

fonto de la plej grandaj malfacilaĵoj. Al ekkono de rokaj-genezo, sukcesa petrologo venas nur post konstato de la priskriba simptomaro kaj kvanta indikaro kun paralela analizo de la geologiaj koneksoj. La sistemoj laŭgenezaj ĉiam servas kun malplej fidindaj en faka artikolo estas ĝuste la genez-konkludoj kaj -terminoj. Oftegas, ke malsame opinias pri genezo ne sole diversaj aŭtoroj; ankaŭ unusola aŭtoro dum sia vivo ŝanĝas interpreton pri rokaj-genezo kaj remodifadas rokaj-nomon. Tial mi opinias, ke la priskribaj-analizaj terminoj kaj sistemoj estas racionalaj kaj respondantaj al la nuntempa stato de nia scienco. 7.1.4. Mi rekomendas, dediĉi atenton al la kritika kontribuo de d-ro *Kavka* kaj precipe aplikadi ĝin en la praktiko kaj la sugestojn verkontroladi en la disertaĵoj por diplomigo kaj kandidatigo, samkiel en praktikaj ekspertizoj, kiuj okupiĝas pri konsiderinda aro da magmajoj."

7.2. *J. Kavka*: "7.2.1. Al la lasta tezo de la tre trafe formulita alineo, mi ligus jenan ideon: Se la sciencistoj ĝustatempe ne decidiĝas al kompletigo aŭ ŝanĝo de sistemo, ĉi tiu eĉ povas fariĝi grava bremsilo en disvolviĝado de la koncerna scienc-disciplino (kp. eŭklidan sistemon en geometrio, geocentran sistemon en astronomio, linnean sistemon en botaniko, k.t.p., k.t.p.). 7.2.2. Sistemo, bazita eksklude sur hemikonsisto, ignoras ne sole strukturon kaj teksturon, sed ankaŭ funkcion de rokajo en la terkrusto, ekvilibrojn de mineralaj fazoj, heteromorfan variadon de difinita hemikonsisto k.t.p. Sekve ĝi ne estas rekomendinda en la moderna petrologio, kvankam siatempe ĝi prezentis progreson. 7.2.3. Tre alte mi taksas tion, ke prof. *Konta* ankoraŭ pli reliefe emfazis rezerveojn kontraŭ la sistemoj laŭgenezaj. Tamen – el la vidpunktoj perspektivaj – disvolviĝado de petrologio regule garantias laŭgradan pliprecizigadon de la genez-interpretoj. 7.2.4. Mi rekomendas, ke via katedro de petrologio dediĉu enkadre de la instru-programo eksterordinaran atenton al la modernaj norm-kalkuloj, kiuj respektas efektivan kunekziston de la rokajokonsistigaj mineraloj."

Perspektivy v klasifikaci vyvřelin

Tato úvaha byla přednesena v rámci semináře na katedře petrologie (Přírodovědecká fakulta Karlovy univerzity v Praze). Pokouší se z perspektivních hledisek hodnotit genetické i látkové aspekty v klasifikaci vyvřelin. Podrobně kritice dosavadní principy, zejména pak ty, na nichž se zakládá diagram QAPF navržený subkomisí IUGS v Montrealu. Upozorňuje na mnohostranný význam čísla tmavosti pro budoucí klasifikační praxi a na rostoucí uplatnění moderních normativních přepočtů horninového chemismu v souladu se skutečnou koexistencí nerostných fází.

Mezurado kaj statistika analizo de marondoj

Nils Utne (Norvegio)*

1. Enkonduko

Ni devas supozi, ke maristoj ĉiam interesiĝis pri ondoj sur la maroj, kie ili navigis per siaj ŝipoj. La ŝipkontruistoj evoluigis ŝipojn diverstipajn laŭ bezonoj de maroj kaj sur bazo de sperto, akirita de la maristoj.

En la nuna tempo oni konstruas ŝipojn multe pli grandajn ol antaŭe, kaj ofte oni konstruas novajn tipojn por specialaj aplikoj. Tial oni bezonas laŭeble plej bone koni la dimensiojn kaj ritmojn de la maraj ondoj, por kalkuli fortikecon kaj stabilecon de la novaj ŝipoj.

Plue ni povas pensi pri la gigantaj enmaraj konstruaĵoj en multaj regionoj, kie oni borsondas la marfundon por havi fontojn de nafto. La konstruaĵoj devas rezisti la atakojn de ekstremaj ondoj. Ĉia laboro tie dependas de la ondostato: Movado kaj lokado de la platformoj, ŝiptrafiko al ili kun diversaj provizajoj, persipa transporto de nafto aŭ gaso, aŭ metado de surfundaj tubegoj por la transporto (*R. RUSSELL 1961, P. BRUUN 1976*).

La supraj ekzemploj ne prezentas kompletan liston de homaj agadoj, kiuj motivas registradon de ondoj sur la maroj de la mondo. Ni ankaŭ ĝenerale deziras koni la naturon ĉiam pli bone.

2. Karakterizo kaj hidrodinamiko de ondoj

La ondoj generataj de vento estas tre neregulaj. La individuaj ondoj havas malsamajn dimensiojn, kaj ili eĉ ne propagiĝas en sama direkto. Por simpligi la aferon, oni povas konsideri idealigitajn, regulajn ondojn, kiuj propagiĝas en unu sola direkto (*B. MÉHAUTE – A. BRENNER 1960, F. BIÉSEL 1951*). La suba priskribo de la ondoj kaj de la akompanaj fenomenoj estas tre resuma, sed necesa bazo por la postaj sekcioj de tiu ĉi artikolo. Figuro 1, kiu montras profilon de ondar, suplementas la klarigon.

La ondolongo sur profunda maro ("profunda" tie ĉi: $d > L/2$) dependas nur de la periodo – ne de la alto:

$$L_0 = (g/2\pi)T^2 = (1,56 \text{ m/s}^2)T^2 \quad (1)$$

* inĝeniero en SINTEF (Tefnika Esplorinstituto), Norvega Tefnika Altlernejo, Trondheimo.

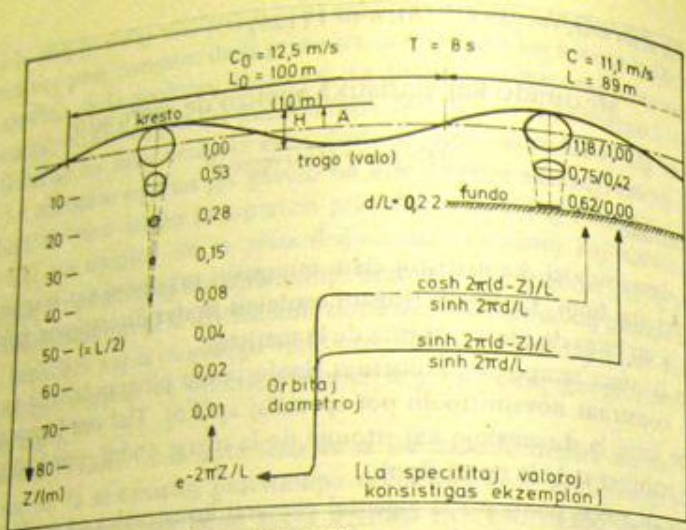


Fig. 1: Regulaj, dudimensiaj ondoj.

