

# Krajina v kvartéru (podzimní semestr 2016)

## Kvartér – jeho vymezení a význam



*Daniel Nývlt (daniel.nyvlt@seznam.cz)*

# Kvartér – historie vymezení

Kvartér je nejmladším a zároveň i nejkratším obdobím v historii Země.

eon	éra	útvár	oddělení	stupeň	stáří [miliony let]	bod GSSP	
fanerozoikum	kenozoikum	kvartér	holocén		0,0117	👉	
			pleistocén	tarant		0,126	
				ion		0,781	
			calabr		1,806	👉	
				gelas		2,588	👉
			pliocén	piacenz		3,600	👉
		zand			5,332	👉	
		neogén	miocén	messin		7,246	👉
				torton		11,608	👉
				serraval		13,82	👉
			langh		15,97	👉	
				burdigal		20,43	👉
	aquitán				23,03	👉	
	paleogén	oligocén	chat		28,4 ± 0,1	👉	
			rupel		33,9 ± 0,1	👉	
			priabon		37,2 ± 0,1	👉	
			barton		40,4 ± 0,2	👉	
		eocén	lutet		48,6 ± 0,2	👉	
			ypres		55,8 ± 0,2	👉	
		paleocén	thanet		58,7 ± 0,2	👉	
			seland		~ 61,1	👉	
			dan		65,5 ± 0,3	👉	
			maastricht		70,6 ± 0,6	👉	
		svrchní	campan		83,5 ± 0,7	👉	
			santon		85,8 ± 0,7	👉	
			coniak		~ 88,6	👉	
			turon		93,6 ± 0,8	👉	
			cenoman		99,6 ± 0,9	👉	
alb				112,0 ± 1,0	👉		
apt			125,0 ± 1,0	👉			
barrem			130,0 ± 1,5	👉			
spodní	hauteriv		~ 133,9	👉			
	valangin		140,2 ± 3,0	👉			
	berrias		145,5 ± 4,0	👉			

eon	éra	útvár	oddělení	stupeň	stáří [miliony let]	bod GSSP
fanerozoikum	mezozoikum	jura	svrchní	tithon		145,5 ± 4,0
				kimmeridž		150,8 ± 4,0
				~ 155,6		
			střední	oxford		161,2 ± 4,0
				callov		164,7 ± 4,0
				bathon		167,7 ± 3,5
		spodní	bajok		171,6 ± 3,0	
			aalen		175,6 ± 2,0	
			toark		183,0 ± 1,5	
		trias	svrchní	pliensbach		189,6 ± 1,5
				sinemur		196,5 ± 1,0
				hettang		199,6 ± 0,6
	rhaet				203,6 ± 1,5	
	nor				216,5 ± 2,0	
	carn				~ 228,7	
	střední		ladin		237,0 ± 2,0	
			anis		~ 245,9	
			~ 249,5			
	spodní		olenek		~ 249,5	
			indu		251,0 ± 0,4	
			251,0 ± 0,4			
	perm	loping	changhsing		253,8 ± 0,7	
			wuchiaping		260,4 ± 0,7	
		guadalup	capitan		265,8 ± 0,7	
			word		268,0 ± 0,7	
		disural	road		270,6 ± 0,7	
			kungur		275,6 ± 0,7	
			artinsk		284,4 ± 0,7	
sakmar				294,6 ± 0,8		
karbon	pennsylván	assel		299,0 ± 0,8		
		gzhel		303,4 ± 0,9		
	střední	kasimov		307,2 ± 1,0		
		moscov		311,7 ± 1,1		
	svrchní	bashkir		318,1 ± 1,3		
		serpukhov		328,3 ± 1,6		
mississip	střední	visé		345,3 ± 2,1		
		345,3 ± 2,1				
	spodní	tournai		359,2 ± 2,5		
		359,2 ± 2,5				

