

Problém datování výbuchu santorinského vulkánu v době bronzové

VĚRA KLONTZA-JAKLOVÁ

Ostrov Santorini není jenom velmi oblíbeným turistickým cílem díky své malebnosti a bohaté historii, ale je také velkým otazníkem prehistorické archeologie a geologie. Výbuch tamního vulkánu v době bronzové je problémem, o němž se v oblasti egejské prehistorie diskutuje snad nejvíc. Cílem tohoto článku je podat základní informace o vývoji této problematiky, a poskytnout tak praktickou pomůcku hlavně nearcheologům, kteří by se o „případu Santorini“ rádi dozvěděli více, než uvádějí turističtí průvodci, případně někdy již zastaralá populárně naučná literatura.

Ostrov Santorini (nebo také Théra, ve starověku Kallisté) nacházející se 120 km severně od dnešního krétského města Heraklion byl pro archeology objeven v letech 1859–1869 při těžbě pemzy používané při stavbě Suezského průplavu¹ a u příležitosti menšího výbuchu tamního vulkánu v lednu 1866.² Do literatury jako první uvedl archeologické památky francouzský geolog Jacques Fouqué, jenž datoval událost do intervalu 2000 až maximálně 1500 před n. l., za což si dnes zaslouží obdiv, vezmeme-li v úvahu úroveň tehdejších znalostí a technické vybavení.³ Z důvodů velmi složité geologické situace (vrstvy minojské destrukce se nacházejí pod několikametrovým nánosem pyroklastického sedimentu – tefry – dosahujícím na některých místech síly přes 10 metrů) probíhaly zpočátku jen malé sondážní práce. Systematické výzkumy započaly až v roce 1967 na výběžku Akrotiri, kde je díky erozi poněkud příznivější situace.

Prvním, kdo dal do souvislosti výbuch sopky na Santorini s destrukcemi minojských paláců a označil tento výbuch za přímou příčinu zániku minojské kultury, byl J. Schoo,⁴ jehož jméno bylo do odborné literatury znovu uvedeno až autory J. Driessenem a C. Macdonaldem.⁵ Odbornou veřejností byl Schoo dlouho ignorován a prvenství bylo připsáno autoritě řecké archeologie Spyridonu Marinatosovi.⁶ Tato teorie zániku minojské civilizace je však již několik desítek let na základě jednoznačných archeologických kontextů považována za překonanou. Nesmíme ovšem tomuto badateli upřít zásluhu o položení základů moderní komparační archeologie. Přestože s konkrétními výsledky jeho bádání nemůžeme již dnes plně souhlasit, v podstatě vytkl cestu, po které se ubíráme podnes.

¹ MANNING 1999, xxvii.

² FOUQUÉ 1998.

³ MANNING 1999, 12.

⁴ SCHOO 1937–1938.

⁵ DRIESSEN – MACDONALD 1997.

⁶ MARINATOS 1939.

Marinatos postupoval při datování destrukcí na Akrotiri pomocí srovnávání egyptských importů na Krétě a minojských a mykénských nálezů z egyptského prostředí. Takto získané výsledky kombinoval s historickými údaji poskytovanými egyptskými písemnými prameny. Jeho vývody, co se relativní chronologie týče, byly v podstatě správné, když určil, že katastrofa se odehrála na konci období stupně IA pozdně minojského období (k dataci viz *Příloha 2*). Na základě nálezů minojské a mykénské keramiky v Egyptě byla santorinská katastrofa datována do období těsně před nástupem 18. dynastie. Tato dedukce je v posledních letech také zpochybňována.⁷ V rámci této základní komparace dospěl k datu kolem roku 1500 před n. l.⁸ A. Furumark na základě studia mykénské keramiky dospěl ke shodným závěrům.⁹

Ironií je, že toto klíčové datum, od kterého je odvozena absolutní chronologie pozdně helladského období, a tak přímo ovlivňuje názory a pohledy na chronologii severnějších částí Evropy, nebylo v podstatě 50 let zpochybněno. Do 80. let 20. století se s menšími modifikacemi a odchylkami počítalo s intervalem 1500–1450 před n. l. pro detailní archeologické interpretace a tato datace byla také přejímána obecnými příručkami, jako je *Cambridge Ancient History*,¹⁰ a poté také regionálními syntézami.¹¹ Některé modernější syntézy uvádějí rozpor mezi daty poskytovanými přírodovědnými metodami a archeologicko-historickými daty.¹²

