

ICONISMUS XI



Fig. IV.

VAKUUMIST

ČASOPIS ZA VAKUUMSKO ZNANOST, TEHNIKO IN TEHNOLOGIJE, VAKUUMSKO
METALURGIJO, TANKE PLASTI, POVRŠINE IN FIZIKO PLAZME

51 let
DVTS

LJUBLJANA, APRIL 2010

ISSN 0351-9716

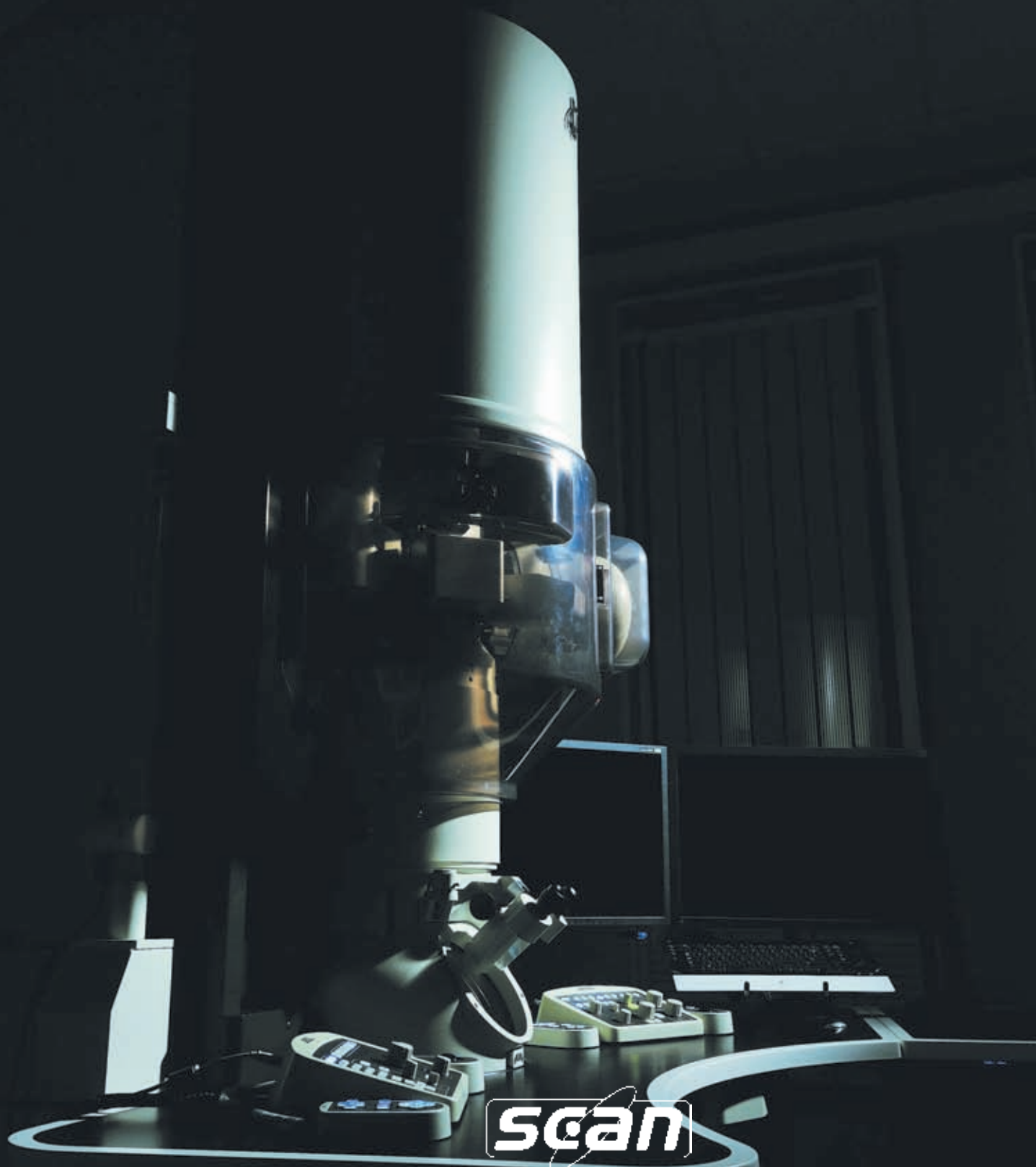
LETNIK 30, ŠT. 1

UDK 533.5.62:539.2:669-982



JEM-ARM200F

...the power of Cs corrected microscopy



scan

SCAN d.o.o. Preddvor

Breg ob Kokri 7 · SI-4205 Preddvor · Phone +386-4-2750200

Fax +386-4-2750420 · scan@siol.net

JEOL

Serving Advanced Technology
since 1949

www.jeol.com

VAKUUMIST 30/1, april 2010

VSEBINA

Beseda urednika Miha Čekada	4
ČLANKI	
Zaščita nerjavnega jekla v kloridnih raztopinah s polietileniminskim korozijskim inhibitorjem Matjaž Finšgar, Ingrid Milošev	5
Preizkušanje na vakuumsko tesnost – neporušitvena akustična metoda Branislav Arsenijevič, Jože Gasperič	15
Zgodnje japonske vakuumske tehnike Stanislav Južnič	20
DRUŠTVENE NOVICE	
Uspešna organizacija mednarodne znanstvene konference Uroš Cvelbar, Miran Mozetič	37
Pregled konferenc v letu 2010	39
Društvene novice	40
Vabilo na strokovno ekskurzijo na sinhrotronski pospeševalnik Elettra v Bazovici pri Trstu Janez Kovač	41
Dr. Eva Perman – 80 let Alojz Paulin	42
Nova oprema na trgu: Rotacijski črpalki Duo 125 in Duo 255	42

VAKUUMIST

Časopis za vakuumsko znanost, tehniko in tehnologije, vakuumsko metalurgijo, tanke plasti, površine in fiziko plazme

Izdajanje Vakuumista sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije

Glavni in odgovorni urednik: doc. dr. Miha Čekada

Uredniški odbor: Matjaž Finšgar, dr. Jože Gasperič, prof. dr. Monika Jenko, dr. Stanislav Južnič, doc. dr. Marta Klanjšek Gunde, doc. dr. Janez Kovač, prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar, dr. Peter Panjan, mag. Andrej Pregelj, dr. Drago Resnik, doc. dr. Alenka Vesel, prof. dr. Franc Zupanič

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: Matjaž Finšgar

Oblikovanje naslovnice: Ignac Kofol

Tisk: Littera picta, d. o. o., Rožna dolina, c. IV/32–36, 1000 Ljubljana

Naklada: 320 izvodov

Vakuumist on-line: <http://www.imt.si/dvts/arhiv.htm>

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: info@dvts.si

Domača stran društva: <http://www.dvts.si>

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 37 96

faks.: (01) 251 93 85

BESEDA UREDNIKA

Revija Vakuumist izhaja že od leta 1981. Za revijo s skoraj 30-letno tradicijo pa je presenetljivo, da je imela doslej le dva glavna urednika. Mag. Andrej Pregelj jo je urejal od prve številke do konca leta 1990, ko je bil izvoljen za predsednika društva. S prvo številko leta 1991 je urednikovanje prevzel dr. Peter Panjan, ki je revijo urejal polnih 19 let.

V lanskem letu sva z dr. Panjanom dala pobudo za prenovu uredniškega odbora. Po razpravi na izvršnem odboru društva smo mandatno dobo glavnega urednika in članov uredniškega odbora določili na tri leta z možnostjo ponovne izvolitve. Za novega glavnega urednika sem bil edini kandidat, več zanimanja pa je bilo za člane uredniškega odbora. Naše vodilo pri izbiri članov uredniškega odbora je bilo, da zajamemo čim več institucij oz. raziskovalnih skupin, ki se v Sloveniji ukvarjajo s področji, katere obsega revija. To pa ni le vakuumska znanost, tehnika in tehnologije, temveč tudi vakuumska metalurgija, tanke plasti, površine in fizika plazme, kakor piše na naši naslovnici.

Osnovna vsebinska zasnova revije ostaja nespremenjena, tudi dinamika izhajanja bo ostala enaka kot doslej. Jedro revije so znanstveni in strokovni prispevki z omenjenih področij znanosti in tehnologije, nekoliko več poudarka pa bomo dali kratkim vestem, praktičnim nasvetom in novicam z društvenega dogajanja. Revijo smo tudi oblikovno nekoliko posodobili. Lektor (dr. Jože Gasperič) in tehnični urednik (Miro Pečar) ostajata ista, mesto korektorja pa je prevzel Matjaž Finšgar.

Na tem mestu se zahvaljujem prejšnjemu uredniškemu odboru, še posebej pa prejšnjemu glavnemu uredniku dr. Petru Panjanu, za uspešno dosedanje urejanje revije.

doc. dr. Miha Čekada
glavni in odgovorni urednik

Novi uredniški odbor

Predstavljamo uredniški odbor v novi sestavi. Za glavnim urednikom so priimki članov urejeni po abecednem redu. Znak * poleg imena pomeni, da je bil že član uredniškega odbora v prejšnji sestavi.

doc. dr. **Miha Čekada***, raziskovalec na Odseku za tanke plasti in površine Instituta »Jožef Stefan«, Ljubljana, glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Matjaž Finšgar, univ. dipl. kem., mladi raziskovalec na Odseku za fizikalno in organsko kemijo Instituta »Jožef Stefan«, korektor Vakuumista

dr. **Jože Gasperič***, upokojeni sodelavec Odseka za fiziko trdne snovi Instituta »Jožef Stefan«, lektor Vakuumista

prof. dr. **Monika Jenko***, direktorica Instituta za kovinske materiale in tehnologije

dr. **Stanislav Južnič***, raziskovalec na University of Oklahoma, ZDA

doc. dr. **Marta Klanjšek Gunde**, raziskovalka v Laboratoriju za spektroskopijo materialov Kemijskega inštituta

doc. dr. **Janez Kovač***, raziskovalec na Odseku za tehnologijo površin in optoelektroniko Instituta »Jožef Stefan«

prof. dr. **Urška Lavrenčič Štangar**, raziskovalka v Laboratoriju za raziskave v okolju Univerze v Novi Gorici

dr. **Peter Panjan***, vodja Odseka za tanke plasti in površine Instituta »Jožef Stefan«, glavni urednik Vakuumista 1991–2009

mag. **Andrej Pregelj***, upokojeni sodelavec podjetja Iskra Zaščite, d. o. o., glavni urednik Vakuumista 1981–1990

dr. **Drago Resnik**, raziskovalec v Laboratoriju za mikrosenzorske strukture in elektroniko Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani

doc. dr. **Alenka Vesel***, raziskovalka na Odseku za tehnologijo površin in optoelektroniko Instituta »Jožef Stefan«

prof. dr. **Franc Zupanič**, visokošolski učitelj na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru

ZAŠČITA NERJAVNEGA JEKLA V KLORIDNIH RAZTOPINAH S POLIETILENIMINSKIM KOROZIJSKIM INHIBITORJEM

Matjaž Finšgar, Ingrid Milošev

Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

V tem delu je predstavljena študija delovanja polimera polietilenimina (PEI) kot korozijskega inhibitorja za nerjavno jeklo AISI 420, izpostavljeno 3-odstotni vodni raztopini NaCl. Za študij učinkovitosti inhibicije PEI smo uporabili tehnike meritev polarizacijske upornosti in ciklične polarizacije ter potopitvenih preizkusov pod stacionarnimi in dinamičnimi pogoji. Z metodo fotoelektronske spektroskopije (XPS) smo študirali način vezave polimera na površino zlitine.

Ključne besede: inhibicija korozije, nerjavno jeklo, kloridna raztopina

Protection of stainless steel in chloride solution by polyethyleneimine corrosion inhibitor

ABSTRACT

In this work we present a study of polymer polyethyleneimine (PEI) as corrosion inhibitor for AISI 420 stainless steel in 3 % NaCl solution. For the evaluation of inhibition effectiveness we performed linear polarization and cyclic polarization measurements together with immersion tests under stationary and dynamic conditions. By X-ray photoelectron spectroscopy we examined interactions between PEI and the substrate.

Keywords: corrosion inhibition, stainless steel, chloride solution

1 UVOD

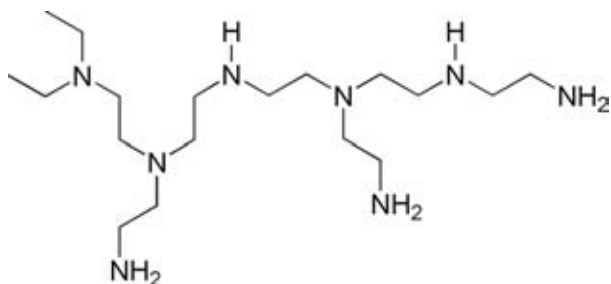
Kljub splošnemu mišljenju, da so nerjavna jekla korozivno odporna, korodirajo pod določenimi pogoji. Znatna lokalna korozija nerjavnih jekel je opazna za raztopine, ki vsebujejo visoke koncentracije kloridnih ionov (primer morska voda). Lokalni korozivni napad lahko vodi do poškodb različnih industrijskih kovinskih delov. Tako je treba posebno pozornost nameniti kovinskim rezervoarjem in pipam, kjer lahko pride do iztekanja tekočin. Kot posledica korozije je še posebej nevarna izguba trdote in kasnejši zlom materiala.

Mnogokratna adsorpcijska mesta polimerov omogočajo močnejšo vezavo na kovinsko površino v primerjavi z monomernimi analogi [1]. Iz tega sklepamo, da bodo polimeri bolj učinkoviti korozijski inhibitorji. Po drugi strani pa se topnost polimerov zmanjšuje s povečevanjem dolžine verige. Zaradi tega je želena prisotnost hidrofilnih funkcionalnih skupin, ki povečujejo topnost molekule. Jianguo s sodel. [2] je pokazal, da je PEI z visoko molsko maso (50 000 g/mol) zelo učinkovit inhibitor v raztopini H_3PO_4 za jeklo z majhno vsebnostjo ogljika. Primerjal je učinkovitost inhibitorjev (UII%) PEI in polivinilpirolidona (PVP) v 3 M H_3PO_4 in ugotovil, da je PEI pri masni koncentraciji, ki je za dva reda velikosti manjša, podobno učinkovit kot PVP.

Gao s sodel. [3] je študiral učinkovitost inhibitorjev PEI in kvarterne soli PEI (QPEI) za jekla z majhno vsebnostjo ogljika v 0,5 M H_2SO_4 . Za sintezo QPEI so uporabili benzil klorid. Pokazali so, da je QPEI pomembno boljši inhibitor od PEI. Za vezavo QPEI-molekule s površino zlitine so predpostavili kombinacijo dveh vrst adsorpcije, fizisorpcijo in kemisorpcijo. Za fizisorpcijo trdijo, da poteka preko pozitivno nabitih dušikovih atomov in negativno nabite kovinske površine, medtem ko za kemisorpcijo predvidevajo nastanek π -d-kompleksov preko π donorskih elektronov benzenovega obroča in 3d-orbital železa. Čeprav te trditve niso bile spektroskopsko potrjene (npr. analiza površine), eksperimentalni podatki kažejo izjemno učinkovitost inhibicije (92 %) pri masni koncentraciji le 5 mg/L in po 72 h izpostavitve.

Beaglehole in sodel. [4] je uporabil tehniko elipsometrije za študij adsorpcije PEI (50 000 g/mol) na nerjavno jeklo AISI 304 in zlato v perkloratni raztopini. Opazil je le majhno odvisnost adsorpcije PEI na površino zlitine s spreminjanjem potenciala nerjavnega jekla. Po procesu adsorpcije pa je polimer PEI ostal na površini nerjavnega jekla na celotnem pasivnem potencialnem področju. Za zlato je ugotovil, da sprememba potenciala vpliva na zvijanje PEI-polimera do tvorbe drugačne konformacije. Schweinsberg s sodel. [5] je dokazal, da PEI deluje kot inhibitor mešanega tipa za baker v H_2SO_4 -mediju. Z metodo SERS (angl. *Surface Enhanced Raman Spectroscopy*) je pokazal, da je PEI na bakreno površino najverjetneje povezan preko atomov dušika. PEI (70 000 g/mol) pa ni zelo učinkovit za mehko železo (angl. *mild steel*) v nevtralnem ali šibko alkalnem mediju, vsebujoč ione Ca^{2+} ali Cl^- [6]. PEI se lahko uporablja za nanos več zaporednih plasti različnih polielektrolitov (angl. *layer-by-layer deposition*), kjer služi kot mesto vezave na kovinsko površino [7,8]. V povezavi s heparinom se PEI uporablja kot prevleka za NiTi-zlitine, ki se rabijo kot biomateriali. Dong s sodel. [9] je pokazal, da ima plast PEI/heparin protikorozijske lastnosti in biokompatibilnost. Prav tako pa PEI poveča topnost kremena in preprečuje nastanek njene oborine, kar se uporablja v industriji procesnih vod [10–12].

Polietilenimin ima splošno strukturno formulo $-(CH_2-CH_2-NH)_n-$. V tem delu smo uporabili PEI s povprečno molsko maso 2000 g/mol in razmerjem



Slika 1: Razvejena struktura polietilenimina

med primarnimi, sekundarnimi in terciarnimi amini 1 : 1 : 0,6 (izmerjeno z ^{13}C NMR). Na **sliki 1** je prikazana PEI-struktura. Topen je v vodi, metanolu, etanolu, n-propanolu, izopropanolu in le delno v etil acetatu, toluenu in ksilenu.

Dušikovi atomi v molekuli PEI so mogoči močni donorji elektronov in so lahko aktivni centri vezave na kovinsko površino. Adsorpcija polimera lahko poteka preko n elektronov organske molekule in praznih d -orbital kovine z donorsko-akceptorskimi interakcijami. Po drugi strani pa je bil podan tudi drug predlog načina vezave [6]. Zaradi protonacije skupin $-\text{N}-$, $-\text{NH}-$ ali $-\text{NH}_2$ v kislinskih raztopinah je PEI pozitivno nabit in deluje kot kationski polimer, ki se lahko veže na negativno nabito površino. Kovina je negativno nabita, kadar je korozijski potencial nižji od potenciala ničelnega naboja (pzc , angl. *potential of zero charge*) ali kadar so prisotni kloridni ioni. Ti imajo močno težnjo po adsorpciji in tvorbi orientiranih dipolov, kar vodi do nastanka negativno nabite kovinske površine [13].

Namen tega dela je študija protikorozivnih lastnosti polietilenimina (2000 g/mol) za nerjavno jeklo AISI 420 v 3-odstotni raztopini NaCl. Način vezave PEI na površino zlitine smo preiskovali z metodo rentgenske fotoelektronske spektroskopije (XPS, angl. *X-ray photoelectron spectroscopy*).

2 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Priprava vzorcev in raztopin

Za korozijske študije smo uporabili ploščice (95×70) mm zlitine nerjavnega jekla AISI 420. Kemijska sestava tega jekla je podana v **tabeli 1**. Vzorce smo brusili na SiC-papirju različnih zrnatosti v zaporedju 800, 1000, 1200, 2400 in 4000 ter polirali z 0,3-mikrometrsko pasto aluminijevega oksida. Nato smo vzorce sprali z deionizirano vodo in jih čistili v standardni alkalni raztopini pod napetostjo približno 10 V. Vzorec zlitine je bil priključen kot katoda in potopljen v alkalno raztopino 30 s. Sestava alkalne raztopine je 20 g/L NaOH, 22 g/L Na_2CO_3 , 16 g/L $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1 g/L Na_4EDTA (BASF Trilon® B Powder)

in 0,5 g/L nonil fenil poliglikol eter (BASF Lutensol® AP 10). Nato smo vzorce potopili v čisti etanol in jih očistili v ultrazvočni kopeli ter temeljito sprali z deionizirano vodo. Vzorce smo pred analizo posušili s curkom zraka (tlak 3 bar).

Polietilenimin (BASF Lugalvan G35, povprečna molska masa 2000 g/mol, 50-odstotna vodna raztopina) smo raztopili v 3-odstotni raztopini NaCl (čistost *pro analysis*, Riedel-de Haen) do masne koncentracije (10, 100 in 1000) mg/kg. V industriji procesnih vod se pogosto uporablja enota ppm, ki pa po mednarodnem standardu ISO 31 ni dovoljena.

Tabela 1: Sestava nerjavnega jekla AISI 420 v masnih deležih

	Cr	Mn	Si	C	P	S
w/%	12–14	1	1	0,15	0,04	0,03

2.2 Elektrokemijske meritve

Meritve smo izvajali v stekleni elektrokemijski celici PAR K0235 volumna 0,25 L. Pripravljene vzorce smo vpeli v vertikalni položaj, kjer je delovna elektroda imela 1 cm^2 svoje površine izpostavljene raztopini. Platinsko žičko smo uporabili kot pomožno elektrodo in Ag/AgCl (3 M KCl) kot referenčno elektrodo (RE). Meritve smo izvajali s potenciostat/galvanostatom PAR model 263A, nadzorovanim s programom PowerSuite. Za korozijske meritve so bile izvedene naslednje elektrokemijske meritve: krono-potenciometrična meritev pri potencialu odprtega kroga E_{ok} , meritve polarizacijske upornosti R_p in meritve ciklične polarizacije (CP).

Krono-potenciometrična meritev je potekala vsaj 1 h, oziroma dokler sprememba potenciala s časom ni bila manjša od 3 mV/min [14]. Slednji eksperiment je služil kot stabilizacijski proces pred meritvami R_p in CP-krivulj ter kot tehnika za določevanje korozijskega potenciala E_{kor} . Tega se določi kot zadnji ugotovljeni potencial na koncu krono-potenciometrične meritve, kjer površina elektrode doseže kvazistacionarno stanje.

Meritve R_p so bile izvedene na potencialnem področju $\pm 10 \text{ mV}$ glede na E_{kor} s hitrostjo preleta $v = 0,1 \text{ mV/s}$. Naredili smo večje število ponovitev eksperimentov R_p , dokler vsaj štiri meritve niso ustrezale Grubbsovemu statističnemu preizkusu (meritve ubežnikov so bile zavržene). Kot rezultat je podana povprečna vrednost R_p .

CP-meritve so bile izvedene na potencialnem področju od $-0,25 \text{ V}$, glede na E_{kor} do $1,0 \text{ V}$ glede na Ag/AgCl, nato smo potencial obračali v katodno smer, dokler nismo opazili jasno izraženega repasivacijskega potenciala (E_{rp}). CP-eksperimente smo izvedli s hitrostjo preleta $v = 1 \text{ mV/s}$. Naredili smo vsaj šest

ponovitev in kot rezultat je podana reprezentativna krivulja.

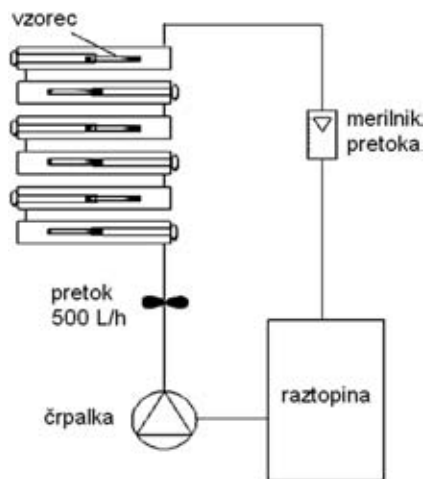
2.3 Potopitveni preizkusi

Za gravimetrične meritve smo uporabljali analitsko tehtnico Sartorius LA 230 S ($\sigma = \pm 0,1$ mg). Vzorci so bili izrezani iz 2-milimetrske nerjavne jeklene ploščice (15×20) mm in brušeni z brusilnim papirjem zrnatosti 120 [15]. Po brušenju smo uporabili enak postopek čiščenja kot v primeru elektrokemijskih meritev. Posušene vzorce smo stehali pred izpostavitvijo korozivnemu mediju. Potopitveni preizkusi so bili izvedeni v polietilenskih lončkih volumna 120 mL. Izvedli smo dva potopitvena preizkusa.

Prvi preizkus je potekal pri stalni masni koncentraciji inhibitorja PEI med celotnim eksperimentom. Pri drugem potopitvenem preizkusu smo vzorec za 1 h izpostavili 3-odstotni raztopini NaCl pri različnih masnih koncentracijah PEI. Nato smo vzorce sprali z deionizirano vodo in jih kasneje potopili v čisto raztopino 3-odstotnega NaCl (angl. *film persistency test* [16]). Po preteku tedna ali meseca smo vzorce vzeli iz raztopine, sprali z deionizirano vodo, rahlo obrisali s papirnato brisačo (za odstranitev močno vezanih korozijskih produktov), ponovno sprali z deionizirano vodo, posušili z curkom zraka in stehali.

2.4 Pretočni sistem

Stojalo za pretočni sistem je sestavljeno iz PVC-pip (model CCR-3, GE Infrastructure [17]), črpalke (Iwaki) in merilnika pretoka (Burkert). Shematski prikaz te naprave je predstavljen na **sliki 2**. Vzorce pravokotnih oblik ($13 \times 76 \times 2$) mm [18]) smo postavili v horizontalno lego in uravnavali pretok raztopine na 500 L/h. Vzorce smo izpostavili dinamičnim pogojem v 3-odstotno raztopino NaCl brez PEI in z njim z masno koncentracijo (10, 100 ali 1000)



Slika 2: Shema pretočnega sistema

mg/kg. Za povezavo vzorca s PVC-nosilcem preko PVC-vijaka je bila v jeklo izvrtana 5-milimetrska luknja. Vsak vzorec smo očistili kot v primeru elektrokemijskih meritev in stehali pred eksperimentom.

2.5 Rentgenska fotoelektronska spektroskopija (XPS)

Za površinsko analizo smo uporabili enak postopek čiščenja vzorcev kot za elektrokemijske meritve, vendar smo za čiščenje in pripravljanje raztopin v tem primeru uporabili vodo HPLC-čistoče (angl. *HPLC grade*). Jekleno ploščico smo za 1 h izpostavili 3-odstotni raztopini NaCl s koncentracijo PEI 1000 mg/kg. Ta vzorec bomo imenovali s kratico TS (angl. *Treated Sample*). Vzorec, ki je bil samo očiščen, bo rabil kot referenčni in ga bomo imenovali s kratico RS (angl. *Reference Sample*).

XPS-meritve smo izvedli na instrumentu PHI 5600 LS s standardnim izvirom Mg K_{α} (energije 1253,6 eV) in hemisferičnim elektronskim analizatorjem pri energiji prehoda skozi analizator 29,0 eV za visoko ločljive spektre in 187,8 eV za pregledne. Analizo smo izvedli pri kotu emitiranih elektronov θ glede na površino vzorca 5° , 20° , 45° in 90° (angl. *take-off angle*). S povečevanjem θ se globina analize povečuje, zato se pri globinsko nehomogenih vzorcih spektri, merjeni pri različnih θ , razlikujejo. Analiza XPS je potekala na področju približno $0,5$ mm². Za določanje energijske skale in tudi za odpravljanje pojava ustvarjanja naboja na vzorcu je bil uporabljen vrh C 1s tujega ogljika pri vezni energiji (E_v) 285,0 eV. Odštetje bazne linije, prilagajanje vrhov in določevanje relativnih atomskih koncentracij (A) smo izvedli s programsko opremo CasaXPS. Uporabili smo Shirleyevo metodo odštetja ozadja [19]. Za oceno pozicij vrhov smo uporabili E_v glede na predhodne študije [20–22].

3 REZULTATI

3.1 Meritve polarizacijske upornosti

Korozijski potencial E_{kor} smo določili iz kronopotenciometričnih eksperimentov. Nato smo izmerili polarizacijsko upornost R_p v čisti 3-odstotni raztopini NaCl ali z dodatkom (10, 100 in 1000) mg/kg masne koncentracije PEI. Vrednosti R_p smo določili iz naklona krivulje E v odvisnosti od gostote toka j pri E_{kor} (oziroma pri $j = 0$). Povprečna vrednosti R_p in E_{kor} so podana v **tabeli 2**. Vrednosti R_p naraščajo z večanjem masne koncentracije inhibitorja in v prisotnosti 1000 mg/kg PEI dosežejo vrednost 43,74 k Ω cm². Večanje vrednosti R_p z višanjem masne koncentracije PEI nakazuje, da se zlitina v prisotnosti inhibitorja upira oddati elektron elektroaktivni zvrsti v raztopini bolj kot v neinhibirani raztopini. Učinkovitost inhibi-

Tabela 2: Rezultati elektrokemijskih meritev; R_p in UI iz meritev polarizacijske upornosti, E_{kor} iz krono-potenciometričnih meritev (E_{ok} vs. t) in E_{preb} ter E_{rp} iz CP-krivulj

	γ /(mg/kg)	R_p /(k Ω cm ²)	E_{kor} /V	E_{preb} /V	E_{rp} /V	UI %
3-odstotna NaCl		7,90	0,064	0,283	-0,014	
PEI	10	9,14	0,104	0,355	0,049	13,5
	100	33,93	0,120	0,571	0,028	76,7
	1000	43,74	0,120	0,765	-0,016	81,9

cije UI % smo določili iz povprečnih vrednosti R_p po enačbi (1) in so podane v **tabeli 2**:

$$UI = \frac{R_p(\text{prisoten inhibitor}) - R_p(\text{brez inhibitorja})}{R_p(\text{prisoten inhibitor})} \times 100 \quad (1)$$

Pri 10 mg/kg PEI je vrednost UI majhna, vendar naraste pri višjih masnih koncentracijah. Slabša inhibicijska učinkovitost pri masni koncentraciji 10 mg/kg nakazuje, da enourna izpostavitve ni zadosten čas za tvorbo stabilne zaščitne plasti ali da je masna koncentracija PEI premajhna. Pri višjih masnih koncentracijah pa se tvori protikorozijsko zelo učinkovita plast.

