

Fylogenetický vývoj člověka

1 Metody studia vývoje člověka

Při studiu vývoje člověka vycházejí paleoantropologové a archeologové z **fosilií¹ a z doprovodných nálezů**. Z kosterních pozůstatků vědci odvozují vzhled, výšku, váhu a další fyzické znaky jedinců. Na základě **morfologické podobnosti** pak odvozují příbuznost druhů. Stáří koster je určeno datováním pozůstatků nebo geologické vrstvy, ve které byly nalezeny.

Způsob života populace² vědci rekonstruují podle doprovodných nálezů – nástrojů, výtvorů, zbytků potravy a pozůstatků sídlišť. O životních podmínkách našich předků vypovídá studium doprovodné fauny a flory a studium vývoje klimatu.

1.1 Metody datování

K určení stáří zkamenělých kostí a nástrojů nebo stáří vrstvy, ve které byla fosilie nalezena, slouží **metody přímého datování**:

- **radiometrické datování** vychází ze stanovení přeměny radioaktivního izotopu mateřského prvku v testovaném vzorku na dceřiný prvek. Charakteristickou veličinou je poločas rozpadu, který udává čas, za který se přemění polovina jader mateřského prvku.
 - **radiokarbonová metoda** sleduje úbytek izotopu uhlíku ($^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N}$) ve fosiliích organického původu, např. v kostech. Izotop uhlíku $^{14}_6\text{C}$ vzniká v atmosféře a je přijímán organismy ve formě CO_2 . Po smrti organismu izotop přestane být doplňován a začne ubývat.
 - **metoda draslík/argon** sleduje přeměnu draslíku na argon ($^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar}$) v minerálech.

¹ *Antropologie* – věda zkoumající člověka, jeho vznik a vývoj, fyzické znaky, výtvořiny atd. *Paleoantropologie* – věda zkoumající vývoj člověka v minulých geologických obdobích.

Archeologie – věda zkoumající nejstarší dějiny lidstva. Studuje minulé lidské společnosti prostřednictvím archeol. pramenů, např. lidských výtvorů.

Fosilie (zkamenělina) – zbytky pravěkých organismů nebo stopy po jejich činnosti, které se zachovaly z minulých geologických dob. Fosiliemi mohou být otisky v kameni, kosti, schránky, zkamenělé kmeny stromů, výkaly atp.

² *Populace* – soubor jedinců stejného druhu žijících v jednom místě a čase.

- **termoluminiscence, elektronspinová rezonance a metoda štěpných stop** jsou relativně nové metody založené na stanovení účinku přirozeného ionizačního záření, kterému byl materiál po dobu své existence vystaven. Tyto metody jsou vhodné např. pro stanovení stáří vypalované keramiky, neboť křemičité minerály obsažené v hlíně začnou hromadit ionizační záření až po vypálení.

K **nepřímému datování** se přistupuje, když nelze použít přímých datovacích metod nebo k potvrzení jejich výsledků. Nepřímé datování vychází ze studia doprovodných nálezů: fauny (kostry ulovených zvířat), flory (zbytky rostlin, semena, pylová zrna), či lidských výtvarů (nástroje, keramika). Složení doprovodné fauny a flory neznámého nálezu je porovnáváno s se složením doprovodné fauny a flory z jiných lokalit, u nichž je známo stáří, a tudíž lze odvodit stáří neznámé fosilie.

1.2 Studium vývoje klimatu

Klimatické změny v historii Země jsou studovány pomocí stanovení poměru izotopů kyslíku O^{16} a O^{18} uloženého v ledovcích a v mořských sedimentech.

V chladnějším období se lehčí izotop O^{16} , který se odpařuje z oceánů v molekulách vody, akumuloval v ledovcích, zatímco v oceánech rostl podíl těžšího izotopu O^{18} . Kyslík byl v oceánech zabudováván do schránek mořských dírkonožců, které po odumření živočicha sedimentovaly na mořské dno. V době oteplení ledovce roztály a doplnily O^{16} zpět do mořské vody, čímž vzrostl i jeho podíl v sedimentech.

1.3 Analýza DNA

Analýza DNA slouží ke studiu vývoje a příbuznosti druhů nebo populací. Kvůli technické obtížnosti byla donedávna analyzována pouze mitochondriální DNA a určité úseky DNA na chromozomu Y. Takto získané údaje však nebyly úplné a mohly být zavádějící. Díky technickému pokroku je nyní možné analyzovat celý jaderný genom.

Vzorky DNA lze získat **jen z poměrně mladých fosilií** (tisíce let), a tak je většina výzkumu založena na srovnávání DNA současných populací nebo na srovnání DNA současné populace se vzorkem DNA získaným z fosilie.

Metoda molekulárních hodin je jednou z metod analýzy DNA, která slouží k datování. Vychází ze srovnání genomů dvou současných druhů. Přítomnost shodného úseku DNA prozradí, zda se dané druhy v minulosti křížily. Pokud je

Pomocí analýzy ledu a sedimentů bylo v kombinaci s radiometrickým datováním stanoveno 52 dvojic dob ledových a meziledových za posledních 2,7 mil. let.

Vzorky DNA lze z fosilií získat jen ojediněle, získaná DNA bývá neúplná, poškozená, či kontaminovaná DNA okolních organismů. Vědci mají k dispozici pouze 15 různě kompletních genomů neandrtálců a 1 genom z malíčku dosud nezařazeného druhu nalezeného v Děnisově jeskyni v Altaji. Všechny vzorky jsou staré maximálně 40 tisíc let.

Rekordmanem v tomto ohledu je DNA uchovaná v kostech nalezených ve vykopávkách v Jámě kostí ve Španělsku. Jedinečné podmínky umožnily uchování DNA po dobu 400 tisíc let [5].

známa mutační rychlost daného úseku a generační doba druhu, lze z počtu rozdílných bodových mutací na tomto úseku odvodit, před jakou dobou ke křížení došlo.



Vyplňte v pracovních listech úkoly 1.1. až 1.5.

2 Fylogenetický vývoj člověka

2.1 Systematické zařazení člověka

Evoluční vývoj člověka je součástí vývoje obratlovců. Člověk patří do třídy *Mammalia* (savci), řádu *Primates* (primáti), čeledi *Hominidae* (hominidé), tribus *Hominini* (hominini), rodu *Homo* (člověk).

2.2 Klimatické změny vedoucí k vývoji člověka

Oddělení vývojové větve člověka od vývojové větve šimpanzů zřejmě způsobilo **ochlazování a vysychání východní Afriky** a s tím související přeměna deštného pralesa na otevřenou savanu **před 7 mil. let**. Lidoopi se museli při hledání potravy pohybovat mezi ubývajícími skupinami stromů, překonávat stále větší vzdálenosti po zemi a rozhlížet se. To vedlo k postupnému napřimování postavy a uvolnění horních končetin.

Ústup deštného pralesa měl také za následek změnu složení stravy lidoopů. Kromě ubývající rostlinné potravy začali první hominidé využívat jiné – živočišné zdroje potravy. Zvýšení příjmu živočišných bílkovin později umožnilo rozvoj mozku.

