

IV. KENOZOIKUM

Kenozoikum (= třetihory (terciér) a čtvrtohory (kvartér)) je obdobím, ve kterém v mořském prostředí již existují ekosystémy moderního typu. Po vymírání na hranici křída/terciér dochází k rychlé diverzifikaci savců a ptáků. Do moře se vrací a záhy dominují velcí draví savci. Ke konci kenozoika se rychle vyvíjejí primáti a vzniká člověk. Ve vegetaci nejprve převažují krytosemenné rostliny pralesního typu, ke konci kenozoika se objevují rozsáhlá stepní společenstva.

Již existují současné kontinenty, postupně se rozšiřují současné oceány, zaniká oceán Tethys mezi Afrikou a Eurasií za vzniku alpsko-himálajského horského pásma. Klima se postupně ochlazuje a kulminuje prudkým ochlazením na počátku kvartéru.

Nástup ledových dob se střídáním chladných a teplých období a posléze i lovecké aktivity a vznik lidských civilizací vedl k vymírání velkých savců, nelétavých ptáků, zmenšování ploch pralesů, vzniku tzv. „kulturní krajiny“ a klimatickým změnám.

IV. I. Paleogén

1 Název

Název byl zaveden v roce 1865. Zahrnoval již dříve definované jednotky (současná oddělení) oligocén a eocén.

2 Časové trvání

Od 66 do 23 milionů let (= 43 Ma).

3 Stratigrafie

Paleogén je rozdělován na tři oddělení (paleocén, eocén, oligocén). K vůdčím fosiliím v mořských usazeninách patří foraminifery a kokolítky. Pro korelaci terestrických usazenin se využívá flóra, která dobře odráží globální i místní klimatické podmínky. Většina jednotek byla definována (a jmenuje se podle míst) v severozápadní Evropě.

4 Paleogeografie a klima

Paleogeografie se začíná pozvolna podobat současnému stavu, avšak rozloha oceánských pánví a epikontinentálních moří se dosti výrazně odlišuje od současného stavu. V paleocénu se začínají oddělovat Austrálie, Antarktida a Indie od Jižní Ameriky. Vytváří se Indický oceán. Vznik oceánu mezi Austrálií a Antarktidou umožnil vznik cirkumantarktického proudu a postupné zaledňování Antarktidy od konce eocénu. Mezi Afrikou a Evropou v paleocénu a eocénu ještě zůstává úzký prostor oceánu Tethys napojený na západě na rozšiřující se Atlantský oceán. Mírným rotačním pohybem Afriky proti směru hodinových ručiček dochází k postupnému a komplikovanému uzavírání oceánu Tethys. Původní mikrokesky a souostroví mezi Afrikou a Evropou zanikají a postupně se vytváří pásemné pohoří alpského orogénu. Během eocénu a oligocénu se oceán Tethys uzavírá a v Evropě se vytváří nový mořský prostor Paratethys severně od vystupujících horských hřbetů Alp, Karpat, Hellenid a pohoří Zagros. V průběhu eocénu Indie koliduje s Asií a začíná se vytvářet Himálajské pohoří. Začíná se rozšiřovat Severní ledový oceán a odděluje se Grónsko od Evropy. Mezi Severní a Jižní Amerikou dosud chybí Panamská šíje, proto teplé rovníkové proudy mohou proudit mezi Tichým a Atlantským oceánem. Ke konci oligocénu se mapa světa již velmi podobá současnému stavu.

Klima paleogénu bylo výrazně teplejší nežli v současnosti. Ke konci eocénu dochází ke krátkému ochlazení, v oligocénu se znovu otepluje.

5 Vývoj života

V mořích zcela dominuje moderní evoluční fauna. K významným skupinám patří bentické foraminifery, které se schránkami o velikosti až několika cm mají horninotvorný význam. Dochází k expanzi kokolitek, rozsivek a radiolarií. Z měkkýšů se rozvíjejí druhy patřící recentním rodům, v eocénu se mohutně rozvíjejí draví plži, z hlavonožců se objevují sépie, vzácně přežívají i loděnky. Silně se rozvíjejí ježovky, rakovci, lasturnatky a další moderní skupiny korýšů. Ramenonožci, lilijice a korálnatci ustupují do pozadí. Hojní jsou žraloci, rejnoci a kostnaté ryby. Ryby jsou zastoupeny již běžnými rody současných moří.

