

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

August Seydler

O zemětřesení. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 10 (1881), No. 2, 67--79

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120953>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1881

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



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

Druhý výklad odstavce 21.

1) *Plošný obsah trapezu rovná se polovině součtu součtinu protilehlých stran.*

2) *Poloviční součet stran napíše se čtyřikrát, od každého se odečtou postupně strany, a rozdíl ty se znásobí; pak druhý kořen z tohoto součtinu jest plošným obsahem obrazce.*

Rozumí se vždy trapez a čtyřúhelník vepsaný do kruhové čáry. Abychom obdrželi *toto* druhé znění věty, potřebujeme jen slovo *nepřesný* vynechati a slovo *čtyřúhelník* nahraditi slovem *trapez* a *trojúhelník* *čtyřúhelníkem*.

Podivno jest, že se při vypočítávání plošného obsahu trojúhelníku vyjadřují strany celými čísly 13, 14, 15. Čísla tato nalézají se ve všech i nejstarších dílech všech národů: u Indů, Řeků, Římanů, Arabů a i ve všech částech Evropy, kde se geometrie pěstovala.

Vysvětliti se dá věc asi takto.

Trojúhelník rozdělí se výškou ve dva trojúhelníky pravoúhlé, jež mají tuto výšku společnou. V jednom i druhém trojúhelníku vyjádří se strany celými čísly co možná malými. Strany ty jsou v jednom 5, 12, 13 a v druhém 9, 12, 15. Přiloží-li se trojúhelníky zase k sobě podél stejné strany, dostanou se strany 5 + 9, 13, 15. Shledáváme takto ona tři čísla 13, 14, 15 pro strany trojúhelníku všeobecného.

(Dokončeni).

## O zemětřesení.

Napsal

Dr. August Seydler v Praze.

Ventos in causa esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terrae, nisi sopito mari coeloque adeo tranquillo, ut volatus avium non pendeant, subtracto omni spiritu qui vehit; nec unquam nisi post ventos conditos scilicet in venas et cavernas ejus occulto afflatu. Neque aliud est in terra tremor, quam in nube tonitruum; nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit, Incluso spiritu lutante et ad libertatem exire nitente.

*Plinius, Hist. nat. II, 79.*

Slovy tuto položenými podává *Plinius* první theorii zjevu, který děsnou svou zhoubností v míře tak veliké poutal obrazo-

tvornost lidskou, nutkaje v dobách, kdy nebezpečí pominulo a klid duševní se navrátil, k úsilovnému přemýšlení o příčinách, které tak mohutnou změnu obvyklých řádů přírodních způsobiti mohou. Dráhně věků uplynulo od onoho výroku Pliniova, ale ještě jsme velmi dalecí toho, jasně prohlednouti složitou hru sil přírodních, způsobujících za podmínek neobyčejných, kteréž nelze v přírodovědeckých pracovnách našich nápodobiti, zhoubný ten zjev, jež nazýváme zemětřesením. Ano právě v době novější, která si obrala za úkol svědomité, střízlivé prozkoumání zjevů přírodních, aniž by se dala v té míře jako doby dřívější svěsti lákavými hesly na kluzkou půdu hypotheses, zjednalo si vždy více platnosti poznání, že na ten čas ani možno není, podati uspokojivou, ve všech částech zaokrouhlenou a dostatečnou theorii zemětřesení. A jestliže tu a tam způsobem dryáčnickým rozhlašuje se neomylnost té které theorie, shledáváme obyčejně při prvním pozornějším ohledání, na jak vetších základech spočívá a jak lichými důvody se podpírá vzdušná její budova!

Vědecký rozbor zemětřesení nemůže bráti se jinou cestou, nežli zkoumání jakéhokoli jiného zjevu přírodního: sbírání všech fakt a okolností, k zjevu se táhnoucích, vyhledání všeobecných zákonů na základě těchto zkušeností, konečné vyšetření a vyslovení jednoho neb několika málo základních principů, jež spojují ony rozptýlené zákony empirické v jedinou vědeckou soustavu a připojují zároveň k jiným známým již zjevům — toť jsou tři hlavní stanice na dráze přírodovědeckého výzkumu. K prvním dvěma dostačí na mnoze (ač ne vždycky) *čas a trpělivost*, spojené s obyčejným *důmyslem vědeckým*; třetí krok vyžaduje však nezřídka důvtip řádu Newtonova — a toť v nadidlem neodolatelným pro mysl ctižádostivou, aby se zkoušela ve vykonání tohoto rozhodného kroku, nepomýšlejíc na to, že nutnou k tomu podmínkou jest svědomité splnění prvních dvou podmínek, a že se všeliká theorie jeví býti jalovou, není-li na ten čas ještě dostatečných zkušeností a úplného přehledu tajících se v nich zákonů empirických.