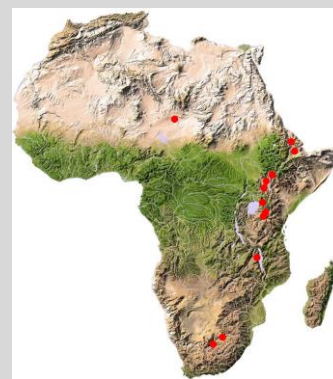
Vývoj předchůdců člověka v období od 2,7 mil. let po současnost je charakterizován dalším ochlazováním a rostoucími výkyvy klimatu – **střídáním dob ledových a meziledových**. Zdá se, že právě nutnost přizpůsobovat se změnám klimatu souvisí s rozvojem schopností hominidů, a že neschopnost přizpůsobit se vedla k vymření evolučně neúspěšných druhů.

Dalším významným důsledkem změn klimatu byly změny zalednění krajiny a změny výšky hladiny moří, které udávaly průchodnost migračních tras a významnou měrou ovlivňovaly celkovou úspěšnost migrace hominidů.



Grafické znázornění souvislosti vývoje klimatu a člověka naleznete na stránkách Smithsonianského institutu [1].

Na konci třetihor se na východě Afriky podsunula západní oceánská zemská kora pod východní pevninskou a vyzdvihla tak východní Afriku do vysokých nadmořských výšek. Srážky přicházející od Atlantiku se zastavily na západní straně nových pohoří a východ Afriky se dostal do srážkového stínu. Tropické deštné pralesy začaly ustupovat, až zůstaly jen skupiny stromů roztroušené v otevřené krajině.



Upraveno podle [6].

Většina nálezů raných předchůdců člověka pochází z hornaté východní Afriky (červené body).

Nejvýznamnější naleziště se nachází na území Tanzánie (Laetoli, rokle Olduvai) a Etiopie (Hadar, údolí řeky Omo) [6].

2.3 Hominizace, sapientace



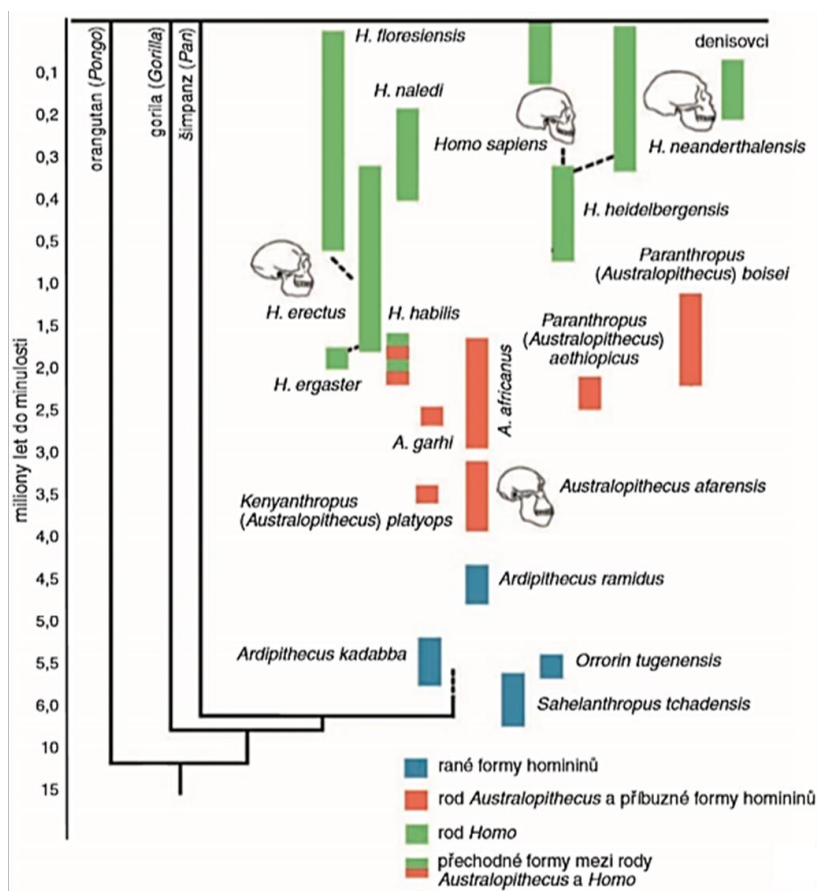
Před přečtením následující kapitoly vyplňte v pracovních listech úkoly 2.1. a 2.2.

Termínem **hominizace** jsou označovány vývojové změny na kostře prvních hominidů. Jedná se o změny tvaru lebky, chrupu, zakřivení páteře, tvaru hrudního koše, posazení pánve a změny kostí končetin. Většina těchto adaptací souvisí s rozvojem **bipedie** – chůze po dvou končetinách; změny chrupu odrážejí změnu složení potravy.

Pojmem **sapientace** je označován rozvoj funkcí mozku hominidů: změna pudového jednání na uvědomělé, rozvoj rozumových schopností, řeči, abstraktního myšlení atd. S rozvojem mozku je oboustranně provázáno používání a výroba nástrojů, rozvoj řeči a s tím související rozvoj sociálního prostředí.

Bipední pohyb energeticky velmi výhodný pro dlouhé přesuny v horkém klimatu. Člověk je díky němu schopen v horkém klimatu uštvat antilopu.

2.4 Předchůdci člověka – hlavní druhy



Pravděpodobné vývojové vztahy mezi hlavními skupinami a jednotlivými druhy hominidů. Převzato se svolením z [2].

2.4.1 Raní hominidé

První primáti se vyvinuli z drobných hmyzožravých savců žijících před 75 mil. let. Vyšší primáti se objevili před 50 mil. let. Před 22-14 mil. let žili na území východní Afriky čtyřnozí primáti *Proconsul* a *Dryopithecus*, avšak není jisté, zda jsou předky člověka.

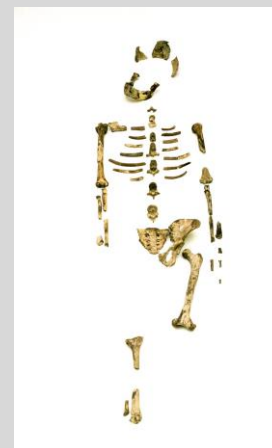
Předchůdci člověka se oddělili od předchůdců šimpanzů, našich nejbližších příbuzných, zhruba před 7 mil. let. Za první bipední primáty jsou považováni *Orrorin tugenensis*, *Sahelanthropus tchadensis*, kteří žili před 7-6 mil. let na území Keni a Čadu, a *Ardipithecus ramidus* žijící v lesnaté východní Africe (na území dnešní Etiopie) před 6-4 mil. let. Avšak kosterní nálezy těchto druhů jsou neúplné a jejich evoluční zařazení ani to, zda byli bipední, není zcela jisté.

2.4.2 Australopitékové a parantropové

Australopitékové³ jsou nejstaršími dobře zdokumentovanými předky člověka. Obývali jižní a východní Afriku před 4-1 mil. let. Byli zhruba 1 až 1,5 m vysokí, byli bipední, avšak stále ještě výborně šplhali. Měli **lidoopí tělesnou proporcionalitu** – horní končetiny byly delší než dolní. Byli **všežraví**, pravděpodobně využívali **primitivní nástroje**, avšak nedokázali si je vyrábět. Mezi australopitéky jsou řazeny druhy *Australopithecus afarensis* (Lucy), *A. anamensis*, a *A. africanus*, kteří měli **gracilní** (štíhlou) postavu a zřejmě jsou předky člověka.

