

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie a vědy o Zemi

Je opravdu kulatá?

Analýza a vyvrácení teorie ploché Země

Matěj Dittrich

Královéhradecký kraj

Hořice 2025

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 4: Biologie a vědy o Zemi

Je opravdu kulatá?

Analýza a vyvrácení teorie ploché Země

Is It Really Round?

Analysis and Refutation of the Flat Earth
Theory

Autor: Matěj Dittrich

Škola: Hořické gymnázium, Blahoslavova 2105, 50801 Hořice

Kraj: Královéhradecký kraj

Konzultant: Bc. Zbyšek Klimpl

Hořice 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Hořicích dne 26. 2. 2025

.....

Matěj Dittrich

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Zbyšku Klimploví za vedení, podporu a cenné rady v průběhu psaní práce. Velký díky patří také mému otci, geodetovi, Petru Dittrichovi. Zapůjčení geodetických přístrojů, odborné rady, trpělivá pomoc a dohled při měření i poskytnutí vybrané literatury byly pro úspěch této práce nepostradatelné. V neposlední řadě bych rád poděkoval Martinu Cholastovi z Hvězdárny a planetária v Hradci Králové za vstřícnost a umožnění využití tamního Foucaultova kyvadla i osvětlení principu jeho fungování. Mé poděkování patří též Pavlu Heráleckému za ochotu k poskytnutí prostor tovární haly pro realizaci experimentu s Foucaultovým kyvadlem.

Anotace

Tato práce se zabývá teorií ploché Země a argumenty jejích zastánců. Nejprve je představen historický a společenský kontext tématu. Následně je pozornost zaměřena na základní přesvědčení, z nichž zastánci této teorie vycházejí. Hlavním cílem je vyvrátit předkládané důkazy plochosti Země na základě vědeckých poznatků, které jsou v souvislosti s tím diskutovány. Významnou součástí je vlastní experimentální měření zakřivení Země na rybníku a v horském terénu, stejně tak provedení pokusu s Foucaultovým kyvadlem, které dokládá rotaci planety.

Klíčová slova

Země; plochá Země; plochozemci; zemské zakřivení; rotace Země

Annotation

This paper examines the flat Earth theory and the arguments of its proponents. First, the historical and social context of the topic is presented. Then, attention is focused on the underlying beliefs of the proponents of the theory. The main aim is to refute the evidence presented for the flatness of the Earth on the basis of the scientific findings that are discussed in this context. An important part of this is the experimental measurement of the curvature of the Earth on a pond and in mountainous terrain, as well as the conducting of a Foucault pendulum experiment to demonstrate the rotation of the planet.

Keywords

Earth; flat Earth; flat-earthers; Earth's curvature; rotation of the Earth

Obsah

1	Úvod	8
2	Historie zkoumání tvaru Země	9
2.1	Hinduismus	9
2.2	Starověké Řecko	9
2.2.1	Eratosthenovo měření	10
2.3	Středověk	11
2.3.1	Raný středověk	11
2.3.2	Vrcholný a pozdní středověk	13
2.4	Novověk	14
2.5	19. a 20. století	15
3	Teorie ploché Země	17
3.1	Kdo jsou plochozemci?	17
3.1.1	Debaty s plochozemci	17
3.2	Kolik lidí věří v teorii ploché Země?	18
3.3	Základní pilíře teorie ploché Země	19
4	Důkazy zemského tvaru	23
4.1	Úvod a metodika	23
4.1.1	Referenční koule a výpočet zemského zakřivení	23
4.2	Objekty mizející za horizontem	24
4.2.1	Lodě mizející za horizontem	24
4.2.2	Refrakce	24
4.2.3	Fotografie na extrémní vzdálenosti	26

4.3	Trasy letadel	28
4.3.1	Kartografická zobrazení	28
4.3.2	Nouzová přistání	29
4.3.3	Letecké trasy	29
4.4	Sférický exces	30
4.5	Slapové jevy	32
4.6	Coriolisova síla a zemská rotace	34
4.6.1	Popírání Coriolisovy síly	35
4.6.2	Alternativní vysvětlení Coriolisovy síly	36
4.7	Foucaultovo kyvadlo	36
4.7.1	Teoretický úvod	36
4.7.2	Vlastní experiment	37
4.7.3	Kyvadlo na hvězdárně v Hradci Králové	38
4.8	Plochozemské měření zakřivení Země	38
4.8.1	Velmi dlouhé vzdálenosti	39
4.8.2	Dlouhé vzdálenosti	39
4.9	Vlastní měření zakřivení Země	40
4.9.1	Měření zakřivení na rybníku	40
4.9.2	Měření zakřivení v horách	43
5	Závěr a diskuse	47
	Literatura a internetové zdroje	48
	Seznam obrázků	55
	Seznam tabulek	58
	Přílohy	59

1 Úvod

Jaký tvar má Země – je plochá, nebo kulatá? Mohlo by se zdát, že tato otázka je v jednadvacátém století zcela zbytečná. Avšak najdou se lidé, a není jich málo, kteří si Zemi nepředstavují jako rotující kouli, respektive geoid, letící vesmírem. Zastánci teorie ploché Země, označováni též jako plochozemci, mají o místě, kde žijeme, naprosto odlišnou představu. Věří, že Země je plochá, statická deska a celý vesmír se točí nad ní. Takový model je na první pohled intuitivní, popravdě, v každodenním životě si lidé zakřivení ani rotaci Země nijak neuvědomují. Zemský tvar má však zcela zásadní vliv hned na několik oborů – od fyziky a astronomie přes geodézii, stavitelství, kartografii a navigaci, tedy celosvětovou dopravu, až po telekomunikaci a předpověď počasí.

Tato práce si klade za cíl čtenáři popsat teorii ploché Země a důkazy, kterými ji její zastánci obhajují. Dále pak tyto argumenty rozebrat a na základě fyzikálních, geografických i geodetických poznatků zhodnotit a vyvrátit. Toto snažení je završeno vlastními experimenty. Konkrétně se jedná o měření zemského zakřivení a rotace.

Tvar Země byl pro lidstvo důležitý v průběhu celé historie. Pro zasazení moderní teorie ploché Země do historicko-společenského kontextu je nemalá část práce zaměřena na popis zkoumání tvaru Země v minulosti. Dále práce rozebírá zastánce teorie ploché Země ze společenskovědního pohledu a předkládá základní pilíře (předpoklady) teorie samotné. Poslední, nejobsáhlejší kapitola analyzuje jednotlivé důkazy zemského tvaru podle výše vytyčených cílů. V průběhu této analýzy je též věnován velký prostor popisu daných fyzikálních zákonů.

Celou práci jsem se snažil koncipovat tak, aby byla přístupná i pro čtenáře bez hlubšího fyzikálního vzdělání – ostatně, zastánci teorie ploché Země nejsou fyzikové, ale běžní lidé. Zároveň však poskytuje dostatek detailů, které umožní i odbornější veřejnosti získat hodnotné informace. Doufám, že práce skloubí tyto perspektivy a přinese čtenáři nové a zajímavé poznatky stejně jako mně.

2 Historie zkoumání tvaru Země

Již naši dávní prapředci se snažili místo, kde žijí, a přírodu prozkoumat a pochopit. Tím se často nevyhnutelně ve svých myšlenkách dostali až ke tvaru naší planety. Náзор na něj se průběhu historie podstatně proměňoval a často byla ona představa vázána na náboženství. V minulosti lidé zdaleka nepracovali jen s teorií ploché, případně kulaté Země, ba naopak – škála teorií byla velmi pestrá. Může se zdát, že takto rozsáhlá kapitola věnující se i jiným představám nemá v práci o ploché Zemi místo. Opak je však pravdou. Celá problematika je velmi zajímavá i poučná. Znalost historie je důležitá pro pochopení současnosti a bude využita v následujících kapitolách.

Kromě dále prezentovaných existuje i několik dalších pojetí zemského tvaru, které se v historii objevily. Není však hlavní náplní této práce detailně vysvětlit všechny zdokumentované koncepty. V případě hlubšího zájmu o danou problematiku lze doporučit článek v knižním vydání časopisu *Popular Science Monthly* [3], který se tématu velmi podrobně věnuje.

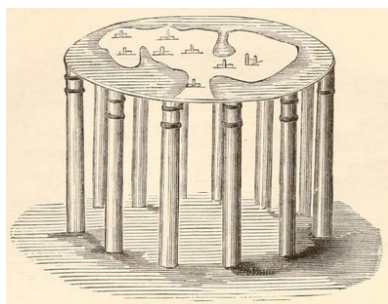
2.1 Hinduismus

V hinduistické filozofii, která byla ve starověku rozšířena především na území dnešní Číny a Indie, se názory na tvar Země různí. Zde je nutné poznamenat, že hinduisté chápali Zemi jako *Matku přírodu*, tedy nejen jako geologický útvar, ale základ všeho živého. Naproti tomu tzv. *Nebesa*, která se nad Zemí rozkládala, považovali za sídlo bohů. [1]

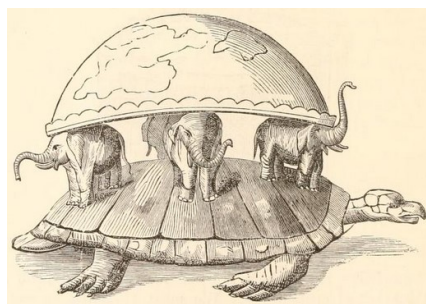
Náboženská kniha *Kanvasatapathabrahmanam* představuje tvar Země takto: „Tato země je jediná, ta jediná cihla, neboť Agni (oltář) je vskutku tato (země). ... Nyní je jistě první cihlou z hlíny tato země a s tím, co je z hlíny, staví tento oltář, který je pouze jednou cihlou.“ [2, s. 153–155] (přeloženo) Odtud vyplývá, že hinduisté považovali Zemi za plochou a čtyřhrannou jako hliněná cihla. Posvátné indické texty, Vědy, naproti tomu říkali, že Země je plochý kruh a je podpírána dvanácti sloupy (obr. 2.1a). Tím vysvětlovaly, kam se Slunce v noci schová – mezi tyto sloupy. [3, s. 544] Tyto hinduistické pohledy na zemský tvar nejsou ve společnosti tolik známé. Známější je vysvětlení, že plochá Země kruhového, případně tvaru vrchlíku, spočívá na hřbetech čtyř, případně osmi, obrovských slonů. Ti stojí na krunýři želvy jménem *Akūpāra*, jenž pluje vesmírem (obrázek 2.1b). [3, s. 544]

2.2 Starověké Řecko

Starověké Řecko je považováno za kolébkou moderní vědy a filozofie. Zatímco v hinduismu se názor na tvar Země opíral o náboženství, v tomto období se myslitelé snažili najít konkrétní důkazy, které by problém mohly vysvětlit.



(a) Země ve tvaru kruhu ležící na dvanácti sloupech.



(b) Země tvaru vrchlíku podpírána čtyřmi slony stojícími na želvě.

Obrázek 2.1: Ukázka některých hinduistických teorií o tvaru Země podle [3, s. 544].

Tehdejší filozofové zastávali dva rozdílné názory. Toho si všiml už Aristoteles ve spise *O nebi*. Jeho předkové se měli domnívat, že je Země plochá a má tvar podobný bubnu, anebo svým tvarem odpovídá kouli. [5, s. 96] První z názorů zastával například Anaximandros, který přirovnával tvar Země ke kamennému chrámovému sloupu, přičemž „po jedné z obou rovin chodíme, druhá je pak protilehlá.“ [4] Pseudo-Plútarchos pak dokonce napsal, že poměr hloubky ku šířce odpovídá 1 : 3. [5, s. 98]

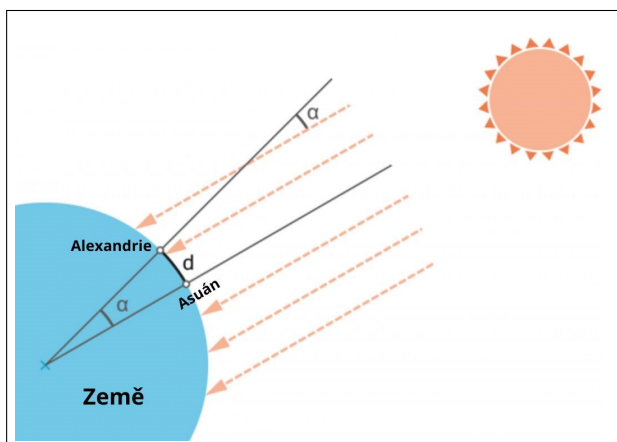
Lidé si ale všimli, že lodě na moři mizí za obzorem nebo se domnívali, že koule je zkrátka dokonalý tvar, z čehož usoudili, že Země musí být kulatá. Není úplně jasné, kdo s touto myšlenkou přišel jako první, víme však, že tento názor zastával už Pythágoras, Platón či Thalés. [5] Dalším důkazem byl také stín Země při zatmění Měsíce. Z jeho pozorování dokonce dokázal Aristarchos ze Samu určit, že Měsíc je přibližně 2,8krát menší než Země, a dokonce i jeho vzdálenost. Dnes sice víme, že Měsíc je 3,7krát menší než Země, ale na tehdejší dobu šlo o velmi dobrý výkon. Podobné přesnosti dosáhl i při určování vzdálenosti Země–Měsíc (Aristarchos: $38 \cdot D_Z$, skutečnost: $30,2 \cdot D_Z$, kde D_Z označuje průměr Země). Pokoušel se spočítat i vzdálenost Země–Slunce, tu však určil více než 16krát menší. [6]

2.2.1 Eratosthenovo měření

Nejpřesnější známé měření obvodu Země provedl okolo roku 250 př. n. l. Eratosthenes. Jako správce knihovny v Alexandrii byl významným učencem tehdejší doby s velmi širokým rozsahem zájmů, jak bylo v u antických učenců zvykem. Zabýval se matematikou, astronomií a kartografií, již položil základy a vytvořil jednu z prvních map tehdy známého světa. Při měření obvodu Země vycházel z předpokladů: „Země má tvar koule“, „vzdálenost Alexandrie–Asuán je 5000 stadií“ a „Alexandrie i Asuán leží na stejném poledníku“. Dále věděl, že v den letního slunovratu dopadají v Asuánu sluneční paprsky kolmo na zem. Ve stejný čas ale v Alexandrii dopadaly sluneční paprsky na zem pod úhlem $7,2^\circ$ – obrázek 2.2. (Úhel naměřil pravděpodobně na slunečních hodinách.) Z toho při znalosti střídavých úhlů vyplývá, že 5 000 stadií je délka kružnicového oblouku se středovým úhlem $7,2^\circ$. Nyní již bylo jednoduché spočítat obvod i poloměr¹ Země. Na tehdejší dobu a prostředky byl dost přesný. Vypočtený obvod 250 000 stadií, v přepočtu

¹Hodnota π byla již tehdy známá jako přibližně 3,14.

46 177 km, respektive 39 688 km,² přičemž současná hodnota činí 40 075 km³. Co se týče průměru Země, s použitím stejného převodu jako v předchozím případě lze zjistit, že jej Eratoshenes určil na 14 705 km, respektive 12 515 km, což je velmi blízko dnešní hodnotě 12 756 km. [7][8]



Obrázek 2.2: Znázornění Eratosthenova měření. Vzdálenost $d \approx 5000$ stadií, $\alpha \approx 7,2^\circ$. Převzato z [8], upraveno.

O více než 2 000 let později, na podzim roku 2005, Eratosthenův experiment zopakovali studenti středních a základních škol v rámci mezinárodního projektu. V Česku se projektu zúčastnili studenti z Gymnázia Františka Palackého ve Valašském Meziříčí. Spojili se s partnerskou školou z Portorika, která je vzdálena 3 436 km, měřili tedy na daleko větší vzdálenost než Eratosthenes, čemuž by měla odpovídat i přesnost výsledku měření. Studenti obou škol měli na školním dvoře připravenou aparaturu skládající z velké vodorovné plochy (stůl), na níž zaznamenávali velikost stínu svislé tyče (chemického stojanu). Tímto měřením dospěli během dvou měření k velmi přesným výsledkům: 40 732 km a 40 068 km. Nutno připomenout, že skutečný obvod Země je 40 075 km.[9]

2.3 Středověk

Období středověku je i pro fyziku, stejně jako pro většinu věd, obdobím temna. Učenci jsou často pronásledováni křesťanskou církví, již se koncepce kulaté Země nehodí do výkladu světa.

2.3.1 Raný středověk

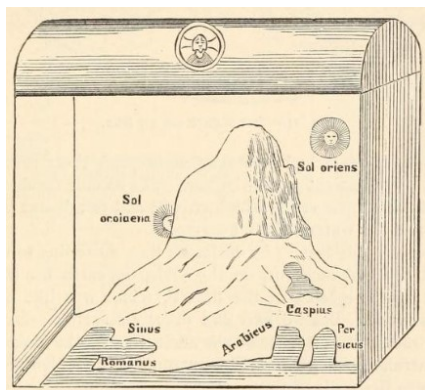
Kosmas Indikopleustés ve svém díle Křesťanská topografie z roku 535 vyvrací kulatost Země a její pohyb i pohyb hvězd. Přirovnává Zemi ke krabici rozdělené na tři části. První část, obyvatelná země, stojí uprostřed a obklopuje ní moře (druhá část). Třetí část tvoří

²Tehdy používaná jednotka „stadium“ byla odvozená od délky antického stadionu. Není jisté, zda Eratosthenes použil tzv. *římské stadium* (184,7 m nebo) *krátké stadium* (157,2 m). [7]

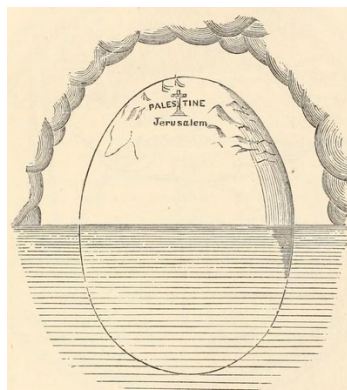
³Podle referenčního elipsoidu WGS 84.

samotné zdi, které zároveň drží nebesa (obrázek 2.3a). Noc podle něj vzniká zajitím Slunce za velkou horu, která zároveň představuje hranici světa. [3, s. 549]

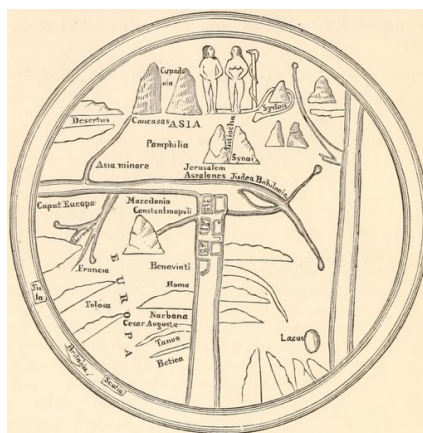
I středověk byl ale na teorie týkající se tvaru Země relativně rozmanitý. Dále existovala například myšlenka Země ve tvaru vejce zpola ponořená do oceánu jako žloutek plovoucí v bílku (obrázek 2.3b). Na druhé straně (pravděpodobně pod hladinou) žijí naši protinožci. Není však žádná šance, jak by se oni mohli spojit s námi nebo my s nimi⁴. Představu navrhl někdy na přelomu 7. a 8. století anglický benediktinský mnich Beda Ctihodný. [3, s. 551] Dokonce svým studentům údajně tvrdil, že noc a den je způsobena právě kulatostí Země [10].