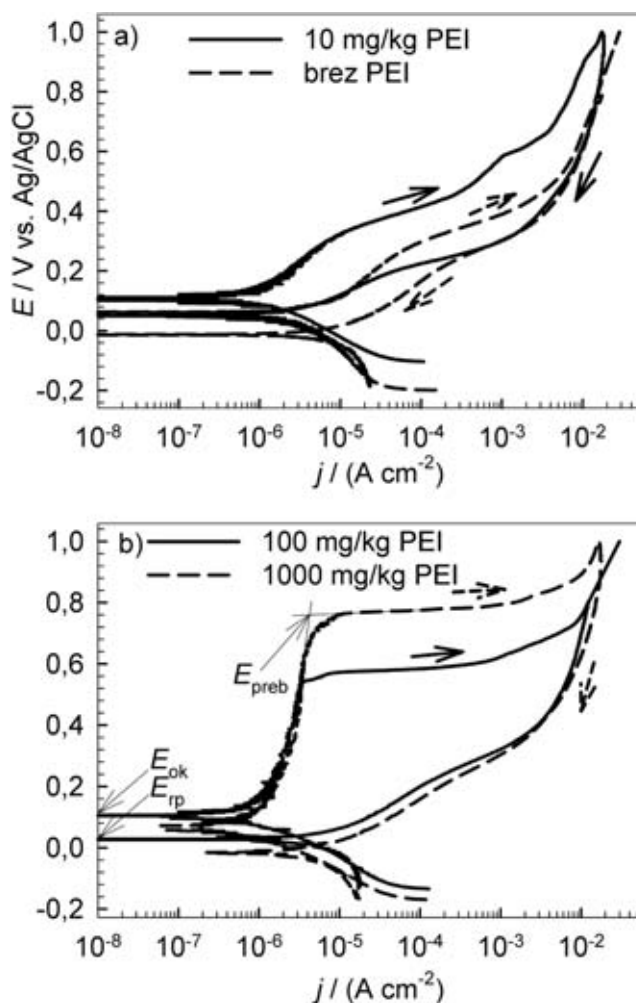
3.2 Meritve ciklične polarizacije (CP)

Metoda CP je uporabna tehnika pri pridobivanju informacij o aktivnem in pasivnem vedenju kovine ali zlitine, prav tako pa omogoča študij lokalne korozije. Potencial preboja E_{preb} se določi v anodni smeri CP-krivulje kot potencial, pri katerem gostota toka nenadoma naraste. Repasivacijski potencial E_{rp} pa se določi v katodni smeri kot potencial, pri katerem je gostota toka najmanjša oziroma tok ne teče (anodni tok preide v katodnega) [23].

Naredili smo večje število ponovitev meritev CP-krivulj, iz katerih smo kot rezultat izbrali reprezentativno meritev. CP-krivulje, izmerjene v čistem 3-odstotnem NaCl ali pri (10, 100 in 100) mg/kg PEI, so prikazane na **sliki 3** (vrednosti E_{preb} in E_{rp} so podane v **tabeli 2**). Raztopljen kisik in vodikovi ioni so edine reducirajoče vrste v raztopini. Potek katodnega dela polarizacijske krivulje pri potencialu okrog -0,25 V vs. E_{ok} določa najprej sproščanje vodika in kasneje, pri potencialih bližje E_{kor} , redukcijo masno kontroliranega transporta raztopljenega kisika. Primerjava katodnih delov CP-krivulj, izmerjenih v neinhibirani raztopini s krivuljami, izmerjenimi v raztopinah pri dodatku PEI, pokaže, da pomembnih razlik ni (**slika 3**). V prisotnosti PEI se E_{kor} pomakne proti bolj pozitivnim potencialom, iz česar sklepamo, da PEI primarno deluje kot anodni inhibitor.

Že dodatek 10 mg/kg PEI vodi do zmanjšanja gostote toka v anodnem delu za en red velikosti v primerjavi z neinhibirano raztopino. Ta padec je še bolj izrazit v primeru dodatka višjih masnih koncentracij PEI. Pri masni koncentraciji PEI (100 in 1000) mg/kg

nastane izrazit potencial preboja, ki je v primerjavi z neinhibirano raztopino pomaknjen za 0,288 V (100 mg/kg) in 0,482 V (1000 mg/kg) proti bolj pozitivnim potencialom. Ta pomemben premik E_{preb} nakazuje, da bo nastanek jamičaste korozije pri dodatku višjih masnih koncentracij PEI v 3-odstotni raztopini NaCl upočasnjena [24]. V transpasivnem področju (pri bolj pozitivnih potencialih od E_{preb}) nastane zlom zaščitne plasti in lahko nastanejo jamice na določenih mestih površine zlitine. Na vseh CP-krivuljah opazimo pozitivno histerezo (gostota toka v katodni smeri je višja od tiste v anodni smeri). To pomeni, da kadar prese-



Slika 3: Meritve ciklične polarizacije nerjavnega jekla AISI 420 v 3-odstotni raztopini NaCl ali z dodatkom 10 mg/kg masne koncentracije PEI (a) ter z dodatkom 100 mg/kg in 1000 mg/kg PEI (b). Primer določitve E_{ok} , E_{preb} , E_{rp} je prikazana za masno koncentracijo 1000 mg/kg.

žemo E_{preb} , je 3-odstotna raztopina NaCl preveč korozivna in/ali pa je bil potencial obrata previsok, da bi zaščitna plast inhibitorja na zlitini omogočala reparativno. Splošno velja, da bodo jamice, ki so posledica lokalne korozije, rasle v primeru, ko je E_{kor} višji od E_{tp} [24]. Na vseh CP-krivuljah je E_{kor} pri bolj pozitivnih potencialih kot E_{tp} , kar potrjuje prejšnjo trditev o pozitivni histerezi.

3.3 Meritve potopitvenih preizkusov

Zaščitne lastnosti PEI-inhibitorja proti splošni koroziji (angl. *general/uniform corrosion*) smo preverili s potopitvenimi preizkusi. Da se izognemo kopičenju korozijskih produktov, je bil volumen raztopine (v mililitrih) vsaj 15-krat večji od površine vzorca (v kvadratnih centimetrih) [25]. Pri obeh gravimetričnih preizkusih smo izvedli šest ponovitev za vsako masno koncentracijo inhibitorja in izračunali povprečno vrednost izgube mase (ubežniki so bili zavrženi z Grubbsovimi preizkusi). Te povprečne vrednosti smo uporabili za izračun $UI/\%$ po enačbi (slika 4):

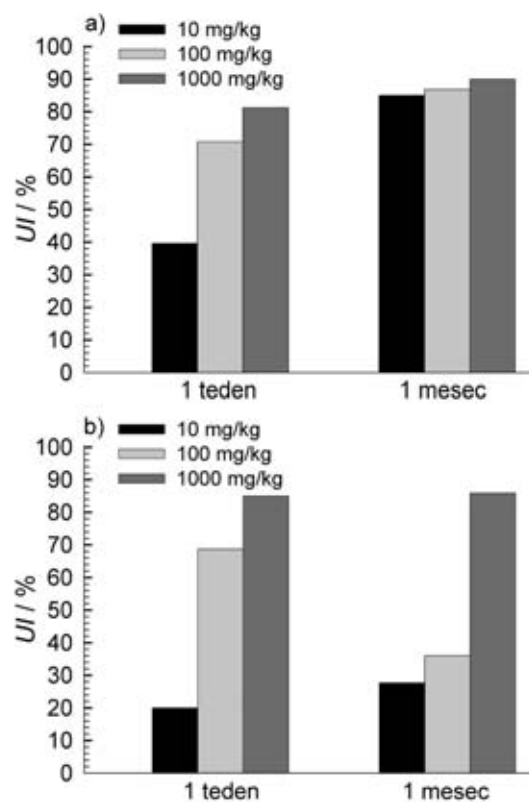
$$UI = \frac{\Delta m(\text{prisoten inhibitor}) - \Delta m(\text{brez inhibitorja})}{\Delta m(\text{prisoten inhibitor})} \times 100 \quad (2)$$

Rezultati prvega gravimetričnega preizkusa s stalno masno koncentracijo inhibitorja med celotnim potekom eksperimenta so prikazani na sliki 4a. S povečevanjem masne koncentracije PEI se učinkovitost inhibitorja povečuje. Po enotedenski izpostavitvi so UI -vrednosti 39,6 %, 70,8 % in 81,2 % za dodatek PEI (10, 100 in 1000) mg/kg. Delovanje inhibitorja je še bolj izrazito po enomesečni izpostavitvi, kjer pride do povečanja UI -vrednosti pri vseh dodatkih PEI. Najvišjo vrednost (90,9 %) doseže pri masni koncentraciji 1000 mg/kg.

Po enomesečni izpostavitvi smo opazili v neinhibirani raztopini veliko rjavkastih korozijskih produktov, prav tako pa so se na vzorcih zlitine pojavile jamice, ki so opazne že s prostim očesom. Nasprotno pa je v inhibiranih raztopinah tekočina ostala jasna z nespremenjenim videzom vzorcev. Ta opažanja potrjujejo meritve CP-krivulj.

Primerjava vrednosti UI iz gravimetričnih meritev (slika 4a) z vrednostmi iz meritev R_p (tabela 2) pokaže, da se elektrokemijski eksperimenti skladajo z rezultati izgube mase pri enotedenskem preizkusu (predvsem za višje masne koncentracije PEI). Meritve R_p izražajo hitrost splošne korozije. Primerjava teh dveh preizkusov: pri gravimetričnih meritvah ne sme biti lokalne korozije, ki je po enem tednu tudi nismo opazili. Vendar pa je razlika vrednosti UI , pridobljenih iz teh dveh tehnik, razmeroma velika pri najnižji masni koncentraciji (26 %).

Pri drugem potopitvenem preizkusu smo vzorce najprej za 1 h izpostavili 3-odstotni raztopini NaCl z dodatkom (10, 100 ali 1000) mg/kg inhibitorja za tvorbo površinske plasti. Nato smo vzorce sprali in kasneje izpostavili neinhibirani raztopini 3-odstotnega NaCl. Vzorec brez predhodne izpostavitve inhibirani raztopini se je uporabil kot referenčni. Enournna izpostavitve za tvorbo plasti je tipična pri tem preizkusu [16]. Za preverjanje lastnosti tvorjene zaščitne plasti smo po enem tednu ali mesecu izmerili izgubo mase vzorcev zlitine in izračunali UI po enačbi (2) (slika 4b). Po enotedenski izpostavitvi vrednosti UI naraščajo s povečevanjem masne koncentracije inhibitorja. Nadalje, po enomesečni izpostavitvi vrednost UI za masno koncentracijo 10 mg/kg ostane približno enaka kot v prejšnjem primeru, vendar pade pri masni koncentraciji 100 mg/kg (za približno 32 %). Iz tega sklepamo, da je ta koncentracija ali enournna tvorba zaščitne plasti nezadostna za tvorbo boljše zaščitne plasti. Po drugi strani pa je pri tvorbi v raztopini pri masni koncentraciji PEI 1000 mg/kg zaščitna plast ostala zelo učinkovita proti koroziji (povprečna izguba mase po enem mesecu je bila le 1,0 mg). Tako je pri tej vsebnosti PEI možna tvorba zelo dobre zaščitne plasti, ki jo je mogoče kasneje uporabiti v neinhibirani raztopini v daljšem časovnem obdobju. Ta lastnost



Slika 4: Učinkovitost inhibicije PEI (10, 100 in 1000) mg/kg v 3-odstotni raztopini NaCl po enotedenski in enomesečni izpostavitvi; a) PEI prisoten med celotnim preizkusom in b) enournna tvorba PEI-plasti in kasnejša izpostavitve čisti 3-odstotni raztopini NaCl

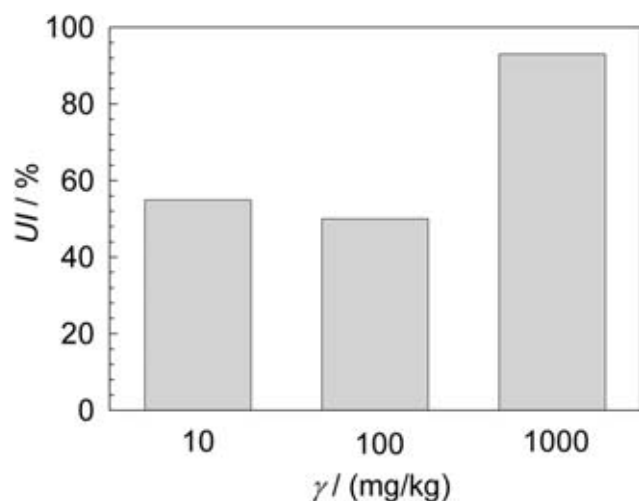
presega uporabnost tipičnega inhibitorja, ki mora biti prisoten med celotnim obdobjem izpostavitve vzorca korozivnemu mediju.

3.4 Meritve v pretočnem sistemu

Pri dinamični pogojih (primer sistem pip) se lahko kovina iz vzorca odstrani v obliki raztopljenih ionov, trdnih delcev korozijskih produktov ali kot sama matična kovina (posledica trka trdnega korozijskega delca in/ali delca kontaminacije, ki kroži v sistemu, ali turbulentnega toka tekočine [26]). Erozijska korozija je posledica toka korozivne tekočine nad kovinsko površino in je odvisna od hitrosti pretoka tekočine. Z merjenjem korozijskih hitrosti v dinamičnih razmerah za neinhibirano raztopino ali z dodatkom inhibitorja smo preiskovali vpliv erozijske korozije. Pri vsaki meritvi izgube mase smo izvedli šest ponovitev (meritve ubežnikov so bile zavržene z Grubbovim preizkusom). Izračun povprečnih vrednosti Δm in UI je enak kot v primeru potopitvenih preizkusov in je prikazan na **sliki 5**.

Zaradi kombinacije abrazije in korozije pri tem preizkusu pričakujemo, da bodo izgube mase večje kot pri stacionarnih pogojih (potopitveni preizkusi). Primerjava izgub mas po enotedenski izpostavitvi (preračunano na površino 1 cm²) pod dinamičnimi pogoji in s stacionarnimi pogoji (prvi potopitveni preizkus) je podana v **tabeli 3**. Opazimo približno 15-kratno povečanje izgube mase pri preizkusu sistema pip v primerjavi s potopitvenimi preizkusi v neinhibirani raztopini.

Primerjava dodatka 10 mg/kg PEI z dodatkom 100 mg/kg ne pokaže pomembnih razlik (**slika 5**), vendar pa opazimo pri masni koncentraciji 1000 mg/kg zelo visok UI (93,0 %). Iz tega sklepamo, da je PEI pri



Slika 5: Učinkovitost inhibicije PEI (10, 100 in 1000) mg/kg v 3-odstotni raztopini NaCl v pretočnem sistemu; pretok 500 L/h.

masni koncentraciji 1000 mg/kg zelo učinkovit inhibitor za pretočne sisteme.

Tabela 3: Primerjava izgube mase (mg/cm²) po enotedenski izpostavitvi dinamičnim in stacionarnim pogojem (s stalno masno koncentracijo inhibitorja)

masna koncentracija γ / (mg/kg)	10	100	1000	brez PEI
dinamični pogoji	0,73	0,81	0,11	1,62
stacionarni pogoji	0,08	0,04	0,01	0,11

3.5 Meritve rentgenske fotoelektronske spektroskopije (XPS)

3.5.1 Analiza pri kotu emitiranih elektronov 45°

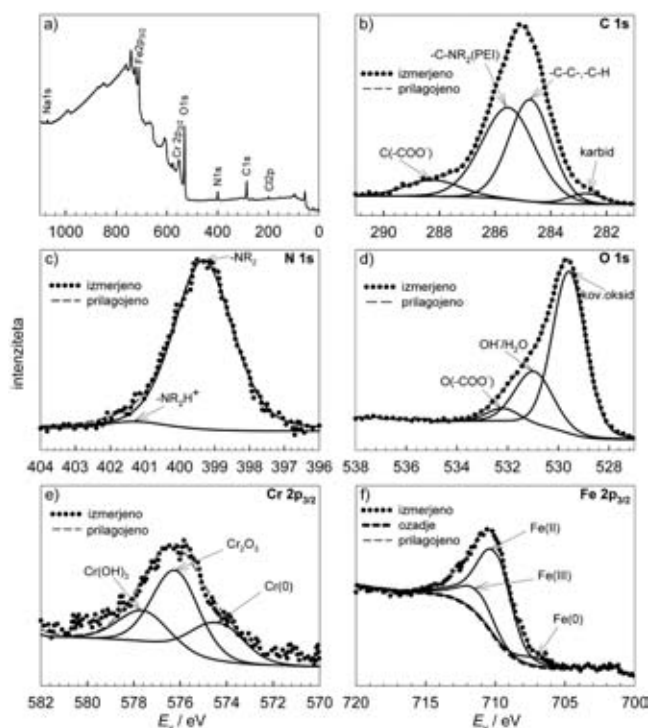
Za kvantitativno analizo XPS smo izvedli tri meritve na različnih mestih površine vzorca. Vzorec nerjavnega jekla AISI 420, ki je bil po čiščenju 1 h izpostavljen 3-odstotni raztopini NaCl pri masni koncentraciji 1000 mg/kg PEI, spran z vodo čistoče HPLC in posušen, bomo imenovali s kratico TS. Kot referenčni vzorec smo uporabili očiščeno nerjavno jekleno ploščico tipa AISI 420 brez izpostavitve kakršni koli raztopini in jo bomo imenovali s kratico RS.

Primer preglednega spektra in visoko ločljivih spektrov s prilagojenimi vrhovi za TS so prikazani na **sliki 6**. Pregledni in visoko ločljivi spektri za C 1s, N 1s, O 1s, Cr 2p_{3/2} in Fe 2p_{3/2} so bili izmerjeni pri kotu emitiranih elektronov glede na površino vzorca (θ) 45°. Na spektru C 1s se prilega pet vrhov (**slika 6b**); karbid (pri 283,0 eV [27]), alifatski ogljik (–C–C– ali –C–H pri 285,0 eV), ogljik, vezan na aminske skupine (–C–NR₂(PEI), R je C ali H, pri 285,7 eV), ogljik, vezan na kisik (–C–O– pri 286,5 eV; bodisi eter ali hidroksil) in ogljik karboksilne skupine (C(–COO[–]) pri 288,3 eV).

Na visoko ločljivem spektru N 1s (**slika 6c**) dobimo s prileganjem večinoma vrh za nenabito amsinsko skupino pri nižji E_v (–NR₂ pri 399,4 eV) in mnogo manjši vrh pri približno +2,0 eV višji E_v , ki ustreza nabiti amsinski skupini (–NR₂H⁺). Prisotnost teh dveh vrhov je posledica adsorpcije PEI. Drugih vrhov, ki bi ustrezali kemisorpciji PEI na površino zlitine, ne opazimo [28].

Signal O 1s je sestavljen iz treh vrhov (**slika 6d**). Prvi vrh pri E_v 529,7 eV ustreza O^{2–} za kromove in železove okside (označen kot »kov. oksid«, ker med oksidi železa in kroma s to metodo ne moremo razlikovati). Drugi vrh pri +1,4 eV višji E_v , kot prvi je signal za hidrokside ali vodo (označen z OH[–]/H₂O) [21]. Tretji vrh pri E_v 532,3 eV pomeni kisikov atom karboksilne skupine O(–COO[–]).

Visoko ločljivemu vrhu Cr 2p_{3/2} prilagodimo tri vrhove. Vrh za kovinski krom se nahaja pri E_v 574,5



Slika 6: Pregledni (a) in visoko ločljivi (b–f) spektri XPS, izmerjeni po enurni potopitvi jekla AISI 420 v 3-odstotno raztopino NaCl pri masni koncentraciji 1000 mg/kg PEI pri $\theta = 45^\circ$: C 1s (b), N 1s (c), O 1s (d), Cr 2p_{3/2} (e) in Fe 2p_{3/2} (f)

eV, vrh za Cr₂O₃ pri 576,4 eV in vrh za Cr(OH)₃ pri 577,8 eV (**slika 6e**). V primeru, da bi bil prisoten

Cr(VI), pričakujemo nov vrh pri 578,7 eV [29], vendar ga nismo opazili.

Spektru Fe 2p_{3/2} prilagodimo tri vrhove (**slika 6f**). Vrh za kovinsko železo se nahaja pri $E_v = 707,2$ eV, za zvrsti Fe(II) pri 709,9 eV in za zvrsti Fe(III) pri 711,2 eV.

Na površini obeh vzorcev (TS in RS) je večinoma ogljik, kisik, železo ter v manjši meri silicij in klor (**tabela 4**). Na TS je v primerjavi z RS več dušika (nasprotno za krom). Čeprav je na RS tudi bor, ga na površini TS ne izmerimo. Na TS izmerimo tudi natrij in kalcij. Prisotnost kalcija je presenetljiva. Specifikacija uporabljene kemikalije NaCl navaja, da vsebuje največ 0,002 % (w) kalcija. To je edini možen vir tega elementa na površini TS. Relativna atomska koncentracija silicija (A_{Si}) je na površini obeh vzorcev podobna. Iz tega sklepamo, da je silicij sestavni del zlitine nerjavnega jekla. A_{Fe} , A_O in A_C so na obeh vzorcih podobne, vendar so pozicije prilagojenih vrhov drugačne, kar kaže na različno kemijo na površini vzorcev TS in RS.

Na površini RS je koncentracija $A_{(-C-C-, -C-H)}$ višja kot pri TS (17,4 % za RS v primerjavi z 12,4 % za TS). Prav tako pa je na RS nasprotno od TS prilagojen vrh, ki ustreza ogljiku, vezanemu na kisik (–C–O–skupina). Na obeh vzorcih opazimo prilagojen vrh za ogljik pri nižjih E_v kot je ogljikov vrh za –C–C– ali –C–H. Ta vrh pripada karbidu, ki je najverjetneje

Tabela 4: Povprečne vrednosti (normalizirano na 100 %) relativnih atomskih koncentracij (A), standardni odmik (st. od.) in E_v za določen vrh pri različnih θ

element / st. od.	C	±	N					±				
prilagojen vrh			–C–C–, –C–H	–C–NR ₂ (PEI)	–C–O–	C(–COO [–])	karbid		–NR ₂	–NR ₂ H ⁺		
E_v /eV			285,0	285,7	286,5	288,3	283,0		399,4	401,4		
$\theta = 5^\circ$	TS	47,7	1,3	25,5	17,6	–	4,4	0,2	9,1	0,3	8,6	0,6
$\theta = 20^\circ$		39,0	2,4	18,4	15,6	–	4,3	0,7	8,2	0,3	7,7	0,5
$\theta = 45^\circ$		27,9	2,4	12,4	11,5	–	3,1	0,8	6,2	0,1	5,8	0,4
$\theta = 90^\circ$		21,0	1,0	7,3	10,1	–	2,6	0,9	5,0	0,2	4,7	0,3
$\theta = 45^\circ$		RS	27,2	1,9	17,4	–	4,4	4,9	0,5	1,6	0,1	1,6

element / st. od.	O	±	Fe			±					
prilagojen vrh			kov. oks.	OH/H ₂ O	O(–COO [–])		Fe(0)	Fe(II)	Fe(III)		
E_v /eV			529,7	531,1	532,3		707,2	709,9	711,2		
$\theta = 5^\circ$	TS	23,3	0,4	11,8	7,5	4,0	12,0	0,5	0,5	8,1	3,4
$\theta = 20^\circ$		30,0	0,6	17,6	8,9	3,5	15,4	0,8	0,9	9,1	5,5
$\theta = 45^\circ$		38,0	1,0	24,9	10,3	2,8	21,1	0,5	1,3	13,0	6,8
$\theta = 90^\circ$		42,1	1,7	29,7	10,3	2,1	24,1	0,8	3,0	10,7	10,4
$\theta = 45^\circ$		RS	42,8	1,0	16,6	21,7	4,4	20,1	0,7	3,2	4,7

element / st. od.	Cr	±	Ca			±	Cl	±	Si	±	Na	±	B	±		
prilagojen vrh			Cr(0)	Cr ₂ O ₃	Cr(OH) ₃											
E_v /eV			574,5	576,4	577,8	346,7	198,3		152,7		1070,9		191,7			
$\theta = 5^\circ$	TS	1,1	0,1	0,4	0,5	0,2	0,0	2,5	0,2	1,4	0,5	2,6	0,5	–	–	
$\theta = 20^\circ$		1,4	0,1	0,4	0,7	0,3	0,2	0,0	2,0	0,4	1,4	0,3	2,4	1,0	–	–
$\theta = 45^\circ$		2,4	0,1	0,7	1,2	0,5	0,2	0,1	1,4	0,1	1,0	0,3	1,9	1,2	–	–
$\theta = 90^\circ$		3,9	0,3	1,5	1,8	0,7	0,2	0,0	0,8	0,1	1,5	0,1	1,4	0,3	–	–
$\theta = 45^\circ$		RS	6,8	0,3	0,3	3,1	3,4	–	–	0,2	0,0	0,8	0,3	–	–	0,7

sestavni del zlitine. Pomembno višje koncentracije dušika izmerimo na površini TS (6,2 %) v primerjavi z RS (1,6 %). Prisotnost dušika na RS je verjetno posledica adsorpcije atmosferskih molekul, ki vsebujejo atome dušika. Hkrati pa je prilagojen vrh na spektru C 1s, ki ustreza vezi C–N (**slika 6b**). Razmerje $A_N/A_{C(C-N)}$ pri vseh θ (**tabela 5**) je zelo blizu vrednosti 0,5, ki jo pričakujemo iz stehiometričnega razmerja za molekulo PEI. Iz tega sklepamo, da se je PEI adsorbiral na površino. Spektru N 1s se prilegata le vrhova za aminske ($-NR_2$) in protonirano aminske skupino ($-NR_2H^+$) in ni vrhov, ki ustrezajo vezavi C–N–kovina pri E_v okoli 397,8–398,7 eV [28]. Iz tega sklepamo, da je PEI fizisorbiran na površino zlitine. Ta pojav je pogost za adsorpcijo velikih molekul na kovinske površine [30,31].

Tabela 5: Izračunana razmerja relativnih atomskih koncentracij A kot dokaz PEI-adsorpcije in vključitve Cl^-

θ	$A_N / A_{C(-C-NR_2(PEI))}$	$A_{N(NR_2H^+)} / A_{Cl}$
5°	0,52	0,24
20°	0,53	0,25
45°	0,54	0,29
90°	0,49	0,37

Primerjava razmerij A_{Fe}/A_{Cr} pri $\theta = 45^\circ$ za TS in RS pokaže, da je železo na površini TS obogateno glede na krom (razmerje 8,8 za TS in 2,9 za RS). Iz tega sklepamo, da je površinska koncentracija zvrsti kroma na TS manjša kot v primeru RS. Čeprav se v kloridnih raztopinah pričakuje obogatitev površine zlitine z zvrstmi kroma [22], tega ne opazimo. Razlog za ta pojav je lahko prenos zvrsti železa proti površini zaradi adsorpcije PEI. Kot drugi razlog navajamo, da je to lahko posledica raztapljanja zvrsti Cr(III) in kasnejša odstranitev s površine vzorca. To potrjuje tudi nižja $A_{Cr(OH)_3}$ na TS v primerjavi z RS (**tabela 4**).

Sestava zvrsti železa se na TS in RS tudi razlikuje (**tabela 4**). Na RS je višja A zvrsti Fe(III) (verjetno Fe_2O_3) in manjša A zvrsti Fe(II). To razmerje je na TS obratno. Prileganje vrhov v spektru Fe 2p_{3/2} je manj zanesljivo in zato podrobnejše razlage ne navajamo. Prav tako pa ne moremo razlikovati med železovimi in kromovimi oksidi v spektru O 1s, ker so pozicije vrhov preveč skupaj.

3.5.2 Kotno ločljiva spektroskopija XPS

Na TS in RS smo izvedli dva niza meritev. V prvem nizu smo meritve XPS izvedli na treh različnih mestih površine zlitine pri $\theta = (45^\circ \text{ in } 90^\circ)$. V drugem nizu smo meritve prav tako izvedli na treh mestih pri $\theta = (5^\circ, 20^\circ \text{ in } 45^\circ)$. Razlog za izvedbo dveh nizov je velikost vzorca, ki je preprečevala kontinuirano merjenje od 5° proti 90° . Pomembnih razlik pri meritvah obeh nizov pri $\theta = 45^\circ$ nismo opazili. Iz tega

sklepamo, da sta oba niza meritev reprezentativna. Povprečja relativnih atomskih koncentracij (A) treh meritev (šest pri $\theta = 45^\circ$), ki so normalizirane na 100 %, standardni odmik posameznega niza in E_v za določene komponente so združeni v **tabeli 4**. Za izdelavo preprostega plastovitega modela smo izračunali razmerja $A(5^\circ \text{ ali } 20^\circ \text{ ali } 45^\circ)/A(90^\circ)$ po enačbi [32]:

$$k(\theta) = \frac{A(\theta)}{A(90^\circ)} \quad (3)$$

Izračunana razmerja so podana v **tabeli 6**. Višje $k(\theta)$ -vrednosti pomenijo, da je analizirana plast bližje površju vzorca. Pri predpostavki tega modela so izračunana razmerja pri 5° in 20° bolj zanesljiva kot pri 45° , saj boljše opišejo področje površine. Ta model kaže le gradiente komponent in ne striktno ločene plasti na površini vzorca, prav tako pa ne določa debelin posameznih plasti.

Vrh $O(-COO^-)$ se delno prekriva z $O(OH^-/H_2O)$ (**slika 6d**). Prekrivanje je tudi med vrhovoma $C(-COO^-)$ in $C(-C-NR_2(PEI))$, vendar ni tako intenzivno kot v prejšnjem primeru (**slika 6b**). Tako smo za plasti, ki so oksidirane / razpadle organske zvrsti (vsebujoč $-COO^-$) v plastovitem modelu uporabili prilagojeni $-COO^-$ vrh ogljika in razmerje za prilagojeni $O(-COO^-)$ vrh, kar ni podano v **tabeli 6**. Plastoviti model glede na izračunane $k(\theta)$ -vrednosti je predstavljen na **sliki 7**.