V následující stati pokusím se o to, vylíčiti stručně hlavní výsledky, jichž v prvních dvou ohledech docíleno, a důležitější,

historicky zajímavé, byť i nezdařené pokusy, jež byly učiněny v ohledu třetím, ve zbudování souvislé theorie zemětřesení.

Co jest zemětřesení? Obecný zvyk ustálil se z dobrých důvodů na tom, nazvati tak jen takové pohyby povrchu zemského, jichž příčina neleží na bíledni, a vyloučiti tudíž taková otřesení, jež vzniknouti mohou sesutím skal, lavinami a z podobných příčin. Můžeme tudíž považovati (dle *Younga* a *Gay-Lussaca*) zemětřesení za část vibrace hmoty zemské, dospěvší až ku povrchu a způsobené jakoukoli příčinou ve vnitru země. Každý relativní pohyb jisté části tuhé hmoty, při kterém jiné části buď nehybnými zůstávají neb jiný pohyb jeví, aniž by se jich vzájemná souvislost zrušila, jest (dle zkušenosti i na základě úvah mechanických) rázu vibračního, jeví se co chvění oné části, které ovšem tak rychle může býti utlumeno, že se táž část po opsání krátké dráhy opět v klid vrací. Známé příklady jsou: chvění desky, tyče, struny. Udeříme-li kladivem do kamene, sdělíme mu chvění, které se obyčejně následkem vnitřního odporu (či jak říkáme následkem nedostatečné pružnosti), následkem působu, jakým jej držíme, atd. rychle ruší. Přerušena-li silným nárazem souvislost jednotlivých částic, rozbije-li se kámen na několik částí, tu ovšem části ty nabudou pohybu, který nebude více rázu vibračního; rozltnou se na př. na všechny strany, opisující paraboly a otáčejíce se složitým způsobem kolem středu hmotného.

Naši zemi (aneb při nejmenším celou její svrchní vrstvu) musíme považovati za hmotu tuhou, souvislou, a každé otřesení její musí býti rázu vibračního, byť se i jevílo následkem rozmanitosti ve složení kůry zemské a následkem vznikajícího tím nedostatku pružnosti nezřídka co jediný prudký náraz. Zkušenost v největším množství případů sama již potvrzuje teno názor, čemuž i slovo „třesení“ nasvědčuje.

Při prvním svém kroku, při pouhém výměru zemětřesení, jsme tudíž vázání důležitým zákonem empirickým: musíme si zemětřesení představiti vždy co *vibraci*, byť i sebe složitější. Příčina toho leží patrně v tuhosti a souvislosti země; kdyby byla hmota země veskrz kapalná, mohly by v ní vzniknouti jiné pohyby, na př. *proudy a víry*, které by se na povrchu jiným

spůsobem jevíly, nežli způsobem nám známým. \*) Vibrace tuhých hmot může mítí však co následek i jiné pohyby, překoná-li se následkem původního pohybu spojitost čili soudržnost jednotlivých částic, jak jsme v příkladu dříve uvedeném byli viděli; vibrace povrchu zemského, jevící se často co prudký náraz, mívá v zápětí boření měst, srícení vrchů, zmítání hladiny mořské a pohyby nejrůznějšího druhu.

