



# Kompetence, ki jih razvijamo pri pouku biologije evolucije

*Dr. Barbara Bajd,*

*Pedagoška fakulteta, Univerze v Ljubljani*

## 1.-3. razred

### Cilji in kompetence:

#### Učenci:

- razvijajo sposobnosti za lastno raziskovalno delo in usvajanje naravoslovnih postopkov;
- razvijajo sposobnosti za pridobivanje, obdelavo in uporabo podatkov in informacij z uporabo informacijske tehnologije;
- spoznavajo, da sta živa in neživa narava povezani in soodvisni med seboj;
- spoznajo, da živa bitja živijo različno dolgo in da vsa umrejo (poginejo), kar je tudi ena od lastnosti žive narave;
- spoznavajo, da so mladiči podobni staršem, podobni so si med seboj, vendar ne popolnoma;
- spoznavajo razlike med sošolci v barvi las in oči, telesni velikosti, velikosti dlani, stopal, ...;
- spoznavajo razlike med organizmi različnih vrst in organizmi iste vrste;
- spoznavajo, da iz semen iste vrste (ob enakih pogojih) ne zrastejo rastline istočasno in enako velike;
- opazujejo organizme v različnih okoljih in povezujejo raznolikost z njihovim okoljem;
- spoznavajo, da so nekatere živali in rastline med seboj podobne, druge pa se zelo razlikujejo;
- spoznavajo, da v drugačnih okoljih žive drugačna bitja;
- opazujejo, da se organizmi med razvojem spreminjajo;
- spoznavajo, da se življenje spreminja in da se živa bitja spreminjajo;
- spoznavajo, da so v preteklosti živeli drugačni organizmi, in da so nekateri izumrli;



- znajo rezultate kritično presojati;
- razvijajo strpen odnos do različnosti;
- razlikujejo skupne značilnosti in posebne znake, po katerih se razlikujejo skupine in posamezniki;
- ugotavljajo večjo podobnost med sorodniki.

## NAVODILA ZA UČITELJA

Učitelj pri vseh dejavnostih učence spodbuja in usmerja, da so pozorni na raznolikost organizmov, ne samo organizmov različnih vrst, ampak tudi organizmov iste vrste. Raznolikost organizmov različnih vrst lahko opazujejo tudi z uporabo preprostih bioloških ključev, ki jih usmerjajo v opazovanje razlik, zaradi katerih razvrščamo organizme v različne skupine. Poleg tega učencem ti ključi pomagajo, da spoznavajo, da sta živa in neživa narava povezani in soodvisni med seboj. Že Darwin je ugotovil, da so organizmi na različnih otokih galapaškega arhipelaga različni in so prilagojeni na različne vrste prehranjevanja. Tako imajo želve na različnih otokih različno oblikovan oklep, glede na to, ali se prehranjujejo s travo ali z listi z grmovja. Darwin je tudi bil prepričan, da je raznolikost organizmov posledica evolucije in da so različne vrste nastale iz predhodnih oblik. Prav raznolikost kot posledica spolnega razmnoževanja je predpogoj za nastanek novih vrst, ki izhajajo iz naravne selekcije. Te ugotovitve lahko poudarimo pri mnogih dejavnostih za učence in jih počasi uvajamo v osnove evolucije.

Organizmi so bolj ali manj prilagojeni oziroma se prilagajajo na okolje, v katerem živijo. Če niso dovolj prilagojeni na določeno okolje, v njem ne morejo uspevati. Rastline se prilagajajo na okolje na različne načine, kar jim omogočajo njihovi različni deli. Nekatere rastline imajo dolge korenine, da lahko z njimi dosežejo vodo v nižjih plasteh zemlje. Rastline lahko v korenini (gomolj, koren) ali v podzemnem delu stebela (korenika, čebulica, gomolj) shranjujejo rezervno hrano, ki jim omogoča, da spomladi hitro vzcvetijo. Rastline na travniku so se prilagodile na razmere, ki vladajo na travniku.



Travniki so ekosistemi, ki jih vzdržuje človek s tem, da jih stalno kosi. Tako se ne morejo razviti lesnate rastline in tudi enoletnic praktično ni. Kosa vse rastline pokosi v isti višini. Ena od prilagoditev na košnjo je ta, da imajo določene rastline (regrat, marjetica, plazéči skrečnik, črnoglavka) prilistno rožico, ki raste tik ob tleh in je kosa ne prizadene. Nekatere rastline imajo plazéča stebila (detelja) in nekatere druge rastline na travniku imajo veliko sposobnost obnavljanja (trave). Rastline na travniku (npr. trave) so prilagojene na opraševanje z vetrom, nekatere pa na opraševanje z žuželkami. Cvetovi, ki jih oprašujejo žuželke, so barvasti, imajo močan vonj, izločajo medicino, ki privablja žuželke, pelodna zrna pa so lepljiva. Cvetovi, ki jih oprašuje veter, so neopazni, nimajo živih barv, ne dišijo in imajo veliko pelodnega zrna, ki je suh. Tudi plodovi in semena se lahko raznašajo na različne načine, s pomočjo živali, vetra, vode ali človeka.

Tudi živali so se prilagodile na okolje, v katerem živijo. Žuželke, ki oprašujejo cvetove, imajo sesala, primerna, da pridejo do medicine in pri tem prenesejo pelodna zrna s cveta na cvet. Živali, ki živijo v prsti, so prilagojene na vlažno okolje z malo svetlobe ali brez nje. Zato imajo čutila, ki jim pomagajo, da se orientirajo v temnem prostoru (imajo čutila za tip, voh). Živali so glede na zgradbo telesa in različno okolje razvile različne načine gibanja. Npr.: bramor ima sprednje okončine oblikovane tako, da učinkovito koplje zemljo, ko si dela rove v njej. Striga ima tipalnice, ki ji omogočajo dobro orientacijo v prostoru, številne noge, na vsakem členku po par nog, pa ji omogočajo dobro in hitro hojo, medtem ko je njen prvi par nog oblikovan v močne kleščaste občeljustne nožice, ki imajo v notranjosti kanalček, povezan s strupno žlezo.

Rastline, ki rastejo na različnih prostorih in imajo širok obseg rastišč, imenujemo pleveli. Te imajo kratek življenjski krog in tvorijo veliko semen.

Poudariti je treba, da je prilagajanje organizmov okolju navadno dolg in počasen proces (več tisoč let).



Ljudje hodimo po zadnjih okončinah (nogah), sprednje okončine (roke) pa uporabljamo za prijemanje in fino manipulacijo (ostale žival uporabljajo sprednje okončine tudi za gibanje). Na koncu prstov imamo čutne blazinice, s katerimi lahko dobro zaznavamo različne predmete, tipamo, in s čutnicami v koži lahko prepoznamo različne snovi (les, plastiko, kovino, blago), njihovo strukturo in temperaturo. Na čutnih blazinicah je koža različno oblikovana, tako da dva organizma nimata enakega vzorca.

## DEJAVNOSTI

Otroci opazujejo rastline v naravnem okolju v ožji in širši okolici in primerjajo različne dele rastlin. Posamezne značilnosti skušajo povezati z okoljem, v katerem živijo različne rastline. Po en primerek (zvonček, trobentica, marjetica,...) naj prinesejo v razred in opazujejo z ročno lupo. Pozorni naj bodo na dele rastlin (korenina, steblo, cvet, listi) in se pogovarjajo, kako se razlikujejo istovrstni deli različnih rastlin. Pozorni naj bodo na korenine in si pogledajo celo rastlino regrata in trave. Kakšne korenine imata ti dve rastlini, v čem se razlikujeta? Regrat ima dolge korenine, v katerih je shranjena rezervna hrana, z njimi pa lahko doseže vodo v globljih plasteh. Trave imajo kratke, šopaste korenine. Zato trave ne morejo črpati vode iz globljih predelov zemlje in je zanje boljše, da večkrat dežuje po malem in tako prestrežejo več vode. Učenci naj bodo pozorni na liste. Regrat ima liste v listni rožici (prilagoditev na košnjo). Semena regrata so številna padalca, ki jih raznaša veter. Tudi semena trave raznaša veter, zato so majhna in lahka.

### DELOVNI LIST

Opazuj nabrane rastline (na primer zvonček, trobentico, marjetico) in jih nariši. Označi dele rastlin (korenina, steblo, list, cvet) in jih poimenuj. V čem se razlikujejo posamezne rastline? V čem so si podobne? Povohaj cvetove? Ali ti dišijo ali smrdijo? Kaj misliš, zakaj imajo cvetovi različne vonje?

Otroci naberejo živali v okolici (živali prsti in živali na travniku). Opazujejo in primerjajo jih med seboj. Živali po opazovanju vrnemo tja, kjer smo jih nabrali!!



Lahko jih prepoznajo s preprostim ključem za živali v prsti. Otroci naj skušajo ugotoviti, katere so značilnosti živali, ki jim omogočajo, da živijo v takšnem okolju (oblika telesa, velikost, barva, itd.). Kje se najpogosteje zadržujejo? Nekatere so najpogosteje na cvetovih, druge na steblih in spet nekatere na zemlji ali v njej. Zakaj, otroci mislijo, so najraje v takem okolju? Otroci naj razmislijo, zakaj so kobilice zelene in rjavkaste, murni pa črni. Naj opazujejo in raziskujejo, s čim se živali, ki so jih nabrali, prehranjujejo.

Otroci naberejo prazne hišice kopenskih polžev ali pa hišice in lupine morskih polžev in školjk. Natančno opazujejo hišice iste vrste in ugotavljajo, ali se organizmi iste vrste med seboj razlikujejo. Če naberejo hišice malega vrtnega polža, naj opazujejo, koliko črt imajo, koliko so debele in kakšne barve so. Prav tako lahko opazujejo lupine srčanke in ugotavljajo razlike v velikosti, debelini prog, barvi in podobno.

#### DELOVNI LIST

Naberi prazne hišice polžev in jih opazuj. Ali se hišice polžev iste vrste razlikujejo? V čem? Napiši in nariši.



## DEJAVNOSTI

Organizmi, kakor spadamo tudi mi, se razlikujejo v mnogih značilnostih. Otroci v razredu se razlikujejo po velikosti, masi, barvi oči, las,... Tudi bratje in sestre istih staršev se razlikujejo med seboj, čeprav so si tudi podobni. Že Darwin je poudaril, da se organizmi iste vrste razlikujejo med seboj. Ta raznolikost je lahko v danem okolju za nekatere organizme prednost pred ostalimi in jim omogoča preživetje in tako tudi možnost, da bodo imeli potomce s podobnimi lastnostmi, ki jim bodo omogočile lažje preživetje.

Otroci narišejo na list papirja obris stopala in dlani in jih izrežejo in označijo ali napišejo svoje ime. Primerjajo velikost stopala in dlani s sošolci. Kaj so ugotovili? Stopala uredimo od največjega do najmanjšega in pritrdimo na steno. Ali imajo tisti z največjim stopalom tudi največjo dlan? Ali je višina telesa povezana z velikostjo dlani ali stopala?

Otroci naredijo prstni odtis kazalca in primerjajo vzorce med seboj. Niti dva otroka nimata enakega vzorca.

Otroci na travniku označijo del prostora z vrvico ali plastičnim krogom ali štirikotnikom s stranicami 75 cm x 75 cm. Potem preštejejo, koliko različnih vrst rastlin je v tem območju. Lahko si pomagajo tako, da za vsako novo rastlino, ki so jo opazili, zapičijo ob rastlini majhno barvasto zastavico ali paličico.

