

Matematika v 16. a 17. století

Alena Šarounová
Měření dne

In: Jindřich Bečvář (editor); Eduard Fuchs (editor): Matematika v 16. a 17. století. Seminář Historie matematiky III, Jevíčko, 18.8.–21.8.1997. (Czech). Praha: Prometheus, 1999. pp. 303–310.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/401584>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

MĚŘENÍ DNE

ALENA ŠAROUNOVÁ

*Na zítřek neodkládej a na pozítří nic nedbej,
neboť darmošlap chlap si nesvede naplnit sýpku,
ani kdo odkládá všechno. Jen pílí narůstá dílo,
a kdo se práce štítí, se věčně potýká s bídou.*

Hésiodos: Práce a dny

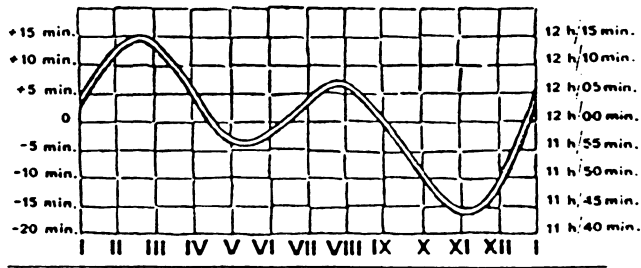
*Jak vlnky ke kamínkům na pobřeží,
tak naše vteřiny se hrnou k cíli:
jedna i druhá o závod tu běží,
snad aby dalším místo uvolnily.*

W. Shakespeare: Sonety

Jedním ze slov, kterých velmi často užíváme v různých souvislostech, je slovo rytmus. Hovoříme o rytmickém pohybu, o rytmu v hudbě, výtvarník ocení rytmické členění fasády domu, publikum rytmický přednes básně. Psychologové píší o vlivu rytmu pracovního dne na naše duševní zdraví a neurologové o elektromagnetických vlnách živého mozku. Vždy jde o pravidelné opakování určitých tvarů, vztahů či dějů. Rytmus je typickým projevem existence vesmíru na mnoha jeho úrovních od vlnění přes kmity krystalů a činnost živých buněk až po časové cykly astronomických délek. I naše konání a prožívání světa je členěno výrazně rytmicky. Ba i v základech „počítání“ má vnímání rytmu nezastupitelnou úlohu (budování představ o řadě přirozených čísel, posloupnosti, pravidelnosti základních geometrických útvarů, ornament atp.).

Pro lidský život mají bezprostřední význam přírodní cykly: pravidelně se opakující dny a noci a roční období. Velmi nápadným jevem na obloze je střídání lunárních fází, z nichž jsou odvozeny lunární (měsíční) kalendáře, které se dosud uplatňují u sběračských a pasteveckých kultur a hrají významnou roli v oblasti magie a náboženství.

Délka dne je jednoznačně dána dobou mezi dvěma po sobě jdoucími průchody Slunce rovinou místního poledníku. V poledne je Slunce na své zdánlivé pouti po obloze nejvýše. Takto můžeme zjistit délku tzv. pravého slunečního dne. Protože se však Země na své dráze okolo Slunce nepohybuje stejnoměrně (o tom více v následujícím článku), mění se během roku délka pravého slunečního dne od nejkratšího po nejdelší v rozmezí 51 sekund. V praxi se počítá s konstantním středním slunečním dnem: Slunce nahrazujeme pomyslným bodem, který se pohybuje zcela pravidelně po ekliptice. Délka středního slunečního dne je pak dána dvěma po sobě jdoucími průchody tohoto pomyslného bodu rovinou místního poledníku.



Rozdíly mezi pravým a středním slunečním časem

Pravý sluneční čas a střední sluneční čas se shodují čtyřikrát do roka (přibližně 14. dubna, 14. června, 1. září a 24. prosince – viz obrázek). Rozdíl mezi středním a pravým slunečním časem dosahuje maxima okolo 12. února, kdy se střední čas předchází o 14 minut před pravým slunečním časem, a pak minima kolem 3. listopadu, kdy se za ním naopak o 16 minut zpožďuje. Tyto nepravidelnosti v délce pravého slunečního času byly známy hodinářům již v 17. století.