Udeříme-li na konec tyče a držíme-li tyč v ruce, cítíme otřesení tyče zřetelně co vlnění jejího povrchu; přidržíme-li ruku ku druhému konci, cítíme otřesení zejména při silnějším udeření co náraz. Udeřením vzniká vždy vibrace ve hmotě tyče, vibrace ta jeví se však na různých místech povrchu tyče různým způsobem. Podobně šíří se vibrace uvnitř země, jeví se kolísáním jednotlivých částic hmoty kolem jisté polohy rovnovážné. Je-li směr tohoto kolísání kolmý ku povrchu země, ucítí se otřesení co náraz, an se nejvrchnější částice náhle do výše vypnou a to silou zvýšenou, neb ve směru tom neklade se jim žádná překážka jako částicím uvnitř položeným. Je-li směr kolísání čili chvění částic rovnoběžný s povrchem země, jeví se chvění to co vlnění povrchu, které v určitém směru postupuje. Tím dány jsou oba nejkrajnější případy pohybu země, které se ve své ryzosti ovšem málokdy vyskytují: pohyb *sukkussorní* a pohyb *undulatorní*. Obyčejně jeví se otřesení co náraz šikmý, který se tudíž rozkládá ve složku *sukkussorní* a složku *undulatorní*, mající určitý směr. Nežřídka probíhá nitrem země několik současných vln, které se různým způsobem pronikají a na povrchu nejrozmanitějším pohybům vznikati nechávají. Chaotické pohyby ty, které jsouce podmíněny různými poměry pružnosti a hutnosti, ve složky jednoduché rozložiti se nemohou, mívají v zápětí nejhroznější spoustu; ještě strašnější jsou kolmé (*sukkussorní*) nárazy, které na štěstí jsou velmi vzácné. Při křížení se dvou vln na povrchu země může se státi, že jednotlivé předměty se otočí, ano že se půda sama zdá otáčeti v pohybu vířivém (moto *vorticoso*); nesmíme však v takovém případě pomýšleti na skutečné víření, které jest v tuhé, souvislé hmotě nemožné.

\*) Dokladem toho jsou převraty a násilné pohyby na povrchu slunce, které jsou zcela jiného rázu, nežli naše zemětřesení.

Pro studium zemětřesení jest veledůležitě, seznati určité směr nárazu a postupu jeho (postupu vlnění na povrchu země). Také intensita jeho, a čas jakož i doba trvání jsou momenty velké váhy. K vyšetření jejich slouží zvláštní přístroje, t. zv. *seismometry* a *seismografy*. Některé seismometry jsou velice jednoduché; takové slouží však také jen k pozorováním, při kterých se nežádá velká míra přesnosti. V nádobě, naplněné vodou, na jejíž povrch jsou nasypány otruby, kolísá se hladina vody již při otřesení nepatrném; na kraji nádoby zůstanou otruby z části lpěti, a naznačují tak směr, v němž se hladina naklonila a otřesení země šířilo. Aneb zavěsíme olovnici nad nádobu naplněnou jemným pískem, tak že se dotýká konec závaží právě povrchu písku. Při otřesení rozkývá se olovnice a narýsuje v písku rýhu, která ukazuje, v jakém směru otřesení postupuje.

Přístroje tyto neudávají ničeho mimo směr otřesení, a měly by se dle analogie jiných podobných přístrojů fyzikálních zvatí spíše *seismoskopy* nežli *seismometry*. Jsou však též přístroje složité a velmi důmyslně sestavené, které zaznamenávají větší počet momentů, k nimž jsme dříve byli co k důležitým poukázali. Takovým strojem jest *seismometr Palmieri-ho*, který umístěn ve zvláštním observatoriu na svahu Vesuvu, nejslabší otřesení země a zároveň příslušnou hodinu, minutu i sekundu, jakož i směr otřesení zaznamenává. Skládá se ze dvou částí, určených pro nárazy kolmé a pro vlnění vodorovné. Nad nádobou, naplněnou rtutí, jest zavěšena spirála z jemného mosazného drátu, upevněná na peře a opatřená na dolejší konci malým měděným neb platinovým kuželem, jehož hrot se nalezá u velmi malé vzdálenosti od hladiny rtutě, tak že sebe slabší kolmý náraz dostačí, by se hrot ten povrchu rtutě dotknul. Při tomto dotknutí uzavře se galvanický řetěz, kotva elektromagnetu proudem vzbuzeného zasáhne do sekundových hodin, které se takto zastaví. Mimo to zazní v témž okamžiku zvonění budíčka, pákou elektromagnetem otočenou vzbuzené, čímž se pozorovatel na zemětřesení, je-li slabé, upozorní. Druhá část skládá se ze čtyř trubic ohnutých ve tvar U a naplněných rtutí; jedna jest postavena ve směru od severu na jih, druhá od východu na západ, ostatní dvě ve směrech prostředních (severovýchod — jiho-

