

Mi ne kapablas detale analizi la pecojn ene de la rokaĵoj (Bildo 2), sed ja povas admiri – kompreneble nur dum malalta tajdo de Adriatiko – la tie formiĝintajn ŝtonojn kun kaneloj, dikaĵoj kaj sulkoj en la malprofunda marakvo. La fendoplena specimeno (Bildo 4) havas diametron de 60 x 65 cm kaj dikecon de 16 ĝis 20 cm, kaj pezas ĉ. 100 kg. Ĝi invitas ekzamenadon kaj ideojn pri ĝia evoluo de membro(j) de GS de ISAE por iam poste pli kompetente priskribi la ŝtonajn skulptaĵojn trovitajn sur la adriatika marbordo proksime de la havenaj instalaĵoj por velboatoj *Valugula* (inter *Pesaro* kaj *Cattolica*) en Italio. – sa



Bildo 4: Skulptaĵo de la maro



Bildo 5: Ŝtona artaĵo naturfarita ĉe la marbordo de *Cattolica*, Italio

Scienca eĥo geologia

Profundmaraj metalkrudaĵoj

1. Enkonduko

Sciigoj el ĉiutagaj ĵurnaloj pri malkovro de metalaj tuberoj sur la oceana fundo kaptis mian atenton, kaj mi scivoleme sekvis la diversajn informojn pri la nova fonto por valora krudaĵo el la margrundo. Vere, sonas kiel utopia rakontaĵo de *Jules Verne*: la krudaĵoj de la industri-nacioj malabundas, por kelkaj metaloj oni jam postulas fantaziprezojn. Jen savo en formo de metalaj konkrecioj, kiuj estas alfiksitaj milope al la marfundo. Dum la industrisociaroj dispartigas inter si la oceanan grundon, inĝenieroj jam inventas aventurecajn aparatojn por rikolti la serĉatajn kaj urĝe bezonatajn materialojn el miloj da metroj sub la marsurfaco.

Ĉu sciencfikcio? Ne. Ĉu "futur-muziko", revo por fora estonteco? Eble jes, eble ne. Fakto estas, ke 4000 ĝis 6000 metrojn sub la surfaco de la oceano Pacifiko troviĝas krudmaterialo, kiu eventuale iĝos ekonomie interesa.

2. Marfundaj mangan-konkrecioj

La t.n. manganokonkrecioj estas geologiaj objektoj, kiuj estiĝis dum milionoj da jaroj el polvo, kiu fluetis sur la oceano, poste sinkis profunden kaj fine kunkreskis. La konkrecioj pligrandiĝas 5 milimetrojn post unu miliono da jaroj.

Antaŭ ĉirkaŭ 130 jaroj la brita *Challenger*-ekspedicio malkovris la averaĝe pugnograndajn kompaktaĵojn inter Havajo kaj Tahitio. Ĉirkaŭ triono de la bulforma materialo estas mangan-oksidoj. Vastaj amasiĝoj de tiaj konkrecioj troviĝas surfunde de la ekvatorproksima orienta Pacifiko, precipe densaj ili estas en la sudorienta Pacifiko. La konkrecioj elstaras je ĉirkaŭ triono de sia grandeco el la grundo.

Mangano ne estas raraĵo. Ĉirkaŭ 1% de la terkrusto konsistas el mangano kaj surtere troviĝas sufiĉe da naturaj kuŝejoj en nuntempe kontentiga kvanto. Ĉirkaŭ 90% de la elminita mangano iras en la ŝtalproduktadon, kie oni bezonas la etendeblan, elastan metalon. La ekspluatado de la profunda maro – nur por rikolti manganon – do ne estus profitiga kaj ne valorus la penon.