Enako ponovijo na drugem prostoru. Če je bil prvi prostor osvetljen, sedaj opazujejo rastline v senci (pod krošnjo dreves). Primerjajo rezultate obeh opazovanj. Kje je več različnih vrst? Kako si to lahko razložimo?



## NAVODILO ZA UČITELJA

Živali in rastline, ki živijo v podobnih življenjskih okoljih, so si bolj med seboj podobne kot tiste, ki živijo v zelo različnih življenjskih okoljih. Rastline, ki rastejo v vodi, se razlikujejo od tistih, ki rastejo na kopnem, po tem, da nimajo močnih opornih tkiv. Rastline, ki rastejo pod vodo, ne potrebujejo opornih tkiv, ker jih drži pokonci voda. Če rastlino vzamemo iz vode, pa se nam bo povescila. Nekatere rastline rastejo na vodni gladini – plavajo (vodna leča). Rastline, ki rastejo ob vodi, so prilagojene na veliko količino vode, ki jo lahko stalno črpajo iz vlažne zemlje, in voda v steblu ga drži pokonci. Če tako rastlino, npr. kalužnico, odtrgamo in je ne damo takoj v kozarec z vodo, se bo kmalu povescila, ker bo voda prek listov izhlapela, v rastlino pa ne prišla nova voda.

Živali so se prilagodile na življenje v vodi z obliko in zgradbo telesa. Najbolj očitno pa se vidi prilagoditev v načinu gibanja. Živali v vodi plavajo, lahko pednajo (pijavka), drsijo po vodni površini (vodni drsalci), lahko pa tudi lezejo po vodnem dnu ali med rastlinami, se zvijajo, veslajo, trzajo. Pri različnih načinih gibanja uporabljajo različne dele telesa (noge, plavuti, celo telo, rep, antene). Nekatere živali na kopnem pa so razvile letanje, nekatere skačejo, lezejo in se plazijo. Nekatere so raje v temnih in vlažnih predelih, nekatere na bolj suhih in svetlih, oziroma ne morejo živeti v drugačnem okolju kot v tistem, na katerega so se prilagodile. Da so živali res vezane na določeno okolje, se najlepše vidi, če se to okolje spremeni. Ob dežju prilezejo iz zemlje deževniki, ker jim voda zalije rove in ne morejo dihati. Ob dežju vidimo lahko tudi močerade in polže, ki se sicer zadržujejo v vlažnem prostoru.

Živali pa se morajo prilagajati tudi spremembam, ki nastajajo med letom (letni časi).

### DEJAVNOST:

Otroci opazujejo živali in rastline v različnih življenjskih okoljih in jih primerjajo med seboj (travnik, gozd, stoječa voda, morje). Ugotavljajo podobnosti med živalmi in rastlinami, ki živijo npr. v vodi in med organizmi, ki živijo na travniku.



Opazujejo živali, kako se gibljejo, kako so se prilagodile na okolje, v katerem živijo. Pri vodnih živalih v posodicah z vodo opazujejo, kako in s čim plavajo (plavuti, noge, antene, rep..). Nekatere živali na travniku letijo, živali v vodi pa ne. Primerjajo rastline na travniku z rastlinami v mlaki (ali morju). Zakaj so rastline v vodi pokonci, ko pa jih potegnemo iz vode, se povesejo? Otroci naj primerjajo rastline, ki rastejo ob vodi in na travniku. Kakšne liste in stebila imajo vodne rastline in kakšne travniške? Otroci, ki bodo primerjali morske alge s travniškimi rastlinami, naj bodo pozorni na to, kako so rastline pritrjene na podlago. Alge namreč nimajo korenin. Otroci naj razvrstijo rastline po lastnem kriteriju. Rastline, ki rastejo ob celinski vodi, potrebujejo stalno veliko vlage (npr.: kalužnica). Odtrgana rastlina hitro oveni. Ali lahko živijo iste rastline v različnih okoljih? Rastline, ki rastejo ob morski obali, pa so se prilagodile na slano podlago, ker morje z valovi občasno poprši obalo. Otroci naj primerjajo te rastline s travniškimi in z morskimi.

Otroci opazujejo deževnike ob dežju. Zakaj so prilezli deževniki iz svojih glistin? Opozorimo jih, da v dežju lahko opazimo živali (polži, deževnik), ki so sicer skrite (v zemlji ali pod listjem) ali prilezejo le ponoči, ker je bolj vlažno.

Otroci naj naredijo zbirko semen in jih razvrstijo po lastnem kriteriju. Razvrstijo naj semena tudi po tem, kdo jih raznaša (veter, živali, voda človek). Kakšna so semena, ki jih raznaša veter? Pogovarjajo se o tem, kaj je v semenu in kaj potrebuje seme za uspešno kalitev. Pogovarjamo se, zakaj so semena različnih rastlin različna. Kaj vsebuje seme? Otroci odprejo fižol ali bob in si pogledajo, kaj je v notranjosti.

Otroci podtaknejo po deset semen iste rastline (na primer fižola) v prst in opazujejo kdaj se bo iz njih razvila nova rastlina. Vsakdo lahko vzame semena druge sorte, tako da bodo učenci primerjali rezultate med seboj, torej ali se razne sorte fižola razlikujejo v hitrosti rasti.





Ali vsa semena iste in različne rastline vzkalijo enako hitro? Ali vzkalijo vsa semena? Ali iz največjega semena zraste tudi najvišja rastlina? Otroci opazujejo dele rastlin in njihov razvoj. Spremljajo hitrost rasti in s papirnatim trakom merijo višino. Trakove prilepijo v delovni zvezek.

### DELOVNI LIST

V vlažno prst posadi deset semen fižola in daj na svetel prostor. Skrbi, da bo prst stalno vlažna.

Ali so vsa semena vzkalila istočasno?

Ali so vzkalila vsa semena?

Ali vse rastline v enem dnevu zrastejo enako visoko?

Ali je kakšna razlika med fižolom, ki je prvi vzkalil, in fižolom, ki je vzkalil zadnji?

Spremljaj hitrost rasti enega fižola in višino izmeri s papirnatim trakom in ga prilepi na ravno črto.

Svoje rezultate primerjaj z rezultati sošolca?

Ali imata oba enake rezultate? Kako lahko to razložita?

Otroci naredijo odtis lubja. Z voščenko podrgnejo po listu papirja, ki so ga prislonili na lubje drevesa. Izberejo naj si različna drevesa. Pozorni naj bodo na vprašanje, ali imajo vsa drevesa enako strukturo lubja.

Otroci opazujejo podlesne vetrnice. Koliko imajo venčnih listov? Ali jih imajo vse enako število?

Otroci naberejo liste različnih dreves, ki so že odpadli, in jih razvrstijo po lastnem kriteriju (barva, velikost, dolžina pecija, razporeditev žil, oblika listnega roba, ...). Otroci naredijo odtise listov različnih vrst dreves. Naberejo več listov istega drevesa in preverijo, ali se med seboj razlikujejo.

Otroci opazujejo vejice smreke, jelke, bora in tise. Vsi so iglavci. Po čem se razlikujejo? Zakaj imajo ta drevesa liste v obliki iglic? Da preverimo, kako dobro so si otroci ogledali vejice iglavcev, damo v štiri različne posodice



iglice različnih iglavcev (smreka, jelka, bor, tisa). Otroci naj samo po iglicah prepoznajo iglavce.

Z lopatko otroci zajamejo malo zemlje ali listnega opada in opazujejo, katere živali živijo v prsti ali listnem opadu. Opazujejo, kako so se prilagodile na življenje v prsti (oblika in barva telesa, število nog). Ali raje živijo v svetlem ali temnem okolju, na suhem ali vlažnem?

Otroci naberejo nekaj listov bodike in jih opazujemo. Otroke opozorimo, da je bodika zaščiteno drevo v naravi, sadimo pa jo tudi po parkih. Mogoče jo ima kdo od njihovih staršev zasajeno na vrtu in lahko odstopi nekaj listov. Otroci primerjajo list bodike z listom listnatega drevesa, ki mu jeseni odpadejo listi. Po čem se razlikujeta? Otroci naj bodo pri opazovanju pozorni na to, ali imajo vsi listi na listnem robu enako število trnatih zobcev ali ne.

## NAVODILO ZA UČITELJA

Živali in rastline se razmnožujejo in se tako vrsta nadaljuje. Razmnoževanje je ena od lastnosti žive narave. Tako se vzdržuje vrsta. Pri spolnem razmnoževanju pa pride z vsako oploditvijo do različnih kombinacij genov pri novem potomcu.

Živali imajo mladiče. Nekatere živali imajo po enega mladiča (konj), nekatere pa po več naenkrat (mačka, zajec).

Človek ima navadno enega, redko dva otroka naenkrat. To so dvojčki. Bratje in sestre istih staršev so si podobni med seboj, vendar niso popolnoma enaki. Nekateri dvojčki (enojajčni) so si tako podobni med seboj, da jih težko razlikujemo.

Živali različno skrbijo za svoje mladiče. Nekatere odložijo oplojena jajca in zanje ne skrbijo več (žabe), nekatere valijo jajca in skrbijo za mladiče (ptiči), ali pa razvijajoč plod nosijo v svojem telesu in ko ga skotijo, hranijo mladiče z mlekom (sesalci) in skrbijo zanje, dokler niso sposobni samostojnega življenja. Nekateri potomci so takoj, ko se izležejo (skotijo), podobni svojim staršem



(polži, paličnjaki, srna), lahko pa so sprva precej drugačni (paglavci pri žabah, gosenice pri metuljih).

## DEJAVNOSTI

Otroci naj primerjajo dva brata ali sestre med seboj. V čem sta si podobna in po čem se razlikujeta? Naredijo naj razpredelnico o njunih podobnostih in razlikah.

Pogovarjamo se, kakšna so jajca, ki jih odlagajo žabe in kuščarji ali ptiči. Zakaj žabe odlagajo jajca v vodo?

Otroci opazujejo mladiče mačke. Zakaj imajo mladiči iste matere različno barvo dlake in različne vzorce?

## 4.-6. razred

### Učenci:

- ugotavljajo, kaj so lastnosti živih bitij in v čem se loči živa narava od nežive;
- odkrivajo in opazujejo, zakaj imajo organizmi različno oblikovano telo glede na to, kje živijo, s čim se prehranjujejo (oblika ptičjih kljunov);
- spoznavajo podobnosti in razlike med osebki iste in različne vrste in jih razvrščajo po lastnem kriteriju;
- razlikujejo med verodostojnimi in neverodostojnimi informacijami;
- vedo, kaj je pošten poskus;
- znajo sestaviti preprost ključ za prepoznavanje organizmov;
- zbirajo podatke o nekem procesu (na primer, s čim se hranijo ptice, kako in kje se gibljejo) in o povezovanju z okoljem;
- primerjajo skelete različnih vrst živali in jih povezujejo z različnimi načini gibanja;
- primerjajo sebe in druge živali in prepoznavajo podobnosti in razlike;



- primerjajo barvo kože med seboj in se pogovarjajo, zakaj imamo ljudi na Zemlji različno barvo kože (od temno pigmentirane do svetle);
- povežejo barvo kože z okoljem, kjer so živeli predniki ljudi, in vsebino povežejo z geografijo;
- vedo, da barva kože ne vpliva na inteligenco ali večjo oz. manjšo umsko sposobnost;
- doživljajo naravo v različnih letnih časih in prilagoditve organizmov na različne letne čase;
- spoznavajo organizme v ekosistemih, ki jih pri nas ni, in prilagoditve organizmov na te ekosisteme (puščava, tropski deževni gozd, polarni svet, ...);
- zbirajo podatke o živih bitjih in življenjskih okoljih z uporabo različnih virov;
- primerjajo lastnosti živih bitij v različnih okoljih;
- primerjajo življenjske potrebe živali in rastlin v različnih okoljih;
- spoznavajo, da se psi razlikujejo med seboj (različne pasme) in so te razlike posledica posega človeka v njihovo razmnoževanje, s tem pa razumejo, da se lahko organizmi spreminjajo, kar omogoča spolno razmnoževanje;
- spoznavajo različne pasme živali in sorte rastlin (mačke, pse, golobe, krave,...) in zvedo, da je pasme psa, ki jih poznamo danes, človek vzgojil iz udomačenega volka;
- spoznavajo, kaj je umetna selekcija in da podobno deluje tudi naravna selekcija;
- spoznavajo, da se življenje spreminja in da so v preteklosti živeli drugačni organizmi, kar nam pričajo fosili (npr. dinozavrov);
- primerjajo lastnosti človeka z lastnostmi drugih živali;
- iščejo podobnosti in razlike med človekom in drugimi vrstami živali;
- iščejo podatke in primerjajo življenjsko dobo človeka in drugih živih bitij;
- znajo narisati časovni trak.