západ, jihovýchod — severozápad). V jednom rameni jest platinový drát ponořen do rtuť, v druhém jest veden až blízko ku povrchu rtuť. Vlnění země uvede též hladinu rtuť v trubici, ležící ve směru vlnění, v kolísání, při dotknutí se rtuť a platinového drátu vznikne opět uzavřením řetězu galvanického proud, který podobně jako v první části působí na hodiny a signalový zvonec, oznamuje takto vodorovný náraz a směr jeho. Na povrchu rtuť v trubicích plavou malá závaží, spojená s ručičkou, která se pohybuje kolem středu rozděleného kruhu; vystoupí-li nárazem závaží, otočí se ručička, a zůstane v poloze té i po nárazu, udržována jsouc v této poloze protizávažím o něce těžším. Spůsobem tím lze i velikost nárazu měřiti.

Zemětřesení zasahuje obyčejně větší části povrchu zemského, celé krajiny, a to nezřídka v rozsáhlosti mnoha tisíc čtv. mil. Pro studium toho úkazu jest pak velmi důležité, seznati pro velké množství míst, v otřeseném kraji se nalezajících, momenty shora uvedené. Pečlivá diskusse všech těchto pozorování může nás poučiti o místu, v němž první náraz vznikl, zejména o hloubce jeho pod povrchem země. *R. Mallet* \*) byl první, jenž se jal tímto spůsobem přísně studovati úkazy zemětřesení, podrobiv důkladnému rozboru zemětřesení, které spustošilo 16. pros. 1857 jižní Itálii. Nemohl ovšem při tom upotřebiti vědeckých pomůcek, jichž tehdy ještě nebylo, nýbrž byl nucen, přidržeti se přirozených „seismometrů“, jakéž různé okolnosti poskytovaly. Při zemětřesení vznikají v půdě četné trhliny a Mallet poukazuje k tomu, že jejich směr jest kolmý na směr, v němž se vlnění země šíří. Znajíce tudíž směr tento na dvou různých místech, můžeme prodloužením jeho určití (ve společném průseku) ono místo povrchu zemského, odkud se zdánlivě vlnění šíří, čili které bylo nárazem z nitra země postupujícím nejprve zasáhnuto. Vedeme-li v tomto místě kolmici ku povrchu, nalezá se na ní v neznámé dosud vzdálenosti *střed otřesení* (centrum). Kolmici tuto lze nazvati *osou zemětřesení* (prime vertical); příslušný bod na povrchu ležící jest *středem povrchovým* (epicentrum) a vzdálenost libovolného bodu povrchu

\*) *R. Mallet*, The great Neapolitan earthquake of 1857; London 1862, 2 vol.

zemského od středu povrchového může slouiti vzdáleností axiální. Úhel, jež tvoří směr vlnění čili nárazu na určitém místě s obzorem, nazývá *Mallet* úhlem emerse. Je-li  $\varepsilon$  úhel tento,  $a$  vzdálenost axiální,  $h$  hloubka středu otřesení pod povrchem země, platí pro menší části povrchu zemského (jež lze považovati za rovinné)

$$h = a \operatorname{tang} \varepsilon.$$

Můžeme tudíž, znám-li jest úhel  $\varepsilon$  a poloha epicentra, určití hloubku  $h$  středu otřesení pod povrchem země. *Mallet* stanovil úhel  $\varepsilon$  rozpuklinami ve zdích stavení, jichž rovina se nalezala ve směru, v němž se otřesení šířilo; pukliny ty jsou totiž kolmé na směr otřesení, a přímkou kolmo k nim vedena tvoří s obzorem hledaný úhel  $\varepsilon$ . Rozumí se, že jest výsledek jen přibližný, neboť pukliny nejsou přímkou, a nelze při různé pružnosti země a zdíva předpokládati, že směr jejich jest zcela přesně kolmý na směr vlnění. Nalezená na základě 26 pozorování úhlu  $\varepsilon$  hloubka  $h$  ležela (při zemětřesení r. 1857) v mezích  $2\frac{3}{4}$  a  $8\frac{1}{8}$  námořních mil (5000—15000 metrů); *Mallet* se domnívá, že lze střední hloubku klásti =  $5\frac{3}{4}$  mil = 10600 metrů, zároveň soudí, že má střed otřesení značnější rozměry, které mohou ve směru vswislém obnáseti až 3 míle neb 5500 metrů. Také ve směru vodorovném budou asi rozměry ty podobné, jak následuje z určení polohy epicentra. Na 78 místech bylo lze určití směr nárazu; směry ty měly by se vesměs protínati v epicentrum. V skutku protíná se 60 z oněch směrů uvnitř kruhu, jehož poloměr obnáší pouze 5 námořních mil (asi 9000 metrů). Mezi ostatními směry, které s tímto určením polohy epicentra (co malé kruhové plochy na povrchu země) nesouhlasí, vyskytuje se velké skupení, v němž možno stanoviti soustavu směrů odražených.