Dalo by se s jistou nadsázkou říci, že k „druhé santorinské katastrofě“ došlo koncem 70. let, kdy byla publikována první radiokarbonová data, která rázem posunula datum erupce o 100–150 let do minulosti. První data, která poskytla mladá glaciologická metoda (*ice-core dating*), se naopak pohybovala až kolem roku 1390 ± 50 před n. l. a termoluminiscenční zkoušky potvrdily interval 3600 ± 200, z důvodu velkého rozpětí pro dané období naprosto nepoužitelný. Z toho většina archeologů usoudila, že metoda (tedy C-14) je pro dané období nevhodná a z nějakého důvodu chybující a přiklonila se znovu ke konvenčním datům.¹³ Již v 70. letech někteří badatelé poukazovali na nepravděpodobnost datování santorinské katastrofy do počátečních let vlády 18. dynastie, což dokládali na základě archeologických kontextů.¹⁴

Zlomem v bádání bylo v roce 1984 zveřejnění práce dendrochronologů La Marche a Hirschboecka, kteří prokázali, že vulkanická činnost většího rozsahu uvolňuje do vzduchu SO₂ a SO₃, tedy sloučeniny, které se vytvářejí při rozpadu kyseliny sírové (H₂SO₄) pro-

⁷ MANNING ET AL. 2002, 742.

⁸ MARINATOS 1939.

⁹ Např. FURUMARK 1941a, 1941b, 1950; souhrnně MANNING 1999, 13–16.

¹⁰ EDWARDS ET AL. 1973, 558.

¹¹ Např. PEČÍRKA ET AL. 1989, 34; BUCHVALDEK (ed.) 1985; PLEINER (ed.) 1978; FURMÁNEK ET AL. 1991; PODBORSKÝ (ed.) 1993.

¹² Např. DICKINSON 1994, 17–20; ale také PODBORSKÝ (ed.) 1993; FURMÁNEK ET AL. 1991.

¹³ HOOD 1978, 688.

¹⁴ POMERANCE 1978, 797–804.

dukované právě vulkanickou činností. Tyto oxidy (siřičitý a sírový) rozptýlené ve větších koncentracích v atmosféře a stratosférickém aerosolu omezují průnik slunečního záření k zemskému povrchu, což autoři doložili empiricky. Na základě konkrétních příkladů ze současnosti a nedávné minulosti prokázali, že sopečné výbuchy mohou snížit průměrnou roční světovou teplotu o 0,4–0,7 °C. Tato skutečnost se posléze odráží v míře nárůstu letokruhů dlouholetých dřevin. Oba badatelé navrhují pro santorinskou explozi datum 1626–1628 před n. l.¹⁵ La Marche navrhol tento posun již v 70. letech a svůj názor publikoval v *National Geographic*, ale egejské archeologové jej nechali bez povšimnutí.

Na archeologické pole a do seriózní debaty uvedl tato data P. Warren¹⁶ s tím, že je nutné data poskytovaná různými přírodními vědami revidovat, srovnávat s archeologickými (či konvenčními typologickými historickými) chronologickými škálami a rozhodně je brát v úvahu. Vyjádřil také názor, že není možné rozpory mezi konvenčním datováním a daty pocházejícími z laboratoří smést jednoduše ze stolu nebo přejít mávnutím ruky s výmluvou na chybu, a vyzval k řešení problému. Warrenův dnes již klasický článek odstartoval debatu, která je vedena v různé intenzitě prakticky do současnosti, ale která rozhodně posunula naše znalosti kupředu.