Slika 7: Plastovita struktura, določena iz kotno ločljive XPS

kontaminacija ogljikovodikov ($-C-C-$, $-C-H$)
Cl^-
PEI, oksidirane / razpadle ogljikove snovi ($C(-COO^-)$, Na^+)
kovinski hidroksidi, H_2O
kovinski oksidi
kovina ($Fe(0)$, $Cr(0)$)

Najvišja plast na površini TS so ogljikovodiki, saj je razmerje $k(\theta)$ za vrh $-C-C-$, $-C-H$ pri vseh kotih višje kot za druge komponente (**tabela 6**). Ta vrh najverjetneje ustreza adsorpciji atmosferskih molekul (kontaminacija) pri prenosu vzorca v instrument XPS in je prav tako prisoten na RS. Pod ogljikovodiki so kloridi, ki jim sledi plast PEI. Razmerje $k(5^\circ)$ za PEI vrh ($-C-NR_2(PEI)$) je nekoliko višje kot $k(5^\circ)$ za $C(-COO^-)$ -vrh, vendar manjše pri $k(20^\circ)$ in $k(45^\circ)$. Iz tega sklepamo, da je PEI ujet v plast oksidiranih / razpadlih organskih zvrsti, ki vsebujejo skupino $-COO^-$. Mogoče je tudi, da je PEI oksidiral in razpadel. Zadnja trditev je manj verjetna, saj ta vrh opazimo tudi na RS in je verjetno posledica adsorpcije atmosferskih kontaminantov.

Razmerja $k(5^\circ)$ in $k(20^\circ)$ za natrij so nekoliko višja kot pri vrhovih $-C-NR_2(PEI)$ in $-COO^-$ ter nižja kot pri vrhovih $-NR_2$ in $-NR_2H^+$. To nakazuje, da je Na^+ na

Tabela 6: Izračunana razmerja $k(\theta)$ iz relativnih atomskih koncentracij $A(5^\circ \text{ ali } 20^\circ \text{ ali } 45^\circ)/A(90^\circ)$ (enačba (3))

element	C	C	C	N	N	O	O
prilagojen vrh	-C-C-, -C-H	-C-NR ₂ (PEI)	-COO ⁻	-NR ₂	-NR ₂ H ⁺	kov. oks.	OH/H ₂ O
$\theta = 5^\circ$	3,47	1,74	1,68	1,82	2,15	0,40	0,72
$\theta = 20^\circ$	2,51	1,54	1,62	1,64	1,92	0,59	0,86
$\theta = 45^\circ$	1,69	1,14	1,19	1,22	1,46	0,84	1,00

element	Fe	Fe	Fe	Cr	Cr	Cr	Cl	Na
prilagojen vrh	Fe(0)	Fe(II)	Fe(III)	Cr(0)	Cr ₂ O ₃	Cr(OH) ₃		
$\theta = 5^\circ$	0,18	0,75	0,32	0,25	0,26	0,35	3,15	1,77
$\theta = 20^\circ$	0,29	0,85	0,53	0,29	0,42	0,39	2,46	1,63
$\theta = 45^\circ$	0,44	1,22	0,65	0,48	0,69	0,72	1,71	1,29

istem nivoju kot PEI. Vrednosti $k(\theta)$ pri vseh kotih so za nenabito aminske skupine manjša v primerjavi z nabito aminske skupine. Iz tega sklepamo, da so nabite aminske skupine usmerjene proti površini in nenabite proti notranjosti. Naboj protoniranih aaminskih skupin delno kompenzira klorid. Ker pa razmerje $A_{N(NR_2H^+)}/A_{Cl}$ (tabela 4) ni konstantno pri vseh θ , predvidevamo da so se kloridi ujeli v površinsko plast med procesom njene tvorbe ali so se vezali na druge ionske zvrsti (primer Na⁺). Pod plastjo PEI (ter drugimi komponentami) se nahaja plast, obogatena z hidroksidi ali vodo nad plastjo železovih in kromovih oksidov. Najmanjše $k(\theta)$ -vrednosti izračunamo za vrhova Fe(0) in Cr(0), tako da je pričakovano najnižja plast sestavljena iz kovinskih zvrsti.

4 SKLEP

V tem delu je predstavljena študija protikorozijskih lastnosti polietilenimina (PEI) s povprečno molsko maso 2000 g/mol za nerjavno jeklo AISI 420 v 3-odstotni raztopini NaCl. Za raziskave smo uporabili različne elektrokemijske tehnike, potopitvene preizkuse in metodo XPS. Glavni sklepi so:

Prisotnost PEI v primerjavi z neinhibirano raztopino vodi do zvišanja vrednosti R_p , ki se povečujejo z višanjem njegove vsebnosti, kar kaže na inhibicijske lastnosti tega polimera.

Iz meritev ciklične polarizacije (CP) lahko sklenemo, da je hitrost nastanka jamičaste korozije pri masni koncentraciji 100 mg/kg (ali višje) PEI pomembno zmanjšana. Vendar pa po preboju zaščitne plasti inhibitor zlitine ne more več zaščititi. Iz premika korozijskega potenciala proti bolj pozitivnim potencialom in pomembno zmanjšanje gostote anodnega toka uvrščamo PEI primarno kot anodni inhibitor.

Potopitveni preizkusi pri stacionarnih pogojih so pokazali, da ima PEI po enomesečni izpostavitvi pri masni koncentraciji 1000 mg/kg učinkovitost inhibicije (UI) 90,9-odstotno. Prav tako pa je učinkovit pri predhodni tvorbi zaščitne plasti in kasnejši izpostavitvi neinhibirani 3-odstotni raztopini NaCl. PEI

pomembno zaščiti zlitino tudi pod dinamičnimi pogoji ($UI = 93,0\%$ pri 1000 mg/kg).

Iz meritev XPS sklepamo, da je PEI najverjetneje fizisorbiran na površino vzorca. To je sprva presenetljiv rezultat, ker ta vrsta vezave največkrat ni povezana z visoko učinkovitostjo inhibicije. Vendar pa ima PEI veliko število aktivnih mest vezave, kar vodi do nastanka zelo učinkovite zaščitne plasti. Predvidevamo, da gosta plast PEI deluje kot ovira za difuzijo ionskih zvrsti od zlitine do elektrolita in nasprotno.

5 LITERATURA

- [1] S. A. Ali, M. T. Saeed, *Polymer*, 42 (2001), 2785–2794
- [2] Y. Jianguo, W. Lin, V. Otieno-Alego, D. P. Schweinsberg, *Corros. Sci.*, 37 (1995), 975–985
- [3] B. Gao, X. Zhang, Y. Sheng, *Mater. Chem. Phys.*, 108 (2008), 375–381
- [4] D. Beaglehole, B. Webster, S. Werner, *J. Colloid Interface Sci.*, 202 (1998), 541–550
- [5] D. P. Schweinsberg, G. A. Hope, A. Trueman, V. Otieno-Alego, *Corros. Sci.*, 38 (1996), 587–599
- [6] I. Sekine, M. Sanbongi, H. Hagiuda, T. Oshibe, M. Yuasa, *J. Electrochem. Soc.*, 139 (1992), 3167–3173
- [7] M. Kolasinka, P. Warszynski, *Appl. Surf. Sci.*, 252 (2005), 759–765
- [8] G. Decher, *Science*, 277 (1997), 1232–1237
- [9] P. Dong, W. Hao, X. Wang, T. Wang, *Thin Solid Films*, 516 (2008), 5168–5171
- [10] K. D. Demadis, E. Mavredaki, A. Stathouloupoulou, E. Neofotistou, C. Mantzaridis, *Desalination*, 213 (2007), 38–46
- [11] E. Mavredaki, A. Stathouloupoulou, E. Neofotistou, K. Demadis, *Desalination*, 210 (2007), 257–265
- [12] A. Stathouloupoulou, K. Demadis, *Desalination*, 224 (2008), 223–230
- [13] K. Babic-Samardzija, N. Hackerman, *J. Solid State Electrochem.*, 9 (2005), 483–497
- [14] ASTM F 2129–08, Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements to Determine the Corrosion Susceptibility of Small Implant Devices
- [15] R. Baboian, *Corrosion tests and standards*, ASTM, Philadelphia, 1995, str. 104
- [16] R. Baboian, *Corrosion tests and standards*, ASTM, Philadelphia, 1995, str. 403
- [17] Corrosion Test Coupon Racks, *GE Infrastructures*, (2004) PFE072 0405
- [18] ASTM D 2688-94, Standard Test Method for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Weight Loss Method)
- [19] D. A. Shirley, *Phys. Rev. B*, 5 (1972), 4709
- [20] J. Wei, D. B. Ravn, L. Gram, P. Kinshott, *Colloids Surf. B: Biointerf.*, 32 (2003), 275–291

- [21] C. M. Abreu, M. J. Cristobal, R. Losada, X. R. Novoa, G. Pena, M. C. Perez, *Electrochim. Acta*, 51 (2006), 2991–3000
- [22] A. Kocijan, Č. Donik, M. Jenko, *Corros. Sci.*, 49 (2007), 2083–2098
- [23] B. E. Wilde, E. Williams, *Electrochim. Acta*, 16 (1971), 1971–1985
- [24] E. M. Rosen, D. C. Silverman, *Corrosion*, 48 (1992), 734–745
- [25] ASTM G 31, Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals, str. 5
- [26] I. Davis, Corrosion: Understanding the basics, *ASM international* (2000), str. 134
- [27] J. F. Moulder, W. F. Stickle, P. E. Sobol, K. D. Bomben, *Handbook of X-ray Spectroscopy*, Physical Electronics, Eden Prairie (1995), str. 41
- [28] O. Olivares, N. V. Likhanova, B. Gomez, J. Navarrete, M. E. Llanos-Serrano, E. Arce, J. M. Hallen, *Appl. Surf. Sci.*, 252 (2006), 2894–2909
- [29] I. Milošev, H.-H. Strehblow, B. Navinšek, *Thin Solid Films*, 303 (1997), 246–254
- [30] B. E. Sexton, A. E. Hughes, *Surf. Sci.*, 140 (1984), 227–248
- [31] D. J. Lavrich, S. M. Wetterer, S. L. Bernasek, G. Scoles, *J. Phys. Chem. B*, 102 (1998), 3456–3465
- [32] D. Briggs, J. T. Grant, *Surface Analysis by Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy*, *IM Publications* (2003), str. 663

Popravek

V zadnji številki *Vakuumista* (29/4) je prišlo pri članku M. Finšgarja in I. Milošev do dveh napak, in sicer sta bili dve enačbi pomanjkljivo izpisani. Na tem mestu jih izpisujemo tako, kot bi morali biti objavljeni na straneh 5 in 6 citiranega članka.

$$UI = \frac{R_p(\text{prisoten inhibitor}) - R_p(\text{brez inhibitorja})}{R_p(\text{prisoten inhibitor})} \quad (1)$$

$$UI = \frac{j_{kor}(\text{brez inhibitorja}) - j_{kor}(\text{prisoten inhibitor})}{j_{kor}(\text{brez inhibitorja})} \quad (2)$$

Avtorjema se za napako opravičujemo.

Uredništvo

PREIZKUŠANJE NA VAKUUMSKO TESNOST – NEPORUŠITVENA AKUSTIČNA METODA

Branislav Arsenijevič¹, Jože Gasperič²

¹Medivak, d. o. o., Šolska 21, 1230 Domžale

²Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

STROKOVNI ČLANEK

POVZETEK

Članek obravnava iskanje netesnosti z neporušitveno akustično metodo, akustične senzorce in detektorje s posebnim poudarkom na ultrazvočni metodi. Vendar ta tehnika ni omejena le na vakuumске ali visokotlačne naprave in sisteme, ampak se uporablja tudi za iskanje drugačnih »netesnosti«, kot so npr. električno iskrenje, koronski pojavi na daljnovodih, preboji na izolatorjih itd. Opisani so primeri uporabe v letalski, avtomobilski in nuklearni industriji ter v strojogradnji in ladjedelništvu.

Gljučne besede: vakuumška tesnost, akustična metoda, ultrazvočno iskanje netesnosti

Leak testing – Non-destructive acoustic technique

ABSTRACT

In this article the nondestructive acoustic leak testing as well as acoustic sensors and detectors are described. The ultrasonic leak testing is widely discussed. This technique is not limited only to the vacuum and pressurized equipment and systems but is also applied for acoustic detection for location of high voltage electrical sources (corona discharges and high voltage insulation breakdown and arcing). At the end some applications in aerospace, automotive and nuclear industry as well as in shipbuilding and machine manufacture are presented.

Key words: vacuum tightness, acoustic method, ultrasonic leak testing

1 PRINCIPI ZVOČNEGA IN ULTRAZVOČNEGA PREIZKUŠANJA TESNOSTI

1.1 Uvod

V prejšnji številki Vakuumista [1] smo predstavili neporušitveno metodo iskanja netesnosti z mehurčki, to pot pa obravnavamo iskanje netesnosti z neporušitveno akustično metodo.

Ultrazvočna detekcija je tehnika, ki se uporablja za ugotavljanje tesnosti vakuumskih in drugih sistemov, ki so pod nadtlakom, pa tudi za ugotavljanje poškodb in napak mehanskih in električnih elementov in naprav, ki so pri tem povezani z oddajanjem akustičnih signalov.

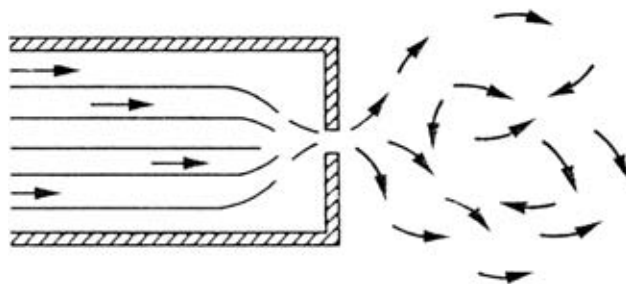
Tok tekočine oz. plina, ki izhaja iz netesnega mesta, ustvarja zvočne valove, ki so povezani s turbulenco (vrtinčenjem), kavitacijo ali z visoko hitrostjo iztekanja. Nastali zvok se lahko prenaša po okoliškem atmosferskem zraku ali po materialu. Ugotavljamo ga z usmerjenimi mikrofoni (sondami) na večjih razdaljah od netesnega mesta ali pa s stičnimi (kontaktnimi) sondami. Pri tem moramo paziti, da zvočna pot ni

prekinjena, tj., da med netesnostjo in akustičnim senzorjem ni ovir, kot so npr. materiali, ki absorbirajo zvok in ustvarjajo t. i. »zvočno senco«. Lahko nastane tudi odboj zvoka na ravnih trdnih površinah, tj. odmev, ki ima lahko drugačno smer kot zvok, ki nastaja pri viru.

Najbolj pogosto se uporablja detekcija uhajanja plina iz netesnih mest. Plin uhaja iz preizkušanca, ki je pod nadtlakom, zaradi tlačne razlike, kar povzroča sikajoč zvok s širokim frekvenčnim spektrom, ki sega v ultrazvočno področje in ga zlahka detektiramo. Občutljivost ultrazvočnih detektorjev je mnogo večja, kot je občutljivost človeškega sluha v slušnem območju (od 30 Hz do 16 kHz), medtem ko so ultrazvočne frekvence (območje nad 20 kHz) zvokov za uho neslišne. Pri uhajanju plina skozi netesno mesto pa zaradi turbulence (vrtinčenja) molekul nastaja predvsem za uho neslišni ultrazvok. Na **sliki 1** je prikazano vrtinčenje izhajajočega plina iz luknjice, kar povzroča nastajanje ultrazvoka.

Ultrazvočne detektorje lahko uporabljamo tudi za preizkušanje cevovodov za različne pline, ventile, bate, zavore na komprimiran zrak, za preizkus tesnosti avtomobilskih zračnic, za zapahe, cisterne, parne sisteme, kompresorje, pnevmatske regulacijske sisteme, orodja na komprimiran zrak, za ugotavljanje netesnosti izpušnih sistemov itd., kar bo opisano z nekaj primeri v zadnjem poglavju.

Ultrazvočne detektorske naprave se v osnovi uporabljajo za detekcijo zvoka, ki izhaja iz materialov s prenapeto strukturo (npr. pri krivljenju ali trganju materialov, kjer nastajajo velike deformacijske sile). V medicini uporabljajo stetoskope (zdravniške »slušalke«) kot sonde za slušne preiskave notranjih človeških organov (pljuč, srca), medtem ko so jih v preteklosti uporabljali tudi drugje (v tehniki) kot sonde za ugotav-



Slika 1: Turbulenca iztekajočega fluida skozi luknjico povzroča ultrazvočne signale, ki naznanjajo netesnost [2].

ljanje mest puščanja. Uporabljali pa so tudi druge preproste pripomočke, kot so cevi, lijaki, kosi lesa, ki so jih prislanjali na ušesa.

Nizkofrekvenčni zvok se razširja v okolico kroglno (če ni absorberjev in odbojev zvoka). Visokofrekvenčni zvok, kamor spada tudi ultrazvok, ki ima kratko valovno dolžino v primeri z velikostjo vira, pa teži k temu, da se razširja v obliki usmerjenega pramena (curka).

Nekateri akustični detektorji netesnosti delujejo v slisnem, tj. v zvočnem področju. Ti so navadno sestavljeni iz avdioojačevalnikov, ki povečajo jakost zvoka, ne da bi spremenili njegovo frekvenco.

Netesnosti, ki jih ugotavljamo z zvočnimi ali ultrazvočnimi detektorji, so lahko **akustično aktivne** ali **pasivne**.

1.2 Akustično aktivne netesnosti

Aktivne netesnosti oddajajo zvok, ki nastane zaradi vrtinčenja toka izhajajočega fluida (plina). Pri tem se razvije ultrazvočna energija (pretvorba dela kinetične energije izhajajočega fluida), ki ustvarja akustični signal in tega lahko detektiramo in merimo. Taki signali nastajajo tudi pri netesnostih vakuumskih sistemov, ko teče okoliški plin (zrak) v vakuumsko posodo. Zvočna energija se razvije pri turbulenci, ki nastane pri prehodu iz laminarnega pretoka v turbulentni. Ultrazvočne vibracije plinskih molekul so vir signalov, ki povedo, da je tam netesnost.

1.3 Akustično pasivne netesnosti

Pasivne netesnosti so značilne za usmerjeni (laminarni) tok skozi netesnost. Pri tem ne nastajajo zvočni signali, povezani z netesnostjo. Pasivne netesnosti lahko detektiramo le, če uporabljamo ultrazvočne generatorje, ki ustvarjajo ultrazvočne valove, ki iz notranjosti preizkušanca, kamor jih postavimo, prodrejo skozi netesnost proti zunanji ultrazvočni sondi. Ultrazvočne generatorje pa uporabljamo tudi v drugih primerih, npr., ko preizkušanca ne smemo izpostaviti nadtlaku ali vakuumu, ker njegova konstrukcija ne bi vzdržala večjih pritiskov.

1.4 Dejavniki, ki vplivajo na detekcijo akustične netesnosti

Ultrazvočna detekcija je odvisna od naslednjih parametrov:

- občutljivosti ultrazvočne detekcije
- ultrazvočne frekvenčne ločljivosti
- akustičnega zaslanjanja (»senčenja«)
- viskoznosti fluida (tekočine, plina)
- hitrosti fluida

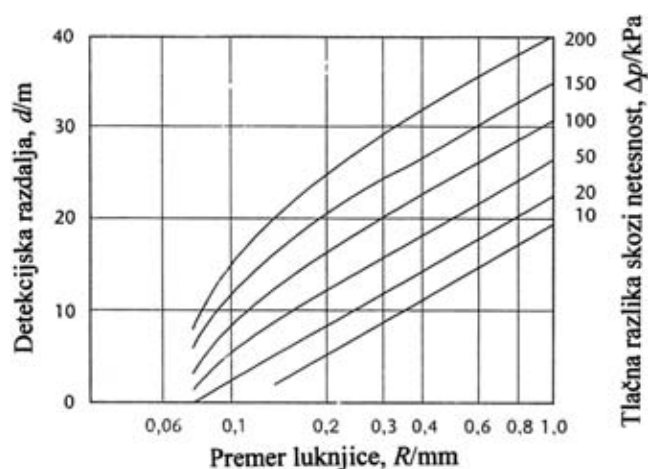
- tlačne razlike
- velikosti netesnosti

Največja značilnost ultrazvočne detekcije pa je frekvenčni obseg ultrazvočne energije, ki se tvori ob netesnostih. Energijski spekter frekvenc pri netesnostih je med 30 kHz in 50 kHz. Posebej je izrazit maksimum pri **40 kHz**.

Nekatere tekočine imajo tako viskoznost, da ne prodrejo skozi netesnost (npr. netesnost v cevi, kjer se pretakajo), toda zrak ali drug plin lahko od zunaj prodre skozi njo. Take netesnosti imenujemo viskozno odvisne. Velika hitrost pretoka tekočine pri nizkih tlakih ustvarja razmere, ki dovoljujejo majhne hitrosti plinov (pri visokem tlaku), ki jih te tekočine vlečejo skozi netesno mesto. V teh razmerah ni pričakovati, da bi ultrazvočna sonda odkrila šum, značilen za puščanje, in s tem njegovo mesto, lahko pa odkrije v tekočini ujet plin, ki povzroča **kavitacijo** ali **turbulentni šum**.

Tehnika ultrazvočne detekcije in ugotavljanje puščanja oz. netesnosti je uporabna tako dolgo, dokler obstaja dovolj velika tlačna razlika skozi netesnost, ki povzroča turbulenco in ustvarja zvočno energijo.

Jakost pretoka plina skozi netesnost naj bi bila večja od $1 \cdot 10^{-3}$ mbar L/s pri 0°C (to je tudi največja občutljivost ultrazvočne metode), da bi se ustvaril šum zaradi turbulence, kajti laminarni pretok ga ne ustvarja. Občutljive ultrazvočne sonde zaznajo šum že na razdalji 30 m od vira. Na **sliki 2** je diagram, ki prikazuje razdaljo od vira šuma, ki ga povzroča iztekajoči plin skozi okroglo odprtino različnega premera pri tlačni razliki 1–20 bar.



Slika 2: Odvisnost detekcijske razdalje ultrazvočne sonde od premera luknjice, ki je vir ultrazvočnega šuma, pri različnih tlačnih razlikah [2]

2 AKUSTIČNI SENZORJI IN DETEKTORJI

2.1 Kontaktni in nekontaktni akustični senzorji

Kot **kontaktni akustični senzor** se uporablja ultrazvočni piezokeramični pretvornik (angl. *transducer*), ki ima močan odziv, posebno občutljiv za netesnostne šume iz notranjosti preizkušanca, ki ustvarjajo vibracije na njegovi površini. Ker akustika netesnosti ustvarja širok spekter naključnih шумov, ima večina instrumentov za akustično preizkušanje pasovne filtre. Kontaktni senzorji so mnogo bolj občutljivi za netesnostni šum kot tisti, ki so posredno povezani z virom in sprejemajo šume po okoliškem zraku kot prenosnem mediju. Občutljivost kontaktnega sensorja je največja, kadar je med njim in materialom z netesnostjo t. i. ultrazvočni spoj, kar pomeni, da je čelo sensorja premazano z oljem ali mastjo oz. s smolnatim materialom ali adhezivom in pritisnjeno na preizkuševani material, tako da ni vmesne zračne plasti. Pri izbiri teh materialov pa moramo biti pozorni, da niso reaktivni in bi zato povzročali korozijo pri preizkušancih ali erozijo akustične emisije (tj. šuma), ki prekinja netesnostni šum.

Če ni mogoče iskati netesnosti z direktnim dotikom sensorja s površino preizkušanca, uporabljamo **mikrofone** kot **nekontaktno akustične senzorje** za sprejem ultrazvočnih signalov, ki se širijo od netesnosti po zraku ali tekočini (vodi). Taki senzorji (mikrofoni) so najbolj prikladni za aktivne zunanje netesnosti. Občutljivost in usmerjenost mikrofonskih detektorjev za zaznavanje akustičnih signalov (šumov) iz oddaljenosti lahko povečamo s paraboličnimi reflektorji ali gumijastimi fokusirnimi nastavki.

Ultrazvočni detektorji so grajeni za frekvenčno območje od 30 kHz do 50 kHz, druge, »slučajne« frekvence so dušene, kar zmanjšuje interferenco s šumi, ki jih povzročajo delujoči stroji ali drugi viri šuma v okolici. Ugotovljeno je bilo, da ustvarja izhajajoči plin iz preizkušanca, ki je pod nadtlakom, sicer širok spekter frekvenc, vendar je amplitudni vrh jakosti šuma pri frekvenci okoli 40 kHz.

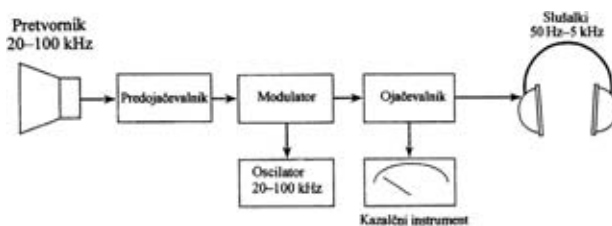
Če ne moremo ali ne smemo preizkušanca evakuirati ali ga natlačiti s plinom ali drugim fluidom, ki bi na netesnih mestih povzročili turbulenco pri izhajanju ter s tem šum, si pomagamo z **ultrazvočnim generatorjem**, ki oddaja ultrazvok določene frekvence, ki je nastavljiva. Generator daje stožčasti zvočni pramen, ki je frekvenčno moduliran (območje od 36 kHz do 44 kHz). Le-tega postavimo v notranjost preizkušanca (navadno gre za velike prostornine preizkušancev), zunanjo površino pa preiskujemo s sondo (mikrofonom), dokler nenadoma ne naraste ultrazvočni signal. Tedaj so namreč skozi netesnost prodrli ultrazvočni valovi generatorja, ki se sicer od notranjih sten

odbijajo in ne prodrejo na drugo stran. Ta način aktivne zvočne tehnike je odvisen od prenosnih lastnosti netesnosti in medija, ki je v in ob njej. Pri ekstremno majhnih netesnostih je treba ultrazvočni pramen generatorja »naciljati« proti ultrazvočni sondi, ki je na drugi strani stene, v kateri je netesnost. To lahko storimo s sinhronim premikanjem generatorja in sonde. Tehnika ultrazvočnega preizkušanja tesnosti ima največjo občutljivost okoli $1 \cdot 10^{-3}$ mbar L/s, česar ni vedno lahko doseči.

2.2 Zgradba instrumentov za detekcijo in konverzijo ultrazvočnih signalov netesnosti

Detektorji, ki se uporabljajo pri ultrazvočnem preizkušanju tesnosti, imajo enostavno zgradbo, ki spominja na navaden radijski sprejemnik z amplitudno modulacijo. Funkcijo antene ima pri ultrazvočnem detektorju senzor. Ta detektira (zaznava) akustične valove, ki pridejo po zraku iz vira, ali longitudinalno zvočno valovanje, ki ga proizvaja umetni akustični vir (ultrazvočni generator), kajti plin ali tekočina v netesnosti (npr. razpoki) prevaja zvok iz notranjosti preizkušanca na zunanji ultrazvočni detektor ali nasprotno. V tem primeru gre za detekcijo zvočnega signala z direktnim kontaktom s površino preizkušanca.

Predojačevalnik s frekvenčno širino od 20 kHz do 300 kHz se uporablja za ojačenje sprejetih zvočnih signalov, le-te drugi ojačevalnik (modulator) meša s frekvenco oscilatorja, ki je nastavljiva. Nastanejo štiri frekvence, in sicer: (1) »originalna« frekvenca ultrazvočnega signala od netesnosti, (2) »originalna« oscilatorska frekvenca, (3) vsota obeh frekvenc in (4) razlika obeh (originalnih) frekvenc. Zadnje omenjena je v slišnem področju. Ta (slišna) frekvenca je nato ločena in ojačana ter peljana na slušalke ali zvočnik. Tako postanejo neslišni ultrazvočni signali s konverzijo (pretvorbo) slišni v območju zaznave človeškega sluha (od 30 Hz do 16 kHz). Originalni detektirani ultrazvočni signal od netesnosti peljemo tudi z zadnje ojačevalne stopnje na (kazalčni) instrument, ker je njegova zaznava bolj občutljiva za spremembo jakosti zvoka, kot je človeško uho. Blok-shema ultrazvočnega detektorja je prikazana na **sliki 3**. Bolj zahtevni detektorji so opremljeni z akustičnimi spektralnimi



Slika 3: Blok-shema ultrazvočnega detektorja

analizatorji, ki razlikujejo med normalnim šumom strojev, npr. zvok, ki ga oddajajo rotirajoči deli (ležaji, sklopke), in zvoki zaradi netesnosti ali hidravličnega pretočnega šuma. Pri »zračnih« (nekontaktnih) ultrazvočnih detektorjih pa so dodani električni filtri za odstranjevanje šuma ozadja.

2.3 Kontrola in kalibracija ultrazvočnega detektorja

Pred vsako detekcijo je treba detektor kontrolirati, ali sploh deluje. Pri tem si pomagamo na različne načine. Najbolj preprost način je, da vzamemo majhno stisljivo plastenko. Če jo hitro stisnemo in spustimo, gre zrak skozi odprtino in ustvari zvok. Ta »umetni signal« lahko detektiramo z mikrofonsko sondo na razdalji do 10 m. Tudi žvenketanje s ključi ali kovanci se lahko s pridom uporablja za kontrolo delovanja detektorja.

Kalibracijo ultrazvočnega detektorja izvajamo z ultrazvočnim generatorjem (»tongeneratorjem«). Idealni kalibracijski vir je, če postavimo tak generator v cev z notranjim premerom 100 mm in višino 500 mm. Ta cev mora imeti hermetično zaprto dno. Zvočni izhod generatorja usmerimo proti zgornji odprtini. Zaslonimo jo s pokrovom, ki ima luknjico premera 0,5 mm, in generator vklopimo. (Generator naj ima novo napajalno baterijo.) Med kalibracijo ultrazvočni generator direktno pritisnemo na luknjico v pokrovu. Odklon instrumenta ultrazvočne sonde, ki je oddaljena okoli 15 m, nastavimo na določeno vrednost s potenciometrom. Ta referenčna kalibracijska nastavitvev naj ostane zaradi kasnejšega preverjanja kalibracije.