eon	éra	útvár	oddělení	stupeň	stáří [miliony let]	bod GSSP
fanerozoikum	paleozoikum	devon	svrchní	famen		359,2 ± 2,5
				frasn		374,5 ± 2,6
			střední	givet		385,3 ± 2,6
				eifel		391,8 ± 2,7
			spodní	ems		397,5 ± 2,7
				prag		407,0 ± 2,8
		silur	přídolí	lochkov		411,2 ± 2,8
				416,0 ± 2,8		
			ludlow	ludford		418,7 ± 2,7
				gorst		421,3 ± 2,6
			wenlock	homer		422,9 ± 2,5
				sheinwood		426,2 ± 2,4
	llandovery	telych		428,2 ± 2,3		
		aeron		436,0 ± 1,9		
		rhuddan		439,0 ± 1,8		
		443,7 ± 1,5				
	svrchní	hirmant		445,6 ± 1,5		
		kat		445,8 ± 1,6		
		sandby		455,8 ± 1,6		
		460,9 ± 1,6				
	střední	darriwil		460,9 ± 1,6		
		daping		471,8 ± 1,6		
	spodní	flo		471,8 ± 1,6		
		tremadok		478,6 ± 1,7		
	furong	stupeň 10		483,3 ± 1,7		
		~ 492				
		stupeň 9		~ 496		
		~ 496				
kambrium	paib		~ 499			
	~ 499					
oddělení 3	guzhang		~ 503			
	~ 503					
oddělení 2	drum		~ 506,5			
	~ 506,5					
terreneuv	stupeň 5		~ 510			
	~ 510					
	stupeň 4		~ 515			
	~ 515					
stupeň 3	~ 521					
	~ 521					
stupeň 2	~ 528					
	~ 528					
fortun		542,0 ± 1,0				

eon	éra	útvár	stáří [miliony let]	bod GSSP a GSSA	
prekambrium	proterozoikum	neoproterozoikum	ediacar	~ 635	👉
			cryogen	850	👉
		mesoproterozoikum	ton	1000	👉
			sten	1200	👉
			ectas	1400	👉
			calymm	1600	👉
	paleoproterozoikum	stather	1800	👉	
		orosir	2050	👉	
	archaikum	svrchní	rhyak	2300	👉
			sider	2500	👉
		střední	2800	👉	
			3200	👉	
spodní		3600	👉		
		4000	👉		
hád	(spodní hranice není definována)		~ 4600	👉	

Jednotky globálního geologického záznamu jsou formálně definovány svou spodní hranicí. Každá jednotka fanerozoického období (~342 miliony let až po současnost) a blíže ediacaru je definována v globálním optickém profilu a v bodu na své bázi (GSSP) 📍, zatímco prekambriká období se formálně člení na základě absolutního stáří, tj. globálního standardního stratigrafického stáří (GSSA).

Tabulka podává přehled mezinárodních stratigrafických jednotek, jejich pořadí, názvy i formální postavení. Příslušné jednotky jsou schváleny Mezinárodní stratigrafickou komisí (ICS) a potvrzeny Mezinárodní unií geologických věd (IUGS).

Stránice ICS (Bernare et al., Episodes 19, 77–81, 1996) upravuje výběr a definici mezinárodních geochronologických jednotek. Mnohé body (GSSP) jsou již označeny „zlattým hrotem“ a deskou s pojmenováním stupně nebo útvaru, zasazenou v úrovni hranice na profilu hraničního stratotypu, kdežto GSSA je abstraktní časový údaj, který se nevztahuje k žádné specifické úrovni v horninovém sledu. Provedené popisy každého GSSP a GSSA se nacházejí na webových stránkách ICS ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)).

Množství stupňů ordoviku a kambriu budou formálně pojmenovány ve smyslu mezinárodního body na základě svých vymezených hranic GSSP. Většina hranic unitů jednotkových stupňů (například střední a svrchní ep) není formálně definována. Číselné vyjádření věk fanerozoických jednotek může být revidováno. Diskutuje se rovněž o vymezení kvartéru a revizí pleistocénu. Dřívější termín terciér dnes zastupují dvě období – paleogén a neogén.

Bavny odpovídají požadavkům Komise pro Geologickou mapu světa ([www.cgrn.org](http://www.cgrn.org)) a používají se dnes jednotně ve všech geologických mapách. Uvedené číselné údaje stáří pocházejí z: *Geology: Time Scale 2004*, F.M. Gradstein, J. G. Ogg, A.G. Smith et al., Cambridge University Press 2004.

Originální verze tabulky (GSS Project 2004, © ICS), kterou vyrobila Gabi Ogg, vznikla za finanční podpory Exxon Mobil, Statoil Norway, Chevron, Texaco a BP; viz rovněž <http://stratigraphy.science.purdue.edu>.

S laskavým svolením International Commission on Stratigraphy a jejich subkomisí do češtiny přeložil Vojen Ložek a Pavla Loucká, odborná revize Jindřich Hladil a Petr Storch; dvoustřana © Vesmir.