Na souši se rozvíjí hmyz v koevoluci s krytosemennými rostlinami. Rychle se rozvíjejí žáby. Rozvíjí se také létaví ptáci, ale již v paleocénu vznikají velcí nelétaví ptáci. Evoluce savců je po uvolnění ekologických nik po K/T vymírání mimořádně rychlá. Z křídly přežívají ptakořitní a vačnatci. Do paleocénu přežívají poslední multituberkuláti. Na počátku paleocénu se rychle začínají diversifikovat archaičtí savci. Skupina prakopytníků byla v paleogénu dominantní skupinou savců a vznikli z ní moderní kopytníci. Maximum diverzifikace savců je v eocénu. Od eocénu jsou známi praví sudokopytníci i lichokopytníci, někteří patřili k největším suchozemským savcům vůbec. Od paleocénu dochází s postupné evoluci primátů, s pralesními typy podobnými současným lemurům. Vznikají chobotnatci. Savci se vrací do oceánů ve formě obojživelných kopytníků, ze kterých se rychle vyvíjejí velké dravé typy kytovců. K predátorům paleogénu patřili kopytníkům příbuzní kreodonti a mesonychidi. Z eocénu známe již první letouny.

Rostlinstvo eocénu bylo většinou pralesního typu, neboť v zásluhou teplého a vlhkého klimatu byla většina pevniny pokryta pralesy. Tzv. boreotropická flóra rostla v teplém období eocénu dokonce až na 80° zeměpisné šířky. Podobná flóra rostla i Antarktidě. Jejími současnými potomky jsou araukarie a notofagus. Většina paleogenní flóry měla charakter současných tropických, paratropických a subtropických pralesů, některé byly podobné mj. i vavřínovým pralesům dnes

rostoucím jen na několika místech ve světě (např. Kanárské ostrovy). Proto mnohé současné rody dřevin můžeme sledovat až do staršího paleogénu. Od počátku oligocénu ustupují teplomilné dřeviny k rovníku a vznikají nové stepní biomy. Zajímavostí byla silná produkce pryskyřice z jehličnanů příbuzných současným borovicím a araukariím, ze které vznikl jantar.

7 Paleogén v České republice

Český masív byl v paleogénu plochou souší s řekami odvodňující Čechy na sever do nížin v Německu a dále do paleogenního moře v severozápadní Evropě. V mírné tektonicky založené depresi, tzv. oherském riftu v sz. Čechách vznikaly jezerní pánve s průtočnými jezery. Zpočátku se v chebské a sokolovské pánvi ukládaly říční štěrky, písky a jíly. Patří starosedelskému souvrství z konce eocénu. Obsahují hojné zbytky rostlin, zejména tvrdolistých bukovitých a vavřínovitých stromů, palem a kapradin. Klima bylo subtropické až teplejší mírné. V oligocénu se vytvořila jezera a močály s uhlotvorbou. Nad uhelnou slojí silně přibývá vulkanický materiál, který pochází z vulkánu Doupovských hor a ze sopek Českého středohoří. K severovýchodu na Doupovské hory navazuje jezerní mostecká (též severočeská) pánev. Jezera v této pánvi se opakovaně stávala močály s uhlotvorbou. Flóra dokládá přítomnost galeriových lesů mírného pásu na březích jezer a řek, s opadavými listnáči. V jezerech svrchního eocénu a oligocénu docházelo k rozvoji rozsivek. Jejich křemité schránky vytvořily na příhodných místech polohy diatomitů proslulé nálezy rostlin, hmyzu, krevet, ryb, želv a zejména žab s otisky měkkých tkání (Bechlejovice u Děčína).

Říční štěrky a písky pravděpodobně paleogenního stáří známe také z třeboňské pánve. Jejich stáří ale není paleontologicky ověřeno.

Počátkem paleogénu docházelo v sv. části oharského riftu k projevům žilného vulkanismu. Druhá fáze vulkanismu se objevuje ke konci paleogénu a přetrvává do neogénu (40-18 Ma). V této fázi dochází k vulkanismu v Doupovských horách a ve velké části Českého středohoří. Sopečné produkty zahrnují vulkanoklastické horniny, povrchová i podpovrchová tělesa ultrabazických, bazických až intermediálních hornin.