Dalším mezníkem byl rok 1987. Dánští glaciologové revidovali svá zjištění získaná na základě vrstvení grónského ledovce a nabídli opravená data, konkrétně 1644 ± 20 před n. l.¹⁷

Řada archeologů byla nucena pozměnit své postoje. G. Cadogan, který se ještě několik let předtím domníval, že absolutní data východostředomořského pravěku jsou více méně stabilizovaná,¹⁸ musel připustit, že ani datum 1500 nebude již dále udržitelné a že bude třeba hledat někde za rokem 1520.¹⁹ Stejně tak M. J. Aitken dospěl na základě radiokarbonových dat k závěru, že je třeba poohlédnout se po správném datu v intervalu mezi lety 1670–1520 před n. l.²⁰ Irský dendrochronologický tým ověřil datum 1627 před n. l.²¹ Do diskuse (již podruhé) vstoupil P. Betancourt.²² Rovněž jeho článek by bylo možné označit za jeden z mezníků debaty trvající již přes 30 let. Jako první se pokusil propojit archeologická data (tedy konkrétní nálezy z konkrétních nálezových souvislostí) s daty historickými a s daty poskytovanými přírodními vědami a navrhl datování santorinské katastrofy k roku 1610 před n. l. Dalším stavebním kamenem je studie B. J. Kempa a R. S. Merrilleese,²³ kteří na základě krétských a mykénských importů v Egyptě navrhují a dokládají, že první fáze

¹⁵ LA MARCHE – HIRSCHBOECK 1984; PYLE 1990, 68.

¹⁶ WARREN 1984.

¹⁷ HAMMER ET. AL. 1987.

¹⁸ CADOGAN 1978.

¹⁹ CADOGAN 1987.

²⁰ AITKEN 1988.

²¹ BAILLIE – MUNRO 1988.

²² BETANCOURT 1987.

²³ KEMP – MERRILLEES 1980.

pozdně minojského období (LM I) by mezi lety 1600–1575 měla spíš končit než začínat. Na konci 80. let připojil S. Manning²⁴ srovnávací analýzu chronologie východního Středomoří. Jednoznačně se přiklonil k posunu směrem k datům, které poskytly přírodní vědy.

Důležitou součástí této debaty bylo také kolokvium uspořádané univerzitou v Göteborgu v roce 1987.²⁵ Rok 1500 před n. l. již v podstatě přestal být brán v úvahu a diskuse, zkráceně označovaná jako *high or low*, se dále soustředila na shromažďování argumentů, které by pomohly přesněji umístit santorinskou katastrofu v rámci intervalu 1648–1580 před n. l. V roce 1989 byla zorganizována další rozsáhlá konference na toto téma,²⁶ která dovršila další významnou etapu bádání a byla jakýmsi shrnutím dosavadního stavu výzkumu. Jeden z nejdůležitějších poznatků přinesl W.-D. Niemeier,²⁷ kterému se podařilo zachytit na výzkumu kanaánské lokality Tel Kabri (Izrael) destrukci absolutně datovanou k roku 1600. Odkrytý sídelní komplex poskytl zbytky malované podlahy, jejíž výzdoba byla klasifikována jako analogická tzv. egejským freskám 1. stupně pozdně minojského období (fáze LM IA). W.-D. Niemeier vyvodil relativní souvislost mezi pozdně minojským I (LM I) stupněm a střední dobou bronzovou na Předním východě (MB II), které absolutně propojil s koncem 17. stol. před n. l. a obdobím před 18. egyptskou dynastií. Situaci znovu poněkud ovlivnilo oznámení glaciologů, že zkoumají možnost dvou výbuchů v druhé polovině 17. stol. před n. l., konkrétně kolem roku 1627 a 1645.²⁸ Na počátku 90. let utrpěla konvenční chronologie další ránu z tábora stylistických a typologických analýz.²⁹ 90. léta pak byla obdobím vášnivé debaty. Platformou střetů byl časopis *Archaeometry*. Zároveň však v tomto desetiletí vykrytalizovalo jakési první všeobecnější souznění výsledků více metod a vědních oborů, jež se shodly na pozdním 17. století.