3 PREIZKUŠANJE TESNOSTI Z ULTRAZVOKOM

3.1 Prednosti in omejitve ultrazvočnega preizkušanja tesnosti

Verjetno je največja prednost ultrazvočnega preizkušanja tesnosti, da je ta tehnika uporabna pri vseh fluidih (tekočinah, parah, plinih), če so le dani fizikalni pogoji za nastajanje zvoka, ki je povezan z netesnostmi ali okvarami. Ta mnogostranost izključuje potrebo po uporabi slednih plinov. Če netesnost povzroči nastanek zvoka v okoliškem zraku, jo lahko detektiramo tudi do razdalje 30 m in več. To daje prednost, če je treba nadzorovati velike sisteme, npr. plinovode, naftovode, vodovodno omrežje, pri čemer je največja pozornost usmerjena na varjene spoje in prirobnice. Ultrazvočno detekcijo koristno uporabljamo pri novih cevovodih z nadtlakom, še preden so jarki, v katere so položeni, zasuti. Kasneje je to mnogo težje, ker zrnati zemeljski material močno slabi vse vrste nihanj.

Težave pri ultrazvočnem preizkušanju nastajajo takrat, ko je zvok, ki izvira iz netesnosti, preglašen s šumom ali hrupom iz okolice, kjer se uporablja detektor. Pri detekciji na večjih razdaljah od vira signala lahko nastanejo težave pri ugotavljanju mesta tega vira zaradi odbojev zvoka, ki prihajajo iz različnih smeri, vendar imajo navadno manjšo jakost.

3.2 Kombinirana tehnika odkrivanja netesnih mest (ultrazvočna detekcija z mehurčki)

Ultrazvočna detekcija se uporablja tudi pri preizkušanju tesnosti z mehurčki s premazovanjem ali potapljanjem preizkušanca v tekočino, npr. v vodo z dodatkom detergenta za zmanjšanje površinske napetosti [1]. Ultrazvočna sonda je obešena nad vodno kopeljo in detektira akustične signale pri eksploziji mehurčkov na njeni površini. Ni treba, da te mehurčke tudi vidimo. Pri netesnostih mehurčki nastajajo in izginjajo tekoče (navadno v enakih časovnih intervalih). Pri majhnih netesnostih deluje čas čakanja in vizualnega opazovanja pojava mehurčka na operaterja bolj utrudljivo kot poslušanje ojačenega signala, ki nastane ob razpoku mehurčka. Podobno je pri premazovanju »sumljivih« mest z milnico ali primerno tekočino z majhno površinsko napetostjo, kjer z eno roko premazujemo (ali obrizgavamo) površino preizkušanca, z drugo roko pa nad premazanim mestom držimo usmerjeno sondo ultrazvočnega detektorja.

Kombinirani sistem je občutljiv za netesnosti, ki so manjše od $2 \cdot 10^{-3}$ mbar L/s. Nekateri proizvajalci navajajo tudi občutljivost do $1 \cdot 10^{-6}$ mbar L/s.

3.3 Preizkušanje tesnosti industrijskih in transportnih sistemov pod nadtlakom

Z ultrazvočno tehniko kontroliramo tesnost razdelilnih sistemov v industrijskih obratih in transportnih sistemih. Ugotavljanje mesta netesnosti je mnogo hitrejšo kot z metodo z mehurčki, ki je za velike sisteme včasih tudi nemogoča, predvsem če je dostop omejen in je vidljivost slaba. Ultrazvočna metoda tudi ne zahteva temeljitejšega čiščenja površine preizkušanca, kot je to pri metodi z mehurčki. Za iskanje netesnosti uporabljamo tako kontaktne kot nekontaktne (mikrofonske) sonde.

V naftni industriji nadziramo tesnost cevovodov in prirobnic, ki imajo premere tudi do 1,5 m. Cevovode v splošnem preizkušamo na tesnost pred polnitvijo. V industrijah, kjer uporabljajo vodno paro pod pritiskom, uporabljamo usmerjeno zračno ultrazvočno sondo, veliko večjih netesnosti, ki oddajajo slišne zvočne signale, pa se da odkriti kar s poslušanjem.

Pri nizkotlačnih sistemih (npr. centralna kurjava v stavbah) pa je odkrivanje netesnih mest bolj težavno,

ker je jakost slišnega zvoka majhna. Tu je uporaba ultrazvočnega detektorja obvezna, saj lahko z njim poiščemo netesna mesta, ki so mnogo manjša od tistih, ki jih slišimo, detektor pa dodatno še prezre slišne šume iz okolice.

4 PRIMERI UPORABE ULTRAZVOČNE TEHNIKE ZA ISKANJE NETESNIH MEST

Že v prejšnjih poglavjih smo navedli nekaj primerov uporabe te tehnike za iskanje netesnosti. Vendar ta tehnika ni omejena le na vakuumske ali visokotlačne naprave in sisteme, ampak se uporablja tudi za iskanje drugačnih »netesnosti«, kot so npr. električno iskrenje, koronski pojavi na daljnovodih, preboji na izolatorjih itd.

(1) **Letalska industrija.** V tej industriji preizkušajo tesnost tako vetrovnik kanalov in drugih proizvodnih naprav kot letal samih, njihovih gorivnih in hidravličnih sistemov, vse kar je povezano z vakuumom, s sistemi za prezračevanje in preskrbo s kisikom ter tesnjenje zapahov, vrat, skratka celotne notranjosti, ki mora biti med poletom letala pri določenem tlaku.

(2) **Ladjedelnštvo.** Pri gradnji ladij preizkušajo zware s simultanim načinom uporabe tongeneratorja in sonde. Klimatizacijske naprave, hladilne sisteme in izpušne sisteme preizkušajo na tesnost po metodah, ki smo jih opisali v prejšnjih razdelkih.

(3) **Avtomobilska industrija.** Za ugotavljanje tesnosti zapiranja sesalnih in izpušnih ventilov v motorski glavi uporabljajo kontaktne sonde. Ko motor ne deluje, postavijo bat motorja v lego, kjer je kompresija največja, na steblo ventila pa pritisnejo kontaktno ultrazvočno sondo. Če zaznajo vibracije zaradi sikanja zraka, je to znak, da ventil ne tesni. Na enak način preizkušajo vsak posamezni ventil, poleg tega pa še celoten izpušni sistem.

Tudi zračnice velikih tovornjakov, ki jih napolnijo z zrakom, najprej kontrolirajo z manometrom, nato vizualno in na koncu z ultrazvočno sondo. Na enak način preizkušajo tudi pnevmatike brez zračnic. Vodni preizkus zato ni potreben.

Zelo uporabna je ultrazvočna sonda za preizkušanje zavornega sistema, sistema za vbrizgavanje goriva pri dizelskih motorjih, hladilnih sistemov pri tovornjakih hladilnikih itd.

(4) **Strojgradnja.** Ultrazvočni šum, ki ga detektira kontaktna sonda, nastaja pri drgnjenju ali periodičnem dotikanju dveh kovinskih delov ali površin. Ta šum je posebno glasen, če deli, ki se drgnejo, niso mazani. Na enak način lahko kontroliramo delovanje ležajev in drugih mehanskih gibajočih se delov, če so zunaj toleranc in brez maziva. Tako lahko ležaje in druge dele strojev zamenjamo, preden nastane okvara. Z ultrazvočno kontaktno sondo lahko tudi ugotovimo, ali je med postopkom mazanja (injeciranja maziva) prišlo mazivo v zadostni meri v ležaj oz. strojni del.

(5) **Nuklearna industrija.** Podjetje Westinghouse Electric Corporation je razvilo svoj preizkuševalni sistem za nadzor tesnosti primarnega reaktorskega hladilnega sistema in parnih cevovodov nuklearnih elektrarn. Ta sistem je instaliran v mnogih evropskih nuklearkah. Sistem nadzira 96 mest. Sestavni deli tega sistema pa obsegajo senzore, instrumente za procesiranje signala, delovno postajo in industrijske osebne računalnike s prenosnim protokolom in komunikacijskim internetnim protokolom. Če kateri koli senzor zazna povečanje nastavljenih vrednosti za šum, programska oprema na delovni postaji avtomatsko ugotavlja, ali gre za netesnost ali za vklop ali izklop črpalk, odpiranje ali zapiranje ventilov, spremembo nivoja moči itd., ter temu primerno reagira. Na isto delovno postajo so vezani tudi nadzorni sistemi, npr. za vibracije črpalk hladilnega sistema, temperaturo cevovodov, za vlago itd.

5 LITERATURA

- [1] B. Arsenjevič, J. Gasperič, *Vakuumist*, 29 (2009) 4, 9–20
- [2] P. O. Moore, *Ndestructive testing handbook*, 3rd ed., Vol. 1 – Leak testing ASNT, 1998
- [3] J. M. Lafferty (ed.), *Foundation of Vacuum Science and Technology*, John Wiley & Sons, Inc., N. York, 1998

ZGODNJE JAPONSKE VAKUUMSKE TEHNIKE

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Vakuumsko črpalko so preizkusili na kitajskem dvoru Hallersteinovih dni, vendar ni zlepa požela toliko pozornosti kot evropska astronomija. Eden od vzrokov za kitajsko hladnost je bilo pomanjkanje uporabe vakuumskih in električnih pripomočkov. Vakuumska tehnika in še posebej elektrostatična leydenska steklenica sta še laže prodrli na Japonsko Hallersteinove dobe, ko je bila dežela vzhajajočega sonca odprta le za peščico nizozemskih in kitajskih trgovcev; leydenska steklenica je bila namreč predvsem nizozemski izum.

Ključne besede: Hallerstein, Peking, Japonska, 18. stoletje, jezuiti, elektrofor, vakuumске črpalke

The early Japanese vacuum techniques

ABSTRACT

The vacuum pumps entered Chinese court in Hallerstein's time, but eventually received less interest compared to the Western astronomy. One of the reasons for the Chinese doubts was the nonexistence of the broader scale technical use of vacuum or electricity during the Hallerstein's lifespan. The vacuum and especially Leyden jar research entered even easier the Japan of Hallestein's times when only Dutch and Chinese had some Japanese trade privileges, because at least the jar was essentially a Dutch invention.

Keywords: Hallerstein, Beijing, Japan, 18th Century, Jesuits, electrophorus, air pumps

1 UVOD

Guericke je eno od svojih prvih črpalk prodal Schönbornu, ki je imel kot knez in škof seveda kar nekaj pod palcem; v Regensburgu ga je navdušil s konji, ki so zaman ločevali izpraznjeni polkorgli. Sam cesar Ferdinand III. je o poskusu govoril z navdušenjem.¹ Johann Philipp von Schönborn (* 1605; † 1673) je po Ferdinndovi smrti odigral poglavitno vlogo pri izvolitvi njegovega sina cesarja Leopolda pod vplivom ljubljanskega kneza Janeza Vajkarda Turjaškega (* 1615), prvega ministra na dunajskem dvoru. Vrli Turjačan je pomagal Guerickeju pri njegovih vakuumskih poskusih, malo pozneje pa je Hallerstein prebiral Guerickejevo poročilo iz leta 1672 pod svojim pekinškim lastniškim vpisom »Collegii Societatis Jesu

Pekini«.² Hallerstein je bil po materini strani potomec Turjačanovega carinika Erberga (Verderberja) iz Knežje Lipe na Kočevskem, zato je še s toliko večjim ponosom bral o Turjačanovih dosežkih, morda še bolj prevzetno, kot to počnemo mi dandanes.

Kitajci so nekako topleje sprejeli Hallersteinovo astronomijo kot vakuumске črpalke, čeprav so Hallerstein in sodelavci v svojih pekinških knjižnicah imeli kar tri izvode opisa vakuumskega balona jezuita Lana Terzija,³ brali pa so tudi o Montgolfierjevem balonu. Hallerstein je prelistaval dognanja Pascala,⁴ čeprav je bil možakar jezuitom sovražen in se je na vse mile viže prepiral z jezuitom Étienneom Noëlom.⁵

Hallerstein je bral Schotta,⁶ Newtona in Musschenbroeka⁷ že v knjižnici svojega strica Franca Mihaela barona Erberga (* 1679; † 1760); tam je rad ogledoval tudi barometriške poskuse Laurentia Gobarta (* 1656 Liège; † 1750 Liège) iz let 1716 in 1746, več ali manj enako čtivo pa si je priskrbel tudi v Pekingu. Hallerstein se je naučil vakuumskih tehnik že v Ljubljani, kjer je njegov vzornik Turjačan preživel zadnja leta. Bratranec Hallersteinove matere, ljubljanski jezuitski fizik Bernard Ferdinand Erberg (* 1718 Ljubljana; † 1773 Krams), je nabavil vakuumске naprave najpozneje leta 1755, nekoliko kasneje pa so jih pripeljali tudi v Peking in Edo (Tokio).

2 NIZOZEMSKA ZNANOST POTUJE V HABSBUŠKO MONARHIJO (1713–1795) IN NA JAPONSKO (1720–1853)

Katoliški del Nizozemske v približnih mejah sedanjega Belgije je pripadal naši Habsburški monarhiji med mirom v Utrechtu (13. 7. 1713) in francosko invazijo (1795). Tedaj so tamkajšnji nadobudni znanstveniki, večinoma po študiju pri Boerhaaveju v Leydenu, izvažali nizozemsko znanost v nekoliko zaostalo Habsburško monarhijo. Ob istem času so prevajalci iz nizozemščine, imenovani *Rangaku*, taisto znanost

¹ Slaby, 1906, 9.

² Verhaeren, 1969, 516.

³ Lanove knjige so okrasili z lastniškim vpisom francoskih pekinških jezuitov »PP Gallor SJ Pekin, Collegij Societatis Jesu Pekini, Veyo da Residencia de Cinanfu« (Verhaeren, 1969, 572–573; Lana, 1684–1686) in s Hallersteinovim »Da Vice Provinciae da China da Compania de Jesus, Collegij Societatis Jesu Pekini, Vice Provinciae Sinesis« (Verhaeren, 1969, 971; Lana, 1670). Francoski pekinški jezuiti so s svojim zapisom *PP Gallor SJ Pekin* okrasili tudi poročila o raziskavah vakuum v živosrebrnem barometru Torricelijevih dedičev pri akademiji v Firencah *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento* (1691). Firenze: Filippo Cecchi (Verhaeren, 1969, 921 (Št. 3136)), prav tako pa v Gaspar Schottovih *Magia universalis* (1677), *Mechanica hydraulica* (1657), in *Physica Curiosa* (1667) (Verhaeren, 1969, 804–805 (Št. 2717–2719)).

⁴ Pascalovi *Provinciali* (Verhaeren, 1969, 150).

⁵ Saito, 2006, 51.

⁶ Verhaeren, 1969, 803–805.

⁷ Verhaeren, 1969, 669–670.

prirejali za Japonce po delni sprostitvi japonskega uvoza knjig leta 1720. Tako se je leydenska vakuumska tehnika Musschenbroekove tovarne približno sočasno uveljavila med Japonci in Slovenci.

Nizozemski zdravnik protozidar Ingenhousz je prenesel vakuumske tehnike na Dunaj, njegovi rojaki pa so prek otoka Deshima v zalivu Nagasaki storili enako uslugo Japoncem. Maja 1769 je v tedaj habsburških Firencah Ingenhousz cepil proti kozam družino nadvojvode, poznejšega cesarja Leopolda; v Galilejevem mestu se je družil s svojim prijateljem Felicejem Fontano,⁸ po poti pa je maja 1769 obiskal deželne stanove v Ljubljani in jih opozoril na prednosti cepljenja proti kozam.⁹

Duhovnik **Felice Fontana** (Felix, * 15. 4. 1730 Pomarolo pri Roveretu na Tirolskem; † 11. 1. 1805 Firence) ni nikoli pridigal, nasprotno od svojega brata piarista matematika Gregoria. Felice je študiral v Veroni in Pavii, nato pa je predaval na univerzi v Pisi, kjer je leta 1766 postal profesor fizike; dober glas je segel v deveto vas, ko ga je toskanski nadvojvoda Leopold vzel za direktorja fizikalnega in naravoslovnega muzeja v Firencah. Leta 1772 je Felice Fontana odkril adsorpcijo plinov na segretim lesnem oglju. Gorenje oglja je ustavil in obenem preprečil dotok zunanjega zraka, da je ohranil adsorpcijsko moč oglja; le-tega je nato postavil v vakuumski recipient, da je tam pridno adsorbiral neželeni zrak. Grof Marsilio Landriani (* 1751?; † 1827) je opisal Fontanovo odkritje J. Priestleyju, ki je ponovil poskus leta 1775;¹⁰ vendar sta bila tako Ingenhousz kot Bošković na smrt sprta s Priestleyjem. Šved Scheele (* 1742; † 1786 Köping) kot eden odkriteljev kisika je poskus leta 1773 uspešno postavil za Skandinavce, Bry Higgins (* 1737?; † 1820) pa je leta 1776 prav tako potrdil Fontanovo odkritje v velik prid vakuumskih tehnik. Fontana je celo menil, da njegovo oglje lahko adsorbira prostornino zraka, ki kar za šestkrat prekaša njegovo lastno;¹¹ preizkuse je opravil v živosrebrnem barometru s cevjo dolgo 35 inčev. Deset inčev dolžine je napolnil z navadnim zrakom, vodikom, dušikom ali kisikom, da je lahko opazoval spremembe v adsorpcijski moči oglja. Meril je količino vode, ki je vdrla v izpraznjeni prostor, da bi ga zmanjšala za eno četrtino pri poskusih z dušikom.¹²

Jan Ingenhousz (Ingen Housz, * 1730 Breda na jugu Nizozemske republike; † 6. 9. 1799 Wiltshire) je po študiju pri Boerhaavu v Leydnu prav rad sprejel povabilo Marije Terezije, naj postane njen osebni zdravnik. Pozneje se mu je odločitev nekoliko otepala, saj se je na Dunaju počutil ujetega in ni smel potovati brez dovoljenja; tako je s prijateljem Benjaminom Franklinom načrtoval celo odhod v Ameriko. Odkril je fotosintezo, ob tem pa zasnoval številne vakuumske in elektrostatične poskuse za preučevanje raznovrstnih plinov. Med potovanjem z Dunaja v Firence je obiskal tudi naše kraje.

F. Fontana je dovolil Ingenhouszu, da je opisal Fontanov izum edimetra, potem ko se je Ingenhousz vrnil z Dunaja v Anglijo leta 1782.¹³ Ingenhousz je uporabljal vakuumsko posodo s pokrovom iz bakra in medenine, vendar ni povsem odobral Fontanovih upov, da lahko takšen geter iz oglja ustvari boljši vakuum od navadnih črpalk.¹⁴ Danes bi morda le dali prav Ingenhouszovim dvomom. Fontanov princip getranja je priredil za tehniško analizo mešanic plina z uporabo ročnega edimetra po postopku, podobnem Cavendishovemu. Obenem je izboljšal Fontanovo napravo za inhalacijo kisika,¹⁵ ki jo je pozneje Thomas Beddoes uporabljal v Bristolu¹⁶ v veseli družbi prijatelja Žige Zoisa H. Davyja. Felice Fontana in Ingenhousz sta si leta 1771 dopisovala o znanstvenih napravah in načrtih za znanstveno akademijo v Firencah.¹⁷

Ingenhousz se je vrnil na Dunaj po treh letih popotovanj, med katerimi se je največ zadržal pri Fontani v Firencah.¹⁸ Čim si je odpočil od nerodne poti po luknjastih cestah, je na Dunaju sestavil vakuumsko črpalko z dvojnimi batom ob uporabi Fontanovega odkritja adsorpcije zraka na oglju. Tovrstne raziskave je visoko cenil Ernst Mach,¹⁹ ki je pogosto obiskoval svoje starše pod Gorjanci na Dolenjskem. Ingenhousz je uporabljal prašek, pomešan z olivnim oljem za hermetično zapiranje vakuumske posode;²⁰ narisal je celotno napravo,²¹ obenem pa tudi njene dele.²² Hallersteinovi prijatelji, dunajski jezuiti, niso bili povabljeni k poskusom, razen jezuitskega numizmatika in matematika Josef Khella pl. Khellburga, s katerim si je Ingenhousz dopisoval 20. 6. 1772.²³ Hallerstein je

⁸ Weisner, 1905, 37.

⁹ Weisner, 1905b, 208.

¹⁰ Fontana, 1783, 72–73.

¹¹ Fontana, 1783, 78.

¹² Fontana, 1783, 79–81.

¹³ Wiesner, 1905, 72, 197; Ingenhousz, 1787, 197–198, 200, 228.

¹⁴ Ingenhousz, 1784, 445–446.

¹⁵ Wiesner, 1905, 197, 208.

¹⁶ Wiesner, 1905, 210.

¹⁷ Wiesner, 1905, 197, 229.

¹⁸ Ingenhousz, 1784, 435.

¹⁹ Wiesner, 1905, 190; Ingenhousz, 1784, 431–446.

²⁰ Ingenhousz, 1784, 441.

²¹ Ingenhousz, 1784, 450–451 (tab. II), fig. VII.

²² Ingenhousz, 1784, 451 tab. II, fig. VIII, IX, X.

²³ Wiesner, 1905, 225.

kljub temu zvedel za Ingenhouszove uspehe prek svoje dunajske tovarišije, zbrane okoli urednika Hallersteinovih del, slovaškega jezuita Maximiliana Hella. Tako je Hallerstein vakuumske zagate že dovolj dobro poznal v času, ko so njegovi sodelavci, francoski jezuiti, predstavili vakuumsko črpalko kitajskemu cesarju dne 10. 3. 1773.

3 VAKUUM V PREPOVEDANEM MESTU

Takoj po novoletni proslavi so 12. 1. 1773 pravkar prispeli francoski misijonarji s pomočjo svojega predstojnika v Kantonu Josepha Louisa le Fevra (* 1722 Nantes; SJ 1722; † pred 1780 Francija) prinesli odlični zrcalni teleskop, vakuumsko črpalko in številna druga hvalevredna darila v Peking. Le Fevre se je po Hallersteinovi smrti leta 1779 ali 1780 vrnil v Pariz in še osebno poročal ministru Bertinu o vakuumskih uspehih v prepovedanem mestu kitajskega cesarja. Seveda se je evropska vakuumska črpalka dotlej v Evropi razvijala že dobro stoletje, tako da so si za cesarja znali privoščiti že kar dovršeno inačico. Francoska misijonarja vakuumista urar Méricourt²⁴ in umetnik Panzi²⁵ sta potovala po ukazih pariškega ministra Bertina;²⁶ delovanje črpalke sta preučila med pariškimi pripravami za pekinško pot.

Kitajci so stežka sprejeli domnevo o zračnem tlaku, podobno kot Evropejci stoletje poprej po Torricellijevem pismu Ricciju, ko je večina jezuitov raje brala Aristotelovo razlago svojega belgijskega sobrata angleškega rodu Linusa, ali pa jezuitsko delo Nicole Zuchija (* 1586; † 1670) *Nova de machinis philosophia* z antiperistazo in strahom pred praznino.²⁷ Celosam Guericke je izhajal predvsem iz Kircherjevega opisa vesolja,²⁸ citiral pa je tudi Huygensa, Keckermanna in Valerijana Magnija.²⁹ Barholomew Keckermann (* 1571; † 1609) je bil kljub prezgodnji smrti

zelo pomemben fizik.³⁰ Pekinški jezuiti so si privoščili dve (1649 in 1669) izdaji Zucchijeve knjige z lastniškim vpisom Hallersteinove hiše *V Prou^{ae} Sinensis*.³¹ Celosam Descartes in globoki občudovalec Kitajcev Leibniz sta zavrnila Torricelli-Galilejev vakuum.

Kitajski jezuiti so uporabljali Galilejeva³² dela vse do italjanske izdaje, objavljene leta 1718 v Firencah, ki jo je nabavil Hallersteinov prijatelj, škof v Nankingu Laimbeckhoven.³³ Prav tako je Hallerstein s tovariši prebiral Torricellijeva³⁴ matematična dela, zgolj humanistični del Leibnizovih³⁵ in številne Descartesove knjige, vključno z Optiko in Geometrijo.³⁶ Pekinški jezuiti so skušali prihraniti nekaj kovancev, zato so nekatera Galilejeva dela vezali skupaj z deli Philipa Apiana *De utilitate trientis* (1586. Tübingen), Keplerja *Dioptrice* (1611), Gulia Cesareja La Gallaja (* 1570; † 1624) *De phenomenis in orbe lunae novi telescopi usu a D. Galileo Galileo* (1612. Venetiis: Thomam Balionum), Franciscusa Sitiusa *Dianoia astronomica* (1611. Venetiis: Peter Maria Bertan),³⁷ A. Piccolominijske *Parafraze sopra le Mekanice d'Aristotle* (1582, Roma) in drugimi. Hallerstein je bral celo nekoliko sumljivi Galilejev *Dialogo* (1632. Firenze), vendar v prevodu Matthiasa Berneggerja iz leta 1635,³⁸ ni pa imel poznejših *Discorsi*. Sumitomo je na Japonskem listal leydensko latinsko izdajo *Dialogo* iz leta 1641.³⁹

Hallerstein in Laimbeckhoven sta na poti za Daljni vzhod uporabljala nemško izdajo Bionove Matematične šole⁴⁰ in Wolffovo *Elementa matheseos universae* (1732–1735);⁴¹ obe sta vsebovali opis vakuumskih črpalk in sta bili močno priljubljeni tudi med Ljubljančani. Kakor koli že, kitajskemu cesarju je bila francoska vakuumska črpalka nadvse všeč. François Bourgeois je opisal pekinške poskuse s črpalko v pismu patru Duprezu 1. in 29. 11. 1773.⁴² Bourgeoisove raziskave šanghajskega narečja so bile pozneje objav-

²⁴ Pater Hubert de Méricourt (Li Tsuen-Hien Si-Tschen, * 1. 11. 1729 Francija; SJ 8. 1. 1754 Francija; † 20. 8. 1774 Peking) je umrl kmalu po pekinških vakuumskih poskusih (Pfister, 1934, 974).

²⁵ Brat Joseph Panzi (Pansi, P'an T'ing-Tchang, Jo-Ché, * okoli 1733 Italija; SJ Genes; † pred 1812 Peking) je prispel na Kitajsko leta 1771 pod zastavo francoskih jezuitov, ki so jih v Franciji resda prepovedali dobro leto pred tem (Pfister, 1934, 971).

²⁶ Henri-Léonard-Jean-Baptiste Bertin grof de Bourdeilles (*24. 3. 1720 Périgueux; † 1792 zdravilišče Spa v tedaj še habsburški Belgiji) je bil minister za poljedelstvo, leta 1774 pa tudi za zunanje zadeve. Bil je tudi častni član pariške akademije (Amiot, 1774, 519).

²⁷ Borisov, 2002, 651.

²⁸ Knobloch, 2003, 238, 244; Schimank, Guericke, 1968, 196.

²⁹ Schimank, Guericke, 1968, 195–197.

³⁰ Fredman, 1997, 311, 13, 315, 319–320, 325.

³¹ Verhaeren, 1969, 916.

³² Verhaeren, 1969, 958–959.

³³ Lastniški vpis *Do Bispo de Nankin* (Verhaeren, 1969, 958).

³⁴ Verhaeren, 1969, 2.

³⁵ Verhaeren, 1969, 589–590.

³⁶ Verhaeren, 1969, 62, 160, 416–418.

³⁷ Verhaeren, 1969, 815.

³⁸ Lastniški vpis *Collegij Soc. Jesv Pekini* (Št. 1656, Verhaeren, 1969, 482–483).

³⁹ Yamazaki, 1952, 44; Osaka, 1963, 6.

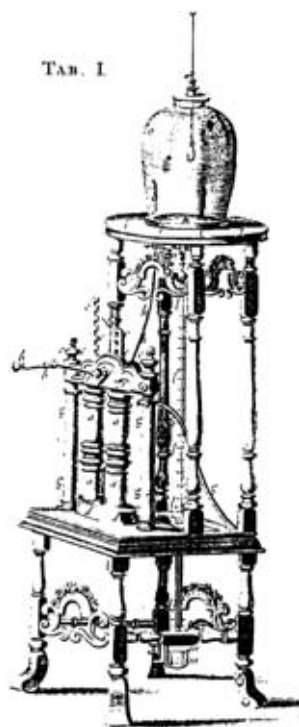
⁴⁰ Verhaeren, 1969, 1126–1127.

⁴¹ Verhaeren, 1969, 909.

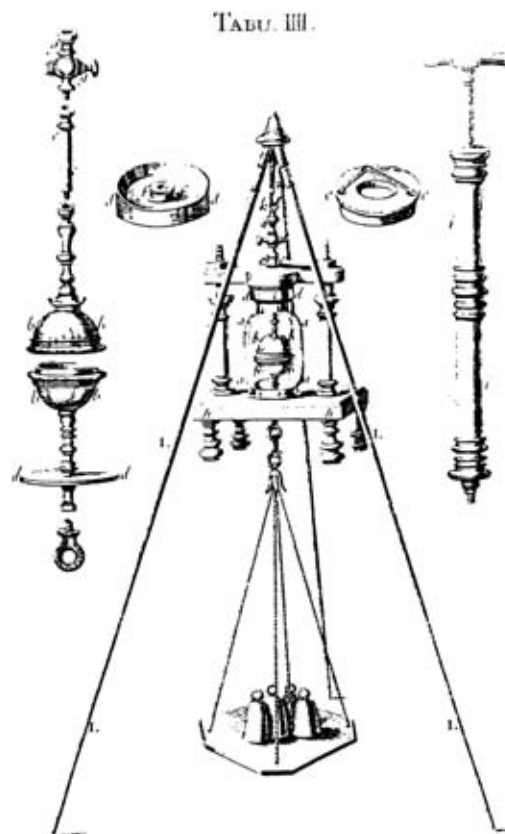
⁴² François Bourgeois (Bourgeois, Tch'au Tsuen-Sieu, Tsi-Ko, * 21. 3. 1723 Pulligny (Meurthe) v Loreni; SJ September 17, 1740 Nancy; † 29. 7. 1792 Peking (Pfister, 1934, 926, 948; *Recueil de Zi-ka-wei*, pp. 37–41, 42; Aimé-Martin, 1843, 4: 223–224; Benoistovo pismo neimenovanemu 4.