Paleogén Západních Karpat na Moravě navazuje na sedimentaci křídý. Celá oblast je tektonicky silně postižena alpským vrásněním a má příkrovovou stavbu. V eocénu došlo k ukončení sedimentace v magurské skupině příkrovů a sedimentace pokračuje jen ve vnější skupině příkrovů. Pro vnější skupinu příkrovů je charakteristická pelagická sedimentace s bohatou mikrofaunou. Významnou jednotkou je menilitové souvrství. Je tvořeno vrstevnatým opálem z mořských rozsivek. Menilitové souvrství obsahuje hojnou rybí faunu spodního oligocénu včetně hlubokovodních ryb se zachovalými světélkujícími orgány.

IV. II. Neogén

1 Název

Název navrhl v roce 1853 rakouský geolog M. Hoernes jako souborné označení již dříve definovaného miocénu a pliocénu.

2 Časové trvání

Od 23 do 2,58 milionů let (= 20,5 Ma).

3 Stratigrafie

Neogén se dělí na dvě oddělení: miocén a pliocén. Podrobné rozdělení v mořských usazeninách je podle foraminifer. V kontinentálních sledech slouží pro stratigrafickou korelaci hlodavci a fosilní flóry. Významným mezníkem pro Evropu je příchod afrických savců před asi 18 MA.

4 Paleogeografie a klima

Rozložení kontinentů v miocénu se v podstatě nelišilo od dnešního stavu. V Evropě hrály velkou roli dvě skutečnosti. Severně od vystupujících Alp a Karpat se od počátku miocénu rozkládal systém mělkých moří a brakických jezer, zasahujících daleko k východu do prostoru současného Černého a Kaspického moře a Aralského jezera. Tento mořský prostor se postupně rozpadal a zanikal zejména přínosem materiálu z vystupujících horských pásem Alp, Karpat, Hellenid a Kavkazu. Posun Afriky a Arabského poloostrova k severu vedl k výzdvihu pásemného horstva Alp, Karpat, Hellenid, Kavkazu a dalších horských pásem na východě, kolize Indie s jižní Asií vedla k výzdvihu Himálaje a vzniku Tibetské plošiny. Glacioeustatické pohyby, rozsáhlé zalednění Antarktidy, propojení Atlantiku se Severním mořem a kolize Africké desky s Evropou byly příčinou klimatických změn a tzv. messinské krize před asi 6 Ma. Při ní zaniklo západní propojení Středozemního moře s Atlantikem průlivem na severu Pyrenejského poloostrova a zaniklo také propojení s Indickým oceánem na východě (přes současný Perský záliv). Došlo k vyschnutí Středozemního moře a vzniku rozsáhlé prolákliny s mohutnými ložisky evaporitů. Doprovodná aridizace vedla ke vzniku stepí a vysušování Evropy. Při pohybu Severní a Jižní Ameriky k západu vznikají horská pásma Kordiller a And. Pokles mořské hladiny ke konci miocénu vedl k propojení kontinentů pevninskými šíjemi, které umožnily migraci živočichů i rostlin mezi kontinenty. Propojily se Austrálie s Novou Guineou, Aljaška se Sibiří a vznik panamské šíje umožnil výměnu faun mezi Severní a Jižní Amerikou. Příchod některých placentálních savců, zejména kočkovitých šelem, ze Severní do Jižní Ameriky před asi 3 Ma vedl k vymření mnoha endemických jihoamerických savců, zejména vačnatců.

Celkově se klima od počátku miocénu ochlazuje, i když ve středním miocénu došlo k epizodě výrazného oteplení. V pliocénu klima začíná více oscilovat a přibližně před 3 Ma dochází k nástupu chladných fází. Chladná fáze před 2,5 Ma je považována za počátek kvartéru.

5 Vývoj života

Mořská fauna neogénu se téměř nelišila od faun současných. Velký význam mají foraminifery, zejména planktonního typu, které umožňují přesnou korelaci mořských usazenin. Korálnatci jsou častí, ale korálové útesy nejsou běžné. Měkkýši jsou zastoupeni stejnými rody a často i stejnými druhy jako v současných mořích. V Paratethydě se objevují mnohé endemické formy mlžů a plžů, které mají své dnes spíše vzácné pokračovatele v brakických lagunách Středozevního a Černého moře. Běžné jsou ježovky, hvězdice, cheilostomátní ježovky. Z velkých korýšů dominují rakovci a různé typy svijonožců. Z ryb převažují moderní typy. Z paryb nalezneme předchůdce dnešních rodů, některé však mnohem větší nežli typy současné. V moři mají značný horninotvorný význam vápnité řasy.