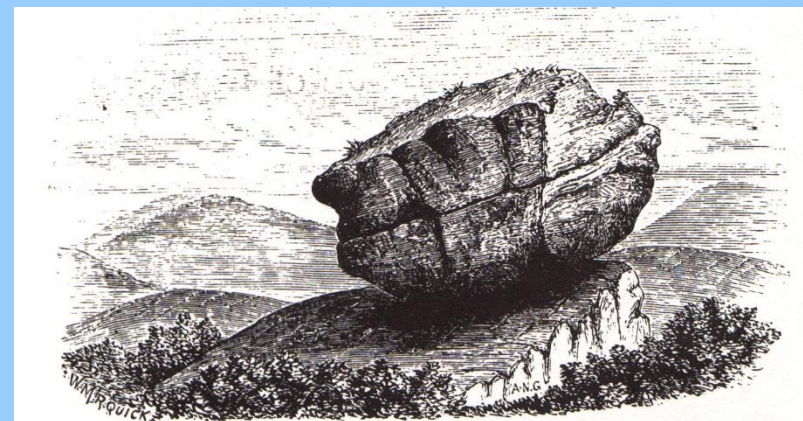
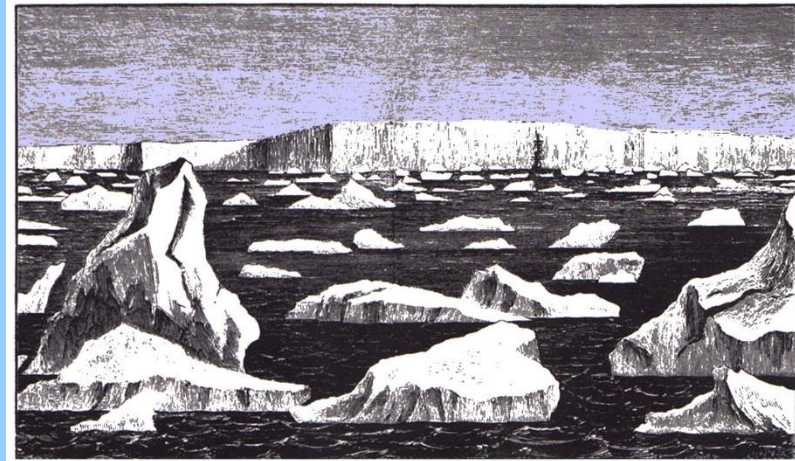


# Kvartér – historie vymezení

Název útvaru pochází z členění francouzského geologa *J. Desnoyese* z roku 1829 pro sedimenty pařížské pánve založeném na čtyřech systémech *G. Arduina*. Někde označován také jako **antropogén**, český zažitý název je **čtvrtohory**. Až do počátku 19. století byly nezpevněné horniny uložené na zemském povrchu považovány za pozůstatky po biblické potopě (odtud „**diluviální teorie**“ a termín **diluvium** – *Buckland, Sedgwick*).

S poznáváním polárních oblastí a množství hornin zamrzlých v ledových krách byl transport tohoto materiálu (anglicky „drift“) přičítán uložení z ledových ker během mořské záplavy (např. *Lyell*).

Geologové pracující v Alpách (*Perraudin, Venetz, de Charpentier* a především *Agassiz*) ukázali, že rozsáhlé oblasti Evropy musely být pokryty ledovci mnohem většími, než jaké jsou dnes v Alpách (odtud „**ledovcová teorie**“ a návrat k termínu **doba ledová** (**Eiszeit, Ice Age**) zavedeným *J.W. Goethem*).



V roce 1875 *O. Torrell* na setkání Německé geologické společnosti jasně ukázal, že bludné balvany vyskytující se v Německu pocházejí ze Švédska a Finska a doložil rozsáhlé (kontinentální) zalednění Evropy. Obdobně *Agassiz* prokázal kontinentální zalednění i v Severní Americe a „**ledovcová teorie**“ tím naprosto zvítězila.

Definice báze kvartéru a tím pádem i jeho trvání se měnila v čase. Na 18. IGC v Londýně (1948) byl kvartér definován pro období **~600 ka**. V roce 1984 byl ratifikován **stratotyp** pro bázi kvartéru na **profilu Vrica** v jižní Itálii s hranicí na bázi polohy jílovců v nadloží organické polohy „e“, která leží uvnitř subchronu normální polarity Olduvai. Tato hranice byla později astronomickou kalibrací datována na **1,806 Ma**. V současnosti (ratifikováno 2010) je pro bázi kvartéru použit **stratotyp u Monte San Nicola** na Sicílii, kde hranice po astronomickém ladění časově odpovídá **2,588 Ma** a leží velmi blízko **magnetické reverze Gauss/Matuyama**.