## NAVODILA ZA UČITELJA

Učenci lahko prepoznajo razlike med različnimi vrstami živali. Veliko težje pa najdejo podobnosti med njimi. Prav tako večina misli, da so črnci bolj ali manj enaki med seboj. Učenci se ne zavedajo toliko, da se tudi črnci ali Kitajci razlikujejo med seboj, tako kot belci. Učenci iz izkušnje vedo, da so si sorodniki med seboj bolj podobni kot ljudje, ki si niso v sorodu, težje pa jim je razložiti, da je to zaradi dedovanja genov, ki se prenašajo iz roda v rod s spolnim razmnoževanjem. Bratje in sestre so si bolj ali manj podobni, medtem ko so si enojajčni dvojčki tako podobni med seboj, da jih težko razlikujemo. Ljudje smo se razvijali in nismo od nekdaj taki kot danes.

Živali in rastline živijo v določenem okolju. V tem okolju si lahko poiščejo hrano, zavetje in imajo mladiče. Živali in rastline so se v dolgi zgodovini prilagajale na določeno okolje. Tako živijo organizmi le na določenem območju, na katerega so se prilagodili oziroma se še prilagajajo. Tako živijo na primer žirafe samo v afriški savani, prav tako levi, pingvini samo na južnem tečaju in kamele v puščavi.

Ljudje smo edina bitja, ki lahko živimo v vseh predelih Zemlje od severnega večnega ledu in snega pa do tropskega deževnega gozda, savane ali puščave. Znamo si prilagoditi okolje, da lahko preživimo tudi v neugodnih vremenskih razmerah. Kultura je človeku omogočila, da si okolje prilagaja. Tako danes osvaja vesolje in raziskuje globine oceanov s tehnologijo, ki jo je razvil.

Ljudje se razlikujemo med seboj. Razlikujemo se po barvi las in oči, po velikosti in mnogih drugih značilnostih, kot tudi po tem, kaj radi delamo, katero glasbo radi poslušamo, kaj nas veseli in kaj radi jemo. Ljudje, ki smo si v sorodu, smo si tudi navadno bolj podobni med seboj kot tisti, ki niso v sorodu. Potomci podedujejo vedno polovico genov od očeta in polovico od matere. Ker pa pride pri vsaki oploditvi do drugačne kombinacije genov, so bratje in sestre kljub podobnostim tudi različni. Nekatere lastnosti podedujemo, nekatere pa pridobimo tekom življenja. Barvo las ali oči, na primer, podedujemo, ne pa



igranja klavirja. Tega se lahko naučimo s pridnostjo in vztrajnostjo, čeprav nismo vsi enako talentirani.

Kljub razlikam v barvi kože, jeziku, religiji in kulturi pa smo si ljudje podobni med seboj, ker imamo vsi skupnega prednika. Ta je živel v Afriki pred več milijoni let in je bil bolj podoben današnji človeku podobni opici kot pa nam. Vendar je hodil po dveh nogah, tako da je imel roke proste za nabiranje hrane in kasneje izdelovanje orodja in orožja. Pred 190 000 leti se je v Afriki pojavil moderni človek in se naselil po celem svetu. Zavedati se moramo, da imamo vsi istega skupnega prednika in je zato rasno razlikovanje popolnoma neutemeljeno.

Ker se nekatere lastnosti prenašajo z dominantnim dedovanjem, se te značilnosti vidijo v vsaki generaciji, pri recesivnem dedovanju pa se lastnost pokaže v vsaki drugi generaciji.

Človek je z umetno selekcijo vzgojil različne pasme domačih živali (pse, konje, krave, kokoši, ...) in različne sorte rastlin (jabolka, hruške, krompir, ...). Različne pasme (ali sorte) niso različne vrste, saj je krava še vedno krava, le da imajo različne pasme različne značilnosti. Tako nekatere pasme krav gojimo zaradi mesa, druge zaradi mleka, različne sorte jabolk, na primer, imajo različne okuse in so različno primerne za rast v različnih predelih, pa tudi za skladiščenje.

## DEJAVNOSTI

Z otroki se pogovarjamo, kje živijo različne živali in rastline in zakaj. Zakaj ne živijo pri nas slon, žirafa ali pingvin? Zakaj rastejo nekatere rastline v gozdu in druge na travniku? Zakaj lahko edino ljudje živimo tako v puščavi kot v tropskem deževnem gozdu? Pogovarjamo se, da smo ljudje od vseh živali in rastlin najbolj prilagodljivi, ker imamo kulturo, ki nam omogoča, da si okolje prilagodimo za naše življenje. Pozimi, ko je hladno, se bolje oblečemo, stanovanje pa si ogrevamo.



Pogovarjamo se, da imamo ljudje istega prednika. Ta je živel v Afriki in je bil bolj podoben današnji človeku podobni opici kot današnjemu človeku. Bil je nižje rasti, imel je močne čeljusti in zobe, roke so bile zelo dolge, zato je dobro plezal po drevesih. Vendar je na tleh hodil po dveh nogah, tako da je imel roke proste za nabiranje hrane in kasneje za izdelovanje orodja in orožja.

Kljub podobnosti pa se ljudje tudi razlikujemo med seboj (barva las, oči, kože, telesna višina, teža, ...). Razlikujemo se tudi po spolu. Te razlike se začnejo še bolje odražati v puberteti, ko se razvijejo sekundarni spolni znaki. Telo postane poraščeno na določenih delih ( pod pazduho, okrog spolovil, moškim začne rasti brada), ženskam zrastejo prsi, moški dobijo nižji glas.

Pogovarjamo se, da se kljub podobnostim ljudje tudi razlikujemo med seboj. Nekatere lastnosti smo podedovali, nekatere pa smo pridobili v življenju. Ne razlikujemo se samo po zunanjem videzu (barva las, barva oči, oblika brade, velikost, ...), ampak tudi po interesih, ki jih imamo. Nekateri imajo radi glasbo, drugi se raje ukvarjajo s športom, eni radi jedo meso, drugi bolj zelenjavo ali slaščice. Učence lahko vprašamo, kaj jih veseli, kaj jih dolgočasi, kaj radi jedo itd., nato naredimo diagram v razredu. Pogovarjamo se, česa se človek lahko priuči tekom življenja in kaj podeduje.

#### DELOVNI LIST

Na kartonček nariši in pobarvaj svoje oči. Lahko si pomagaš z ogledalom. Včasih se je težko odločiti, ali imamo zelene ali rjave oči. Prosi učitelja, da ti pomaga pri odločitvi. Odloči se med modro, zeleno, rjavo in sivo. Kartončke iste barve postavi nad kartonček, kjer piše barva oči. Kartončke bodo tudi sošolci polagali drug na drugega in nastal bo stolpčni diagram. Podobno lahko narediš za barvo las, telesno maso, telesno višino.

#### DEJAVNOSTI

Človek je iz živali razvil različne pasme (na primer pasme psov) in iz rastlin sorte (na primer sorte jabolk ali hrušk). Čeprav gre za isto vrsto živali (na primer psov) ali sorte rastlin (na primer jabolka), pa se med seboj lahko zelo



razlikujejo. Otroci opazujejo različne sorte jabolk. Prinesemo različne sorte jabolk. Učenci jih opazujejo z različnimi čutili in izpolnijo tabelo.

### DELOVNI LIST

Izpolni tabelo

| Ime sorte | Barva lupine | Hrapavost lupine | Barva mesa | Okus (sladek, kisel,...) | Vonj (diši po..) |
|-----------|--------------|------------------|------------|--------------------------|------------------|
|           |              |                  |            |                          |                  |
|           |              |                  |            |                          |                  |
|           |              |                  |            |                          |                  |

V literaturi poišči različne pasme psov in skušaj ugotoviti, za katero opravilo jih je človek vzgojil. (haski: vlečenje sani; jazbečar: sledenje, kraški ovčar: pastir drobnice). V literaturi lahko poiščeš, koliko različnih pasem goveda ali kokoši imamo in kje in zakaj jih gojimo.

Ptiči imajo različno oblikovane kljune, ker se hranijo z različno hrano, imajo različno oblikovane noge, ki so prilagojene na različno okolje (za plavanje, plezanje, tekanje, ...). V literaturi poišči nekaj primerov različnih nog in jih poveži z značilnim okoljem, v katerem ptiči živijo.

## 7.-9. razred

### Učenci:

- spoznavajo pomen različnih barv in vzorcev pri različnih vrstah organizmov;
- spoznavajo pomen raznolikosti med osebki iste vrste in različnih spolov;
- spoznavajo raznolikost organizmov v različnih okoljih in njihovo prilagoditev na različna okolja;
- spoznavajo prilagoditve organizmov kot posledico raznolikosti in naravne selekcije;
- spoznavajo podobnosti delovanja naravne in umetne selekcije;
- primerjajo prirejena in naravna okolja (podobnosti in razlike);





- iščejo podobnosti in razlike med homolognimi in analognimi organi in razumejo njihov pomen;
- razumejo povezanost oblike cveta in opraševalcev te rastline;
- znajo smiselno poiskati, urediti in predstaviti informacije;
- znajo smiselno urediti podatke;
- znajo uporabiti znanje v novih situacijah;
- iščejo podobnosti in razlike v skeletu primata (šimpanza) in človeka;
- spoznavajo zgodovino naravoslovja in naravoslovce, ki so bili pomembni za evolucijsko teorijo (Line, Lamarck, Darwin, ...);
- spoznavajo, v čem se človek razlikuje od ostalih živali in primatov, in ga uvrstijo v sistem klasifikacije živali;
- vedo, da ima človek svoje prednike, iz katerih se je razvila današnja oblika človeka;
- spoznavajo človekove prednike, kdaj in kje so živeli;
- spoznavajo anatomske podobnosti in razlike človečnjakov in modernega človeka;
- poznajo prilagoditve primatov na drevesni način življenja;
- iščejo anatomske in morfološke razlike, ki so posledica pokončne drže;
- spoznavajo razvoj kulture človečnjakov in ga povežejo z razvojem možganov;
- poznajo osnovno kameno orodje človečnjakov in umetnost zgodnjega modernega človeka;
- poznajo glavne predstavnike človečnjakov, kje so živeli in njihove anatomske značilnosti.