Suchozemskou flóru tvoří dnešní rody, ale jednotlivé flóry se liší v závislosti na klimatických podmínkách. Archaické nahosemenné rostliny postupně ustupují a přežívají v lokálních populacích. Ke konci neogénu v Evropě začínají převládat flóry s převahou rodů typických pro mírný pás a vlivem vysušování se rychle rozvíjí travní stepní porosty.

Bezobratlí na souši jsou obdobní současným. Z velkých obratlovců se rozvíjejí slonovití, objevují se i zvláštní velcí savci podobní pozemním lenochodům. Dobře známý je vývoj primátů na africkém kontinentu s liniemi blízkými současným opicím i lidoopům. Z pliocénu jsou známi nejstarší hominidi. Koňovití se stále vyvíjejí v Severní Americe. Kočkovité a další skupiny šelem se vyvíjejí především v Severní Americe. Do pliocénu v Jižní Americe převažovaly specializované skupiny vačnatců, např. se „šavlozubým“ vakolvem. Na jejich ústupu se významně podílely kočkovité šelmy, které se do Jižní Ameriky dostaly přes panamskou šíji.

6 Neogén a v České republice

Území České republiky bylo z velké části souší. Moře Paratethydy zasahovalo na jižní Moravu a mořským průlivem a četnými zátokami dále na S a SV v předpolí horských hřebenů vystupujících Západních Karpat až k Ostravě a dále do Polska. Sedimentovaly jíly, písky a štěrky mořského i brakického původu. Do Českého masívu vybíhaly četné úzké zátoky na místech zatopených říčních údolí a říčních ústí. Nejstarší mořská transgrese zasáhla do území ve spodním miocénu (eggenburgu). Na Znojemsku jsou známé mořské i brakické štěrky, písky a slíny s hojnou faunou mlžů a plžů, na Ostravsku známe mořské fauny, mimo jiné i s hřebenatkami.

Jižní část Moravy patří do sedimentačního prostoru Vídeňské pánve. Mořské sedimentace tam začala již ve spodním miocénu a pokračuje do badenu, ze kterého je známa bohatá mořská fauna z hrušovského souvrství v okolí Mikulova. Ke konci badenu dochází k vyslazení, objevují se brakické jíly a písky bíloveckého souvrství. Ve svrchním miocénu se vytváří jezera. Jejich zrašeliněním vznikly menší lignitové sloje na Hodonínsku.

Na území vlastních Čech docházelo v neogénu k erozi, hlubokému zvětrávání skalního podloží a peneplenizaci terénu. Zakládala se říční síť současného typu s řekami odvodňovanými buď do jezerních pánví v severních a severozápadních Čechách (chebská, sokolovská a mostecká pánev) nebo přes oblast jihočeských pánví do mořského průlivu v předpolí Alp. Jihočeské pánve mají výplň štěrků, písků a jílu s nehojnou flórou a ojedinělými faunami obratlovců. Počátkem miocénu se v jihočeské pánvi vytvářela jezera a uhlotvorné močály. V mydlovarském souvrství (přibližně střední miocén) se

předpokládají i krátkodobé průniky mořských vod do pánví, jak o tom svědčí výskyt slanomilných rozsivek v diatomitech.

Po ukončení hlavní vulkanické fáze Doupovských hor ve spodním miocénu došlo v severních a severozápadních Čechách ke vzniku jezer a uhlotvorných močálů. V severočeské pánvi mají sloje hnědé uhlí velkou mocnost, běžně okolo 30 metrů. Uhlotvorba byla ukončena ve vyšší části spodního miocénu tzv. cyprisovým souvrstvím a jeho ekvivalenty, které odráží postupné vysušování klimatu. V chebské a sokolovské pánvi vznikala bezodtoká a zřejmě i slaná jezera, v mostecké pánvi byla uhlotvorba přerušena vyšším přínosem jílu a písku z prostoru centrálních Čech. Na dalších místech v Čechách (Plzeňsko, Berounsko) známe z miocénu a zejména pliocénu říční štěrkopísky (často červeně zbarvené), jíly a ojediněle i usazeniny občasných jezer. Fauna a flóra miocénu je v severních Čechách bohatá a dobře známá. V jílech a prachovcích je flóra subtropického charakteru, s ambroní, skořicovníkem, palmami, i florami mírného pásu. Zvířena je známa z mnoha lokalit. Proslulá je miocenní fauna z Dolnice u Chebu s velkými savci (nosorožci, jeleni, prakoně, chobotnatci, vačnatci, hlodavci, hadi, želvy, ptáci). Neméně proslulou lokalitou jsou Tuchořice u Loun, kde je v travertinech bohatá fauna měkkýšů, šelem, hlodavců šelem a ptáků. Pliocenní fauny a flóry jsou na území středních Čech spíše vzácné a svým složením se již blíží současné fauně a flóře.