3. Prospektad-rajtoj en Pacifiko

Estas la aliaj metaloj kiel ekzemple kobalto, kupro kaj nikelo – malgrandkvante entenataj en la konkrecioj – kiuj igas alloga la rikolton de la marprofundaj. Unu tuno da mangano kostas ĉ. 145 usonajn dolarojn, por la sama kvanto da nikelo nuntempe estas pagataj pli ol 20 000 dolaroj. Pro ties nemezurebla bezono de Ĉinujo jam de jaroj plialtiĝas la prezoj. Komence de aŭgusto 2006, Federacia Instituto pri Geosciencoj kaj Krudaĵoj en Hanovro, Germanujo, sekurigis al si la prospektorajton en la suda Pacifiko de la koncernaj UN-instancoj.



Bildo 1: Pugnograndaj mangankonkrecioj kovras vastajn partojn de la profundmara grundo de Pacifiko

Similaj registriĝoj jam antaŭe okazis. En la 1970-aj jaroj – kiel reago al draste plialtiĝintaj mondmerkataj prezoj – estiĝis esplor-konsorcioj, kiuj serĉis teĥnike kaj ekonomie sencoplenajn solvojn por ekspluati la margrundajn konkreciojn. Ĉinujo, Francujo, Hindujo, Japanujo, Sudkoreo, la tiama Sovetunio kaj pluraj internaciaj konsorcioj tiam "jam estis survoje" al la marfundo, kiam novaj tavoloj estis malkovritaj sur la firma tero kaj la metalprezoj revenis al "normala", t.e. pagebla nivelo. Tiam do ne okazis iu ajn industria ekspluatado de la marprofundaj mangankonkrecioj.

Tamen ĝis hodiaŭ ekzistas fortaj disdividkonfliktoj pri la submara minekspluatado. Kobalto, kupro kaj nikelo ja devas esti preskaŭ centprocente importitaj en la plej multajn landojn. Se la bezono estos sufiĉe granda kaj la mondaj prezoj por tiuj metaloj plue plialtiĝos, tiam ankaŭ ne estos tro fora "la vojo en la profundan maron". La submara rikolto poste eble estos pli prosperiga ol estos la daŭra novprospektado sur la firma tero.

Kaj oni trovis intertempe pliajn du allogajn krudaĵojn en la submaraj konkrecioj, nome molibdenon kaj teluron. Molibdeno troviĝas, interalie, en la protektoŝildoj kontraŭ ekstrema varmego de raketoj kaj aviadilaj partoj, kaj teluro estas uzata ĉe fotoĉeloj kaj sunĉeloj.

La teĥnikaj submaraj rikoltproblemoj tamen ankoraŭ ne estas solvitaj. Kiel estu "transportigita" la ĝis 6000 m distanco de la rikolto-platformo ĝis la marfundo? La profundmara minekspluatado estas treege aventura aktivado en senluma ĉirkaŭo sub altega premo, kie sur ĉiu kvadratcentimetro pezas plurcentaj kilogramoj da akvo. Kaj plue – la marfundo ja ne estas ebenaĵo sed konsistas el montoj, montoj kaj valoj.

4. Teĥnikaj esploroj

Minekspluatadaj sistemoj por la profunda maro konsistas laŭprincipe el veturilo kun kolektilo. La veturilo, ofte ekipita per unu aŭ pluraj kameroj, havas aŭ propran movoforton aŭ estas portata respektive tirata de ŝipo. La kolektilo elprenas la konkreciojn el la preskaŭ fluida t.n. "semilikva" (duonlikva) ŝlima grundtavolo. Tiu ĉi operacio detruas la fundosurfacon kaj kaŭzas la estiĝon de malklaraj ŝlimgrundaj akvonuboj. Kiom forte estas al la fundosurfaco kaŭzata malutilo, tio dependas de la strukturo kaj formo de la veturilo. La kolektoveturiloj estas larĝaj ĉ. 15 m kaj havas la enorman pezon de 50 tunoj, pro kio ili ankaŭ post la rikoltado ree kunpremas la marfondon.