Za nastanek nove vrste so potrebni trije dejavniki: raznolikost (variabilnost), naravna selekcija in izolacija. Že Charles Darwin (1809-1882) je dognal in dokumentiral, da je en najpomembnejših evolucijskih dejavnikov NARAVNA SELEKCIJA. Ime Darwin je eno najbolj tesno povezanih imen z evolucijsko teorijo, toda sama ideja ni bila originalno njegova. Prisotna je bila v znanstvenih razpravah že pol stoletja, preden je Darwin objavil knjigo



NASTANEK VRST – (čepprav to ni popoln naslov dela) (The Origin of Species - 1859). V knjigi Nastanek vrst je Darwin pojasnil raznolikost organizmov in njihovo evolucijo zaradi selekcije. Vendar je bil Darwin zelo previden in je svoje dokaze, s katerimi je podprl svojo teorijo, omejil le na rastline in nekatere živali, ni pa obravnaval človeka. V celi knjigi je samo enkrat omenil človeka in v zaključku napisal : »Luč bo posijala na razvoj človeka in njegovo zgodovino« Darwinova naslednika Thomas Huxley in Ernest Haeckel sta javno trdila, da se je tudi človek, tako kot ostali organizmi, razvijal.

Med zgodnje evolucioniste štejemo tudi francoskega naravoslovca Lamarcka in starega očeta Charlesa Darwina, Erasmusa Darwina.

Največji prispevek Charlesa Darwina je ta, da je dokončno oblikoval ideje o evoluciji, in še posebno, da je dognal (identificiral) prepričljiv mehanizem evolucije, ki ga je izpeljal. Nabral je ogromno dokazov, ki jih je dokumentiral, tako da so bili koncepti evolucije in naravne selekcije hitro vpeljani v biologijo, v nekaj letih po izidu njegove knjige

Kot rezultat svojih potovanj (najbolj znano je bilo potovanje z ladjo HMS Beagle v letih okrog 1830), opazovanj in korespondence z drugimi naravoslovci je Darwin nabral ogromno podatkov o raznolikosti živali in rastlin iz različnih življenjskih prostorov. Iz te velike množice informacij je Darwin dognal več splošnih spoznanj, iz katerih je naredil dva glavna sklepa, ki jima je dodal še veliko podatkov, ki so podprli njegove dokaze. Darwin je ugotovil naslednje:

1. Osebki ene vrste se med seboj razlikujejo. Nekatere izmed teh razlik se prenašajo s staršev na potomce.
2. Vsaka generacija ima več potomcev, kot jih lahko v danem okolju preživi, zato ti tekmujejo za različne dobrine.
3. Različne vrste v različnih predelih sveta, ki živijo v podobnih življenjskih okoljih, so si po obliki med seboj podobne (na primer kit, riba).



4. Sicer sorodne vrste, ki naseljujejo različne življenjske prostore, se lahko razlikujejo po nekaterih značilnostih (na primer Darwinovi ščinkavci na otokih Galapagos).

Iz vsega tega je Darwin zaključil:

1. Večina vrst je prilagojena svojemu življenjskemu prostoru (okolju).
2. Ker se osebki borijo za prostor, hrano, partnerja, itd., okolje izbere ali **selekcioniira** tiste, ki so najbolj sposobni za tekmovalstvo v tem okolju, to je tiste, ki so najbolj **prilagojeni** - "najbolj zmožni". To je pojav **naravne selekcije**.

Tu je našel Darwin dokaz, da lahko tudi človek spreminja rastline in živali oziroma njihove morfološke in fiziološke lastnosti. Ob koncu 18. stoletja in v začetku 19. stoletja so angleški živinorejci in agronomi dosegli izredne uspehe s selekcijo. Princip naravne selekcije je videl Darwin pri rejcih živali, ki so jih križali in izbirali tiste živali, ki so imele določene znake, za katere so menili, da se bodo poudarili pri potomcih. Z umetno selekcijo ali izborom so vzgojili mnoge pasme živali in sorte rastlin. Raznolikost lahko opazimo pri gojenih golobih in še bolj pri psih. Znanje, ki so ga imeli gojitelji živali, je Darwin razširil na naravno selekcijo, saj je imel dokaz, da lahko tudi človek spreminja rastline in živali. Darwin in njegovi pristaši so poudarjali "boj za obstanek". Vendar osnovno merilo **evolucijske** zmogljivosti ni preživetje posameznika, temveč **uspešnost razmnoževanja oz. število potomcev, ki jih posameznik zapusti naslednji generaciji**. Moč, hitrost, inteligenca, itd., v tem pogledu le prispevajo k večjemu številu potomcev.

Pomembno je, da se zavedamo, da evolucija in naravna selekcija nista ena in ista stvar: naravna selekcija je pojav, katere posledice se kažejo v evoluciji. Selekcija deluje na posamezne osebke, medtem ko se evolucija nanaša samo na skupine osebkov, to je populacije.

Raznolikost, ki obstaja med osebki, omogoča delovanje selekcije. Take **fenotipske variacije ali razlike** (to so opazne razlike, ki so lahko morfološke,



fiziološke, biokemične ali razlike v obnašanju, itd.) so rezultat kombinacije genetsko zapisanih lastnosti in vplivov okolja. Nekatere od teh so genetsko pogojene: veliki starši imajo velike potomce, majhni starši pa majhne, vendar na velikost vpliva tudi okolje, kot je hrana, ki je na razpolago med rastjo. Tako otroci velikih staršev ne bodo dosegli višine, ki bi jo lahko, če se bodo v mladosti slabo prehranjevali.

Fenotipična variacija (raznolikost) je rezultat genske raznolikosti (variacije) in raznolikosti (variacije) okolja.

Razliko med Darwinovo teorijo in teorijo zgodnjih zagovornikov evolucije, kot je bil Lamarck (1744-1829), lahko razložimo z znanim primerom žirafe. Žirafe imajo dolge vratove, s katerimi dosežejo liste visoko v drevesnih krošnjah. Oba, Darwin in Lamarck, sta bila prepričana, da so žirafe nastale iz prednikov s kratkimi vratovi. Lamarck je mislil, da so kratkovrate oblike žiraf stegovalle svoje vratove, da so lahko dosegle liste na visokih vejah. To raztegovanje so prenesle na svoje potomce, ki so tudi stegovali svoje malo daljše vratove in so tako lahko dosegli malo višje veje. Ti so zopet prenesli dodatno raztegnitev na svoje potomce in tako naprej. Tako naj bi nastal dolg vrat današnjih žiraf. Lamarckova teorija temelji na **dedovanju pridobljenih lastnosti**, to je značilnosti, ki jih pridobijo organizmi med svojo življenjsko dobo (v tem primeru dolg vrat) in jih prenesejo na potomce.

Lamarck je postavil dve pomembni trditvi:

- **zakon o rabi in nerabi.** Trdil je, da se vsak organ, ki se bolj uporablja, tudi bolj razvija in krepi. Organi, ki jih ne uporabljamo, počasi krnijo ali celo izginejo;
- **zakon o dedovanju pridobljenih lastnosti.** Trdil je, da vsako živo bitje prenese na svoje potomce lastnosti, ki jih je v svojem življenju pridobilo. Tako lahko potomci podedujejo lastnosti, ki so se povečale z rabo ali pa so zakrnele zaradi nerabe.



**Vendar nimamo nobenih trdnih dokazov, da bi lahko verjeli tej teoriji.** Iz Lamarcka se dostikrat norčujejo prav ob primeru vratov žiraf. Vendar to nikakor ni na mestu. Pravzaprav Lamarckove trditve držijo in je Darwinova teorija le nekoliko dopolnjena varianta Lamarckovih zamisli. Zavedati se moramo, da se dedujejo mutacije, ne pa modifikacije.

Prav tako lahko vidimo, kako neverjetna je njegova trditev o vratovih žiraf, če zamenjamo žirafe s človekom in body buildingom ali povečanjem prsi. Očetje, ki so body bilderji, ne prenesejo širokega prsnega koša in povečanih bicepsov na svoje sinove. Matere, ki so si z operacijo povečale prsi ali spremenile obraz, nimajo hčerk z velikimi prsmi ali mlajšem videzom od drugih žensk iste starosti.

Raznolikost, ki obstaja med osebki, omogoča delovanje selekcije. Take **fenotipične variacije** ali **razlike** (to so opazne razlike, ki so lahko morfološke, fiziološke, biokemične ali razlike v vedenju, itd.) so rezultat kombinacije genetsko zapisanih lastnosti in vplivov okolja. Nekatere od teh so genetsko pogojene: veliki starši imajo velike potomce, majhni starši pa majhne, vendar na velikost vpliva tudi okolje, kot je hrana, ki je na razpolago med rastjo. Tako otroci velikih staršev ne bodo dosegli višine, ki bi jo lahko, če se bodo v mladosti slabo prehranjevali.

Sprva so bile polemike, ali je Zemlja dovolj stara za evolucijske procese, ki bi omogočili današnjo raznolikost organizmov. Ta polemika se je podela, ko so ugotovili, da je Zemlja dejansko mnogo starejša, kot so sprva mislili, torej je bilo dovolj časa, da je evolucija lahko potekala.

Drug, bolj pomemben ugovor proti Darwinovi teoriji, pa je bil naslednji. Darwin je smatral, da se značilnosti, ki so sprva redke v vrsti, razširijo, ker dajejo prednost tistim osebkom, ki jih imajo. To pomeni, da so bili ti osebki izbrani, torej, da se čez čas ugodna značilnost razširi, dokler je nimajo (skoraj) vsi organizmi dane vrste. Toda Darwinovi nasprotniki so ugovarjali, češ da če je lastnost redka, ne bo imela vpliva na vrsto in se ne bo nikoli razširila. Nasprotno, lastnost bo zvedenela, tako kot kapljica črnila v jezeru. Darwin si je prizadeval mnogo let, da bi našel prepričljiv protargument za ta ugovor,



vendar ga ni. Na koncu je bil prisiljen, da je dokazoval svojo trditev z besedami: "Ne vem, kako se pojavi (nastane), vendar je očitno, da je v vsaki generaciji prisotna variacija, in to je ta variacija, ki je predmet selekcije".

Darwin in tudi njegovi kritiki so imeli napačno predstavo, oboji so imeli napačen pogled na dednost, ki so si jo predstavljali, kot fenomen (pojav) mešanja- podobno črnilu in jezeru.

Odgovor na to vprašanje je bil že na razpolago, čeprav se ga niso niti Darwin niti njegovi kritiki zavedali. V Brnu je živel menih Gregor Mendel (1822-1884), ki je delal poskuse s križanjem graha in ugotavljal, da se nekatere lastnosti prenašajo iz generacije v generacijo. Ugotovil je, da dedovanje ni mešanje, ampak da gre za diskretne enote - osebki obdržijo svoje lastnosti iz generacije v generacijo- in enote dednosti se ne porazgubijo, tudi če so skrite ali recesivne. Seveda Mendel ni vedel, kaj je vzrok temu, saj geni in kromosomi kot tudi delitev celice takrat še niso bili poznani. Mendel je leta 1865 prvič predstavil svoje rezultate, v katerih je dokazoval, da dednost ni posledica naključja ali čudeža, temveč zakonitosti. Mendlovo delo je dolgo ostalo neopaženo, oziroma ga niso smatrali kot pomembno, dokler ga niso ob koncu 19. stoletja ponovno odkrili, v času ko se je pojavila nova veja v znanosti – **genetika**. Ta je imela glavni vpliv na evolucijsko teorijo. Šele z genetiko smo lahko dobili prepričljivo razlago skrivnosti, kako se značilnosti prenašajo od staršev na potomce. Tako je sedaj je evolucijska teorija končno dobila svojo osnovo.