Druhy dříve označované jako **robustní** australopitékové se nyní řadí do samostatného rodu *Paranthropus*: *P. aethiopicus*, *P. boisei*, *P. robustus*. Parantropové žili před 2,5-1 mil. let, měli robustnější postavu a byli výhradně **býložraví**, k čemuž měli přizpůsobené silné žvýkací svaly a mohutné stoličky. Zřejmě se jedná o slepou vývojovou větev.

Australopitékové a parantropové vymřeli před 1 mil. let, kdy se pravděpodobně nedokázali vyrovnat s přibývajícím změnami klimatu a s novými konkurenčními druhy rodu *Homo*.



Nejznámějším předchůdcem člověka je zřejmě **Lucy**, samice australopitéka, která žila na území dnešní Etiopie před 3,6 mil. let. Výjimečně zachovalá kostra (40 %) byla objevena v roce 1974 a pojmenována podle písně, kterou archeologové poslouchali při večerních oslavách nálezu [7].

³ Taxonomicky platné názvy druhů (*Homo neanderthalensis*, *H. neanderthalensis*) se píše kurzívou. České názvy druhů (erektové, neandrtálci) se kurzívou nepíše.

2.4.3 Rod *Homo*

Dosud bylo na základě morfologických rozdílů kosterních nálezů (často velmi nekompletních) popsáno 14 vyhynulých druhů rodu *Homo*. Mezi vědci se však objevuje názor, že se nejedná o samostatné druhy, nýbrž pouze o ukázkou vnitrodruhové variability. Nově by se tak všechny druhy daly zařadit do pouhých dvou skupin: *H. erectus* sensu lato (obsahuje druhy *H. erectus* a starší) a *H. sapiens* sensu lato (obsahuje druhy *H. heidelbergensis* a mladší). V tomto textu jsou popsány významné druhy rodu *Homo* bez důrazu na přesné taxonomické zařazení.

- ▶ Stručné shrnutí důvodů pro taxonomické změny naleznete ve článku *Mohou lebky z Dmanisi zlikvidovat čtrnáct druhů lidí?* [3].

Homo rudolfensis a *H. habilis*

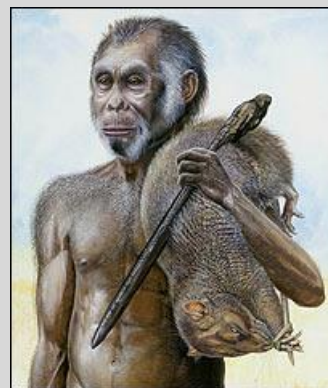
Jedná se o nejstarší zástupce rodu *Homo*, byť se nejedná o přímé předky člověka. Žili v Africe před 2,5-1,7 mil. let, byli zhruba 1,3 m vysokí a stále měli lidoopí tělesnou proporcionalitu. Byli všežraví, ale zvěř ještě nelovili. Ke zpracování masa si vyráběli a používali **primitivní kamenné nástroje**. Žili ve skupinách se **základní sociální organizací**.

Homo ergaster

H. ergaster je prvním hominidem s **lidskou tělesnou proporcionalitou** – dolní končetiny měl delší než horní. Objevil se zhruba před 2 mil. let, byl všežravý, vyráběl si **složitější nástroje** a **lovil** zvěř v organizovaných skupinách. Někteří vědci nepovažují *H. ergaster* za samostatný druh, nýbrž za ranou formu *H. erectus*.

Homo erectus

Tento evolučně velmi úspěšný druh člověka se vyvinul před 2 mil. let z *H. ergaster* nebo jeho předka. Obýval Zemi po dobu téměř 2 mil. let, proto je jeho morfologie je značně proměnlivá. Stejně jako *H. ergaster* používal propracovanější nástroje. Měl složitější sociální organizaci, lovil zvěř a stavěl **trvalá tábořiště**. Nově se zhruba před 1 mil. let naučil využívat **ohně**. Plně vzpřímená postava mu umožňovala migrovat na dlouhé vzdálenosti – již před 1,8 mil. let osídlil Asii. Za **asijské** populace *H. erectus* jsou považovány *H. pekinensis*, *H. georgicus*, *H. florensis*. Asijské populace erektů před 1 mil. let migrovaly také do Evropy.



H. florensis jsou drobní hominidé, kteří žili na ostrově Flores v jihovýchodní Asii ještě před 12 tis. let. Pro svou drobnou postavu jsou přezdíváni **hobiti**, avšak badatelé se o jejich evoluční zařazení přou. V současnosti je nejvíce uznáván názor, že se jedná o populaci druhu *H. erectus*, která se zmenšila v důsledku tzv. ostrovního nanismu [8].

H. heidelbergensis

Předchůdce moderního člověka se vyvinul z africké populace *H. erectus* před 500 tis. let. Oproti erektovi se vyznačoval zrychleným **růstem mozku** a **subtilnější** konstitucí. Stavba hrtanu vypovídá o schopnosti **artikulované řeči**.

H. neanderthalensis

Před 400 tis. let *H. heidelbergensis* migroval z Afriky a osídlil blízký východ a Evropu, kde se vyvinul v neandrtálce⁴. Klasičtí neandrtálci obývali **Evropu** před 80-30 tis. let. Byli robustní postavy s krátkými končetinami, mohutným nosem a nadočnicovými oblouky. Lovili velká zvířata (např. nosorožce), pečovali o své raněné a pohřbívali mrtvé.

Neandrtálci byli dobře přizpůsobeni životu v chladném klimatu **doby ledové**, ale nedokázali se vyrovnat s nastupujícími změnami klimatu: v období dob ledových migrovali do teplejších jižních oblastí, kde je v dobách meziledových zastihlo sucho. V době, kdy se v Evropě objevil *Homo sapiens*, byla již populace neandrtálců značně zdecimovaná.

H. sapiens

Zatímco v Evropě probíhal vývoj neandrtálců, v Africe se z *H. heidelbergensis* vyvinul *H. sapiens*. Ještě nedávno panoval všeobecný názor, že se *H. sapiens* poprvé objevil před 200 tis. let, avšak nové výzkumy naznačují, že se mohl vyvinout již před 300 tis. let (viz box). Archaický *H. sapiens* se anatomicky téměř nelišil od současných lidí. Byl schopen artikulované řeči a **abstraktního myšlení**, vytvářel primitivní **umění**.

H. sapiens migroval z Afriky zhruba před 100 tis. let, kdy se na středním východě potkal a zkřížil s tamní populací neandrtálců. Poté člověk pokračoval do Asie, kde vytlačil zbytky původních populací erekťů. Zhruba před 50 tis. let migroval z Asie do Evropy, kde vyhladil zbytky neandrtálců, ale už se s nimi nekřížil.



Osídlení světa moderním člověkem je ukázáno v animaci *Animated map shows how humans migrated across the globe* [4].



Vyplňte v pracovních listech úkoly 2.3. až 2.7.

Dle nových výzkumů se *H. sapiens* mohl vyvinout mnohem dříve než před 200 tis. lety.

Když byla v roce 1961 v Maroku objevena lebka nesoucí znaky moderního člověka, vědci odhadli její stáří na 40 tis. let. Teprve v r. 2004 byly v obnovených vykopávkách nalezeny další kosti a pazourky, které mohly být datovány pomocí termoluminiscence. Bylo zjištěno, že pazourky jsou **300 tis. let** staré. Pokud se potvrdí, že kosterní pozůstatky jsou stejně staré jako pazourky (což je velmi pravděpodobné), znamenalo by to, že se moderní *H. sapiens* vyvinul o 100 tis. let dříve a že obýval daleko rozsáhlejší území, než se dosud myslelo [9], [10].