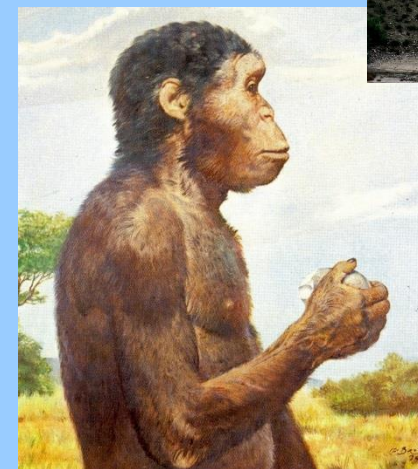
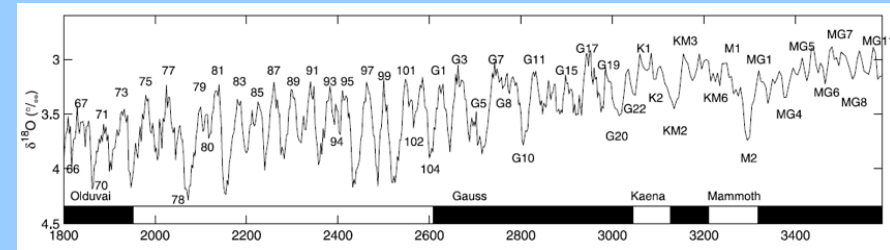
## Dnešní dělení kvartéru

Dělí se na starší oddělení – **pleistocén** (*Ch. Lyell* v *Principles of Geology* z roku 1839), mladší oddělení – **holocén** (*P. Gervais* 1867–1869, jinak též poledová doba, příp. flandrian) a nejmladší (*prozatím neformální!*) oddělení – **antropocén** (*P. Crutzen* a *E. Stoermer* 2000).



# Kvartér – odlišnosti od předchozích geologických období

- významné **ochlazení klimatu** a zintenzivnění **klimatické cykličnosti** vázané na změnu orbitálních parametrů Země (Milankovičovy cykly)
- tvorba **spraší** ve většině částí světa (s výjimkou Aljašky a Tarimské pánve)
- odlišný říční styl řek mírných zeměpisných šířek a cyklická **tvorba říčních terasových stupňovin**
- výskyt a rozvoj zástupců **rodu Homo** vedoucí k modernímu člověku
- hojnější výskyty **ledovci** **transportovaného horninového materiálu** v hlubokomořských sedimentech mírného pásma severní polokoule dokládající **rozsáhlejší zalednění mírných šířek**



# Kvartér – formální stratigrafické definice

**Kvartér** – chronostratigrafická jednotka na hierarchické úrovni útvaru odpovídající shodně nazvané geochronologické periodě s bází definovanou stratotypem báze pleistocénu.

**Pleistocén** – chronostratigrafická jednotka na úrovni oddělení odpovídající shodně nazvané geochronologické epoše s bází definovanou stratotypem báze stupně gelasu na profilu u Monte San Nicola na Sicílii.

**Holocén** – chronostratigrafická jednotka na úrovni oddělení odpovídající shodně nazvané geochronologické epoše s bází definovanou ve vrtném jádře NGRIP v hloubce 1492,45 m.

**Antropocén** – neformální jednotka v přípravě návrhu na zařazení jako geochronologická epocha se začátkem v roce 1800 AD, kdy začíná člověk intenzivněji měnit geologické podmínky a procesy.

EONOT.	ERAT.	ÚTVAR	ODDĚLENÍ	STUPEŇ	stáří (milióny let)
kenozoikum		kvartér	holocén		0,0117
			pleistocén	tarant	0,126
				ion	0,781
				calabr	1,806
		neogén	pliocén	gelas	2,588
				piacenz	3,600
			miocén	zanc	5,333
				messin	7,246
				torton	11,62
				serravall	13,82
				langh	15,97
				burdigal	20,44
				aquitán	23,03

**ICS-approved 2009 Quaternary (SQS/INQUA) proposal**

**C**

ERA	PERIOD	EPOCH & SUBEPOCH	AGE	AGE (Ma)	GSSP	
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE				
		PLEISTOCENE	Late	'Tarantian'	0.012	Vrtača, Calabria Monte San Nicola, Sicily
			M	'Ionian'	0.126	
			Early	Calabrian	0.781	
				Gelasian	1.806	
			PLIOCENE	Piacenzian	2.588	
				Zanclean	3.600	
					5.332	

# Pleistocén

Typickým znakem pleistocénu je střídání chladných období – **glaciálů** (**ledových dob**), význačných velkým rozšířením ledovců, s mnohem teplejšími a vlhčími obdobími **interglaciálů** (**meziledových dob**). Cyklické střídání klimatu vedlo k ovlivňování migrace faun a flór a k odlišným exogenním krajinotvorným procesům. V mořské izotopové stratigrafii odpovídá rozpětí MIS 103–2.