Tio validas ankaŭ por la rapido:

$$C_0 = L_0/T = (g/2\pi)T = (1,56 \text{ m/s}^2)T \quad (2)$$

La simboloj signifas: d – profundo, t.e. distanco de surfaca meznivelo al fundo, L – ondolongo ĝenerale, L_0 – ondolongo sur profunda akvo, T – ondoperiodo, t.e. preterpasa tempo de unu ondo, C – ondorapido (fazorapido) ĝenerale, C_0 – ondorapido sur profunda akvo, g – akcelo de gravito, m kaj s – metro kaj sekundo.

Kiam la ondo venas al malpli profunda akvo, la periodo restas konstanta, sed la longo kaj rapido malpliĝas (vidu ankaŭ fig. 2):

$$L = L_0 \tanh(2\pi d/L) \quad (3)$$

$$C = C_0 \tanh(2\pi d/L) \quad (4)$$

kie \tanh estas tangento hiperbola, $\tanh(x) = \sinh(x)/\cosh(x)$, $\sinh(x) = (e^x - e^{-x})/2$, $\cosh(x) = (e^x + e^{-x})/2$. Rimiarku, ke L estas nur implicite donita per (3).

En fig. 1 estas notitaj, kiel ekzempla okazo, la nombroj, kiuj rezultas kiale el la esprimoj. La figuro estas desegnita surbaze de periodo oksekunda, kio respondas al longo centmetra sur profunda akvo. Ankaŭ la alto iom ŝanĝiĝas sur malprofunda akvo, sed tio ne kunestas en la figuro, por ke la ceteraj rilatoj estu pli karaj.

Ĉiu parteto de akvo sub ondanta surfaco moviĝas laŭ orbito, kiu estas

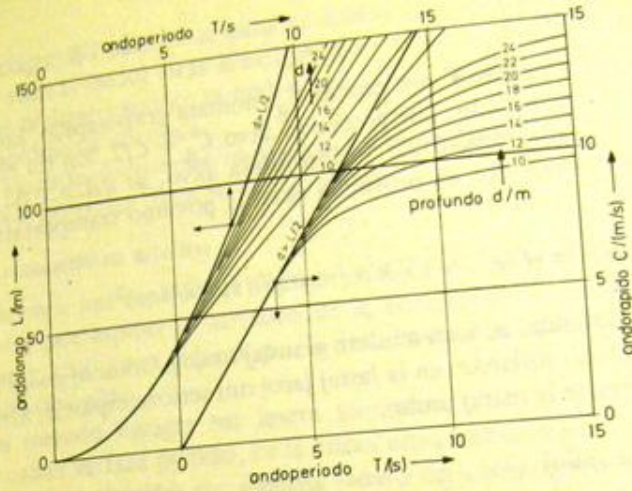


Fig. 2: Ondolongo kaj -rapido kiel funkcioj de periodo kaj profundo.

ĉirko en profunda kaj elipso en malprofunda akvo. Dimensioj de tiuj orbitoj estas donitaj en la figuro.

En subonda akvo estas premo, kiu kombiniĝas el du partoj: unu konstanta, kiu dependas nur de la subsurfaca distanco Z , kaj alia parto varia, kiu estas funkcio ne nur de Z , sed ankaŭ de la profundo kaj de la ondolongo, krom de la amplitudo A de la ondoj:

$$p(Z) = \rho g(Z + A \frac{\cosh(2\pi(d-Z))}{\cosh(2\pi d/L)} \sin(2\pi t/T)) \quad (5)$$

kie ρ estas la masdenso de la akvo, kaj t estas tempovariablo.

La dua termo de la formulo, sen la sinusa faktoro, estas ŝajna ondampplitudo A' , observata per la premvariado ie sub la supraĵo de la maro. La ŝajna alto $H' = 2A'$ estas proporcia al la horizontala akso de la orbito en fig. 1. Oni diras, ke $K = H'/H$ estas faktoro de premrespondo (aŭ prem-transmeto). Speciale sur la fundo, la faktoro estas

$$K = 1/\cosh(2\pi d/L) \quad (6)$$

Fine ni devas mencii la energion en la ondoj. La energio varias interŝanĝe de potenciala energio al kineta energio kaj inverse. Ambaŭ formoj de energio estas mezvalore egalgrandaj. La tuta energio estas, je unuo da longo de ondo-fronto,

$$E_t = (\rho g \sqrt{2}) A^2 L$$

La energio propagiĝas kun rapido C_g , nomata gruporapido, kiu estas malpli granda ol la ondorapido. Sur profunda akvo $C_g = C/2$, kaj tiu rilato proksimume ($\pm 20\%$) validas ankaŭ sur malprofunda akvo, se $d/L > 0,04$. Uzante la rilaton (1), oni trovas, ke en profunda akvo la povumo transportata je unu da frontlongo estas

$$P_t = (\rho g / 32 \pi) T H^2 \approx (1 \text{ kW/m}) \cdot (T/s) \cdot (H/m)^2$$

kie estas konsideranda, eĉ kun modere grandaj ondoj. Orkanoj povas havi tiun ĉe detruan efikon, sed aliflanke: en la lastaj jaroj oni serioze esploras, kiel oni povas utiligi la energion de la maraj ondoj.

3. Mezurado de ondoj

Multaj metodoj por mezuri marondojn estas elpensitaj. Jam antaŭ 20 jaroj oni povis trovi en *H. ROLL* (1957) tabelon, kiu enhavas 35 mezurmetodojn. La metodoj estas ordigitaj laŭ ok kategorioj — vida, optika, akustika, hidrodinamika ktp. Por ĉiu metodo estas notite, por kiuj el la sekvantaj ondo-karakteriza grandoj ĝi konvenas: alto, longo, periodo, rapido, direkto. Kelkaj metodoj estas aplikeblaj nur en malprofunda akvo, pro hidrodinamika kaŭzo aŭ pro la postuloj de instalado. Aliaj metodoj estas aplikeblaj ankaŭ tie, kie la maro estas profunda, eĉ malproksime de marbordo.

Alia aŭtoro klasifikas la metodojn laŭ nur tri kategorioj: super-surfaca, surfaca, sub-surfaca (*L. DRAPER* 1961).

La elekto de metodo por ĉiu aparta okazo dependas de pluraj konsideroj:

- Al kiu celo servu la mezurado.
- Kie oni deziras koni la ondojn.
- Kiel oni volas poste analizi la registritajn ondojn.
- Ĉu la instrumentoj estas manipolotaj de fakuloj aŭ ne.
- Ekonomia konsidero pri kostoj de aĉeto, uzado, prizorgo kaj rezultanalizo.

Ni nun rigardos kelkajn metodojn kaj instrumentojn, uzitajn kaj uzatajn.