Přesto někteří badatelé nadále trvají na konvenčních datech nebo debatu zcela ignorují,³⁰ i když data poskytovaná přírodními vědami jsou naprosto vědecká. Za nevědecké je naopak možno označit ignorování výsledků přírodních věd, k čemuž jsme často náchylní v případě, že jejich výsledky nezapadají do zaběhnutého a vžitého rámce. Drtivá většina archeologů si je však vědoma, že je třeba tato data brát vážně a přistupovat k nim nezaujatě, a naopak nabídnout pomoc při společném hledání odpovědí a odkrývání skutečnosti. I když se tento přístup zdá jako samozřejmý, podobnou potřebu zdůraznit nutnost spolupráce archeologů a přírodních vědců vyslovil také J. Muhly.³¹ Shrnutím předešlých diskusí je rozsáhlá práce S. Manninga,³² která je nepochybně příručkou nepominutelnou pro každého, kdo se zabývá absolutní chronologií doby bronzové.

²⁴ MANNING 1988.

²⁵ ÅSTRÖM (ed.) 1987–1989.

²⁶ HARDY – RENFREW (eds.) 1990.

²⁷ NIEMEIER 1990.

²⁸ BIETAK (ed.) 2000, 30.

²⁹ Např. BARBER 1991.

³⁰ Např. SCHACHERMAYER 1976a, b, DUHOUX 2003.

³¹ MUHLY 2003, 17–23.

³² MANNING 1999.

S koncem tisíciletí se také debata „svobodných, nezávislých a roztroušených učenců“ dostala na novou kvalitativní úroveň v rámci iniciativy rakouského egyptologa M. Bietaka, který shromáždil široký interdisciplinární a mezinárodní tým s cílem vnést do problematiky datování doby bronzové ve východním Středomoří světlo (projekt *SCIEM 2000*). Cílem projektu je sestavení co nejdokonalější sítě a databáze shromažďující a vyhodnocující data všeho druhu. Jedná se o jeden z nejvýznamnějších projektů pro dané období a oblast s propracovanou organizací a metodologií. Charakteristická je pro Bietakův tým víra v kolektivní hledání odpovědí a ve statistickou váhu získaných argumentů. Tento projekt je sice v počátcích, ale domnívám se, že se jedná o příkladné uspořádání a zorganizování vědecké práce. Jednotlivá pracoviště a odborníci jsou propojeni do sítě, velmi intenzivně je využívána elektrotechnika. Bietakova koncepce klade zvýšený důraz na statistiku, rozsáhlé databáze, sériování a kombinování. Tyto metody nedokázaly prozatím přinést výraznější výsledky, které by ovlivnily historické interpretace. Jsou však rozhodně vhodné pro zpracování velkých souborů a pro určení pásem pravděpodobností. Nezbyvá než doufat, že tento výzkum bude nadále pokračovat a v dohledné době přinese konkrétní výsledky.

Dalším významným mezníkem byl nález kusu olivovníku spáleného v době exploze. Vzorek byl vhodný jak k radiokarbonovému datování, tak pro dendrochronologii. Obě dvě analýzy potvrdily datování do období kolem roku 1627 před n. l. Vzhledem k důležitosti nálezů byla ihned svolána konference v Kodani, které se zúčastnili přední specialisté na tuto problematiku.³³

V současnosti rozpory mezi chronologií navrhovanou přírodovědci do 3. čtvrtiny 17. století před n. l. a archeology (hlavně egyptology), kteří dedukují data o 100 let pozdější, stále přetrvávají (viz *Příloha 2*). Datum tedy stále nebylo jednoznačně stanoveno: oba dva názory se opírají o vědecká fakta a zároveň mají i slabá místa, proti nimž je možné vznést argumenty. Vědecký problém přetrvává a nezbyvá než doufat, že jej vyřeší další intenzivní bádání na tomto poli.

Stanovení data tzv. santorinské katastrofy není rozhodně samoučelné. Jednak je součástí problematické synchronizace celé pozdní doby bronzové ve východním Středomoří, jednak také přesně datuje horizont tzv. šachtových hrobů v Mykénách, jejichž paralely ve střední Evropě datují počátek střední doby bronzové.