(a) Krychlový model Země podle Kosmase Indikopleustése.



(b) Země vejcovitého tvaru podle Bedy Ctihodného.



(c) Mapa Země pocházející z 8. století uložená v knihovně v Turíně.

Obrázek 2.3: Představení různých raně středověkých koncepcí tvaru Země. Převzato z [3, s. 549–552].

Obecně však byla zakořeněna spíš představa Země obklopené ze všech stran oceánem. Tento výklad byl úzce spjatý s křesťanstvím, jak dokazuje mapa z 8. století umístěná

⁴ „Země je živel umístěný uprostřed světa, jako je žlutek uprostřed vejce; kolem ní je voda, jako bílek obklopující žlutek; mimo ni je vzduch, jako blána vejce; a kolem všeho je oheň, který ji uzavírá jako skořápka. ... Oceán, který ji obklopuje svými vlnami až k obzoru, ji rozděluje na dvě části, z nichž horní je obydlena námi, zatímco dolní je obydlena našimi protinožci; ačkoli ani jeden z nich nemůže přijít k nám a ani jeden z nás k nim.“[3, s. 551](přeloženo)

v Turínské knihovně (obrázek 2.3c). Na mapě nelze přehlédnout biblické postavy Adama a Evu s hadem.

Jak již bylo ukázáno výše, názor na tvar Země nebyl ve středověku tak jednotvárný, jak si dnes lidé mohou myslet. Existují dokonce názory, že příznivců kulaté Země bylo tehdy více než tzv. plochozemců [10][11]⁵. Historik Robert Wilde ve svém článku dokonce uvádí, že „myšlenka, že středověcí lidé si mysleli, že Země je placatá, se rozšířila koncem devatenáctého století jako klacek, jímž bylo možné bít středověkou křesťanskou církev, která je často obviňována z omezování intelektuálního růstu v tomto období. Mýtus také využívá představy lidí o pokroku a o středověku jako o období divoštství bez většího přemýšlení.“ To dokládá také citací z knihy prof. J. Russella *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians*, kde profesor údajně tvrdí, že „nikdo před rokem 1830 nevěřil, že středověcí lidé si mysleli, že Země je placatá“ [11] Jedná se o velmi silná tvrzení, jenž jsou v rozporu nejen s obecnými znalostmi ze školních hodin dějepisu, ale i s informacemi uvedenými výše. Vzhledem k nedostatku historických artefaktů a rozporu v nich lze tuto problematiku posuzovat jen obtížně. V současné době nelze tato tvrzení s jistotou potvrdit ani vyvrátit a v budoucnu budou nejspíš předmětem dalšího zkoumání.

2.3.2 Vrcholný a pozdní středověk

Jakkoliv však byla či nebyla představa ploché Země v tehdejší společnosti zakořeněna, je jisté, že společnost v tomto ohledu nebyla jednotná a velkou roli v názoru obyčejných lidí hrála církev. Kde myšlenky o kulatosti Země, i přes časté pronásledování církví, zajisté přetrvávali bylo mezi učenici té doby. Nebylo výjimkou označování za kacíře a přidávání jejich děl na tzv. Index zakázaných knih. Kulatost Země předpokládali mimo jiných i mořeplavci Kryštof Kolumbus a Fernão de Magalhães.

Nejstarší dochovaný glóbus vytvořil v roce 1492 kartograf Martin Behaim. Jeho model počítal s přibližně o třetinu menším zemským obvodem než ve skutečnosti. [12] Přestože již starí Řekové dokázali vypočítat obvod Země daleko přesněji, v té době ještě nebyly všechny jejich výpočty objeveny. Když se tedy v létě roku 1492 chystal Kryštof Kolumbus na svou cestu do Indie, čímž chtěl mimo jiné kulatost Země potvrdit, předpokládal proto, že má planeta daleko menší obvod než ve skutečnosti. Díky tomu je jasné, proč měl při objevení Ameriky dojem, že dorazil do Indie. Doba a vzdálenost, kterou do Ameriky plul přibližně odpovídala jeho chybným výpočtům. [13]

Dalším potvrzením kulatosti Země byla pro středověkou společnost výprava Fernãa de Magalhãese. Portugalský námořník se se svýmni pěti loděmi vydal pod španělskou vlajkou obeplout svět v srpnu roku 1519. Strastiplná výprava trvala tři roky, z původních pěti lodí se vrátily jen dvě a sám Magalhães byl v jihovýchodní Asii zavražděn domorodci. I tak však výprava splnila svůj účel a byla z tehdejšího pohledu úspěšná. [14]

Neméně zajímavý je také fakt, že o kulatosti Země byli přesvědčeni i někteří spisovatelé té doby. Dante Alighieri dokonce přišel ve své knize *Božská komedie* s myšlenkou, že

⁵Zde je nutno poznamenat, že v kontextu článku [10] je pravděpodobně myšlena vyšší (učenější) společnost a měšťané. Je totiž jen těžko představitelné, že by tehdejší prostý rolník měl ucelené představy o zemském tvaru.



Obrázek 2.4: Porovnání ekvidistantní válcové projekce Behaimova glóbu (o průměru přibližně 50 cm), kterou vytvořili italští vědci, se stejnou projekcí planety Země. Glóbus vytvořil německý kartograf Martin Behaim v roce 1492. Lze si povšimnout poměrně vysoké přesnosti umístění tří tehdy známých kontinentů. Převzato z [12].

„tvar světa vytváří různá časová pásma a na jižní a severní polokouli jsou vidět různé hvězdy.“ [10]

2.4 Novověk

Renesance přinesla nový pohled na člověka i vědu, a přináší tak mnoho nových poznatků. Tehdejší astronomové už o tvaru Země nepochybují a snaží se zjistit místo naší planety ve vesmíru. Nastává éra slavných astronomů.

Polský astronom Mikuláš Koperník přichází ve svém díle Šest knih o obězích sfér nebeských (1543) s heliocentrickou teorií⁶, za což si vysloužil pronásledování církví, ale inspiroval i další badatele. Mezi ně patří Tycho de Brahe, Johannes Kepler, autor teorie popisující dráhy planet jako elipsy, či Galileo Galilei. Nejsmutnější je však příběh Giordana Bruna, kterého za teorie o nekonečnosti vesmíru církev v roce 1600 upálila. [15]

O téměř 100 let později položil Isaac Newton v knize Philosophiae Naturalis Principia Mathematica základy dnešnímu chápání tvaru Země. V roce 1671 si francouzský fyzik Jean Richer všiml, že čím blíže se s velmi přesnými kyvadlovými hodinami přibližoval k rovníku, zpomalovaly se hodiny přibližně o 2 minuty za den. To si správně vysvětlil tím, že na rovníku je největší odstředivá síla. Newtonovi si však uvědomil, že působením odstředivé síly by se musel na rovníku nutně vyboulit i oceán. Přišel proto s myšlenkou, že se planety v průběhu vývoje chovají jako „rotující tekutiny v rovnováze, přičemž tvar planety musí být stabilní při společném působení sil vyplývajících z rotačního pohybu a gravitační přitažlivosti mezi částicemi tvořícími rotující tekutinu.“ [16] (přeloženo) Vymyslel tzv. princip vyvážených sloupů⁷, z něž vyplývá elipsovitý tvar planet. Díky tomu dokázal

⁶Heliocentrická teorie tvrdí, že středem sluneční soustavy, potažmo vesmíru, je Slunce nikoliv Země, jak říká geocentrismus.

⁷„Rotující těleso je ve stavu hydrostatické rovnováhy, jestliže hmotnost vody ve dvou kanálech X a Y, kde X spojuje rovník se středem Země a Y střed Země s jedním z pólů, je stejná. Protože X je ovlivněn odstředivým efektem, je tato podmínka splněna, pokud je celkový odstředivý tah na částice na rovníku kompenzován změnou tvaru. Jinými slovy, rovníkové oblasti se musí vyboulit a póly zploštit do té míry,

vypočítat, že planeta Země je elipsoid s elipticitou $1/230,7$ ⁸. [16] Nejdéle od této doby (nebylo-li to dříve) se povědomí o kulatosti Země šíří i mezi obyčejné lidi a je považováno za všeobecný fakt. Pozdější výzkumy se již zaměřují na zpřesňování současných měření. [17, s. 9–11]

2.5 19. a 20. století

Počátkem 19. století přestal doposud používaný referenční elipsoid pro přesná měření stačit. Začal se totiž projevovat rozdíl mezi normálou⁹ k elipsoidu a tížnicí¹⁰ a s lepšími metodami měření začala být tato tzv. tížnicová odchylka problém. Uspokojivě vyřešil jej až koncem 19. století německý geodet F. R. Helmert. Zavedl pojem *geoid*, jako tvar nejpřesněji odpovídající skutečnému tvaru planety Země. [17, s. 9–11]

S příchodem letectví a kosmického výzkumu se začaly objevovat první fotografie dokazující zemské zakřivení, jak ukazuje obrázek 2.5. Podobné fotografie byly pořízeny i ze stratosférických balonů. Záhy se s dobýváním vesmíru objevily i fotografie pořízené mimo naši planetu (obrázek 2.6). [18]

První moderní teorie ploché Země, o které bude psáno dále, se začala objevovat v druhé polovině 19. století. Jedněmi z nejvýraznějších představitelů byli angličtí spisovatelé Samuel Rowbotham a William Carpenter. Rowbotham jako jeden z prvních znovu oživil myšlenkou nehybné ploché Země se severním pólem uprostřed a ledovou stěnou Antarktidy okolo. Z jeho díla vycházejí i současní zastánci teorie ploché Země a kniha *Zetetic Astronomy* je dodnes jedním ze základů jejich učení. Velký rozvoj těchto myšlenek přišel i po druhé světové válce. V roce 1956 Samuel Shenton založil Společnost ploché Země (Flat Earth Society) působící dodnes. Další znovuoživení zažívá tato teorie v současnosti, o tom ale až dále. [19]

aby celková hmotnost X a Y (tj. čisté množství gravitační přitažlivosti vůči středu) byla stejná“ [16, s. 2] (přeloženo)

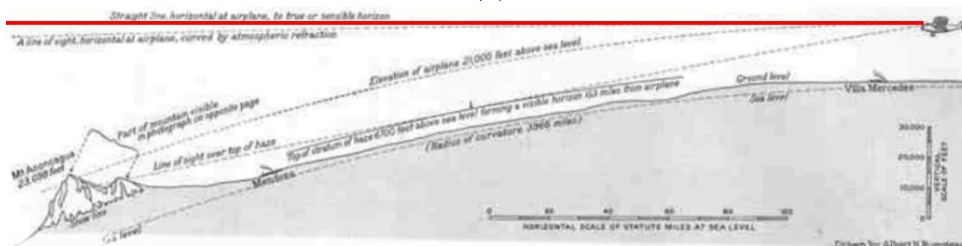
⁸Současná měření udávají hodnotu $1/298,257$ (referenční elipsoid WGS 84) [16].

⁹Pojmem normála je nazývána kolmice ke křivce nebo tělesu, v tomto případě k danému referenčnímu elipsoidu.

¹⁰Svislice (tížnice) je směr, do kterého je urovnávána svislá osa teodolitu.



(a)

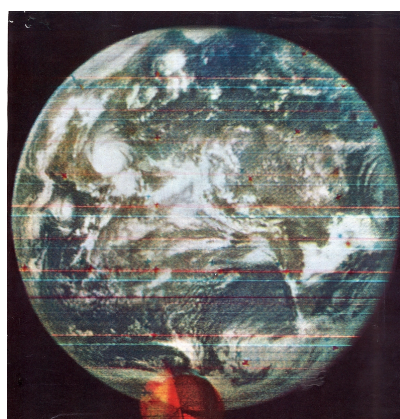


(b)

Obrázek 2.5: Fotografie 2.5a byla jedním z prvních hmatatelných důkazů zakřivení Země. Fotografie argentinských And pořídil v roce 1930 důstojník americké armády A. W. Stevens. Díky výšce, v níž letí, vidí ze země jinak neviditelné hory. Na obrázcích je červeně znázorněn jeho vodorovný (astronomický) horizont. I přesto, že jsou vrcholky hor výš než Stevens letí, díky zemskému zakřivení se nachází pod tímto horizontem. Převzato z [18], upraveno.



(a) První fotografie ukazující celou Zemi byla pořízena sovětskou družicí Molniya 30. 5. 1966



(b) Již o rok později, v srpnu 1967, se družicí DODGE podařilo pořídit první barevnou fotografii naší planety

Obrázek 2.6: První fotografie planety Země pořízené z vesmíru, převzato z [18].

3 Teorie ploché Země

3.1 Kdo jsou plochozemci?

Jako plochozemce označujeme příznivce teorie ploché Země. Pro účel této práce jsou tak označováni lidé věřící či podporující některou z moderních teorií ploché Země. Přičemž pojmem „moderní teorie ploché Země“ (dále jen „teorie ploché Země“), je v této práci myšlena kterákoliv současná teorie popírající geoidní tvar Země a zároveň zakřivení zemského tělesa. (Teorií tzv. Dutozemě nebo Země tvaru donutu se tato práce nezabývá.) Těžko bychom tedy mohli středověké křesťany označit za plochozemce v moderním slova smyslu.

Ve spojených státech působí organizace Flat Earth Society, která má za cíl plochozemce sdružovat a šířit jejich učení. Je zajímavé, že česká scéna (především lidé kolem Dominika Mrvíka, Petra Lukeše a Michala Sharka) jí považují za řízenou opozici, přestože sdílí velmi podobné názory. „Milionkrát jsme opakovali, že Flat Earth Society a náma nemá nic společného. Považujeme to za řízenou opozici. ... To je jejich společnost, kterou oni mají, aby se tvářili jako plochá Země.“ [31](P. Lukeš)

3.1.1 Debaty s plochozemci

Sami plochozemci toto označení nesou s nelibostí. Jeden z nejvýraznějších českých zastánců této teorie je bezesporu Dominik Mrvík vystupující na sociálních sítích pod pseudonymem Noglobe Domo. V rozhovoru pro pořad STANDASHOW na YouTube uvedl: „V momentu, kdy o někom řekneme, že je plochozemec, tak je to takové hanlivé, že ty už snad věříš i v plochou Zemi. Takže v tom mainstreamu nebo ve společnosti je to v podstatě jako to, řeknu, nejhanlivější označení, které tady máme. A já to vnímám, že to je snaha to nějak dehonestovat a dostat to na nějakou nižší úroveň toho, že je to opravdu bláznovství nějakých primitivních předků. Mezitím, kdyby se říkalo, že to je geocentrická topografická rovina, tak už to má nádech odbornosti a vystihuje to.“ [20]

Pro zjednodušení však budu nadále v práci používat označení *plochozemec* ve významu zastánce teorie ploché Země. Na tomto místě je vhodné připomenout, že cílem následujících kapitol, jakožto i celé práce, je diskuze nad otázkami a důkazy týkající tvaru Země. Rozhodně není účelem zastánce této teorie nějak dehonestovat. Obecně jde o velmi chytré lidi přemýšlející o místě, kde žijeme. Svě závěry jen staví na odlišných předpokladech a důkazech než zbytek současné společnosti.

Nelze si nepovšimnout společných znaků, které plochozemci sdílí. Je pro ně typické zpochybňování vědeckých výzkumů i pozorování, jenž odporují jejich představám. Není neobvyklé, že rozporují fundamentální fyzikální poznatky a označují je za nevědecké. Neméně často dochází k jejich chybnému uchopení. Jde o téměř všechny fyzikální zákony od gravitace, Newtonovy pohybové zákony a Keplerovy zákony přes zákony optiky a vlastnosti

světla až po teorii relativity, kvantovou fyziku a vlastnosti prostorové geometrie. Svět je podle nich zkrátka absolutně odlišný. Právě proto je také často obtížné jejich argumenty vyvrátit fyzikálními poznatky, protože v ně zkrátka nevěří. Je obdivuhodné jak obrovské množství času, podle svých slov, tráví vyvracením kulatosti Země. Díky tomu mají problematiku nastudovanou tak podrobně, že při konfrontaci pro ně nebývá problém najít protiargument na drtivou většinu otázek, a oponenta tak dokážou snadno znejistit. Tyto jejich vlastnosti jsou velmi patrné v rozhovorech a duelech, kterých se na sociálních sítích v poslední době objevuje celá řada. [20][21][22][23][24][25]

3.2 Kolik lidí věří v teorii ploché Země?

Na tomto místě se nabízí otázka: Kolik takových lidí na světě a v České republice vlastně je? Jeden z mála průzkumů zabývajících se tímto tématem provedla v roce 2018 v USA agentura YouGov. 8 215 respondentů se mělo v dotazníku vybrat jednu z pěti možností, která nejlépe, která nejlépe reprezentuje jejich názory. Výsledky průzkumu shrnuje tabulka 3.1. Zatímco mezi staršími generacemi mnoho zastánců ploché Země nenajdeme, překvapivé je, že mezi mladou generací (18–24 let) jsou o kulatosti Země bez pochyb přesvědčeni jen dvě třetiny respondentů. [26]

Věříte, že Země je kulatá?	%	TOTAL	18-24	25-34	35-44	45-54	55+
Vždy jsem věřil/a, že Země je kulatá.	84	66	76	82	85	94	
Vždy jsem věřil/a, že Země je kulatá, ale v poslední době o tom pochybuji.	5	9	7	6	3	1	
Vždy jsem věřil/a, že Země je placatá, ale v poslední době o tom pochybuji.	2	5	4	3	2	1	
Vždy jsem věřil/a, že Země je placatá.	2	4	3	1	2	2	
Jiné/ nejsem si jistý/á.	7	16	10	8	8	2	

Tabulka 3.1: Tabulka zobrazující výsledky průzkumu provedeného agenturou YouGov mezi 8 215 dospělými Američany v roce 2018. Převzato z [26], přeloženo.

Situace v České republice a na Slovensku je mírně odlišná. V nedávné době provedla agentura MNFORCE průzkum mezi tisícovkou Čechů a tisícovkou Slováků. Přestože 1 000 respondentů z každého národa je pro takový výzkum relativně málo, výsledky jsou překvapivé. Vyplývá z nich, že jen 59 % Slováků je přesvědčeno o kulatosti Země, 21 % neví a 20 % kulatou Zemi odmítá. Mezi Čechy je zastánců teorie ploché Země výrazně méně, jde přibližně o 3 %. Kompletní výsledky průzkumu shrnuje graf 3.1. [27]



Obrázek 3.1: Výsledky průzkumu veřejného mínění na téma kulaté Země mezi Čechy a Slováky provedený agenturou MNFORCE. Převzato z [27].