3.1. Stereofotografado

Se oni desupre stereofotografas la ondantan supraĵon de la maro, oni povas poste uzi stereomezurilon same kiel por desegno de topografiaj mapoj kun tiaj izo-nivelaj kurboj. Sed la bildoparo devas esti eksponita samtempe pro la ĉiam moviĝantaj ondoj. Oni povas uzi du paralele flugantajn aeroplanojn aŭ helikopterojn.

Se eksponiĝis paro post paro da bildoj kun intertempo regula kaj sufiĉe mallonga, tiam la ondoj estas identigeblaj en sinsekvaj bildoj. Tiel oni povas ne nur mezuri la dimensiojn de la ondoj, sed ankaŭ determini la rapidon kaj direkton de propagiĝo de ĉiu ondo.

Tia mezurmetodo estas malrapida kaj multekosta kaj tial estas uzita ĉefe por esplori la ĝeneralan naturon de la ondoj.

3.2. Instrumenthava satelito

Nuntempe oni enorbitigas multajn satelitojn, kiuj estas ekipitaj per diversaj instrumentoj por esplori la surfacon de la tero kaj de la maro. Ekzistas ankaŭ instrumentoj, kiuj povas informi pri la ondostato de la maro. Tio povas utili por la transmara ŝiptrafiko.

Unu metodo baziĝas sur lasera altometro, kiu tiel precize mezuras distancon al celata surfaca punkto, ke la ondoj estas mezureblaj.

Alia metodo baziĝas sur speciala radaro kaj analizo de la reflektita signalo, kiu estas difuzita — aŭ difraktita — depende de la ondostrukturo de la mara supraĵo. La analizo postulas ampleksan kalkuladon por karakterizi la ondojn.

3.3. Fiksita mezurstango

Se ne estas tro profunda akvo, oni povas munti vertikalan stangon aŭ kablaron, per kiu oni povas elektre mezuri la nivelon de la ondanta surfaco. La mezurado povas okazi per varianta rezistanco aŭ varianta kapacitanco.

Se la kablo konsistas el drato kun maldika izolajo, ĝi povas funkcii kiel elektra kondensilo, kies dua elektrodo estas la sala akvo. La kapacitanco kreskas dum altiĝanta nivelo, kaj inverse dum la malaltiĝanta nivelo (*J. KILLEN* 1955).

Rezistancan mezurilon oni povas fari laŭ (almenaŭ) du principoj. Interne de izolanta tubo oni metas ĉenon da rezistiloj, kaj de ĉiu rezistila junto oni kondukas elektrodon tra la tuba vando al la ekstera akvo. La elektrodoj subakvaj kurtcirkvitas la rezistilojn tra la elektre konduktiva akvo. Per konvenaj instrumentoj oni tiel havas laŭstapan ondomezurilon (*J. CALDWELL* 1955).

Alia praktikata principo estas, ke oni fabrikas specialan kablaron, ĉirkaŭ kiu rezistanca drato estas helice muldita en la surfaco de la izolajo. Interne de la kablo, laŭlonge de la akvo, estas ŝtala kerno por fortigiki la kablaron. La akvo kurtcirkvitas la trempigintajn volvojn de la kablo.

La mezuriloj de tiuj ĉi diversaj surfaco-specoj povas esti fiksitaj ekzemple al fortikaj fosto aŭ dukdalboj firme starantaj en la fundo; al varfoj kiuj ne ĝene perturbas la ondojn, aŭ al borplatformoj starantaj en la maro.

3.4. Instrumenthava buo

Buoj ekipitaj per laŭcelaj instrumentoj estas tre utilaj por ondomezurado

en lokoj, kie fiksitaj mezuriloj ne estas uzeblaj pro teknikaj aŭ ekonomiaj kaŭzoj. La formoj kaj dimensioj povas esti tre diversaj, de sfero malpli ol unumetra ĝis ekzemple granda toro, en kiu estas instalitaj multaj mezur-instrumentoj por plej diversaj meteorologiaj kaj oceanologiaj grandoj. Ordinare radiosignalo sendas la mezuratajn grandojn al ricevilo surtera aŭ surŝipa, en kelkaj okazoj eĉ al plusenda satelito.

Projektado de bona buo, inkluzive de instrumentoj kaj ankrosistemo, ne estas simpla afero. Tial oni devas maksimume utiligi jam akumulitan sperton de aliaj konstruintoj (H. BERTEAUX 1976). En fig. 3 oni vidas, kiel buo, uzata ekster la marbordo de Norvegio, estas fiksitaj al la fundo (O. HOUMB 1973).

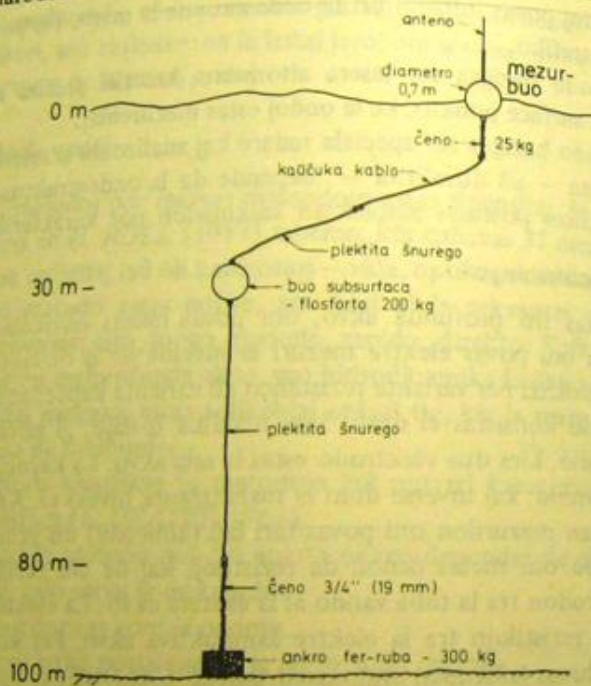


Fig. 3: Mezura buo kun ankrosistemo.

La vertikala moviĝo de la buo estas sensata de akcelometro, kiu estas muntita kardane, por ke ĝi ne respondu al horizontala komponanto de moviĝo. Oni devas dufoje integri la signalon de akcelado por ekhavi la valoron de la vera moviĝo aŭ delokiĝo vertikala. La integrado estas farebla antaŭ transsendo aŭ post ricevo de la signalo per radio.

3.5. Inversa eĥosondilo

Eĥosondiloj estas vaste uzataj en ŝipoj por mezuri distancon al la fundo aŭ

al serĉata aro da fiŝoj. La sama principo estas — almenaŭ teorie — uzebla inversemaniere por mezuri distancon de fiksa punkto subakva al la surfaco: Mallargā fasko de ultrasona energio estas impulse elradiata supren al la onda surfaco. La tempo por iro-reiro de la impulso montras, kie la surfaco troviĝas ĉiumomente. La principo estas praktike malfacila. La plej gravan problemon kaŭzas la fakto, ke la surfaco ne estas akustike bone difinita en tempesta, tumulta ondo-stato, speciale pro ŝaŭmo kaj aerveziko en la supra akvozonon.