Teĥnikistoj elprovis kaj ekzamenis jam diversajn rikoltmetodojn sub realaj kondiĉoj. Ĉe la "hidraŭlikaj sistemoj" forta akvoŝprucaĵo kirle flugigas la konkreciojn. Pere de fleksiĝema tubaro, en kiu troviĝas en regulaj distancoj fortaj pumpiloj, la rikoltoj estas transportataj supren. Tro grandaj konkrecioj estas ankoraŭ surgrunde dispecigataj kaj per kribriroj liberigataj de agluita grundmaterialo. Teĥnikistoj testis kiel rikoltmetodon ankaŭ "sitelĉenon kun tirkablo". La siteloj estas premataj malsupren je unu flanko de la ŝipo, tirataj super la marfundo, kaj je la alia ŝipflanko ili reen venas supren kaj estas malplenigataj. La siteloj havas diametron de ĉ. 3 ĝis 4 metroj – sed ili bedaŭrinde alportas surfacen ne nur mangankonkreciojn sed ankaŭ grandan kvanton da nedezirataj aliaj sedimentoj. Pro tio la sitelo-tirkabla sistemo certe ne sukcese trapasis jam la esploran testofazon.

Laŭ imago de la sciencistoj la estonteca teĥniko devas esti plejeble aŭtonoma. Helice pelata kolektoroboto, ekipita per ŝarĝobalasto, devas subakviĝi ĝis la marfundo. La aŭtomata prospektoro memstare,

post kolektado, revenas surfacen. Kiel balastmaterialo por la roboto oni volas uzi la defalajon post prilaborado de la konkrecioj. Tiuj planoj tamen ĝis nun ekzistas nur surpapere, ĉar internacie "ankoraŭ ne ekzistas establita margrunda rikoltsistemo". La esploristoj tamen supozas, ke tio rapide ŝanĝiĝos, se postulos tion la internacia – aŭ nacia – bezono kaj politika progreso.

5. Mediodetruo

Ne malpli grava estas la plua prilaborado de la metalhavaj konkrecioj, ĉar fine ja oni atendas rikolti maloftajn valorajn krudaĵojn. La elpreno de la metaloj el la buloj tamen kaŭzas multkostajn specialajn elspezojn. Tio estas ankoraŭ nesolvita problemo, ĉar la prilaboro eblas nur kun alte venenaj substancoj kaj produktas multajn neuzeblajn restaĵojn kaj ĥemiaĵajn reziduojn.

Post kelkaj jaroj – kaj kun estontaj modernaj kaj aktualaj telinikoj – tamen eble okazos la industria ekspluatado de la bizaraj konkrecioj. Al tio jam nun servas la aljuĝo, kiun antaŭnelonge la germana Instituto pri Geosciencoj ricevis de ISA, t.e. la "Internacia Marfunda Estraro" (*International Seabed Authority*) en Ĵamajko. ISA aktivis ekde 1994, post kiam samjare ekvalidis la "Internacia Marleĝa Konvencio" de Unuiĝintaj Nacioj. Tiu ĉi Konvencio proklamas teritoriojn kuŝantajn ekster teritoriaj limoj kaj ĉiujn en ĝi entenatajn resursojn kiel "Komunan Heredaĵon de la Homaro". Por 250 000 usonaj dolaroj la Instituto pri Geosciencoj sekurigis al si teritorion – grandan kiel la Malsupra Saksio kune kun Ŝlesvig-Holŝtejno – en kiu Germanujo havas ekskluzivan esplorraĵon, komence por tempodaŭro de 15 jaroj.

6. Nigraj nuboj baras la vojon

Tiu ĉi licenco estas sole por esplorado, ne por rikoltado. Germanujo tamen povas ricevi la ekspluatad-raĵon post sukcesa esploro. Estas konate, ke en la licenca areo kuŝas ĉirkaŭ 2 miliardoj da tunoj da manganaj konkrecioj. La donitaĵojn, sur kiuj apogas sin la sciencistoj, heredis la Federacia Geosciencia Instituto de la bone konata firmao *PREUSSAG* (t.e. *Preußische Bergwerks- und Hütten-AG* - Prusa mineja kaj ŝtalfandeja Akcia Societo – fondita en 1923, ampleksanta erc- kaj karbo-minadon, nafto- kaj tergas-ekspluatadon kaj prilaboradon), kiu partoprenis la ekspluatadprovojn jam en la 1970-aj jaroj. Kiam tiu ĉi laborgrupo 1978 elminigis ĉ. 800 tunojn da mangankonkrecioj, tiu-specaj aktivadoj sur la 'libera maro' ankoraŭ ne estis limigitaj per ma-