3.3 Základní pilíře teorie ploché Země

Na základě studia rozhovorů s plochozemci, diskusí na sociálních sítích a dokumentů, které vydávají, lze jejich přesvědčení shrnout do několika následujících tvrzení:

- Země je jediná svého druhu, ve vesmíru neexistuje jiné těleso stejného tvaru.
- Země má tvar plochého disku, v jehož středu se nachází severní pól. Po obvodu se rozprostírá Antarktida, která tvoří přirozenou hranici našeho světa (obrázek 3.2a). Převládají také teorie, že Antarktida není konečná hranice a to, čemu říkáme Země, je nekonečná rovina. Není to ale deska letící vesmírem, jak bývá někdy vyobrazována (obrázek 3.2c).
- Jelikož atmosférický tlak nemůže existovat bez nádoby, nad zemskou plochou se rozkládají kopulovitá nebesa (ev. nebeská klenba, kosmos, dóm či firmament), která atmosféru drží. V nebo na tomto dómu se pohybují nebeské objekty.
- Gravitace, tak jak ji popisuje klasická i moderní fyzika, nemůže existovat. Panují pokusy o její vysvětlení pomocí elektromagnetické síly, hustoty a tlaku. D. Mrvík říká: „Vše, co na Zemi padá, tak hledá rovnováhu na základě relativní hustoty, vztahu a elektrostatiky. Je tady elektrostatické pole nebo síť, říkejte tomu, jak chcete, které je 36krát silnější tady na Zemi než se vůbec udává ta kouzelná síla (gravitace). Takže to, že předměty hledají svojí iminentní rovnováhu, tak je to na základě toho, že atmosféra je pozitivně nabitá, země je negativně nabitá a všechno hledá svoje uzemnění a od země směrem nahoru k nebesům je rostoucí elektrostatické pole. “[31] Toto elektromagnetické pole také drží kosmické objekty na nebesích. Teorie, že Země zrychluje vesmírem se zrychlením $9,81 \text{ m/s}^2$, jak jej popsal Patrik Kořenář ve svém videu [32], je jako vysvětlení gravitace nepřijímáno, protože Země není deska letící vesmírem.
- Slunce je plazmatický světelný objekt. Společně s Měsícem obíhá nad zemskou plochou po elipsovitých drahách (obrázek 3.2b). Funguje podobně jako reflektor, svítí

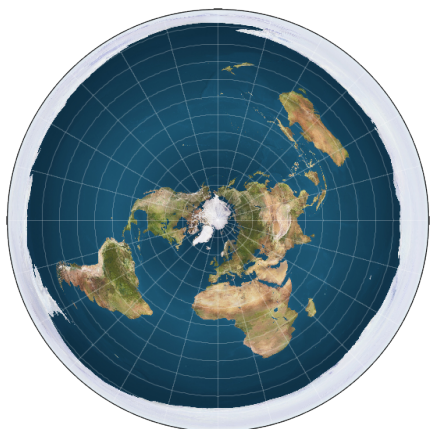
jen na jasně vymezenou oblast a také osvětluje Měsíc. Zároveň svou trajektorii v průběhu roku mění. V létě¹¹ obíhá Slunce nejbliž severnímu pólu, v zimě obíhá nejdál. Tento posun způsobuje změnu ročních období.

- Západ a východ Slunce za horizontem je pouze optický jev způsobený jeho vzdalováním. Slunce se vzdálí natolik, že už není vidět a je pryč z oblasti naší dohlednosti.
- Slunce a Měsíc jsou také mnohem blíže. Slunce má průměr asi 50 km a jeho vzdálenost nad Zemí se pohybuje mezi 640 až 5 000 km, záleží na konkrétním názoru.
- Fáze Měsíce fungují podobně jako v modelu kulaté Země. Měsíc a Slunce mění výšku nad Zemí, díky čemuž je Měsíc v průběhu lunárního měsíce osvětlován z různých úhlů. Zatmění Měsíce je způsobeno cizím, jindy neviditelným, tělesem nazývaným Rahu či Ketu. Zatmění Slunce je způsobeno Měsícem nebo také třetím tělesem.
- Ostatní kosmické objekty (hvězdy, planety, ...) jsou stejně jako Slunce plazmy světla a pohybují se po trajektoriích připomínající epicykloidu či tzv. Rhodonea křivky se středem nad severním pólem, jak je znázorněno na obrázku 3.2d.
- Satelity ve skutečnosti neexistují. Jde o tzv. stratolity, tedy svítící objekty, které mají všechny oklamat. Někteří však věří, že satelity a nižší orbita existuje.
- Astronauti (posměšně též nazývání „kosmoklauni“) jsou podplacení, případně byli oklamáni a věří, že ve vesmíru skutečně byli.
- Fotografie planety Země pořízené z vesmíru jsou podvrh. Lze pozorovat výrazné rozdíly ve fotografiích pořízených různými vesmírnými organizacemi (obrázek 3.3. Toto tvrzení se vztahuje na veškeré snímky pořízené mimo Zemi včetně přistání na Měsíci či záběry z ISS¹².
- Kulatá Země je největší spiknutí vytvořené za účelem manipulování společnosti.

Zdroje: [20][21][22][23][24][25][28][29][30][31][32][33][34][35].

¹¹Roční období jsou myšlena podle severní polokoule.

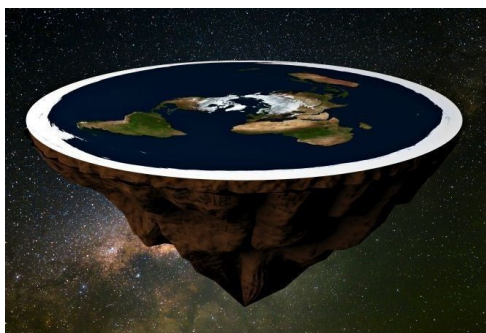
¹²International Space Station (Mezinárodní vesmírná stanice).



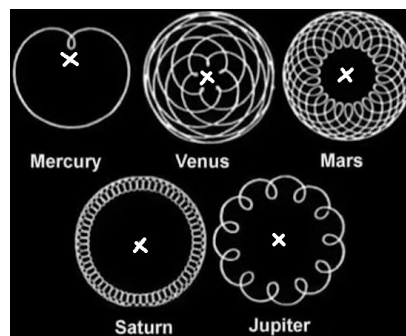
(a) Mezi plochozemci nejrozšířenější představa tvaru Země. Z pohledu kartografa jde o polární azimutální ekvidistantní zobrazení. Převzato z [29].



(b) Model ploché Země doplněný o Slunce, Měsíc a souhvězdí. Převzato z [36].



(c) Znáznornění Země jako desky letící vesmírem. Mezi většinou zastánců teorie ploché Země tato myšlenka není podporována. Převzato z [27].



(d) Trajektorie vybraných planet nad plochou zemí. Střed křivek leží nad zemským severním pólem. Převzato z [25].

Obrázek 3.2: Doplnující obrázky vysvětlující plochozemský pohled na svět.



Obrázek 3.3: Jak již bylo uvedeno výše, podle zastánců ploché Země jsou fotografie z vesmíru včetně záběrů z ISS a přistání na Měsíci, podvrh. To se snaží dokázat i tímto vtipem. Rozdíly ve vzhledu Země na různých fotografiích jsou ale způsobeny odlišnými satelity, kamerami, filtry a způsoby zpracování snímků. Barvy a detaily ovlivňují také světelné podmínky, atmosférické jevy, roční období a perspektiva, ze které byl snímek pořízen. Některé snímky jsou složeny z více fotografií nebo zvýrazňují určité prvky pro vědecké účely, což také způsobí zkreslení. Nejde o podvrh, ale o důsledek použití různých technologií byly použity. Obrázek převzat z [35], přeloženo.

4 Důkazy zemského tvaru

4.1 Úvod a metodika

Výše bylo popsáno, kdo zastánci teorie ploché Země jsou a jak si Zemi představují. V této kapitole již jsou představeny a rozebrány vybrané důkazy či výroky, kterými se plochozemci snaží svou teorii obhájit. Veškeré tyto názory jsou přebírány přímo z internetových diskusí na sociálních sítích, článků a jiných zdrojů, které zastánci teorie ploché Země publikují. Následně jsou zhodnoceny a vyvráceny v kontextu fyzikálních a geografických poznatků, jejímž vysvětlení je věnován nemalý prostor. Dále jsou také představeny vlastní experimenty dokazující zakřivení a rotaci zemského tělesa. Jde o měření zakřivení Země na rybníku a v horách a experiment s Foucaultovým kyvadlem.

4.1.1 Referenční koule a výpočet zemského zakřivení

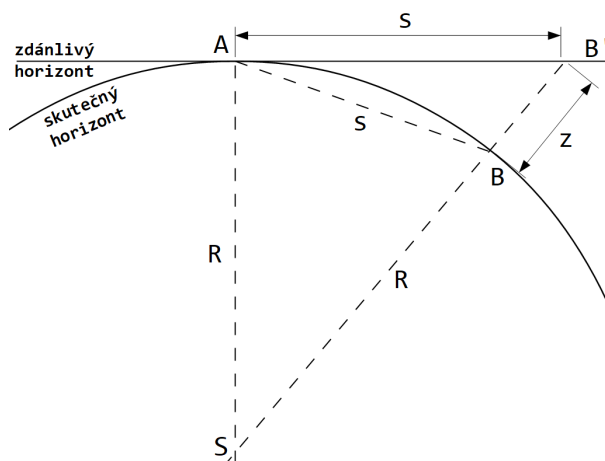
Pro výpočty, grafy a modely je dále v práci používána referenční koule o poloměru 6378 km. Velikostí zakřivení z je myšlen rozdíl mezi skutečným a zdánlivým horizontem (výška, o kterou se pozorovaný objekt vlivem zakřivení Země jeví nižší). Pro jeho výpočet je při zjednodušení na obrázku 4.1 použit vzorec:

$$z = \frac{s^2}{2R}, \quad (4.1)$$

kde s je vzdálenost mezi body a R poloměr Země, eventuálně pak

$$z = \sqrt{R^2 + s^2} - R \quad (4.2)$$

vycházející z Pythagorovy věty. Pro účely této práce je jejich přesnost více než dostačující (obrázek 4.1). [37]



Obrázek 4.1: Doplnující obrázek k výpočtu zemského zakřivení. Pro platnost výše uvedených vzorců je předpokládán minimální úhel při středu Země S , tudíž délky úseček AB a AB' jsou považovány za shodné s délkou oblouku AB . Zároveň je trojúhelník ABB' považován za pravoúhlý. Upraveno podle [37, s. 20].

4.2 Objekty mizející za horizontem

4.2.1 Lodě mizející za horizontem

Již ve starověkém Řecku pozorovali lidé objekty na moři mizející za horizontem. Lodě mizející za obzorem skutečně kulatost Země dokazují. Při takovém pozorování však hrají roli i místní atmosférické podmínky a jimi způsobená refrakce. Její extrémní účinky mají za následek různé optické iluze, třeba i slavnou fata morgánu (inferior mirage) (obrázek 4.2b) či superior mirage (obrázek 4.2a), neboli zvednutí obrazu. [38][39]

4.2.2 Refrakce

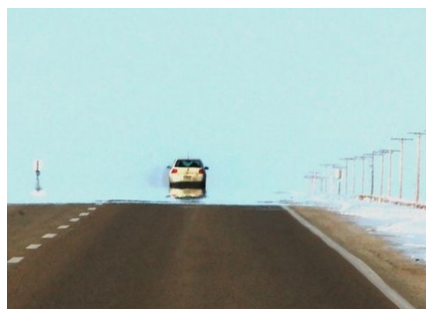
Jak bylo poukázáno výše, atmosférické podmínky mohou ovlivnit pozorování. Na tomto místě je nezbytné účinky refrakce uvést na pravou míru, aby nedošlo, tak jak mezi zastánci teorie ploché Země nezřídka dochází, k její misinterpretaci.

Šířením světelného paprsku se zabýval již Fermat, přičemž v roce 1678 zformuloval slavný Fermatův princip: „Světlo se mezi dvěma body šíří po takové dráze, aby ji urazilo za nejkratší dobu.“ V homogenním prostředí, kde je všude stejný index lomu světla, se světlo šíří přímočaře. V prostředí nehomogenní se ale index lomu mění v každém bodě. Kvůli tomu se v každém bodě mění i rychlost a směr světelného paprsku. [40]

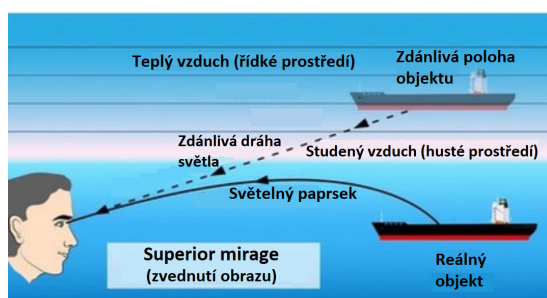
R. Blažek a Z. Skořepa definují ve svém článku atmosférickou refrakci následovně: „Atmosférickou refrakcí obvykle rozumíme souhrn všech refrakčních jevů v atmosféře způsobujících plynulé spojitě zakřivení viditelného či neviditelného paprsku při průchodu nehomogenním prostředím, které je navíc závislé na vlnové délce použitého světla.“ [41]



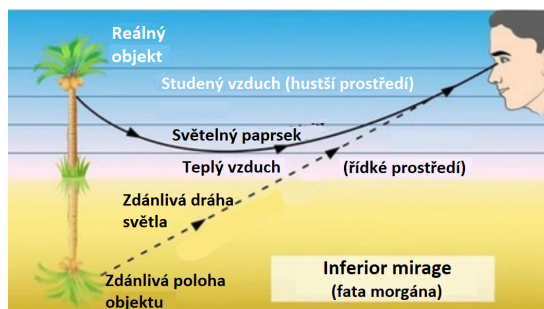
(a) Superior mirage, neboli zvednutí obrazu. Optická iluze, při níž se objekt jeví výš než skutečně je. Převzato z [38].



(b) Inferior mirage, známá též jako fata morgána. Optická iluze, při níž je vidět zrcadlový odraz objektu. Převzato z [39]



(c) Schéma vysvětlující jev superior mirage. Zdroj: Shutterstock, přeloženo.



(d) Schéma vysvětlující fata morgánu (inferior mirage). Světelný paprsek se ohýbá opačně než při superior mirage. Zdroj: Shutterstock, přeloženo.

Obrázek 4.2: Příklady a vysvětlení optických iluzí způsobených atmosférickou refrakcí světla.

V praxi se vlivem teploty, tlaku, hustoty vzduchu, indexu lomu a dalších faktorů¹³ světelný paprsek zakřivuje souběžně se zakřivením Země. Jde o běžný jev, kvůli němuž je nutné zavádět korekce při geodetických měřeních na dlouhé vzdálenosti (na krátkých vzdálenostech jsou účinky refrakce zanedbatelné.). Díky tomu je vidět dále, než by bez účinků refrakce bylo možné. Plochozemci se často ohánějí fotografiemi na dlouhé vzdálenosti (až moc dlouhé na kulaté Zemi) na moři, kde je možné pozorovat objekty skryté hluboko pod zakřivením. Jde však právě o projev refrakce. Dále je možné její účinky pozorovat při západu Slunce, kdy je, přestože již částečně za horizontem, stále pozorovatelné (obrázek 4.3). [37, s. 247–248][41][42]

Jednou z nejjednodušších možností výpočtu refrakce je vzorec prof. Böhma:

$$\Delta H = 4,65 \cdot 10^{-7} \cdot s^2 \cdot \sin \beta \cdot \left(0,034 + \frac{dT}{dH} \right), \quad (4.3)$$

kde ΔH je svislý posun cíle, s vzdálenost, β zenitový úhel a dT/dH představuje teplotní gradient¹⁴. [42]

¹³Dále jde například o nasycení vodními parami či latentní teplo výparu.

¹⁴Gradient popisuje, jak hodně a v jakém směru se mění hodnota skalární veličiny (v tomto případě

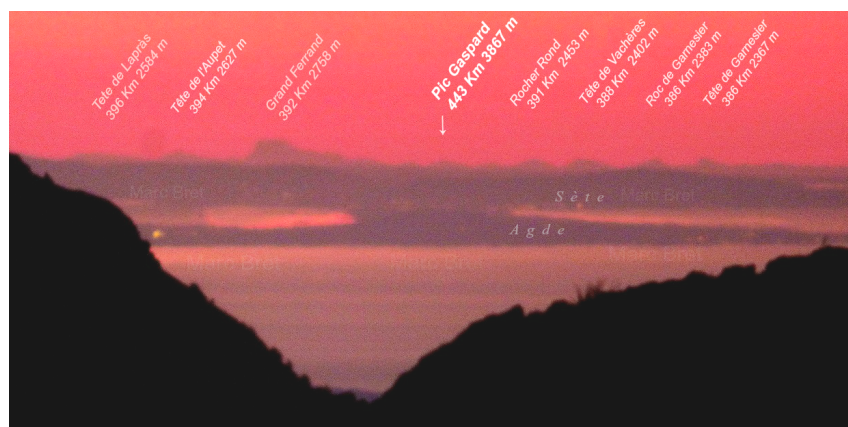


Obrázek 4.3: Fotografie západu Slunce v Krkonoších. Převzato z [43].

Plochozemci mají na refrakci úplně opačný pohled. Tvrdí, že právě refrakce způsobuje mizení lodí za horizontem. Údajně se kvůli ní vodní hladina opticky zvedne a pozorovaná loď na ní zmizí. [44] Jenže, jak je popsáno výše, takhle to úplně nefunguje. Díky refrakci spíš uvidíme dále než bychom měli, než že nám něco zakryje.

4.2.3 Fotografie na extrémní vzdálenosti

V jedné z mnoha plochozemských facebookových skupin zveřejnil v říjnu 2023 Libor Š. následující příspěvek: „Oficiální světový rekord ve fotografii na vzdálenost. 443 km vzdálená hora (Pic Gaspard), foceno z výšky 2820 m n. m., vrchol vzdálené hory 4102 m n. m. Tak co, kalkulátoři, nějak nám to nesedí, že?“ [45] Čímž chtěl naznačit, že hory na pořízené fotografii (obrázek 4.4) by měly být schované hluboko za horizontem a tento světový rekord v dálkovém fotografování považuje za důkaz ploché Země. Odkazuje se při tom na fotografii Marka Breta z 16. 7. 2016. Autor komentáře však údaje uvádí chybně. Ve skutečnosti byla nadmořská výška hory Pic Gaspard 3867 m. [46]

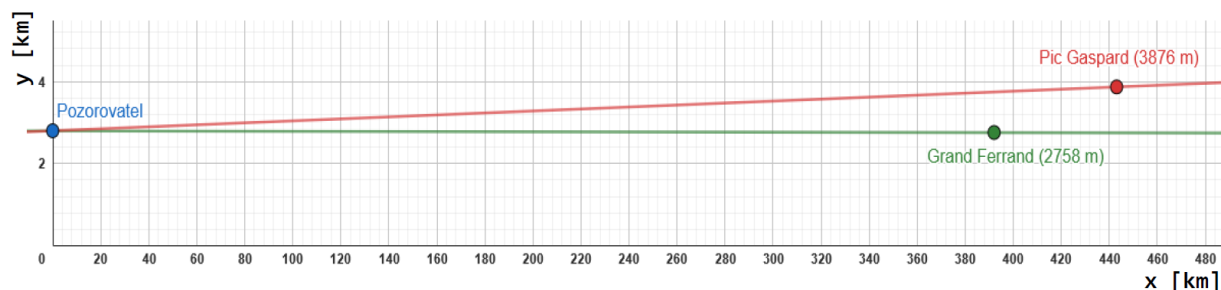


Obrázek 4.4: Fotografie hory Pic Gaspard ve francouzských Alpách na vzdálenost 443 km. Jde o světový rekord pořízený Markem Bretem z Pyrenejí 16. 7. 2016. Převzato z [46].