Slika 1: Naslovna stran druge izdaje Hauksbeejevih poskusov leta 1719



Slika 2: Hauksbeejeva vakuumna črpalka iz leta 1719 (Hauksbee, 1719, Tab. I.)



Slika 3: Hauksbeejevo tehtanje pritiska zraka na magdeburški polkrogli leta 1719 (Hauksbee, 1719, Tab. III.)

ljene v Šanghaju (1934, 1939), prav on je verjetno poslal v Pariz Hallersteinove raziskave statistike kitajskega prebivalstva, s katerimi se je tudi sam ukvarjal. V tistem času so še prevladovali Hauksbeejeve črpalke; leta 1721 je Swedenborg⁴³ zasnoval novo vrsto črpalk, o katerih je Žiga Zois bral v njegovih zajetnih knjigah, ki si jih je dal prinesiti v Ljubljano. Zdravnik Joseph vitez Baader (* 1763; † 1825) je leta 1797 uporabljal podoben Swedenborgov prijem kot nadomestek Marlyjevih črpalk v Versaillesu leta 1806.

Kitajskemu cesarju so najverjetneje podarili Fortinovo⁴⁴ pariško črpalko, ki je bila zasnovana za potrebe Lavoisierjevega kroga. Fortin je povezal oba bata po vzoru na Denisa Papina (* 1647; † 1712), Francisa Hauksbeeja (Hawksbee, * 1660 Colchester; † 1713 London) in P. Musschenbroekovega sodelavca Willema Jacoba 'sGravesanda (* 1688; † 1742); knjigo slednjega so pekinški misijonarji opremili z lastniškim vpisom frančiškanskega tretjerednika Alexandra de Gouvea (* 1731 Évora na Portugalskem; † 1808 Peking), ki je bil imenovan za pekinškega škofa leta 1782.⁴⁵

novembra 1773; Needham, Ling, 1959, 3: 451; Bernard-Maitre, 1948, 155).

⁴³ Emanuel Swedenborg (Emmanuel Svedenborg, * 1688 Stockholm; † 1772 London).

⁴⁴ Jean Nicolas Fortin (* 1750 Mouchy-la-ville (Oise); † 1831 Pariz).

⁴⁵ Verhaeren, 1969, 507–508; Pfister, 1934, 942.

4 RANGAKU (蘭學), EREKITERU (エレキ, エレキテル) IN VAKUUMSKE ČRPALKE MED JAPONCI

Prenos zahodnih knjig o vakuumu se je na Japonsko začel z jezuiti, ki pa so po izgonu z Japonske svoje poglavitne zaklade pretovorili čez morje na Kitajsko. Te knjige imajo še danes lastniške japonske vpise, vendar jih nikakor ne gre zamenjevati z lastniškimi vpisi kitajskih jezuitov s Hallersteinom vred, ki so še vedno obdržali naslove japonskih provincialov in vizitatorjev, čeprav jim je bila pot na Japonsko slej ko prej prepovedana.

Eno najpomembnejših japonskih knjižnic je zbrala družina lastnikov bakrovih rudnikov Sumitomo. Začetki knjižne zbirke bržkone segajo že v čas začetnika družinskega vzpona Masatomo Sumitomoja (住友政友, * 1585 Fakui severno od Kyota; † 1652), ki je zasnoval svojo prodajalno zdravil in knjig leta 1630 v Kyotu; navsezadnje je knjige nabavljal njegov zet in posvojenec Tomomochi Sumitomo (Riemon, * 1607; † 1662), ki je študiral rudarstvo v Deshimi, da bi lahko pomagal pri rudarjenju z bakrom v podjetju svojega očeta Riemon Sogaja (* 1572; † 1636). Riemon je ustanovil podjetje *Izumiya* leta 1590; uspešno je poročil Masamotojevo starejšo sestro in se naučil zahodnjaških postopkov za pridobivanje bakra in srebra iz rudnin.⁴⁶ Leta 1904 je Kichizaemon VI Sumitomo Tomoito (住友吉左衛門, * 1865; † 1926), petnajsti dedič družine Sumitomo, ustanovil knjižnico v svoji domači Osaki, dve desetletji pozneje pa ji je daroval svojo množično zbirko, v kateri se je ponašal tudi s 150 red-

kimi starimi knjigami. Knjižnica se danes imenuje Nakanoshima in je v prefekturi Osaka.

Ni povsem jasno, kdaj so Sumitome nabavili posamezne med knjigami v preglednici, domnevamo pa, da so električni poskusi *erekiteru* in vakuumske tehnike, opisane v njih, kmalu postale dodobra znane radovednim Japoncem, čeprav družina Sumitomo ni nabavila zgodnjih vakuumskih raziskav Huygensa, Guerickeja, Boyla, Pascala, Kircherja ali Schotta, temveč je hranila le Huygensova poznejša zbrana dela (1905).⁴⁷ Sumitomova družina je seveda kupila veliko manj jezuitskih del v primerjavi s Hallersteinovimi pekinškimi misijonarji, kljub temu pa so Sumitome imeli Boškovičeve *De micrometri Objectivi*, objavljene v dunajskem latinskem prevodu Karla Scherfferja optike Nicolasa Louisa de Lacailleja (* 1713 Rumigny; † 1762 Pariz) iz leta 1757/1758 in Benvenutijevo Optiko, objavljeno po Boškovičevemu nalogu v eni od poznejših dunajskih izdaj.⁴⁸ Sumitomova knjižnica ni imela posebno mnogo nizozemskih *rangaku* del, čeprav so leydenske izdaje prevladovala, vključno z deli Borellija in Musschenbroeka.

Sumitome niso nabavili Agricolovih del o temeljnih rudarjenja in so imeli le nekaj rudarskih spisov, objavljenih pred Hallersteinovo smrtjo. Seveda pa so brali začetnika sodobnega rudarstva z uporabo vakuumskih tehnik, Bolivijca Alvara Alonsa Barba (* 1569 Lepe v Španiji; † 1662 Potosí v tedanjem Peruju, danes del Bolivije), ki si je služil kruh kot župnik v Tarabucu in St. Bernardsu v rudarskem območju Kolumbije. Barba

Tabela 1: Nekdanje knjige Kichizaemon VI Sumitomoja o vakuumskih tehnikah in sorodnih področjih, tiskane pred Hallersteinovo smrtjo

Pe-t'ang knjižnica v Pekingu ima enako, drugo izdajo istega pisca, druga dela istega pisca, nima tovrstnih knjig	Področje	Leto	Navedba v <i>Osaka</i> , 1962 ali Yamazaki , 1952
<i>Giovanni Alfonso Borelli</i> (* 1608; † 1679)	Mehanika – De vi Percussionis	1586	42 ; 1: 4, 173
<i>Guidobaldo markiz del Monte</i> (<i>Guido Ubaldo Montis</i> , * 1545; † 1607)	Mehanika – italijanski prevod	1615	48 ; 1: 57
Galileo	Astronomija – Dialogus	1641	1: 160
<i>Pierre Varignon</i> (* 1654; † 1722)	Mechanika – Pesanteur	1690	48
Jacques Rohault (* 1620; † 1675)	Physica	1718	1: 11, 48; 47
Newton	Optika v amsterdamski izdaji	1720	47
<i>Bouguer</i>	Optika – fotometrija	1729	42
<i>Musschenbroek</i>	Latinske Institutiones in francoske Essai	1748, 1751	1; 11, 4; 46
Dalham	Dunajska fizika menihov piaristov	1753	1: 5, 37; 43
Nollet	Elektrika v francoski in italijanski izdaji	1754, 1755	1: 11, 86; 47
<i>Lacaille</i> ; Bošković	<i>Lectiones Elementaires d'Optique</i>	1758	1: 73
Benvenuti, Carlo (* 1716; SJ; † 1789); Bošković, Rudjer Josip	<i>Dissertatio physica de lumine</i> . Dunaj: Trattner	1761	1 : 73
<i>Euler</i>	Mehanika – <i>Theoria motus</i>	1765	44
Priestley	Elektrika v zgodovini – nemška izdaja	1769	1: 87
Priestley	Optika v zgodovini – nemška izdaja	1776	1: 77
Volta	Pisma o gorljivih plinih z barja	1778	1: 4, 89; 48

⁴⁶ Sumitomo, 1979, 6, 9.

⁴⁷ Osaka, 1963, 44.

⁴⁸ Osaka, 1963, 4, 73; ne v Yamazaki, 1952.

Tabela 2: Nekoč knjige Kichizaemona VI Sumitoma o rudarskih tehnologijah, objavljene v Hallersteinovi dobi

Pisec	Področje	Leto	Navedemo v <i>Osaka</i> , 1962 ali <i>Yamazaki</i> , 1952
Kirurg iz Gothe David Kellner (* 1643; † 1725)	Rudarstvo	1702	1: 9, 291
Albrecht von Hallerjev svak Hermann Friedrich Teichmeyer (* 1685; † 1746)	Soli	1749	1: 13, 182
Barba ⁶⁸	Rudarstvo	1729	1: 292
Urban Friderick Benedict Brückmann (* 1728; † 1812)	Dragi kamni	1757	1: 166
Revija Johanna Christopha Adelunga v Leipzigu	<i>Mineralogische Belustigungen, zum Behuf der Chymie und Naturgeschichte des Mineralreichs</i>	1768–1771	1: 11, 167
Johann Gottlieb Kern († 1775?)	Rudarstvo	1772	42
Sven Rinman (* 1720; † 1792)	Zgodovina jekla	1785	1: 12, 168
Franz Ludwig von Cancrin (* 1738; † 1812)	Plavži, s posvetilom ruski carici Katerini ⁶⁹	1788	1: 299
Kirurg Wilhelm Richardson	Rudarstvo	1790	2: 294

je odkril amalgamacijo kot postopek segrevanja rudnin zlata, srebra in bakra v slani raztopini živega srebra. Uporabljal je bakrene posode in kuhal, dokler ni izločil dovolj čiste kovine.

Barbova prva španska izdaja je bila objavljena leta 1640, ljubosumni Španci pa so jo pridno skrivali, kar pa ne pomeni, da zgodnji Sumitome niso zvedeli poglobitne poteze Barbovih odkritij. Drugo špansko izdajo iz leta 1729 pa so navdušeno prevajali; Nicolas Lenglet Dufresnoy (* 1674; † 1755) jo je pofrancozil leta 1751 pod psevdonomim Gosford. Nizozemska izdaja se je pojavila leta 1740, dunajski prostozidar Trattner pa je objavil prevod Matthiasa Godarja leta 1749 in 1755. Barba je obravnaval rudnike soli⁴⁹ in nastajanje kamnin,⁵⁰ še posebej dragih,⁵¹ nato pa se je lotil poglobitnega cilja, metalurgije.⁵² Seveda je kovine povezoval s planeti,⁵³ narisal je svoj plavž⁵⁴ upoštevaje simpatije in odbojnost med posameznimi kovinami,⁵⁵ ulitimi v posebne posode⁵⁶ skozi streho plavžev.⁵⁷ Zanimala ga je tudi zdravilna moč kovin,⁵⁸ za žlahtni kovini platino in zlato pa je uporabljal posebne posode.⁵⁹ Objavil je preglednice izdatnosti rud v

Peruju,⁶⁰ kar je bil seveda še dodatni razlog, da so Španci prvo izdajo Barbove knjige ljubosumno skrili.

V drugo izdajo je španski urednik vstavil obravnavo rudnikov Alonsa Carrilla y Lasosa (* 1582?; † 1628 Córdoba)⁶¹ in ji dodal podatke o španskih domačih rudnikih v Pirenejih⁶² in okolici vse do rimskih časov.⁶³ Barba je uporabljal Paracelsusovo⁶⁴ in Galilejevo delo o Jupitrovih satelitih kot možnih novih planetih; Galilejeve domneve so seveda grozile podreti starodavno shemo o številu planetov v povezavi s številom kovin.⁶⁵ Juan de Andosilla s *Colegio Imperial de Madrid* je pregledoval Barbova odkritja,⁶⁶ po njem še madridski kraljevi kozmograf Christian Rieger (* 1714 Dunaj; † 1780 Dunaj) leta 1763;⁶⁷ Rieger je pozneje postal rektor jezuitskega kolegija v Ljubljani in je svoje rudarske umetnine prek učitelja Gabrijela Gruberja zanesel v domače loge barona Žige Zoisa, lastnika rudarskih obratov na Jeseniškem in Bohinjskem. Kljub temu je Barbov postopek amalgamacije, izumljen leta 1609, utonil v bridko pozabo in ga je moral prostozidar Ignaz pl. Born ponovno

⁴⁹ Barba, 1729, 11.⁵⁰ Barba, 1729, 19.⁵¹ Barba, 1729, 21.⁵² Barba, 1729, 29.⁵³ Barba, 1729, 37.⁵⁴ Barba, 1729, 99, 130, 134, 137, 139.⁵⁵ Barba, 1729, 102.⁵⁶ Barba, 1729, 107, 166, 184.⁵⁷ Barba, 1729, 116.⁵⁸ Barba, 1729, 119.⁵⁹ Barba, 1729, 125.⁶⁰ Barba, 1729, 141.⁶¹ Barba, 1729, 195.⁶² Barba, 1729, 199.⁶³ Barba, 1729, 208.⁶⁴ Barnadas, 1986, 71.⁶⁵ Barnadas, 1986, 72; Barba, 1729, 38.⁶⁶ Barnadas, 1986, 44–45.⁶⁷ Barnadas, 1986, 78.⁶⁸ Osaka, 2: 293.⁶⁹ Osaka, 2: 299.

A R T E DE LOS METALES,

EN QUE SE ENSEÑA

EL VERDADERO BENEFICIO

DE LOS DE ORO, Y PLATA POR AZOGUE.

EL MODO DE FUNDIRLOS TODOS,
y como se han de refinar, y apartar vnos de otros.

COMPUESTO

POR EL LICENCIADO ALVARO ALONSO BARBA,
natural de la Villa de Lepe en la Andalucía, Cura en la
Imperial de Potosí, de la Parroquia de
San Bernardo.

NUEVAMENTE AORA AÑADIDO.

CON EL TRATADO DE LAS ANTIGUAS MINAS
de España, que escribió Don Alonso Carrillo y Lafo, Cavallero
del Avito de Santiago, y Cavallerizo de Cordova.

Y DEDICADO

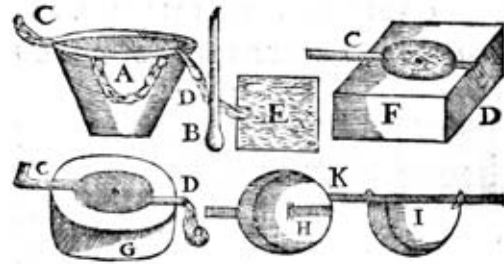
AL EXCELENTISSIMO SEÑOR DON DIEGO
Arias Davila Croy Pacheco Coloma Halluvin,
Marqués de Casa-Sola.

CON LICENCIA. En Madrid: En la Imprenta de Bernardo Peralta.

A costa de Francisco Assensio, Mercader de Libros de esta Corte. Hallase
vase en su Tienda, en las Gradass de San Phelipe el Real.

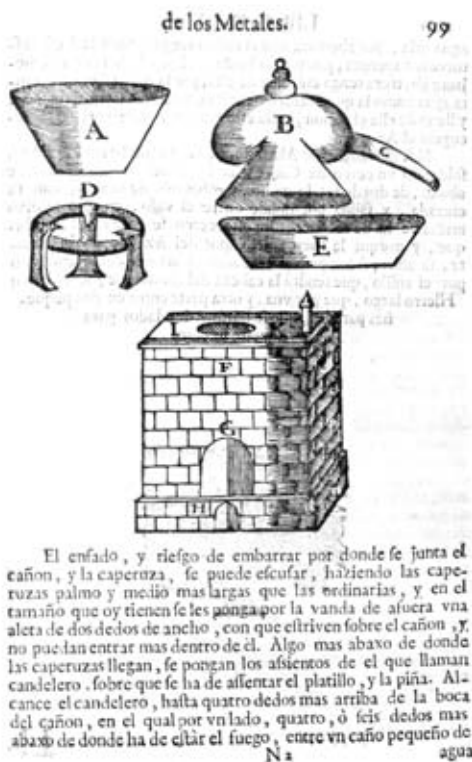
Slika 4: Naslovnica Barbove metalurgije v Sumitomovi knjižnici mesta Osaka (Barba, 1729) (z dovoljenjem zbirke za zgodovino znanosti Univerze v Oklahomi)

de los Metales. 125
la alzen, y baxen ázia los lados sin mucha fatiga, y con su peso, y golpe se disminuya el Metal. Faciles, y sabidas son sus fabricas, y así no me detengo en describirlas: solo digo, que para el presente intento no han de ser las soleras llanas, sino concavas, con capacidad ballante, para que las boladeras de arriba puedan andar sin estorvo. Entre agua por vn estrecho caño, por lo mas alto de la solera, en lo baxo está el Azogue necesario, y se irá echando el Metal, que huviere de molerse. Lo machacado se mezclará con el Azogue, lo demás convertido en futil Lama, saldrá por otro caño con el agua, y se recogerá, y beneficiará, como queda dicho.
A. Tirocin. B. Barreta. C. Agua que entra. D. La Lama, que sale con el agua. E. Cocha, ó lugar en que se recogen. F. Suelo del Trapiche, ó Maray quadrado. G. Solera redonda. H. Boladera de Trapiche. I. Boladera de Maray. K. Palo largo con que se mueve.



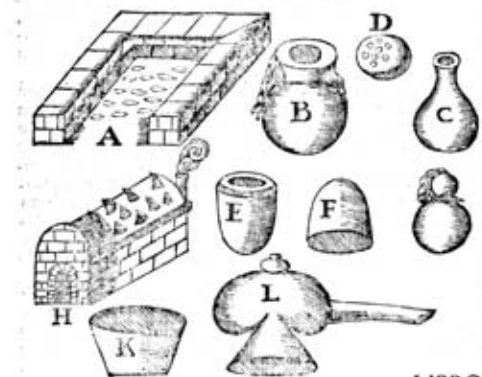
LIBRO

Slika 6: Bakreno posodje, amalgamacija in drugi postopki za pridobivanje kovin v Barbovi Metalurgiji iz Sumitomove knjižnice (Barba, 1729, 125)



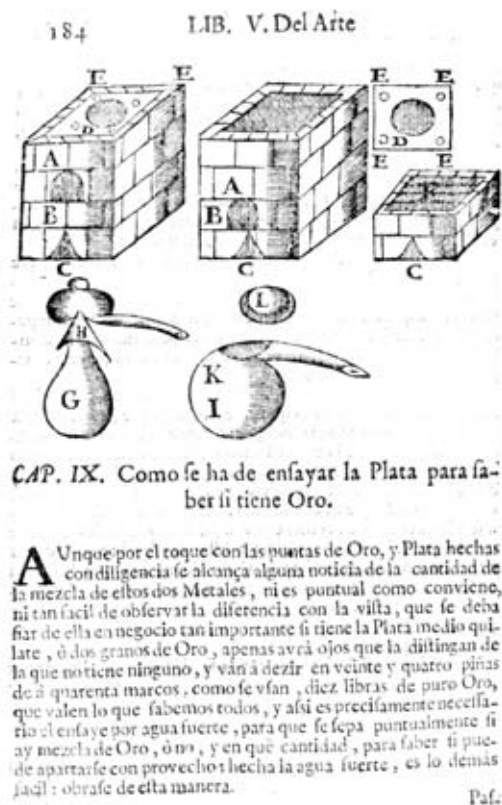
Slika 5: Deli posodja za amalgamacijo v Barbovi Metalurgiji iz Sumitomove knjižnice (Barba, 1729, 99)

166 LIB. IV. Del Arte
barro, que llaman Caperuzas, en que se pone el Metal molido; y encima dos dedos de ceniza bien apretada, rapanse estos con otros que llaman Capillos, y embarran las juntas, dasele fuego de llama por vna sola boca, ó puerta que tiene, y en lo alto de la parte opuesta tiene vna como chimenea pequeña por donde sale el humo. Pegase el Azogue à lo alto del capillo, del qual se junta, y recoge; y si por ser mucho alguno se cayó sobre la ceniza, se face de ella lavandola.
Tambien es excelente modo para esto el que se puso para desazogar las piñas con los alambiques vidriados, sobre vasos de Hierro. En todas estas obras se ponga siempre el que à ellas asistiere à varlovento de los hornos, por el riesgo de que quebrandose algun vaso, ó penetrandose por él, no cause el humo del Azogue los daños que suele, que son muy grandes, y por esto, y su mayor duracion, serian mas à proposito de Hierro, ó Cobre batido los vasos, ó capillos de arriba.
A. Quadrado dentro del qual se entierran las ollas. B. Ollas: C. Orinal. D. Platillo lleno de agujeros E. Caperuzas. F. Capillo. G. Horno de lamas. H. Puerta por donde se le dá el fuego. I. Chimenea. K. Fondo de Hierro. L. Alambique.



LIBRO

Slika 7: Različne oblike posodja v Barbovi Metalurgiji iz Sumitomove knjižnice (Barba, 1729, 166)



Slika 8: Plavži in posodje za izločevanje kovin v Barbovi Metalurgiji iz Sumitomove knjižnice (Barba, 1729, 184)

privleči na plano na Slovaškem, v Pragi in na Dunaju.⁷⁰

Sumitome kot vodilni Japonci kovinske stroke seveda niso tičali le v Barbovih odkritjih, temveč so se lotili tudi novejših evropskih dognanj. Friedrich Wilhelm von Oppel (* 1720; † 1769) je zapisal v predgovoru, da bo Kernova knjiga, objavljena za Freiburško rudarsko akademijo leta 1765, nadomestila starejša dela. Vendar razen zelo lepih risb ob zaključku Kern ni ponudil novih odkritij.

5 EREKITERU

Prvič predstavljamo vpeljavo vakuumskih črpalk in elektrostatičnih generatorjev med Japonci; naprave so bile v veliki meri neposreden produkt nizozemskega znanja vakuumistov Christiaana Huygensa in Pietra Musschenbroeka. Tako so bile urno na voljo med japonskimi prevajalci iz nizozemščine, imenovanimi *Rangaku*, kot del zahodnjaške znanosti *Yogaku* (洋學).⁷¹ Glede na japonsko povezanost z Nizozemci lahko

pričakujemo, da so Japonci zlahka in urno zvedeli za vakuumске poskuse Nizozemca Huygensa (* 1629; † 1695), ki jih je možakar začel novembra 1661 v Haagu po vrnitvi z obiska pri Boyleu. Huygens je svoje poskuse končal z neljubim velikim pokom ob predavanju v Parizu 14. aprila 1668.

Leydenski profesor filozofije in utemeljitelj fizikalnega kabineta januarja 1675,⁷² Burchard de Volder (* 1643 Amsterdam; † 1709), je kot izvrševalec Huygensove poslednje volje nadaljeval svoje delo v sodelovanju z leydensko tovarno vakuumskih naprav Pietrovega očeta Johana Joostena Musschenbroeka (* 1660; † 1707) in strica Samuela, ki sta izdelovala vakuumске črpalke v delavnici nasproti Univerze po načrtih Boerhaavejevega profesorja Aristotelove filozofije Wolferda Senguerda (Senguerolus, * 1646; † 1724) in Volderja. Volder jima je leta 1675 priskrbel Boyleve načrte iz Londona, tako da sta kmalu domala vse eksperimentalno naravnane leydenske profesorje oskrbela z vakuumskimi črpalkami, teleskopi, mikroskopi in kirurškimi napravami.⁷³ Senguerd je imel zasebna predavanja s poskusi kar doma; vakuumsko črpalko na en bat je opisal leta 1680 v svoji *Philosophia Naturalis*⁷⁴ ob uporabi dosežkov HOOKA, PAPINA in BOYLA.

Gravesande je nadomestil pokojnega Senguerda leta 1724 in je študente prav tako vabil predvsem v svoj domači fizikalni kabinet, ki je bil bolj opremljen od zastarelega fizikalnega laboratorija na univerzi.⁷⁵ Boerhaave je po študiju pri Senguerdu in Volderju prevzel katedro za botaniko na medicinski fakulteti leta 1709, devet let pozneje pa si je privoščil še katedro za kemijo na filozofski fakulteti, kjer je takoj postavil vakuumsko črpalko v kemijski laboratorij, na njej zasnoval poskuse in začel sodelovati z amsterdamskim izdelovalcem naprav Danielom Gabrielom Fahrenheitom na področjih, kjer je hodil v zelje fizikom, tisti čas imenovanim »eksperimentalni filozofi«.⁷⁶ Senguerdov in Boerhaavejev študent Pieter van Musschenbroek je zasedel katedro za fiziko na leydenski univerzi leta 1739, poldrugo desetletje pozneje pa je bratranec Hallersteinove matere baron Erberg v Ljubljani objavil latinski prevod P. Musschenbroekovih eksperimentov magneti.

Čeprav Sumitomova knjižnica ni imela Boerhaavejevih del, je bila Boerhaavejeva medicina s kemijo ob uporabi elektronskih in vakuumskih tehnik prvorazredni nizozemski izvozni artikel za radovedne

⁷⁰ Barnadas, 1986, 79–80.

⁷¹ Jirō, 1992, 3.

⁷² Wiesenfeldt, 2008, 224–225.

⁷³ Wiesenfeldt, 2008, 228, 232; Gerland, 1877, 670.

⁷⁴ Cook, 2007, 285, 384; Schneider, 1986, 399.

⁷⁵ Wiesenfeldt, 2008, 231.

⁷⁶ Wiesenfeldt, 2008, 231–232.

Japonce.⁷⁷ Nizozemski zdravniki iz Deshime so kmalu spoznali podrobnosti vakuumskih tehnik in leydenske steklenice Pietra Musschenbroeka, katere izum je nadobudni Nizozemec razglasil novembra 1745. Seveda so Sumitome kupili Musschenbroekove knjige v latinskih in francoskih izdajah iz let 1748 in 1751;⁷⁸ Hallerstein je enake knjige, čeprav ne vedno v istih izdajah, bral tako v Ljubljani kot pozneje v svoji pekinški knjižnici. Sumitome so uživali tudi v nadvse priljubljeni fiziki kartezijanca Jacquesa Rohaulta (* 1620; † 1675) iz leta 1718 v izdaji Samuela Clarka. Seveda je ta izdaja povsem izgubila kartezijanskega duha prve izdaje iz leta 1671, saj je Clarke dodal obilne Newtonove opombe pod črto, še posebej glede Boylovih in Huygensovih vakuumskih poskusov; prav pri njih so bile opombe pod črto kar precej daljše od prvotnega Rohaultovega zapisa.⁷⁹

Hallersteinovi pekinški jezuiti niso šli tako daleč in so imeli raje ženevski latinski prevod Th. Boneta iz leta 1674 in francoski pariški popravljeni ponatis iz leta 1683,⁸⁰ ki sta ohranila prvotni kartezijanski duh. Rohault ni ponudil veliko ilustracij vakuumskih poskusov, zato pa je narisal številne optične in električne poskuse.⁸¹ Med mehanskimi raziskavami, objavljenimi v času zgodnjih vakuumskih poskusov, je Sumitomova knjižnica nabavila Monteja, Borellija in Varignona. Galileijev prijatelj Guido Ubaldo del Monte je svoje knjige uveljavil tudi v kranjskih knjižnicah Turjačana in Valvasorja. Ubaldo je opisal enostavne mehanske principe in se počasi poglobljal v njihovo uporabo ob lepo skiciranih strojih.⁸² Borellijeva posmrtna izdaja je prišla na dan v Leydnu in je bila tako lahko del izvoza *rangaku* v Japonsko Sumitomojevo knjižnico s svojimi lepimi slikami, kljub uporabljeni latinščini, ki jo ni znalo brati ravno veliko Japoncev; so pač listali predvsem slike, kar ni bilo neobičajno v deželi vzhajajočega sonca.

Galileijev študent Borelli je poučeval na nekoč Galileijevi katedri za matematiko v Pisi, z rimskim matematikom Michelangelom Riccijem (* 1619; † 1682)

pa si je dopisoval o silah trka. Bil je to prav tisti Ricci, ki mu je Torricelli kot prvemu opisal vakuum v svojem pravkar odkritem barometru in s tem začel celotno zgodbo razvoja vakuumskih tehnik, ki še traja. Borelli je uporabljal Galileijeve in Torricellijeve ideje pri razlagi hidravličnega gibanja v jamah, sifonih in ceveh.⁸³ Borelli je narisal kapilarne pojave in pojasnil vakuumske pojave v Torricelijevem barometru,⁸⁴ pojasnil je tudi Robervalove poskuse z barometrom, poveznjenim v vakuumsko posodo, iz leta 1648⁸⁵ in Mersennovo težo zraka.⁸⁶ Uporabil je domnevo o najmanjših delcih zraka,⁸⁷ vendar je raje ostal v okvirih barometrskih vakuumskih poskusov akademikov iz Firenc brez uporabe vakuumskih črpalk. Podobno je Varignon na koncu svoje knjige opisal zagate vakuuma ob odprti cevi, polni tekočine, enostransko zatisnjeni s prstom pogumnega eksperimentatorja,⁸⁸ ki se še ni zavedel škodljivosti idrijskega živega srebra.