ra juro aŭ internaciaj regularoj. Kion la *Preussag*-datkolekto ne enhavas, tio estas la gravaj informoj pri eblaj mediodamaĝoj. Pli fruaj marfundaj plugadprovoj montris, ke la mara faŭno laŭlonge de la rikolt-interveno longdaŭre ŝanĝiĝas.

Aliaj ekzamenoj celis la sekvojn por la profundmara akvo kaj grundo, kiuj grandkvante estas kunpumpitaj surfacen. Je la oceansurfaco la fajna sedimento povas ŝanĝi la proporciajn lumkondiĉojn en la akvotavolo kaj la nutroriĉa profundmarakvo. Medio, senorde intermiksita kun malpuraĵoj kaj ĥemiaj reziduoj, povas kaŭzi ĥaosan nutraĵon por la tuta ekologia sistemo kun ties sennombraj vivaĵoj. La geosciencistoj volas unue mapi kaj desegni la profilon de la margrundo. Detalaj informoj pri la fakta distribuo de la metalhavaj kompatktaĵoj estas nemalhaveblaj por ĉiuj pluaj planoj. Allogaj rikolt-regionoj troviĝas sur profundmaraj ebenaĵoj, ne sur submaraj deklivoj. Ĉu germanaj aŭ alilandaj institucioj aŭ firmaoj iam en la estonteco rikoltos grandaskale la mangankonkreciojn, tion oni nuntempe ne povas antaŭdiri. (Fonto: *Süddtsch.Ztg.* 2006-08-08, p.16: "20 000 Dollar unter dem Meer") –sa

Breĉo en "Morta monto"

Sensacian malkovron faris germanaj kaverno-esploristoj en la Morta montaro de la orientaj Alpoj. Ili trovis subteran konekton, kiu unuigas du kavernojn al unu sistemo ĉ. 54 km longa. La Morta monto interligas Stirion (*Steiermark*) kun Supra-Aŭstrio. Jam pli ol 10 jarojn la teamo "Kaverno kaj Karsto de *Grabenstetten*" esploras la profundaĵojn de "Nigra *Mooskogel*". Ĝis 1030-metra profundeco vastiĝas la labirinto el ŝaktoj kaj gangoj, grotoj kaj volbaĵoj – inter ili la kiel turista allogaĵo konata "Glaciokaverno" ("*Eishöhle*") de 140-metra longo kaj 40-metra alto. La esploristoj antaŭsentis, ke de tie devas ekzisti interligo kun la najbara 24 km longa "kuniklokaverno". Brita teamo iam proksimiĝis al iu "interliga breĉo" je 30 m – sed en aŭgusto 2002 la germanaj kaverno-esploristoj estis sukcesaj. Ili malkovris malvastan tunelon, proksime atingantan la najbaran kaverton – kaj post dua avanco tra la zigzaga ŝakto ili staris en la kuniklokaverno. (*Nat.Geogr.*, jan 2003, p.14) –sa

Plialtiĝas la danĝero pro migrantaj dunoj

Kaŭze de la klimatsanĝiĝo aliras al ni ĝis nun pretervidita kaj ne priatentigita danĝero: multaj vilaĝoj kaj kampoj povas esti entombigitaj de migraj dunoj. Tion montras komputilaj modeloj de britaj ekologioj. Sed ankaŭ la Brandenburga sablo de la "*Märkische Heide*" en Germanujo povas ekmoviĝi laŭ prognozoj de la 'Esplor-Instituto por Klimataj Sekvoj' de *Potsdam*. Jam hodiaŭ dunoj kun migrotendenco kovras preskaŭ