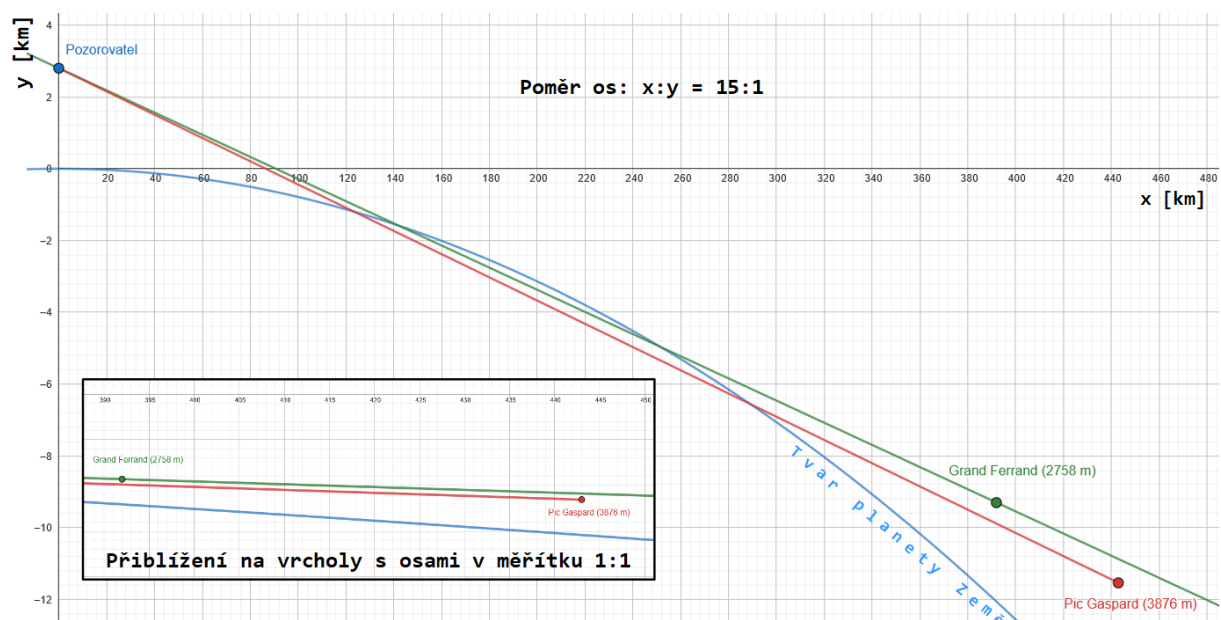
Nyní je nutné vše uvést na pravou míru. Na obrázku je jasně vidět, že hora Grand

teplota) v prostoru.

Ferrand (2758 m n. m) se zdá být podstatně vyšší než o 51 km vzdálenější Pic Gaspard (3867 m n. m.). Jak ukazuje obrázek 4.5a, na ploché Zemi by se hora Pic Gaspard stále jevila vyšší než Grand Ferrand. Naproti tomu na kulaté Zemi (obr. 4.5b) se vyšší jeví hora Grand Ferrand. Velikost vrcholů odpovídá pořízené fotografii. Nyní je sice dokázáno, že hory leží na kouli, ale nastává problém: kvůli zakřivení by hory z pozice pozorovatele vůbec neměly být vidět (obr. 4.5b). Vyřeší jej opět refrakce. [47]



(a) Takto by vypadal pohled na vybrané vrcholy na ploché Zemi. Vrchol Pic Gaspard by byl na fotografii jednoznačně vyšší než Grand Ferrand. Osy x a y jsou v poměru 15:1.



(b) Pohled na vrcholy na kulaté Zemi (referenční kouli). Vrchol Pic Gaspard (červeně) se z pohledu pozorovatele jeví jednoznačně nižší než Grand Ferrand (zeleně). Celý náčrtek je velmi zkrácen měřítkem os, proto je přidán výstřižek se zobrazením skutečné situace.

Obrázek 4.5: Porovnání viditelnosti alpských vrcholů na ploché a kulaté Zemi. Pozorovatel se nachází na vrcholu hory Pic de Finestrelles v Pyrenejích (2820 m n. m.). Vytvořeno v programu GeoGebra.

Jelikož se pozorovatel nedívá vodorovně, a ve výhledu mu tak brání kulová úseč, nelze zakřivení Země vypočítat vzorci uvedenými v úvodu této kapitoly. Výška kulové úseče (h) je vypočítána ze vzorce

$$h = R - \frac{1}{2}\sqrt{4R^2 - t^2}, \quad (4.4)$$

kde R představuje poloměr Země a t je délka tětivy kružnice¹⁵. [48] Po dosazení vychází

¹⁵V tomto případě lze t nahradit vzdáleností.

výška h 3,85 km. Zároveň lze považovat, vzhledem ke vzdálenosti, úsečky *Pozorovatel–střed Země* a *Pic Gaspard–střed Země* za rovnoběžné. Od výšky h lze nyní odečíst¹⁶ nadmořskou výšku pozorovatele. Výška, kterou světelný paprsek za pomoci refrakce překonal, nyní činí 1,03 km. Refrakční úhel odpovídá přibližně $0,13222^\circ$. Z obrázku 4.5b v programu GeoGebra naměříme zenitový úhel $\beta = 91,8^\circ$. Po dosazení známých hodnot dostáváme, že teplotní gradient podle vzorce 4.3 je $-0,0227$ Kelvinu/metr (znaménko minus je v tomto případě irelevantní, jelikož určuje směr, nás ale zajímá pouze hodnota). Teplotní gradient se obvykle pohybuje v rozmezí 0,002–0,01 K/m, tedy hodnota více než dvakrát nižší. Tento interval je ale přibližný a vztahuje se na běžné atmosférické podmínky. Skutečná velikost teplotního gradientu závisí na konkrétním prostředí. [49] Jeho velikost může být daleko vyšší, zvláště v tak nestabilních podmínkách působících při východu Slunce. Stejnou úvahou lze ověřit kteroukoliv jinou fotografii, kterou zastánci ploché Země považují za jednoznačné vyvrácení zemského zakřivení.

4.3 Trasy letadel

4.3.1 Kartografická zobrazení

Při zanedbání všemožných omezení uvedených níže se současná letadla a lodě pohybují na kulaté Zemi po nejkratší vzdálenosti – křivce nazývané ortodroma. Při pohybu po ortodromě směřující například severovýchodně se azimut postupně zvětšuje. V lodní dopravě před vynálezem moderních technologií se však běžně pomocí kompasu navigovalo po loxodromě. Jde o křivku, která protíná poledníky pod stejným úhlem. Navigování pomocí kompasu je na ní daleko jednodušší, jelikož azimut se v průběhu plavby nemění. Loxodroma vytváří v obecných případech¹⁷ spirálu, která se asymptoticky blíží k pólům. Vzdálenost mezi dvěma body měřená po loxodromě je vždy delší než daná vzdálenost měřená po ortodromě, jestliže nejde o speciální případ, kdy jsou totožné.

Při zobrazení Země (geoidu) do roviny mapy nutně dochází ke zkreslení některého z prvků a naopak zachování jiných. Podle toho se kartografická zobrazení dělí na konformní (zachování úhlů, značné zkreslení ploch), ekvidistantní (zachování některých délek), ekvivalentní (zachování ploch, značné zkreslení úhlů) a další. [50, s. 14–37] Právě proto vypadá tatáž trajektorie na každém zobrazení úplně jinak.

I to, že je potřeba problémy se zobrazením koule na rovinu mapy řešit, v podstatě dokazuje kulatost Země. Pokud by byla Země plochá, pak by stačilo pouze jedno zobrazení, jelikož by se zobrazovala plocha na plochu. Při dokazování zemského tvaru lze vyjít z následujícího předpokladu: Letadlo se na Zemi pohybuje po ortodromě¹⁸, která má na každém zobrazení jiný tvar. Jestliže je plochá, pak bude skutečná trajektorie letadla co možná nejvíce odpovídat nejkratší trajektorii na zobrazení ploché Země prosazovaného plochozemci.

¹⁶Úsečka *Pozorovatel–Pic Gaspard* sice není k výše uvedeným kolmá, ale pro zjednodušení a účely výpočtu bude za kolmou považována.

¹⁷Není rovnoběžná s rovníkem ani totožná s poledníkem.

¹⁸Za předpokladu, že letí nejkratší vzdáleností, a zanedbání jiných vlivů uvedených v následující kapitole.

Z tohoto výroku se snaží vycházet i sami plochozemci. Na sociálních sítích existuje mnoho komentářů, v nichž se autoři snaží najít lety, které odporují geoidnímu tvaru zemského tělesa. Eddie Alencar dokonce vydal knihu s názvem: 16 nouzových přistání dokazujících plochou Zemi¹⁹ [53].

4.3.2 Nouzová přistání

Alencar se ve své knize snaží nalézt nouzová přistání, která odporují výše uvedenému předpokladu, a tak dokázat plochost Země. Bohužel autor nebere v potaz zákonitosti leteckého provozu a předložené důkazy nejsou úplně obстойné.

Zaprvé: Letecké trasy nejsou vždy nutně nejkratší vzdáleností mezi dvěma body. Existují totiž letecké koridory, kudy linková letadla létají. Koridory se blíží nejkratší možné vzdálenosti, ale zároveň jsou plánovány tak, aby splňovaly bezpečnostní předpisy (vzdálenost od náhradního letiště, zákaz létání nad určitými oblastmi, ...) či braly v potaz atmosférické proudy a místní podnebí. [54][55]

Zadruhé: Veškeré v knize uvedené případy se odehrály na severní polokouli. Rozdíl mezi trasami letadel na severní polokouli a eventuálními trasami ve stejné části ploché Země je velmi malý. Zvláště, když je brána v úvahu myšlenka uvedena v předchozím odstavci.

Zatřetí: Údajné letecké trasy, které podle knihy nedávají na kouli smysl, ale jsou logické pouze na modelu ploché Země jsou někdy vykresleny chybně nebo jsou zavádějící²⁰. Skutečná trasa, kudy letadlo zvolené letiště nouzového přistání je pak daleko více logická.

Začtvrté: Každé nouzové přistání je zcela výjimečná situace – hraje zde roli mnoho faktorů, kdy letadlo třeba na daném letišti nemůže nouzově přistát, jelikož zde není dostatečná infrastruktura pro zabezpečení nouzového přistání. [56]

Na základě výše uvedených faktorů a studia daných případů lze konstatovat, že příklady nouzových přistání stejně jako příklady uváděné na sociálních sítích kulatost Země nevyvrací.

4.3.3 Letecké trasy

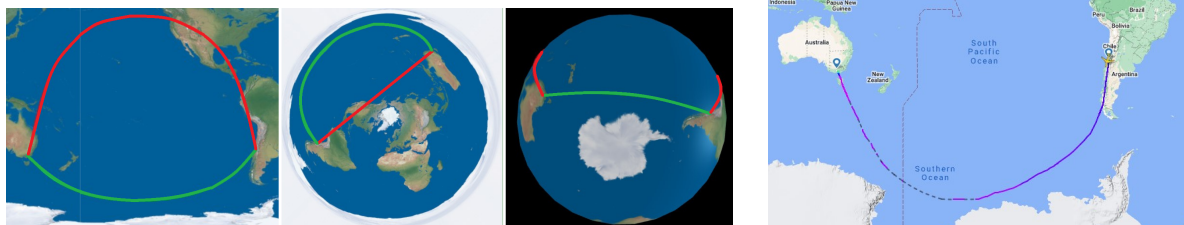
Jakkoliv je zkoumání leteckých tras na severní polokouli, vzhledem ke skutečnostem uvedeným v předchozích podkapitolách, zbytečné, daleko názornější příklady lze nalézt na polokouli jižní. Při jejich zkoumání nelze než dojít k závěru, že korespondují s modelem kulaté Země.

Na obrázku 4.6 je uveden jeden z nejnázornějších příkladů – porovnání trasy letu ze Santiaga (SCL) do Melbourne (MEL). Na obrázku 4.6a je zobrazena nejkratší trajektorie na kulaté (zeleně) a ploché (červeně) Zemi ve třech kartografických zobrazeních (zleva): válcové

¹⁹V originále: 16 Emergency Landings Proving Flat Earth.

²⁰Jde například o lety LX040, KE-38 a AA263.

ekvidistantní, polární azimutální ekvidistantní (tomu odpovídá plochozemská představa) a referenční koule. Obrázek 4.6b zobrazuje skutečnou trasu letu na Mercatorově zobrazení. Skutečná trasa letadla měří 11 319 km. Předpovídaná²¹ ortodroma měří na kouli 11 280 km, na ploché Zemi 43 330 km. Nejkratší trajektorie na ploché Zemi na ní měří 26 420 km, na kouli pak 24 444 km.



(a) Předpověď trasy letu LA805 na různých zobrazeních Země. Červeně je vyznačena nejkratší trasa na ploché Zemi (24 444 km^a), zeleně pak nejkratší trasa na referenční kouli (11 280 km).

^aVzdálenosti jsou uvedeny v přepočtu na kouli.

(b) Na snímku z programu Flightradar24 je vyobrazena skutečná trajektorie letu LA805 (11 319 km). Velmi se blíží předpovědi nejkratší dráhy na kouli v předchozím obrázku. Ve tvaru křivky je patrný rozdíl způsobený použitím jiné zobrazovací metody na mapě v 4.6a-vlevo a 4.6b.

Obrázek 4.6: Porovnání vypočítané a skutečné trasy letu LA805 z 15. 12. 2024. Výpočet trasy vytvořen pomocí Flat Earth Route Simulator [52], skutečná trasa letu převzata z Flightradar24 [51].

Jak již bylo uvedeno výše, zobrazení, na kterém se shoduje nejkratší spojnice bodů s trajektorií letadla, odpovídá skutečnému tvaru Země. V tomto případě je zcela zřejmé, jak vizuálně, tak početně, že Země je kulatá.

4.4 Sférický exces

Ve sférické geometrii (geometrii na kouli) platí, že součet vnitřních úhlů v každém trojúhelníku je větší než 180°. Sférický exces ϵ je pak právě hodnota, o níž je součet vnitřních úhlů větší. Je vyjádřen vztahem

$$\epsilon = \alpha + \beta + \gamma - 180^\circ, \quad (4.5)$$

kde α, β a γ jsou vnitřní úhly sférického trojúhelníka. Na Zemi je tato hodnota měřitelná a je zároveň důkazem její kulatosti. V geodetické praxi se s excesem obvykle počítá při měření na vzdálenosti delší než 10 km, kde již výrazněji ovlivňuje měření. [57, s. 57–60]

Mezi lety 1920 a 1927 byla v českých zemích Ing. J. Křovákem budována trigonometrická

²¹Předpokládané trajektorie byby vytvořeny v programu Flat Earth Route Simulator [52].

síť S-JTSK²². Původně mělo jít jen o dočasnou síť, ustálila se však a dodnes je závazným referenčním systémem pro geodetické a kartografické účely v České republice i na Slovensku. Při vytyčování bodů této sítě bylo, vzhledem k požadované přesnosti, nutné se sférickým excesem počítat. Jejich naměřené hodnoty jsou nyní početně ověřeny. Vybrané výsledky shrnuje tabulka 4.1.

Z dat [58] byly vybrány tři trojúhelníky, které jsou největší, tudíž by na nich měl být exces nejvíc patrný. Z nich je podle vzorce 4.5 vypočten naměřený sférický exces ϵ . Předpokládaný sférický exces ϵ_v je určen vztahem

$$\epsilon_v = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{S}{R^2}, \quad (4.6)$$

kde S je plocha trojúhelníka a R poloměr koule. Pro vzdálenosti menší než 80 km lze plochu sférického trojúhelníka nahradit plochou trojúhelníka rovinného. [57, s. 57–60] Podle tohoto vzorce²³ je v tabulce vypočten očekávaný exces ϵ_v .

Trojúhelníky:	Kunětická h. – Sněžka – Veliš	Kunětická h. – Sněžka – Vysoká	Veliš – Bezděz – Sadská
Naměřený exces (ϵ) ["]	5,800	5,600	4,500
Očekávaný exces (ϵ_v) ["]	6,044	5,598	4,155
Odchylka ($\epsilon - \epsilon_v$) ["]	-0,244	0,002	0,345

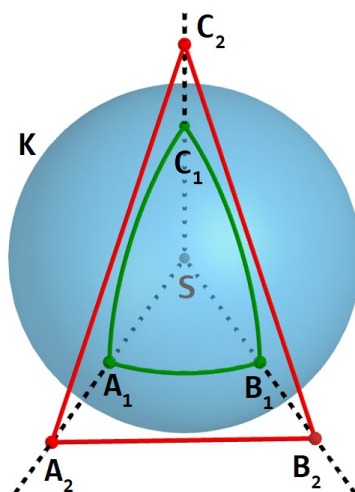
Tabulka 4.1: Porovnání naměřeného (ϵ) a předpokládaného (ϵ_v) sférického excesu z měření. Data pro výpočet ϵ převzata z [58] a pochází z doby zavádění S-JTSK.

Lze si povšimnout velké přesnosti měření. Mechanické teodolity, které se v té době používali měli velmi vysokou přesnost (0,1"–0,4" v závislosti na typu). Úhly musely být měřeny vícekrát a za různých atmosférických podmínek. Refrakce není při měření horizontálních úhlů tak výrazná jako při měření úhlů vertikálních, ale vzhledem k požadované přesnosti se musely naměřené hodnoty o její účinky opravovat v závislosti na konkrétních atmosférických podmínkách. [57, s. 109–140]. Velikost odchylky také mírně závisí na použité referenční kouli. I přesto je patrné, že sférický exces je měřitelný, což dokazuje kulatost Země.

Zastánci teorie ploché Země sférický exces neuznávají. Podle uživatele Flat Earth Tests na YouTube sférický exces na kouli vůbec neexistuje. Snaží se to vysvětlit pomocí modelu na obrázku 4.7. Tvrdí, že tři body ve volném prostoru jsou koplanární (ležící ve stejné rovině), tudíž vytvoří trojúhelník se součtem vnitřních úhlů právě 180°. [59] V tomto případě autor popisuje rovinný trojúhelník $A_2B_2C_2$, který má skutečně součet vnitřních úhlů 180°. Při jejich měření by se musel teodolit urovnat k normále k rovině procházející body A_2 , B_2 a C_2 . Jenže při geodetických měřeních se přístroje vyrovnávají k tížnici, která v každém z bodů míří jiným směrem. Pak jde o sférický trojúhelník a součet vnitřních úhlů je větší než 180°. V tomto případě $|\angle C_1A_1B_1| = 90^\circ$, $|\angle A_1B_1C_1| = 90^\circ$ a $|\angle A_1B_1C_1| \approx 35^\circ$. Díky tomu lze vytvořit i trojúhelník se třemi pravými úhly – například kdyby body A_1 a B_1 ležely na vhodném místě na rovníku a bod C_1 na některém z pólů.

²²Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální.

²³Jako poloměr Země R byla použita hodnota 6 378 km, výpočty ploch trojúhelníků byly provedeny



Obrázek 4.7: Obrázek znázorňuje kouli K se středem S a sférický $\triangle A_1B_1C_1$ ležící na povrchu koule. Zvolením bodu na každé z polopřímek $\mapsto SA_1$, $\mapsto SB_1$ a $\mapsto SC_1$ vznikne rovinný $\triangle A_2B_2C_2$ ležící mimo kouli K . Vytvořeno v programu GeoGebra.