Z analýzy genetické variability současných populací vyplývá, že lidská populace před 70 tis. let téměř vyhynula – čítala pouhých 10 tisíc rozmnožování schopných jedinců. Redukce populace byla donedávna vysvětlována výbuchem supervulkánu Toba na Sumatře a následnou sopečnou zimou. Nové důkazy tuto teorii popírají, a tak stále nevíme, co bylo příčinou masového vymírání [11].

⁴ Ve starších učebnicích je raná evropská forma *H. heidelbergensis* označovaná jako *H. s. steinheimensis*.

3 Shrnutí

Antropologové při studiu vývoje člověka vycházejí z fosilních nálezů, hlavně kosterních pozůstatků, které analyzují různými metodami. Převážně jde o radiometrické datování a analýzu DNA.

Člověk se vyvinul z primátů procesy hominizace a sapientace. Příčinou vývoje člověka byly klimatické změny a proměna krajiny východní Afriky. První hominidé se museli začít pohybovat po zemi, což vedlo k postupnému napřimování postavy a rozvoji bipedie. Další vývoj člověka byl ovlivněn střídáním dob ledových a meziledových.

Ranými hominidy byli zástupci rodů *Australopithecus* a *Paranthropus*, kteří obývali Afriku před 4-1 mil. let. Z rodu *Australopithecus* se v Africe před 2 mil. let vyvinul druh *H. habilis* a evolučně velmi úspěšný druh *H. erectus*, který osídlil i Asii. Z africké populace *H. erectus* se vyvinul společný předek neandrtálců a současného člověka – *H. heidelbergensis*. V Evropě se z *H. heidelbergensis* vyvinul *H. neanderthalensis*, který se ale nedokázal přizpůsobit výkyvům klimatu. *H. sapiens* se objevil v Africe před 300-200 tis. lety. Před 100 tis. lety migroval přes střední východ do Asie a později z Asie do Evropy. Na své cestě se *H. sapiens* potkával s místními populacemi starších druhů hominidů a částečně se s nimi křížil.

4 Pojmy k zapamatování

Radiometrické datování, analýza DNA, hominizace, sapientace, bipedie, *Australopithecus afarensis*, *Paranthropus robustus*, *Homo habilis*, *H. erectus*, *H. heidelbergensis*, *H. neanderthalensis*, *H. sapiens*.

5 Doplnující literatura

- DUDA, Pavel a Jan ZRZAVÝ. Přepisování evoluční historie lidského rodu: Revoluce v paleoantropologii v roce 2013. *Vesmír* [online]. 2014, **93**(4), 208-212 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/prepisovani-evolucni-historie-lidskeho-rodu>
- DVOŘÁKOVÁ, Radka a Karolína ABSOLONOVÁ. Vznik a vývoj člověka. *Živa* [online]. 2017, **64**(1), 26-28 [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/2017-1/vznik-a-vyvoj-cloveka.html>
- HAINES, Tim. *Putování s pravěkými zvířaty: prehistorické safari*. Praha: Slovart, c2001. ISBN 80-7209-345-2.
- PALMER, Douglas. *Původ člověka*. Praha: Slovart, 2009. ISBN 978-80-7391-161-4.
- ROBERTS, Alice M. *Evoluce: příběh člověka*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub, 2012. Universum (Knižní klub). ISBN 978-80-242-3597-4.
- SVOBODA, Jiří A. *Předkové: evoluce člověka*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2014. ISBN 978-80-200-2324-7.
- TUTTLE, Russell Howard. Human evolution. *Encyclopædia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2017 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/human-evolution>

6 Seznam internetových odkazů a zdrojů obrázků

1. *Human Evolution Timeline Interactive* [online]. Smithsonian Institution, 2017 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://humanorigins.si.edu/evidence/human-evolution-timeline-interactive>
2. Vyšlo v časopise *Živa* (2017, 1: 26-28 v článku R. M. Dvořákové a K. Absolonové Vznik a vývoj člověka). Orig. M. Chumchalová, podle různých zdrojů.
3. MIHULKA, Stanislav. Mohou lebky z Dmanisi zlikvidovat čtrnáct druhů lidí? *Osel.cz* [online]. 2013 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/7218-mohou-lebky-z-dmanisi-zlikvidovat-ctrnact-druhu-lidi.html>
4. *Animated map shows how humans migrated across the globe* [online]. Business Insider Science, 2015 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=CJdT6QcSbQ0>
5. MIHULKA, Stanislav. Nejstarší lidská DNA z Jámy kostí. *Osel.cz* [online]. 2013 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/7320-nejstarsi-lidska-dna-z-jamy-kosti.html>
6. *Hominid Fossil Sites* [online]. [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.handprint.com/LS/ANC/disp.html>
7. KOVANDA, Radek. 7 zajímavostí o tři miliony let staré Lucy, která dnes slaví své 42. ‚narozeniny‘. *G.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://g.cz/7-zajimavosti-o-tri-miliony-let-stare-lucy-ktera-dnes-slavi-sve-42-narozeniny/>
8. PAZDERA, Josef. Hobit není nový druh, byl to ‚kretén‘. *Osel.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/5292-hobit-neni-novy-druh-byl-to-kreten.html>
9. ZIMMER, Karl. Oldest Fossils of Homo Sapiens Found in Morocco, Altering History of Our Species. *The New York Times* [online]. 2017 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: https://www.nytimes.com/2017/06/07/science/human-fossils-morocco.html?_r=0
10. GRESHKO, Michael. These Early Humans Lived 300,000 Years Ago—But Had Modern Faces. *National Geographic* [online]. 2017 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://news.nationalgeographic.com/2017/06/morocco-early-human-fossils-anthropology-science/>
11. KANE, Sean. The human race once came dangerously close to dying out — here's how it changed us. *Business Insider* [online]. 2016 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://www.businessinsider.com/genetic-bottleneck-almost-killed-humans-2016-3>

Pracovní listy 1 – Metody studia vývoje člověka

1. Zjistěte poločas rozpadu izotopu uhlíku $^{14}_6\text{C}$ a poločas přeměny draslíku na argon. Pro datování jakých vzorků (materiál, stáří) jsou tyto metody vhodné? Jaké další izotopy se využívají k datování?

Informace naleznete např. na stránkách

<http://geologie.vsb.cz/paleontologie/stratigrafie/absolutn%C3%AD%C3%AD%20Stratigrafie.htm>.

2. Jsou pro datování kamenných nástrojů vhodné přímé metody? Proč? Jakou metodou se tedy datují? Jaké kamenné nástroje znáte?

3. Vzorky DNA lze z fosilií získat jen ojediněle, získaná DNA je často neúplná a poškozená. Rekordmanem v tomto ohledu je DNA v kostech nalezených ve vykopávkách v Jámě kostí ve Španělsku, kde jedinečné podmínky umožnily uchování DNA po dobu 400 tisíc let.

Prohlédněte si video *ATAPUERCA. Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins* (dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=Zp1lyMWRp-4>) a zjistěte, jaké podmínky umožnily uchování DNA.