**Glaciály** byly v mírných zeměpisných šířkách výrazně **sušší** (pokles srážek až o 2/3) a **chladnější** (až o 10–12°C) než je současnost. V celosvětovém průměru bylo o ~5–6°C chladněji. V teplých klimatických pásech se projevovaly jako pluviály, tedy především zvýšením srážek. Posun klimatických zón byl značný, teplé klimatické pásy byly poměrně úzké.

V glaciálních podmínkách docházelo v rozsáhlých zaledněných oblastech mírných šířek k akumulaci glacigenních sedimentů a před ledovcovými čely k sedimentaci často rozsáhlých a mocných glacifluviálních sedimentů.

V periglaciálních oblastech dominovalo intenzivní zvětrávání za vzniku hlubokých zvětralin, které byly periglaciálně podmíněnými svahovými pohyby akumulovány v podobě různých typů svahových sedimentů a dále unášeny a ukládány v údolích řekami. Eolickou činností dochází k akumulaci spraší a navátých písků. V mořích a oceánech dochází k posunu sedimentace diatomových a globigerínových jemnozrnných sedimentů směrem k jihu.



**Interglaciály** byly v mírných zeměpisných šířkách obvykle **stejně teplé nebo i teplejší** (starší interglaciály až o 3–5°C), než je tomu v současnosti, obvykle s **vyššími srážkami** (až o 50 %). Naopak v teplých klimatických pásech se často projevovaly jako interpluviály, tedy zvýšenou ariditou, která dnes odpovídá subtropům.

V interglaciálních podmínkách docházelo především k nárůstům organické biomasy a velkému rozvoji flóry i fauny. Zemský povrch byl převážně pokryt vegetačním krytem, proto nedocházelo k transportu a ukládání sedimentů v takové míře a v takové hrubosti jako v glaciálech. V mírných klimatických pásech však dále pokračuje sedimentace jemných fluviálních sedimentů – povodňových hlín, svahovin a ve vegetačně nestabilizovaných oblastech dochází i k eolickému transportu a ukládání.

## Dělení pleistocénu

- **spodní**: v současné době zahrnuje chronostratigrafické stupně **gelas** (2,588–1,806 Ma) a **calabr** (1,806–0,781 Ma)
- **střední**: odpovídá neformálnímu mořskému chronostratigrafickému stupni **ion** (781–127 ka), **báze** odpovídá **magnetické reverzi Matuyama/Brunhes**, v současnosti se vybírá vhodný stratotyp ze tří kandidátů v Itálii a v Japonsku.
- **svrchní**: odpovídá neformálnímu mořskému chronostratigrafickému stupni **tarant** (127,2–11,7 ka), **báze** je tradičně kladena na **počátek posledního interglaciálu** (eemu v terestrickém a MIS 5e v mořském záznamu).



# Holocén

Současný interglaciál nebo též postglaciální období. V mořské izotopové stratigrafii odpovídá MIS 1. **Báze holocénu** definována stratotypem →

**Grónsko (vrtné jádro NGRIP)**

definice GSSP v hloubce 1492,45 m pro bázi holocénu na základě:

$\delta^{18}\text{O}$

ECM – elektrická vodivost

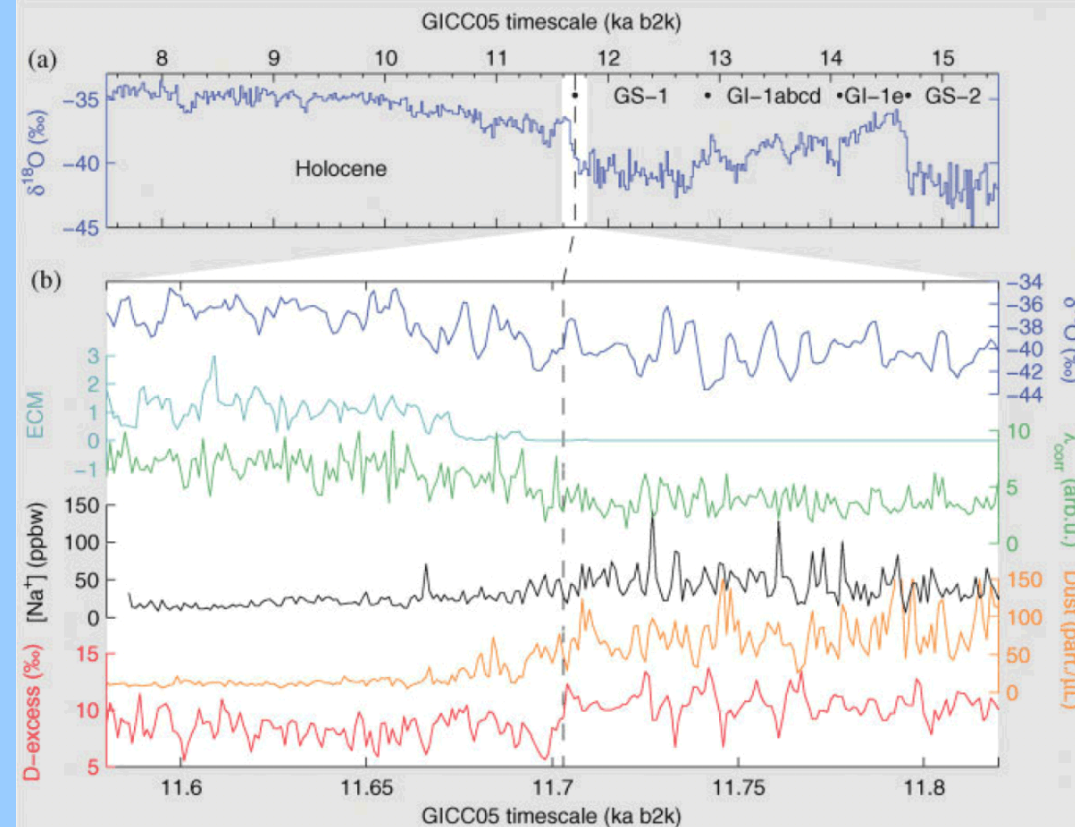
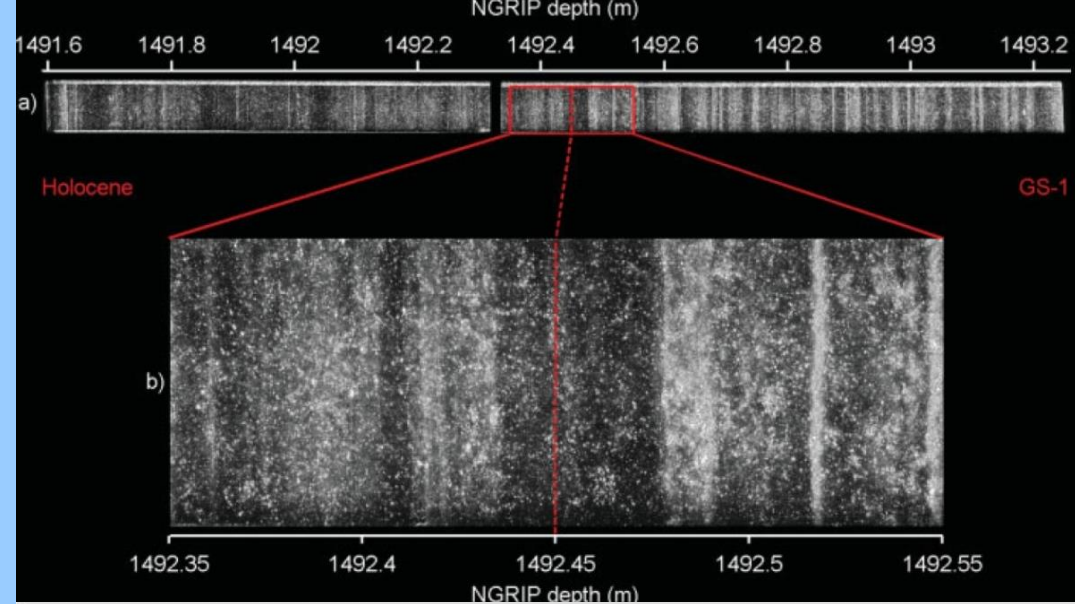
$\lambda_{\text{corr}}$  – tloušťka ročních přírůstků

koncentrace  $\text{Na}^+$

podíl prachových částic

deuterium excess

stáří:  **$11.700 \pm 99$  cal. a b2k**



# Dělení holocénu

Klasické dělení holocénu je založené na pylových záznamech a rostlinných makrozbytcích pocházejících z Dánska (**Blytt-Sernanderova klasifikace**), dále rozpracovaných do pylových zón (*von Post* pro Skandinávii; *Godwin* pro Británii; *Firbas* pro Střední Evropu).