4.5 Slapové jevy

Již na základní škole se děti učí, že příliv a odliv jsou způsobeny gravitačními silami Slunce a Měsíce. Vysvětlení ovšem není tak jednoduché, jak by se mohlo zdát. Mezi Zemí a Měsícem, respektive Zemí a Sluncem, působí síly gravitační a odstředivé, výsledná síla se nazývá slapová a v každém bodě na Zemi má jinou velikost (obrázek 4.8a). Výsledné účinky Slunce a Měsíce na světovou vodu shrnuje obrázek 4.8b. Moře a oceány se chovají jako spojené nádoby (na rozdíl od jezer). Voda se tudíž přesouvá globálně k místům, kde nastává příliv. [60][63]

Zastánci teorie ploché Země samozřejmě gravitaci neuznávají, ale pro tento jev nemají vlastní přijatelné vysvětlení. V dohledaných materiálech si dávají velkou práci s vyvrácením výše uvedeného modelu. Avšak při této snaze často vycházejí z nesprávných předpokladů. Zanedbávají působení Slunce nebo se snaží najít souvislost mezi salinitou a velikostí přílivu. [60][61][62][63]

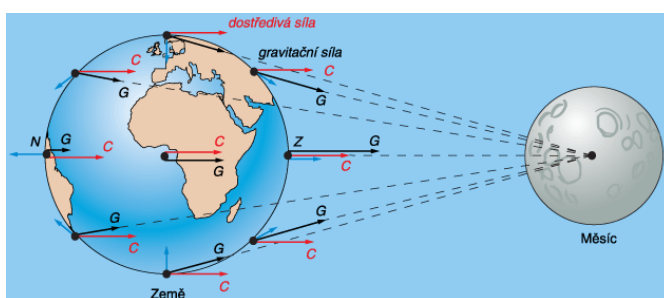
V jedné z debat na YouTube se moderátor položil plochozemci M. Sargentovi jednoduchou otázku: „Jedním z nejčastějších argumentů plochozemců k dokázání ploché Země je, že vodní hladina se vždy vyrovná. ... Kdybych si to (Zemi) představil jako pizzu a naleju do ní vodu, tak se vyrovná do jedné hladiny. Proč se ale tedy příliv a odliv na různých místech liší?“ Bylo vidět, že Sargent byl otázkou dost zaskočený, pokusil se však najít odpověď: „Voda se pohybuje (vlní se), nejvíc kvůli tepelným záležitostem, mám na mysli vodní proudy, které jsou masivní a přenášejí obrovské množství energie. A to když se spojí s molekulárním magnetismem²⁴, který chcete nazvat gravitací, a prostě vytvoříte nějaké čvachtání. ... Je pravda, že sladká voda si vždy najde svou hladinu. Když si doma napustíte vanu a každé dvě minuty po ní přejedete rukou, tak ale klidná nikdy nebude.

v programu Mapy.cz.

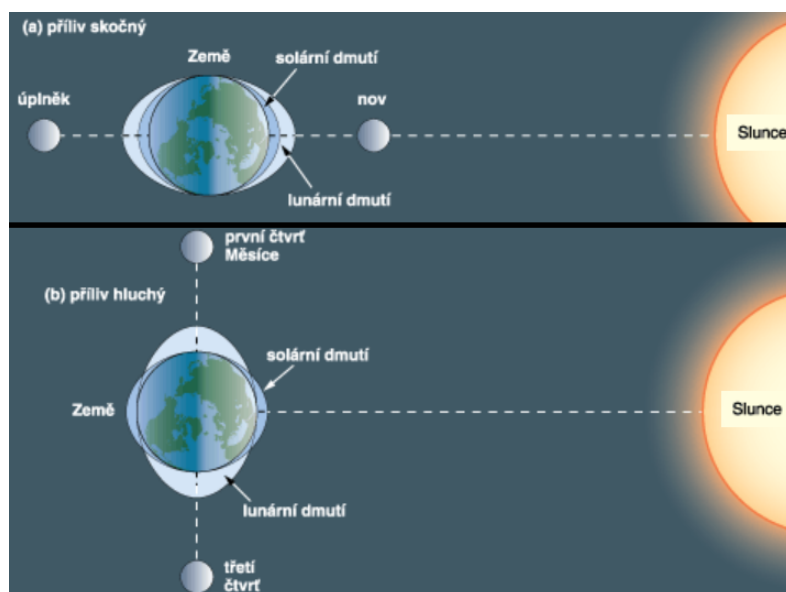
²⁴Plochozemci se snaží gravitaci vysvětlit různými způsoby. Tvrdí třeba, že je ve skutečnosti způsobena ostatními elementárními interakcemi (viz kapitola 3.3).

Ale když jí necháte 10 minut, tak se dokonale vyrovná. Světové oceány se nikdy úplně nevyrovnejí. Přenáší se v nich příliš mnoho energie a příliš mnoho věcí, k nimž dochází – vítr, Slunce svítí. “Načež jej moderátor dorazí: „Kdybych měl věřit tomu, co říkáte, nebyl bych schopen predikovat, kde a kdy přesně k přílivu dojde třeba až za šest měsíců.“ Mark se snaží situaci zachránit neméně nepřesvědčivou odpovědí: „Pouze sladká voda zachovává klidnou hladinu. ... Příliv a odliv dokazuje, že je stále něco v pohybu, to je to, o čem tu mluvíme a myslím, že je to velmi předvídatelné.“ [61]

Z výše uvedených argumentů je jasné, že plochozemci nedokážou slapové jevy vysvětlit. Naopak se v mnoha vyjádřeních snaží najít trhliny v klasickém fyzikálním modelu, aniž by poskytli vlastní relevantní odpověď.



(a) Znázornění působení dostředivé (červeně) a gravitační (černě) síly v daných bodech na Zemi. Výsledná slapová síla je znázorněna modře.



(b) Výsledné účinky Slunce a Měsíce na světovou vodu.

Obrázek 4.8: Vysvětlení slapových účinků Slunce a Měsíce. Převzato z [60].

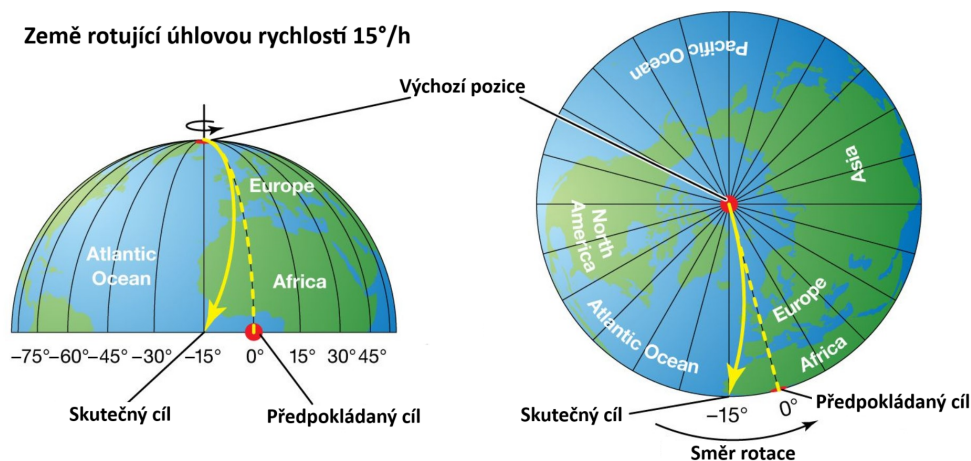
4.6 Coriolisova síla a zemská rotace

Plochozemci často přicházejí s argumenty typu: „Kdyby se Země točila rychlostí 1667 km/h, museli bychom to přeci nějak cítit“ nebo „kdyby se Země točila a letadlo by letělo ve směru této rotace, cíl by se mu neustále vzdaloval.“ [30] Jenže to není tak docela pravda. Pro vysvětlení je nutné se vrátit do prvního ročníku střední školy. Pohyb a klid jsou relativní a závisí na zvolené vztažné soustavě. Všechny objekty na Zemi jsou vůči ní v klidu. Připomíná to známý pokus, kdy ve vlaku jedoucím konstantní rychlostí vyskočíte a dopadnete na totéž místo. Se Zemí je to stejné. [64, s. 40–43]

Samotnou zemskou rotaci sice pocítit nemůžeme, ale jí způsobené síly ano. Jde o sílu odstředivou a Coriolisovu. První zmíněná je vedle gravitační síly druhou složkou síly tíhové. [64, s. 85–90] Druhá je však pro účel této práce daleko zajímavější. Je způsobena rozdílnou rychlostí v různých zeměpisných šířkách. Rychlost zemské rotace na rovníku je 1667 km/h, ale na 50. rovnoběžce už jen 1073 km/h. Velikost Coriolisovy síly je určena vztahem

$$F_C = 2m\omega v \sin \varphi, \quad (4.7)$$

kde ω představuje úhlovou rychlost rotace soustavy (Země), v rychlost, kterou se těleso pohybuje vůči rotující soustavě, a φ je úhel, který svírá vektor úhlové rychlosti s vektorem rychlosti tělesa. „Ale vzhledem k relativně pomalé rotaci Země a relativně malým rychlostem těles na jejím povrchu se Coriolisova síla projeví zejména u dlouhodobých pohybů.“ [65] Záleží také na tom, odkud a kterým směrem se těleso pohybuje. „Pohybuje-li se těleso na severní polokouli v severojižním směru, je strháváno vlivem Coriolisovy síly vpravo od svého původního pohybu. Pohybuje-li se těleso na jižní polokouli v severojižním směru, je strháváno vlivem Coriolisovy síly vlevo a překračuje-li těleso rovník v severojižním směru, je Coriolisova síla, která na toto těleso působí, nulová.“ [65][66]

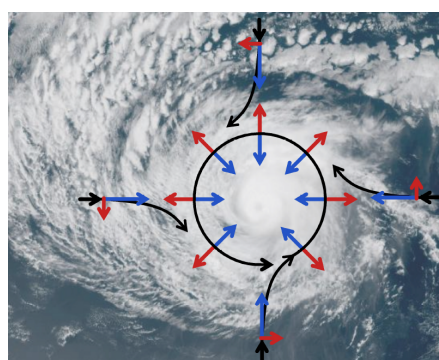


Obrázek 4.9: Znázornění působení Coriolisovy síly na severní polokouli. Těleso se pohybuje ze severního pólu směrem k předpokládanému cíli. Vlivem Coriolisovy síly se jeho trajektorie stočí ke skutečnému cíli. Převzato z [67], přeloženo.

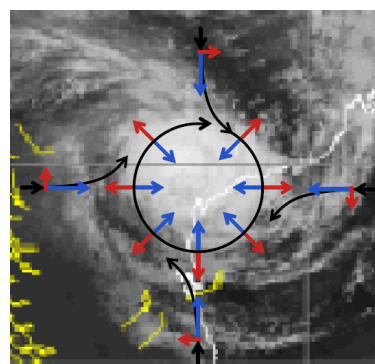
4.6.1 Popírání Coriolisovy síly

Někteří plochozemci tvrdí, že Coriolisova síla vůbec neexistuje. Flat Earth Society zastává názor, že „Coriolisův jev se jeví jako fiktivní efekt, který není a nikdy nebyl řádně prokázán experimentálními důkazy. Jeho zastánci nejsou schopni prokázat, že tento jev byl někdy zjištěn nebo že je skutečně nutné jej zohlednit při různých operacích“ [68]. Petr Lukeš dodává: „Takže v praxi střelci nepočítají s Coriolisovou silou. ... Žádný pilot nepočítá s Coriolisovou silou. Na žádný let to nemá vůbec žádný vliv.“ [69] Zde je nutné připomenout, jak již bylo uvedeno výše, že projevy Coriolisovy síly jsou velmi jemné. I při střelbě z odstřelovací pušky jsou často výraznější faktory jako vítr nebo zpětný ráz. Proto většina střelců tvrdí, že s ní nepočítá, protože je její účinek zkrátka zanedbatelný. [70] Coriolisova síla však může hrát roli v dělostřelectvu. Kvůli zanedbání jejích účinků údajně němečtí vojáci minuli Paříž při ostřelování za 1. světové války. [71][72] Na její účinky upozorňuje ve svých dělostřeleckých manuálech i americká armáda. [73, s. 32][74, s. 51] Obdobně je tomu v letectví. Na letadlo působí při letu tolik jiných vlivů, že je Coriolisova síla téměř zanedbatelná. [75]

Kde je ovšem vliv Coriolisovy síly nezanedbatelný a prokazatelný jsou vzdušné víry a globální proudění vzduchu. Na severní polokouli se kvůli ní cyklóny stáčí proti směru hodinových ručiček, na polokouli jižní je tomu naopak, jak ukazuje obrázek 4.10. Kde naopak Coriolisova síla obvykle nehraje roli, je směr rotace vodního víru v umyvadle. Běžně v domácnostech má tvar nádoby na vír daleko větší vliv než tato síla. V roce 2015 provedli fyzikové Derek Muller a Destin Sandlin experiment zkoumající vliv Coriolisovy síly na vodní vír. Pro eliminaci vnějších vlivů vypouštěli vodu ze dvou identických bazénů – jeden byl umístěný v Sydney, druhý v Huntsville v Alabamě. Vzniklý vodní vír skutečně rotoval stejným směrem jako tlakové níže na dané polokouli, čímž vliv Coriolisovy síly prokázali. [79] Některé studie dokonce naznačují vliv Coriolisovy síly na tvar říčních meandrů či opotřebení kolejnic. [80][81]



(a) Hurikán Gilma mezi Havajskými ostrovy a Mexikem 26. 8. 2024. Rotuje proti směru hodinových ručiček. Zdroje: [76][78].



(b) Tlaková níže u západního pobřeží Austrálie 19. 1. 2025. Rotuje po směru hodinových ručiček. Zdroje: [77][78].

Obrázek 4.10: Satelitní snímky cyklónů na severní a jižní polokouli s vyznačenými silami, které působí na jejich utváření. Síly způsobené rozdílem tlaků jsou znázorněny modře, Coriolisova síla (vždy kolmá k okamžité rychlosti) je znázorněna červeně. Výsledný směr rotace je zakreslen černou šipkou.

4.6.2 Alternativní vysvětlení Coriolisovy síly

Někteří ze zastánců ploché Země vlivy Coriolisovy síly nepopírají a snaží se přijít s vysvětlením, které odpovídá jejich modelu. Podle nich jí, stejně jako odstředivou sílu, způsobuje rotace kosmosu (nebeské klenby) kolem severního pólu. Stejná rotace má způsobovat i obíhání nebeských objektů po svých drahách. [82][83] V praxi by to znamenalo, že s rostoucí vzdáleností od středu rotace (sev. pólu) by byly účinky odstředivé a Coriolisovy síly větší. To se ovšem v praxi neděje (viz výše). Podle tohoto modelu by se cyklóny, vodní víry v experimentu D. Mullera a D. Sandlina ani směr Foucaultova kyvadla (viz dále) nestáčely na každé polokouli jiným směrem. A už vůbec by na rovníku nebyla Coriolisova síla nulová. Model kulaté Země na rozdíl od tohoto pozorovaným jevům odpovídá.

4.7 Foucaultovo kyvadlo

Jedním z nejjednodušších důkazů zemské rotace je Foucaultovo kyvadlo. Poprvé tento experiment provedl Léon Foucault roku 1851 v pařížském Pantheonu, a představil tak jeden z prvních hmatatelných důkazů zemské rotace. Kyvadla takto velkých rozměrů se dnes nacházejí na univerzitách po celém světě. [84]

4.7.1 Teoretický úvod

„Jednou ze základních vlastností kyvadla je, že zachovává rovinu svého kyvu.“ [84] Vlivem zemské rotace, respektive rozdílu rychlostí, kyvadlo z pohledu pozorovatele na Zemi plynule mění směr kyvu. Čas T , za nějž se směr kyvu vrátí do směru původního, je závislý na zeměpisné šířce:

$$T = \frac{24 \text{ h}}{\sin \varphi}, \quad (4.8)$$

kde φ představuje zeměpisnou šířku ve stupních. [85] Na severním pólu se směr kyvadla otočí za 1 den, naproti tomu na rovníku zůstává směr kyvu neměnný. Úhel α , o který se trajektorie kyvadla změní za čas t vyplývá ze vztahu:

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{t}{T}. \quad (4.9)$$

4.7.2 Vlastní experiment

Plochozemci by mohli tvrdit, že kyvadla umístěná na univerzitách po celém světě jsou upravena tak, aby dokazovala zemskou rotaci. Proto nezbývá než provést vlastní experiment.

Metodika a průběh experimentu

Pro experiment byla zvolena zvolena olovnice (o hmotnosti přibližně 2,1 kg) zavěšená na 15metrovém laně (obrázek 4.11a). Pro zamezení vnějších vlivů byl experiment proveden v tovární hale, kde lano s olovnicí bylo zavěšeno za ocelový nosník u stropu. Trajektorie olovnice byla zaznamenávána na desku položenou na podlaze a na kameru. Na začátku experimentu byla olovnice přivázána na nit a vychýlena do krajní polohy v severojižním směru. Následným přehořením nitě bylo kyvadlo uvedeno do pohybu. Tímto postupem byly vyloučeny nežádoucí síly, které by při rozhoupávání mohly mít na kyvadlo vliv. Experiment byl zopakován dvakrát.

Výsledky

Naměřený úhel α činil v jednom případě 10° za 10 minut, podruhé 4° za 5 minut. Předpokládaný úhel α je podle vzorce 4.9 v prvním případě 2° , v druhém 1° . Podle naměřených hodnot by měla Země rotovat přibližně pětikrát rychleji než se předpokládá.

Závěr a diskuse

Výsledky experimentu nejsou úplně ideální. Tato až příliš velká rotace byla pravděpodobně způsobena ne úplně optimálním závěsem za nosník. Kyvadlo se brzy začalo stáčet do elipsy a zpomalovalo daleko rychleji než jsem předpokládal. Nezvykle velký naměřený úhel si vysvětluji právě oním stáčením do elipsy. Kvůli tomu se vliv Coriolisovy síly výrazně zvětšil.

Jelikož oba výsledky prvního pokusu nebyly ideální, bylo rozhodnuto otestovat, jaký by byl výsledek, kdyby se kyvadlo kývalo západovýchodním směrem. Při tomto pokusu se kyvadlo po jisté době sice také začalo stáčet do elipsy, ovšem s násobně menší vedlejší poloosou než v předchozích případech, ale měřený úhel α zůstal nulový. Tento pokus potvrzuje závěr uvedený v předchozím odstavci.

Přestože nebylo dosaženo očekávaného výsledku, je zřejmé, že kyvadlo je při severojižním kývání, na rozdíl od kývání západovýchodním směrem, ovlivněno Coriolisovou silou způsobenou zemskou rotací. Pro případné další experimenty by bylo vhodné použít těžší závaží (díky větší hybnosti by se kyvadlo kývalo déle) a lepší závěs pro kyvadlo, například Kardanův kloub.

4.7.3 Kyvadlo na hvězdárně v Hradci Králové

Vzhledem k ne zcela uspokojivým výsledkům vlastního experimentu jsem se rozhodl provést stejné měření na kyvadle umístěném v prostorách hvězdárny v Hradci Králové. Desetimetrové lano s kyvadlem je zde zavěšeno mezi schodištěm. Lano je ke stropu připevněno Kardanovou hřídelí, díky čemuž je minimalizován vliv závěsu na směr kyvu.