4. Přečtěte si článek *Did humans evolve in Europe rather than Africa? We don't have the answer just yet* (dostupný z <https://phys.org/news/2017-05-humans-evolve-europe-africa-dont.html>) a zodpovězte následující otázky.

a) Jaké kosterní pozůstatky vědci našli? Co z tohoto nálezu vyvozují?

b) Autor v článku zmiňuje příklady z minulosti, kdy byly kosterní nálezy mylně interpretovány. Stručně uveďte, o jaké nálezy se jednalo, jaká byla původní interpretace a co o nálezech víme dnes.

5. Zkoumání původu *H. florensis* je dalším příkladem, který ilustruje problematiku paleoantropologických výzkumů. Přečtěte si články z poskytnutých odkazů vypište teorie o původu *H. florensis*. Dále vypište, kdo a na základě jakých důkazů tyto teorie zastává. Všimněte si, kdy byly články publikovány.

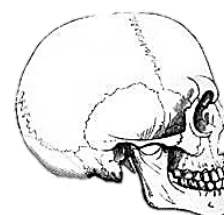
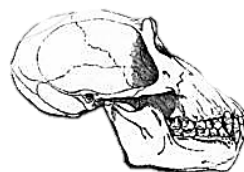
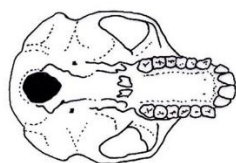
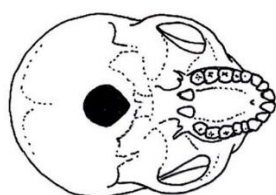
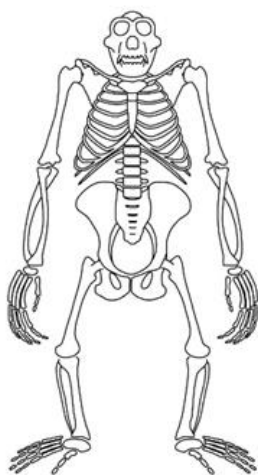
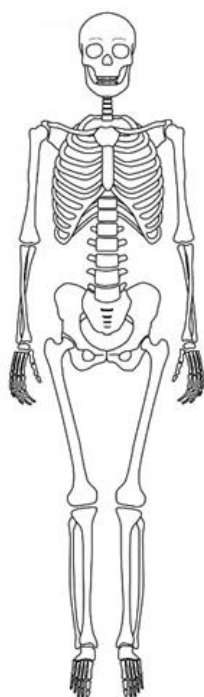
<http://www.osel.cz/8543-hobiti-jsou-trpaslici-verzi-lidi-homo-erectus.html>

http://www.tyden.cz/rubriky/veda/clovek/hobiti-z-indoneskeho-ostrova-flores-nebyli-lide_372684.html

<http://www.osel.cz/5292-hobit-neni-novy-druh-byl-to-kreten.html>

Pracovní listy 2 – Vývoj člověka

1. Vypište co nejvíce fyzických znaků, které odlišují člověka od opic. Vybarvěte rozdíly na kostře člověka a šimpanze. Zkonzultujte se sousem.



2. Většina znaků, které považujeme za unikátní pro člověka, je do určité míry vyvinuta i u některých druhů zvířat. Najděte příklady a diskutujte ve třídě, jaké schopnosti, vlastnosti, projevy chování atp. nás odlišují od ostatních živočichů. Co je podobné a v čem spočívá rozdíl? Co podle vás nejvíce odlišuje člověka od zvířat? Co nejvíce odlišuje člověka od šimpanze?

3. Vytvořte myšlenkovou mapu, která bude obsahovat níže uvedené pojmy související s vývojem lidského druhu. Pojmy propojte šipkami dle příčinného vztahu. Doplňte o vlastní nápady. K nejdůležitějším milníkům dopište, kdy k nim došlo. Informace najdete v učebním textu, v interaktivní grafice Smithsonianského institutu (dostupné z <http://humanorigins.si.edu/evidence/human-evolution-timeline-interactive>) nebo v animaci *What Happened Before History? Human Origins* (dostupné z https://www.youtube.com/watch?v=dGiQaabX3_o).

Hlavní pojmy: Rozvoj řeči, lov, rozvoj sociálního systému, zemědělství, nástroje, bipedie, rozvoj osad a civilizací, používání ohně, rozvoj mozku, klimatické změny

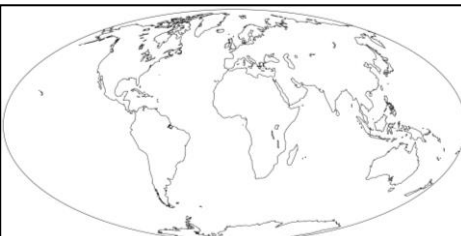
Vedlejší pojmy: nutnost přesunů po zemi, rozvoj řemesel, změny termoregulace, rozvoj jemné motoriky ruky, uvolnění rukou, změna strategie získávání potravy, posun temného otvoru, specializace práce, zásoby potravin, fluktuace teplot, ústup pralesů a rozvoj otevřené krajiny, ochrana před chladem, genetická mutace, ochrana před predátory, změna chrupu, otevření migračních cest, trvalé osídlení lokality, tepelná úprava masa, uvolnění hrtanu, lepší výživa, sluneční paprsky dopadají na menší plochu těla, osídlení severnějších území, jistota potravy, potřeba obrany, sdružování u ohně, ztráta ochlupení a rozvoj pocení, pokles hladiny oceánů, změna zdrojů potravy

4. Pro následující druhy doplňte tabulku a vyznačte výskyt na mapě (každý druh bude mít svou tabulku): *A. afarensis*, *A. africanus*, *P. robustus*, *H. habilis*, *H. ergaster*, *H. erectus*, *H. sapiens neanderthalensis*, *H. sapiens sapiens*.

Informace můžete čerpat z učebního textu, učebnic biologie nebo na stránkách:

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/hobbit/tree-nf.html>

<http://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species>

Rod, druh		
Období		
Tělesná proporcionalita*		
Velikost mozkovny		
Výška, váha		
Způsob obživy		
Typ nástrojů		
Milníky, zajímavosti**		

* lidoopí x lidská

** např. používání ohně, vývoj řeči, migrace, zajímavost o historii zkoumání druhu atd.

5. Vytvořte graf vývoje velikosti mozkovny u následujících druhů: *A. africanus*, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens neanderthalensis*, *H. sapiens sapiens*, *Pan troglodytes* (šimpanz učenlivý).

osa x – čas (mil. let), osa y – objem mozkovny (cm³)

6. Pojmenování druhů často vychází z vlastností specifických pro daný druh nebo z názvu oblasti, kde byl druh poprvé objeven. Vypište co nejvíce takových příkladů.

7. Přečtěte si kapitolu „Neandrtálci v nás“ v článku *Přepisování evoluční historie lidského rodu* (dostupný z <http://casopis.vesmir.cz/clanek/prepisovani-evolucni-historie-lidskeho-rodu>). Stručně napište, jak se vyvíjel názor na možnost křížení neandrtalců a moderních lidí a na základě čeho tak vědci usuzovali.
Pokud vás téma zaujme, další informace naleznete např. ve článku *Neandrtálské retroviry nalezeny v našem genomu* (dostupný z <http://www.osel.cz/7279-neandrtalske-retroviry-nalezeny-v-nasem-genomu.html>).