*Mallet* stanovil dále ještě rychlost pohybu jednotlivých částic. Užil k tomu jednak odporu, jež kladlo rozpukané zdívo dle pokusů zúmyslně k tomu účeli provedených proti roztrhnutí, jednak rychlosti, s jakou byly předměty volně na povrchu země ležící do jisté vzdálenosti vrženy, kteroužto rychlost z oné vzdálenosti dle známých zákonů vrhu vypočítal. Co průměrnou hodnotu oné rychlosti, která jest v jistém ohledu mírou otřesení čili nárazu hmoty zemské na předměty na jejím



povrchu ležící, obdržel 12 angl. stop čili 4 metry. Rychlost tu nesmíme si másti s rychlostí daleko větší, s kterou otřesení v hmotě zemské postupuje; tuto poslední rychlost *Mallet* nestanovil, nepřikládaje jí žádné větší důležitosti.

Methoda Malletova, pomocí níž lze důležitější mechanické a prostorové vztahy určitého zemětřesení stanovit, jest jednoduchá a důmyslná, poskytuje však nemalých obtíží. Vážnou námitkou proti ní jest její hypotetická povaha; předpokládá totiž:

1. Že jest ohnisko otřesení, t. j. ona část nitru zemského, v které v určitém případě otřesení z příčin jakýchkoli vzniká, rozměrů poměrně tak malých, že je lze považovati, ovšem ne ve smyslu mathematickém, za pouhý bod (střed otřesení). Jsou zajisté možné, — alespoň nemohou býti a priori vyloučeny — takové případy, v nichž jest východiště otřesení tak velkou částí nitra zemského, tvarů nejrozmanitějších, že není více název i pojem středu otřesení příhodným (v. další úvahy Seebachovy).

2. Že se vlny otřesení šíří uvnitř země v polohách kulovitých kolem středu. Tato domněnka dílem se opírá o předešlou — neboť je-li ohniskem otřesení místo bodu na př. elliptická deska, jsou příslušné vlnoplochy tvaru ellipsoidického —, dílem zahrnuje v sobě hypotesu novou, že jest hmota, kterou se otřesení šíří, naskrz stejnorodá. Toho však ve skutečnosti není; následkem nestejnorodých částí, z nichž se skládá kůra zemská, nemohly by vlnoplochy, i když by z pouhého bodu vycházely, tvar sférický míti, mimo to přicházejíce na rozhraní dvou nestejných vrstev, lámají se a odrážejí, vznikají, tudíž nové vlny, které se s vlnou dřívější mohou křížiti a výsledný pohyb jest tudíž daleko složitější nežli předpokládá hypotesa Malletova.

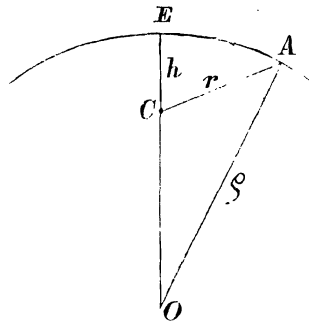
Proti těmto námitkám lze říci, že se jedná při řešení dle volené hypotesy jen o výsledek průměrný, jen o přibližné stanovení důležitějších momentů, dále že jest volba oné hypotesy nutným zlem, poněvadž by jinak, při neznámém složení kůry zemské ve větší hloubce a při neznámých poměrech pružnosti jednotlivých vrstev, pokud nám tyto vrstvy známy jsou, úkaz zemětřesení úvahám exaktním naprosto zůstal nepřístupným. Při každém mathematickém rozboru určitého úkazu klademe místo nekonečného množství skutečných okolností, majících vliv

na daný úkaz, jenom obmezený počet okolností, jednodušších, jež můžeme mathematicky vyšetřiti. Porovnání řešeného problému idealného s problemem skutečným poskytuje měřítko pro vhodnost naší volby, a záruku pro poměrnou (t. j. v jistých mezích se pohybující) správnost výsledků. Tak lze v předcházejícím příkladě tvrditi, že jest skutečně v mezích 2—8 mil hloubka ohniska otřesení správně určena, že původní náraz k otřesení nevzniknul ani hlouběji ani výše, než-li ony meze stanoví; a již i tento ač jen přibližný výsledek má velkou důležitost pro sebe.