3.6. Premomezurado surfunda

Tiu ĉi metodo estas vaste uzata — almenaŭ pli frue — por mezuri marondojn. La formulo (6) por la faktoro de premrespondo sur la fundo estas bazo de la metodo. Fig. 4 estas diagramo, kiu montras la rilatojn inter la premrespon-

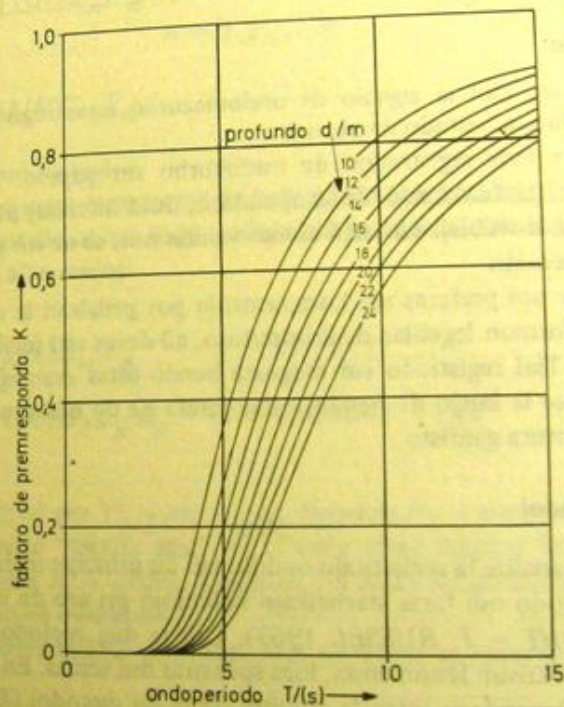


Fig. 4: Faktoro de premrespondo surfunda kiel funkcio de ondoperiodo kaj profundo.

do K , la profundo d , kaj la ondoperiodo T . Ekzistas ankaŭ tabeloj por diversaj funkcioj de d/L_0 aŭ de d/L (R. L. WIEGEL 1954). Komparoj inter surfaca mezurilo kaj surfunda mezurilo indikas, ke oni devas ĝustige multipliki la teoriajn valorojn de K per faktoro inter 1,10 kaj 1,15 (L. DRAPER 1957).

La tajdo komplikas la metodon, parte pro la nekonstanteco de la statika meza premo, parte pro la efiko al la faktoro K , ĉar la profundo de la statika oni devas koni la amplitudon kaj fazon de la tajdo per tajdomezurilo, lokita ne tro malproksime.

En la premomezurilo oni prefere uzas ian hidraŭlikan-pneŭmatan filtrilon, kiu eliminis la protajdan premŝanĝon. Tiel oni plej bone utiligas la precizecon de la mezurilo (F. SNODGRASS 1955).

Ĉe la brita *National Institute of Oceanography* oni konstruis ondomezurilon por uzado en ŝipoj (M. TUCKER 1955). En ĝi oni aplikis du principojn en unu instrumento: Unu parto sensas vertikalan akcelon, alia parto sensas akrometra signalo kaj adicio de la varia parto de la premsignalo, oni havas signalon, kiu reprezentas la ondojn.

3.7. Registrado

La maniero, kiel la signalo de ondomezurilo estas registrata, devas esti adaptita al la planita metodo de analizo.

Oni multe uzis registradon de ondokurbo sur papero. Tio donas tujan kontroleblon pri la funkciado de la aparataro, dum interesaj partoj de la registraĵo estas facile troveblaj. La lasta aserto validas nur, se ne tro granda amaso da paperrulajoj kolektiĝis.

Nuntempe oni preferas uzi komputorojn por prilabori la registraĵojn, kiuj tial devas havi formon legeblan de komputoro, aŭ devas esti facile transformebla por tia legado. Tial registrado sur magneta bendo estas avantaĝa. Kaset-bendoj estas praktikaj, se la ŝanĝo de bendoj estas farata ne de instrumenta fakulo, sed ekzemple de lumtura gardisto.

4. Analizo de ondoj

Oni povas analizi la registritajn ondojn laŭ du principe malsimilaj metodoj. Laŭ la unua metodo oni faras statistikajn kalkulojn pri aro da individuaj ondoj (R. GOODKNIGHT - T. RUSSEL 1963). Laŭ la dua metodo oni rigardas la ondadon kiel kolektivan fenomenon, kies spektron oni serĉas. En statistika senco estas reciproka dependeco inter la rezultoj de la du metodoj (K. NOLTE - F. HSU 1972).

4.1 Individuaj ondoj

Fig. 5 montras, kiel parto el ondoregistraĵo povas aspekti. Oni povas mezuri ĉiun H_n kaj ĉiun T_n kaj tabeli ĉiujn parojn (H_n, T_n). Sed en ĉi formo ĝi ne estas tre interesa tabelo. Tamen, ĝi prezentas bazan dataron por kalkuli unu aŭ plurajn statistikajn meznombrojn kaj tiel registri ondostaton.

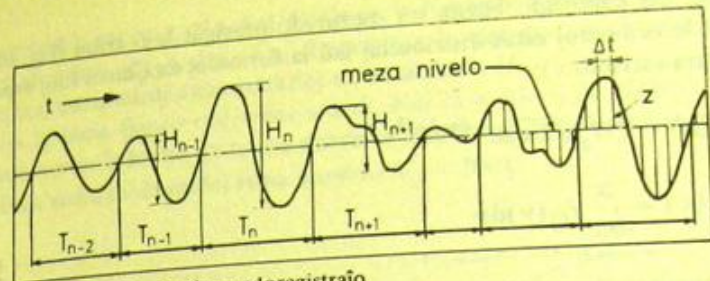


Fig. 5: Sekcio de tipa ondoregistraĵo.

Tiaj karakterizaj grandoj estas ekzemple

$$H_{mez} = (1/N) \sum_n H_n \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (9a)$$

$$T_{mez} = (1/N) \sum_n T_n \quad (9b)$$

kie N estas nombro da ondoj.

Pli interesaj estas mezvaloroj de kelkaj el la plej grandaj ondoj. Por kalkuli ilin, oni devas antaŭe ordigi ĉiujn ondojn laŭ kreskanta alto kaj preni difinitan nombron da plej altaj ondoj:

$$H_{1/3} = (3/N) \sum_n H_n \quad n = 2N/3 + 1, \dots, N \quad (10a)$$

$$H_{1/10} = (10/N) \sum_n H_n \quad n = 9N/10 + 1, \dots, N \quad (10b)$$

kun similaj esprimoj por $T_{1/3}$ kaj $T_{1/10}$. Speciale $H_{1/3}$ estas multe uzata parametro, ofte nomata "signifa alto" H_s . Cetere estas interese koni la plej altan ondon H_{maks} inter la N ondoj, kvankam tiu estas malpli certa karakterizanto por la tuta ondaro aŭ ondostato.