Darwinovo potovanje z ladjo Beagle je trajalo skoraj pet let. Na tem potovanju je obiskal obalo Južne Amerike, kjer je opazil mnogo različnih živali in rastlin, ki jih do takrat ni poznal ali pa so bile te živali podobne živalim, ki živijo na drugih kontinentih (na primer noj v Afriki in ptič nandu v južni Ameriki). Našel je tudi mnogo fosilov živali, ki danes ne živijo več, so pa podobni danes živečim živalim. Tako je menil, da so se danes živeče živali razvile iz živali, ki so že izumrle in jih poznamo samo kot fosile.



Ko je leta 1835 Darwin obiskal Galapaške otoke, je bil vedno bolj prepričan v evolucijo organizmov in v to, da so se vrste razvile iz skupnih prednikov.

Galapaški arhipelag leži v Tihem oceanu zahodno od Južne Amerike, skoraj 1000 km daleč od južnoameriške države Ekvador. Otočje sestavlja 13 večjih in 100 manjših otočkov. Nastali so pred nekaj milijoni let zaradi podvodnih vulkanskih izbruhov. Deset otokov je še danes delujočih vulkanov. Tako ti otoki niso bili nikoli sestavni del južnoameriške celine. Otoki so bili sprva brez življenja, postopoma pa so se nanje naselile rastline in živali iz obeh Amerik. Danes so nekateri otoki poraščeni z bujno vegetacijo, nekatere pa sestavlja črna vulkanska kamenina, stara približno sto let. Čez čas se bo tudi tu naselilo življenje.

Ko je prišel Darwin leta 1835 na otoke, je opazil nekatere vrste živali in rastlin, ki ne živijo nikjer drugje po svetu.

Darwin je bil predvsem presenečen nad raznolikostjo ščinkavcev. Opazil je, da se ščinkavci galapaških otokov razlikujejo med seboj po barvi perja, po velikosti, po oglašanju in še posebej po velikosti in obliki kljuna. Prav oblike kljuna kažejo na razlike v načinu prehranjevanja. Eni se hranijo s semeni, drugi z žuželkami, tretji z brstiči ali listi, nekateri s plodovi. Tisti, ki imajo močne kljune, lahko trejo lupine plodov. Poznamo tudi ščinkavce, ki s kljunom primejo kaktusovo bodico in z njo bezajo ličinke žuželk iz rastlin.

Nekateri živijo na drevju in se hranijo z žuželkami, drugi si iščejo hrano po tleh in med nizkim grmičevjem. Kako naj si razložimo takšno raznolikost?

Darwin je pravilno sklepal, da so se ti ščinkavci razvili iz skupne predniške oblike.

Galapaški ščinkavci po vsej verjetnosti izvirajo z južnoameriške celine. V določenem trenutku je majhna skupina ščinkavcev priletela na otok ali pa jih je zanesel vihar. Otok, poraščen z rastlinstvom, je nudil hrano ptičjim priseljencem. Prvi so se hranili s semeni in so imeli bolj močne in kratke kljune. Obilje hrane je omogočilo, da so se ptiči močno razmnožili. K temu je pripomoglo tudi to, da na otoku ni bilo plenilcev. Ko so se ščinkavci močno namnožili, je bilo hrane, s katero so se hranili vsi ščinkavci, vedno manj. Tako



so se nekateri z malo drugačnimi kljuni (na primer z malo daljšimi kljuni) lahko začeli hraniti z drugačno hrano, na primer z žuželkami. Ker otoki niso bili naseljeni z drugimi vrstami ptičev, so se ščinkavci lahko naselili v različnih nišah. Nekateri so se zadrževali pretežno v drevesnih krošnjah, drugi bolj na tleh in si tam iskali hrano, tretji pa so odleteli na sosednji otok.

Raznolikost v obliki kljuna je ščinkavcem omogočila hranjenje z različnimi vrstami hrane. Vsi potomci istih staršev niso popolnoma enaki. Tudi naši bratje in sestre niso popolnoma enaki. Razlikujejo se po velikosti, masi, barvi las, barvi oči, obliki nosu, brade... Prav tako potomci ščinkavcev istih staršev niso bili popolnoma enaki, ampak so se malo razlikovali med seboj. Razlike so bile v telesni velikosti, obliki kljuna, barvi perja... Prav razlika v obliki kljuna je bila eden od vzrokov, da so se nekateri ščinkavci lahko začeli prehranjevati z malo drugačno hrano ter imeli s tem več možnosti, če je bilo prvotne hrane malo, da preživijo in imajo mladiče. Tudi njihovi mladiči niso imeli popolnoma enakih kljunov. Spet so imeli večjo možnost, da preživijo tisti, ki jim je oblika kljuna omogočala boljše prehranjevanje, tisti, ki so težje prišli do hrane, pa so poginili. Tako je bila oblika kljuna, ki je omogočala boljše prehranjevanje, iz roda v rod bolj izrazita in po mnogih generacijah so bili ti ščinkavci tako drugačni od svojih »pra-pra-...-dedov«, da so postali nova vrsta. Za tiste, ki preživijo in imajo potomce, pravimo, da so bolje prilagojeni kot tisti, ki jim to ne uspe. Populacije ščinkavcev so bile na različnih otokih izpostavljene delovanju različnih dejavnikov naravnega izbora, kar je pripeljalo k evolucijski raznolikosti. Danes poznamo štirinajst vrst ščinkavcev, ki živijo na Galapaških otokih.

Kljub temu, da je Darwin pravilno sklepal, da je vzrok nastanka nove vrste naravni izbor, pa ni vedel, da je za to poleg raznolikosti potrebna tudi geografska in s tem povezana reproduktivna izolacija.

Nastanek nove vrste je dolgotrajen pojav in naše življenje je prekratko, da bi se to zgodilo v času našega življenja. Vendar je predpogoj za nastanek nove vrste raznolikost organizmov.





## DEJAVNOSTI

### DELOVNI LIST

Preberi besedilo o Lamarckovih ugotovitvah, ki jih je oblikoval pri opazovanju vratov žiraf. Navedi primer, ki lahko ovrže njegove ugotovitve. Kako si danes razlagamo nastanek dolgih vratov pri žirafah? Posledica česa so?



## DELOVNI LIST

Poglej si slike galapaških ščinkavcev. Napiši čim več stvari, po katerih se razlikujejo. Ugotovi, s čim se hranijo, in poveži njihove telesne značilnosti (oblika, velikost kljuna) z načinom prehranjevanja.

| Ime ščinkavca | Oblika kljuna | Velikost kljuna | S čim se hrani | Barva perja |
|---------------|---------------|-----------------|----------------|-------------|
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |
|               |               |                 |                |             |

Zakaj nimajo vsi enake barve perja?

Poglej si slike galapaških želv. V čem se razlikujejo?

## DEJAVNOSTI

Učenci ugotavljajo prilagoditve organizmov na okolje. Nekateri organizmi so razvili varovalne barve, drugi svarilne. Varovalne barve so tiste, ki se skladajo z okolico, tako da je žival čim manj opazna in jo plenilec težko opazi. Svarilne (opozorilne) barve pa so zelo vpadljive (izrazite) in že na daleč opozarjajo, da je organizem strupen in naj se je plenilec izogiba. Tako se je v evoluciji strupenost razvijala vzporedno s svarilnimi barvami. Nekateri organizmi pa ne



samo z barvo ali vzorcem oponašajo okolico, ampak tudi z obliko; to je mimikrija (na primer, paličnjak živi list je bolj podoben rastlini kot živali. Tudi rastline z obliko in barvo cveta oponašajo žuželke, ki jih oprašujejo). Nekateri organizmi pa posnemajo strupene in sami niso nevarni. Nekatere živali pa z glasom oponašajo druge živali.

#### DELOVNI LIST

Opazuj slike desetih različnih vrst sesalcev (na primer kit, mačka, netopir, opica, konj...) in ugotovi, kakšne okončine imajo in kako se razlikujejo glede na to, v kakšnem okolju živijo.

Poišči nekaj primerov za trditve, da so si različne vrste v različnih predelih sveta, ki živijo v podobnih življenjskih okoljih, po obliki med seboj podobne (na primer kit, riba).

#### DELOVNI LIST

Poišči primere, da se sicer sorodne vrste, ki naseljujejo različne življenjske prostore, lahko razlikujejo po nekaterih značilnostih. Poglej si na primer našo lisico in jo primerjajo s polarno lisico in fenekom. Kje živijo te vrste lisice in kakšne so prilagoditve glede na okolje, v katerem živijo?

- barva dlake
- velikost uhljev
- velikost smrčka
- dolžina okončin
- stopala



## DELOVNI LIST

Natančno preberi besedilo o evoluciji človeka in naredi razpredelnico oziroma časovni trak.

- Kdaj so živeli človečnjaki?
- Kateri je prvi znani človečnjak?
- Ali je v istem obdobju živelo več človečnjakov?
- Pri vsakem človečnjaku napiši velikost možganov.
- Kaj lahko ugotoviš, kaj se je dogajalo z velikostjo možganov v evoluciji?

## DELOVNI LIST

Na sliki je skelet šimpanza in modernega človeka.  
Primerjaj njuni okostji in svoje ugotovitve napiši v razpredelnico.

|                   | Dolžina<br>sprednjih<br>okončin | Dolžina<br>spodnjih<br>okončin | Višina<br>mede-<br>nice | Oblika<br>prstov<br>na<br>roki | Oblika<br>prstov<br>na<br>nogi | Odmak-<br>njenost<br>palca na<br>nogi | Krivina<br>na<br>hrbtenici | Velikost<br>možga-<br>nov |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Moderni<br>človek |                                 |                                |                         |                                |                                |                                       |                            |                           |
| Šimpanz           |                                 |                                |                         |                                |                                |                                       |                            |                           |

Ali lahko razbereš iz tabele, katere so prilagoditve na drevesni način življenja

## DELOVNI LIST

Na sliki sta skelet modernega človeka in neandertalca. Svoje ugotovitve vpiši v tabelo

|              | Oblika<br>glave | Velikost<br>možganov | Oblika<br>obraza | Velikost | Dolžina<br>ključnice | Celotni<br>videz<br>telesa |
|--------------|-----------------|----------------------|------------------|----------|----------------------|----------------------------|
| Neandertalec |                 |                      |                  |          |                      |                            |
| Moderni čl.  |                 |                      |                  |          |                      |                            |

## Srednja šola

### Dijaki:



- vedo, da se je Zemlja v svoji preteklosti spreminjala in da so včasih živeli drugačni organizmi, ki so izumrli; nastajali so novi in drugačni, o čemer pričajo številni fosili;
- razumejo osnovne dejavnike, ki so potrebni za nastanek nove vrste;
- poznajo pomen genov kot osnovo dednosti in spremembe dednega materiala;
- poznajo začetne eksperimente, ki jih je izvedel Mendel, in njihov pomen za razvoj genetike;
- spoznavajo zgodovino naravoslovja in naravoslovce, ki so pomembni za evolucijo (Line, Lamarck, Darwin, ...);
- poznajo pomen Darwinovega dela za evolucijo;
- znajo smiselno poiskati, urediti in predstaviti informacije;
- znajo smiselno urediti podatke;
- znajo uporabiti znanje v novih razmerah;
- poznajo prilagoditve primatov na drevesni način življenja;
- iščejo anatomske podobnosti in razlike med primati (človeku podobnimi opicami) in človekom;
- spoznavajo, v čem se človek razlikuje od ostalih živali in primatov, in ga uvrsti v klasifikacijski sistem;
- vedo, da ima človek svoje prednike, iz katerih se je razvila današnja oblika človeka;
- povežejo spremembe v klimi in vegetaciji s spremembami v anatomiji človečnjakov in jih kronološko opredeli;
- spoznavajo človekove prednike, zvedo, kdaj in kje so živeli, in jih povežejo z geografijo;
- poznajo najznačilnejše človečnjake, ki so bili predniki ali sorodniki današnjega človeka;
- spoznavajo anatomske podobnosti in razlike človečnjakov in modernega človeka in jih kronološko opredelijo;
- vedo, da evolucija človeka ni potekala premo, ampak radialno, mnoge vrste pa so izumrle;



- iščejo anatomske in morfološke razlike, ki so posledica pokončne drže;
- spoznavajo razvoj kulture človečnjakov in ga povežejo z razvojem možganov;
- poznajo osnovno kameno orodje človečnjakov in umetnost zgodnjega modernega človeka;
- znajo kritično razlikovati med verodostojnimi in neverodostojnimi informacijami;
- razumejo, da strokovnjaki še vedno odkrivajo nove fosile človečnjakov, ki sliko o naši preteklosti še dopolnjujejo in včasih tudi spremenijo;
- znajo smiselno povezati razvoj človeka z razvojem možganov.