V občanském životě se řídíme středním slunečním časem a „smluvným polednem“ v jednotlivých časových pásmech. Pásmový čas byl zaveden až v 19. století. Vynutil si to rozvoj dopravy. (Do té doby se užívaly časy místní.) Středoevropský čas (SEČ) je roven střednímu slunečnímu času na 15. poledníku východní délky. Tento poledník u nás prochází např. Jindřichovými Hradci. Pravý místní čas pražský, kterým jsme se řídili až do 1. října 1891, je oproti středoevropskému času o 2 minuty a 18 vteřin opožděn.

Den byl dříve zřejmě pro lidi něčím podstatnějším než pouhou mírou času. Byl prostorem pro vykonávání jistých činů, dále svěbytnou událostí a dobou vlády určitého boha či magické síly. Jména bohů, jimž byly zasvěceny ve starověku jednotlivé dny týdne, zaznívají v názvech těchto dní dosud.

V různých dobách a místech začínal den různě: pro Homéra při úsvitu, pro Židy, obyvatelstvo staré Anglie, pro naše předky atd. nastával počátek nového dne večer a v císařském Římě o půlnoci. Astronomové od dob Ptolemaiových (asi 85 až 165) až do roku 1925 kladli počátek dne na poledne, aby pozorování oblohy jedné noci bylo pozorováním „jednoho dne“.



Dělení dne

Z praktických důvodů se den dělil na několik částí už od pradávna. Dělení to však bylo hrubé a nepřesné: světlo – tma, dopoledne, odpoledne, případně jemněji úsvit, ráno, dopoledne, poledne, odpoledne, šero, večer ... , jak to organizace malých společností vyžadovala. Hospodářský rozvoj si vynutil spolupráci početnějších celků lidí a synchronizaci řady činností. To však nebylo možné bez „jemnějšího dělení“ dne. Tak se zrodila *hodina* ve smyslu kratšího (a svým způsobem normalizovaného) úseku dne.

První zmínku o hodinách takto chápaných nacházíme ve starém Egyptě, kde byl den rozdělen podle některých autorů ([K] aj.) na šest denních a šest nočních hodin (v podstatě našich „dvouhodin“) a stejně tomu bylo v Babylonii, v Řecku i v Římě. Jan Sokol však píše, že v Egyptě počítali 12 denních a 12 nočních hodin a hodiny jim sloužily např. i k popisu okamžité polohy Slunce na obloze. Rozdíly v délce letního a zimního dne nejsou v těchto krajích příliš výrazné a tak je bylo možno zanedbat.

Pokud se den dělil na hodiny noční a hodiny denní, pak se se změnami ročních období zejména v severnějších krajích výrazně měnila jejich délka. Vždyť např. v naší zeměpisné šířce trvá „noc“ v létě přibližně 8 dnešních hodin, ale okolo zimního slunovratu má dvojnásobnou délku. Mechanismy měřící denní čas by musely být velmi složité, pokud by měly ukazovat čas skutečně přesně.

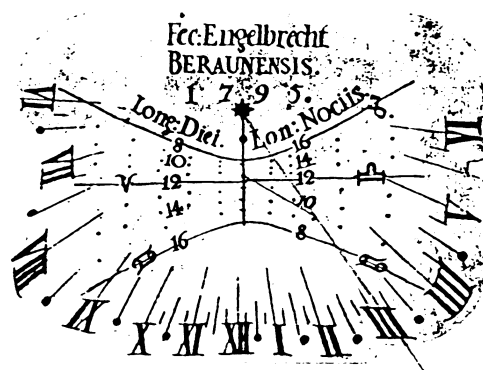
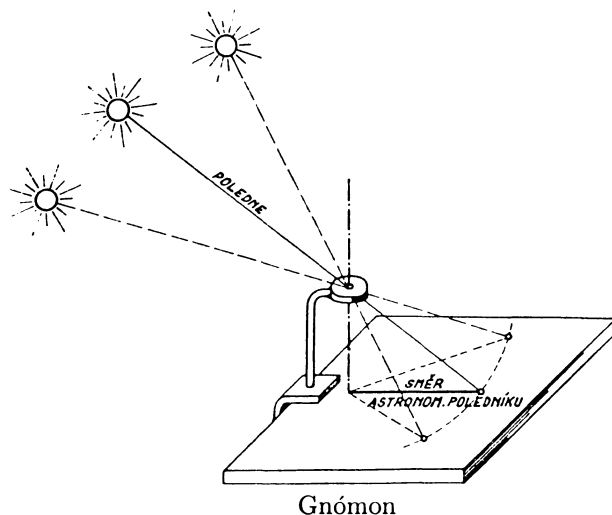
Jednodušší je dělení dne na 24 stejně dlouhých časových úseků, které se počítaly od počátku dne buď od první do 24. hodiny (později se tomuto způsobu říkalo „počítání podle celého orloje“), nebo dvakrát od první do dvanácté hodiny („počítání podle půlorloje“). I tak zde byly při konstrukci měřidla času značné potíže. Uvedme si příklad: u nás ve středověku používané tzv. *vlašské hodiny* počítané podle celého orloje se k nám dostaly z Itálie. Děly den, který začínal tenkrát se soumrakem, na 24 stejně dlouhých hodin. Stejně hodiny se pak užívaly na Moravě i v Polsku a později se jim začalo říkat *hodiny české*. Kolem roku 1650 začaly být nahrazovány tzv. německými hodinami, tj. stejně dlouhými hodinami počítanými podle půlorloje (12 + 12 hodin). V době užívání vlašských hodin byly už značně rozšířeny mechanismy měřící čas. Hodinové strojky se však musely ručně upravovat, aby „začátek dne“ nastával skutečně se soumrakem. Začátky dne odpovídaly zhruba těmto údajům našeho současného času:

1. března	17.30 h
2. dubna	18.30 h
7. května	19.30 h
1. června až 13. července	20 h
v prosinci	16 h

I proto musely mít veřejné hodiny (zejména orloje) stálého správce, který dbal na chod mechanismu a korigoval začátky dne podle postupujících ročních dob.

Zařízení k měření denního času

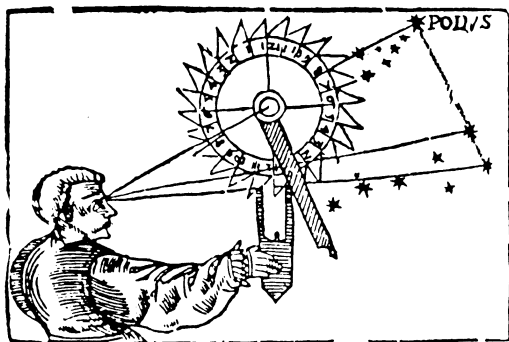
Nejjednodušší sluneční hodiny ukazují denní dobu podle polohy stínu, který vrhá tyč (gnómon) na vhodnou plochu. Sluneční hodiny se svislým gnómonem, jehož stín se „odečítal“ na vodorovné ploše, jsou staré zhruba 3500 let a pocházejí z Palestiny. (Nezávisle na Palestině je pravděpodobně objevily i jiné civilizace.) Ve Spartě prý vybudoval zajímavé sluneční hodiny roku 547 př. Kr. Anaximandros. Obrovské sluneční hodiny měl za císaře Augusta Řím. Na Martově poli za jeho branami stál obelisk vysoký přibližně 30 metrů. Obdélníková plošina o rozměrech 380 m a 220 m s vyznačenou sítí hyperbol (denní dráhy stínu vrcholu obelisku ve význačných dnech) umožňovala odhad ročního období a přímky znázorňující polohu stínu obelisku – gnómonu – v určitých časových intervalech dne odhad denní doby. Podobně jsou konstruovány sluneční hodiny nástěnné i stolní. Ty poslední však musí být před použitím vždy dobře zorientovány na vodorovné podložce.



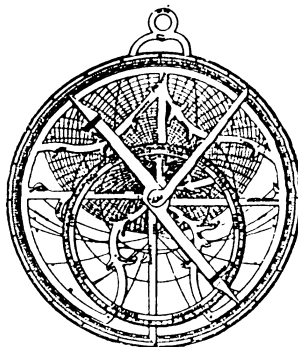
Sluneční hodiny z Berouna

Renesanční myslitelé začali v 15. století užívat sluneční hodiny se šikmým gnómonem. Je-li gnómon rovnoběžný se zemskou osou, svírá s vodorovnou rovinou v místě M zemského povrchu úhel, jehož velikost je rovna zeměpisné šířce místa M. Vyznačíme-li stíny takového gnómonu na části rotační válcové plochy, jejíž osu gnómon představuje, získáme rovnoměrnou stupnici pro odečet denního času.