Podstatnější jsou námitky proti metodě Malletově ze stanoviska praktického; nejsou-li všude rozestaveny velmi citlivé seismometry (proti čemuž v krajinách zemětřesením zřídka navštěvovaných podstatných námitek lze uvésti), nehodí se metoda Malletova v těch případech, kdy jest otřesení slabší, které nevede k pohybům násilným a k utvoření puklin. *Seebach* zosnoval tudíž metodu, pomocí které lze na základě pouhých pozorování časových určití *centrum*, *epicentrum*, *hloubku centra pod povrchem země a rychlost postupu vln*, tak že pouze rychlost vibrací čili nárazů zůstává neznámou; metody své upotřebil na diskussi zemětřesení, které r. 1872 ve střední Evropě bylo pozorováno.\*)

Při své metodě předpokládá *Seebach* též stejnorodost hmoty zemské a nepatrnost rozměrů ohniska otřesení; činí to ovšem zase ve smyslu dříve již vyloženém, totiž za účelem zjednáni výsledků pouze přibližných, jakýchsi průměrných hodnot. Budiž (obr. 1.) *O* střed země, *C* centrum, *E* epicentrum zemětřesení, *A* místo na povrchu země, jež bylo zemětřesením zasáhnuto v čase *t*.

Předně vidíme, že protínají vlnoplochy, které se hmotou zemskou co koule kolem středu *C* opsané šíří, povrch země v soustředných kružnicích, a že dospěje otřesení nejprve do epicentra *E*, později, však současně do všech bodů, ležících na



\*) *K. v. Seebach*: Das mitteldeutsche Erdbeben von 6. März 1872, Leipzig 1873.

téže kružnici kolem středu  $E$  opsané. Křivky, spojující body, v nichž otřesení jest současně ucítěno, nazývá *Seebach homo-seisty*, *J. Schmidt isochrony*. Křivky ty měly by míti dle theorie právě vyložené tvar soustředných kružnic. Spojíme-li dva body na povrchu země, v nichž se otřesení v týž čas pozoruje, přímkou a vedeme-li k této v půlícím ji bodě kolmici, prochází kolmice ta epicentrem. Opakujíce tutéž konstrukci tolikráte, kolikráte se vyskytnou po dvou místa, mající současná pozorování, obdržíme epicentrum co společný průsek všech těchto kolmic. Další výpočet můžeme srovnati následujícím způsobem, jež *Seebachovi* navrhnul *Minningerde*.

Položme

$$OE = OA = \rho, CA = r, CE = h, \sphericalangle EOA = \varphi,$$

nazveme  $c$  rychlost, s jakou se otřesení šíří, považujíce ji za stálou veličinu, a označme tyto veličiny: čas otřesení  $t$ , vzdálenost  $r$  a úhel  $\varphi$ , příslušné vesměs různým směrům  $A_1, A_2, \dots, A_n$  povrchu zemského, stejnými příponami, tudíž  $t_1, r_1, \varphi_1, t_2, r_2, \varphi_2, \dots, t_n, r_n, \varphi_n$ .

Nejprvé obdržíme:

$$\begin{aligned} r^2 = c^2 t^2 &= \rho^2 + (\rho - h)^2 - 2\rho(\rho - h) \cos \varphi & (1) \\ &= h^2 + 4\rho(\rho - h) \sin^2 \frac{1}{2} \varphi, \end{aligned}$$

a položivše

$$\frac{h^2}{4\rho(\rho - h)} = x, \frac{c}{\sqrt{4\rho(\rho - h)}} = K, \sin^2 \frac{1}{2} \varphi = q, \quad (2)$$

tudíž:

$$\begin{aligned} Kt &= \sqrt{x+q} \\ K(t_2 - t_3) &= \sqrt{x+q_2} - \sqrt{x+q_3} \\ K(t_3 - t_1) &= \sqrt{x+q_3} - \sqrt{x+q_1} \\ K(t_1 - t_2) &= \sqrt{x+q_1} - \sqrt{x+q_2} \end{aligned} \quad (3)$$