Plue oni povas kalkuli grandojn, kiuj prezentas la energion (aŭ povumon) de la ondoj:

$$H_{pov} = \sqrt{(1/N_o) \sum H_n^2} \quad n = 1, 2, \dots, N_o \quad (11a)$$

$$z_{pov} = \sqrt{(1/N_s) \sum z_n^2} \quad n = 1, 2, \dots, N_s \quad (11b)$$

kie N_o estas nombro da ondoj, kaj N_s nombro da ordinatoj (specimenpunktoj). Teorie oni povas montri, ke inter la diversaj parametroj ekzistas certaj

korelacioj, kaj kalkulado bazita sur mezurado pravigas la teorion (fig. 6). Konsekvence, la ordinatoj estas distribuitaj laŭ la formuloj de Gauss, kiuj esprimiĝas (kun arbitra variabla x):

$$f_G(x) = (1/s\sqrt{2\pi})e^{-(x/s)^2/2}$$

$$F_G(x) = \int_{-\infty}^x f_G(y)dy \quad (12)$$

f_G estas distribua denso, F_G estas akumula distribufunkcio, kaj s^2 estas varianco.

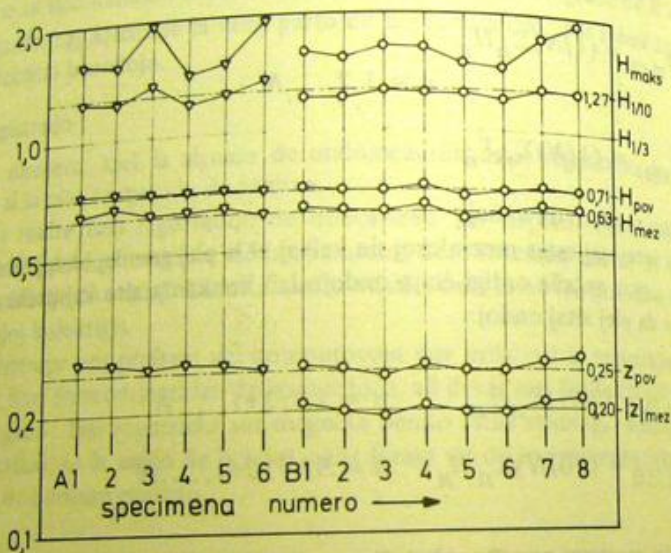


Fig. 6: Korelacioj inter karakterizaj parametroj de registritaj ondoj.

Se la ondoj ne estas tro neregulaj, t.e. se ili havas "mallarĝan spektron" (vidu la sekción 4.2), tiuokaze la altoj estas distribuitaj laŭ la formuloj de Rayleigh.

$$f_R(x) = (2x/t^2)e^{-(x/t)^2} \quad (13)$$

$$F_R(x) = \int_0^x f_R(y)dy = 1 - e^{-(x/t)^2}$$

kie t^2 estas varianco-simila parametro.

Aplikante la Gauss-formulojn al la distribuo de ordinatoj, oni dens

substitui z al x kaj z_{pov} al s , kaj simile en la Rayleigh-formuloj oni devas substitui H al x kaj H_{pov} al t . Fig. 7 montras la distribufunkciojn. La diversaj karakterizaj parametroj estas markitaj sur la skalo de H .

En la sama figuro oni vidas ankaŭ, kiel la punktoj de efektiva distribuo kompariĝas kun la kurbo de teoria distribuo. La devioj de la kurbo ekzistas parte pro la finia nombro da ondoj (tipa nombro $N_0 = 200$).

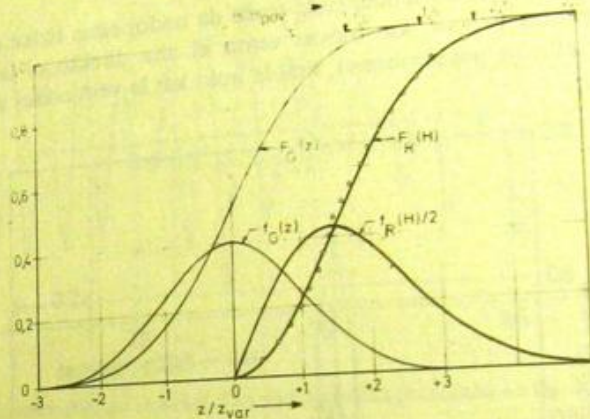


Fig. 7: Distribua denso $f(x)$ kaj distribua funkcio $F(x)$ de Gauss kaj Rayleigh (kurboj) kaj distribuo laŭ mezurita okazo (cirkloj).

Kvankam la plej granda ondalto en ĉiu registraĵo estas tre necerta en statistika senco, oni tamen povas antaŭdiri ĝian mezvaloron en multaj registraĵoj, se oni konas ekzemple $H_{1/3}$. Tre interesa por tiu, kiu projektas ian konstruaĵon en haveno aŭ ekster la bordo, estas la plej granda ondo kaj la plej severa ondostato entute, kiun li povas antaŭvidi dum la servotempo de la konstruaĵo. Tia eksterpolado ofte estas farata sur bazo de registraĵoj, akiritaj dum nur malmultaj jaroj (L. DRAPER 1963).

Se oni ne disponas pri komputoro, aŭ se oni ne volas verki programon por analizi kelkajn okazajn registraĵojn, aŭ se oni ne havas registraĵojn maŝine legeblajn, tiam oni devas serĉi simpligon de la analiza laboro. Estas temporaba kaj tre teda laboro, mezuri sur papera ondokurbo ĉiun alton kaj ĉiun periodon kaj eventuale serĉi en tabelo la faktoron de premrespondo por ĉiu diversa periodo. Efektive estas ellaborita metodo simpligita (M. TUCKER 1961, 1963), kiu per nur du aŭ kvar amplitudomezuroj kaj per la nombro da ondoj povas doni sufiĉe fidindan valoron de z_{pov} .

4.2 Spektro de ondoj

En la antaŭa sekcio ni rigardis la ondojn kvazaŭ individuojn nombreblajn

kaj mezureblajn. Sed tiu individua ekzisto estas mallonge daŭra. Se ni efektive rigardas ondantan marsupraĵon, ni vidas ke certa ondo kvazaŭ kreĝas el nenio, kaj post distanco egala al kelkaj ondolongoj ĝi senpure malaperas.

Laŭ la spektra vidpunkto ni rigardas la neregulan ondaron kiel tuton, kaj ni diras, ke ĝi konsistas el multaj regulaj sinusaj ondaroj, kun harmonie rilatantaj sendependaj, adicie surmetitaj. Ĉiu konsistiga sinusa ondaro iras kun sia rapido, sendependaj de la aliaj komponantoj.

Ni povas vidi, ke tia sendependa irado de ondoj estas fizike ebla, se ni de aeroplano rigardas maron, kie blovas vento el alia direkto ol jam ekzistanta hulo. Ni eĉ kelkfoje povas observi, kiel la hulo kaj la vent-ondoj pasas en kontraŭaj direktoj.