IV. III. Pleistocén a holocén (kvartér)

1 Název

Název kvartér je historický, pochází již z druhé poloviny 18. století. V současnosti toto období spadá do kenozoika a je součástí periody neogénu. Označovaly se jím horniny obsahující fosilie víceméně současných rostlin a živočichů.

2 Časové trvání

2,6 -0 millionů let. Starší údaj pro bázi kvartéru býval časový údaj 1,8 Ma, ale od roku 2009 je hranice pliocén/pleistocén stanovena na 2,588 Ma.

3 Stratigrafie

Kvartér, resp. pleistocén a holocén jsou pouhými odděleními neogénu. Hranice mezi pliocénem a pleistocénem je dána razantním ochlazením před 2,588 Ma. Hranice mezi pleistocénem a holocénem odpovídá konci posledního glaciálu před 11,7 tis. lety. Často bývá hranice pleistocén/holocén pro zjednodušení kladena do 11 či 10 tis. let před současností.

4 Paleogeografie a klima

Paleogeografie pevnin odpovídá současnosti. Klimatické ochlazení přineslo i glacioeustatickou změnu hladiny oceánu. V posledním glaciálu došlo ke snížení hladiny oceánu asi o 100 metrů. Následkem poklesu hladiny se otevřel pevninský most mezi Asií a Aljaškou (Beringeria) a oblast Indonésie se víceméně propojila s Novou Guineou a Austrálií. Tyto pevninské mosty umožnily migraci živočichů a člověka.

Klima v kvartéru je charakteristické opakováním ledových dob (glaciálů) a teplých období mezi nimi (interglaciálů). Nástup glaciálů býval pomalý, naopak oteplení bylo rychlé. I uvnitř glaciálů byla období chladnější (stadiály) a teplejší (interstadiály). Příčin vzniku glaciálu je asi více. Jsou to Milankovičovy cykly, pozice kontinentů na severní polokouli, vznik cirkumantartického mořského proudu a s tím související podchlazení Antarktidy. Rozsah ledovců byl značný. Kromě asi 30% pokrytí zemského povrchu byl v předpolí ledovců pás permafrostu. Rozsáhlé kontinentální ledovce svým chladem a ovlivňovaly podnebí na okolních pevninách. Důsledkem bylo celkově suché klima, vznik rozsáhlých chladných stepí v předpolí ledovců, zvětšení ploch pouští a savan a redukce tropických deštů na malá území, zejména v Africe.

V interglaciálech bylo klima výrazně teplejší a vlhčí nežli dnes. To vedlo k rozšiřování ploch lesů a ke zvyšování hladiny oceánu, která v posledním interglaciálu byla asi o 8 metrů výše nežli je současná úroveň.

Klasické modely počítaly se 4 glaciály: gūnz, mindel, riss a wūrm. Dnes víme, že chladných období bylo více a na pleistocenní zalednění je lepší se dívat jako na dlouhá období s kolísavou úrovní chladu přerušovaná kratšími obdobími s teplejším a vlhčím klimatem (interglaciály). Maximální ochlazení v posledním glaciálu bylo před 33 až 26,5 tis. lety, výrazné tání, které zvedlo hladinu oceánu přišlo před 14,5 tisíci lety.

5 Vývoj života

Mořská i suchozemská fauna kvartéru se v zásadě nelišila od současné, ale pleistocenní fauna byla bohatší na velké savce, mamuty, nosorožce, mastodony, pratury, velké lidoopy, velké šelmy, a v izolovaných oblastech (Madagaskar, Nový Zéland) na velké nelétavé ptáky (moa). V průběhu glaciálů docházelo k vymírání a postupně tito velcí savci mizí. Největší vymírání velkých savců (tzv. pleistocenní megafauna) bylo ke konci pleistocénu a pokračovalo do holocénu. V Severní Americe vedlo k vymření velbloudů, koní, gomphotherií a velkých „šavlozubých tygrů“, v Jižní Americe vymizeli gigantičtí pásovcí, lenochodi a další velcí savci (*Megatherium*), v Asii vymizeli gigantické žirafy. Z Evropy ke konci pleistocénu vymizeli mamuti, srstnatí nosorožci, jeskynní medvědi a rovněž vymizeli neandertálci.