Sumitomi so za svojo knjižnico nabavili prva dva od treh zvezkov dunajske fizike piarista Dalhama⁸⁹ in Scarellajevo bolonjsko razpravo o magnetih.⁹⁰ Oba spisa sta bila manj priljubljena in morda celo neznanca v Pekingu Hallersteinovih dni. Po drugi strani pa je Sumitomova knjižnica imela pomembno Priestleyjevo zgodovino elektrike v nemški izdaji iz leta 1769,⁹¹ Cavallove poskuse z elektriko v nekoliko poznejši, prav tako nemški izdaji iz leta 1782,⁹² Voltova pisma o vnetljivih močvirskih plinih (1778),⁹³ Nolletove električne raziskave v francoskih in italijanskih izdajah (1754, 1755).⁹⁴

Florian Dalham od Sv. Terezije (* 1713 Dunaj; † 1795 Salzburg) je bil menih reda piaristov, ki so tisti čas urno nadomeščali jezuite na profesorskih položajih v srednji Evropi in pri nas. Dalham je pogumno uporabljal atomistični način za dokaz obstoja vakuuma,⁹⁵ tako da je prijazno posredoval bralcu skico Guerickejevega poskusa s polkroglo⁹⁶ in Torricellijevega barometra.⁹⁷ Uporabljal je tudi Boylovo črpalko, vendar je imel raje nizozemske inačice Musschenbroeka in 'sGravesanda z dvema batoma',⁹⁸

⁷⁷ Cook, 2007, 396.

⁷⁸ Osaka, 1963, 11, 46; Yamazaki, 1952, 46.

⁷⁹ Rohault, 1718, 61–62.

⁸⁰ Verhaeren, 1969, 767–768, 167.

⁸¹ Rohault, 1718, fig. 3 na tabli 14.

⁸² Ubaldo, 1615, 223, 225.

⁸³ Borelli, 1686, 226, 290–291, tab. 9 in 12.

⁸⁴ Borelli, 1686, 131, figura 6–7 na tab. 6.

⁸⁵ Borelli, 1686, 141–142.

⁸⁶ Borelli, 1686, 154–156.

⁸⁷ Borelli, 1686, 163.

⁸⁸ Varignon, 1690, figura 27 na tabli 6.

⁸⁹ Osaka, 1963, 5; Yamazaki, 1952, 43.

⁹⁰ Ni v Osaki, 1963; Yamazaki, 1952, 47.

⁹¹ Osaka, 1963, 77; ni v Yamazaki, 1952.

⁹² Osaka, 1963, 4, 81; Yamazaki, 1952, 43.

⁹³ Osaka, 1963, 4, 89; Yamazaki, 1952, 48.

⁹⁴ Osaka, 1963, 11, 86; Yamazaki, 1952, 47.

FLORIANI DALHAM
Clerici Regularis e Scholis Piis,
Et in
Academia Sabaudico Lichtensteiniana
PHILOSOPHLE PROFESSORIS
INSTITUTIONES
PHYSICÆ

In Usum Nobilissimorum suorum Auditorum adornatæ.

Quibus ceu Subsidiū præmittuntur
INSTITUTIONES MATHEMATICÆ.

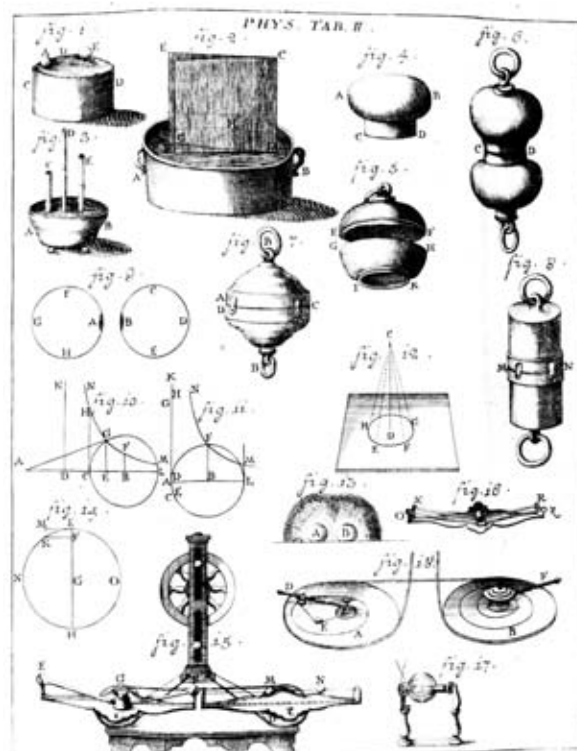
TOMUS II.

Primam Physicæ Partem : De Corporibus & Elementis,
eorumque Proprietatibus completens.

ANNO M. DCC. LIII.

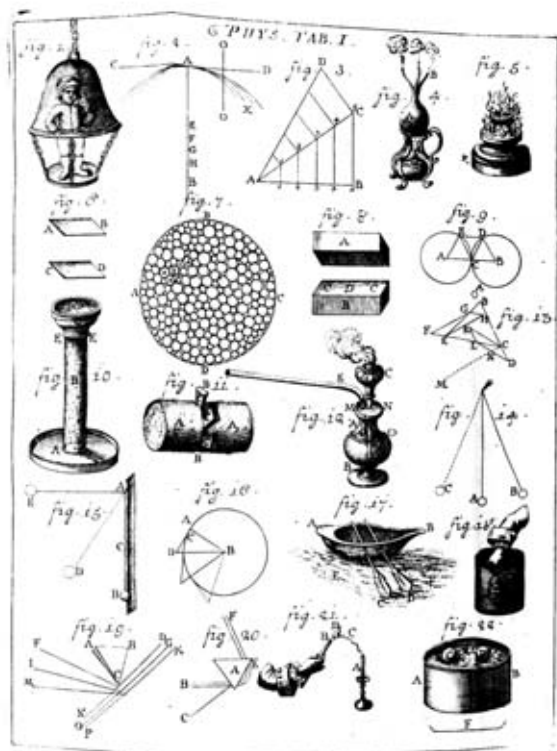
VIENNÆ AUSTRIÆ

Typis Joannis Thomæ Trattner, Cæf. Reg. Aulæ Bibliopole, & Universitatis Typographi.

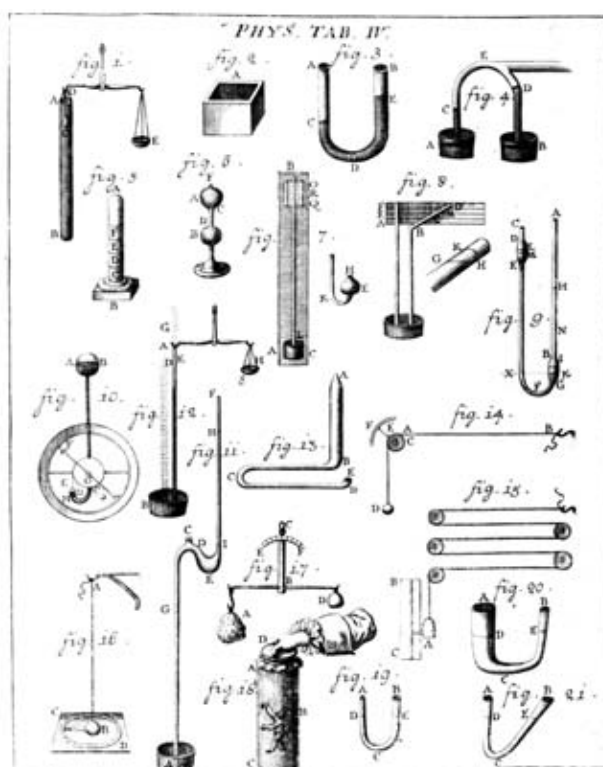


Slika 9: Naslovna stran Dalhamove Fizike iz Sumitomove knjižnice (Dalham, 1753)

Slika 11: Magdeburški polkrogli na sliki 5 table II Dalhamovega dela iz leta 1853, kot so ga uporabljali Japonci



Slika 10: Molekule, kot si jih je zamislil Dalham v Fiziki, ki so jo brali Japonci v Sumitomovi knjižnici (Dalham, 1753, slika 7 na tabli 1)



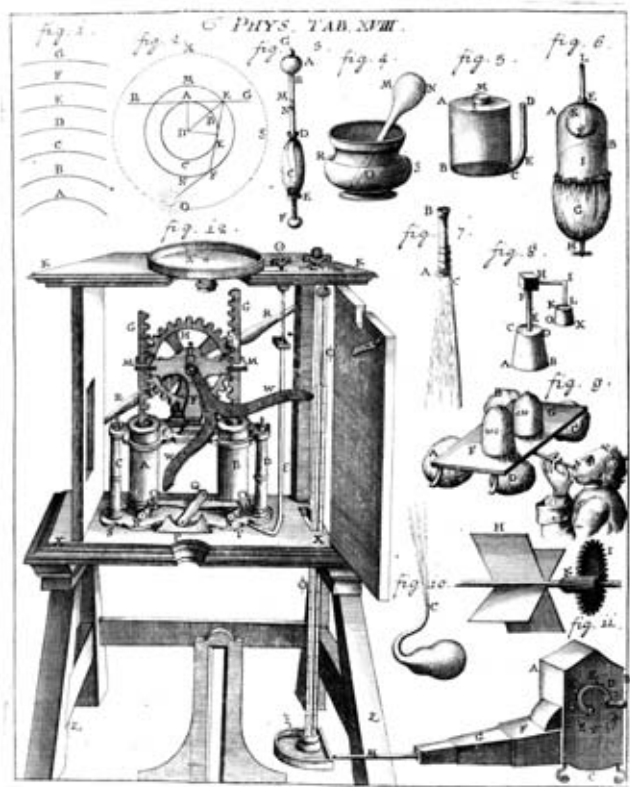
Slika 12: Barometri med Japonci (Dalham, 1753, slike 7–12 na tabli 5)

⁹⁵ Dalham, 1753, 2: 66–72, figura 6–9 na tab. 1.

⁹⁶ Dalham, 1753, 2: 139, 2: 351 figura 6. na tab. 3, 2: 361, figura 7 na tab. 19.

⁹⁷ Dalham, 1753, 2: 152, 171, figuri 8–9 na tab. 4.

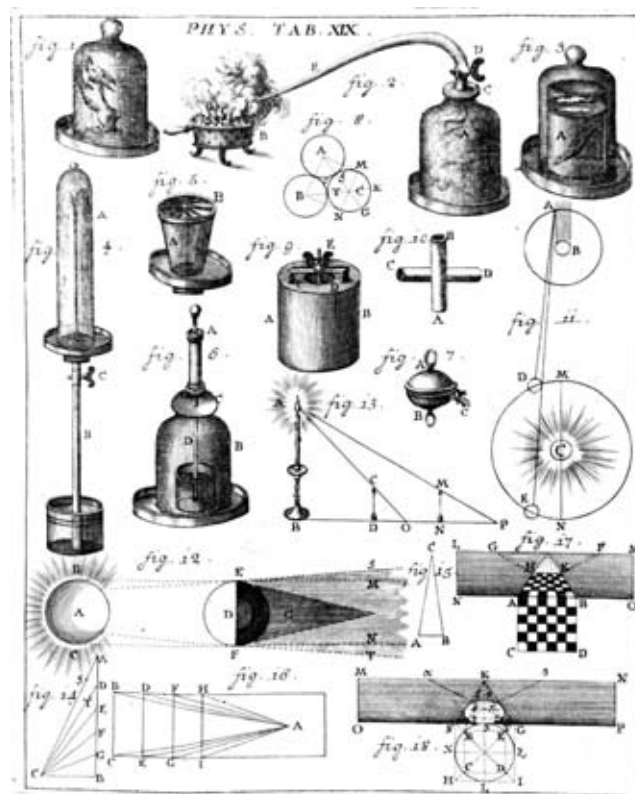
⁹⁸ Dalham, 1753, 2: 347, figura 12 na tab. 18, 483.



Slika 13: 'sGravesandova črpalka z dvema batoma na japonskem (Dalham, 1753, slika 12 na tabli 18)

uporabil jih je za številne poskuse⁹⁹ vse do Papinovega lonca za visoki tlak.¹⁰⁰ Končno si je privoščil še elektriko¹⁰¹ in pojasnil Watsonove meritve njene hitrosti iz leta 1748¹⁰² in Bosejeve razprave o električni svetlobi.¹⁰³ Pri tem je uporabljal vreteno za tornjo elektriko¹⁰⁴ brez leydenske steklenice, ki je bila potrebna za popoln *erikateru*. Raje je imel Newtonov model sile teže¹⁰⁵ kot bolj zapleteno Boškovićevo zamisel; posrečeno je še vedno prisegal na francosko inačico lopatic ladje na pogon konjskega para¹⁰⁶ namesto tedanjih poskusov s parniki, posebno poglavje pa je posvetil vakuumskim zagatam balistike topovskih izstrelkov.¹⁰⁷

Nizozemsko-japonski ali nizozemsko-dunajsko-ljubljanski prenos nizozemskih elektrostatičnih in vakuumskih tehnik sta bila hitrejša od kitajskih jezuitskih virov, ki so jih jezuiti prinašali iz Pariza in Lizbone v Peking francoske oziroma Hallersteinove



Slika 14: Uboga zajcu ali morda miši podobna zverinica v vakuumski posodi (slika 1) in magdeburški polkrogli (slika 7) iz Dalhamove knjige v Sumitomovi knjižnici (Dalham, 1753, tabla 19)

portugalske misije. Enako velja za elektrostatske generatorje *Erekiteru* (エレキ, エレキテル), ki so se med Japonci urno razpasli v dobi velikega svetovalca Tanumija Okutsuguja (田沼意次 * 1719; † 1788), ki je postal višji svetovalec (Rōjū) leta 1769¹⁰⁸ in je s svojimi posegi zaznamoval obdobje med letoma 1760 in 1786.

Erekiteri so se prav posrečeno priljubili sodobnim japonskim otrokom in jih je na spletu za zvrhan koš. Leta 1765 je botanik Gotō Rishun (後藤梨春, * 1696; † 1771) opisal *erekiteru* v svoji knjigi *Orandabanashi* (紅毛談, Kōmōdan, Pripovedke o Nizozemski), leta 1768 in 1771 pa so Nizozemci predstavili šogunu izboljšan Guerickejev vrtljivi elektrostatični generator zeta Johna Dollonda Jesseja Ramsdena (* 6. 10. 1735 Halifax; † 5. 11. 1800 Brighton). Ramsden je napravo razvil po Hauksbeejevi zamenjavi Guerickejeve žvep-

⁹⁹ Dalham, 1753, 2: 349–361, figura 1–7 na tab. 19.

¹⁰⁰ Dalham, 1753, 2: 361, figura 9 na tab. 19.

¹⁰¹ Dalham, 1753, 2: 482.

¹⁰² Dalham, 1753, 2: 490.

¹⁰³ Dalham, 1753, 2: 488.

¹⁰⁴ Dalham, 1753, 2: 484, figura 10 na tab. 24.

¹⁰⁵ Dalham, 1753, 2: 116–167, fig. 10–11 na tab. 2

¹⁰⁶ Dalham, 1753, 2: 225, figura 2 na tab. 13.

¹⁰⁷ Dalham, 1753, 2: 247, figura 3–5 na tab. 15.

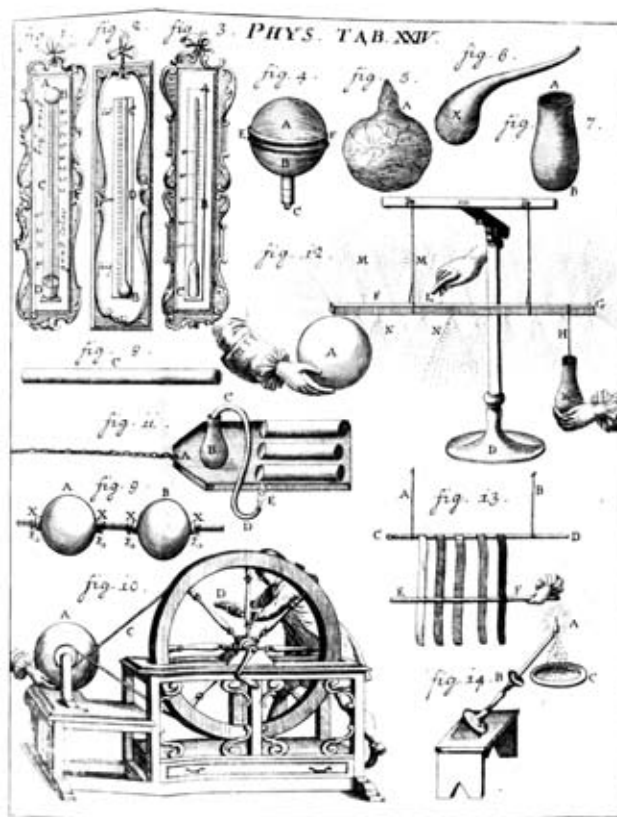
¹⁰⁸ Jirō, 1992, 51.

lene krogle¹⁰⁹ s stekleno in jo je v Londonu prodajal leta 1766, tako da je inačica s steklenim diskom, drgnjenim s štirimi krtačami, nadvse urno prišla do japonskega šoguna v Edo, današnji Tokio.

Leta 1776 je **Hiraga Gennai** (平賀源内, psevdonim Fūrai Sanjin, 風来山人, * 1728/29; † 1779) uspešno sestavil elektrostatično napravo z naelektrivijo leydenske steklenice v leseni škatli, nekako dve desetletje potem, ko sta Hallerstein in Benjamin Franklin dobila svoja elektrostatična stroja iz Londona. Gennaijev žlahtni stroj je tako globoko zaznamoval Japonce, da ga sodobni Japončki še dandanes veselo poganjajo pod Gennaijevim imenom, veseleč se iskrenja v zraku ali vakuumu. V 1760-ih letih je Gennai pomagal pri izkoriščanju rudnika Chichibu zahodno od mesta Chichibu v prefekturi Saitama (埼玉県, Saitama-ken), nato pa je pomagal pri razvoju premogovnika Akita v enako imenovani prefekturi leta 1773/74. S tem se je povezal z rudarskimi tehnikami družinskega podjetja Sumitomo, predvsem pa je doobra spoznal zagate vakuumskega črpanja podzemnih rudniških voda, ki so jih najbolje ugnali z evropskimi izumi parnih strojev. Gennai je bil v stiku z Nizozemci in japonskimi tolmači nizozemščine leta 1764, tako da si je pri njih izposodil pomembne knjige, kot je bil Jonstonov popis živali, Dodonaeusov herbarij ali knjiga o fosilih iz Indonezije Georgea Eberharda Rumphiusa (* 1627; † 1702 Ambon) *D'Amboinsche Rariteitkamer*, objavljena v Amsterdamu pri F. Halmi leta 1705. Izumitelj Gennai v številnih ozirih prav danes pooseblja iskrivega japonskega duha, zato so o njegovih dejanjih in nehanjih posneli tudi televizijsko oddajo.

Gennaijev študent in strokovnjak za *Rangaku* Morishima Chūryō (Katsurgawa Hosai, psevdonima Shinra Bansō ali Nisei Fūrai Sanjin v pomenu drugi Fūtai Sanjin, 森島中良, * 1754; † 1810?) je v svojih Nizozemskih različnostih (*Kōmō zatsuwā*, 紅毛雜話) leta 1787 ponudil podrobno razlago sestave in delovanja elektrostatskega stroja, čeprav je bil Morishima Chūryō predvsem pisec priljubljenega leposlovnega čtiva.

Leta 1798 sta Akisato Ritō (秋里路島, deloval 1780–1814) in Takehara Shunchōsai (竹原春朝齊, † 1800) v njuni fantastični pripovedi *Settsū meisho zue* (折津名所圖繪, Znameniti kraji v provinci Settsu), ki jo je v Naniwa (Osaka) objavil *Kawachiya tasuke* (浪花河内屋大助), opisala trgovino Hikidaja v Fushimskem delu Osake, kjer je trgovec med svojimi kitajskimi in korejskimi ponudbami razstavil še *erekiteru*, ki ga je sestavil umetnik Ōe. Narisali so še enega od gostov, ki je pisal z zahodnjaško pisavo.¹¹⁰ Tisti čas je dovoljena zasebna trgovina kapitanov in posadk nizozemskih ladij ob



Slika 15: *Erekiteru* v Dalhamovi Fiziki iz Sumitomove knjižnice (Dalham, 1753, slike 10–12 na tabli 24)

obiskih v Nagasakiju spravila na Japonsko številne knjige o geografiji, medicini, farmaciji,¹¹¹ pa tudi o vakuumskih tehnikah. Yoshio Kōzaemon je prebiral nizozemske knjige in spraševal nizozemske zdravnike o njihovih postopkih, tako da je s svojimi prevodi postal priznan strokovnjak za astronomijo, geografijo in botaniko. Bil je postavljen za tolmača leta 1742 in nato še ducatkrat.¹¹²

Leta 1788 je Hashimoto Sōkichi (橋本宗吉, * 1763 Osaka; † 1836) začel študirati pri Ōtsukiju Genryōju. V svoji zasebni akademiji *Shikandō*, ustanovljeni leta 1801,¹¹³ je Hashimoto pozneje učil, zdravil in objavil slovite Raziskave statične elektrike, nastale na Nizozemskem (*Oranda shisei erekiteru kyūrigen*, 阿蘭陀始制エレキテル究理原) leta 1811 pod zaščito Hazama Shigetomija (間重, * 1756; † 1816) iz Astronomskega urada in opazovalnice *Tenmongata* (天文方). Hazama Shigetomi je bil pomemben finančnik in nekdanji študent astronoma Asada Gōryūja ob zori japonskih fizikalnih ved, imenovanih Raziskovanja bistva stvari (*kyūrigaku*, 窮理学) po vzoru na neokonfucijansko Kitajsko, in prvih korakih kemije, imenovane *seimi-*

¹⁰⁹ Gerland, 1883, 252.

¹¹⁰ Jirō, 1992, 52, 56, 60, 88–89, 177.

¹¹¹ Jirō, 1992, 57.

¹¹² Jirō, 1992, 61.

¹¹³ Bowers, 1970, 94.

gaku (舎密学), s popačenko iz Nizozemske besede za kemijo.¹¹⁴

Hashimoto Muneyoshi je leta 1811 objavil prvi japonski elektrotehniški priročnik pod naslovom Teme-lji *Erekiteruja*, kot ga poznajo Nizozemci (阿蘭陀始制エレキテル究理原, *Oranda Shisei Erekiteru Kyūri-Gen*). Hoashi Banri (帆足萬里, * 1778; † 1852) je leta 1810 pisal o Zakonih narave (窮理通, *Kyūri-Tsū*) in pri tem uporabil kar trinajst nizozemskih knjig. Japonski raziskovalci elektrostatičnosti in vakuumskih tehnik so svoj elektrostatični generator imenovali »*erekiteru*« (danes tudi: *denki*, *fuka*) kot del fizike (danes: *butsurei*, *butsurigaku*), ali fizikalnih ved (danes imenovanih »*rigaku*«), ali naravoslovja s fiziologijo, imenovanega »*kyūrigaku*«, ali kemije imenovane »*semigaku*« (danes: *kemisutori*-, *kemisutori*, *kagaku*). Japonci so si izposodili evropske (nizozemske) nazive za barometer in kemijo, ne pa za ure ali fiziko.

Hashimoto Sokichi je podpiral ideje Benjamina Franklina in je *erekiteru* razvijal v poslovno močno razgibanem mestu Osaka leta 1811,¹¹⁵ kjer se je pod vplivom Sumitomojev že leta 1685 šestina od 300 000 prebivalcev ukvarjala s preprodajo bakra.¹¹⁶ Domala dve tretjini letne proizvodnje 6 tisoč ton Sumitomovega bakra sta bili leta 1697 namenjeni za izvoz na Kitajsko za kovanje denarja.¹¹⁷ Seveda se podjetni Sumitome niso branili niti blagovne menjave in so si s trgovino pridobili tudi marsikatero kitajsko knjigo ali pač knjigo kitajskih jezuitov, čeprav tovrstno branje ni bilo dovoljeno pred letom 1720. Seveda za bogataše prepovedi za navadne smrtnike ne veljajo. Kakor koli že, Osaka je postala središče novodobnih japonskih električnih in vakuumskih poskusov, tako da je Sokichi prav tam sestavil svojo električno napravo leta 1813 pod imenom Statična elektrika (*Erekiteru yakusetsu*). Pri tem se je predvsem naslanjal na nizozemske vire v povezavi z Musschenbroekovo leydensko steklenico, preden so Japonci sredi 19. stoletja le dognali, da Nizozemci kljub vsemu niso vodilni evropski znanstveniki v primerjavi z Angleži, Francozi ali Nemci; piko na i so pač dodali francoski revolucionarji, ko so začasno okupirali Nizozemsko. Tachu Horiguchi se je lotil statične elektrike nekoliko kasneje leta 1814,¹¹⁸ Sakuma Shōzan (佐久間象山, *Zōzan*, * 1811 Shinshu; † 1864) pa je uporabljal japonske domače *erekiteruje*

za elektrošoke z indukcijskim tokom leta 1860,¹¹⁹ podobno kot sta si svoj čas zamislila Ingenhouz in Franklin.

Japonci so si privoščili vakuumске črpalke nekoliko pozneje za *erekiteruji*, čeprav so si že prej ogledovali njihove slike v Winklerjevih ali Martinovih knjigah, medtem ko Keill ni priobčil primernih slik. Philipp Franz Balthazar pl. Siebold (* 1796 Würzburg; † 1866 München) je prinesel nekaj vakuumskih črpalk in galvansko napravo leta 1823, prvo japonsko vakuumsko črpalko pa so sestavili na silvestrovo leta 1820. Siebold je skušal pretihotapiti zemljevid Japonske in druge skrivnosti;¹²⁰ *rangaku* je bil precej omanjan, ko so Siebolda zaprli. Moral je odjadrati iz Nagasakija tik pred novim letom 1829 in se je smel vrniti komaj po izsiljevanju Commodora Perryja leta 1853.¹²¹ Hasashige Tanaka (田中久重, * 1799 Kurume; † 1881) je sestavil neprepustno napravo in črpalko za svojo zračno puško in *munjitō* kot »večno svetilo« v predhodnici podjetja, ki ga je njegov zet nato razvil v Toshiba, ki so jo sicer tako uradno imenovali komaj leta 1978.¹²²

Japonci so svoj lastni opis vakuumске črpalke objavili v delu Rinsō Aochija (青地林宗, * 1775; † 1833), imenovanem Atmosferska opazovanja (気海観瀾, *Kikai Kanran*), kmalu za tem pa leta 1834 v devetih zvezkih Shinsaija Udagawaja (宇田川榛齋, * 1769; † 1832), ki je dokazoval uporabo zraka pri dihanju in gorenju ob preračunavanju gostote zraka. Sodelavca Shinsaija Udagawaja sta bila Kōan Ogata (* 1810; † 1863) in zet Shinsaija Udagawaja Yōan Udagawa (宇田川榕菴, * 1798; † 1846), ki se mu je posrečilo sestaviti prvo japonsko Voltno baterijo leta 1831, leta 1840 pa je objavil Začetne principe kemije (舎密開宗 Seimi Kaisō) na osnovi *Elements of Experimental Chemistry* Williama Henryja (1799) z nizozemskimi priredbami Lavoisierjevega sistema.¹²³

Motoki Ryōi je prevedel nizozemsko izdajo (* 1583; † 1632) *Pinax mrococosmographicus* Johanna Rummelina (1667. Amsterdam: Paul Mathias)¹²⁴ in je tako tlakoval pot svojega dediča Motokija Ryōeija (Yoshinaga), ki je bil že kar tretja generacija iste družine tolmačev Motoki; prevedel je nizozemsko botaniko leta 1771 po naročilu Hiraga Gennaija, nato astronomijo (1773/74–1788), leta 1792 pa še vakuum-

¹¹⁴ Jirō, 1992, 91, 100–101.

¹¹⁵ Hashimoto, 1940.

¹¹⁶ Sumitomo, 1979, 13.

¹¹⁷ Sumitomo, 1979, 14.

¹¹⁸ Horiguchi, 1978.

¹¹⁹ Azuma, 1993, 151; Fuse, 1989, 151; Nakamura, 2009, 156.

¹²⁰ Nakayana, 2009, 157–158.

¹²¹ Jirō, 1992, 122–123, 126, 127.

¹²² Hashimoto, 2009, 33–34.

¹²³ Montgomery, 2000, 238–239.

¹²⁴ Jirō, 1992, 19, 21–22, 23, 25.

sko zasnovano Dodatno pojasnitev barometra (*Oranda kōshōgi fukai*). Študent Tadaoja Shizukija,¹²⁵ Baba Sajurō (Sadayoshi, 馬場佐十郎, * 1787; † 1822 Edo), je bil vodilni učitelj nizozemskega jezika in uradnik *bansho wage goyō* oddelka Astronomskega urada; leta 1810 je Motokijevo knjigo razširil v Prevedeni priročnik za barometer (*Senkitō yakusetsu*), imenovan tudi *Baromeetoru tenki keigi*. Leta 1817 je Baba objavil *Taisei jiki zusetsu* kot *Ilustrirane razlage zahodnjaške ure in Garasu seihōshūsetsu* (*Popolna razlaga postopkov izdelave stekla*).¹²⁶

Hallerstein je bral knjige nizozemskega vakuumista Huygenusa, predvsem *Horologium oscillatorum* v prvi pariški izdaji iz leta 1673; njegovi sosedje na francoski jezuitski postojanki so si privoščili nekdanji izvod lyonskega jezuitskega kolegija.¹²⁷ Kljub neposrednim povezavam z nizozemskimi vakuumisti pa se je Motoki Ryōei raje odločil za prevod knjige Johanna Adama starejšega († 1773), izdelovalca vakuumskih matematičnih naprav pri kralju Juriju III. Seveda je uporabil nizozemsko priredbo, saj angleško ni znal. Čeprav ni dodal novih idej, je obenem komentiral še deli Benamina Martina (* 1704 Worpleston; † 1782 London) in Johanna Heinricha Winklerja (Winckler, * 1703 Wingendorf pri Laubanu; † 1770 Leipzig).