Příloha 1 – Hypotetický průběh santorinské katastrofy z doby bronzové

Není snadné jednoznačně a bez pochybností popsat průběh erupce. K podobným geologickým událostem nedochází každý den a každý sopečný výbuch je jedinečný a neopakovatelný. Na základě geologicko-tektonické skutečnosti, empirie a analogií dospěli geologové k přibližnému obrazu. Jako analogie jsou používány erupce sopky Tambora (Sumatra) v roce 1815 a Krakatoa (ostrůvek mezi Jávou a Sumatrou) v roce 1883.³⁴

³³ WARBURTON (ed.) 2009.

³⁴ FRIEDRICH 2000, 67–68.

I. fáze – varovná: Otřesy menšího rozsahu upozornily obyvatele ostrova na nebezpečí. Ti posbírali potřebné a cenné věci (drobné předměty nebyly na Akrotiri prakticky nalezeny), zabalili zásoby, poskládali nábytek a vybavení domácností a evakuovali se. Následovaly větší otřesy, které poničily řadu staveb. Jednotlivé otřesy střídala období klidu, kdy se někteří obyvatelé nebo speciální skupiny vraceli, rozebírali sutiny a pokoušeli se o první opravy. Na některých místech opravy nestačili dokončit; bylo nalezeno pohozené náčiní, které zůstalo ležet na místě po chvatném opuštění lokality.³⁵

II. fáze – freatomagmatická exploze: Samotná erupce musela začít varovnými signály (únik plynů z vulkánu, dým atp.). Patrně došlo k prolomení stěn vulkanického komínu a roztavené kyselé magma se dostalo do styku s vodou, což vyvolalo prudkou chemickou reakci. Do vzduchu byla katapultována první dávka roztavených hornin spolu s ohromnými balvany pocházejícími z utržených stěn kaldery. Některé z nich popadaly na sídliště na Akrotiri a následná vrstva pemzy zapečetila veškeré pozůstatky lidské činnosti.³⁶ Nevíme, jak dlouhá byla doba mezi prvními záchvěvy, dalšími fázemi a vytvořením této první vrstvy pemzy. Absence nánosu hlíny, patrně eroze atp. však nasvědčují krátkému časovému odstupu.³⁷

III. fáze – tzv. plinijská: Z této fáze erupce pochází tzv. růžová pemza. Její vrstvy na ostrově jsou v některých místech až sedmimetrové. Došlo k prudkému výbuchu, který vyslal do ovzduší 1,4 km³ materiálu. Sloup popele dosahoval výšky až 38 km. Tímto způsobem byla ovlivněna až stratosféra. Jednalo se o extrémně silnou explozi, což mimo jiné potvrzuje ohromný rozptyl sopečného popele. Tato fáze na základě známých analogií mohla trvat několik hodin.³⁸ Řada domů ještě stála, nebo alespoň jejich ruiny, protože místnosti jsou zaplněné pemzou pocházející z této fáze výbuchu.³⁹

IV. fáze – tzv. základní: V této fázi exploze se průběh změnil. Patrně došlo k popraskání stěn vulkanického komínu a magma se znovu smíchalo s vodou a opět došlo k freatomagmatické reakci. Rychlostí zhruba 200 km/hod. byl na všechny strany rozmetán vulkanický komín, což doprovázela mračna popele a prachu. V této fázi byly do vzduchu vymrštěny odhadem 2 km³ pemzy. Materiál znovu napadal do středu kaldery, kde vytvořil kráter, jehož zúženým hrdlem vystřelil znovu přibližně 38kilometrový sloup. Komín tlak nevydržel, rozpraskal, začala vytékat láva z lávové komory a opět vzduchem létaly ohromné balvany.

V. fáze – doznívající: Tefra pocházející z této fáze je velice snadno rozeznatelná ve stěně kaldery. Ve světlé pemze jsou tmavá zrna pyroklastického materiálu. Z kráteru ještě vychá-

³⁵ DOUMAS 1990, 48–50.

³⁶ FRIEDRICH 2000, 71.

³⁷ DOUMAS 1990, 48–50.

³⁸ FRIEDRICH 2000, 71–73.