## EVOLUCIJA ČLOVEKA

*Bajd, B.(2000): Evolucija človeka, Naravoslovna solnica, 4, št. 3, st. 4-10*

Človeka je od nekdaj zanimalo, ali smo ljudje od nekdaj taki kot danes, ali pa smo se razvili iz nekih prednikov, in če je tako, kakšni so bili ti predniki. Odkar je splošno priznan nauk o evoluciji (da se vsa živa bitja razvijajo kot vrste), številne, tako rekoč vsakdanje, najdbe paleoantropologov potrjujejo, da je bila naša evolucija zelo zanimiva in da še zdaleč ne vemo vsega, kar se je dogajalo v naši prazgodovini.

Danes poznamo veliko zgodnjih človeku podobnih oblik, ki pa so izumrle. Vse te oblike imenujemo hominidi. Najzgodnejše oblike so bile zelo podobne danes živečim človeku podobnim opicam, mlajše oblike pa so bolj podobne sodobnemu človeku. Poznamo veliko različnih vrst zgodnjih hominidov. Če bi želeli z diagramom ponazoriti evolucijo človeka, bi bil ta podoben grmu z veliko na vse strani raztezajočimi vejami in vejicami in vsaka vejica bi pomenila ločeno hominidno vrsto. Vendar se bomo pri tokratnem pregledu osredotočili samo na nekaj bolj pomembnih in bolj poznanih vrst – glavnih vej v grmu človeške evolucije. Če bi si želeli ustvariti celotno sliko, bi morali obravnavati vsako vejico, kar bi bilo bolj zapleteno in obsežno.

Različni dokazi potrjujejo, da so naši najbližji živeči sorodniki afriške človeku podobne opice: gorila, orangutan in zlasti šimpanz. To **ne** pomeni, da smo se ljudje razvili iz afriških človeku podobnih opic, temveč to, da si delimo z njimi skupnega prednika; torej so naši bratranci in ne pa naši pra-, pra- stari starši. Druge opice pa so naši bolj oddaljeni sorodniki. Čeprav nimamo neposrednih dokazov, mislimo, da so se najzgodnejši hominidi ločili od prednikov afriških človeku podobnih opic pred 6 do 8 milijoni let. Zakaj in kako se je to zgodilo, ne vemo, verjetno pa so hominidi živeli v bolj suhih in odprtih predelih, medtem ko so človeku podobne opice ostale v gozdovih in gozdnati pokrajini, kot jih najdemo tudi danes.



Najzgodnejše fosile so našli v tektonskem jarku (Rift Valley) v vzhodni Afriki, kjer je bila relativno suha in odprta pokrajina, predvsem travniki z redkimi drevesi in gostejši pasovi gozdnate pokrajine na obrežju jezer in vzdolž bregov rek in potokov. Tu so lahko dobili hrano, (kot so plodovi, popki in jagode), zavetje pred sončno pripeko, prostor, kjer so spali in bili varni pred plenilci (levi in leopardi), v potokih pa so dobili pitno vodo. Tako ni presenetljivo, da so večino hominidnih fosilov našli v najdiščih, ki so bili na obrežju rek ali jezer. Ti fosili kažejo, da so imeli hominidi široka ramena, dolge roke z močnimi mišicami in dlani z močnimi prsti, kar jim je omogočalo dobro plezanje po drevesih. Značilno okolčje in noge so jim omogočale gibanje po dveh nogah, brez uporabe rok, kadar so bili na tleh. Hominidi so edini sesalci, ki se gibajo samo po dveh nogah (*bipedalno*), medtem ko drugi sesalci, tudi človeku podobne opice, hodijo po vseh štirih. Torej je bipedalizem pomembna značilnost, po kateri prepoznamo hominide. Verjetno se je bipedalna hoja razvila kot način za premikanje na kratke razdalje med enim in drugim drevesom v travnati pokrajini in jim je tako omogočala, da so se hranili z rastlinami, ki rastejo na tleh (trava in žita, grmi, zelnote rastline), kot tudi s hrano, ki jo nudijo drevesa.

### ***Sachelantropus tchadensis***

Najdba je stara 6-7 milijonov let. Našli so skoraj popolno lobanjo (velikost možganov 380 cm<sup>3</sup>) in nekaj zob. Nekateri menijo, da gre za najstarejšega človečnjaka, ki je do sedaj poznan, nekateri pa so bolj previdni in se s tem ne strinjajo. Če se bo potrdilo, da ga lahko pripisujemo človečnjakom, potem je to trenutno najstarejša najdba.

### ***Orrorin tugenensis***

Najdba je stara 6 milijonov let. Nekateri strokovnjaki so skeptični, ne toliko zaradi datacije (pogorje Tugen je eno najbolj datiranih območij v Keniji), ampak menijo, da fosili pripadajo več različnim rodovom. Našli so nekaj stegnenic, ki pričajo, da naj bi bil *O. tugenensis* za 50% večji od *A. afarensisa*





(Lucy). Vprašanje je, ali so bili ti osebki (tako moški kot ženski) res v povprečju večji od osebkov iz rodu *Australopithecus*, ali pa gre le za izrazit spolni dimorfizem, kot ga srečamo tudi pri australopitekih. Umestitev *O. tuggenensis* v rodoslovno drevo človečnjakov za sedaj ostaja še odprta.

### ***Ardipithecus***

Človečnjak, ki je živel pred 4,4 milijona leti. Odkrili so ga pred nekaj leti v Etiopiji. Po obrazu in čeljusti je bil podoben šimpanzu. Našli so tudi veliko delov skeleta, vendar še ni opisan, tako da vemo zelo malo o njegovi anatomiji razen tega, da je bil dobro prilagojen za plezanje po drevesih.

### ***Australopithecus***

Večina zgodnjih hominidov se imenuje australopitek, kar pomeni »južna človeku podobna opica«, ker so našli prve fosile v Južni Afriki, precej južneje, kot danes živijo šimpanzi in gorile. Danes poznamo veliko oblik australopitekov. Najbolj poznani in najpomembnejši so:

- *Australopithecus afarensis*

To vrsto poznamo po najdbah v Tanzaniji in v predelu Afar v Etiopiji, zato se tudi tako imenuje. Živel je pred 3,8-3,0 milijoni let. Najbolj slaven zgodnji hominid je delni skelet majhne ženske, ki so jo poimenovali Lucy. *A. afarensis* je bil še vedno zelo podoben šimpanzu, vendar pa je stal bolj pokončno kot šimpanz, na tleh je hodil bipedarno in imel je manjše sprednje zobe in razmeroma večje lične zobe kot danes živeče človeku podobne opice. Znane so 3,6 milijona let stare stopinje, ki so se ohranile in strdile v vulkanskem pepelu v Laetoli v Tanzaniji. Domnevajo, da jih je naredil *A. afarensis*.

- *Australopithecus africanus*

Ta vrsto poznamo iz južne Afrike. Zelo je podobna *A. afarensis*, vendar je bolj prilagojena za plezanje, ima močan obraz in čeljusti, manjše sprednje in večje lične zobe kot vzhodnoafriške oblike. Večina primerkov te vrste je starih 2,6 do



3 milijone let. Pred kratkim so našli popoln skelet (ki ga pripisujemo tej vrsti, morda pa gre celo za drugo vrsto), ki je star 3,3 milijona let. Potrebni bi nekaj let, da bodo skelet natančno proučili in opisali. Mnogi znanstveniki mislijo, da je *A. africanus* prednik zgodnjega človeka (rod *Homo*) in tako tudi naš prednik.

### *Podnebje se spreminja*

Pred 2,5 milijona leti pa so se začele vremenske razmere spreminjati in mnogi predeli Afrike so postali bolj suhi in bolj odprti. Gozdovi so se skrčili in travnata pokrajina razširila. Podnebje je postalo bolj sezonsko, s sušnim obdobjem, ki je pomenilo posebno težko obdobje, ker je bilo v tistem času na voljo zelo malo hrane. To je bil velik izziv za hominide, ki so se morali prilagoditi na spremenjene razmere, da so lahko preživel. Začeli so se prehranjevati z rastlinami slabše kakovosti, na primer s travami in drugimi rastlinami, ki rastejo pri tleh, in s plodovi z debelo lupino in orehi, ki se niso posušili na soncu. Za tovrstno prehranjevanje so potrebovali velike čeljusti z močnimi žvečilnimi mišicami in močnejšimi, mnogo večjimi ličnimi zobmi, s katerimi so hrano lahko učinkovito zdrobili in zmleli. Ker so imeli velike, močne obraze in čeljusti, so poznani kot »robustni« hominidi. Vključujemo jih v rod *Australopithecus* ali včasih tudi med *Paranthropus* (»poleg človeka«). Poznani sta dve obliki:

- *Australopithecus* (ali *Paranthropus*) *robustus*

To vrsto poznamo iz južne Afrike iz obdobja med 1,5 in 2,2 milijona let v preteklosti. V primerjavi z zgodnejšimi hominidi je imela večji obraz, čeljusti in zobe, obenem pa je bila manj prilagojena na plezanje po drevju. Verjetno je ta hominid izdeloval in uporabljal orodje za izkopavanje čebulic, gomoljev in korenin, s katerimi se je hranil.

- *Australopithecus* (ali *Paranthropus*) *boisei*

Ta vrsta je živela v vzhodni Afriki v obdobju med 1,2 in 2 milijonoma let v preteklosti. *A. boisei* je bil celo močnejše zgrajen kot *A. robustus*, obraz in



čeljust je imel bolj masiven in izredno velike lične zobe za drobljenje in mletje trde hrane. Veliko fosilnih najdb kaže na to, da so bili v tem obdobju zelo uspešna vrsta. Po času izpred 1,2 milijona let je začelo njihovo število upadati in obe robustni vrsti sta izginili.