Násobíme-li tyto rovnice po řadě veličinami

$$\sqrt{x+q_1}, \sqrt{x+q_2}, \sqrt{x+q_3}$$

obdržíme rovnici, obsahující jedinou neznámou  $x$ :

$$\begin{aligned} (t_2 - t_3) \sqrt{x+q_1} + (t_3 - t_1) \sqrt{x+q_2} \\ + (t_1 - t_2) \sqrt{x+q_3} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Z rovnice této obdržíme hodnotu  $x$ , dále z první rovnice (2)  $h$ , z rovnic (3)  $K$  a tudíž dle druhé rovnice (2) též  $c$ . Nazveme-li okamžik, kdy otřesení z centra  $C$  vyšlo  $t_0$ , můžeme vzhledem k poslední rovnici (2) psáti

$Kt = K(t_1 - t_0) = \sqrt{x + q_1}$ ,  $K(t_2 - t_0) = \sqrt{x + q_2}$ , . . . .  
obdržíme tudíž řadu rovnic, z nichž každá dostačí k určení  
veličiny  $t_0$ , poslední neznámé.

Vidíme tudíž, že nám jednoduchá tato theorie dovoluje,  
určiti všechny důležitéjší momenty zemětřesení (vyjma rychlost  
vibrace čili sflu nárazu) pomocí pouhých pozorování časových.  
Při tom ovšem se předpokládají:

1. jistý jednoduchý, ideální stav kůry zemské vzhledem  
k její pružnosti, stav, jenž se od skutečných poměrů vzdaluje  
v míře nám neznámé;

2. přesná pozorování časoměrná.

V jak veliké míře může poslední okolnost na upotřebení  
Seebachovy metody míti vlivu, o tom poučuje nás jeho diskusse  
zemětřesení r. 1872. Homoseisty, sestrojené na základě udaných  
ve veřejných zprávách dob pozorování, tvořily místo kružnic  
křivky velmi klikaté, mezi sebou se protínající; i bylo nutno  
vyloučiti na základě velmi pečlivých úvah celou řadu méně  
spolehlivých dat a obmeziti se na takové, jichž spolehlivost byla  
dostatečně zaručena. Po té jsou ovšem homoseisty a poloha epi-  
centra způsobem dosti uspokojivým určeny.

Místo výpočtu shora naznačeného volil Seebach grafickou  
konstrukcí, která se o týž výpočet opírá, avšak snadněji pro-  
vésti se dá.\*) Výsledek jeho vyšetření jest ten: první náraz  
uvnitř země vznikl 6. března roku 1872 ve 3 hodiny 36 minut  
a vlnění šířilo se s rychlostí 6 zeměpisných mil za minutu čili  
740 metrů za vteřinu. Hloubka středu pod povrchem (kterou  
však nemohl pro nedostatečná data určiti svou methodou nýbrž  
jen přibližně methodou Malletovou) obnášela 2—3 zeměpisné  
míle čili 14000—21000 metrů. Tato okolnost, srovnaná s vý-  
sledkem Malletovým a s jinými, posud ovšem málo četnými vý-  
sledky podobného druhu, dokazuje větu zajisté neočekávanou,  
že se nalezá příčina zemětřesení v hloubkách poměrně velmi  
nepatrných.

Intensitu zemětřesení nesmíme měřiti jediň silou a zhoub-  
ností výsledků na povrchu se jevících. Slabší otresení, vznika-  
jící v hloubce menší, může míti na povrchu následky poměrně

\*) V. l. c. str. 159 a následující.

zhoubnější. Poněkud můžeme na intensitu souditi ze vzdálenosti, do které se otřesení šíří. Je-li  $a_z$  největší axialná vzdálenost, v které bylo zemětřesení ještě pozorováno, můžeme co míru intensity klásti

$$i = h^2 + a_z^2$$

aneb také prostě čtverec  $a_z^2$ , je-li vzdálenost  $a_z$  proti hloubce  $h$  dosti značná. Dle tohoto měřítka bylo zemětřesení roku 1872 co do intensity značnější, nežli zemětřesení neapolitanské roku 1857, ačkoli při tomto zahynulo několik tisíc lidí, kdežto se při onom žádné značnější neštěstí nepřiřhodilo.\*)