³⁹ DOUMAS 1990, 48–50.

zel sloup kouře a popela, ale již ne tak rychlý a vysoký. Všude byla mračna prachu, z vody vycházely horké plyny. Kaldera vypadala jako kotel, ve kterém bublá vroucí mléko. Lávnová komora se vyprázdnila převážně do kaldery.⁴⁰

VI. fáze – sekundární procesy: Došlo k uklidnění všech aktivních reakcí. Patrně v této fázi se do moře sesunuly bloky popele, hlavně na jihu a jihovýchodě ostrova.⁴¹ Otázkou v této fázi je pravděpodobné vytvoření vlny tsunami po zborcení kaldery. (Např. vlna tsunami, která byla vyvolána propadem kráteru Krakatoa, oběhla dvakrát zeměkouli a vzedmutá vlna pohřbila ve svých útrobách 36 000 obyvatel ostrova, kteří se na člunech nacházeli na dohled sumaterským břehům. Tento výbuch bylo slyšet až na Madagaskaru, v Austrálii a na Srí Lance. Tlaková vlna byla citelná až v Postupimi. Růžice popela, která se po explozi vytvořila, měla průměr 30 mil a popílek se rozptýlil až na vzdálenost 3 300 mil. Oblak, který zakryl Slunce, byl jednou z příčin jak ekologické katastrofy oblasti, tak ochlazení klimatu na zeměkouli v příštích letech, která se vyznačovala extrémními klimatologickými fenomény.)⁴² S vlnou, která se pravděpodobně vytvořila jako následek kolapsu kaldery a sesunem pyroklastického proudu do moře během freatomagmatické fáze, je třeba počítat na základě archeologických dokladů ze severního pobřeží východní Kréty. Usazeniny, jejichž vznik je připisován této vlně (složené z pemzy, oblázků, mušlí a architektonických částí), byly nalezeny na lokalitě Amnissos na severním pobřeží Kréty (přístav sloužící paláci v Knóssu). Vlna je odhadována na 8–10 metrů výšky.⁴³ Vlna tsunami mohla dorazit ke krétským břehům vysoká několik až 40 metrů podle toho, kudy procházela. Větší hloubky jsou schopné do značné míry energii vlny absorbovat (vzpomeňme katastrofickou vlnu z 26. 12. 2004 v Indickém oceánu, která právě v šelfových oblastech způsobila nejhorší katastrofy). Na lokalitách Amnissos, Malia, Gurnia a Mochlos existují doklady, že byly touto vlnou zasaženy. Byly přesunuty celé ohromné kamenné bloky. Stejně jako na lokalitě Zakros, ale zde je možné, že původem byla řada zemětřesení v pozdněminojském období, fázi LM IB.⁴⁴

Santorinský vulkán vyprodukoval na 13 km³ tefry.⁴⁵ Ve vrcholné fázi vylétalo z komínu 1,4–4,2 · 10³ m³ materiálu za sekundu a na povrchu ostrova se akumulovala tefra rychlostí 3 cm/min. Vrcholné fáze erupce (II–V) trvaly několik hodin až 4 dny a celý proces (fáze I–VI) maximálně pár měsíců.⁴⁶ Tato katastrofa musela mít dopad také na psychiku lidí. Z Kréty byl výbuch sledovatelný ze svahů Diktejského pohoří. Jak napovídají pozdější analogie, každá velká přírodní katastrofa se podepíše na individuální i kolektivní psychice lidí (posttraumatické deprese, pocity strachu, agresivita).⁴⁷

⁴⁰ FRIEDRICH 2000, 74–77.

⁴¹ DOUMAS 1990, 48–50.

⁴² BARBER 1987, 221; FRIEDRICH 2000, 69.

⁴³ MCCOY – HEIKEN 2000, 59–64.

⁴⁴ DRIESSEN – MACDONALD 1997.

⁴⁵ SULLIVAN 1990, 114–119.

⁴⁶ MCCOY – HEIKEN 2000, 48–49.

⁴⁷ DRIESSEN – MACDONALD 1997, 94.