Winklerjevo elektriko (1744/45) so imeli stiški cistercijani, njegovo *Anfangsgründe der Physik* (1754), ki jo je Motoki Ryōei uporabljal v nizozemskem prevodu (1768), pa je bratranec Hallersteinove matere Erberg nabavil za ljubljanske visokošolske študije leta 1755. Winkler je bil privrženec Christiana Wolffa in naslednik na katedri za filozofijo univerze v Leipzigu leta 1739, žal pa nam v svojem učbeniku fizike ni privoščil kazala. Po uvodnem matematičnem delu je opisal Torricellijev barometer v inačicah Rohaulta, Wolffa, Musschenbroeka in podobnih,¹²⁸ ni pa se lotil Guerickejevih vakuumskih poskusov, ki jih je Winkler raje opisal v svoji knjigi o Elektriki šest let

pozneje.¹³⁰ Winkler je opisal Musschenbroekove poskuse z živosrebrnim termometrom.¹³¹

Motoki Ryōei je uporabil Martinovo najstnikom namenjeno *The Philosophical Grammar* (1735) v nizozemskem prevodu pozneje slavnega zgodovinarja Jana Wagenaarja (* 1709; † 1773), naslovljenem *Filosofische Onderwijzer* (1744 Amsterdam), ki jo je Hallersteinov stric Erberg bral v italjanskem prevodu iz leta 1769. Žiga Zois je imel druga Martinova dela o vakuumski črpalki, parnem stroju in optiki. Po uvodnem delu¹³² je Martin briljiral predvsem v zadnjem, četrtem delu *Of Hypotheses, of Experiments, of various Instruments for that purpose their Use*¹³³ z razpravo o vakuumskih črpalkah, vendar je komaj v poznejših izdajah dodal Hauksbeejeve dosežke s sliko njegove pnevmatske naprave.¹³⁴ Tako na Japonskem uporabljana izdaja iz leta 1735 ni imela prvih treh slik iz ponatisa, objavljenega leta 1755.¹³⁵ Martin je pojasnil filozofsko ozadje vakuuma in elektrike¹³⁶ v uvodu, ni pa objavil slike *erekiteruja*, saj je obravnavo statične elektrike prihranil za druge svoje knjige.

Martin je v vseh izdajah razdelil svoje dvogovore med študentom *A* in učiteljem *B* v knjigi *Philosophical Grammar* na štiri dele, kjer je *Aerology*¹³⁷ napisal kot tretji del z obravnavo *The philosophy of the Atmosphere, or Air* v prvih štirih poglavjih.¹³⁸ Martinova govorca sta se čudila Boylovi vakuumski črpalki¹³⁹ v Robervalovi pariški izvedbi pod Pascalovim vplivom;¹⁴⁰ dodal je Keillove račune,¹⁴¹ najnovejše 'sGravesandove in druge poskuse.¹⁴² V prvi izdaji, ki jo je uporabljal Motoki Ryōei, ni bilo slik črpalke z dvojnimi batom¹⁴³ ali dolgih opomb pod črto, ki so kar prekosile dolžino prvotnega teksta v peti izdaji iz leta 1755. Prav strani, posvečene vakuumu, so bile tiste, ki jih je Martin najbolj podkrepil z opombami in dodatnimi skicami po prvi izdaji, kar očitno kaže, kako naglo se je vakuumska tehnika razvijala v času Hallersteinove mladosti.

¹²⁵ Groot, 1998, 12.

¹²⁶ Jirō, 1992, 62–63, 101, 103–104.

¹²⁷ Pekinški znanstveniki so si privoščili še tretji izvod brez lastniških vpisov, ki jih pogrešamo tudi v Huygensovih *De circuli magnitudine inventa* (1654. Leyden: Elzevier) (številke 1845–1848 v Verhaeren, 1969, 543).

¹²⁸ Winkler, 1738, 248–254, fig. 5–7 na tabli 14.

¹³⁰ Winkler, 1744, 5, 7.

¹³¹ Winkler, 1738, 257.

¹³² Martin, 1735, 22–28; Martin, 1755, 19–28.

¹³³ Martin, 1735, 27; Martin, 1755, 26.

¹³⁴ Martin, 1755, 27, plošča 2.

¹³⁵ Martin, 1735, 41 plošča 1 je enaka plošči 4 pri Martin, 1755, 39.

¹³⁶ Martin, 1755, 105–106.

¹³⁷ Martin, 1735, 143–185; Martin, 1755, 176–218.

¹³⁸ Martin, 1735, 143–155; Martin, 1755, 176–187.

¹³⁹ Martin, 1735, 147; Martin, 1755, 177.

¹⁴⁰ Martin, 1755, 179.

¹⁴¹ Martin, 1735, 150; Martin, 1755, 184.

¹⁴² Martin, 1755, 184.

¹⁴³ Martin, 1755, slika 18 na plošči 14.

Shizuki Tadao (志筑忠雄, Chūhirō Nakano, Ryūho, * 1760 Nagasaki; † 1806) se je zaradi telesne šibkosti kmalu upokojil kot *rangaku* tolmač v Nagasakiju,¹⁴³ naslanjal se je na kitajske vire v svoji kopernikanski teoriji iz let 1759 in 1766, med letoma 1782 in 1802 pa je prevedel nekoliko zastarelo knjigo Johna Keilla (* 1671 Edinburgh; † 1721 Oxford). Leta 1798 je najprej objavil drugi del Keillove *Introductiones ad veram Astronomiam* kot Novo besedilo o prehodnih (koledarskih) pojavih (*Rekishō Shinsho*, 曆象新書), naslednja dva dela o fiziki in krožnem gibanju pa je priobčil leta 1800 in 1802,¹⁴⁴ čeprav je bil fizikalni del prvi v Keillovi zasnovi. Morda je imel ubogi prevajalec Shizuki Tadao pač z njim nekoliko več preglavic. Prva dva zvezka je najprej sestavil v klasični kitajščini, vendar je v končni inačici vse tri zvezke objavil po japonsko.¹⁴⁵ Shizuki Tadao je med študijem pri Motokiju Ryōeiju bržkone zvedel dovolj, da bi si za prevajanje lahko izbral bolj moderne zapise Benjamina Martina ali Winklerja namesto Keilla.¹⁴⁶

Keill je ilustriral hidravlične posode,¹⁴⁷ poskuse z ladjami,¹⁴⁸ naklone topovskih strelcov,¹⁴⁹ ni pa si privoščil vakuumskih črpalk ali elektrostatičnih poskusov. Fizikalni del je končal s sredobežno silo vrlega Huygensa,¹⁵⁰ ki ga je prevajalec Shizuki Tadao bržkone poznal tudi iz drugih nizozemskih virov. Keillovo delo v milanski izdaji iz leta 1742 je bilo nadvse priljubljeno pri ljubljanskih in novomeških frančiškanih; Žiga Zois je uporabljal pariško izdajo iz leta 1746, Hallerstein sam pa si je v Pekingju raje privoščil 'sGravesandovo leydensko izdajo iz leta 1725.¹⁵¹

6 SKLEP

Hallersteinova vloga pri pekinških električnih in vakuumskih poskusih ni tako jasna kot njegove objave na področju astronomije, kartografije ali kitajske demografije. Veliko teh raziskav je bilo skupinskih pod okriljem cesarskega dvora dinastije Qing.¹⁵² Ker je bil naš Hallerstein vodilni jezuitski znanstvenik v Pekingju, nobena od električnih ali vakuumskih raziskav ni mogla potekati brez njegovega pečata. Tu smo prvi predstavili pekinški jezuitski elektrofor kot temelj poznejših Voltovih izumov, ki so podlaga sodobnih

vakuumskih ved in elektrotehnike. Naš jezuit Hallerstein je bil nedvomno blagor za kitajsko znanost in tehnologijo, vendar so ga Kitajci izgubili prekmalu, pred Opijsko vojno, da bi jim njegovo znanje še lahko pomagalo pri obrambi. Začetki vakuumskega in elektrotehniškega raziskovanja Hallersteina in sodelavcev so bili naravnost blesteči in so omogočili poznejša dinamo in električno žarnico¹⁵³ po uničenju jezuitske tehniške dediščine ob cesarski Poletni palači.¹⁵⁴

Kitajci si radi zamišljajo ciklični razvoj, medtem ko Japoncem od nekdaj bolj ustreza premočrtna puščica časa. Med kitajskim in japonskim načinom sprejemanja naše zahodne znanosti je bila in je še vedno globoka razlika. Medtem ko bi Kitajci nadvse radi videli, da bi se po njihovem skoraj vse evropsko znanje razvilo iz starodavnih kitajskih izumov, imajo Japonci raje nasprotno skrajnost in sami sebe skušajo »prodati« z golj kot posnemovalce zahodnih ali kitajskih dosežkov. Pravzaprav se kar opravičujejo, da so v zadnjem desetletju pobrali toliko Nobelovih nagrad, češ, saj nekateri japonski nagrajenci tako ali tako raziskujejo v ZDA.

Resničnost je seveda drugačna. Prepletajoče se jezuitsko-kitajske zasluge Hallersteinovih dni so omogočile Voltovo odkritje baterije kot temelj elektrodinamike, japonsko-nizozemska *rangaku* zveza pa je bila vse prej kot za staro šaro v času nizozemskega Musschenbroekovega odkritja leydenske steklenice in izboljšav vakuumске tehnike, ki so botrovale japonskemu *erekiteruju* na način, neobičajen za evropske raziskovalce. Elektrofor Hallersteinovih jezuitov je bil morda zadnji v Pekingju razviti izum, ki so ga Evropejci kasneje nadgradili in vrnilo Kitajcem v obliki dovršene elektrotehnike. V današnjem globaliziranem svetu se kaj podobnega ne more več ponoviti. Londonski izvoz leydenske steklenice v Franklinovo Filadelfijo se je prav tako v Evropo vrnil kot bumerang s strelovodom in drugimi Franklinovimi dosežki, čeprav še ne vemo, kakšne koristi je naredil uvoz elektrostatičnih in vakuumskih naprav v tedanji Ljubljani. Kakor koli že, prevzetni Needham je menil, da bi Japonci in Kitajci razvili zahodni podobno znanost tudi brez našega posredovanja, vendar midva z Nakayamo podpirava nasprotno stališče.¹⁵⁵

¹⁴³ Groot, 1998, 10,118.

¹⁴⁴ Ohmori, 1963, 147.

¹⁴⁵ Montgomery, 2000, 229–230.

¹⁴⁶ Nakayama, 2009, 74, 347; Jirō, 1992, 97.

¹⁴⁷ Keill, 1739, 113 (figura 8 na tabli III).

¹⁴⁸ Keill, 1739, 118 (figura 4–6 na tabli IV).

¹⁴⁹ Keill, 1739, 186 (figura 4 na tabli V).

¹⁵⁰ Keill, 1739, 196–208.

¹⁵¹ Verhaeren, 1969, 556–557.

¹⁵² Hostetler, 2007, 126–127.

¹⁵³ Lambert, Dilaura, 2004, excvii.

¹⁵⁴ Rinaldi, 2006, 210.

¹⁵⁵ Nakayama, 2009, 190.

ZAHVALA

Profesorjem in sodelavcem Rienku Vermiju, Stephenu Weldonu in Tomoku Weldonu ter mojemu študentu Tomu Ryanu gre zahvala za mnogotere koristne namige in pomoč pri mojemu šibkemu znanju japonščine; univerza v Oklahomi je z Mellonovo podporo prijazno krila raziskovalne stroške. Zapis japonskih imen sledi tamkajšnji navadi s priimkom na prvem mestu.

7 LITERATURA

Neobjavljeni viri, okrajšave in manj znani izrazi

Erekiteru = japonska skovanka za napravo, ki je nasprotno od evropskih izvedb družila v skupni škatli vreteno za proizvajanje torne elektrike z akumulatorjem v obliki leydenske steklenice
 FSLJ = Signature Frančiškanske knjižnice v Ljubljani
 FSNM = Signature Frančiškanske knjižnice v Novem mestu
 NM = Signature Narodnega Muzeja v Ljubljani
 NUK = Signature Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani
Rangaku = japonska znanost, utemeljena na priredbah nizozemskih del, ki so med Japonci prevladovala več kot stoletje po letu 1720.

Tiskani viri

- Aimé-Martin, M. L. 1838, 1843. *Lettres édifiantes et curieuses concernant l'Asie, l'Afrique et l'Amérique. II-IV*. Paris: Société du Panthéon Littéraire.
- Amiot, Jean-Joseph Maria. 1774. Observations météorologiques faites à Pékin, par le P. Amiot, Décembre 1762. Mis en ordre par M. (Charles) Messier. *Mémoires de mathématiques et de physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences*. 6: 519–601.
- Aochi, Rinsō (青地林宗). 1825/1827. *Kikai Kanran* (気海観瀾. Atmosferska opazovanja). Tōti (Tokyo): Hōkoen Meizankaku.
- Azuma, Toru. 1993. The Science Experiments by Shozan Sakuma and the Science Books in Dutch »Galvanische-Schok-Machine« and Elektrische Stromen. *Kagakusi Kenkyu* (*Journal of History of Science, Japan*). 28/171: 143–151.
- Baader, Joseph. 1797. *Vollständige Theorie der Saug- und Henepumpen, und Grundsätze zu ihrer virtheilhaftesten Anordnung, vorzüglich in Rücksicht auf Bergbau und Salinenwesen...* Bayreuth: J.A. Lübecks Erben.
- Barba, Alvarez Antonio. 1640. *Arte de los Metales En Qve Se Enseña El verdadero beneficio de los de oro, y plata por açogue. | El Modo de Fvndirlos Todos, | y como se han de refinar, y apartar | vnos de otros. | Compvesto Por El Licenciado | Albaro Alonso Barba, natural de la villa de Lepe, en la | Andaluzia, Cura en la Imperial de Potosí, de la | Parroquia de S. Bernardo*. Madrid: Imprenta del Reyno; 1729. *Arte de los Metales: en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue ; el modo de fundirlos todos, y como se han de refinar y apartar unos de otros compuesto por Alvaro Alonso Barba ; nuevamente aora añadido, con el Tratado de las antiguas minas de España, que escribió don Alonso Carrillo y Laso. De las antiguas minas de España*. Madrid: Francesco Assensio & Bernardo Peralta; 1751. *Metallurgie; ou, l'art de tirer et de purifier les métaux, traduite de l'espagnol d'Alphonse Barba avec les dissertations les plus rares sur les mines & les opérations métalliques*. 1–2. Paris: Pierre-Alexandre Le Prieure, z dodatki iz *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1665–1678 in *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1701–1719 in *Histoire de l'Académie*, 1727–1728; 1740. *Verhandlung over de metalen, mynen ein mineralen*. Leiden: J., van den Kluis; 1749. *Eines spanischen Priesters und hoehrfahren Natur-Kündigers Docimasie oder Probir- und Schmelztz-Kunst... aus dem Frantzösischem inn das Teutsche übersertzt und mit einem Angang...* Matthia Godar. Wien: Trattner.
- Barnadas, Josep M. 1986. *Alvaro Alonso Barba, 1569–1662; Investigaciones sobre su vida y obra*. La Paz: Minera Boliviana.
- Bernard-Maitre, Henri. 1948. Catalogue des objectas envoyés de Chine par les missionnaires de 1765 a 1786 Henri Bernard S.J. Département de Recherches de l'Université l'Aurore. *Bulletin de l'Université Aurore*. Série III, Tome 9: 119–206.
- Borelli, Giovanni Alfonso. 1686. *De vi percussiois*. Leyden: Peter van der Aa.
- Borisov, V. P. 2002. Izobrenenie vakuumnoga nasosa i krušenije dogmi »bojayni pustoti«. *VIET*. 4: 650–671.
- Cancrin, Franz Ludwig von 1788. *Abhandlung von einer feuerfesten, an Brand spahrenden Fruchtdarre, oder Fruchtriege: Mit 2 Kupfertafeln. Kleine technologische Werke*. 1–2. Giessen: Kriesger jünger; 1799. Leipzig: Krieger.
- Carrillo y Laso, Alonso. 1624. *De las antiguas minas de España*. Madrid.
- Cook, Harold J. 2007. *Matters of Exchange. Commerce, Medicine, and Science in the Dutch Golden Age*. New Haven & London: Yale University Press.
- Dalham, Floriani. 1752, 1753, 1755. *Floriani Dalham clerici regularis a scholis piis et in Academia Sabausieo Liechtensteiniana philosoph. Prof. Instructiones Physicae in usum nobilissimorum suorum auditorum adiratae : quibus seu subsidium praemittuntur institutiones mathematicae, nempe arithmeticae, geometriae et trigonometriae complectens, tomo 2. Primam physicam partem: de corporibus & elementis, eorumque proprietatibus complectens. Tomo 3. In quo agitur de geographia physica, & de rebus coelestibus*. 1–3. Dunaj : J.T. Trattner (NUK-24069).
- DiLaura, David, D.; Lambert, Johann Heinrich. 2001. *Photometry*. Boulder: University of Colorado.
- Erast, Thomas; Dudith, Andrés. 1579. *De cometarum significacionibus comentariolus*; Erast, Thomas; Dudith, Andrés; Squarcialupi, Marcello. 1580. *De cometarum significacionibus iudicum Thomae Erasti. De cometiis dissertationis novae clarissimorum virorum. Basileae: Osteni, Peter Perna. Ponatis v zborniku Bose, Johann Andreas (* 1626; † 1674). 1665. De significatu cometarum dissertationes et judicium doctorum hominum*. Panoviae: Guillem Antonio. Jenae: Georg Sengenwald.
- Fontana, Felice. 1783. *Opuscoli scientifici*. Firenze: Gaetano Cambiagi.
- Fredman, Joseph H. 1997. The Career and Writings of Bartholomew Keckermann (d. 1609). *Proceedings of the American Philosophical Society*. 141/3: 395–364.
- Fuse, Mitsuo. 1989. *Kagakusi Kenkyu* (*Journal of History of Science, Japan*). 28/171: 143–151.
- Gerland, Ernst. 1877. Ueber den Erfinder des Tellers der Luftpumpe. *Annalen der Physik und Chemie*. 3/2: 665–670.
- Gerland, Ernst. Junij 1883. Ueber Otto von Guericke's Leistungen auf dem Gebeite der Electricitätslehre. Prvi del. *Elektrotechn. Zeitschrift*. 249–252.
- De Groot, Henrik W. K. 1998. *Approaches to the Study of Dutch in Eighteenth Century Japan; Shizuki Tadao And Others*. Disertacija. Canterbury: University of Canterbury.
- Hashimoto, Sokichi (橋本宗吉). 1940. *Oranda shisei erekiteru kyurigen* (阿蘭陀始創エレキテル究理原, prvi natis 1813, ponatis 1857. *Ansei*. 4.); *Erekiteru yakusetsu* (prvi natis 1811. Osaka, ponatis 1857. *Ansei*. 4.); *Kotei Kyurigen kohon* (3). Tokyo: Hashimoto Donsai Sensei Hyakunen Kinenkai. Horiguchi.
- Hashimoto, Takehiko. 2009. *Historical Essays on Japanese Technology*. Tokyo: University of Tokyo Center for Philosophy.
- Hauksbee, Francis. 1719. *Physico-Mechanical Experiments*. London: J. Senex.
- Horiguchi, Tachu (堀口多). 1978. *Erekiteru zensho tekiyo* (エレキテル全書, Izbor iz zapisov o elektrostaticni napravi). *Toka zakki* zvezek 34. Tokyo: Kowa Shuppan (東京: 恒和出版).
- Hostetler, Laura. 2007. Global or Local? Exploring Connections between Chinese and European Geographical Knowledge During the Early Modern Period. *EASTM*. 26: 117–135.
- Ingenhousz, Jan. 1784. *Vermischte Schriften phisich-medizinischen Inhalts*, prevod Molitorja, 2te Auflage, 1–2. Wien: Wappler; Prevod: 1785–1789. *Nouvelles experiences et observations sur divers object de physique*. Paris: T. Barrois le jeune.
- Ingenhousz, Jan. 1779. *Experiments upon vegetablis, discovering their great power of purifying the common air in the sun-shine, and of injuring it in the shade and at night... by Joihn Ingen-Housz*. London: P. Elmsy & H. Payne; Prevodi: 1780. *Expériences sur les végétaux*. Paris: Fr. Didot; 1787, 1789. *Expériences sur les végétaux*. 1–2. Paris: Barrois; 1786–1790. *Versuche mit Pflanzen, hauptsächlich über die Eigenschaft, welche sie in einem hohen Grade*

- besitzen, die Luft im Sonnenlichte zu reingen, und in der Nacht und im Schatten zu verderben; nebst einer neuen Methide, den Grad der Reinheit und Heilsamkeit der atmosphärischen Luft zu grüfen. Aus dem französischen übersetzt von Joh. Andr. Scherer. Dunaj: Wappler.
- Jirō, Numata. 1992. *Western Learning. A Short History of the Study of Western Science in Early Modern Japan*. Tokyo: The Japan-Netherlands Institute.
- Keill, John. 1702, 1705. *Introductio ad veram physicam*. Oxoniae: T. Bennet; 1725, 1735, 1739. *Introductiones ad veram physicam et veram astronomiam. Quibus accedunt Trigonometria. De viribus centralibus. De legibus attractionis*. Leyden: Joh. & Herm. Verbeek; 1742. Mediolani: Franciscus Agnelli (FSLJ; FSNM); astronomski del prevedel Le Monnier, Pierre-Charles: 1746. *Institution astronomique ou leçon élémentaire d'astronomie, pour servir d'introduction à la physique céleste, & à la science des longitudes, avec de nouvelles tablis d'équation corrigées; et particulièrement les tablis du soleil, de la lune & des satellites, précédées d'un essai sur l'histoire d'astronomie moderne*. Paris: Guerin (Zois, NUK-7919); prevod Lulofs, Johannes: 1741. *Inleidinge tot de waare Natuur-en Steerkunde, of de natuur-en sterrekundige lessen van den heer Johan Keill...: waar by gevoegt zyn deszelfs verhandelingen over de platte en klootsche driehoeks-rekeninge, over de middelpunts-kragten en over de wetten der aantrekkinge*. Leyden: Jan & Hermanus Verbeek; prvod Shizuki, Tadao: (1782), 1798 (astronomija), 1800 (fizika), 1798 (krožno gibanje). *Rekishō Shinsko* (曆象新書, Novi zapisi o predhodnih pojavih). 1–3. Edo.
- Kern, Johann Gottlieb. 1772. *Bericht von Bergbau*. Leipzig: Bey Siegfried Leberecht Crusius.
- Knobloch, Eberhard. 2003. Otto von Guericke und die Kosmologie im 17. Jahrhundert. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*. 26: 237–250.
- Monte, Guido Ubaldo. 1577. *Guido Ubaldi e' marchionibus Montis Mecanicorum liber: in quo haec continentur De libra, De vecte, De trochlea, De axe in peritrochio, De cuneo, De cohlea*. Pisauri (Pesaro): Hieronim (Girolamo) Concordia (Auerspergova ljubljanska knjižnica; 130 listov; 33 cm). ponatis: 1579; 1615. *Le mechanice*. Venetiis: Evangelista Dechino (Sumitomo knjižnica); 1629. *Mechanischer Kunst-Kammer... überzetzet Danielem Mögling Wirtemb...* Franckfurt: Merian (Valvasorjeva knjižnica).
- Montgomery, Scott L. 2000. *Science in Translation*. Chicago: University Press.
- Martin, Benjamin. 1735. *The Philosophical Grammar. Part I. Somatology... II. Cosmology... III. Aerology... IV. Geology...* London: John Noon; 1738. London: John Noon; 1748. London: John Noon; 1753. London: John Noon; 1755. 5. Edition. London: John Noon; Italjanski Prevodi: 1750. Venezia: Remondini; 1753 Venezia: Remondini; 1760 Venezia: Remondini; 1769. *Gramatica della scienze filosofiche, o Breve analisi della filosofia moderna appoggiata alle sperienze... Quarta ed.veneta: novellamente illustrata, e con somma diligenza ricorretta...tradotta dall'inglese in francese, e dal francese in italiano*. Bassano/Venezia: Remondini (NM-6355 Erberg). Nizozemski prevodi: 1737. *Filozofische Onderwijzer: of algemeene schets der hendendaagsche onverschiktelijke natuurkunde*. Amsterdam: Isaac Tirion. Prevod Wagenaar, Jan (* 1709; † 1773): 1744. Amsterdam: Isaac Tirion; 1765. ... 3. *Druk in veelerlei opzigten verbeterd*. Amsterdam: M. Meijer.
- Morishima, Chūryō. 1787. *Kōmō zatsuwa* (紅毛雜話, Nizozemske različnosti). Yedo; angleški povzetek: Honda, Masaji (* 1897). 1909. *Komo zatsuwa, or The red-hair miscellany. Transactions and Proceedings of Japan Society London*. 1907, 1908, 1909. 8: 229–245.
- Musschenbroek, Pieter. 1734. *Elementa Physicae conscripta in usus academicos*. Leyden: Samuel Luchtman; 1761... *accedunt ubique auctaria quamplurima, frequentissimae adnotationes Disputatio physico-Historica de rerum corporearum origine, ac demum de rebus Caelestibus Tractatus. Opera et studio Antonii Genuensis...* Editio Tertia Veneta Ad nouissimam Neapolitanam exacta, atque multis emendate atque aucta. Venice: Remondiani; 1774... *editio Quarta Veneta...* Bassano/Venice: Remondini.
- Nakayama, Shingeru. 2009. *Collected Papers of Shingeru Nakayama The Orientation of Science and Technology A Japanese View*. Kent: Global Oriental.
- Nakamura, Tsuko. 2009. Shogunal Astronomer Takahashi Yoshitoki: His Life, Achievements and Influence. *Kagakusi Kenkyu (Journal of History of Science, Japan)*. 48/251: 156–161.
- Needham, Joseph, Wang Ling. 1959. *Science and Civilization in China*. Vol. 3. Mathematics, Astronomy, Geography, Cartography, Geology, Seismology and Mineralogy. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ohmori, Minoru. 1963. A Study on the Rekishō Shinsho. 1st part. *Nippon Kagakusi Gakkai (Japanese Studies in the History of Science)*. 2: 146–153.
- Ōsaka Furitsu Tioshokan (大阪府立図書館). 1963, 1963. *A classified catalogue of the books on science and technology; Sumitomo collection of the Osaka Prefectural Library, donated by Kichizaemon*. 1–2. Osaka: Prefecture Library.
- Pfister, Louis. 1732, 1934. *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine*. I–II. Chang-hai: Imprimerie de la Mission Catholique.
- Pickel, Georg. 1778. *Experimenta physico-medica de electricitate & calore animali*. Wurzburg: Franc Ernest Nitribitt.
- Priestley, Joseph. 1775. *The History and Present State of Electricity, With Original Experiments*. London: Bathurst & all.
- Richardson, Wilhelm. 1790. *The chemical principles of the metallic arts*. London: Baldwin; 1792. *Chemie der Metalle für Fabrikanten und Manufakturisten*. Aus dem Engl. Leipzig: Weygand.
- Rinaldi, Bianca Maria. 2006. *The »Chinese Garden in Good Taste« Jesuits and Europe's Flora and Art of the Garden in the 17th and 18th Centuries*. München: Martin Meidenbauer.
- Rinmann, Sven. 1785. *Versuch einer Geschichte des Eisens: mit Anwendung für Gewerbe und*
- Rohault, Jacques. 1718. *Physica. Latinè vertit, recensuit, & adnotationibus Ex illustrissimi Isaaci Newtoni Philosophiâ maximam partem haustis, amplificavit & ornavit Samuel Clarke, S.T.P.* London: Jacob Knapton.
- Saito, Fumikazu. 2006. O Vácuo de Pascal Versus o Ether de Noël: Uma Controvérsia Experimental? *Circumscribere*. 1: 50–57.
- Schimank, Hans; Guericke, Otto. 1968. *Otto von Guericke's Neue (sogenante) Magdeburher Versuche...* Düsseldorf: VDI.
- Schneider, Ditmar. 1986. Auf den Spuren Guericke's. *Phys. Bl.* 42: 397–399.
- Slaby, Adolf. 13. 11. 1906. Otto von Guericke. *Deutsches Museum Vorträge und Berichte Otto von Guericke* (München: Deutschen Museums). 3: 1–13.
- Sumitomo. 1979. *From the History of Sumitomo*. Tokyo: Sumitomo Shoji Kaisha, Ltd.
- Udagawa, Shinsai (宇田川榛齋). 1834/1835. *Ensei Ihō Meibutsu Kō Hoi* (遠西医方名物考補遺, Dodatek medicinskim in upoštevanja vrednim zadevam in mislim). Osaka: Kawachiya Tasuke & Kawachiya Gisuke/Edo: Suharaya Ihachi.
- Varignon, Pierre. 1690. *Nouvelles conjectures sur la pesanteur*. Paris: Jean Boudot.
- Verhaeren, Hubert. 1949. *Catalogue de la Bibliotheque du Pe-t'ang*. Pekin: Impr. Des Lazaristes; 1969. Paris: Societé d'édition Les Belles Lettres.
- Yamazaki, Toshio. 1952. A catalogue of Sumitomo Library kept in Osaka Prefecture Library. *Kagakusi Kenkyu (Journal of History of Science, Japan)*. 21: 42–48.
- Wiesenfeldt, Gerhard. 2008. The Order of Knowledge, of Instruments, and of Leiden University, ca. 1700. *Instruments in Art and Science: On the Architectonics of Cultural Boundaries in the 17th Century* (ur. Schramm, Helmar; Schwarte, Ludger). Berlin/New York: Walter de Gruyter. 222–235.
- Wiesner, Julius. 1905. *Jan Ingen-Housz Sein Leben und sein Wirken als Naturforscher und Arzt Unter Mitwirkung von Prof. Th. Escherich, Prof. E. Mach, Prof. R. von Töply und Prof. R. Wegscheider von Prof. Julius Wiesner Director des Pflanzenphysiologischen Instituts der k. k. Wiener Universität*. Wien: Carl Konegen.
- Wiesner, Julius. 1905b. Jan Ingen-Housz in Wien. *Osterreichische Rundschau (Wien: Carl Konegen)*. 3: 197–214.
- Winkler, Johann Heinrich. 1738. *Institutiones Mathematico-physicae experimentis confirmatae auctore M. Jo. Henr. Wincklero*. Lipsiae: Bern.Christ. Breitkopf. 1754. *Anfangsgründe der Physik*, Leipzig: Bernard Christoph Breitkopf (NUK-8235). Nizozemski prevod: 1768. *Beginselen der natuurkunde*. Amsterdam: Jacobus Loveringh/ Abraham Blussé.
- Winkler, Johann Heinrich. 1744. *Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektrizität, nebst einer Beschreibung zwo neuer Maschinen. Mit 9 Kpft*. Leipzig: Johann Heinrich Breitkopf.