Pracovní listy 1 – Metody studia vývoje člověka

1. Zjistěte poločas rozpadu izotopu uhlíku $^{14}_6\text{C}$ a poločas přeměny draslíku na argon. Pro datování jakých vzorků (materiál, stáří) jsou tyto metody vhodné? Jaké další izotopy se využívají k datování?

Informace naleznete např. na stránkách

<http://geologie.vsb.cz/paleontologie/stratigrafie/absolutn%C3%AD%C3%AD%20Stratigrafie.htm>.

Řešení:

- C/N – biologický materiál (kosti, dřevo) – poločas rozpadu 5730 let – přesné pro vzorky mladší 40 tis. let (nověji až 80 tis. let)
- K/Ar – minerály, sopečný popel a láva – poločas rozpadu 1,3 mld. let – přesné pro vzorky starší 1 mil. let.
- U/Th – poločas rozpadu 248 tis. let – přesné pro vzorky mladší 1 mil. let

2. Jsou pro datování kamenných nástrojů vhodné přímé metody? Proč? Jakou metodou se tedy datují? Jaké kamenné nástroje znáte?

Řešení:

Ne. Pomocí přímých metod lze stanovit pouze stáří horniny, ze které je nástroj vyroben, ale nelze určit, kdy byl vyroben. Kamenné nástroje se datují určením stáří vrstvy, ve které byly nalezeny.

Pěstní klíny, hroty oštěpů a šípů., dláta, sekery, čepele, škrabky na vydělávání kůží, ...

3. Vzorky DNA lze z fosilií získat jen ojediněle, získaná DNA je často neúplná a poškozená. Rekordmanem v tomto ohledu je DNA v kostech nalezených ve vykopávkách v Jámě kostí ve Španělsku, kde jedinečné podmínky umožnily uchování DNA po dobu 400 tisíc let.

Prohlédněte si video *ATAPUERCA. Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins* (dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=Zp1lyMWRp-4>) a zjistěte, jaké podmínky umožnily uchování DNA.

Řešení:

Trvalá teplota 6-13 °C, uloženo ve vlhkém jílu

4. Přečtěte si článek *Did humans evolve in Europe rather than Africa? We don't have the answer just yet* (dostupný z <https://phys.org/news/2017-05-humans-evolve-europe-africa-dont.html>) a zodpovězte následující otázky.
- c) Jaké kosterní pozůstatky vědci našli? Co z tohoto nálezu vyvozují?
- d) Autor v článku zmiňuje příklady z minulosti, kdy byly kosterní nálezy mylně interpretovány. Stručně uveďte, o jaké nálezy se jednalo, jaká byla původní interpretace a co o nálezech víme dnes.

Informace pro učitele:

Žáci by si po splnění této úlohy měli uvědomit, jak neúplné mohou být kosterní nálezy, se kterými vědci pracují, a že jejich závěry nemusí být vždy správné.

Řešení:

- a) čelist a 1 zub Řecko 7 mil. – předchůdce čl. již před 7 mil. let, v Evropě
- a) *Ramapithecus* Indie 14 mil. – předchůdce čl. již před 14 mil. let, v Indii – orangutan
Oreopithecus Itálie 7 mil. – předchůdce čl. již před 7 mil. let, v Evropě – není člověk
5. Zkoumání původu *H. florensis* je dalším příkladem, který ilustruje problematiku paleoantropologických výzkumů. Přečtěte si články z poskytnutých odkazů vypište teorie o původu *H. florensis*. Dále vypište, kdo a na základě jakých důkazů tyto teorie zastává. Všimněte si, kdy byly články publikovány.
- <http://www.osel.cz/8543-hobiti-jsou-trpaslici-verzi-lidi-homo-erectus.html>
http://www.tyden.cz/rubriky/veda/clovek/hobiti-z-indoneskeho-ostrova-flores-nebyli-lide_372684.html; <http://www.osel.cz/5292-hobit-neni-novy-druh-byl-to-kreten.html>

Informace pro učitele:

Žáci by si při plnění úlohy měli uvědomit, že z analýzy stejného vzorku, v tomto případě kostry nebo dokonce jen zubů, různé týmy vědců vyvozují různé závěry.

Řešení:

- a) *Homo sapiens*, jejichž populaci postihla genetická porucha, projevující se malým vzrůstem, např.:
- Downův syndrom – důkaz: srovnání abnormalit kostry s tělem lidí australomelanézského původu trpících Downovým syndromem.
 - endemický kretenismus
Kdo: australští vědci Obendorf, Oxnard, 2010. Důkaz: matematicky porovnal nalezené kosterní pozůstatky s kostmi zdravých lidí, kostmi lidí postižených hypotyreózou vyvolávající endemický kretenismus a kostmi šimpanzů.
- b) lidé z okruhu *Homo habilis*, kteří v Indonésii přežili své příbuzné v Africe o velmi dlouhou dobu.
- c) potomci lidí z okruhu *Homo erectus*, kteří se zmenšili v důsledku takzvaného ostrovního nanismu.
- Kdo: japonský paleoantropolog Yousuke Kaifu, 2015. Důkaz: srovnání zubů.
Kdo: francouzští antropologové Antoine Balzeau, 2016. Důkaz: zkoumání lebky.

Pracovní listy 2 – Vývoj člověka

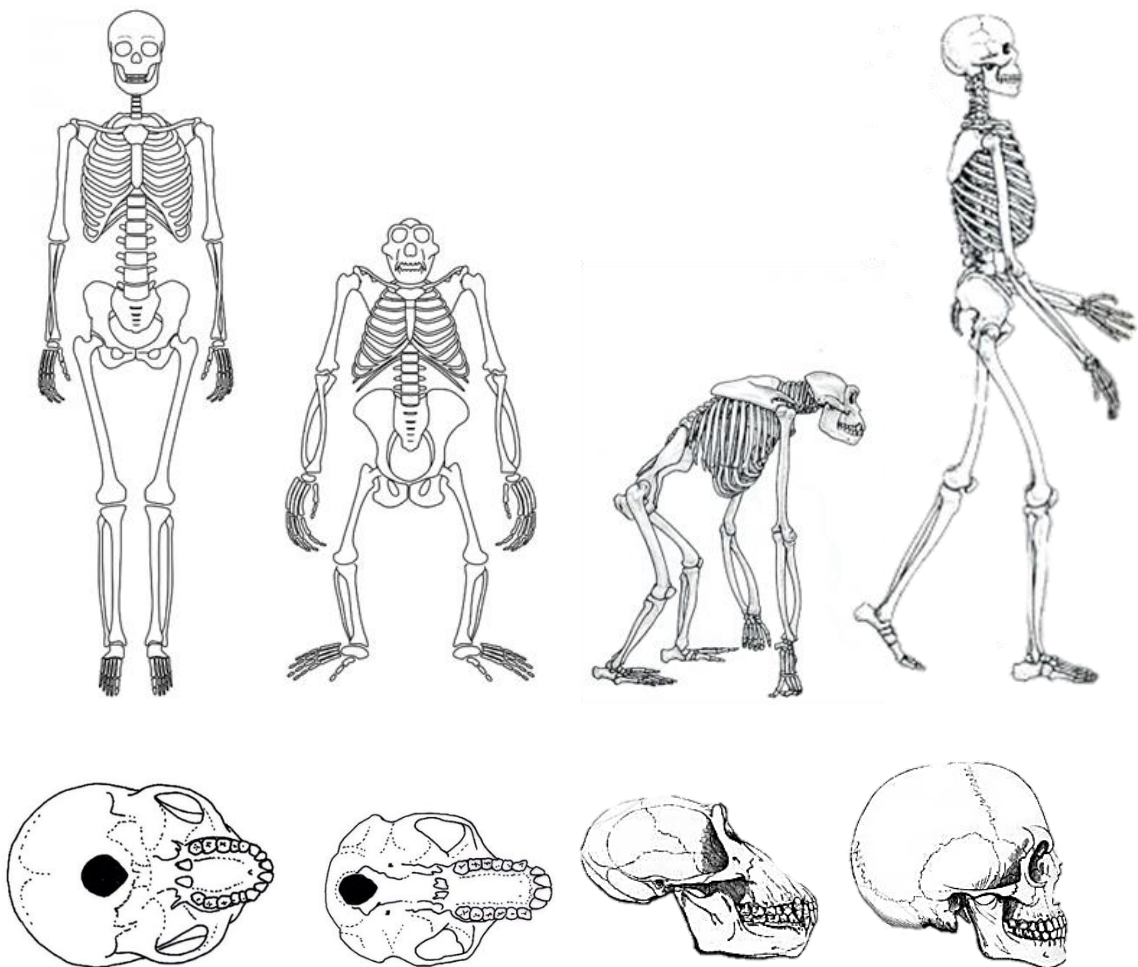
1. Vypište co nejvíce fyzických znaků, které odlišují člověka od opic. Vybarvěte rozdíly na kostře člověka a šimpanze. Zkonzultujte se sousedem.