Příloha 2 – Chronologická tabulka pozdní doby bronzové na Krétě

Období. Anglická zkratka	Absolutní chronologie vybudovaná na komparaci s egyptskou historickou chronologií (tzv. nízká chronologie)	Absolutní chronologie vybudovaná na datech přírodních věd (tzv. vysoká chronologie)	Historická chronologie A. Evansse vybudovaná na základě vývoje architektury paláce v Knóssu
Středně minojské období, stupeň I–II. MM I–II (= Middle Minoan)	2160/1979 až 1700/1650		Začíná období prvních, neboli starých paláců
Středně minojské období, stupeň III, fáze A. MM IIIA	1700/1650 až 1640/1630		
Středně minojské období, stupeň III, fáze B. MM IIIB	1640/1630 až 1600		Začíná období nových paláců
Pozdně minojské období, stupeň I, fáze A. LM IA (= Late Minoan)	1600/1580 až přibližně 1480	1700–1610	
Pozdně minojské období, stupeň I, fáze B. LM IB	1480 až přibližně 1425	1610–1550	
Pozdně minojské období, stupeň II. LM II	1425–1390	1550–1490	Období pozdních paláců
Pozdně minojské období, stupeň III, fáze A. LM IIIA	1390/1370 až 1340/1330	1490–1365	
Pozdně minojské období, stupeň III, fáze B. LM IIIB	1340/1330 až přibližně 1190	1365–1200	Postpalácové období
Pozdně minojské období, stupeň III, fáze C. LM IIIC	1190 až přibližně 1070		Přechod k době železné
Postminojské období. Subminoan	1070 až přibližně 970		

Bibliografie

- AITKEN M. J. The Minoan eruption of Thera, Santorini: a re-assessment of the radiocarbon dates. In: JONES R. E. – CATLING H. W. (eds.). *New Aspects of Archaeological Science in Greece*, Athens 1988, 19–24.
- ÅSTRÖM P. (ed.). *High, middle or low? Acts of an International Colloquium on Absolute Chronology, Held at the University of Gotheburg 20th–22th August 1987 I–III*, Gotheburg 1987–1989.
- BAILLIE M. G. L. – MUNRO, M. A. R. Irish tree rings, Santorini and volcanic dust veils. *Nature* 332, 1988, 344–346.
- BARBER R. L. N. *The Cyclades in the Bronze Age*, Iowa City 1987.
- BARBER E. J. W. *Prehistoric textiles. The development of cloth in the Neolithic and Bronze Ages with Special Reference to the Aegean*, Princeton 1991.
- BETANCOURT P. P. Dating the Aegean Late Bronze Age with radiocarbon. *Archaeometry* 29, 1987, 45–49.
- BIETAK M. (ed.). *The synchronisation of civilisations in the Eastern Mediterranean in the second millenium B. C.* Vienna 2000.
- BUCHVALDEK M. (ed.). *Dějiny pravěké Evropy*, Praha 1985.
- CADOGAN G. Dating the Aegean Bronze Age without radiocarbon. *Archaeometry* 20, 1978, 209–214.
- CADOGAN G. Unsteady date of big bang. *Nature* 328, 1987, 473.
- EDWARDS I. E. S. ET AL. *Cambridge Ancient History II/1. Middle East and the Aegean Region c. 1800–1380 B. C.*, Cambridge 1973.
- DICKINSON O. *The Aegean bronze age*, Cambridge 1994.
- DOUMAS C. Archaeological Observations at Akrotiri Relating to the Volcanic Destructions. In: HARDY D. A. – RENFREW, A. C. (eds.). *Thera and the Aegean World III/3*, 1990, 48–50.
- DRIESSEN J. – MACDONALD C. *The troubled island. Minoan Crete before and after the Santorini eruption*, Liège 1997.
- DUHOUX Y. *Des Minoens en Égypte? „Keftiou“ et les iles au milieu du Grand Vert*, Louvain-La-Neuve 2003.
- FOUQUÉ F. A. *Santorini and its eruptions*, Baltimore – London 1998.
- FRIEDRICH W. *Fire in the Sea. The Santorini Volcano: Natural History and the Legend of Atlantis*, Cambridge 2000.
- FURMÁNEK ET AL. *Slovensko v době bronzovej*, Bratislava 1991.
- FURUMARK A. *The Mycenaean Pottery: analysis and classification*, Stockholm 1941a.
- FURUMARK A. *The Chronology of Mycenaean Pottery*, Stockholm 1941b.
- FURUMARK A. The settlement at Ialysos and Aegean history c. 1550–1450 B. C. *Opuscula Archaeologica* 6, 1950, 150–271.