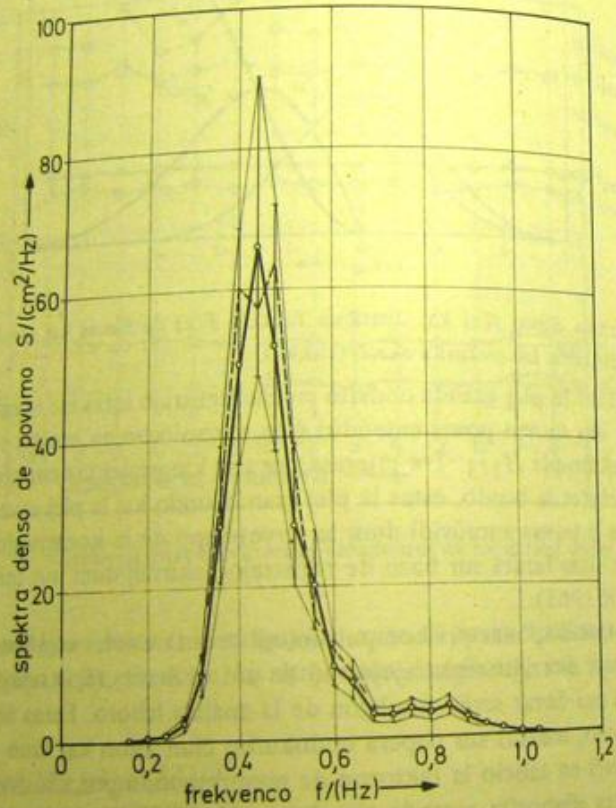


Fig. 8: Povuma spektro kun ĝia intervalo de fidindulo kaj alternativa spektro ekvivalenta

En fig. 8 oni vidas ekzemplon de onda spektro. Ĝi estas nomata spektro de povumo aŭ kelkfoje spektro de varianco. Ĝi informas, kiel la povumo (i.e. $(z_{pov})^2 = \text{mezvaloro de } z^2$) estas distribuita laŭ skalo de frekvenco $f = 1/T$. La

unu de povuma denso estas (unu de z)²/herco, ekzemple m²/Hz en naturo aŭ cm²/Hz en modelbasenoj.

La spektro de fig. 8 estas relative mallarĝa; ĝi prezentas la ondojn en fig. 9, kiuj estas relative regulaj: ju pli malregulaj la ondoj, des pli larĝa la spektro.

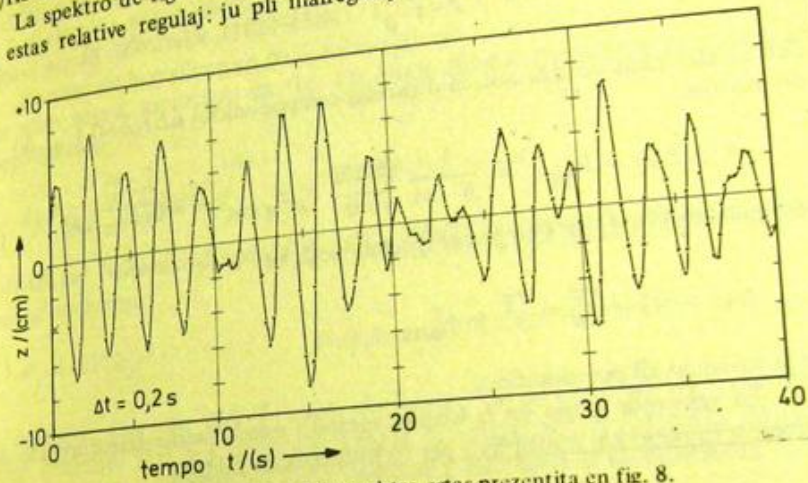


Fig. 9: Ondoregistraĵo (sekcio), kies spektro estas prezentita en fig. 8.

Ekzistas du ireblaj vojoj de kalkulado por veni de la registrita laŭtempa vico de ondaj ordinatoj al la povuma spektro (J. BENDAT – A. PIERSOL 1971). La du vojoj aŭ metodoj estas skizitaj en fig. 10. Ambaŭ donas ekvivalentajn rezultojn, kvankam ne ekzakte egalajn en ĉiuj detaloj.

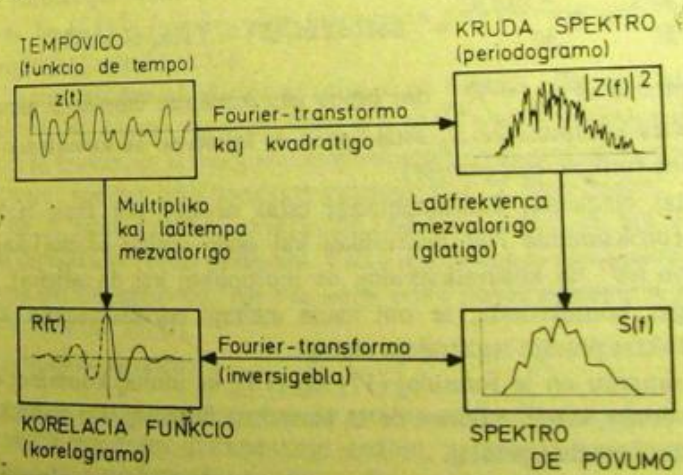


Fig. 10: Alternativaj metodoj por kalkulado de povuma spektro.

La korelacia funkcio, en la okazo, kie $z(t)$ estas kontinua funkcio, konata en la tempintervalo $= \leq t \leq T$, jenas:

$$R(\tau) = \overline{z(t)z(t+\tau)} = \frac{1}{T-\tau} \int_0^{T-\tau} z(t)z(t+\tau) dt = R(-\tau) \quad (14)$$

Sed se $z(t)$ estas konata nur ĉe diskretaj tempopunktoj $n\Delta t$ ($n=0,1,\dots,N$), tiam oni skribas

$$R(m\Delta t) = R_m = \frac{1}{N-m} \sum_{n=0}^{N-m} z_n z_{n+m} \quad m=0,1,\dots,M \quad (15)$$

Ordinare $M/N < 1/10$. Oni povas speciale noti, ke

$$R(\tau=0) = \overline{z_n^2} = z^2_{\text{pov}} \quad (16)$$

do la varianco aŭ povumo de z .

La sekvanta ŝtupo en la klasika metodo estas Fourier-transformado de la korelacia funkcio kaj multipliko per frekvencoskala faktoro:

$$S(f) = S_k = 2T(R_0 + 2 \sum_{m=1}^{M-1} R_m W_{2M}^{-km}) \quad k=0,1,\dots,M-1 \quad (17)$$

kie $f = k\Delta f = k/2T$ (tie ĉi $T = M\Delta t$), kaj $W_M^* = e^{-2\pi i/M}$. Aliforma esprimo de tiu faktoro estas

$$W_{2M}^{-km} = W_M^{-km/2} = \cos(\pi km/M) - i \sin(\pi km/M) \quad (18)$$

Pro la simetrio $R_{-m} = R_m$ oni povas jam komence elimini la sinus-termon.

La spektra komponanto S_k estas speco de korelacio aŭ kovarianco inter R_m kaj harmona funkcio $\cos(\pi km/M)$.

Multaj elementaj kalkulooperacioj estas necesaj por trovi la korelacion funkcion (proksimume NM multiplikoj kaj egale multaj adicioj) kaj poste la transformon (M^2 da kosinuskalkuloj, da multiplikoj kaj da adicioj). La laborotasko fariĝas konsiderinda, se oni havas multajn registrostaciojn, kaj se ĉiu stacio produktas plurajn registraĵojn ĉiutage.