Sluneční hodiny „jdou“ pochopitelně jen za jasného dne. V noci lze čas zjišťovat měřením výšky hvězd nad obzorem. K tomu je však třeba mít po ruce astroláb k určení zeměpisné šířky místa měření a katalog poloh hvězd na obloze. Tato měření prováděli mořeplavci již od starověku. Katalog (či spíše tabulky) obsahující údaje o více než tisíci hvězd sestavil ve druhém století před naším letopočtem Hipparchos. Velmi přesný katalog byl dílem Tychona Brahe, který dokázal určovat hvězdný čas s chybou pouhých několika sekund.



Hvězdné hodiny



Astroláb

Jednoduché a spolehlivé jsou vodní hodiny, tzv. *klepsydry*. Byly známé již ve starém Egyptě (ale název je řecký). Jde o kalibrované nádoby s otvory, jimiž vytéká voda. Výška vodní hladiny pak udává denní dobu. Tyto hodiny mohly být opatřeny několika otvory různých průměrů. Otevřením vhodného otvoru je možné volit „délku hodiny“, chceme-li pracovat s proměnlivými hodinami denními a nočními. V Římě odměřovaly prý vodní hodiny čas řečníkům u soudu (moudré opatření!).

Ještě ve středověku byly hodiny natolik cenným předmětem, že je dostávali evropští panovníci jako diplomatický dar. Tak v roce 761 dostal (pravděpodobně z Východu) vodní hodiny král Franků Pipin Krátký. Karel Veliký (742 – 814) byl obdarován kalifem Hárúnem-ar-Rašidem, který poslal z Bagdádu do Cách vodní hodiny obdivované všemi návštěvníky císařovy rezidence. Podle soudobého popisu z pera Eginharda, Karlova důvěrného rádce, ukazovaly tyto pozlacené hodiny nejen čas, ale každou dovršenou hodinu ohlašoval pád tolika měděných kuliček, kolik bylo hodin, do měděné mísy u jejich podstavce. Dvanáctá hodina byla ohlášena dvanácti malými rytíři, kteří vyjeli ze dvířek atd. Není divu, že takový přístroj budil velkou pozornost v prostředí, kde se čas ještě „nebral tak vážně“, kdy se zemědělci jako jejich předkové řídili Sluncem a měšřaně vyzváněním zvonů.

Obdobou vodních hodin jsou hodiny přesýpací. Někteří autoři se domnívají,

že byly známy již ve starověku. Ernst Junger ve své knize *Das Sanduhrbuch* však tvrdí, že jde o objev až středověký, vynucený chladnými zimami v zaalpské oblasti. Přesýpací hodiny byly užívány ve středověkých klášteřích, odkud se rozšířily do úřadů i domácností. Byly také velmi důležitou součástí výbavy lodí. K určení zeměpisné délky polohy lodí na moři je totiž nutné znát rozdíl časů mezi místním polednem a polednem v domovském přístavu či jiném místě, jehož zeměpisné souřadnice jsou známy. Tak po celou plavbu museli námořníci „držet stráž“ u hodin odměřujících „domácí čas“ a dbát o jejich nepřetržitý chod.

Jednoduchými (a také nepřesnými) pomůckami měřícími čas jsou svíčky s vyznačením dílků, které shoří přibližně za hodinu. Uplynulý čas lze odhadovat též podle klesající hladiny oleje v lampičce atd. Ohně rovnoměrně postupujícího po vodorovně umístěné tyčince uložené ve žlábků bylo možné užít pro zvukovou signalizaci. Stačilo žlábek na vhodných místech překlenout nití, na jejichž obou koncích bylo zavěšeno závaží. Když se oheň přiblížil, nit vzplála a závaží dopadlo do mísy. Tak vznikl primitivní „budík“ nebo „bicí hodiny“.

Všechny dosud uvedené typy hodin měří spojitý čas spojitě (posun stínu, ubývání vody, hoření svíce). Další vývoj opouští tuto linii a navrácí se zpět k myšlence Aristotelově: čas je počítaným pohybem. Je tedy třeba zajistit pravidelný opakovaný pohyb a dále jeho počítání. Vznikají nová měřidla času.

Mechanické hodiny

Na mechanické strojky s množstvím koleček a převodů můžeme pohlížet dvojným způsobem. Hodiny jsou samozřejmě zařízením pro měření času. Jdou-li, otáčejí se jejich kolečka a počet otoček je převáděn na ukazatel pohybující se nad ciferníkem. Jde tedy o technický problém.