- HAMMER C. U. ET AL. The Minoan eruption of Santorini in Greece dated to 1645? *Nature* 328, 1987, 517–519.
- HARDY D. A. – RENFREW, A. C. (eds.). *Thera and the Aegean World III/3*, London 1990.
- HOOD S. Traces of the Eruption outside Thera. In: DOUMAS C. – PUCHELT, H. C. (eds.). *Thera and the Aegean World I*, London 1978, 681–688.
- KEMP B. J – MERRILLEES R. S. *Minoan pottery in second millenium Egypt*, Mainz 1980.
- LA MARCHE V. C. JR. – HIRSCHBOECK K. K. Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions. *Nature* 307, 1984, 121–126.
- MCCOY F. W. (ed.). – HEIKEN, G. The Late-Bronze Age explosive eruption of Thera (Santorini), Greece: Regional and local effects. In: MCCOY F. W. (ed.). *Volcanic hazards and disasters in human antiquity*, Boulder 2000, 43–70.
- MANNING S. The Bronze Age Eruption of Thera: Absolute Dating Aegean Chronology and Mediterranean Cultural Interrelations. *Journal of Mediterranean Archaeology* 1, 1988, 17–82.
- MANNING S. *A Test of Time. The Volcano Thera and the chronology and history of the Aegean and east Mediterranean in the mid second millenium*, Oxford – Oakville 1999.
- MANNING S. ET AL. New evidence for an early date for the Aegean late Bronze Age and Thera eruption. *Antiquity* 76, 2002, 733–744.
- MARINATOS S. P. The volcanic destruction of Minoan Crete. *Antiquity* 13, 1939, 425–439.
- MUHLY J. D. Archaeology and Archaeometry: Why We Need (and Should Want) to Work Together. In: FOSTER K. P. – LAFFINEUR R. (eds.). *Metron. Measuring the Aegean Bronze Age*, New Haven 2003, 17–23.
- NIEMEIER W.-D. New Archaeological Evidence for a 17th Century Date of the “Minoan Eruption” from Israel (Tel Kabri, western Galilee). In: HARDY D. A. – RENFREW, A. C. (eds.). *Thera and the Aegean World III/3*, London 1990, 120–126.
- PEČÍRKA J. ET AL. *Dějiny pravěku a starověku I*, Praha 1989.
- PLEINER I. (ed.). *Pravěké dějiny Čech*, Praha 1978.
- PODBORSKÝ V. (ed.). *Pravěké dějiny Moravy*, Brno 1993.
- POMERANCE L. Improbability of a Thera Collapse during the New Kingdom, 1503–1447 B. C. In: DOUMAS C. – PUCHELT H. C. (eds.). *Thera and the Aegean World I*, London 1978, 797–804.
- PYLE D. M. The Application of Tree-Rings and Ice-Core Studies to the Dating of the Minoan Eruption. In: HARDY D. A. – RENFREW, A. C. (eds.). *Thera and the Aegean World III/3*, London 1990, 167–173.
- SCHOO J. Vulkanische und seismische Aktivität des ägaischen Meeresbeckens im Spiegel der griechischen Mythologie. *Mnemosyne* 3/4, 1937–1938, 257–294.
- SULLIVAN D. G. Minoan Tephra in Lake Sediments in Western Turkey: Dating the eruption and Assessing the Atmospheric Dispersal of the Ash. In: HARDY D. A. – RENFREW, A. C. (eds.). *Thera and the Aegean World III/3*, 1990, 114–119.

Problém datování výbuchu santorinského vulkánu v době bronzové

WARBURTON D. A. (ed.). *Time's Up! Dating the Minoan Eruption of Santorini*, Aarhus 2009.

WARREN P. M. Absolute dating of the Bronze Age eruption of Thera Santorini. *Nature* 308, 1984, 492–493.