Řešení:

lebka: posun týlního otvoru, rozšíření zubního oblouku, změny na chrupu (redukce špičáků, rozvoj stoliček, počet kořenů), vznik bradového výčnělku, zmenšení nadočnicových oblouků, zvětšení mozkovny

tělo: změna zakřivení páteře, zploštění hrudního koše, pohyblivější pletenec ramenní, kratší horní končetiny, změna tvaru pánve a postavení stehenní kosti, zkrácení článků prstů, změna postavení palce u nohy, rozvoj nožní klenby

mimo kostru: ztráta ochlupení, rozvoj pocení



2. Většina znaků, které považujeme za unikátní pro člověka, je do určité míry vyvinuta i u některých druhů zvířat. Najděte příklady a diskutujte ve třídě, jaké schopnosti, vlastnosti, projevy chování atp. nás odlišují od ostatních živočichů. Co je podobné a v čem spočívá rozdíl? Co podle vás nejvíce odlišuje člověka od zvířat? Co nejvíce odlišuje člověka od šimpanze?

Informace pro učitele:

Řešení není úplným výčtem, jedná se spíše o témata k diskuzi s žáky nebo k zadání referátu.

Řešení:

- jemná motorika ruky (x šimpanz)
 - řeč (x velrybí zpěv, včelí tanec, možnost naučit šimpanze znakovou řeč) – u člověka je unikátní schopnost artikulace, rozvoj hlasivek, komplexnost řeči. (rozvoj hlasivek byl umožněn díky napřimování postavy → posunu týlního otvoru → změně posazení hlavy na krční páteři → došlo k uvolnění hlasivek + mutace genu FOXP2)
 - nástroje (x opice pomocí větví sbírají termity, mořské vydry rozbíjejí škeble o kámen) – člověk nástroje cíleně vyrábí, upravuje a používá je opakovaně
 - pohřbívání mrtvých (x sloni truchlí)
 - abstraktní myšlení, uvědomění si sebe sama (x jak to prokázat u zvířete? – zajímavý článek o výzkumu projevů „duševního života zvířat“ naleznete zde <https://www.respekt.cz/tydenik/2015/52/zvirata-mysli-tudiz>)
 - zemědělství (x mravenec otrokářský (*Polyergus rufescens*), přezdívaný amazonka, využívá jiné druhy mravenců k práci; mravenci si pěstují houby)
 - trvalá sídliště (x hnízda termitů)
 - výskyt po celém světě
3. Vytvořte myšlenkovou mapu, která bude obsahovat níže uvedené pojmy související s vývojem lidského druhu. Pojmy propojte šipkami dle příčinného vztahu. Doplňte o vlastní nápady. K nejdůležitějším milníkům dopište, kdy k nim došlo.

Informace najdete v učebním textu, v interaktivní grafice Smithsonianského institutu (dostupné z <http://humanorigins.si.edu/evidence/human-evolution-timeline-interactive>) nebo v animaci *What Happened Before History? Human Origins* (dostupné z https://www.youtube.com/watch?v=dGiQaabX3_o).

Hlavní pojmy: *Rozvoj řeči, lov, rozvoj sociálního systému, zemědělství, nástroje, bipedie, rozvoj osad a civilizací, používání ohně, rozvoj mozku, klimatické změny*

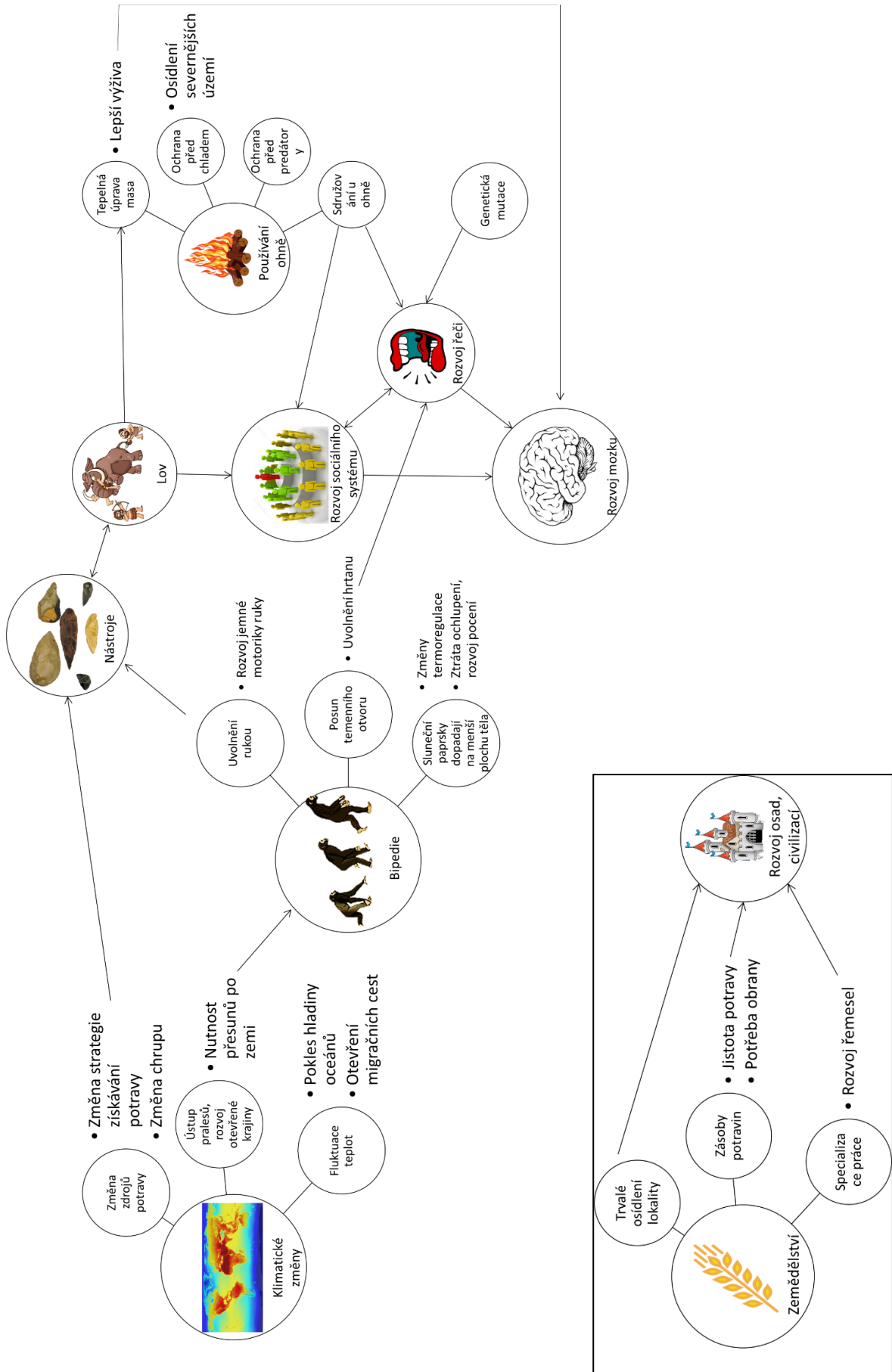
Vedlejší pojmy: *nutnost přesunů po zemi, rozvoj řemesel, změny termoregulace, rozvoj jemné motoriky ruky, uvolnění rukou, změna strategie získávání potravy, posun temenního otvoru, specializace práce, zásoby potravin, fluktuace teplot, ústup pralesů a rozvoj otevřené krajiny, ochrana před chladem, genetická mutace, ochrana před predátory, změna chrupu, otevření migračních cest, trvalé osídlení lokality, tepelná*