pylová zóna	biostratigrafie	
IX	subatlantic	
VIII	subboreal	
VII	atlantik	
V-VI	boreal	
IV	preboreal	holocén
III	mladý dryas	pleistocén
II	allerød	
Ic	starý dryas	
Ib	bølling	
Ia	nejstarší dryas	

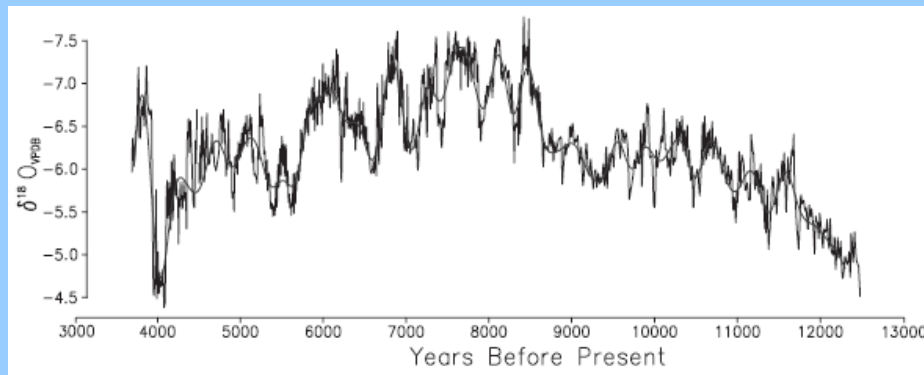
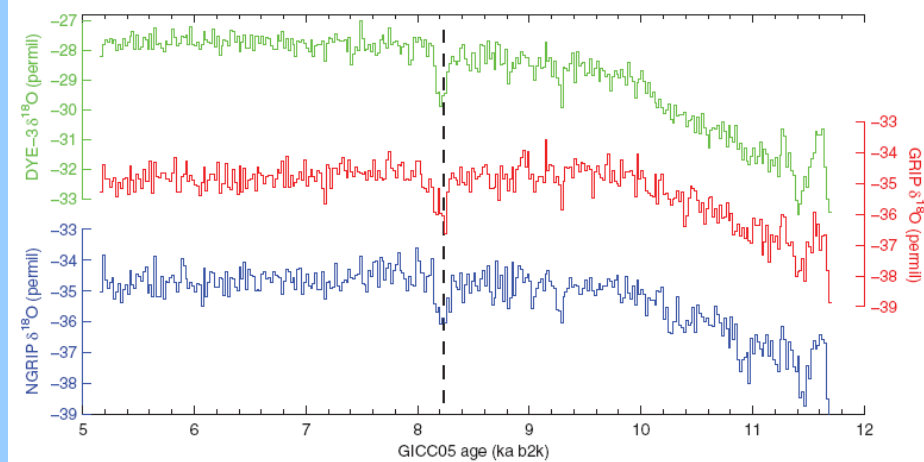
# Chronostratigrafické členění