Oni rimarku en la formuloj (17) kaj (18), ke multaj kombinoj de la faktoroj $k-m$ donas saman valoron de la harmonaj funkcioj. Do kalkuloj de tiuj funkcioj estas neracie ripetataj.

En la lasta jardeko disvastiĝis apliko de komputoraj algoritmoj, kiuj draste mallongigis la tempon bezonatan por Fourier-transformado. Ili estas ĉiuj

bazitaj sur la principo nomata rapida Fourier-transformo (J. BENDAT - A. PIERSON 1971, F. RESCH - R. ABEL 1975, P. BLOOMFIELD 1976). La plej multaj el tiuj algoritmoj kondiĉas, ke M estas entjera potenco de du, $M = 2^p$. Sed ekzistas ankaŭ algoritmoj por la okazoj, kie M estas produkto de ajnaj faktoroj primaj (R. SINGLETON 1968).

Rezulto de la mallongigo de la kalkul-laboro estas, ke nun oni ofte preferas iri la alian vojon, montritan en fig. 10: Unue Fourier-transformi la originalan tempofunkcion

$$Z_j = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_n W_N^{-jn} \quad j=0,1,\dots,N-1 \quad (19)$$

kaj dividi per frekvenco-ŝtupo $\Delta f = 1/T = 1/N\Delta t$, kaj poste kvadratiĝi por havi "krudan" spektron

$$P_j = 2T|Z_j|^2 \quad j=0,1,\dots,N/2-1 \quad (20)$$

Oni ordinare uzas nur $N/2$ frekvenco-valorojn, ĉar la restantaj $N/2$ ripetas la unuajn simetrie. Tial oni anstataŭe simple duobligas per la faktoro 2 en (20).

Plue oni kungrupigas po certa nombro L da najbaraj komponantoj P_j kaj kalkulas la mezvaloron en ĉiu grupo. Rezultas la spektro

$$S_k = \frac{1}{L} \sum_{j=-L/2}^{L/2} P_{kL+j} \quad k=0,1,\dots,N/2L \quad (21)$$

Oni parolas pri "frekvenca fenestro" de larĝo L , kiam oni tiel mezvalorigas la spektron. En (21) la fenestro estas kvarangula, sed oni povas uzi ankaŭ fenestrojn triangulajn, kosinusajn, k.a.

Per la mezvalorigo aŭ glatigo ni celas al pli difinita, pli certa spektro ol la kruda spektro. Ni supozu, ke ni iel havigus al ni la "veran" spektron de la ondo-stato. Tiam ni trovus, ke la linioj aŭ komponantoj de nia specimena-spektro varias ĉirkaŭ la "vera" spektro laŭ hirkvadrata distribuo kun $2L$ libergradoj.

En fig. 8 estas montrita spektro de registritaj ondoj, ĉe kiu 90-procenta "intervalo de fidindo" estas desegnita. Estas skizita ankaŭ alia spektro, kiu estas tute interne de tiu intervalo, kaj kiu same bone povus prezenti la ondostaton (same en M. GOHIN 1960).

4.3. Aliaj tipoj de spektroj

Oni povas vastigi la koncepton de spektro en du direktoj. La ordinara tipo jam pritraktita prezentas dudimensiajn ondojn, t.e. nur la koordinatoj x (aŭ t) kaj z de la ondoj estas konsiderataj. Sed tiel simpla la naturo ne estas.

La ondoj havas finiajn krestolongojn, kaj ili propagiĝas laŭ diversaj direk-

toj ĉirkaŭ la ĉefa direkto. Tial oni kelkfoje kalkulas la "direkto-spektron" en kiu la povumo estas distribuita laŭ la frekvenco kaj direktangulo. Bazo por kalkuli tian spektron estas ia reto de mezuriloj, kiuj kune donas la necesajn informojn (L. BORGMAN 1969).

Alitipa evoluo de la spektroj konsideras la fakton, ke la ondoj ne estas simetriaj ambaŭflanke de la meza nivelo, t.e. la distribuo de $z \mp z^3/(z^2)^{3/2} = z^3/z^3$ povas esti simetriaj ambaŭflanke de la meza nivelo, t.e. la distribuo de z ne estas simetriaj (D. WELLS 1964). Oni esprimas la distribuon malsimetriaĵon per la granda z^3 al kalkulas tiel nomatan bispektron. Per bispektra grafikajo oni povas vidi trans efikon inter du frekvencoj, ekz. inter iu baza frekvenco f_1 kaj ĝia dua harmono $f_2 = 2f_1$. Ni ĉi tie povas nur referenci literaturon pri tiu temo (K. HASSELMANN - W. MUNK - G. MACDONALD 1963).