Druhý možný pohled je poněkud filozofičtější a jeho váha není v naší době zdaleka tak významná jako kdysi. Mechanické hodiny jsou jakýmsi miniaturním zhmotněním „harmonie sfér“, obrazem vesmíru chápaném jako neustále se pohybující dokonalý mechanismus. Tento pohled navazuje na představy starořeckých myslitelů a své fyzikální ztvárnění nachází v díle I. Newtona.

Kdysi běžnou představu, že bůh stvořil svět podobně jako umělecký řemeslník své dílo, že vesmír naplánoval, rozvrhl a rozměřil ideální poměry všech jeho částí a poté ho tvůrčím aktem uskutečnil, v malém měřítku nyní „zopakovali“ lidé. V mezích svých možností zjistili poměry oběhů (tedy: poměry různých časových cyklů) a mechanicky je napodobili. Zhmotnili a ovládli pozorované jevy ve svém časovém strojku. Stvořili tak svůj vlastní malý vesmír. I oni se stali umělci, kteří své představy dovedou vložit do krásného díla. Oresmus (kolem roku 1350), mistr pařížské Sorbonny, napsal:

Bůh stanovil proporce vesmíru, jako když člověk dělá hodiny, které pak samy jdou.

Řecké slovo *kosmos* znamená nejen „vesmír“, ale i „okrasa“, „ozdoba“. Ostatně – Řekové by nejen naše hodináře, ale i stvořitele vesmíru označili tímž názvem *demiurgos* (tvůrce, umělec i řemeslník dávající hmotě tvar a smysl, osobnost společensky prospěšná a svým způsobem nezastupitelná).

Užívání ozubených koleček k převodům pohybu bylo známé již ve starověku. O ozubených převodech píše Plinius mladší a také bronzová skříňka vyzvednutá u Antikythéry z vraku lodi potopené kolem roku 100 našeho letopočtu obsahuje ozubená soukolí. Podle některých badatelů jde o přístroj, který realizoval poměr 235 : 19 a sloužil k přepočtům slunečních a měsíčních oběhů.

Tajemstvím zůstává, kdy a kde byly sestrojeny první mechanické hodiny. Dochovala se však zpráva, že takové hodiny věnoval svému příteli a spojenci Friedrichu Barbarosovi sultán Saladin (1138 – 1193). Zhruba o 50 let později byla opatřena hodinami Westminsterská věž v Londýně.

Orloje

Život v rozrůstajících se městech nebyl tak závislý na přírodních rytmech jako život zemědělce. Roste význam obchodu a různých společných jednání. „Hodiny“ začínají být chápány spíše jako abstraktní, neosobní měřítko času, jako v podstatě rovnocenné intervaly, které je možno vyplnit libovolnou činností nezávisle na roční i denní době. Pro hladký chod městské komunity je nezbytné zavést jednotný „městský čas“, jímž by se ve veřejném životě řídili všichni lidé zde žijící. (Městský čas zavedl roku 1370 v Paříži král Karel V). Objevují se první „veřejné hodiny“, orloje (*horologia, astraria*), na místech volně přístupných občanům (věže, ochozy chrámů). Orloje se záhy staly prestižní záležitostí velkých měst. První zmínka o orloji ve Štrasburku je z roku 1352, astrarium v Padově bylo dokončeno roku 1364. Své astrarium měl Münster, Rostock, Salisbury atd.

Náš orloj ve Starém městě v Praze je jedním z nejhezčích. První hodiny na radniční věži jsou zmiňovány roku 1380, orloj byl sestrojen Mikulášem z Kadaně roku 1410 a v roce 1490 byl rozšířen. Pražský orloj působil velkým dojmem i na světaznalé hosty našeho království. Tak např. francouzský kavalír Jacques Esprincharde, mimořádně vzdělaný hugenot, projíždějící Evropou, aby si na vlastní oči prohlédl její památky a pozoruhodnosti, si při své návštěvě Prahy roku 1597 zapsal do svého cestovního deníku:

Na řečené věži radního domu lze vidět přeskvostný orloj, sestrojený s mnohým důmyslem a velkou vynalézavostí, a není člověka, který by jej při podívání zblízka neobdivoval. Zračí se na něm běh roku s přesnou drahou Slunce a Měsíce a počtem měsíců a dnů, a ukazuje také kalendariem se všemi svátky. Rovněž tak výšku Slunce a Měsíce s obratníky, ekvinoxemi a délkou či krátkostí dnů i nocí, novy, opozice a zatmění Měsíce spolu s jeho nikoli jenom prvním, ale i vlastním pohybem, podobně i východ a západ dvanácti znamenají zvířetníku. Pod orlojem je další kruh s napsaným kalendáři, na němž postava anděla ukazuje dlouhou tyčí, který je den. ([X], 29)

Tak orloje všem lidem „zviditelňovaly“ průběh dne i roku a těm, kdo v nich uměli „dobře číst“, podávaly řadu informací o vesmíru kolem nás.

U zrodu každého orloje stáli vědci (astronomové, matematici), konstruktéři (technici, vysoce kvalifikovaní řemeslníci) a umělci. Šlo přece o politickou záležitost, o prestiž, ale současně i o demonstraci vývoje vědy. (Vyrobit funkční model vesmíru znamená: pochopit a „ovládnout“ pochopené zákonitosti vesmíru.)

Nejsložitější orloje vznikaly v rudolfinské době (Joost Bürgi). Měly desítky ciferníků, stovky převodů a složitou prostorovou konstrukci nad čtvercovým či šestiúhelníkovým půdorysem. Domácí stolní orloje byly nejen zázrakem techniky, ale současně šperkem vysoké hodnoty materiálové i umělecké. Tehdy byla většina přístrojů současně uměleckým dílem. Pierre Bergeron, který jako tajemník poselstva francouzského krále Jindřicha IV. k císaři Rudolfovi navštívil Prahu v roce 1600 a pak sám o tři roky později, o přístrojích, které byly tehdy na Hradě shromážděny, píše:

V přízemních arkádových ochozech letohrádku je vidět nespočet sfér, globů, astrolábů, kvadrantů a tisícero dalších matematických přístrojů, vesměs z bronzu a cínu a úžasné velikosti. Jsou tam analemnata, kvadranty, sférické triangly, dioptria a Ptolemaiova měřítka k přesnému stanovení výšky, vzdálenosti a konstelace Slunce a hvězd. Jsou dělena na mnoho menších dílů a na šedesátinné stupně. Také jsou tam mnohé pomůcky na měření váhy. To vše bylo zhotoveno za časi velkého Tychona Brahe, dánského matematika, jehož císař hostil po určitou dobu. ([X], 83)

Další vývoj měření času směřoval k jednotnému času na velkých územích a vyústil v zavedení pásmového času na mezinárodní konferenci ve Washingtonu v roce 1882. Zemský povrch je rozdělen na 24 pásem, jejichž časy se liší právě o jednu hodinu. Protože čas každého pásma je určen jako střední sluneční čas na poledníku, který prochází středem pásma, neliší se skutečný místní čas od pásmového více než o 30 minut (výjimky jsou v místech, kde byly hranice pásem upraveny podle hranic politických celků). Dostáváme se až k jednotnému světovému času. Světový čas a subjektivní čas člověka jsou dva póly chápání míry času. Čas světový je nezbytný ve vědě, v dopravě, obchodě a komunikaci. Naš subjektivní čas je naším osobním vlastnictvím, způsobem prožívání naší životní dráhy, prostorem, v němž se může rozvíjet naše jedinečnost. Neměli bychom ho podceňovat pod tlakem technické civilizace.

*Věky míjejí
a ty stále proudíš –
a stále tu čeká prostor k vyplnění.*

R. Thákúr: Gitandžali

LITERATURA

- [I] Ivanov, M., *Historie skoro detektivní*, Mladá fronta, Praha, 1961.
- [K] Kotulová, E., *Kalendář aneb Kniha o věčnosti a času*, Svoboda, Praha, 1978.
- [Se] Selešnikov, S. I., *Člověk a čas*, Práce, Praha, 1974.
- [S] Sokol J., *Rytmus a čas*, OIKOYMENH, Praha, 1996.
- [T] Teilhard de Chardin, *Vesmír a lidstvo*, Praha, 1990.
- [W] Ward Ritchie, *Živé hodiny*, Mladá fronta, Praha, 1980.
- [X] Fučíková, E. (ed.), *Tři francouzští kavalíři v Rudolfinské Praze*, Panorama, Praha, 1989.