holocénu definuje

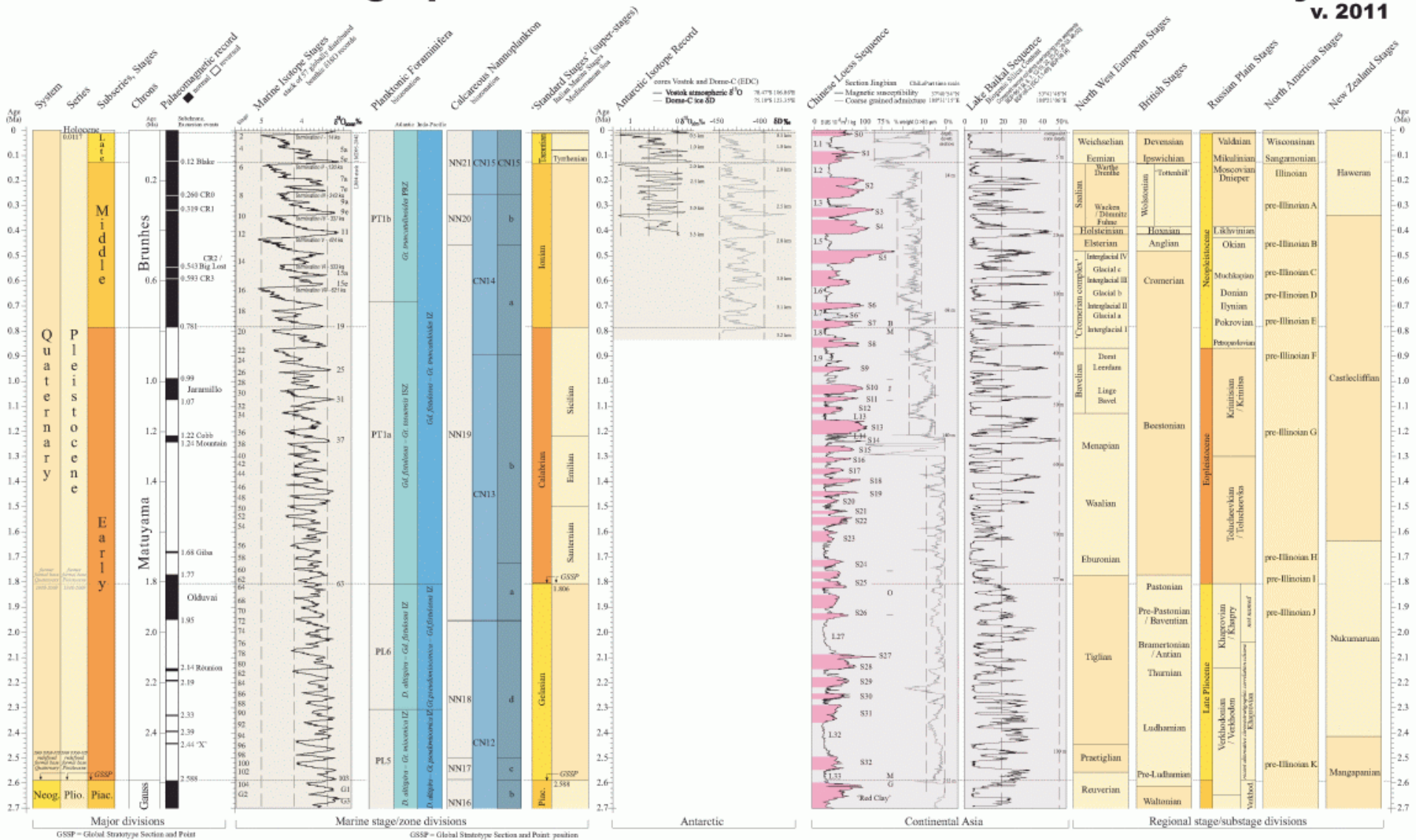
- **spodní** (11,7–8,2 ka)
- **střední** (8,2–4,2 ka)
- **svrchní** (4,2–0 ka)

holocén na úrovni subepoch prozatím bez definovaných stratotypů.

Hranice jsou umístěné na nejvýznamnějších holocenních klimatických událostech dobře doložených v multiproxy záznamech z NGRIPu (led) a Mawmluh Cave (speleotémy).



# Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years v. 2011





## K dalšímu čtení a studiu:

Bradley R.S. (1999): *Paleoclimatology. Reconstructing Climates of the Quaternary*. Second Edition. International Geophysics Series, 64, Academic Press.

Elias, S. A. (2007): *Encyclopedia of Quaternary Science*. 4 volume set. Elsevier.

Gibbard, P., Cohen, K.M. (2008): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Episodes*, 31, 243–247.

Gibbard, P.L., Head, M.J., Walker, M.J.C., The Subcommission on Quaternary Stratigraphy (2010): Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25, 96–102.

Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J., Lowe, J.J., Newnham, R.M., Rasmussen, S.O., Weiss, H. (2012): Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Journal of Quaternary Science*, 27, 649–659.

Walker M., Johnsen, S., Rasmussen, S.O., Popp, T., Steffensen, J.-P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L.C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J. (2009): Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*, 24, 3–17.

Williams, M., Zalasiewicz, J., Haywood, A., Ellis, M., Eds. (2011): The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A369*, 835–1112. **Special issue on the Anthropocene.**

<http://quaternary.stratigraphy.org>

<http://www.geology.cz/stratigraphy>

***That's all for this term, folks...***