Fauna studených stepí Evropy a Severní Ameriky byla charakteristická mamuty, srstnatými nosorožci, velkými kočkovitými šelmami a dalšími velkými savci (kůň, pižmoň, tur, sob).

V interglaciálech Evropy patří k běžným druhům lesní sloni, nosorožci, hroši, jeleni, daňci, medvědi a různé velké kočkovité šelmy.

Pro poznání klimatu mají velký význam ulitnatí suchozemští plži (suchomilka, zrnovka). Jejich ulity se dobře zachovávají ve spraších z chladných období. V interlaciálech se objevují lesní plži, které dnes nacházíme v teplejší části jv. Evropy (např. *Soosia*).

V průběhu pleistocénu dochází k vývoji hominidů a člověka ve východní a jižní Africe. První lidé typu *Homo erectus* se rozšiřují z Afriky do Evropy a do jižní a východní Asie již před asi 1,7 Ma. Další vlna lidí blízká *Homo sapiens* migruje v průběhu posledního glaciálu do Eurasie před asi 100 tis. lety. Pevninský most Beringie umožnil příchod moderního člověka z Asie do Severní Ameriky před asi 25 tis. lety, do Jižní Ameriky přes Panamskou šíji před asi 13 tis. lety.

6 Pleistocén v České republice

Až poslední pleistocenní zalednění v Evropě a v Severní Americe zanechalo dostatek podkladů pro studium prostorového rozšíření ledovcového příkrovu na severní polokouli. Rýhování skalního podloží, ledovcové ohlazy a exotický horninový materiál transportovaný stovky až tisíce km jednoznačně dokládá mohutnost ledovcových příkrovů a směry pohybu kontinentálních ledovců. Stopy po starších zaledněních bývají zahlazeny činností ledovců posledního würmského glaciálu. V maximu zalednění dosahoval kontinentální ledovec ze Skandinávie až k našim severním pohraničním horám a místy (např. Opavsko) zasahovalo čelo ledovců až na naše území, jak o tom svědčí zbytky morén se souvkovým materiálem dopraveným až ze Skandinávie. Malé horské ledovce na Šumavě a v Krkonoších zanechaly menší ledovcové kary s dodnes zachovalými morény a jezery nebo rašeliništi na místě původních ledovcových jezer. Známými pozůstatky na Šumavě jsou Černé, Čertovo a Plešné jezero a jezero Laka.

V předpolí ledovců byla na většině území Čech a Moravy chladná a suchá step s permafrostem. O permafrostu svědčí mohutné svahoviny vzniklé soliflukcí, mrazové klíny, kryoturbace, mrazové drtě a mrazové sruby zachované na skalnatých vrcholech na mnoha místech (např. Sedmihoří na Tachovsku). V nižších oblastech (Polabí, jižní Morava) vznikaly několik metrů mocné uloženiny spraší z materiálu vyvanutého z povrchu promrzlých stepí. Spraše, sprašové hlíny a výplně krasových dutin jsou hlavním zdrojem koster velkých savců, kteří v pleistocénu žili na našem území. Spraše rovněž poskytují bohaté fauny měkkýšů kdysi žijících na chladných stepích a také pozůstatky prvního lidského osídlení našeho území (Přezletice, Dolní Věstonice, Předmostí u Přerova, jeskyně Šipka aj.).

Řeky byly v chladných obdobích málo vodnaté a jejich koryta se zanášela štěrkopískem. Naopak, v interglaciálech docházelo k vyčištění a zahlubování údolí do skalního podkladu. Výsledkem byl vznik říčních terasových stupňů na svazích údolí většiny našich velkých řek.

Počátkem holocénu (11 - 10 tis. let) nastává rychlé oteplování. Původně stepní krajina se stává lesostepí a posléze většinu území pokrývají listnaté a smíšené lesy. Pásevectví následované obděláváním půdy vede k udržování a dalšímu rozšiřování stepí a vzniká nový typ krajiny, tzv. kulturní step. Odlesňování je příčinou splavování půdního pokryvu a dochází k zanášení říčních údolí úrodnými povodňovými hlínami, které podél řek vytváří ploché údolní nivy.