5. Referencoj

- BENDAT, J. S. - PIERSOL, A. G. (1971): Digital data analysis procedures [ĉapitro 9, p. 283-342, en:] *Random data: Analysis and measurement procedures*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- BERTEAUX, H. O. (1976): *Buoy engineering*. John Wiley & Sons, Inc., New York (ISBN 0-471-07156-0).
- BIÉSEL, F. (1951): *Étude théorique d'un certain type d'appareil à houle*. La Houle Blanche, 156-165, 476-496, 724-727.
- BLOOMFIELD, P. (1976): *Fourier analysis of time series: An introduction* [la libro enhavas multajn FORTRAN-programojn]. John Wiley & Sons.
- BORGMAN, L. E. (1969): *Directional spectra models for design use for surface waves*. Hydraulic Engineering Laboratory, University of California, Berkeley.
- BRETSCHNEIDER, C. (1976): *On the determination of the design ocean wave spectrum*. Kongress-Berichtswerk (Band 1), "inter-ocean '76, 3. Internationaler Kongress und Ausstellung für Meerestechnik und Meeresforschung, Düsseldorf, 218-233.
- BRUUN, P. k.a. (1976): *Wind, Wave and current data for off-shore operations*. Kongress-Berichtswerk (Band 1), "inter-ocean '76, 3. Internationaler Kongress und Ausstellung für Meerestechnik und Meeresforschung, Düsseldorf, 242-253.
- CALDWELL, J. M. (1955): *The step-resistance wave gage*. Proc. of the First Conf. on Coastal Engineering Instruments, Berkeley, California.
- DRAPER, L. (1957): *L'atténuation de la houle en fonction de la profondeur* [dulinge franca kaj angla paralele]. La Houle Blanche, n-ro 6, 926-931.
- DRAPER, L. (1961): *Wave recording instruments for civil engineering use*. The Dock and Harbour Authority, okt., 201-203.
- DRAPER, L. (1963): *Derivation of a 'design wave' from instrumental records of sea waves*. Proc. Institution of Civil Engineers, vol. 26, okt., 291-303.
- GOHIN, M. (1960): *Étude des spectres de h*. Proc. Institution of Civil Engineers, vol. 26, okt., 291-303.
- GOHIN, M. (1960): *Étude des spectres de houle à proximité des côtes*. La Houle Blanche n-ro 2, 113-121.
- GOODKNIGHT, R. C. - RUSSEL, T. L. (1963): *Investigation of the statistics of wave heights*. Journal of the Waterways and Harbour Division (Amer. Soc. Civ. Engrs), majo, 29-54.
- HASSELMANN, K. - MUNK, W. - MACDONALD, G. (1963): *Bispectra of ocean waves* [ĉapitro en:] ROSENBLATT, M. [red.]: *Time series analysis*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- HOUMB, O. G. (1973): *A Norwegian wave climate study*. Second International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, University of Iceland.
- HOUMB, O. G. - RYE, H. (1973): *Analyses of wave data from the Norwegian continental shelf*. Second International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions.
- KILLEN, J. M. (1955): *Capacitive wave profile recorder*. Proc. of the First Conf. on Coastal Engineering Instruments, Berkeley, California.
- LE MÉHAUTÉ, B. - BREBNER, A. (1960): *An introduction to the mathematical theories of two-dimensional periodic progressive waves*. Civil Engineering Department, Queens University at Kingston, Ontario.
- NEUMANN, G. - PIERSON, W. J. (1966): *Wind waves and swell; seiches; storm surges; tsunamis; internal waves* [ĉapitro 12, p. 326 - en:] *Principles of physical oceanography*. Prentice-Hall, Inc.
- NOLTE, K. G. - HSU, F. H. (1972): *Statistics of ocean wave groups*. Offshore Technology Conference, Paper Number OTC 1688, Dallas, Texas.
- RESCH, F. J. - ABEL, R. (1975): *Spectral analysis using Fourier transform techniques*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 9, 869-902.
- ROLL, H. U. (1957): *Überflächen-Wellen des Meeres*. Handbuch der Physik, vol. 48 (Geophysik 2). Springer, Berlin.
- RUSSEL, R. C. H. (1961): *The information required by the civil engineer*. The Dock and Harbour Authority, sept., 156-159.
- SINGLETON, R. C. (1968): *Algorithm 339: An ALGOL procedure for the fast Fourier transform with arbitrary factors*. Communications of the ACM, vol. 11, n-ro 11, 776-779.
- SNODGRASS, F. E. (1955): *Mark IX shore wave recorder*. Proc. of the First Conf. on Coastal Engineering Instruments, Berkeley, California.
- TUCKER, M. J. (1955): *A ship-horne wave recorder*. Proc. of the First Conf. on Coastal Engineering Instruments, Berkeley, California.
- TUCKER, M. J. (1961): *Simple measurements of wave records*. The Dock and Harbour Authority, nov., p. 231.
- TUCKER, M. J. (1963): *Analysis of records of sea waves*. Proc. Institution of Civil Engineers, vol. 26, okt., 305-316.
- WELLS, D. R. (1964): *On the time varying horizontal water velocity of single, multiple, and random gravity wave trains* [doktoriĝa tezo]. Technische Hogeschool te Delft.
- WIEGEL, R. L. (1954): *Gravity waves. Tables of functions*. Council on Wave Research, The Engineering Foundation, Berkeley, California.

Til å karakterisere havbølger kan ein bruke: retning, (bølge)høg, lengd, periode, fart. Mellom de tre siste er det enkel matematisk samanheng. Ein har mange målemetodar å velje mellom, men også mange omsyn å ta ved vurdering av metode for aktuelle formål. Ein del eldre og nyare metodar: Stereofotografi, instrumentsatellitt, kapasitiv eller resistiv nivåmålar, boye med akselerometer, omvendt ekkolodd, trykkmålar på botnen.

Ved analyse av bølgerregistreringar reknar ein ut ymse statistiske middelværdier. Særleg mykje nytta er $H_{1/3}$ ved dimensjonering av konstruksjonar som er utsatte for bølgekrefter. I nyare tid har ein i aukande grad teke i bruk effektspektret og delvis også retnings-effektspektret for bølgjene.

Abonantoj en Brazilo kaj latin-amerikaj landoj:

Sendu vian abonkotizon (je 7 dolaroj) en kruzejroj
rekte al la administranto:

Gersi Alfredo Bays
Caixa Postal 49
89800 CHAPECÓ – SC
Brazilo

Skolecito kaj ĝismondino el Bohemio

Rudolf Rychlý – Vlastimil Novokilský (Ĉeĥoslovakio)*

1. Enkonduko

Preskaŭ post 50 jaroj estis en la norda Bohemio denove trovitaj specimenoj de skolecito en *Jilové* apud urbo *Děčín*. Tiu ĉi laboro pritraktas rezultojn de ekzameno de tiuj trovajoj per helpo de rentgen-difrakta analizo kaj spektrometrio, infraruĝa absorbo kaj termo-analizo. La uzitaj analizoj konfirmis, ke la kret-blankaj fibraj agregatoj estas metaskolecito. Uzinte la samajn metodojn kaj la balaan elektron-mikroskopon ni kontrolis kaj konfirmis trovajojn de alia zeolito – ĝismondino el novaj trov-lokoj *Dobranka*, *Březiny* kaj *Líska* en la norda Bohemio.

La trov-historion de skolecito en *Jilové* apud *Děčín* en la norda Bohemio priskribas ekzemple *J. KRATOCHVÍL* (1960). La kret-blankaj fibraj agregatoj estis trovitaj ĉe kontakto de fonolito kaj bazalto, sude de *Jilové*, oriente de monteto *Výrovna*. La priskribon de la unua trovo de tiu ĉi mineralo komence de la 20-a jarcento kritike pritraktas aŭtoroj *M. H. HEY* kaj *F. A. BANNISTER* (1936). La konstato, ke temas pri natura metaskolecito ili konsideras erara kaj akcentas neceson de nova reekzameno de tiuj ĉi trovajoj. Konvena ebleco aperis, kiam kolektantoj *B. MUHLSTEIN* kaj *V. FIŠERA* trovis specimenojn, similajn al tiuj trovajoj, konservataj en muzeaj kaj privataj kolektoj. Por kontrolo de la trovajoj ni decidigis uzi kiel komparan normon kristalojn de skolecito el *Teigarhorn*, kiujn afable donis al ni *J. BAUER*, unu el la aŭtoroj de verko pri skolecito el tiu ĉi klasika islanda trovejo (*J. BAUER – L. MÁLKOVÁ* 1959). En la regiono de urbo *Děčín* situas nun preskaŭ solaj pli novaj bohemiaj trov-lokoj de la rara zeolito ĝismondino. Kiel komparan normon ni uzis la specimenon de ĝismondino el *Capo di Bove*, Italio, kiun afable donis al ni la ĵus nomita aŭtoro. Ni prezentas rezultojn de la ekzameno de novaj trovajoj de skolecito kaj ĝismondino per helpo de rentgen-difrakta analizo, rentgen-spektrometrio, infraruĝa absorbo kaj termo-analizo. La kristalojn de ĝismondino ni ankaŭ fotografis per la balaan elektron-mikroskopo.

* Ing. R. Rychlý, CSc., Esplorinstituto de neorganika kemio, *Ústí nad Labem*; Ing. V. Novokilský, CSc., Pedagogia fakultato, samurbe.