### **Zgodnji človek-*Homo***

Na spreminjajoče vremenske razmere po času izpred 2,5 milijona let so se nekateri hominidi bolj prilagodili kot »robustne« oblike. To so najzgodnejši fosili, ki jih vključujemo v rod *Homo* (»človek«), to je v skupino hominidov z večjimi možgani, kamor spada tudi sodobni človek. Možgani najzgodnejšega človeka so bili malo večji od australopitekovih, imel je manjše lične zobe, šibkejši čeljusti in nežneje zgrajen obraz. Vse to kaže na to, da se je zgodnji človek hranil z drugačno hrano kot »robustni« australopitek. Verjetno je jedel več sadja in živalskega mesa. To hrano mu ni bilo treba tako žvečiti kot trdo rastlinje. Zato je moral biti zgodnji človek pametnejši in hitrejši, da si je zapomnil, kje lahko najde hrano. Potreboval je orodje, da je žival lahko ujel, jo razkosal in pojedel.

Najzgodnejši fosil, ki ga pripisujemo rodu *Homo*, je zgornja čeljust, ki so jo našli skupaj z nekaj orodja v Hadarju v Etiopiji. Stara je 2,4 milijona let. Ta čeljust je kratka in široka, z majhnimi zobmi, ki so v postopno zaviti vrsti; vse to so značilnosti, ki kažejo na to, da pripada ta čeljust rodu *Homo* in ne rodu *Australopithecus*. Kameno orodje so ostri koščki, odbiti od prodnjakov, ki so jih lahko uporabljali tudi kot čoperje ali tolkače. To orodje včasih imenujemo »pebble tool« ali »olduvaiska« industrija, ki se imenuje po soteski Olduvai v Tanzaniji, kjer so ga najprej našli.

Veliko več dokazov orodja in fosilov zgodnjega človeka je poznanih iz obdobja pred malo manj kot 2 milijonoma let. V tem obdobju so živele tri različne oblike zgodnjega človeka.

### ***Homo habilis***



To vrsto dobro poznamo iz več najdišč v vzhodni Afriki, predvsem iz Olduvajske soteske v Tanzaniji in jezera Turkana v Keniji, verjetno pa tudi iz južne Afrike. Stara je malo manj kot 2 milijona let. *Homo habilis* je imel nežno zgrajen obraz in čeljusti, možgane je imel za 25 % do 40 % večje od australopitekov. Še vedno je imel dolge, močno mišičaste roke, široka ramena in kratke noge, tako da mnogi strokovnjaki menijo, da je preživel večino časa na drevesih ter da je živel v galerijskem gozdu vzdolž rečnih bregov in ob obali jezer. Ime pomeni »spretni človek«, kajti ob prvem odkritju v Olduvajski soteski so našli mnogo kamenih orodij, za katere menijo, da jih je naredil sam. Vendar pa o tem ne moremo biti popolnoma prepričani. *H. habilis* je izumrl pred 1,4 milijona let.

### **Homo rudolfensis**

Ta vrsta je mnogo manj poznana kot *H. habilis*. Njene fosile so našli samo blizu jezera Turkana (ki so ga včasih imenovali jezero Rudolf po avstrijskem nadvojvodi in prestolonasledniku Rudolfu). Ena od najdb je verjetno iz Malawija. *H. rudolfensis* je imel večje možgane kot *H. habilis*, njegov obraz je bil širši in globlji ter lični zobje širši (čeprav ne tako veliki kot pri australopiteku). Če sodimo po njegovi lobanji, je imel verjetno večje telo kot *habilis*, toda žal nimamo nobenih fosilov rok ali nog, tako da ne vemo, ali je hodil popolnoma vzravnano po dveh nogah ali je še vedno plezal po drevesih. *H. rudolfensis* je živel v obdobju od 1,9 do 1,7 milijona let v preteklosti.

### **Homo erectus**

To je tretja in najbolj poznana ter tudi najuspešnejša vrsta zgodnjega človeka. Njegovih fosilov imamo mnogo več kot fosilov *H. habilisa* ali *H. rudolfensisa*. Najstarejši primerek *H. erectusa* je star 1,9 milijona let in ga poznamo iz najdišč okrog jezera Turkana. Mnogo najdb poznamo tudi iz drugih predelov vzhodne Afrike, vključno z Olduvajsko sotesko, in iz najdišč v južni in severni Afriki, do obdobja izpred okrog 0,5 milijona let ali celo manj. *H. erectus* je prvi hominid, ki so ga našli izven Afrike: poznani so fosili iz Izraela (izpred 1,4 milijona let),



Kitajske (izpred 1,2 do 0,3 milijona let) in Jave (izpred 1,2 do 0,2 milijona let). Pred nekaj leti pa so našli v Gruziji v bližini Dmanisija poleg kamenega orodja tudi več lobanj *H. erectusa*, starih 1,7 milijona let. To so najstarejše najdbe izven Afrike, ki pričajo, da se je pokončni človek selil iz Afrike kmalu za tem, ko se je pojavil.

V nasprotju z drugimi zgodnjimi vrstami iz rodu *Homo*, je bil *H. erectus* razširjen na najširšem območju in tudi najdlje živel. Njegovo ime (*erectus* = vzravnano) pomeni, da je stal popolnoma vzravnano in je hodil in tekal bipedalno. Imamo mnogo fosilov okončin, ki to potrjujejo. Najpopolnejši in prepričljivi dokaz je skoraj popoln skelet 11-12 letnega dečka, ki so ga našli na zahodni strani jezera Turkana in je star 1,6 milijona let. Deček je bil visok (1,6 m, ko je umrl, in verjetno bi dosegel velikost 1,8 m) in vitek, vendar z močnimi mišicami. To so značilnosti, ki so mu omogočale, da se je hitro in lagodno premikal v vroči, suhi afriški savani. Menimo, da je živel samo na tleh in v nasprotju s *H. habilisom* ni preživel veliko časa na drevesih, razen mogoče takrat, ko je obiral plodove ali kadar je zbežal pred plenilci, kot so levi in leopardi.

*H. erectus* je imel večje možgane kot *H. habilis* in *H. rudolfensis*, z možgansko prostornino 1000 cm<sup>3</sup>. Največji možgani *H. erectusa*, se ujemajo s prostornino z najmanjšimi možgani modernega človeka. V nasprotju z modernim človekom je imel *erectus* debelejšje lobanjske kosti in močne nadočesne oboke. Obraz in čeljusti so bili relativno nežno zgrajeni in zobje relativno majhni. *H. erectus* je uporabljal orodja, da se je lahko prehranjeval z rastlinami in živalmi. V mnogih najdiščih v Afriki in zahodni Aziji so našli veliko kamenih orodij – pestnjakov, ki imajo obliko hruške ali mandlja in so običajno zelo fino izdelani. Pravilne oblike orodja in spretnost, ki je bila potrebna za izdelavo, kažejo na to, da je bil *H. erectus* verjetno bolj inteligenen kot druge oblike zgodnjega človeka ter prav gotovo bolj inteligenen kot robustni avstralopiteki, ki so živeli istočasno z zgodnjim *erectusom*.

Kot kaže, druge skupine *erectusa* v vzhodni Aziji niso imele pestnjakov, verjetno zato, ker ni bilo na razpolago primerne materiala. Zato so verjetno



uporabljali orodje iz lesa in bambusa, kamnite odbitke in čoperje - zgodnje afriške prodnjake.

Nekatere poznejše skupine *H. erectusa* so živele v severnejših predelih, daleč od tropov; tam so se spreminjali letni časi in pozimi so bili kratki dnevi in malo hrane. Eno tako najdišče je na Kitajskem blizu Pekinga, Zhoukoudian, v katerem so našli veliko fosilov *H. erectusa* skupaj z živalskimi kostmi, semeni drevesa koprivovca in orodjem. Dolgo časa so arheologi mislili, da je *H. erectus* uporabljal ogenj, da se je grel in si svetil, vendar pa danes o tem niso več tako trdno prepričani.

### **Homo heidelbergensis**

To vrsto poznamo iz Afrike in Evrope iz obdobja izpred 0,8 do 0,2 milijona let. *Homo heidelbergensis* je bil po višini in telesni zgradbi ter po obrazu in čeljusti zelo podoben *H. erectusu*, vendar je imel malo večje možgane in lobanjo; in čeprav je bila ta močno zgrajena, je bila bolj zaokrožena. Pomembna najdišča so na različnih krajih v Južni Afriki, Zambiji, Tanzaniji in Keniji. V Evropi poznamo najzgodnejše primerke, stare 0,8 milijona let iz Atapuercke (severna Španija), medtem ko so drugi pomembnejši fosili stari od 0,2 do 0,5 milijona let. Med njimi so spodnja čeljustnica iz Heidelbergga (Nemčija), lobanja iz Petralone (Grčija) in manj popolno ohranjene najdbe iz lokacij Arago (južna Francija), Swanscombe (Anglija), Steinheim (Nemčija) in Verteszollosa (Madžarska). Zlasti pomembna je zbirka (ki se še veča) primerkov, starih okrog 0,4 milijona let, ki so jih našli v »Breznu kostik«, ki je drugo najdišče v Atapuerci.

Evropo so verjetno najprej naselili zgodnji ljudje v obdobju malo po 1 milijonu let v preteklosti. Prve naselitve so bile omejene na južni del kontinenta, blizu Sredozemlja in Iberije, in sicer samo v obdobju med medledenimi dobami, ko je bilo podnebje mnogo toplejše, kakor je danes. Verjetno pa Evropa med mrzlimi glaciali (ledenimi dobami) ni bila naseljena. Po obdobju izpred okrog 0,5 milijona let najdemo primerke tudi v severnih predelih (Angliji, Nemčiji) med toplimi obdobji. Za čas izpred okrog 0,2 milijona let imamo dokaze, da so



Ijudje lahko neprekinjeno živeli v vseh predelih Evrope razen v severni Evropi, med toplimi kot tudi hladnimi obdobji. Nekatere pozne populacije *H. heidelbergensis* so bile verjetno predniki naslednje zgodnje človeške oblike – neandertalca, ki se je razvil v hladnem obdobju med 0,15 in 0,2 milijona let v preteklosti.

### **Homo neanderthalensis- neandertalec**

To vrsto poznamo najdlje, zato je tudi najbolj znana vrsta zgodnjega človeka, ki je izumrla. Obenem je tudi najmlajša vrsta (poleg naše); najstarejši primerki so stari okrog 150 000 let, najmlajši pa približno 27 000 let. Znana je zbirka starih ostankov iz Krapine (Hrvaška), stara 130 000 let, medtem ko je večina najdb starih manj kot 40 000 let. Najbolj znane so najdbe iz jugozahodne Francije in južne Španije. Ti primerki se imenujejo po dolini Neander blizu Düsseldorfa v Nemčiji. Mnoge poznamo iz najdišč v zahodni, osrednji in vzhodni Evropi, vzhodno do Rusije in južno do Bližnjega vzhoda. Neandertalci so imeli zelo značilno podobo: bili so nizke rasti in čokati, prsni koš so imeli v obliki soda, kratke roke in noge, in močne mišice; skratka, oblika telesa jim je omogočala, preživetje v hladnem podnebj, v katerem so živeli. Imeli so velike možgane in dolgo lobanjo in obrazni del je segal precej naprej; imeli so velik nos, ki je štrlel naprej, in navzdol segajoče lične kosti. Nekateri strokovnjaki mislijo, da neandertalci niso mogli govoriti tako dobro kot mi, drugi pa mislijo, da se glede tega niso razlikovali od nas. Neandertalski skeleti, ki jih danes poznamo, so relativno popolni, ker so neandertalci pokopavali pokojne. Tako vemo, kakšna je bila njihova zunanost in kako so se obnašali.