úprava masa, uvolnění hrtanu, lepší výživa, sluneční paprsky dopadají na menší plochu těla, osídlení severnějších území, jistota potravy, potřeba obrany, sdružování u ohně, ztráta ochlupení a rozvoj pocení, pokles hladiny oceánů, změna zdrojů potravy

Informace pro učitele:

Žáci mohou dostat prázdnou, částečně vyplněnou, nebo si vytvořit zcela vlastní myšlenkovou mapu. Žákům lze zadat všechny nebo jen vybrané pojmy. Žáci mohou pracovat samostatně nebo ve skupinách. Myšlenkovou mapu lze zpracovat jako plakát. O příčinném vztahu lze diskutovat ve řídě.

Možné řešení:



4. Pro následující druhy doplňte tabulku a vyznačte výskyt na mapě (každý druh bude mít svou tabulku): *A. afarensis*, *A. africanus*, *P. robustus*, *H. habilis*, *H. ergaster*, *H. erectus*, *H. sapiens neanderthalensis*, *H. sapiens sapiens*.

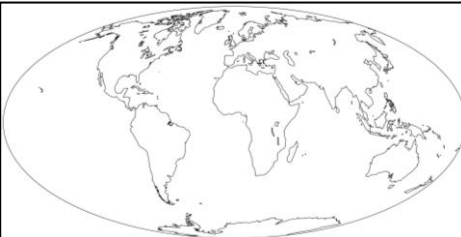
Informace můžete čerpat z učebního textu, učebnic biologie nebo na stránkách:

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/hobbit/tree-nf.html>

<http://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species>

Informace pro učitele:

Žáci se mohou rozdělit do skupin a každá skupina vypracuje tabulku pro jeden druh.

Rod, druh		
Období		
Tělesná proporcionalita*		
Velikost mozkovny		
Výška, váha		
Způsob obživy		
Typ nástrojů		
Milníky, zajímavosti**		

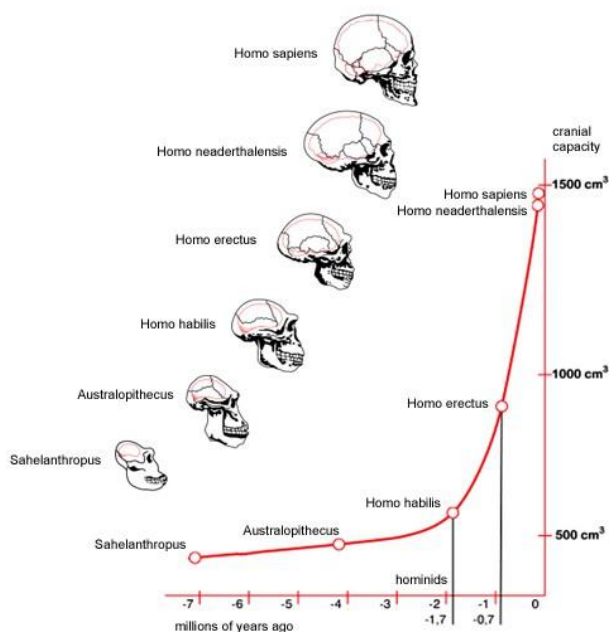
* lidoopí x lidská

** např. používání ohně, vývoj řeči, migrace, zajímavost o historii zkoumání druhu atd.

5. Vytvořte graf vývoje velikosti mozkovny u následujících druhů: *A. africanus*, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens neanderthalensis*, *H. sapiens sapiens*, *Pan troglodytes* (šimpanz učenlivý).

osa x – čas (mil. let), osa y – objem mozkovny (cm³)

Možné řešení:



6. Pojmenování druhů často vychází z vlastností specifických pro daný druh nebo z názvu oblasti, kde byl druh poprvé objeven. Vypište co nejvíce takových příkladů.

Řešení:

Dle vlastností:

H. habilis, ergaster, erectus, sapiens

P. robustus

...

Dle naleziště/výskytu:

Sahelantropus tchadensis – Čad

Australopithecus – jižní opice

A. africanus

P. aethiopicus

H. gergicus – naleziště v Gruzínském Dmanisi

děnisované – naleziště Děnisova

H. neanderthalensis – naleziště v Neanderském údolí poblíž Düsseldorfu

H. heidelbergensis – naleziště u Heidelbergu

H. floresis – indonéský ostrov Flores

H. pekinensis

Člověk kromaňonský – francouzské Cro-Magnon

Olduvajské nástroje, kultura – rokle Olduvaj (Oldowan) v Tanzánii

...

7. Přečtěte si kapitolu „Neandrtálci v nás“ v článku *Přepisování evoluční historie lidského rodu* (dostupný z <http://casopis.vesmir.cz/clanek/prepisovani-evolucni-historie-lidskeho-rodu>). Stručně napište, jak se vyvíjel názor na možnost křížení neandrtálců a moderních lidí a na základě čeho tak vědci usuzovali.
Pokud vás téma zaujme, další informace naleznete např. ve článku *Neandrtálské retroviry nalezeny v našem genomu* (dostupný z <http://www.osel.cz/7279-neandrtalske-retroviry-nalezeny-v-nasem-genomu.html>).

Informace pro učitele:

Vývoj názoru na křížení neandrtálců s lidmi ilustruje, jak se informace časem mění v závislosti na možnostech výzkumných metod.

Řešení:

1. ano – dlouhá historie vzájemných kontaktů
2. ne – neandrtálci si udrželi rozdílnou morfologii
3. ne – analýza mitochondriální DNA
4. ano – analýza jaderné DNA