Výsledek a zhodnocení experimentu

Průběh experimentu byl obdobný jako v předchozích případech. Za 26,5 minuty byl naměřen úhel α $6,5^\circ$, přičemž předpokládaný úhel činí $5,1^\circ$. Odchylka je na hranici přesnosti měření, tudíž lze výsledek označit za velmi dobrý. Po takové době má i toto kyvadlo tendenci se stáčet do malinké elipsy, avšak tak malé, že výsledek měření, na rozdíl od předchozích pokusů, není ovlivněn.



(a) Fofografie kyvadla použitého při experimentu v tovární hale.



(b) Foucaultovo kyvadlo na královéhradecké hvězdárně.

Obrázek 4.11: Fotografie kyvadel.

4.8 Plochozemské měření zakřivení Země

Mezi zastánci teorie ploché Země jsou oblíbeným „důkazem“ zemské plochosti experimenty s laserovým paprskem, eventuálně dalekohledem, nad vodní hladinou. Zkoušejí to jak na dlouhé (1–5 km), tak na velmi dlouhé (>20 km) vzdálenosti.

Myšlenka experimentů je následující: Stativ s laserem nebo optickým nivelačním přístrojem umístíme na břeh jezera a vyrovnáme do vodorovné polohy. Jestliže je Země kulatá, pak na druhém břehu jezera nebude světelný paprsek procházet ve stejné výšce nad hladinou jako u jeho zdroje.[86][87][88]

4.8.1 Velmi dlouhé vzdálenosti

Kupodivu většina z těchto experimentů publikovaných na YouTube vychází²⁵ ve prospěch ploché Země. [86][87][88] Jenže, jak to ve fyzice bývá, nic není tak jednoduché, jak se zdá. Plochozemci totiž nedodržují správný metodický postup (viz dále) a zanedbávají refrakci nebo s jejími účinky špatně počítají²⁶. Atmosférické podmínky těsně nad vodní hladinou jsou vlivem odparu vody a výraznému rozdílu teploty vodní hladiny a okolního vzduchu pro šíření světla velmi nepříznivé. Kvůli refrakci pak může zakřivení paprsku na tak dlouhou vzdálenost činit i několik metrů. Nehledě na to, že v publikovaných videích autoři často provádějí experiment za zcela nevhodného počasí, čímž jsou účinky refrakce mnohem výraznější. [37][40][41]

Uvedu zde jeden vzorový příklad: V roce 2021 zveřejnil uživatel Level Headed na YouTube experiment s laserovým paprskem nad vodní hladinou na vzdálenost 22 km. Zakřivení Země má na takovou vzdálenost být 38 metrů. [86] Je možné, aby se vlivem refrakce laserový paprsek zakřivil o 38 metrů?

V průběhu experimentu došlo k mnoha metodickým pochybením. Laserový paprsek se postupně rozděluje. Z bodového zdroje se postupně stává kužel, což značně zhoršuje jeho detekci použitým fotoaparátem. Předně je však prakticky nemožné urovnat laserový paprsek do vodorovné polohy na tak obrovskou vzdálenost. Aby činila chyba z urovnání ve vzdálenosti 22 km 38 metrů, stačila by nepřesnost 6', což pomocí použité vodováhy nelze vyloučit. I přesto však paprsku může v cestě bránit kulová úseč vody.

I za předpokladu, že laserový paprsek míří vodorovně, získáváme teplotní gradient přibližně 0,0219 K/m (vzorec 4.3). Tato hodnota se velmi blíží výsledku výpočtu v kapitole 4.2.3 a není nijak nereálná zvláště ve velmi nestabilních atmosférických podmínkách blízko vodní hladiny. Jestliže však laser nemířil vodorovně, což je v tomto případě téměř jisté, pak byla ΔH daleko menší. Vzhledem k těmto skutečnostem nelze než konstatovat, že tyto typ experimentů jsou neprůkazné a plochost Země nijak nedokazuje.

4.8.2 Dlouhé vzdálenosti

V případě provádění experimentu na výrazně kratší vzdálenost než v předchozím případě jsou účinky refrakce minimální až zanedbatelné. Obrovský vliv ale mají metodické chyby, kterých se plochozemci naprosto běžně dopouštějí, a tak zcela zdiskreditují výsledek svého měření. Jelikož všechna zveřejněná měření probíhají velmi obdobně a s podobnými výsledky, opět uvedu jeden příklad za všechny:

Ve svém experimentu publikovaném na YouTube se P. Lukeš snaží dokázat plochost Země

²⁵Všechny takové experimenty jsou publikovány plochozemci – už to by mělo být zarážející, protože prakticky neexistují pokusy ověřující správnost jejich měření. A který plochozemec by zveřejnil pokus, který mu nevyšel?

²⁶Například ve videu [87] počítá autor s vlivem refrakce pomocí indexu lomu a Snellova zákona. Avšak ten se hodí při popisu přechodu světelného paprsku mezi dvěma homogenními prostředími, kde se paprsek šíří přímočaře. Vzduch nad vodní hladinou je ale heterogenní, světlo se zde tedy šíří na základě Fermatova principu a Snellův zákon nelze použít. [64, s. 389–392]

na vzdálenost 3,6 km na zamrzlém rybníku Rožmberk. Na jeden břeh rybníka umístil nivelační přístroj. Doprostřed Rožmberka a k druhému břehu postavil dopravní značku se středem ve stejné výšce nad hladinou jako okulár dalekohledu nivelačního přístroje. [44]

Z videa je patrné, že použil optický nivelační přístroj pro technickou nivelaci. Nivelace je však vhodná pouze k měření převýšení na krátkých vzdálenostech – v praxi řádově desítky metrů. Před měřením je třeba provést zkoušku nivelačního přístroje a rektifikaci – postup, kterým se nivelační přístroj zkalibruje. Správným dodržením metodického postupu měření (geometrická nivelace ze středu) se vyloučí chyba způsobená nevodorovnou záměrnou přímkou. Na dlouhých vzdálenostech i sebemenší odchylka způsobí obrovský rozdíl. [37, s. 211–240] Lukeš tento postup nedodržel a naopak si počínal tak, že se chyba projeví maximálně. Ve videu ukazuje, že dopravní značka ve vzdálenosti 3,6 km je přesně ve středu objektivu, přičemž zakřivení by mělo být přibližně 1 m. Takové zakřivení na danou vzdálenost představuje úhel $0,0158^\circ$ (2,7 cm/100 m), což je běžná chyba nivelačního přístroje. Vzhledem k metodickým chybám ani tento experiment plochost Země nedokazuje.

4.9 Vlastní měření zakřivení Země

Zemské zakřivení se plochozemci snaží všemožně vyvrátit. Jejich měření jsou ale plná metodických chyb, jak ukazuje předchozí kapitola. Proto je na místě provést co možná nejpřesnější měření, které s jistotou potvrdí skutečný zemský tvar. Bylo rozhodnuto provést dvě odlišná měření zakřivení – na hladině rybníka a v horách.

4.9.1 Měření zakřivení na rybníku

Pro první měření byl zvolen rybník vzhledem k jednoduchosti, názornosti a jako reakce na měření provedená samotnými plochozemci (viz kapitola 4.8).

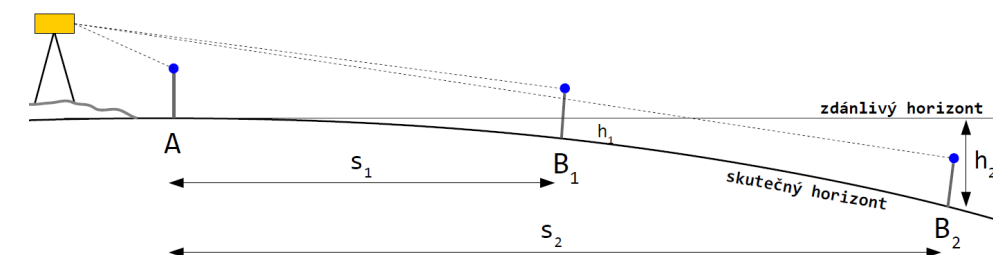
Metodika a teoretický úvod

K měření byla použita totální stanice Trimble S5 (v. č. 36950564) a výtyčka s hranolem. Totální stanice po zacílení na hranol změří přímou vzdálenost a zenitový a horizontální úhel (viz obrázek 4.12). Z těchto údajů (se započtením výšky terče) stroj vypočítá vodorovnou vzdálenost s_n ²⁷ a převýšení k měřenému bodu B_n vůči výchozímu bodu A .

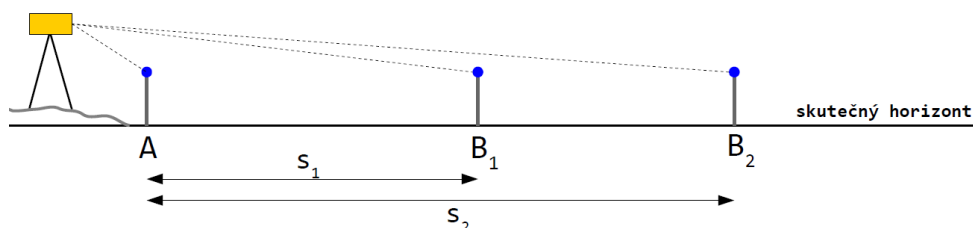
Samotný experiment spočívá v měření převýšení v různých vzdálenostech. Jestliže je Země plochá, všechny měřené body B_n budou ležet v jedné rovině, tedy měřená převýšení budou shodná. Pokud je kulatá, pak budou tyto body ležet na křivce odpovídající zemskému zakřivení a se zvětšující se vzdáleností bude převýšení růst (body se budou jevit geome-

²⁷Index n reprezentuje jednotlivé měřené body.

tricky níž) právě o hodnotu zemského zakřivení. Naměřené zakřivení h_n bude následně porovnáno se zakřivením předpokládaným (vzorec 4.1).



(a) Nákres výsledku měření na kulaté Zemi. Vzhledem ke krátké vzdálenosti lze považovat vodorovnou vzdálenost s_n za totožnou s délkou oblouku AB_n .



(b) Nákres výsledku měření na ploché Zemi.

Obrázek 4.12: Nákresy průběhu a výsledku měření na ploché a kulaté Zemi.

Průběh měření

Experiment byl proveden na Plačickém písníku (1. měření) a rybníku Oplatil (2. měření) u Hradce Králové. V den měření (11. 1. 2025) panovaly vhodné atmosférické podmínky (minimální vítr a chvění vzduchu, dobrá viditelnost a nízká světelnost). Jeden člověk obsluhoval totální stanici, druhý šel po břehu rybníka s výtyčkou s hranolem. Na vybraných místech podržel výtyčku s hranolem svisle tak, aby její hrot byl v úrovni hladiny rybníka.



Obrázek 4.13: Totální stanice Trimble S5 na břehu měřeného rybníka.

Pro zamezení atmosférických vlivů těsně nad hladinou rybníka byl hranol na výtyčce ve výšce 130 cm. Aby byla vyloučena indexová chyba²⁸, probíhalo měření ve dvou polohách

²⁸Jde o chybu v měření zenitových úhlů, kdy se naměřený úhel mírně liší od skutečného. Tento vliv je možné eliminovat přesným určením indexové chyby nebo měřením ve dvou polohách dalekohledu.

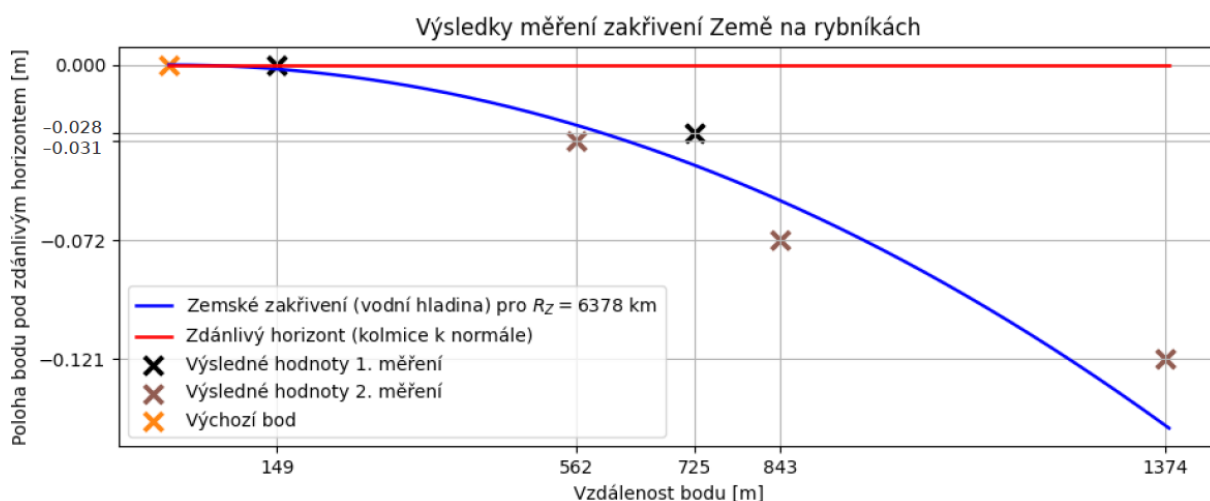
dalekohledu totální stanice. Aritmetickým průměrem naměřené výšky bodu v každé z poloh byla vypočtena výsledná naměřená výška (h_n) pro daný bod. Na Plačickém písňíku bylo, vzhledem k jeho velikosti, měřeno na dvě různé vzdálenosti, na rybníku Oplatil na tři vzdálenosti. Nejdelší vzdálenost činila téměř 1,4 km. Jelikož byla měření provedena ihned po sobě, jsou naměřená data zpracována dohromady.

Výsledky

Výsledky měření jsou prezentovány v tabulce 4.2 a na grafu 4.14. Je zde jasně patrná klesající tendence kopírující předpokládané zemské zakřivení podle referenční koule. V tabulce je také uvedena odchylka naměřených hodnot od předpokládaných.

Měření	1.	2.	1.	2.	2.
Vzdálenost s_n [m]	149,26	561,84	724,91	843,17	1374,17
Měřené zakřivení h_n [mm]	0	31	28	72	121
Očekávané zakřivení z [mm]	2	25	41	56	148
Odchylka $z - h_n$ [mm]	2	-6	13	-16	27

Tabulka 4.2: Výsledky měření zakřivení na rybnících.



Obrázek 4.14: Graf znázorňující výsledky měření zemského zakřivení na rybníku Oplatil a Plačickém písňíku.

Závěr a diskuse

Přestože výsledek měření odpovídá předpovědi kulaté Země, vypočítané odchylky jsou nezanedbatelné. Indexová chyba byla vyloučena zvolenou metodou měření. Jelikož má odchylka pokaždé jinou úhlovou velikost, s největší pravděpodobností nepůjde o přístrojovou chybu měření. Zdrojem chyb však může být drobné vlnění vodní hladiny, které v některých případech mírně komplikovalo určení přesné výšky hladiny. Tyto přírodní děje však, vzhledem k velikosti zakřivení, závěr experimentu nijak neohrožují. Jakkoliv bylo počasí

v průběhu provádění experimentu příznivé (viz výše), pro případná další měření by bylo vhodnější vyčkat na absolutní bezvětrí.

Pro ještě přesnější měření se nabízí vybudovat řadu bodů. Jejich výška by byla určena nivelací, jelikož nivelační pořadí kopíruje tvar Země. Následně by bylo změřeno převýšení bodů stejně jako v tomto případě. Pro zjednodušení a názornost jsem zvolil rybník.

4.9.2 Měření zakřivení v horách

Podobným způsobem měření jako v předchozím případě lze ověřit zemské zakřivení v horském prostředí měřením výšky vrcholů hor.

Metodika a teoretický úvod

Myšlenka experimentu je obdobná jako v předchozím případě. Jestliže je Země kulatá, budou měřené vrcholky hor s rostoucí vzdáleností postupně klesat kvůli zakřivení Země. Pokud je plochá, nic takového nenastane.

Pro měření je nutné zvolit vhodné místo, odkud je co možná nejlepší rozhled na co možná nejdlejší vzdálenost, aby se zakřivení projevilo co nejvíce. Na vrcholech měřených kopců se nachází trigonometrické body²⁹ s přesně určenou polohou a nadmořskou výškou h ³⁰.

Postup měření znázorňuje obrázek 4.15. Měření probíhá z výchozího bodu A . Teodolitem³¹ zacílíme na vrchol hory (B) a změříme zenitový úhel β ³². Vzhledem k měřeným vzdálenostem a požadované přesnosti lze trojúhelník AB_1B považovat za pravoúhlý a úsečku AB_1 a oblouk A_0B_0 (vzdálenost s) za rovnoběžné a stejně dlouhé. Díky tomu pro vzdálenost s platí

$$s = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2}, \quad (4.10)$$

přičemž body A a B jsou v souřadnicovém systému S-JTSK určeny jako $A[Y_A; X_A]$, respektive $B[Y_B; X_B]$. Naměřená výška h_m bodu B je následně vypočítána ze vzorce

$$h_m = h_0 + s \cdot \tan(90^\circ - \beta), \quad (4.11)$$

kde h_0 je nadmořská výška horizontu teodolitu v bodě A a s představuje vzdálenost mezi body. Naměřené zakřivení z_m pak je vypočteno jako

$$z_m = h - h_m, \quad (4.12)$$

kde h je nadmořská výška trigonometrického bodu na vrcholu kopce. Naměřené zakřivení je následně porovnáno s předpokládaným zakřivením z (kapitola 4.1.1).

²⁹Údaje o těchto bodech dostupné zde: [89].

³⁰Nadmořská výška těchto bodů byla určena nivelací.

³¹Narozdíl od totální stanice měří teodolit pouze horizontální a zenitový úhel, nikoli vzdálenost.

³²Geodetické přístroje měří úhly v gonech. Pro následující výpočty jsou naměřené úhly převedeny na stupně.

Výsledky

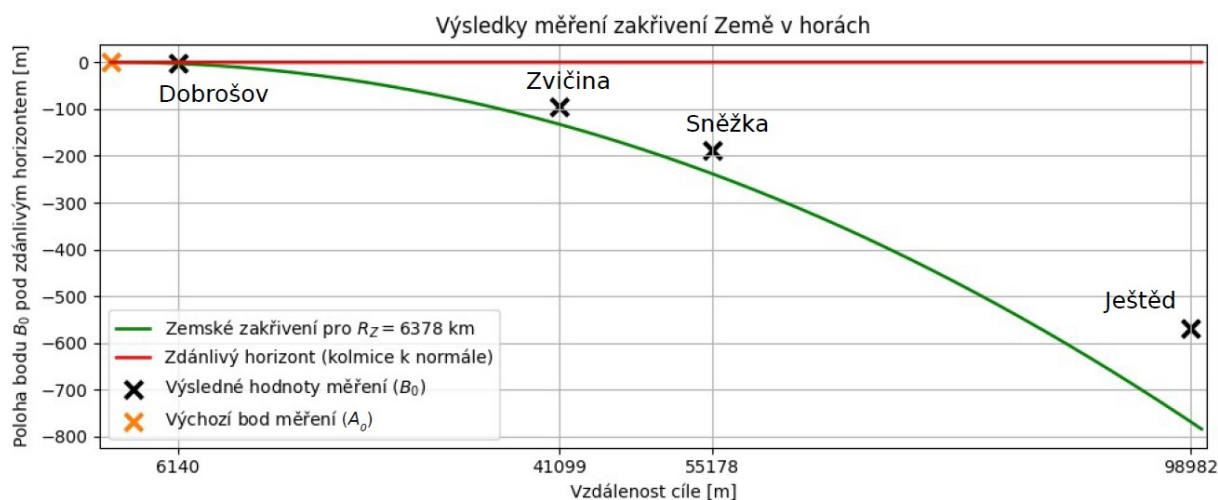
Výsledky experimentu shrnuje tabulka 4.3 a graf 4.17. Červená přímka představuje plochou Zemi, respektive zdánlivý horizont, zelená kružnice referenční kouli. Každý bod v grafu reprezentuje pomyslný bod B_0 s nulovou nadmořskou výškou ležící pod vrcholem hory (B). (Jde o období bodů ležících na hladině rybníka v předchozím experimentu.) Vzdálenost B_0 k červené přímce odpovídá naměřenému zakřivení z_m a vzdálenost ke kružnici představuje odchylku $z - z_m$ uvedenou v tabulce. Dále je také uvedena relativní odchylka p určená vztahem

$$p = \frac{z - z_m}{z} \cdot 100 \% . \quad (4.13)$$

Stejně jako v předchozím experimentu platí: Pokud by body B_0 ležely na přímce ($z_m = 0$), Země je plochá. Tyto body a naměřené zakřivení se ale blíží předpokládanému zemskému zakřivení.