Neandertalci so imeli težko življenje. Čeprav so bili močni, so strokovnjaki na večini njihovih skeletov odkrili poškodbe. Nekatere od njih so bile hude, saj se vidijo zgodnje obrabe in raztrganine sklepov in okončin. Mnogo jih je umrlo v zgodnji mladosti ali otroštvu in celo odrasli so redko živeli dlje kot trideset let. Za bolne in poškodovane so skrbeli drugi v skupini. Skelet iz Shanidara (Irak) ima velike poškodbe po eni strani telesa, je brez enega očesa, ima rane na



obrazu, poškodovano ramo in zgornji del podlahti, ki je bila amputirana v višini komolca; kaže tudi, da je oseba šepala na eno nogo. Kljub vsem tem poškodbam si je opomogla in je živela še nekaj let, verjetno ob oskrbi drugih v skupini. Mnogo poškodb je pri neandertalcih nastalo zaradi tega, ker so lovili in se spopadali z živalmi od blizu, na primer z jamskimi medvedi in dlakavimi nosorogi. Ker menimo, da so pri lovu uporabljali kratke koničaste sulice (ki jih niso metali), so se morali zelo približati živali.

Znani so tudi ostanki živali, ki so jih uporabljali pri prehrani: jelenov, konjev, kozorogov, zajcev in lisic, v predelih ob morski obali pa tudi školjk. Arheologi menijo, da so neandertalci živeli v osrednjem taboru, od koder so hodili na lov in nabiranje hrane v bližnjo okolico. Večina njihovega orodja je bila narejena iz kremena, les za držaj sulice se ni ohranil. Zelo malo pa je orodja iz kosti, slonovine ali rogov, kar je presenetljivo, saj so se kosti ohranile v najdiščih neandertalcev med ostanki hrane. Pomembna izjema je verjetno piščal iz najdišča Divje babe v Sloveniji. Če bodo študije potrdile, da je najdba res piščal in iz obdobja neandertalca, bo najdba najstarejši glasbeni inštrument na svetu. Nekatera najdišča kažejo, da so neandertalci uporabljali okraske (obdelane živalske zobe, označene vdolbene prodnjake). V nekaterih najdiščih znotraj kontinenta pa so našli veliko školjčnih lupin, kar kaže na to, da so neandertalci prehodili velike razdalje.

Neandertalci so svoje pokojne pokopavali, pogosto v počepu ali skrčeni legi, tako da so bila kolena potegnjena nad telesom. Arheologi so včasih mislili, da so neandertalci oskrbeli pokojne z orodjem in hrano in da so verjeli v posmrtno življenje. Toda sedaj znanstveniki ugotavljajo, da nimamo dovolj dokazov za tako mišljenje: orodje in kosti so verjetno ostale na območju, ker so neandertalci živeli, tam pa so telo tudi pokopali. Tako lahko rečemo, da so bili neandertalci, čeprav niso bili tako »moderni«, kot smo včasih mislili, še vedno mnogo bolj človeški po obnašanju kot katera koli zgodnja oblika vrste *Homo*.





## Homo sapiens

Tako ime imajo ljudje kot smo mi: visoki, vitki in nežno zgrajeni osebk, ki imajo ploščate obraze, šibke čeljusti in izrazito brado. Možganski del lobanje je visok in zaokrožen, nadočesni oboki pa niso močno razviti. Najzgodnejši ostanki so znani iz južne in vzhodne Afrike in so stari med 80 000 in 120 000 let, kar kaže na to, da so se verjetno moderni ljudje razvili iz poznih afriških populacij *H. heidelbergensis*-a ali njemu podobnih oblik zgodnjega človeka. Malo mlajši ostanki so znani iz Izraela iz obdobja med 80 000 in 100 000 let v preteklosti in iz Avstralije vsaj izpred 60 000 let in verjetno celo do izpred 100 000 let. Na drugi strani pa so najdbe iz Evrope mnogo mlajše (stare 45 000 let ali celo manj) in enako velja za nekaj najdb iz vzhodne Azije.

Najzgodnejši *Homo sapiens* na Bližnjem vzhodu se časovni prekrivajo z neandertalcem, vendar se močno razlikujeta po videzu. *H. sapiens* je bil visok, vitek, torej prilagojen na toplo podnebje, medtem ko je bil neandertalec nižje rasti, bolj čokat, torej prilagojen na hladno podnebje. Nekateri strokovnjaki menijo, da sta se neandertalec in *H. sapiens* selila na Bližnji vzhod in nazaj, glede na spremembe podnebja. Neandertalec se je v obdobju mrzlega vremena selil južno od Evrope in Rusije, v toplem obdobju pa se je vrnil nazaj. *H. sapiens* pa se je selil severno od Afrike. Čeprav sta živela v istih predelih in sta uporabljala enako orodje, odkritja nakazujejo, da sta se glede bivanja precej razlikovala. Neandertalec je živel v glavnem taboru in iz njega hodili na lov in po hrano, zgodnji *H. sapiens* pa je bil verjetno bolj mobilen in se selil iz enega predela na drugega in hodil po večjem področju.

Zgodnji moderni ljudje so prišli v Evropo verjetno pred 45 000 leti prek Balkana. Selili so se proti zahodu vzdolž sredozemske obale in navzgor po reki Donavi. Pred 35 000 leti so naseljevali osrednjo Evropo in malo po času izpred 30 000 let tudi jugozahodno Francijo. S seboj so prinesli novo orodje, kot so svedri, dleta, strgala, šila, narejena iz kremenovih rezil (ne odbitkov), ter orodje iz kosti, rogovja in slonovine, na primer harpune in celo konice in igle. Mnoga



od teh orodij so bila gravirana ali izrezljana; zgodnji človek je očitno rad okraševal. Imamo veliko primerov upodablajoče umetnosti s človeškimi in živalskimi figurami, koraldami in obeski (včasih po sto ali celo tisoč), ki so jih imeli na oblekah, in čudovite slikarije na stenah jam in v skalnih previsih v Franciji in Španiji. Barvo so delali z okro, ogljem in rastlinskimi barvili, pomešanimi z živalsko maščobo. Verjetno so jo nanašali s prsti ali s paličico ali »gobo«, ki so jo naredili iz mahu. Čeprav je na nekaterih slikarijah videti, da so upodobljeni ljudje, so večinoma risali živali: mamute, dlakave nosoroge, jelene, konje in bizone. Ti so bili pomemben vir hrane in mnogi arheologi menijo, da so slikarije uporabljali v čarovniških ritualih, da bi lovcem pomagale ujeti plen.

Ko so se skupine *H. sapiensa* preselile v Evropo, so se srečale z neandertalci, ki so že živeli na tem območju. Strokovnjaki imajo različne poglede o tem, kaj se je dogajalo. Nekateri menijo, da so zgodnji moderni ljudje potisnili neandertalce iz njihovih predelov in ti so začeli izginjati in verjetno so izumrli. Drugi pa menijo da sta obe skupini živeli druga ob drugi in se mogoče celo med seboj plodili in križali. V zadnjem času nekateri trdijo, da skelet otroka, ki so ga našli na Portugalskem, kaže na mešanico neandertalca in zgodnjega modernega človeka ter je dokaz, da so se križali med seboj. Na nekaterih mestih v jugozahodni Franciji in delih Italije so našli orodje, ki kaže, da so se neandertalci učili od zgodnjega *H. sapiensa*. Kopirali so nova kamena orodja in jih priredili na poseben način, delali so izdelke iz kosti in slonovine in začeli okraševati izdelke. Vendar pa so na večini območij po obdobju prekrivanja nekako od 3000 let do 5000 let neandertalci izginili. Najpoznejši neandertalec je živel v južni Španiji, in to pred 27 000 leti.

Ko je neandertalec izginil, so se skupine *H. sapiensa* razmnožile in razširile po ozemlju. Poznamo najdbe po vsej Evropi, v Rusiji in Daljnem vzhodu (Kitajska in Sibirija). Pred približno 18 000 leti je bilo precej hladno, ledeniki so se razširili, gladina morja se je znižala in precej zemlje okrog kontinentov je bilo kopne. Verjetno so ravno v tem času ljudje potovali iz Sibirije v Severno Ameriko,



vendar so bili več sto let priklenjeni na Aljasko. Ko so se ledene ploskve stalile, so se odprle nove poti, in predniki današnjih ameriških Indijancev so se razširili po Severni in Južni Ameriki pred približno 12 000 leti.

Po približno 14 000 leti je podnebje postalo toplejše in ledene ploskve so se stalile, kar je prineslo nove spremembe. Brezovi in borovi gozdovi so prerasli večje predele odprte stepe; živali, ki so živele v odprtih pokrajinah, kot so mamut in dlakavi nosorog, so izumrle, severne jelene pa so zamenjali navadni jeleni.

Vse to je povzročilo, da so ljudje morali najti nove načine lovljenja in novo hrano. Namesto lova na črede na odprti travnati pokrajini so začeli loviti posamezne živali v gozdu, bolj so se hranili s ptiči in bili odvisni od ribolova. Pri prehodu na novi način prehranjevanja so si pomagali z novim orodjem, kot so konice za kopja in harpune za ribolov ter loki in puščice za lov. Rastlinska hrana je postala pomembnejša in mnoge skupine so si začele nabirati semena različnih rastlin, predvsem žit. V obdobju pred 10 000 do 11 000 leti so na Srednjem vzhodu posamezne skupine ljudi začele saditi in gojiti lastna žita, okopavati zemljo in pobirati pridelek. Druge skupine ljudi so ujele živali, jih hranile in nato pojedle (na primer severne jelene v severni Evropi ter ovce in koze na Bližnjem vzhodu). Tako so lahko preživeli tudi v času pomanjkanja. Nekatere živali so sčasoma udomačili. Tistim, ki so gojili žita in udomačili koze in ovce (Na Bližnjem vzhodu), se ni bilo treba seliti tako pogosto kot lovcem in nabiralcem. Začeli so graditi bolj stalne hiše iz blatnih opek, ki so jih zaščitili z zidom okrog skupin hiš in zemljišč, kjer gojili živino. Pojavile so se prve vasi in revolucija kmetovanja se je začela.

## **Homo floresensis**

Pred nekaj leti so odkrili novo vrsto, ki so jo poimenovali po otoku Flores v Indoneziji. Najdba naj bi bila stara 18 000 let, torej se časovno prekriva z modernim človekom. *Homo floresensis* se je verjetno razvil iz *H. erectusa*. Omejeni viri hrane na otoku Flores so verjetno povzročili, da se je *H. erectus*, ki



je bil sicer podobne velikosti kot mi, v rasti postopno manjšal. To je oblika specializacije, kot jo poznamo pri pritlikavem slonu (ki je potomec indijskega slona), kot tudi pri organizmih na drugih otokih.

Skelet in glava, ki je dobro ohranjena, je pripadala 30 let stari ženski, ki je bila visoka 1 m. *Homo floresensis* je najnižji in najmanjši zastopnik do sedaj poznanih hominidov.

Imel je majhno lobanjo ( $380 \text{ cm}^3$ ), kar je v najnižjem rangi šimpanzov ali najstarejših australopitekov.

Odkritje človeka *H. floresensis* je izredno pomembno. Razlikuje se od ostalih osebkov roda *Homo*, ki kaže na veliko variabilnost v okviru *Homo* in potrjuje, da razvoj ni šel samo linearno. Najdba dokazuje, da je rod *Homo* morfološko bolj raznolik in fleksibilen kot odgovor na prilagoditev okolja, kot smo mislili do sedaj.