DRUŠTVENE NOVICE

USPEŠNA ORGANIZACIJA MEDNARODNE ZNANSTVENE KONFERENCE

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je med 29. septembrom in 2. oktobrom 2009 v Fiesi pri Piranu organiziralo odmevno mednarodno znanstveno srečanje, ki je vsebovalo naslednji periodični konferenci:

2nd International Conference on Advanced Plasma Technologies with 1st International Plasma Nanoscience Symposium (2. mednarodna konferenca o naprednih plazemskih tehnologijah in 1. mednarodni simpozij o plazemski nanoznanosti).

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je kot ustanovni član mednarodne zveze za plazemsko nanoznanost organiziralo prvi svetovni simpozij o plazemski nanoznanosti skupaj z drugo mednarodno konferenco o naprednih plazemskih tehnologijah. Srečanje je doseglo, v nekaterih primerih pa celo preseгло, načrtane cilje, tako da pomeni izjemno afirmacijo našega društva in s tem slovenske znanosti na novem, hitro rastočem interdisciplinarnem področju plazemske modifikacije nanostrukturiranih in biomedicinskih materialov. Srečanje je obsegalo trije področij:

- Napredne plazemske tehnologije za obdelavo sodobnih materialov
- Nano- in biotehnologije za uporabo v medicini
- Plazemsko nanoznanost

Na konferenco smo povabili vrhunske znanstvenike, ki se ukvarjajo z navedeno problematiko. Vabilu so se odzvali svetovno priznani raziskovalci in vodje vodilnih laboratorijev s teh področij iz ZDA, Evropske unije, Japonske, Kitajske, Južne Koreje, Avstralije in Singapura. Poleg vabljenih predavateljev so se srečanja udeležili tudi nekateri drugi vodilni raziskovalci iz tujine in Slovenije, pa tudi mlajši raziskovalci, ki so predstavili svoje prispevke v obliki posterjev.

Programski odbor pod vodstvom predsednika Društva za vakuumsko tehniko Slovenije, doc. dr. Mirana Mozetiča, je organiziral štiridnevno srečanje z 20 vabljenimi predavanji, 9 ustnimi predstavitvami in 2 posterskima sklopoma. Poleg tega smo organizirali tudi okroglo mizo, katere namen je bil pregled aktualnega stanja na področju plazemske nanoznanosti in ocena potrebnih aktivnosti v prihodnje. Pripravili smo smernice razvoja (angleško *Road map*) za obdobje do leta 2030. Srečanja se je udeležil tudi Antony Murphy, CSIRO, Sydney, Avstralija, ki je aktualni urednik posebne tematske izdaje ene od najbolj uglednih svetovnih revij s področja uporabne fizike, *Journal of Physics D: Applied Physics*. Na okrogli mizi smo izbrali avtorje za prispevke v tematski izdaji revije, ki bo izšla v letu 2010. Navedena revija sicer ne objavlja konferenčnih prispevkov,



Slika 1: Skupinska fotografija udeležencev konference, ki so bili na izletu z ribiško ladjo Lahor

Tabela 1: Seznam vabljenih predavateljev na konferenci v Fiesi

predavatelj	ustanova	država
T. Belmonte	Nancy-Université, CNRS	Francija
D. Mariotti	NAMRI	Anglija
H. Kersten	University of Kiel	Nemčija
A. B. Murphy	CSIRO Material Science and Engineering	Avstralija
Z. Lj. Petrović	Institute of physics	Srbija
D. N. Ruzic	University of Illinois	ZDA
H. Rauscher	Institute of Health and Consumer Protection	Italija
A. Podgornik	BIA Separations, d. o. o.	Slovenija
J. Kovač	Institut »Jožef Stefan«	Slovenija
K. Ostrikov	CSIRO Material Science and Engineering	Avstralija
R. Hatakeyama	Tohoku University	Japonska
M. Hori	Nagoya University	Japonska
X. Zhong	Shanghai Jiao Tong University	Kitajska
P. Roca i Cabarrocas	LPICM	Francija
M. Sankaran	Case Western Reserve University	ZDA
M. Shiratani	Kyushu University	Japonska
J. H. Kim	University of Louisville	ZDA
N.M. Hwang	Seoul National University	Južna Koreja
M. Keidar	The George Washington University	ZDA
S. Xu	Nanyang Technological University	Singapur

tokrat pa se je uredniški odbor odločil, da naredi izjemo zaradi izjemne aktualnosti raziskovalnega področja in zaradi tega, ker spada prejšnja tematska izdaja z istega področja med najbolj citirane revije s področja fizike.

Strokovna komisija v sestavi prof. dr. Kostya Ostrikov (University of Sydney, Avstralija, odgovoren za področje Plazemska nanoznanost), prof. dr. Anthony Murphy (CSIRO, Avstralija, odgovoren za področje Nano- in biotehnologije za uporabo v medicini), prof. dr. David Ruzic (University of Illinois, ZDA, odgovoren za področje Napredne plazemske tehnologije za obdelavo sodobnih materialov), doc. dr. Uroš Cvelbar (Institut »Jožef Stefan«, Slovenija) in doc. dr. Miran Mozetič (Institut »Jožef Stefan«, Slovenija) je podelila po eno nagrado za najboljši poster mladih raziskovalcev za vsako področje. Nagrade so prejeli Yung-Bin Chung, Južna Koreja, za delo z naslovom *Measurements of size distribution of charged nanoparticles generated during synthesis of*



Slika 2: Okrogla miza o razvoju in smernicah plazemske nanoznanosti



Sliki 3: Podelitev nagrad za najboljši poster in prejemnika nagrad Yung -Bin Chung, Južna Koreja (področje Plazemska nanoznanost) in Kristina Eleršič, Slovenija (področje Nano- in biotehnologije)

films, nanowires and nanotubes by CVD, Kristina Eleršič, Institut »Jožef Stefan«, Slovenija, za delo z naslovom *Development of coated magnetic nanobeads for immuno-diagnostic tests*, in Ita Junkar, sedaj gostujoča raziskovalka na Univerzi Tomáš Bata v Zlínu (program Erasmus), sicer pa zaposlena na Institutu »Jožef Stefan«, za delo z naslovom *Plasma treatment of PET vascular grafts for improved biocompatibility*.

Za srečanje je bilo registriranih 20 vabljenih predavateljev, 9 predavateljev in 32 raziskovalcev, ki so predstavili posterje. Iz tujine je bilo 47 udeležencev (12 EU, 6 ZDA, 8 Avstralija, 3 Rusija, 2 Kitajska, 2 Singapur, 3 Hrvaška, 3 Srbija, 1 Črna gora, 4 Južna Koreja, 3 Japonska). Poleg udeležencev, ki so predstavili predavanja oziroma posterje, se je srečanja udeležilo še 10 raziskovalcev (7 iz tujine, 3 iz Slovenije), skupaj torej 71 delegatov.

Na organizacijo znanstvenega srečanja smo se začeli pripravljati že poleti 2008. Pripravili smo okvirni načrt organizacije. Jeseni 2008 smo poslali preliminarna obvestila in postavili domačo stran. Recenzija prispelih povzetkov in izbor vabljenih predavateljev sta potekali po ustaljeni praksi za organizacijo mednarodnih konferenc. Izdali smo zbornik referatov v obsegu 249 strani, ki ima ISBN številko 978-961-90025-8-2 in je dostopen v relevantnih knjižnicah v Sloveniji. Vsi referati, ki so objavljeni v zborniku, so bili recenzirani, pri čemer je programski odbor izbral za recenzente svetovno priznane raziskovalce, ki so aktivni na relevantnih področjih. Za objavo

posameznega referata je bilo potrebno pozitivno mnenje dveh recenzentov. Ocenjujemo, da je srečanje pripomoglo tako k promociji slovenske znanosti kakor tudi Slovenije kot turistične destinacije.

Organizacijo je finančno podprla Javna agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost. Brez finančne podpore ne bi mogli izvesti znanstvenega srečanja v takšnem obsegu.

Naslednji, 2. simpozij o plazemski nanoznanosti, bodo organizirali kolegi z Univerze v Sydneyju od 12. do 16. decembra 2010 v mestecu Murrumarang, New South Wales, Avstralija, za organizacijo 3. simpozija pa se potegujeta Univerza Tohoku, Tokyo, Japonska, in Univerza v Illinoisu, Urbana, ZDA. Končno odločitev bo mednarodni znanstveni odbor sprejel na zasedanju v Murrumarangu.

Naslednjo, 3. mednarodno konferenco o sodobnih plazemskih tehnologijah, bomo organizirali junija 2010 v Sloveniji v hotelu Zlatorog v Bohinju tik pred specializirano tematsko delavnico z nazivom »62th IUVSTA Workshop on Plasma Synthesis and Modification on Nanomaterials«, ki bo potekala prav tako pri nas pod pokroviteljstvom mednarodne zveze IUVSTA. V letu 2011 bo organizirana 4. mednarodna konferenca o naprednih plazemskih tehnologijah na Hvaru na Hrvaškem. Organizacijo 4. konference bo prevzelo Hrvaško vakuumsko društvo ob podpori Instituta za fiziko in Instituta Rudjer Bošković iz Zagreba.

doc. dr. Uroš Cvelbar in doc. dr. Miran Mozetič

PREGLED KONFERENC V LETU 2010

V Vakuumistu bomo odslej občasno objavljali spisek pomembnejših konferenc, ki so vsebinsko blizu tematiki naše revije. Večji poudarek je na konferencah, ki so organizirane v Sloveniji in bližnji okolici, ter na konferencah, kjer pri organizaciji sodelujejo pisci Vakuumista. Takšen spisek naj bo torej kot vodilo bralcem, katere pomembnejše konference z njihovega področja dela so predvidene v naslednjem letu. Spisek je urejen po datumu začetka konference.

37th International conference on metallurgical coatings & thin films – ICMCTF 2010

26.–30. april 2010, San Diego, ZDA

(rok za povzetek: 1. oktober 2009)

<http://www2.avs.org/conferences/icmctf>

European materials society spring meeting – EMRS

7.–11. junij 2010, Strasbourg, Francija

(rok za povzetek: 19. januar 2010)

<http://www.emrs-strasbourg.com>

Mednarodni znanstveni sestanek Vakuumiska znanost in tehnika

Hrvaško-slovensko srečanje vakuumistov

1. junij 2010, Tuheljske Toplice, Hrvaška

rok za povzetek: (še ni določen)

<http://www.cro-vacuum.hr> (domača stran društva)

3rd International conference on advanced plasma technologies

14.–15. junij 2010, Bohinj, Slovenija

(rok za povzetek: 1. april 2010)

Pridruženi dogodek konference je delavnica: 62th IUVSTA Workshop on Plasma Synthesis and Modification on Nanomaterials, 14.–18. junij 2010, Portorož, Slovenija, <http://plazma.ijs.si/iuvsta62/>

13th Joint vacuum conference – JVC-13

20.–24. junij 2010, Štrbské Pleso, Slovaška

(rok za povzetek: 5. april 2010)

<http://www.jvc13.stuba.sk>

4th International meeting on developments in materials, processes and applications of emerging technologies – MPA 2010

28.–30. julij 2010, Braga, Portugalska

rok za povzetek: 15. april 2010

<http://www.mpa-meeting.com/>**18th International vacuum congress – IVC-18**Vključuje tudi International Conference on Nanoscience and Technology (ICN+T 2010), 14th International Conference on Surfaces Science (ICSS-14) in Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-5)

23.–27. avgust, Peking, Kitajska

rok za povzetek: 15. april 2010

<http://www.ivic18.com/en/index.html>**25th Summer school and international symposium on the physics of ionized gases**

30. avgust–3. september 2010, Donji Milanovac, Srbija

rok za povzetek: 15. maj 2010

<http://webhost.rcub.bg.ac.rs/~spig2010/>**Nuclear energy for new Europe 2010**

6.–9. september 2010, Portorož, Slovenija

rok za povzetek: 30. april 2010

<http://www.nss.si/port2010/>**12th International conference on plasma surface engineering – PSE 2010**

13.–17. september 2010, Garmisch-Partenkirchen, Nemčija

(rok za povzetek: 31. januar 2010)

<http://www.pse2010.net>**11th European vacuum conference – EVC-11**Vključuje tudi 8th Iberian Vacuum Meeting – IVM-8 in 6th European Topical Conference on Hard Coatings.

20.–24. september 2010, Salamanca, Španija

rok za povzetek: 15. maj 2010

<http://www.icmm.csic.es/aseva/evc11.html>Pridruženi dogodek konference je delavnica v okviru IUVESTA: Surface Phenomena Limiting Ultimate Pressures in Vacuum Systems – WS-63, 14.–19. september 2010, – Ávila, Španija, rok za povzetek: 1. junij 2010, <http://www.icmm.csic.es/aseva/ws60.html>**46th International conference on microelectronics, devices and materials – MIDEM 2010**

29. september–1. oktober 2010, Radenci, Slovenija

rok za povzetke: (še ni določen)

<http://www.midem-drustvo.si> (domača stran društva)**18. mednarodna konferenca o materialih in tehnologijah**

15.–17. november 2010, Portorož, Slovenija

rok za povzetek: 20. september 2010

<http://www.imt.si/portoroz>**The 11th European meeting on environmental chemistry – EMEC-11**

8.–11. december 2010, Portorož, Slovenija

rok za povzetek: 1. september 2010

<http://sabotin.ung.si/~emec11/index.html>

DRUŠTVENE NOVICE

Ena od novosti, ki jo bomo vpeljali z letošnjim letnikom Vakuumista, je tudi redno objavljane kratkih novic o društvenem delovanju. Lahko bi tudi rekli »ponovno vpeljali«, saj so bili prvi letniki Vakuumista namenjeni prav temu. Sčasoma se je delež društvenih novic zmanjševal in se je v zadnjih letih ustalil na poročilih o večjih dogodkih (konference, obletnice).

Kje je motiv za ponovno uvedbo kratkih društvenih novic? Prvič že zato, ker je Vakuumist glasilo društva in ima eno od poslanstev informirati članstvo. Morda še bolj pomembna pa je dokumentacijska vloga. Resda so vse aktivnosti društva danes zabeležene po neštetihi vabilih, poročilih in tabelah, ki so shranjeni bodisi na papirju ali v elektronski obliki. Vendar pa se v nekaj letih pregled nad tem povsem izgubi. Društvene novice naj bodo torej zgoščeni pregled društvenega dogajanja v obdobju od izida prejšnje številke Vakuumista.

Katere dogodke bomo torej zajeli? Prvenstveno gre za redne dogodke, kot so seje izvršnega odbora društva, aktivnosti na relaciji društvo–IUVESTA, udeležba članov na pomembnejših konferencah, organizacija konferenc, delavnic in tečajev itd. Sicer pa bomo objavili vsak dogodek, ki je na določen način pomemben za društveno življenje. Najpomembnejši dogodki pa bodo tako kot doslej objavljeni kot ločeni prispevki.

Sestanek uredniškega odbora Vakuumista, 25. januarja 2010

Na 29. seji izvršnega odbora društva dne 1. decembra 2009 je bil za novega urednika Vakuumista imenovan doc. dr. Miha Čekada, mandat pa mu je začel teči 1. januarja 2010 in je vsebinsko zajemal tudi izbor novih članov uredniškega odbora. Na podlagi

tega je bil sklican prvi sestanek uredniškega odbora, takrat še v neformalni sestavi.

Na sestanku je bilo največ govora o uredniški politiki v prihodnje, ki bo v glavnem ostala nespremenjena, vendar z določenimi novostmi, med drugim: več društvenih novic in praktičnih nasvetov, uvedba avtorske korekture, uvedba prevodov najzanimivejših preglednih člankov tujih revij (z dovoljenjem seveda). Jezik revije ostaja slovenščina. Dokončali smo prijavo na javni razpis za sofinanciranje izdajanja znanstvenih periodičnih publikacij Javne agencije za knjigo. Z imenovanjem novega urednika se je sprostilo mesto korektorja, to delo bo odslej opravljal Matjaž Finšgar z Instituta »Jožef Stefan«.

30. seja izvršnega odbora DVTS, 16. februarja 2010

Izvršni odbor je na predlog novega urednika imenoval novi uredniški odbor Vakuumista, ki poleg

urednika šteje 12 članov: Matjaž Finšgar, dr. Jože Gasperič, prof. dr. Monika Jenko, dr. Stanislav Južnič, doc. dr. Marta Klanjšek Gunde, doc. dr. Janez Kovač, prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar, dr. Peter Panjan, mag. Andrej Pregelj, dr. Drago Resnik, doc. dr. Alenka Vesel in prof. dr. Franc Zupanič.

V pripravi je konferenca »13th joint vacuum conference«, ki bo konec junija 2010 v Štrbskem Plesu na Slovaškem. Za člana programskega odbora je imenoval prof. dr. Moniko Jenko in doc. dr. Mirana Mozetiča, za člana organizacijskega odbora pa doc. dr. Alenko Vesel in dr. Janeza Šetino. Za vabljenega predavatelja je imenoval dr. Bojana Zajca in dr. Črtomira Donika.

Izvršni odbor je še sprejel poslovno poročilo za leto 2009.

VABILO NA STROKOVNO EKSKURZIJO NA SINHROTRONSKI POSPEŠEVALNIK ELETTRA V BAZOVICI PRI TRSTU

Člane Društva za vakuumsko tehniko Slovenije in simpatizerje vabimo na strokovno ekskurzijo na sinhrotronski pospeševalnik Elettra v Bazovici pri Trstu. Ekskurzija bo v sredo, 5. 5. 2010. Organiziran bo prevoz z avtobusom ob 13. uri izpred stavbe starega Tehnološkega parka Ljubljana (nekdanji IEVT) na Teslovi 30. Oglad sinhrotrona bo predvidoma od 15. do 17. ure. Po ogledu se bomo ustavili na prigrizku in teranu v gostilni na Krasu. Cena izleta za člane društva je 10 EUR, za simpatizerje pa 15 EUR, kar bo mogoče plačati na avtobusu. Vrnitev v Ljubljano bo predvidoma okoli 21. ure.

Sinhrotronski pospeševalnik Elettra je vrhunski in svetovno poznani raziskovalni center, ki deluje od leta 1993. Na njem se izvajajo raziskave z rentgensko svetlobo s področja fizike, kemije, materialov, biologije, mikroelektronike ... Izredno intenziven in usmerjen rentgenski žarek v sinhrotronu nastane pri sevanju relativističnih elektronov, ki na Elettri krožijo z energijo 2,4 GeV (skoraj s svetlobno hitrostjo) v ultravisokovakuumski cevi dolžine 250 m. Sedaj je poleg pospeševalnika v gradnji nov izvir rentgenske svetlobe, to je laser na proste elektrone. Več o sinhrotronu Elettra lahko preberete na spletnih straneh <http://www.elettra.trieste.it/>.

Interesenti naj se prijavijo do 23. aprila na elektronski naslov janez.kovac@ijs.si ali pa po telefonu (01) 477 3403.

Vabljeni!

doc. dr. Janez Kovač, tajnik DVTS



(vir: <http://www.elettra.trieste.it/>)

DR. EVA PERMAN – 80 LET

Dr. Eva Nauta - Perman, najstarejša članica Društva za vakuumsko tehniko Slovenije, je 27. marca 2010 bistrega uma dopolnila častljivo starost osemdesetih let. Otroška leta je prebila v Ilirski Bistrici pod skrbnim očesom svojega očeta Evgena Nauta, ki je bil takrat skrbnik veleposestva saškega princa Schönburg-Waldenburga. Prva dva razreda gimnazije je naredila v Trstu. Povojna Slovenija ji je vzela očeta, in težka je bila njena nadaljnja pot. Šla je k sorodnikom v Ljubljano, 1949. leta maturirala na Poljanski gimnaziji in se jeseni vpisala na kemijski oddelek Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Podpisani sem jo takrat prvič srečal kot mlado, lepo deklico.

Ponovno sva se srečala, ko sva skoraj istočasno 1955. leta prišla v redno službo na Institut »Jožef Stefan« – ona v laboratorij za spektroskopijo, jaz pa v laboratorij za elektrofizikalne naprave. Ne avto, pač pa prepotrebne obleke smo si takrat kupovali za prve plače. Bilo je prijetno ozračje, srečevali smo se z Janezom Kristanom, Marjanom Senegačnikom, Ivanom Zupančičem, Savom Poberajem, Francem Požarjem, Tonijem Brinskom, Mitjem Uranom, ki so že vsi za vedno odpotovali. Eva, takrat še Nauta, se je bavila s spektroskopijo in se poročila s šefom njenega oddelka Ivanom Permanom.

Ko so slovenski veljaki vrgli ustanovitelja Instituta »Jožef Stefan«, našega vestnega profesorja Peterlina, sta tudi onadva leta 1960 zapustila Institut in šla v železarno v Ravne na Koroškem. Tudi podpisani sem bil med tistimi, ki jih je odneslo drugam, in tako o njenem delu v tem času skoraj ničesar ne vem. Doktorirala je 1984. leta na tehniško-metalurški fakulteti v Beogradu.

Spet sva se srečala na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT), ko smo v okviru Univerze v Mariboru s prof. Evgenom Kanskyjem in s pomočjo prof.



Dalija Đonlagića organizirali podiplomski študij Vakuumistike. Zamisel se je porodila – kot nadaljevanje dela našega prof. Aleša Strojnika – zaradi potreb mnogih vrhunskih tovarn v takratni Jugoslaviji. Pri tem projektu mariborske univerze so pomagali oz. sodelovali tudi predavatelji iz drugih delov Jugoslavije in iz Švice (prof. Baš, ETH Zürich). Če se ne motim, je bil to prvi študij vakuumistike v Evropi.

Pišem po spominu in ne izključujem možnosti eventualnih napak in pomanjkljivosti, ampak vseeno, v imenu vseh vakuumistov, draga Eva, Ti želim še na mnoga leta – ad multos annos.

prof. dr. Alojz Paulin

NOVA OPREMA NA TRGU

Rotacijski črpalki Duo 125 in Duo 255

Asslar, Nemčija, februar 2010

Pfeiffer Vacuum je dal na trg dve novi rotacijski črpalki, Duo 125 in Duo 255. Namenjeni sta za industrijske in raziskovalne potrebe, kjer zahtevamo zanesljivo črpalko s črpalno hitrostjo med 120 m³/h in 250 m³/h pri grobem in srednjem vakuumu. Ti črpalki sta primerni za uporabo v visokovakuumske sisteme v kombinaciji s turbomolekularno črpalko ali kot predčrpalki za Rootsove črpalke. Značilna industrijska uporaba v grobem in srednjem vakuumu vključuje vakuumsko sušenje, metalurgijo in prevleke.

Črpalki Duo 125 in Duo 255 dopolnjujeta serijo rotacijskih črpalk DuoLine, ki se odlikujejo po majhnih dimenzijah, velikih črpalnih hitrostih in nizkem šumu.

Ker so ležaji izdelani iz neželeznih materialov, so te črpalke neobčutljive za prah, nečistoče in korozivne pline. Integrirani sistem mazanja z oljem pod tlakom izboljša cirkulacijo olja in hlajenje. Izboljšano hlajenje črpalke



omogoča dolgo trajnostno dobo. Hidravlični varnostni ventil dodatno zagotavlja zanesljivost delovanja.

Vrsta dodatnih komponent omogoča razširitev potencialnih aplikacij in povečuje zanesljivosti obratovanja.

Več informacij na: www.pfeiffer-vacuum.net

NAVODILA AVTORJEM PRI PRIPRAVI PRISPEVKOV

Tematsko Vakuumist obsega širše področje vakuumskih znanosti in tehnologij, fiziko in kemijo tankih plasti in površin, analitiko površin, fiziko plazme, vakuumsko metalurgijo ter zgodovino vakuumske znanosti. Vsebinsko objavljamo štiri skupine prispevkov:

- **znanstveni članki** o aktualnih raziskavah s področja vakuumske znanosti in sorodnih področij;
- **strokovni članki**, kot so predstavitev novosti v svetu, zgoščen pregled nekega področja, primeri uvajanja tehnologij v prakso ipd.;
- **praktični nasveti** reševanja konkretnih vakuumskih problemov v laboratoriju;
- **kratke novice** o društvenem dogajanju, organizaciji konferenc, predstavitve knjig ipd.

Znanstveni in strokovni prispevki so recenzirani. Če je članek sprejet (po recenzentovem in lektorjevem pregledu), avtor vrne popravljen članek uredniku Vakuumista. Prispevki morajo biti napisani v slovenskem jeziku.

Avtorji prispevka so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka. Z objavo preidejo avtorske pravice na izdajatelja. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti periodična publikacija Vakuumist navedena kot vir.

VSEBINA ROKOPISA

Rokopis naj bo sestavljen iz naslednjih delov:

1. naslov članka (v slovenskem in angleškem jeziku)
 2. podatki o avtorjih (ime in priimek, institucija, naslov institucije)
 3. povzetek (v slovenskem in angleškem jeziku, 100–200 besed)
 4. ključne besede (v slovenskem in angleškem jeziku, 3–6 besed)
 5. besedilo članka v skladu s shemo IMRAD (uvod, eksperimentalne metode, rezultati in diskusija, sklepi)
 6. seznam literature
 7. morebitne tabele z nadnapisi
 8. podnapisi k slikam
 9. slike (risbe, fotografije), ki naj bodo priložene posebej
- Praktični nasveti in kratke novice so brez povzetka, ključnih besed in literature, vsebinska zasnova besedila pa ni strogo določena.

TEHNIČNE ZAHTEVE ZA ROKOPIS

- Tekst naj bo shranjen v formatu doc, docx ali rtf. Formata tex ali pdf za tekst nista primerna.
- V dokumentu naj bo čim manj avtomatskih indeksov, križnih povezav (linkov) in stilističnih posebnosti (različni font, formati, poravnave, deljenje besed). Pri oblikovanju se omejite na ukaze **mastno**, *poševno*, ^{potenca} ^{indeks} bodisi tekstovno ali z urejevalnikom (npr. equation editor), lahko pa jih vključite v tekst kot slikovni objekt.
- Tekst naj bo smiselno razdeljen na poglavja in podpoglavja (detajlnejša delitev ni zelena), naslovi pa naj bodo oštevilčeni z vrstilci, npr. »2.1 Meritve tlaka«.

- Na vse literaturne vire, tabele in slike morajo biti sklici v tekstu. Vrstni red literaturnih virov, tabel in slik naj sledi vrstnemu redu prvega sklica nanje.
- Primeri sklicevanja: na literaturne vire [1], na enačbe (1), na tabele tabela 1, na slike slika 1. Vse samostojno stoječe enačbe naj bodo ob robu označene, npr. (1). Če je slika iz več delov, naj bodo posamezni deli označeni s črkami: a), b), c), č) itd., in sicer tako na sliki kot na podnapisu.
- Literaturni viri morajo biti popolni (brez okrajšav et al., ibid ...). Izogibajte se težko dostopnih virov (prospekti, seminarske naloge, neobjavljene raziskave, osebna korespondenca). Primeri pravilnih zapisov:
 - monografija: S. Južnič, Zgodovina raziskovanja vakuuma in vakuumskih tehnik, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 2004, str. 203
 - članek v periodični publikaciji: M. Finšgar, I. Milošev, *Vakuumist*, 29 (2009) 4, 4–8
 - prispevek v zbornikih posvetovanj: Novejši razvoj trdih zaščitnih PVD-prevlek za zaščito orodij in strojnih delov, Zbornik posvetovanja Orodjarstvo, Portorož, 2003, 121–124
 - dostopno na svetovnem spletu: UK ESCA Users Group Database of Auger parameters, <http://www.uksaf.org/data/table.html>, zadnjič dostopano: 11. 2. 2010
- Tabele naj bodo oblikovno enostavne. V rokopisu naj stojijo na koncu dokumenta. Za ločevanje stolpcev uporabljajte tabulatorje (ne presledkov) ali tabelarično formo urejevalnika.
- Slike naj bodo shranjene posebej v navadnih formatih (tif, png, jpg), lahko tudi združeni v en dokument (pdf, ppt). Slik ne vstavljajte v tekstualni del rokopisa! Poskrbite za ustrezno resolucijo, še posebej pri linijskih slikah. Slike naj bodo črno-bele ali v sivih tonih, ne barvne.
- Črkovne oznake na slikah naj bodo take velikosti, da je po pomanjšavi na širino enega stolpca (7,9 cm) velikost znakov najmanj 1,2 mm. Priporočljiv je oblikovno enostaven font, npr. Arial
- Pri pisanju veličin in enot se držite načel standarda ISO-31 (veličine pišemo poševno, enote pokončno, isto pravilo velja tudi za grške črke). Osi grafov in vodilne vrstice tabel pišemo v obliki *veličina*/enota, npr. *m/kg*.

UREDNIŠTVO

Rokopise pošljite na naslov miha.cekada@ijs.si. Kontaktni podatki uredništva so:
doc. dr. Miha Čekada
glavni in odgovorni urednik Vakuumista
Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana
e-pošta: miha.cekada@ijs.si
tel.: (01) 477 37 96
faks: (01) 251 93 85



Fascinating!

The fascination of speed. The rotor in a turbopump sets the pace – at 1.4 times the speed of sound. Enabling the very heart of a complex vacuum solution to generate vacuums of up to 10^{-12} mbar. The same as in outer space! To the delight of scientists and researchers. Because our people's hearts, commitment and skills go into each and every pump.

Pfeiffer Vacuum stands for innovative and custom vacuum solutions worldwide. For German engineering art, competent advice and reliable service. Ever since the invention of the turbopump, we've been setting standards in our industry. And this claim to leadership will continue to drive us in the future.

Looking for the perfect vacuum solution?
Ask us:

SCAN d.o.o. Preddvor
Phone: +386 4 2750 200 · Fax: +386 4 2750 240 · info@scan.si

Pfeiffer Vacuum Austria GmbH
Phone: +43 1 894 17 04 · Fax: +43 1 894 17 07 · office@pfeiffer-vacuum.at

www.pfeiffer-vacuum.net