Cíle:	Dobrošov	Zvičina	Sněžka	Ještěd
Výška trig. bodu h [m n. m.]	646,63	696,23	1609,95	1111,65
Vzdálenost s [km]	6,140	41,099	55,178	98,982
Předpokládané zakřivení z [m]	2,96	132,42	238,68	768,07
Naměřená výška h_m [m n. m.]	644,84	600,54	1422,63	541,94
Naměřené zakřivení z_m [m]	2,49	95,70	187,32	569,76
Odchylka od koule $z - z_m$ [m]	0,47	36,72	51,36	198,31
Relativní odchylka p [%]	15,88	27,73	21,52	25,82

Tabulka 4.3: Tabulka shrnující výsledky měření zakřivení Země v horách.



Obrázek 4.17: Graf zobrazující výsledky měření zakřivení Země z Orlických hor.

Závěr a diskuse

Výsledky jasně naznačují klesající tendenci blížící se zemskému zakřivení. Relativní odchylka je poměrně výrazná. Indexová chyba byla vyloučena metodickým postupem a naměřená odchylka dalece přesahuje přesnost použitého teodolitu. Musela být proto zapříčiněna jiným, vnějším, vlivem. Na takto velké vzdálenosti je již nutné brát v úvahu vliv refrakce, kvůli které se body jeví výš (její důsledky podrobně rozebírá kapitola 4.2.2). Zemské zakřivení je však daleko větší a závěry vyplývající z měření nijak neohrožuje. Pro přesnější výsledky by bylo vhodné provést měření opakovaně a za různých atmosférických podmínek.

5 Závěr a diskuse

Práce analyzovala teorii ploché Země z historického, společenského, a především vědeckého hlediska. Bylo zjištěno, že v průběhu historie byla tato představa, vedle mnoha dalších, jednou z přijímaných teorií. Postupem času s přibýváním pozorování, přesných měření a celkovým rozvojem vědy v období renesance byla postupně zavržena. Znovuoživení se dočkala až na konci 19. století a velký rozmach zažívá především na sociálních sítích i v posledních letech.

Stěžejním cílem bylo prozkoumat a vyvrátit argumenty zastánců teorie ploché Země. V práci byla na základě analýzy mnoha rozhovorů s plochozemci a dalších materiálů shrnuta jejich představa o světě. Země je podle nich nehybná plochá deska se středem na severním pólu a Antarktidou po jejím obvodu. Zemská deska má být středem vesmíru, nad níž se pohybují veškeré kosmické objekty. Aby byl takový model funkční, musí plochozemci popřít velkou část současných fyzikálních i geografických poznatků.

V další části práce jsem se již zaměřil na vyvrácení konkrétních důkazů, které ve prospěch ploché Země její zastánci předkládají. Součástí byly i vlastní experimenty, konkrétně měření zakřivení Země na rybníku a v horách a experiment s Foucaultovým kyvadlem. I přes některé drobné nedostatky, které jsou diskutovány přímo v popisu experimentů, všechny potvrdily kulatý tvar a rotaci zemského tělesa odpovídající předpokladu.

Musím přiznat, že mě v průběhu psaní práce dost překvapilo, jak rozsáhlá teorie ploché Země je. Nebylo v mých silách zabývat se úplně všemi argumenty jejích zastánců, proto jsem vybral takové, které mně, a snad i čtenáři, připadají nejvíce zajímavé a přínosné. Zároveň takové, jež nejsou ze strany plochozemců založeny čistě na víře. Překvapilo mě také, jak jsou některé předkládané důkazy ploché Země ne úplně jednoduše vyvratitelné. Velmi často právě proto, že plochozemci odmítají fyzikální zákony, na nichž by bylo možné argumentaci stavět. Z toho důvodů musel vždy předcházet, často obsáhlý, výklad klíčových poznatků, na jejichž základě byl daný argument vyvrácen.

Teorie ploché Země přináší diametrálně odlišný pohled na náš svět a rozbíjí několikasetleté snažení fyziků, astronomů i filozofů. Nejde totiž jen o samotný tvar zemského tělesa, ale i o fungování celého vesmíru. Jestliže Richard Feynman shrnul veškeré vědecké poznání do věty „Vše je složeno z atomů“, pak bychom mohli říct, že podobně zásadní pro naše chápání světa je i konstatování: „Země je kulatá a rotuje.“

Literatura a internetové zdroje

- [1] *Hinduism*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hinduism>. [cit. 2024-10-31].
- [2] SWAMINATHAN, C. R. *Kāṇvaśatapathabrāhmaṇam, Volume 4*. Online. Indie: India Gandhi National Centre for the Arts, 2001. ISBN 81-208-1550-5. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=f6c4IHxv61YC&pg=PR3&dq=%22now+this+earth+is+four+cornered%22&hl=cs&source=gb_s_selected_pages&cad=1#v=onepage&q=%22now%20this%20earth%20is%20four%20cornered%22&f=false. [cit. 2024-10-31].
- [3] YOUMANS, E. L. (ed.). *The Popular Science Monthly. Vol. 10*. Online. New York: Popular Science Pub. Co., 1877. Dostupné z: <https://archive.org/details/popularsciencemo10newy/page/n7/mode/2up>. [cit. 2024-10-31].
- [4] HLADKÝ, Vojtěch; KRATOCHVÍL, Zdeněk a KOČANDRLE, Radim. *Anaximandros*. Online. Fysis. Dostupné z: <http://fysis.cz/presokratici/anaximandros/a.cz.htm>. [cit. 2024-10-31].
- [5] KOČANDRLE, Radim. První koncepce kulovité v antické kosmologii. Online. *Filosofický časopis*. 2022, roč. 70, č. 2022/1, s. 95-113. Dostupné z: <https://naos-be.zcu.cz/server/api/core/bitstreams/134c43ed-8554-4c9d-ac12-7cf0b4ae2145/content>. [cit. 2024-10-31].
- [6] REICHL, Jaroslav a VŠETIČKA, Martin. *Aristarchos ze Samu*. Online. Encyklopedie fyziky. 2006. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1428-aristarchos-ze-samu>. [cit. 2024-11-01].
- [7] CHLUBNÝ, Jiří a BAJGAR, Miroslav. *Eratosthenés z Kyrény a měření zemského obvodu*. Online. Antický svět. 2015. Dostupné z: <https://www.antickysvet.cz/25902n-eratosthenes-z-kyreny-a-mereni-zemskeho-obvodu>. [cit. 2024-11-01].
- [8] KOŠUMBERSKÝ, Tomáš. *ERATOSTHENES URČIL VELIKOST ZEMĚ, A NEJEN TO!* Online. Time Theory. 2016. Dostupné z: <https://time-theory.info/eratosthenes-urcil-velikost-zeme-nejen/>. [cit. 2024-11-01].
- [9] ČUŘÍKOVÁ, Petra; ŠTĚPÁNOVÁ, Marie; KOPŘIVA, Jan a JÁČ, Martin. *Jak jsme měřili obvod Země*. Online. Metodický portál RVP.CZ. 2008. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/2287/jak-jsme-merili-obvod-zeme.html>. [cit. 2024-11-01].
- [10] HUDSON, Alison. *The Earth is, in fact, round*. Online. British Library. 2018. Dostupné z: <https://blogs.bl.uk/digitisedmanuscripts/2018/05/the-earth-is-in-fact-round.html>. [cit. 2024-11-08].

- [11] WILDE, Robert. *Did Medieval People Believe in a Flat Earth?* Online. ThoughtCo. 2023. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/did-medieval-people-believe-in-a-flat-earth-1221612>. [cit. 2024-11-08].
- [12] MENNA, F.; RIZZI, A.; NOCERINO, E.; REMONDINO, F. a GRUEN, A. *HIGH RESOLUTION 3D MODELING OF THE BEHAIM GLOBE*. Studie. Melbourne, Austrálie, 2012.
- [13] HONSŮ, Miroslav. *Proč Kolumbus nedoplul do Indie, a objevil tak Ameriku?* Online. Prima ZOOM. 2019. Dostupné z: <https://zoom.iprima.cz/cestovatele-a-dobrodruzikolumbus-vyplul-na-more-protoze-spatne-spocital-velikost-zeme-objeveni>. [cit. 2024-11-08].
- [14] OPATRŇY, Josef. *První cesta kolem světa: Dobrodruh Magalhães se konce výpravy nedožil*. Online. 100+1 zahraniční zajímavost. 2023. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/prvni-cesta-kolem-sveta-dobrodruh-magalhaes-se-konce-vypravy-nedozil>. [cit. 2024-11-08].
- [15] NĚMEC, Václav, GERNEŠOVÁ, Hana (ed.). *Věda v raném novověku*. Online. Dějepis.com. 1997 - 2024. Dostupné z: <https://www.dejepis.com/ucebnice/veda-v-ranem-novoveku/>. [cit. 2024-11-09].
- [16] OHNESORGE, Miguel. *Newton as Geodesist: The Problem of the Earth's Figure and the Argument for Universal Gravitation*. Online, esej. 2022. Dostupné z: https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/APS/fc77d112-850f-4db6-997c-e434bd4670b5/UploadedImages/2022_Winning_Essay.pdf. [cit. 2024-11-09].
- [17] MERTVART, Leoš a CIMBÁLNÍK, Miloš. *Vyšší geodézie 2*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01628-5.
- [18] URI, John. *90 Years of Our Changing Views of Earth*. Online. NASA. 2020. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/history/90-years-of-our-changing-views-of-earth/>. [cit. 2024-11-09].
- [19] BRAZIL, Rachel. *Fighting flat-Earth theory*. Online. Physics World. 2020. Dostupné z: <https://physicsworld.com/a/fighting-flat-earth-theory/>. [cit. 2025-02-07].
- [20] HRUŠKA, Stanislav [@STANDASHOW]. *ROZHOVOR S PLOCHOZEMCEM: Nejsem hloupý, studoval jsem to stovky hodin!* Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=8wj37X5L6B8&t=1120s>. [cit. 2024-11-24].
- [21] LÁTAL, Jan [@czeXperiment]. *PLOCHOZEMCI vs. PROFI DEBATÉR - 1.díl*. Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=zxx2pPoIWII>. [cit. 2024-11-24].
- [22] LÁTAL, Jan [@czeXperiment]. *PLOCHOZEMCI vs. KOSMICKÝ INŽENÝR - 2.díl*. Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=XrACZiz8yJ0&t=705s>. [cit. 2024-11-24].

- [23] LÁTAL, Jan [@czeXperiment]. *PLOCHOZEMCI vs. KOSMONAUT - 3.díl*. Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=QHd7m3eRXsc&t=1704s>. [cit. 2024-11-24].
- [24] HRUŠKA, Stanislav [@STANDASHOW]. *Jirka vysvětluje PODVODY: Falešné seznamky, investiční zlodějny, katarský princ, dědictví z Nigérie. . .* Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=ig0_C-47bSc. [cit. 2024-11-24].
- [25] [@LiveMoreCZ]. *Země je plochá! Kulatá Země je největší podvod v dějinách! - Dominik Mrvík - PODCAST 004* Online, video. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=go2VP1Fgn1s>. [cit. 2024-12-10].
- [26] NACE, Trevor. *Only Two-Thirds Of American Millennials Believe The Earth Is Round*. Online. 2018. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2018/04/04/only-two-thirds-of-american-millennials-believe-the-earth-is-round/>. [cit. 2024-11-29].
- [27] JURČÍK, Marek. *Zarážajúce percento Slovákov verí v plochosť Zeme. Skončili sme priepastne horšie ako Česi*. Online. Aktuality.sk. 2024. Dostupné z: <https://zive.aktuality.sk/clanok/AKbponY/zarazajuce-percento-slovakov-veri-v-plochosť-zeme-skoncili-sme-priepastne-horsie-ako-cesi/>. [cit. 2024-11-29].
- [28] SPECKTOR, Brandon. *How do flat-Earthers explain the equinox? We investigated*. Online. Live Science. 2023. Dostupné z: <https://www.livescience.com/63648-flat-earth-explanation-for-the-equinox.html>. [cit. 2024-12-10].
- [29] THE FLAT EARTH SOCIETY. *FAQ*. Online. Dostupné z: <https://theflatearthsociety.org/home/index.php/about-the-society/faq>. [cit. 2024-12-10].
- [30] DUBAY, Eric. *200 Proofs Earth is Not a Spinning Ball*. Online. The Atlantean Conspiracy. Dostupné z: https://docs.google.com/file/d/0B5Dy_Ci78cCvazRqdFZoTUVyN2M/edit?resourcekey=0-TbM3b4oNfPeUXewomBG2mQ. [cit. 2025-01-02].
- [31] [@Aether Cosmology CZ-SK]. *Aether Cosmology - reakce - Noglobe Domo, Stopa7, Majky369 na Spiknutí - Patrik Kořenář*. Online, video. 13. 12. 2024. Dostupné z: YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=R_Kx2Fe5SHY. [cit. 2025-01-03].
- [32] KOŘENÁŘ, Patrik [@Spiknutí]. *Plochá Země: Ultimátní průvodce nesmyslnou konspirací - Spiknutí #95*. Online, video. 24. 4. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=EVJPad-N6cY&t=994s>. [cit. 2025-01-03].
- [33] FLAT EARTH SOCIETY. *Phases of the Moon*. Online. The Flat Earth Wiki. 15. 10. 2022. Dostupné z: https://wiki.tfes.org/Phases_of_the_Moon. [cit. 2025-02-03].
- [34] [@Domi Nik]. Online, příspěvek. 2. 3. 2025. Dostupné z: Facebook, https://www.facebook.com/groups/plochazeme/posts/1392531145512009/?comment_id=1392554628842994.
- [35] *Æther cosmology*. Online, server (skupina) na sociální síti Discord. Dostupné z: Discord, <https://discord.gg/aethercosmology>. [cit. 2025-02-03].

- [36] [Lucka Lucka]. Online, příspěvek. 21. 1. 2025. Dostupné z: Facebook, <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2401779950200345&set=gm.1383017206463403&id=811736570258139>. [cit. 2025-01-26].
- [37] POKORA, Matěj a kol. *Geodézie pro stavební fakulty*. Praha: Geodetický a kartografický podnik v Praze, 1984. ISBN 29-620-84.
- [38] ŠRÁMČIOVÁ, Jana. *Tohle není trik – fotografie lodě vznášející se nad hladinou je skutečná, může za ni superior mirage*. Online. Svět cestovatele. 2021. Dostupné z: <https://www.svetcestovatele.cz/tohle-neni-trik-fotografie-lode-vznasejici-se-nad-hladinou-je-skutecna-muze-za-ni-superior-mirage/>. [cit. 2024-12-23].
- [39] READ, Georgy a FOSTER, Jim. *Winter Road Surface Inferior Mirage*. Online. USRA. 2011. Dostupné z: <https://epod.usra.edu/blog/2011/03/winter-road-surface-inferior-mirage.html>. [cit. 2024-12-23].
- [40] *Učební text k přednášce UFY102 Fermatův princip*. Online. Dostupné z: MFF UK, <http://alma.karlov.mff.cuni.cz/ufy102/Fermatuv%20princip.pdf>
- [41] BLAŽEK, Radim a SKOŘEPA, Zdeněk. Sledování velikosti a časových změn vlivu refrakce při geodetických měření. Online. *Geodetický a kartografický obzor*. 2001, roč. 47/89, č. 2, s. 25-31. Dostupné z: <https://k154.fsv.cvut.cz/~skorepa/refrakce.pdf>. [cit. 2024-12-23].
- [42] KŘEMEN, Tomáš. *Refrakce*. Online, prezentace. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/pred_10_GUI.pdf. [cit. 2024-12-23].
- [43] [Jarda Havelka]. *Jarda Havelka*. Online, profil na sociální síti. Dostupné z: Instagram, <https://www.instagram.com/jarda.havelka/>. [cit. 2024-11-11].
- [44] LUKEŠ, Petr [Stopa7]. *Pozorování zakřivení Země 4 - konec mýtu o rybníku Rožmberk*. Online, video. 25. 12. 2022. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=jjaJJtbNC04&t=1235s>. [cit. 2025-01-15].
- [45] ŠMÍD, Libor [Libor Šmíd]. Online, příspěvek. 22. 10. 2023. Dostupné z: Facebook, <https://www.facebook.com/groups/507403523904045/posts/870359734275087/>. [cit. 2025-01-09].
- [46] BEYOND HORIZONS. *Make-of: New World Record*. Online. BEYOND HORIZONS. Dostupné z: <https://beyondrange.wordpress.com/make-of-we-have-a-new-world-record/>. [cit. 2025-01-10].
- [47] [Benjamin Franklin Do]. Online, příspěvek. 23. 10. 2023. Dostupné z: Facebook, <https://www.facebook.com/groups/507403523904045/posts/870359734275087/>. [cit. 2025-01-09].
- [48] DOPOČÍTEJ.CZ. Kruhová úseč. Online. DOPOČÍTEJ.CZ. 2016. Dostupné z: http://www.dopocitej.cz/kruhova_usec.html. [cit. 2025-02-07].
- [49] ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. *Elektronický meteorologický slovník*. Online. c2017. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/1005>. [cit. 2025-01-02].

- [50] BUCHAR, Petr a HOJOVEC, Vladislav. *Matematická kartografie 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01491-6.
- [51] FRIGHTRADAR24. *Flightradar24*. Online. Dostupné z: <https://www.flightradar24.com/16.80,26.58/2>. [cit. 2024-12-21].
- [52] WEST, Mick. *Flat Earth Route Simulator*. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.metabunk.org/flat/>. [cit. 2024-12-10].
- [53] ALENCAR, Eddie. *16 Emergency Landings Proving Flat Earth*. 2019. ISBN 9780359859733.
- [54] CAMILLERI, Mark A. Airline Schedules Planning and Route Development. Online. *Travel marketing, tourism economics and the airline product*. Springer Nature, 2018, kap. 11, s. 179–190. Dostupné z: <https://www.um.edu.mt/library/oar/bitstream/123456789/21438/6/Airline%20Schedules%20Planning%20and%20Route%20Development.pdf>. [cit. 2024-12-21].
- [55] AIRPORT WIZ. *How Airlines Decide Where to Fly – Route Planning 101*. Online. Airport Wiz. 2023. Dostupné z: <https://airportwiz.com/how-airlines-decide-where-to-fly/>. [cit. 2024-12-21].
- [56] [@Vikki]. *Why did Swiss International Air LX40 emergency land at Iqaluit airport?* Online. 2019. Dostupné z: Aviation Stack Exchange, <https://aviation.stackexchange.com/questions/38022/why-did-the-swiss-international-air-lx40-a-777-300er-emergency-land-at-iqaluit>. [cit. 2024-12-21].
- [57] VYKUTIL, Josef. *Vyšší geodézie*. Praha: Kartografie, n. p., 1982. ISBN 29-620-82.
- [58] DOUŠA, Jan. *Osnovy měřených směrů* (Zadání semestrálního projektu). Praha: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra vyšší geodézie, 1996.
- [59] [@Flat Earth Tests]. *pt.4) R.I.P. Spherical Excess*. Online, video. 17. 3. 2023. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=levnHzrL1Ds>. [cit. 2025-1-1].
- [60] ŠRAIER, Zdeněk a SLÁDEK, Tomáš. *Slapové jevy: příliv a odliv*. Online. Strany potápěčské. Dostupné z: <https://www.stranypotapecske.cz/teorie/priliv-odliv.asp?str=200803150009040>. [cit. 2025-01-02].
- [61] [@DOC Studios]. *Mark Sargent explains why there are tides on a flat earth*. Online, video. 13. 5. 2020. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=01KE0IDzfRc>. [cit. 2024-12-10].
- [62] FLAT EARTH SOCIETY. *Tides*. Online. Flat Earth Society. 2022. Dostupné z: <https://wiki.tfes.org/Tides>. [cit. 2025-01-02].
- [63] FLATEARTH.WS. *Category: Tide*. Online. Dostupné z: <https://flatearth.ws/c/tide>. [cit. 2025-01-03].
- [64] SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*. 7. vydání. Praha: Prometheus, 2024. ISBN 978-80-7196-572-5.

- [65] RAJCHL, Jaroslav a VŠETIČKA, Martin. *Coriolisova síla*. Online. Encyklopedie fyziky. C2006-2025. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/43-coriolisova-sila>. [cit. 2025-01-15].
- [66] KRYNICKÝ, Martin. *Rotující vztažné soustavy II*. Online. Realiskicky.cz. C2010. Dostupné z: <http://www.realisticky.cz/hodina.php?id=881>. [cit. 2025-01-26].
- [67] *The effect of the Coriolis force*. Online. In: ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, INC. Britannica. 8. 1. 2025. Dostupné z: <https://cdn.britannica.com/11/113711-050-1ECECE85/path-rocket-effect-North-Pole-Coriolis.jpg>. [cit. 2025-02-01].
- [68] FLAT EARTH SOCIETY. *Coriolis Effect*. Online. The Flat Earth Wiki. 24. 10. 2023. Dostupné z: https://wiki.tfes.org/Coriolis_Effect. [cit. 2025-01-25].
- [69] LUKEŠ, Petr [@Stopa7]. *CORIOLISOVA SÍLA - střelci a letadla....* Online, video. 26. 2. 2024. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=20nfUG13VPM>. [cit. 2025-01-25].
- [70] [@NSSF]. *Elements of Long-range Shooting: Coriolis Effect — Applied Ballistics with Bryan Litz*. Online, video. 23. 4. 2020. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=HQNCLbkBZpg>. [cit. 2025-01-25].
- [71] WIDENER'S. *Long-Distance Shooting: What Is The Coriolis Effect?* Online. Widener's. 2020. Dostupné z: <https://www.wideners.com/blog/what-is-the-coriolis-effect/>. [cit. 2025-01-25].
- [72] JANDOVÁ, Dagmar. *Coriolisova síla ovlivňuje nejen počasí*. Online. Lidové noviny. 2009. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/domov/coriolisova-sila-ovlivnuje-nejen-pocasi.A090425_000105_ln_noviny_sko. [cit. 2025-01-25].
- [73] DICKINSON, Elizabeth R. *The Production of Firing Tables for Cannon Artillery*. Online. Ballistic Research Labs., Aberdeen Proving Ground, MD., 1967. Dostupné z: <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/AD826735.xhtml>. [cit. 2025-01-25].
- [74] Headquarters, Department of the Army. *Field Artillery Manual Cannon Gunnery*. Online. Washington, DC: Headquarters, Department of the Army, 2016. Dostupné z: http://walter.bislins.ch/blog/media/2020-10-23%20Field%20Artillery%20Manual%20Cannon%20Gunnery%20tc3_09x81.pdf. [cit. 2025-01-25].
- [75] [@BlueMarbleScience]. *Airplanes and the Coriolis Effect*. Online, video. 27. 9. 2019. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=9tw5xBjgWyk>. [cit. 2025-01-25].
- [76] NATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITE, DATA, AND INFORMATION SERVICE. *Past 2024 Pacific Ocean Hurricane Tracker*. Online. [2024]. Dostupné z: <https://www.nesdis.noaa.gov/imagery/hurricanes/past-2024-pacific-ocean-hurricane-tracker>. [cit. 2025-01-26].
- [77] HURRICANE ZONE. *South Pacific Satellite Animations*. Online. c1995-2025. Dostupné z: <https://www.hurricanezone.org/southpacific/animations.html>. [cit. 2025-01-26].

- [78] GEIDER, Roland. *Coriolis effect10*. Online. In: Wikimedia Commons. 2007. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coriolis_effect10.svg. [cit. 2025-01-26].
- [79] MULLER, Derek [@Veritasium]. *The Truth About Toilet Swirl - Southern Hemisphere*. Online, video. 3. 6. 2015. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=ihv4f7VMeJw&t=331s>. [cit. 2025-01-25].
- [80] BOAS, Lucas G. V.; FUMIÃ, Herman F. a SILVA, Saulo L. L. Interdisciplinary analysis of bank erosion and formation of river meanders: insights into the dynamics of non-inertial reference frames and implications for river management. Online. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2023, roč. 45. ISSN 1806-9126. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0089>. [cit. 2025-01-26].
- [81] FYZWEB. *Projevy Coriolisovy síly - pokračování*. Online. FyzWeb. Dostupné z: http://fyzweb.cz/materialy/srazky_a_rotace/k31.php. [cit. 2025-01-26].
- [82] [@Lucka Lucka]. Online, příspěvek. 25. 1. 2025. Dostupné z: Facebook, https://www.facebook.com/groups/plochazeme/posts/1385884012843389/?comment_id=1385886842843106. [cit. 2025-01-26].
- [83] [@noglobe_domo]. Online, příspěvek. 25. 1. 2025. Dostupné z: Discord, <https://discord.gg/aethercosmology>. [cit. 2025-01-26].
- [84] TROJANOVÁ, Lenka. Foucaultovo kyvadlo. *Povětroň: Královéhradecký astronomický časopis*. 2012, roč. 20, č. 1/2012, s. 18–19. ISSN 1213-659X.
- [85] [@Stick Science]. *How FOUCAULT PENDULUM Works and Proves Earth is a Round SPINNING Sphere*. Online, video. 12. 4. 2022. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=8JxyT0edT6c&t=208s>. [cit. 2025-01-26].
- [86] [@Level Headed]. *Utah Lake Curvature Experiment 2020 (Updated) Flat Earth*. Online, video. 17. 7. 2021. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=aZqVA3c6j9s>
- [87] [@Desetinné Z]. *Největší laserový experiment v historii – KRÁTKÁ VERZE – OD FECORE*. Online, video. 6. 5. 2021. Dostupné z: YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=wz4FTVa8tAU>. [cit. 2025-01-02].
- [88] [@pujckoland]. *FLAT EARTH PASTEBIN II*. Online, příspěvek. 17. 9. 2024. Dostupné z: Discord, https://cdn.discordapp.com/attachments/1285336960990445578/1285587601482580006/FLAT_EARTH_PASTEBIN_II.xls?ex=67788981&is=67773801&hm=79aa065fb17435976ec5254d01f3caa1e9e6761bb188f0c6276e6b03b8788b18&. [cit. 2025-01-03].
- [89] *Geoprohlížeč*. Online. Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2024. Dostupné z: <https://ags.cuzk.gov.cz/geoprohlizec/>. [cit. 2025-02-08].

Seznam obrázků

2.1	Ukázka některých hinduistických teorií o tvaru Země podle [3, s. 544]. . . .	10
2.2	Znázornění Eratosthenova měření. Vzdálenost $d \approx 5000$ stadií, $\alpha \approx 7,2^\circ$. Převzato z [8], upraveno.	11
2.3	Představení různých raně středověkých koncepcí tvaru Země. Převzato z [3, s. 549–552].	12
2.4	Porovnání ekvidistantní válcové projekce Behaimova glóbu (o průměru přibližně 50 cm), kterou vytvořili italští vědci, se stejnou projekcí planety Země. Glóbus vytvořil německý kartograf Martin Behaim v roce 1492. Lze si povšimnout poměrně vysoké přesnosti umístění tří tehdy známých kontinentů. Převzato z [12].	14
2.5	Fotografie 2.5a byla jedním z prvních hmatatelných důkazů zakřivení Země. Fotografii argentinských And pořídil v roce 1930 důstojník americké armády A. W. Stevens. Díky výšce, v níž letí, vidí ze země jinak neviditelné hory. Na obrázcích je červeně znázorněn jeho vodorovný (astronomický) horizont. I přesto, že jsou vrcholky hor výš než Stevens letí, díky zemskému zakřivení se nachází pod tímto horizontem. Převzato z [18], upraveno. . . .	16
2.6	První fotografie planety Země pořízené z vesmíru, převzato z [18].	16
3.1	Výsledky průzkumu veřejného mínění na téma kulaté Země mezi Čechy a Slováky provedený agenturou MNFORCE. Převzato z [27].	19
3.2	Doplňující obrázky vysvětlující plochozemský pohled na svět.	21
3.3	Jak již bylo uvedeno výše, podle zastánců ploché Země jsou fotografie z vesmíru včetně záběrů z ISS a přistání na Měsíci, podvrh. To se snaží dokázat i tímto vtipem. Rozdíly ve vzhledu Země na různých fotografiích jsou ale způsobeny odlišnými satelity, kamerami, filtry a způsoby zpracování snímků. Barvy a detaily ovlivňují také světelné podmínky, atmosférické jevy, roční období a perspektiva, ze které byl snímek pořízen. Některé snímky jsou složeny z více fotografií nebo zvýrazňují určité prvky pro vědecké účely, což také způsobí zkreslení. Nejde o podvrh, ale o důsledek použití různých technologií byly použity. Obrázek převzat z [35], přeloženo.	22

4.1	Doplňující obrázek k výpočtu zemského zakřivení. Pro platnost výše uvedených vzorců je předpokládán minimální úhel při středu Země S , tudíž délky úseček AB a AB' jsou považovány za shodné s délkou oblouku AB . Zároveň je trojúhelník ABB' považován za pravoúhlý. Upraveno podle [37, s. 20].	24
4.2	Příklady a vysvětlení optických iluzí způsobených atmosférickou refrakcí světla.	25
4.3	Fotografie západu Slunce v Krkonoších. Převzato z [43].	26
4.4	Fotografie hory Pic Gaspard ve francouzských Alpách na vzdálenost 443 km. Jde o světový rekord pořízený Markem Bretem z Pyrenejí 16. 7. 2016. Převzato z [46].	26
4.5	Porovnání viditelnosti alpských vrcholů na ploché a kulaté Zemi. Pozorovatel se nachází na vrcholu hory Pic de Finestrelles v Pyrenejích (2820 m n. m.). Vytvořeno v programu GeoGebra.	27
4.6	Porovnání vypočítané a skutečné trasy letu LA805 z 15. 12. 2024. Výpočet trasy vytvořen pomocí Flat Earth Route Simulator [52], skutečná trasa letu převzata z Flightradar24 [51].	30
4.7	Obrázek znázorňuje kouli K se středem S a sférický $\triangle A_1B_1C_1$ ležící na povrchu koule. Zvolením bodu na každé z polopřímek $\mapsto SA_1$, $\mapsto SB_1$ a $\mapsto SC_1$ vznikne rovinný $\triangle A_2B_2C_2$ ležící mimo kouli K . Vytvořeno v programu GeoGebra.	32
4.8	Vysvětlení slapových účinků Slunce a Měsíce. Převzato z [60].	33
4.9	Znázornění působení Coriolisovy síly na severní polokouli. Těleso se pohybuje ze severního pólu směrem k předpokládanému cíli. Vlivem Coriolisovy síly se jeho trajektorie stočí ke skutečnému cíli. Převzato z [67], přeloženo.	34
4.10	Satelitní snímky cyklón na severní a jižní polokouli s vyznačenými silami, které působí na jejich utváření. Síly způsobené rozdílem tlaků jsou znázorněny modře, Coriolisova síla (vždy kolmá k okamžité rychlosti) je znázorněna červeně. Výsledný směr rotace je zakreslen černou šipkou.	35
4.11	Fotografie kyvadel.	38
4.12	Nákresy průběhu a výsledku měření na ploché a kulaté Zemi.	41
4.13	Totální stanice Trimble S5 na břehu měřeného rybníka.	41
4.14	Graf znázorňující výsledky měření zemského zakřivení na rybníku Oplatil a Plačickém písníku.	42
4.15	Obrázek popisující průběh měření.	44
4.16	Fotografie dokumentující průběh měření.	44

4.17 Graf zobrazující výsledky měření zakřivení Země z Orlických hor.	45
---	----

Seznam tabulek

3.1	Tabulka zobrazující výsledky průzkumu provedeného agenturou YouGov mezi 8 215 dospělými Američany v roce 2018. Převzato z [26], přeloženo. . .	18
4.1	Porovnání naměřeného (ϵ) a předpokládaného (ϵ_v) sférického excessu z měření. Data pro výpočet ϵ převzata z [58] a pochází z doby zavádění S-JTSK. . .	31
4.2	Výsledky měření zakřivení na rybnících.	42
4.3	Tabulka shrnující výsledky měření zakřivení Země v horách.	45

Přílohy

1. Kalibrační list totální stanice Trimble S5 (v. č. 36950564)



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.
Kalibrační laboratoř
Přidružená laboratoř ČMI

Kalibrační list č.: VÚGTK/51885/2024

Datum vystavení: 14.6.2024

Stránka 1 ze 2

Zadavatel:	GON Hradec Králové a.s. (IČ: 25275666), Zemědělská 897/5, Slezské Předměstí, 500 03 Hradec Králové
Datum přijetí měřidla:	7.6.2024
Měřidlo:	Totální stanice Trimble S5 2" DR Plus
Výrobní číslo:	36950564
Použitý etalon:	Úhlová základna – Zdiby (UZZ-A) KL č. VÚGTK/50708/2023 Státní etalon délky 25 m až 1450 m ev. č. ECM 110-13/08-041, KL č. VÚGTK/50973/2023 Digitální barometr GREISINGER KL č. 1033-KL- C0335-21 Digitální teploměr GREISINGER KL č. 0815F-23
Předpisy:	Kalibrační postup č. 4: Úhly u teodolitů, totálních stanic, gyroteodolitů a aerokompasů Kalibrační postup č. 5: Délky u dálkoměrů, totálních stanic a délkových základen ČSN ISO 17123 Optika a optické přístroje – Terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů: Část 3: Teodolity Část 4: Elektrooptické dálkoměry Část 5: Elektronické tachymetry EA-4/02 M:2022 Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích
Podmínky pro kalibraci:	Teplota v laboratoři: + 20,0° C ± 1,0°C, tlak 995 hPa Teplota v Košticích: + 22° C ± 1,0°C, tlak 993 hPa
Místo kalibrace:	Kalibrační laboratoř, Ústecká 98, Zdiby Státní etalon délky 25 m až 1450 m, Košnice

Tento kalibrační list je v souladu s kalibračními schopnostmi měření (CMCs), které jsou uvedeny v příloze C ujednání o vzájemném uznání (MRA) vydaného Mezinárodním výborem pro míry a váhy (CIPM). Podle tohoto Ujednání všechny zúčastněné instituty vzájemně uznávají platnost svých kalibračních listů pro veličiny, rozsahy a nejistoty měření uvedené v příloze C (podrobnosti <http://www.bipm.org>)

Kalibrační list může být rozšiřován v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která dokument vystavila.

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i. – Kalibrační laboratoř akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, <http://kalibrace.vugtk.cz>; tel: +420 226 802 338; Ústecká 98, 25066 Zdiby

Výsledky měření:

Směrodatná odchylka vodorovného směru měřeného v obou polohách $s_{hz} = 0,3$ mgon

Směrodatná odchylka vodorovného úhlu měřeného v obou polohách $s_{\omega} = 0,4$ mgon

Směrodatná odchylka svislého úhlu měřeného v obou polohách $s_v = 0,4$ mgon

Poznámka: Hodnota kolimační odchylky $c = -1,1$ mgon. Zavedení korekce z kolimační odchylky se provede odečtením hodnoty c od hodnoty vodorovného směru, měřeného v první poloze přístroje (svislý kruh vlevo).

Hodnota indexové odchylky $i = -0,4$ mgon. Zavedení korekce z indexové odchylky se provede odečtením hodnoty i od hodnoty svislého úhlu, měřeného v první poloze přístroje.

Rozšířená nejistota měření vodorovného směru měřeného v obou polohách $Q_{hz} = 0,6$ mgon

Rozšířená nejistota měření vodorovného úhlu měřeného v obou polohách $Q_{\omega} = 0,8$ mgon

Rozšířená nejistota měření svislého úhlu v obou polohách $Q_v = 0,8$ mgon

Výsledky měření na hranol:

Konstanty nastavené v přístroji během měření:

hodnota ppm (násobná konstanta přístroje) je $+7$

hodnota pcm (adiční konstanta hranolu) je 0 mm

Doplňková adiční konstanta: $+0,9$ mm

Standardní nejistota určení adiční konstanty je $0,5$ mm.

Doplňková násobná konstanta: $+2,2$ mm/600 m

Standardní nejistota určení násobné konstanty je $0,8$ mm/600 m.

Poznámka: Hodnoty jsou platné pro délky do 600 m, znaménka u konstant mají korekční charakter.

Celková rozšířená nejistota měření je $U = Q[1,4 \text{ mm}; 3,4 \text{ mm}/600\text{m}]$,

kde: Q vyjadřuje kvadratický součet (druhá odmocnina součtu kvadrátů jednotlivých složek nejistot).

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardních nejistot měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2022 Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích.

Dne 7.6.2024 kalibraci provedli: Ing. I. Umnov, Ing. M. Volkmann, Ing. T. Vacek



Ing. Pavel
Hánek, Ph.D.

Digitálně podepsal Ing.
Pavel Hánek, Ph.D.
Datum: 2024.06.18
07:44:27 +02'00'

Ing. P. Hánek, Ph.D.
Vedoucí kalibrační laboratoře

Konec kalibračního listu

Kalibrační list může být rozšiřován v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoři, která dokument vystavila.

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i. – Kalibrační laboratoř akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018, <http://kalibrace.vugtk.cz>; tel: +420 226 802 338; Ústecká 98, 25066 Zdiby