Zbývá ještě několik kritických úvah vzhledem k domněnkám, které tvoří základ Seebachovy theorie. Při ohromné rozmanitosti vrstev a útvarů, z nichž se skládá kůra zemská a jichž střídání spojené s nedokonalou pružností, značně utlumuje šíření vibrací, lze souditi, že různosti se na vzájem alespoň přibližně ruší, a že se bude, jak již roku 1858 *Volger* vyslovil, výsledek jeviti jistými průměrnými poměry, které by nastaly i tehdy, kdyby byla hmota země veskrz stejnorodá. Jinak má se to se tvarem středu otřesení. Lze dokázati, že nezasahuje při přísně bodovém středu otřesení nejsilnější náraz ve směru vodorovném epicentrum, nýbrž body, ležící na kružnici, opsané kolem epicentra poloměrem  $a$  neb kolem centra poloměrem  $r$  (v. obr. 1) tak, že jest:

$$a : h : r = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}.$$

Vodorovná složka nárazu ve směru axialném jest totiž:

$$\frac{ca}{r^3} = \frac{ca}{(a^2 + h^2)^{1/2}},$$

a podmínka maxima

$$\frac{d}{da} \left[ \frac{ca}{(a^2 + h^2)^{3/2}} \right] = 0$$

vede k hořejší relaci.

Při zemětřesení roku 1872 měla tudíž *pleistoseista*, t. j. křivka spojující body nejsilnějšího otřesení, býti kružnicí, opsanou poloměrem 2·2 zeměpisných mil kolem epicentra, jež se nalezalo u městečka Ilmenavy v 50° 39' severní šířky a 8° 41'

\*\*) Zemětřesení ze dne 6. března 1872 jest pro nás zajímavé tím, že bylo též v Čechách na mnohých místech pozorováno; tak na př. v Praze v nádraží státní dráhy a na mostě Františka Josefa; též hladina Vltavy byla v ten okamžik (4 hod. 6 min.) zmítána jakoby smrštěti.

východní délky (od Paříže). Místo toho tvořila krajina, nejsilněji otřesená, úzký pruh, jdoucí ve vzdálenosti 10 mil od epicentra, od Gery k Altenburku. Výsledek tento naprosto nesouhlasí s bodovým aneb sferoidickým tvarem ohniska otřesení, jež theorie předpokládá. Nutno spíše, na základě všech zkušeností o slohu kůry zemské a vzhledem k onomu výsledku předpokládati, že tvar ten jest podélný. Tak předpokládá již *Mallet* co tvar ohniska otřesení podélnou puklinu; vlny v zemi jsou pak tvaru ellipsoidického a místa největší otřesení na povrchu zemském nenalezají se přímo nad ohniskem, nýbrž stranou a soubor jejich tvoří plochu tvaru vejčitého. Bližší určení jest však patrně nemožné.

Vedle zemětřesení, šířících se perifericky na velkých plochách, vyskytují se též taková zemětřesení, kde směr podélný jest nepopíratelný. V takových případech lze předpokládati, že se šíření vln v jistém směru usnadňuje, ve směrech k tomuto kolmých stěžuje neb utlumuje zvláštními poměry slohu kůry zemské. Na západním břehu jižní Ameriky šíří se obyčejně zemětřesení podél břehu mořského; překážkou k šíření se ve směru kolmém zdají se býti Kordillery, na jejichž východním svahu se zemětřesení poměrně málokdy vyskytuje.

Vůbec jsou úkazy mechanické, jimiž se zemětřesení jeví, velmi rozmanité i složité, a v četných případech nebude lze ani Malletovy, ani Seebachovy metody pro studium těchto dynamických poměrů upotřebiti. Čteme-li četné popisy z dob starších i novějších, vylučující hrozné převraty způsobené zemětřesením,\*) nemůžeme neznamenati, že i po vyloučení otázky po vlastní, skryté příčině zemětřesení, vyhledání pouhé zákonnitosti rozmanitých zjevů dynamických, téměř nepřekonatelných obtíží poskytuje.

(Dokončení).

---

\*) Výtahy z těchto popisů jsou vlezajímavé a poskytují bohatou látku k přemýšlení o úžasném působení sil přírodních, musely však z toho článku vyloučeny býti, by jednak látka příliš nevzrostla, jednak souvislost vědeckého výkladu netrpěla. Kdo by se chtěl dočísti zajímavých podrobností o zemětřesení, toho odkazují ku *Geologii Krejčího* a k článku mému, uveřejněnému v prvních seš. III. roč. „Květů“.