie o teribilă amenințare pentru omenire.

Cantitatea totală de metan produsă de aceste microorganisme este probabil mult mai mare decât toate rezervele cunoscute de cărbuni, gaze naturale sau petrol. Dacă s-ar putea extrage în siguranță rezervele mari de metan din sedimentele oceanelor s-ar asigura energia necesară omenirii pentru sute de ani.

În cazul în care microorganismele care utilizează metanul nu ar mai exista sau nu l-ar mai putea folosi, atunci mai mult de 300 milioane de tone/ an din acest gaz cu potențial efect de seră ar fi eliberat la suprafața apei ceea ce ar determina accelerarea încălzirii globale a atmosferei Pământului. Unii geologi sunt de părere că izbucnirile, exploziile neașteptate ale metanului din abisuri pot fi responsabile pentru alunecările de teren și tsunami, schimbarea bruscă a climei și extincțiile în masă din trecut și prezent.

Soarele este o stea, o minge de foc din hidrogen care explodează. Reacțiile sale termonucleare emit forme puternice de radiații, inclusiv radiații ultraviolete potențial letale și radiații nucleare, totuși energia solară este esențială pentru viață din două motive. Primul –

soarele asigură căldura. Majoritatea organismelor supraviețuiesc într-un interval îngust de temperatură, fiecare specie având propriul interval optim de temperatură în care poate funcționa normal. La temperaturi ridicate, peste 40°C biomoleculele încep să se descompună sau să se deformeze și să devină nefuncționale. La temperaturi scăzute, aproape de 0°C unele reacții chimice ale metabolismului au loc prea încet și nu-i permit organismului să crească și să se reproducă. Alte planete din sistemul nostru solar sunt fie prea fierbinți, fie prea reci pentru a permite supraviețuirea. Apa și atmosfera de pe planeta noastră au rol în moderarea, menținerea și distribuirea căldurii soarelui.

Al doilea motiv – aproape toate organismele de pe suprafața pământului depind de radiația solară ca energie de susținere a vieții, radiație care este captată de plantele superioare, alge și unele bacterii într-un proces numit fotosinteză. Fotosinteza poate converti energia radiantă în energie utilă, energie chimică de înaltă calitate din legăturile care se formează în substanțele organice.

Cât din energia solară disponibilă este utilizată de fapt de către organisme? Cantitatea de radiație solară care vine spre pământ este enormă fiind aproximativ 1.372 W/m<sup>2</sup> de atmosferă (1W= 1 J/s). Totuși mai mult de jumătate din această cantitate de radiație este reflectată sau absorbită de norii, praful și gazele din atmosferă. Radiațiile periculoase cu lungime de undă mică sunt filtrate de gazele (precum ozonul) prezente în stratul superior al atmosferei. Atmosfera este ca un scut care protejează organismele de doze nocive de radiații UV și alte forme de radiații. Chiar cu aceste reduceri ale energiei, soarele totuși asigură mult mai multă energie decât pot sistemele biologice să exploateze și mai mult decât suficientă pentru nevoile noastre energetice dacă tehnologia ne-ar permite captarea ei.

Din totalul radiațiilor solare care ajung pe suprafața pământului aproximativ 10% este reprezentat de radiația ultraviolet, 45% de radiația vizibilă și 45% de radiația infraroșie. Majoritatea acestei energii este absorbită de sol sau apă sau este reflectată în spațiu de apă, zăpadă și suprafața solului, Pământul văzut din spațiu strălucește aproape la fel de puternic precum Venus.

Din energia care atinge suprafața pământului, în procesul de fotosinteză sunt utilizate numai radiații cu anumite lungimi de undă, în principal radiația roșie și albastră. Majoritatea plantelor reflectă radiația verde, de aceea noi le vedem verzi. Jumătate din energia absorbită de plante este utilizată în evaporarea apei. În final doar 1% sau 2% din lumina căzută pe plante este folosită pentru procesul de fotosinteză, ceea ce reprezintă energia care susține viața în biosferă.

Fotosinteza are loc în organite membranare mici numite cloroplaste care se găsesc în celulele plantelor. Elementul cheie, cel mai important al acestui proces îl constituie clorofila, o moleculă unică de culoare verde care poate absorbi energia luminoasă și o poate folosi pentru a capta energie de înaltă calitate în legăturile chimice ale compușilor organici. Totuși clorofila nu poate realiza singură acest proces, ea este ajutată de un grup mare de alte molecule precum lipide, glucide, proteine și nucleotide. Împreună aceste componente realizează două seturi de reacții ciclice interconectate.

Fotosinteza începe cu o serie de etape numite reacții dependente de lumină sau faza de lumină, care are loc doar atunci când cloroplastele receptează lumina. Enzime specifice descompun moleculele de apă și eliberează oxigenul molecular (O<sub>2</sub>) în atomi, oxigen de care depind toate organismele aerobe. De asemenea, în etapa de lumină a fotosintezei se sintetizează molecule energetice precum ATP – adenzin trifosfat și NADPH – nicotinamid adenin dinucleotidfosfat, care asigură energia necesară reacțiilor din faza de întuneric. În această etapă enzime specifice extrag energia din moleculele de ATP sau NADPH pentru a permite formarea moleculelor organice (glucoză) prin adăugarea atomilor de carbon proveniți de la CO<sub>2</sub>. Pentru majoritatea plantelor aflate în zone cu climat temperat fotosinteza poate fi sumarizată prin următoarea ecuație:

