



k,u,l,t,u,r,a • • •

republika slovenija
ministrstvo za kulturo

IDRIJSKI RAZGLEDI

LIV · 2 / 2009

živo srebro in srebro

*Almadén
in Idrija
s San Luis Potosíjem*



MESTNI MUZEJ IDRIJA
MUZEJ ZA IDRIJSKO IN CERKLJANSKO

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

622.349.9(497.4Almadén)(091)

669.791(497.4Almadén)(091)

ŽIVO srebro in srebro : Almadén in Idrija s San Luis Potosijem /
[glavni urednik Jože Janež ; prevod iz angleškega v slovenski jezik
Suzana Stančič]. - Idrija : Mestni muzej, 2009. - (Idrijski
razgledi, ISSN 0019-1523)

ISBN 978-961-6563-17-8

249555712



Izdajatelj in založnik

MESTNI MUZEJ IDRIJA Muzej za Idrijsko in Cerkljansko
Idrijski razgledi, Prelovčeva 9, 5280 Idrija
www.muzej-idrija-cerkno.si
tajnistvo@muzej-idrija-cerkno.si

Uredniški odbor

TATJANA DIZDAREVIČ
UROŠ ERŽEN
IVANA LESKOVEC
ANTON ZELENC

Odgovorna urednica

IVANA LESKOVEC

Glavni urednik

JOŽE JANEŽ

Oblikovalec in tehnični urednik

NANI ANDREJ JENKO, STUDIO NAJ

Lektoriranje slovenskega besedila

MILANKA TRUŠNOVEC

Prevod iz angleškega v slovenski jezik

SUZANA STANČIČ

Lektoriranje angleškega besedila

SUZANA STANČIČ

Financiranje

MINISTRSTVO ZA KULTURO RS

Tisk

TISKARNA DTP d.o.o.

Naklada

500 IZVODOV

Idrija, december 2009

V TEJ ŠTEVILKI SODELUJEJO

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ BERDONCES,
univ. dipl. inž. biologije, Dept. Ingeniería
Geológica y Minera, Univ. Castilla-La Mancha.
Escuela Universitaria Politécnica de Almadén,
Španija

MARÍA ISABEL MONROY CASTILLO, El Colegio
de San Luis, A.C., San Luis Potosí, Mehika

mag. MARKO CIGALE, univ. dipl. inž.
geologije, direktor Rudnika živega srebra
Idrija d.o.o.

mag. ALBA MARTÍNEZ CORONADO, univ. dipl.
inž. geologije, Dept. Ingeniería Geológica
y Minera, Univ. Castilla-La Mancha. EUP
Almadén (Ciudad Real), Španija

dr. JOŽE ČAR, univ. dipl. inž. geologije,
upokojeni profesor Oddelka za geologijo
Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v
Ljubljani

TATJANA DIZDAREVIČ, univ. dipl. inž.
rudarstva, Informacijsko – raziskovalni center
za živo srebro, Rudnik živega srebra Idrija
d.o.o.

UROŠ ERŽEN, gimnazijski maturant, Rudnik
živega srebra Idrija d.o.o.

JOSÉ MARÍA ESBRI, univ. dipl. inž. geologije,
Dept. Ingeniería Geológica y Minera, Univ.
Castilla-La Mancha. Escuela Universitaria
Politécnica de Almadén, Španija

doc. dr. MATEJA GOSAR, univ. dipl. inž.
geologije, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

prof. dr. PABLO LEON HIGUERAS, univ. dipl.
inž. geologije, Dept. Ingeniería Geológica
y Minera, Univ. Castilla-La Mancha. Escuela
Universitaria Politécnica de Almadén, Španija

izr. prof. dr. MILENA HORVAT, univ. dipl.
inž. kemije, vodja Raziskovalnega oddelka
za znanosti o okolju, Institut "Jožef Stefan",
Ljubljana

prim. dr. mag. sci. ALFRED BOGOMIR KOBAL,
dr. med., specialist medicine dela, zdravnik
bivše Obratne ambulate RŽS Idrija in
Dispanzerja medicine dela ZD Idrija

dr. DAVID KOČMAN, univ. dipl. inž. geologije,
Raziskovalni odsek za znanosti o okolju,
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

dr. JOŽE KOTNIK, univ. dipl. inž. geologije,
Raziskovalni odsek za znanosti o okolju,
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

mag. DUŠAN KRAMBERGER, univ. dipl.
inž. arhitekture, sekretar na Direktoratu za
kulturno dediščino ministrstva za kulturo in
nacionalni koordinator za UNESCO kulturno
dediščino

IVANA LESKOVEC, univ. dipl. etnologinja
in prof. zgodovine, direktorica Mestnega
muzeja Idrija

mag. WILLIANS LLANOS, univ. dipl. inž. geologije, Dept. Ingeniería Geológica y Minera, Univ. Castilla-La Mancha. Escuela Universitaria Politécnica de Almadén, Španija

EDUARDO MARTINEZ LOPEZ, prof. geografije, predsednik Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA), Španija

SATURNINO LORENZO, univ. dipl. inž. geologije, Dept. Ingeniería Geológica y Minera, Univ. Castilla-La Mancha. EUP Almadén (Ciudad Real), Španija

ANA ISABEL CONDE MANSILLA, univ. dipl. inž. kemije, vodja laboratorija za okolje, Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA), Španija

mag. FRANCISCO JAVIER CARRASCO MILARA, univ. dipl. inž. rudarstva, tehnični direktor Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA) in izredni predavatelj na Escuela Universitaria Politécnica de Almadén, Španija

EVA MARÍA GARCÍA NOGUERO, univ. dipl. inž. kemije, Dept. Ingeniería Geológica y Minera, Univ. Castilla-La Mancha. EUP Almadén (Ciudad Real), Španija

mag. MANUEL RAMOS PINO, univ. dipl. inž. geologije, komercialni direktor Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA), Španija

LUÍS MANSILLA PLAZA, univ. dipl. inž. rudarstva, dekan Escuela Universitaria Politécnica de Almadén, Universidad de Castilla la Mancha, Španija

BOJAN SEVER, župan Občine Idrija

dr. ROBERT ŠAJN, univ. dipl. inž. geologije, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

dr. JANEZ ŠUMRADA, univ. dipl. zgodovinar in prof. angleškega in francoskega jezika, ambasador Republike Slovenije v Franciji in Monaku, stalni predstavnik Republike Slovenije pri UNESCO

TAMARA TERŠIČ, univ. dipl. inž. geologije, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

Za vsebino člankov odgovarjajo avtorji. Uredništvo naproša avtorje, naj oddajajo članke v dveh izvodih, na papirju in v digitalnem zapisu. Članki naj ne bodo daljši od 10 tipkanih strani. Obvezno naj bo priložen avtorjev naslov in telefonska številka.

VSEBINA

	UVODNIK	
Dušan Kramberger, Bojan Sever	ŽIVO SREBRO IN SREBRO. IDRIJA IN ALMADÉN S SAN LUIS POTOSÍJEM	10
	SLOVENIJA	
Ivana Leskovec	DEDIŠČINA PETSTOLETNEGA RUDARJENJA V IDRIJI	12
Alfred Bogomir Kobal	PREGLED SPOZNANJ O VPLIVU DELOVANJA RUDNIKA IN ŽIVEGA SREBRA NA ZDRAVJE PREBIVALCEV V IDRIJI V PRETEKLIH STOLETJIH	21
Janez Šumrada	SLOVENSKI PREVOD HACQUETOVE SPOMENICE PARIŠKI KRALJEVI DRUŽBI O POKLICNIH BOLEZNIH IDRIJSKIH RUDARJEV	35
Tatjana Dizdarevič, Jože Čar	ZGODOVINSKI OPISI POSLEDIC PRIDOBIVANJA IN PREDELAVE ŽIVOSREBROVE RUDE NA OKOLJE V IDRIJI OD 16. DO PRVE POLOVICE 20. STOLETJA	45
Jože Kotnik, Milena Horvat	ŽIVO SREBRO V IDRIJI IN NJENI OKOLICI JE LAHKO TUDI NARAVNEGA IZVORA	56
David Kocman, Milena Horvat	OKOLJSKO MODELIRANJE ŽIVEGA SREBRA NA ŠIRŠEM OBMOČJU IDRIJE KOT ORODJE ZA NAČRTOVANJE REMEDIACIJSKIH UKREPOV	63
Milena Horvat	BIOMONITORING KOT UČINKOVIT SISTEM SPREMLJANJA PROSTORSKIH IN ČASOVNIH TRENDOV PRISOTNOSTI ŽIVEGA SREBRA NA OBMOČJU IDRIJE	70
Mateja Gosar, Robert Šajn in Tamara Teršič	OBREMENJENOST OKOLJA V IDRIJI IN OKOLICI — PREGLED RAZISKAV GEOLOŠKEGA ZAVODA SLOVENIJE S PODROČJA GEOKEMIJE OKOLJA	77

Marko Cigale	INFORMACIJSKO–RAZISKOVALNI CENTER ZA ŽIVO SREBRO RUDNIKA ŽIVEGA SREBRA IDRIJA	86
Luis Mansilla Plaza	ŠPANIJA ALMADÉN IN NJEGOV RUDNIK SKOZI ZGODOVINO	93
Pablo Leon Higuera, José María Esbri, Williams Llanos, Miguel Ángel López Berdonces, Eva Maña García Noguero, Alba Martínez Coronado, Saturnino Lorenzo in Luis Mansilla Plaza	RAZŠIRJENOST ŽIVEGA SREBRA V AMADÉNU IN NJEGOV VPLIV NA OKOLJE	103
Francisco Javier Carrasco Milara, Ana Isabel Conde Mansilla	EKOLOŠKA SANACIJA V RUDNIKU ALMADÉN: ODLAGALIŠČE ŽGALNIŠKIH OSTANKOV SAN TEODORO	111
Eduardo Martínez López	RAZVOJ RUDARKEGA PARKA ALMADÉN	126
Manuel Ramos Pino	PREDLOG DRUŽBE MAYASA ZA RAZVOJ TEHNOLOŠKEGA CENTRA ZA ŽIVO SREBRO V ALMADÉNU	122
María Isabel Monroy Castillo	MEHIKA POMEN RUDARJENJA ZA NASTANEK IN IDENTITETO KRAJA SAN LUIS POTOSÍ	128
Ivana Leskovec, Tatjana Dizdarevič, Uroš Eržen	IDRIJA UTRINKI	130

Dušan Kramberger, Bojan Sever

ŽIVO SREBRO IN SREBRO. IDRIJA IN ALMADÉN S SAN LUIS POTOSÍJEM

Unescov Seznam svetovne kulturne in naravne dediščine je prestižna lista spomenikov in območij, katerim je Odbor za svetovno dediščino v predpisanem postopku priznal univerzalne, občečloveške vrednote. V 148 državah je takih krajev trenutno 890.

Za vpis med največje znamenitosti sveta si prizadeva tudi Idrija. Že leta 1994 je bila »Tehniška dediščina Idrije« vpisana na Poskusni seznam svetovne dediščine. Vpis je bil posodobljen leta 2007 pod naslovom »Idrija na poti živega srebra na medcelinski Camino Real«. V tem času je namreč že potekalo aktivno delo na skupnem projektu štirih držav – Španije, Mehike, Peruja in Slovenije, ki ga je spodbudila Španija. Novembra 2006 je povabila omenjene države, da se ji pridružijo pri kandidaturi za skupni serijski medcelinski vpis dediščine živega srebra in srebra na Unescov Seznam svetovne dediščine. Občina Idrija, kot vsebinska nosilka projekta, je k pobudi pristopila, sklep o sodelovanju Republike Slovenije kot države predlagateljice, pa je sprejela Vlada RS 24. 1. 2008.

Septembra 2007 so Španija, Mehika in Slovenija oddale osnutek dosjeja nominacije. Intenzivno delo z medsebojnimi usklajevanji je potekalo še naprej in konec januarja 2008 so Unescovemu Centru za svetovno dediščino v Parizu predale končni izdelek, to je skupni dosje z vlogo za nominacijo. Peru žal svojega dela v predpisanem roku ni uspel dokončati, a se namerava nominaciji pridružiti kasneje. V januarju 2008 so države nominiranke oblikovale skupno upravljavsko telo s Plenumom in Tehničnim odborom, kjer se spremljajo in usklajujejo aktivnosti na različnih lokacijah.

Center za svetovno dediščino in ICOMOS, kot njegovo strokovno svetovalno telo, sta revidirala vse prejete dokumente in zahtevala nekatera dodatna pojasnila. Oktobra 2008 je na terenu svoje delo opravila še njuna evalvacijska komisija. Marca 2009 je ICOMOS izdelal končno poročilo, v katerem je Odboru za svetovno dediščino tudi predlagal odločitev glede vpisa. Sodil je, da predmetu kandidature ustreza tisti del nominacije, ki se nanaša na pridobivanje živega srebra v Idriji in Almadénu, medtem ko pomen živega srebra, t. j. amalgamacija, v procesu pridobivanja srebra ni predstavljen v zadostni meri. Iz dosjeja namreč ni razbrati zadostnih dokazil o obstoju tehniške dediščine v San Luis Potosiju.

Med 22. in 30. junijem 2009 je v Sevilji v Španiji potekalo 33. zasedanje Unescovega Odbora za svetovno dediščino. 27. 6. 2009 je 21 držav članic Odbora odločalo o vpisu naše nominacije na Seznam. Vsebinskih dvomov o izjemnih univerzalnih vrednotah

ni bilo. Mnenja o tem, ali so pravilno predstavljene in v zadostni meri dokazane, pa so bila različna. Državam predlagateljicam so postavile nekaj dodatnih in natančnejših vprašanj v zvezi s skupnim upravljanjem dediščine, vlogo San Luis Potosíja pri razlagi tehnoloških procesov, kontrolo toksičnih ostankov pri pridobivanju in rabi živega srebra v okolju, vplivom rudarjenja na življenje in zdravje ljudi ter svetovali opustitev pojma »Camino Real« (Kraljeva pot) v naslovu nominacije. Nekatere so predlagale takojšen vpis nominacije, druge pa vztrajale celo pri ponovitvi celotnega postopka (defer). Ker soglasje ni bilo doseženo, so glasovale o vpisu. 13 članic Odbora je podprlo takojšen vpis, 7 članic je temu nasprotovalo, 1 glasovnica pa je bila neveljavna. Za takojšen vpis je nominaciji tako zmanjkal 1 glas.

V nadaljevanju se je Odbor poenotil in odločanje o vpisu celotne nominacije odložil (refer) za eno leto. Oblikoval je tudi zahteve in priporočila za dopolnitev nominacije. Te se nanašajo predvsem na definiranje in inventarizacijo tehnične in tehnološke dediščine v San Luis Potosíju. Vse tri države morajo dokazati ustrezno skrb za okolje in zdravje in predstaviti trajne ukrepe za nadzor nad onesnaženjem, ki je nastajalo v stoletjih pridobivanja in rabe živega srebra. Do konca januarja 2010 je Sekretariatu Odbora za svetovno dediščino treba oddati dokumentacijo z zahtevano vsebino. O nominaciji bo Odbor ponovno sklepal na svojem 34. zasedanju v Braziliji konec julija 2010.

Zavedajoč se resnosti problematike onesnaženja okolja, vplivov in posledic rudarjenja ter pridobivanja in uporabe živega srebra za ljudi in okolje so se 28. in 29. maja 2009 države partnerice v Idriji organizirale mednarodno konferenco nominacije na temo »Ekološki in družbenoekonomski vplivi pridobivanja in uporabe živega srebra na okolje«. Organizatorji konference so bili Rudnik živega srebra Idrija d. o. o., Mestni muzej Idrija in ICOMOS – Slovenski odbor. Finančna sredstva za realizacijo sta zagotovili Ministrstvo za kulturo in Ministrstvo za okolje in prostor. Referate, prevedene v slovenski jezik s kratkimi povzetki v angleškem jeziku, objavljamo v tokratni posebni številki Idrijskih razgledov, katerih izdajo je zagotovilo Ministrstvo za kulturo Republike Slovenije.

Srečno!

Ivana Leskovec

DEDIŠČINA PETSTOLETNEGA RUDARJENJA V IDRIJI

Kulturna dediščina današnje Idrije se v veliki meri navezuje na zgodovino odkritja živega srebra in delovanje živosrebrovega rudnika skozi petstoletno obdobje od konca 15. do konca 20. stoletja. Rudnik je nudil močno in večinoma stabilno gospodarsko osnovo za življenje, omogočal razvoj kraja in vrsto dejavnosti, kot so zdravstvo, socialna varnost, šolstvo, kultura. Obenem je vzbujal zanimanje pri evropskih popotnikih, strokovnjakih in raziskovalcih, med katerimi so prednjačili naravoslovci, jih privabljal in jim nudil delo, s čimer je vzpodbujal izmenjavo znanja in medkulturno sodelovanje. Rudnik sam pa je z uvajanjem nove tehnologije in opreme slovel kot eden najsodobnejše opremljenih rudnikov svojega časa. V takšnih razmerah se je razvijala in izoblikovala lokalna skupnost, skupnost z visoko razvito stopnjo pripadnosti, kar se v kraju odraža še danes. Posledica 500-letnega uspešnega delovanja Rudnika je danes vidna v bogati ohranjeni materialni in živi dediščini kraja in okolice.

Ko govorimo o bogati dediščini idrijskega Rudnika, je na prvem mestu rudnik v

najširšem pomenu besede: rudišče, rovi, jaški, upravne in druge zgradbe rudnika, ostanki žgalnic in topilnica, črpalne naprave ter stroji, naprave in orodje za potrebe rudnika.

Zatem je tu staro mestno jedro, ki vključuje monumentalno arhitekturo in odseva način življenja idrijskih rudarjev: grad, rudniško gledališče in rudniško žitno skladišče, mestna hiša, ljudska šola, prva slovenska realka, rudarska hiša, mestni trg in ulice;

Sledi okolica mesta, kjer se čuti vpliv rudnika in rudarjenja. Izstopajoči objekti na tem območju so klavže na Idriji, Belci in Ovčjaku.

In na koncu je znanje, tehnologija, spretnosti, védenje – tisto, čemur rečemo nesnovna ali živa dediščina.

Tako območja kot posamezni objekti so zaščiteni na lokalni ravni že od leta 1968 dalje in na državni ravni od leta 2001 dalje. Vlada Republike Slovenije je z »Odlokom o razglasitvi tehniške dediščine v Idriji in njeni okolici za kulturne spomenike državnega pomena« in njegovimi spremembami (Ur. l. RS, št. 66/01, Ur. l. RS, št. 55/02 in Ur. l. RS,

št. 16/08) za kulturne spomenike državnega pomena razglasila enote dediščine: Antonijev rov (EŠD 4826), Franciškov jašek (EŠD 4822), grad (EŠD 183), Jožefov jašek (EŠD 3134), območje topilnice rudnika živega srebra (EŠD 7460), rudarsko hišo v Bazoviški ul. 4 (EŠD 184), rudniški magazin (EŠD 4819), rudniško gledališče (EŠD 186), vodno črpalno napravo kamšt (EŠD 187), Idrijske klavže (EŠD 189), Belčne klavže (EŠD 12), Putrihove klavže (EŠD 593) in Kanomeljske klavže (EŠD 506).

Rudišče

Idrijsko rudišče se razteza pod površjem idrijske kotline v smeri SV–JV. Dolgo je 1500 m, široko pa od 300 do 600 m. Globina orudene cone znaša 450 m. Zaradi izjemno bogatih in zanimivih cinabaritnih rud (HgS) to rudišče upravičeno uživa svetovni sloves. Cinabaritne rude so tu nastale na dva načina. Splošno poznane so epigenetske cinabaritne rude, ki so nastale s prodiranjem rudonosnih raztopin iz globine, z nadomeščanjem starejših kamnin, zapolnjevanjem prelomov in razpok. Edinstvene in iz drugih živosrebrovih nahajališč skoraj nepoznane



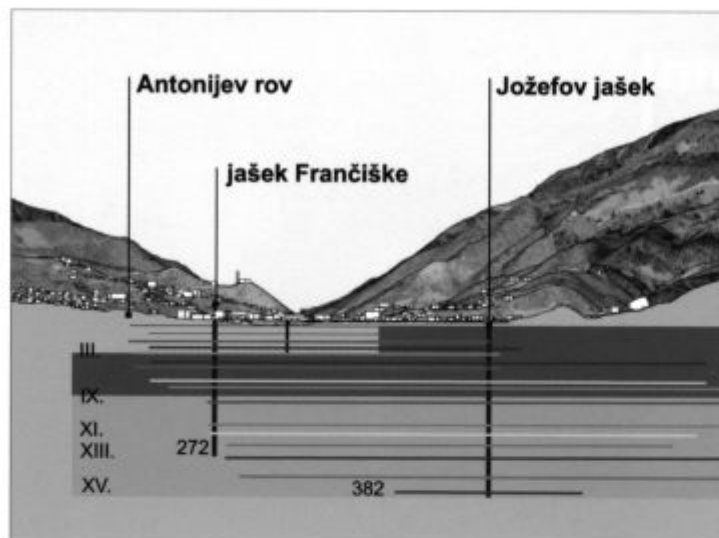
Projekcija rudniških obzorij na površino

pa so singenetske rude, ki so sedimentnega značaja in so nastajale z usedanjem sočasno s kamninami, v katerih se nahajajo. V idrijskem rudišču je tudi izjemno velika prisotnost samorodnega živega srebra, obenem pa

iz tega rudišča pridelana kovina, zaradi monomineralne sestave, dosega visoko stopnjo čistosti kar 99,9 %.

Dediščino rudišča, njegovo sestavo, podobo in razvoj lahko spoznamo v strokovni

geološki zbirki Rudnika živega srebra Idrija d. o. o., v geološki zbirki Mestnega muzeja Idrija in ne nazadnje se s to problematiko lahko delno spoznamo v sami jami ob ogledu Antonijevega rova.



Prerez rudišča



Antonijev rov, prvi slovenski turistični rudnik

Objekti industrijske dediščine

Med najpomembnejše objekte sodi rudnik v ožjem pomenu besede, ki ga imenujemo tudi jama. To je podzemni sistem rovdov, jaškov, vpadnikov, ki ga je v rudnih telesih rudišča načrtno ustvaril človek, da je naravno bogastvo lahko izkoriščal. Začetek rudarjenja v Idriji sega v leto 1490, ko je škafar, izdelovalec lesenih posod, v studencu odkril nenavadno težko, svetlečo snov, za katero se je izkazalo, da je živo srebro. Samorodnega živega srebra ni bilo veliko, zato so rudarji kmalu začeli s kopanjem živosrebrne rude v podzemlju in njeno predelavo v kovino.

Idrijski rudarji so v 500 letih pod površjem izkopali več kot 700 km rovdov, izkopali so več kot tri milijone m³ rude in jalovine in pridobili 13 % vsega na svetu pridobljenega živega srebra ali 150.000 ton te dragocene kovine.

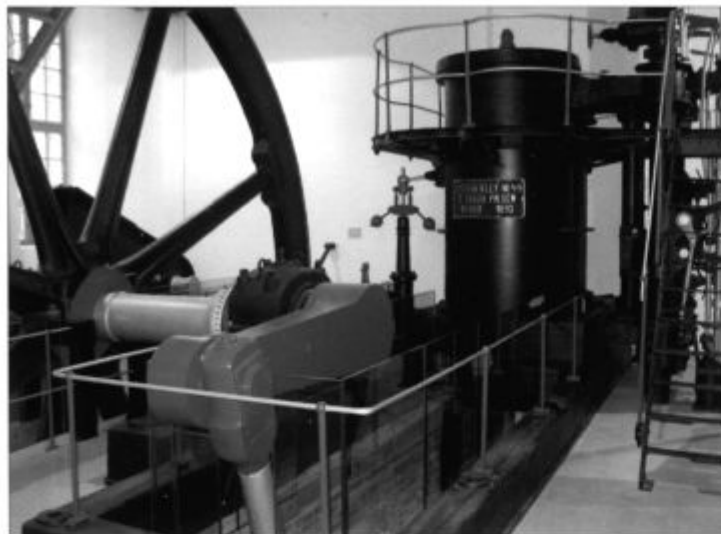
Antonijev rov

Leta 1500 so na južni strani idrijske kotline začeli kopati še danes ohranjen Antonijev rov. Le nekaj let kasneje, 22. junija 1508, pa so bili, z odkritjem bogate cinabaritne rude na območju današnjega Ahacijevskega trga, postavljeni temelji nadaljnjemu petstoletnemu rudarjenju v idrijski kotlini. Antonijev rov je drugi najstarejši ohranjen vhod v kateri koli rudnik na svetu. Prvotno je bil podprt z lesnim podporjem, leta 1766 pa so ga obzidali z apnenčevimi bloki. Velika posebnost tega rova je kapela sv. Trojice, ki so jo rudarji postavili sredi 18. stoletja. Danes je ta del jame urejen v muzej, v katerem spoznamo orodja, naprave in stroje za pridobivanje rude ter načine rudarjenja skozi stoletja. Načini odkopavanja rude v jami so se z leti in desetletji razvijali. Vse do sredine 20. stoletja

je bila uveljavljena in uspešno uporabljena t. i. prečna odkopna metoda z zasipom in od spodaj navzgor. Za pridobivanje rude s samorodnim živim srebrom v mehkih skrilavcih pa so vpeljali novo podetažno odkopno metodo z uporabo utrjenega zasipa in etažami od zgoraj navzdol. To je edinstven primer in predstavlja pomembno tehnološko izboljšavo na tem področju.

Frančiškov jašek

Ta jašek je eden od številnih, ki so služili vstopu rudarjev v jama in izvozu rude iz nje. Zgrajen je bil leta 1792, v času velike proizvodnje idrijskega rudnika za španski trg. Je še edini obratujoči jašek danes. V njegovi vhodni zgradbi je tehniški oddelek Mestnega muzeja Idrija z bogato zbirko rudniških strojev in naprav ter izjemno Kleyevo črpalko in električnim izvoznim strojem iz leta 1911.



Obnovljena črpalka Kley



Kanomeljske klavže

Vodna črpalka – kamšt

Idrijski rudnik se je neprestano ukvarjal s problemom talne vode v jami. Za nemoteno delovanje jo je bilo potrebno črpati. V ta namen so gradili črpalke na vodni pogon, imenovane »kamšti«. Zadnjo, ki je še ohranjena, so zgradili leta 1790 in je delovala do 1948. Naprava z ogromnim lesenim vodnim pogonskim kolesom premera 13,6 m je eden najpomembnejših tehniških spomenikov v Sloveniji in največja tovrstna ohranjena na svetu.

Vodne pregrade – klavže

Rudnik je v vsem času svojega delovanja potreboval ogromne količine lesa za jamsko podporje, kurjenje žgalniških peči in parnih kotlov, gradnjo objektov ... Do začetka 20. stoletja je bil najprimernejši način transporta lesa plavljenje po naravnih vodnih poteh.

Izjemno izpopolnjen sistem plavljenja po reki Idrijci in njenih pritokih je s pomočjo vodnih pregrad – klavž neprekinjeno deloval od konca 16. stoletja do velike povodnji leta 1926.

Klavže na Idrijskem so arhitektonsko dovršene. Mogočne težnostne pregrade so zgrajene na premišljeno izbranih mestih. Vpete so v obrežne skale in se tesno vlegajo v strugo vodotoka. Grajene so iz apnenčastih klesanih kamnov, povezanih s pucolansko ali t. i. podaljšano malto. Največje po zmogljivosti in dimenzijah so klavže na Idrijci, zgrajene leta 1772 po načrtih domačina Jožefa Mraka. Poleg njih so ohranjene še klavže na Belci – Brusove in Putrihove – ter najmlajše Kanomeljske klavže iz leta 1813.

Topilnica

Kompleks topilnice obsega končno postajo tovarne žičnice, separacijo – drobilnico in klasirnico ter Čermak-Špirekovo in rotacijsko peč. Načrtuje se ureditev lokacije za celostno prezentacijo predelave rude »Od rude do kapljic živega srebra«. Program vključuje predstavitev zgodovine žgalništva in žgalniških naprav, postopek predelave rude ter seznanitev s fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi živega srebra, edine pri sobnih pogojih tekoče kovine. S tem poglavjem je povezana tudi ekologija ter skrb za varnost in zdravje ljudi na vplivnem območju.

Med žgalniškimi napravami, ki bodo prezentirane »in situ«, sta dve izjemno pomembni. Prva je Čermak-Špirekova peč, ki je v Idriji delovala do leta 1974 in velja za edino ohranjeno tovrstno na svetu, ter druga, rotacijska peč, ki je obratovala do leta 1995 in



Območje topilnice Rudnika živega srebra Idrija, kulturni spomenik državnega pomena

je bila največja zgrajena tovrstna peč svojega časa, to je v 60. letih 20. stoletja.

Tu bo tudi sedež Informacijskega in raziskovalnega središča za živo srebro (IRC Hg), ki je bilo pri Rudniku živega srebra Idrija d. o. o. ustanovljeno julija 2008. Njegova naloga je ohranjanje in posredovanje tehnologij, znanja in petstoletnih izkušenj za nove namene: varstvo okolja, zdravstvo, odprava posledic rudarjenja, nadzor nad področji rudarjenja itd., kot tudi izmenjava strokovnih dosežkov in praktičnih izkušenj s področja geologije, rudarstva, metalurgije.

Naselbinska in stavbna dediščina

Idrija je najstarejše slovensko rudarsko mesto. Pred odkritjem živosrebrove rude so bile tod raztresene redke samotne kmetije. Naselbina se je začela razvijati v začetku 16. stoletja, neposredno ob rudniških kopih in napravah. Skozi desetletja in stoletja je v podzemlju rasel in se razvijal rudnik, na površju pa mesto. Rast drugega je bila tesno povezana z razvojem prvega. Domačini so v preteklosti radi rekli: »Mesto je rudnik in rudnik je mesto.« Tudi zaradi prostorske stiske v kotlini sta bila oba organizma

tesno povezana. Glavno podobo kraju so nekdanj dajali rudniški objekti in naprave, npr. vhodi v jaške, pogonska kolesa, vodni kanali, žgalnice, prebiralnice, grablje in ogromna skladišča lesa ter kupi prežgane jalovine. Ob njih pa upravna poslopja in stanovanjske stavbe uradnikov, trgovcev in redkih obrtnikov. Po okoliških bregovih pa kot grozdi v skupkih posejane hiše rudarskih družin.

Opaznejše spremembe v urbanizmu kraja se dogajajo od srede 20. stoletja dalje. Opuščeni so bili nekateri tehnični objekti, obenem pa je Rudnik zgradil tri monumentalne rotacijske peči na območju topilnice. Leta 1952 je bila porušena poškodovana cerkev sv. Barbare na osrednjem trgu, množično so se gradili stanovanjski bloki. Z začetkom zapiranja Rudnika je v mestu in neposredni bližini začela rasti elektroindustrija, ETA v Cerknem, Iskra v Spodnji Idriji in Kolektor v Idriji. Gradile so se industrijske hale za potrebe te nove industrije, ohranjali pa so se tudi najbolj vitalni in povédni elementi stavbne dediščine, ki so se revitalizirali in pričajo o bogati preteklosti kraja.

Grad Gewerkenegg

Na nizki skalni vzpetini nad mestom je bil v začetku 16. stoletja sezidan grad Gewerkenegg. Dolga stoletja je dominiral na robu strnjene naselbine. Zgrajen je bil kot upravna stavba idrijskega rudnika ter skladišče za živo srebro in žito. Mogočna prostorna stavba, preurejena v baročnem slogu z notranjim dvoriščem, arkadnimi hodniki in živobarvnimi freskami, je danes



Grajsko dvorišče

sedež Mestnega muzeja Idrija in Glasbene šole. Razstavne površine muzeja se razprostirajo na več kot 1.500 m². Temeljna razstava »Pet stoletij rudnika živega srebra in mesta Idrija« pripoveduje zgodbo o nastanku rudišča, odkritju rude, razvoju rudnika, njegovem zaprtju in razvoju nove industrije ter življenju rudarjev in meščanov od konca 15. stoletja do danes. Poseben poudarek na razstavi »Idrijska čipka, z nitjo pisana zgodovina« je namenjen življenju rudarskih žena in izdelovanju klekljanih čipk, ki ima v Idriji več kot tristoletno tradicijo in je

primerljivo s čipkarstvom velikih evropskih centrov.

Za ohranjanje in predstavljanje idrijske rudniške in rudarske dediščine je bil Mestni muzej Idrija leta 1997 razglašen za najboljši evropski muzej tehniške in industrijske dediščine.

Magazin – rudniško žitno skladišče

Rudniško žitno skladišče je razsežna enonadstropna zgradba, ki jo je zgradil Rudnik leta 1769 za shranjevanje žita in drugih živil. Idrijski rudarji so namreč

del plače za opravljeno delo vse do leta 1912 prejeli v naturalijah. S to svojo posebnostjo je stavba močno povezana z načinom življenja rudarskih družin od 18. do začetka 20. stoletja. Stavba spada med najstarejše baročne stavbe na Slovenskem in daje prepoznavno podobo staremu središču mesta. Danes sta v njej knjižnica in galerija.

Na južnem pročelju magazina je v spomin številnim znanstvenikom in raziskovalcem idrijskega sveta postavljena »galerija znamenitih mož in žena«. Šest spominskih plošč s posvetili Hacquetu, Lipoldu, Steinbergu, Mraku, Freyerju in Ferjančičevi.

Rudniško gledališče

Je najstarejša zidana gledališka hiša na Slovenskem iz leta 1770. Priča o zanimivi in bogati gledališki preteklosti kraja. Poročilo rudniškega svetnika Brenerja iz l. 1815 pravi, da so »... gledališče postavili na zasebne stroške. Sezidali in opremlili so ga uradniki in rudarji s pomočjo prostovoljnih prispevkov, njegov namen je plemenit, kar daje priliko, da se človek olika in omika ...«. Stavba ni le arhitekturni spomenik, ampak tudi spomenik zavednim Slovencem in aktivnim kulturnim delavcem Idrije, saj je znano, da so bile predstave Dramatičnega društva Idrija samo v slovenskem jeziku. Društvo deluje še danes.

Mestna hiša

Zgrajena je bila leta 1898 v secesijskem slogu in je danes lepo obnovljena. V njej še vedno domuje mestno županstvo. S svojo monumentalno, a razgibano arhitekturo pomembno prispeva k izgledu osrednjega trga. Prostor bogati z vrsto detajlov: vogalni

stolp, stebričaste bife, kip rudarja s krampom, oljenko in prekmandlom, mestni grb, zlasti pa čelni balkon za izobešanje zastav. Leta 1990, ob praznovanju 500-letnice mesta Idrija, je bil po predlogi rojaka, slikarja Ivana Seljaka Čopiča na steno preddverja nameščen spominski zapis in izdelan zgrait z rudarskim motivom.

Mestna realka

Poslopje idrijske mestne realke je bilo zgrajeno leta 1903, leta 2008 pa v celoti obnovljeno. Stavba je sestavljena iz glavnega dela ter dveh stranskih kril. Posebno veličasten je vhodni del. Vsi elementi so visoki in ozki in vzbujajo občutek akademskosti. Nad glavnim vhodom je doprsni kip matematika Jurija Vege, po katerem danes inštitucija, ki v njej domuje, nosi ime – Gimnazija Jurija Vege Idrija. Ob praznovanju 90-letnice ustanovitve te za Idrijo težko pričakovane in izjemno pomembne šolske ustanove sta slikarja Rudi Skočir in Nande Rupnik z zgraiti dekorirala vhodno avlo.

Idrijska rudarska hiša

Zaradi tesne doline, katere bregovi se vzpenjajo strmo navkreber, in pomanjkanja prostora v dnu kotline se je naselje lahko širilo le po pobočjih in obronkih okoliških hribov. Zato in obenem zaradi velikega števila ljudi, ki so tu delali in živeli, se je v Idriji izoblikoval poseben tip hiše – idrijska rudarska hiša. Hiša je ozka, visoka, enonadstropna, s strmo streho in številnimi strešnimi pomoli in pročeljem, obrnjenim v dolino. Klet je zidana iz kamna, v nadstropju pa je lesena, obita z letvicami, ometana in pobeljena. V njej je

prostora za tri do štiri ali celo več družin. Žal teh hiš danes skorajda ni več. Našim zanamcem jo ohranjamo z muzejsko urejeno in za ogled odprto rudarsko hišo z začetka 18. stoletja na Bazoviški ulici 4.

Cerkev sv. Trojice

Stoji na mestu, kjer naj bi po ustnem izročilu legendarni škafar leta 1490 našel živo srebro. Prvotno leseno cerkvico, postavljeno leta 1500, so kasneje pozidali. Bogato baročno podoba je dobila v začetku 17. stoletja. V 80. letih 20. stoletja je bila obnovljena in prenovljena. V notranjščini so smiselno poudarjene historične in sodobne slogovne prvine. Prezbitenij krasijo živobarvne vitraže slikarja Lojzeta Čemažarja, ki združujejo biblijsko in idrijsko tematiko. Kot zgovorni simboli se pojavljajo ruda, rudarska špica in karbidovka.

Znanje in živa dediščina

S pojmom »živa dediščina« poimenujemo nesnovne dobrine, kot so prakse, predstavitve, izrazi, znanja, veščine, in z njimi povezane premičnine in kulturne prostore, kjer se ta dediščina predstavlja ali izraža, ki jih skupnosti, skupine in včasih tudi posamezniki prenašajo iz roda v rod in jih nenehno poustvarjajo kot odziv na svoje okolje, naravo in zgodovino.

Predvsem znanje je bilo v Idriji izjemno cenjeno. Rudnik je v času svoje prosperitete v obrate uvažal najsodobnejše naprave tistega časa. Z njimi so v mesto prihajali tudi strokovnjaki s potrebnim znanjem, na drugi strani pa raziskovalci in znanstveniki, ki so tu želeli ustvariti nekaj novega. Prav oni so tu

sooblikovali svetovno zgodovino posameznih vej znanosti. Ob tem pa je osveščenost rudarjev vzpodbujala in pripravljenost Rudnika botrovala ustanavljanju šol, kjer so se izobraževali domačini. Kljub zapiranju rudnika v Idriji danes lahko govorimo o ohranjanju tehnološkega znanja, ki ga prenašamo na druga področja in ga tam s pridom uporabljamo. Zato v Idriji lahko govorimo tudi o tradiciji šolstva, posebej tradiciji naravoslovja, zdravstva, kot tudi kulturnega ustvarjanja.

Zaključek

Idrija leži na drugem največjem nahajališču živosrebreve rude na svetu. Večje je le v Almadénu v Španiji. Živo srebro, edina tekoča kovina, je v Idrijo skozi stoletja privabljalo številne posameznike, ki so pri Rudniku delali ali o njegovem ustroju in delu v njem le poročali svetu. V svojem času je Rudnik spadal med najbolj napredno opremljene obrate v Evropi. Razvoj in napredek so omogočale ugodne gospodarske razmere, ki so bile posledica uspešnega nastopanja na svetovnem trgu. Ob tem velja izpostaviti, da je postopek amalgamacije – pridobivanje zlata in srebra s pomočjo živega srebra, prvič uporabljen leta 1555 v Južni Ameriki – nepredstavljivo povečal gospodarski pomen te tekoče kovine in s tem tistih, ki so jo proizvajali. Nova metoda pridobivanja žlahtnih kovin je pomenila neke vrste »industrijsko revolucijo«, ki je izjemno povečala količine zlata in srebra na trgu. Posledično so nastopile razmere, ki so spremenile družbeno strukturo ter potrebe in vrednote



Mestni trg, urejen po načrtih arhitekta Borisa Podrecce

družbe. Razcvet gospodarstva istočasno pomeni razcvet ustvarjalnosti, kulture, znanosti. Zavedamo se, da je Idrija s svojim živosrebrnim rudnikom pri tem svetovnem procesu odigrala pomembno vlogo. Le-to si prizadevamo ohraniti tudi danes. Znanje, ki smo ga pridobili skozi stoletja, prenašamo in vključujemo v nova področja dela. Materialno dediščino, ki smo jo podedovali

od prednikov, ohranjamo in z njeno pomočjo gradimo zgodovinski spomin in identiteto prostora. Iščemo ji vzporednice v svetu in se z njimi povezujemo. Na dediščini, ki so ji priznane univerzalne vrednote, ter na znanju in izkušnjah številnih rodov idrijskih rudarjev živimo sedanost in gradimo prihodnost.

Literatura:

- **The Mercury and Silver Binomial On the Intercontinental Camino Real. Almaden, Idrija, San Luis Potosi.** 2008. Madrid 2008, 900 str. + 406 str.
- **Idrijska obzorja. Pet stoletij rudnika in mesta.** Idrija 1993, 241 str.
- **Idrijski rudnik skozi stoletja: katalog razstave Zgodovinskega arhiva Ljubljana in Mestnega muzeja Idrija.** Ljubljana 1990, 124 str.
- **Kolo časa.** Idrijski razgledi 2/2003, 131 str.

- **Ob rakah. Po poti idrijskih naravoslovcev.** Idrija 1999, 136 str.
- **Kordiš Franjo,** Idrijski gozdovi skozi stoletja. Tolmin 1986, 112 str.
- **Mohorič Ivan,** Rudnik živega srebra v Idriji. Idrija 1960, 476 str.
- **Mazi Stanislav,** Klavže nad Idrijo. Ljubljana 1955, 70 str.
- **Struna Albert,** Idrijska »Kamšt«. Ljubljana 1954, 8 str.
- **Zelenc Anton,** In vendar se giblje: katalog obnovljenih rudniških strojev in naprav. Idrija 2001, 78 str.
- **Eržen Uroš,** Idejna zasnova obnovitve in oživitve območja Topilnice Rudnika živega srebra Idrija. Idrija 2007, 26 str.
- **Eržen Uroš, Anton Zelenc,** Idrija – Čermak Špirekova peč 2: konservatorsko – restavratski projekt. Idrija 2008, 34 str.
- **Pfeifer Jože,** Zgodovina idrijskega zdravstva. Idrija 1989, 215 str.
- **Pavlič Slavica,** Zgodovina idrijskega šolstva. Idrija 2006, 480 str.
- **Kavčič Janez,** Znamenja vekov. Idrija 2000, 80 str.
- **Kavčič Janez,** Prva slovenska realka. Idrija 1987, 204 str.
- **Filipič Janez,** Idrija in njeni spomeniki sakralne umetnosti. Idrija 1979, 125 str.

Abstract

PRESENTATION OF IDRIJA THROUGH HISTORY

Idrija is Slovenia's oldest mining town. Its beginnings are linked to the discovery of mercury ore in the late 15th century. The locals used to say: »The town is a mine, the mine is a town.« For centuries, the town developed just above the pits. It grew along with the development and expansion of the mine below it. Nowadays, the buildings and streets tell us stories about its development, ups and downs, about the people who lived and worked in the town over the decades and centuries, their attitude towards the environment, culture, education, etc. The historical town centre, which is protected as a cultural monument, is home to the majority of buildings that are important for the mine and the town. They are all linked to mining and the lives of Idrija's miners. There are also many paths leading from one mining facility to the other, and from the mine to the smelting plant, where ore was transformed into metal, as well as paths along which this metal travelled from Idrija into the world, paths that connected Idrija to the common route travelled by other mines.

The mine, in state property since 1575, was filling the Habsburg monarchy budget abundantly, at the same time introducing novelties in production processes and modernising the working equipment. The miners themselves invented several working methods, machines, devices, etc. Many of these have been preserved up to the present. Some are exceptional for their age, others for their dimensions, among them are also unique or at least very rare specimens. Particularly worth mentioning are the »kamšt« – wooden water wheel for pumping water from the depths of the mine, the »klavže« – stone water barriers on the Idrijca, Belca and Ovčjak

rivers, and several types of furnaces. The devices and technology in this field are the most reliable witnesses to the universal ingenuity of Idrija miners, as well as to the exchange of knowledge and the invaluable connections among the mining towns of Idrija, Almadén and Huancavelica.

The extraordinary mercury ore deposit, the second largest on Earth, and mercury as the only liquid metal have attracted travellers, explorers and experts to Idrija through the decades and centuries. They studied the complicated geology of the ore deposit, the extraordinary metal and its applicability, as well as the consequences of ore extraction and processing on humans and the environment. Their work had an important influence on the development of separate fields of science, in particular the natural sciences, not only in the country, but all over Europe and elsewhere in the world.

Nowadays the mine is being closed, but it will never close entirely. The knowledge and experience from the past era have helped contemporary industry to arise and progress, cultural tourism is being developed, the Mercury Information and Research Centre has been established, and the town has been changing its external appearance. But despite all the changes, Idrija has remained a mining town. By preserving its mining heritage and traditions, the future will not be able to change that.

Alfred Bogomir Kobal

PREGLED SPOZNANJ O VPLIVU DELOVANJA RUDNIKA IN ŽIVEGA SREBRA NA ZDRAVJE PREBIVALCEV V IDRIJI V PRETEKLIH STOLETJIH

Uvod

Petstoletno (1490–1995) rudarjenje in žganje rude v Idriji ni vplivalo le na zdravje rudarjev, temveč je obremenjevalo tudi okolje in zdravje prebivalcev v mestu. V celotnem obdobju delovanja rudnika je bilo v okolje izgubljeno okrog 38.000 ton živega srebra (Hg), pretežno v obliki hlapov elementarnega živega srebra (Hg^0), žgalniški ostanki in odpadne vode pa so bili prav tako pomemben vir onesnaženja okolja s Hg (Kavčič, 2008). V okolju Hg kroži, onesnažuje zrak, vodo, zemljo, rastline in živali, zlasti v rečnih sedimentih pa se pretvarja v metilno obliko (metil-Hg, Me-Hg), ki se nato kopiči v ribah reke Idrijce, Soče in Tržaškega zaliva (Kosta in sod., 1974; Gnamuš, 2002; Horvat in sod., 2004, 2009).

Zaradi onesnaženega okolja so bili prebivalci v mestu in bližnji okolici izpostavljeni Hg z vdihavanjem hlapov in deloma tudi s hrano, pridobljeno iz tega okolja. Pri žganju rude se tvori žveplov dioksid, ki se z dimnimi plini sprošča v ozračje, zato so bili prebivalci okoli žgalnic, zlasti pri temperaturnih inverzijah, ki so

v Idriji dokaj pogoste, izpostavljeni tudi žveplovemu dioksidu, ki je povzročal težave na dihalih. Največ hlapov Hg^0 se zadrži v telesu s vdihavanjem (okrog 80 %), Me-Hg in anorganske spojine Hg pa se vnašajo v telo s prehrano, zlasti z ribami iz Idrijce, deloma pa tudi z domačo povrtnino, mesom in mlekom živali, ki so živele na onesnaženem območju. V telesu se največ Hg zadržuje v osrednjem živčevju in ledvicah. Med najobčutljivejše skupine prebivalstva sodijo otroci, zlasti med nosečnostjo. Tedaj Hg lahko vpliva na razvoj osrednjega živčevja. Učinki Hg pa so odvisni predvsem od oblike – spojine Hg, stopnje in trajanja izpostavljenosti; hlapi Hg^0 lahko prizadenejo osrednje živčevje, delovanje ledvic, dihala, prebavila, ožilje, povzročajo imunske spremembe, možni pa so tudi genotoksični učinki (WHO, 1990, 1991).

Vplive rudnika na rudarje in prebivalce v 16., 17., 18. in 19. stoletju v Idriji je opisal zlasti zdravnik Jože Pfeifer v svoji knjigi ZGODOVINA IDRIJSKEGA ZDRAVSTVA ter še mnogi drugi zdravniki, ki jih

bomo deloma predstavili v naslednjih poglavjih. Za spoznanja na področju poklicne izpostavljenosti Hg v rudniku Idrija po letu 1945 pa je pomembno tudi delo zdravnika Ivana Hribernika. Po drugi svetovni vojni je vključevanje medicine dela v raziskovanje vplivov Hg na človeka v sodelovanju z Rudnikom Idrija, Institutom Jožef Stefan, Psihiatrično bolnišnico Idrija, Inštitutom za klinično kemijo in biokemijo v Kliničnem Centru, Onkološkim Inštitutom, Inštitutom Medicine Dela, Rudarskim Inštitutom, Mednarodno agencijo za raziskavo raka v Lyonu (IARC) ter drugimi pripomoglo k poglobljenemu spoznavanju vpliva Hg na rudarje in prebivalce v Idriji. Raziskovalna aktivnost je omogočila tudi izboljšanje varovanja zdravja in zgodnje odkrivanje škodljivih vplivov Hg na zdravje izpostavljenih delavcev.

Glede na razvitost zdravstvene službe in razpoložljivost podatkov o vplivu Hg in rudnika na zdravje rudarjev in njihovih svojcev lahko celotno 500-letno obdobje delovanja rudnika Idrija razdelimo na:

obdobje pred Scopolijem, obdobje, ki se pričenja s Scopolijem leta 1754 in obdobje po drugi svetovni vojni (1945-1995).

Ocena vpliva Hg na prebivalce v 16., 17. in prvi polovici 18. stoletja

V obdobju pred Scopolijem – pred letom 1754 so rudniške delavce zdravili obrtniško izšolani ranocelniki in kirurgi, kasneje pa tudi strokovno izprašani kirurgi, ki so zdravili predvsem poškodbe, puščali kri, izdirali zobe in pripravljali zdravilne kopeli. Leta 1738 so delavci zahtevali razširitev zdravljenja tudi na ostale družinske člane. Največ veljavnih in zanesljivih podatkov o zdravstvenem stanju rudarjev iz tega obdobja je danes moč pridobiti le posredno iz poročil zdravnikov, drugih strokovnjakov in popotnikov, ki so obiskali Idrijo v 16. in 17. stoletju (Pfeifer, 1989).

Idrijo je v 16. stoletju obiskalo več znanstvenikov in svetovnih popotnikov, ki so v svet širili spoznanja o tukajšnjih razmerah in o vplivu živega srebra na zdravje delavcev. Znani zdravnik Theophrastus von Hohenheim imenovan Paracelsus je leta 1527 v svoji knjigi *Von der Bergsucht und andere Krankheiten* opisal resno stanje bolnih rudarjev v Idriji: »Vsi ljudje, ki tam živijo, so skrivljeni in hromi, nadušljivi in prezeblji, brez upanja, da bi še kdaj ozdraveli« (Lesky, 1956).

Zdravnik in botanik Pier Andrea Mattioli je v svoji knjigi, ki je pod naslovom *Pedaci Dioscurides de materia medica, libri VI.* izšla leta 1554, opisal razmere pri žganju rude in ugotavljal, da le redki delavci zdržijo pri tem delu štiri leta, ne da bi se ob tem pojavili bolezenski znaki zastrupitve s Hg –

merkuralizem z vnetjem dlesni, izpadanjem zob in tresenjem udov. Podobne razmere opisuje tudi Georgius Agricola v svoji knjigi *De re Metallica* iz leta 1556 (Glesinger, 1950). V tem obdobju so tudi lastniki rudnikov ugotavljali, da se pri nekaterih rudarjih, ki v jami odkopavajo samorodno rudo, že po 14 dnevih pojavi vnetje dlesni, majavost zob in nato še tresenje udov, ki je tako močno, da delavce ovira pri plezanju v jamo (Verbič, 1965).

Angleški svetovni popotnik Gualterus Pope je ob obisku v Idriji leta 1665 poročal, da je srečal rudarja, ki je bil tako hrom, da niti pol kozarca vina ni mogel spiti, ne da bi ga polil, in bil je tako poln Hg, da je posrebril bakren novčič, ki ga je zadrževal v ustih ali med prsti. Tedanje razmere v Idriji je opisoval tudi Edvard Brown leta 1669, ki je poročal, da zaradi zastrupitve s Hg rudarji počasi shirajo (Valvasor, 1689).

Kranjski polihistor Janez Vajkard Valvasor v svoji knjigi *Die Ehre des Hertzogtums Crain* iz leta 1689 slikovito opisuje razmere v idrijskem rudniku in med ostalim pravi, da pri delu s samorodno rudo, kjer »živo srebro priteka kot studenčnica, ... tistemu, ki ga najde, strupeni merkurjevi hlapci vdirajo v človeka in ga tako prepoje, da se mu tresejo glava, roke, noge in vse telo.« Tak bolnik ni sposoben za nobeno delo in mora beračiti do konca svojih dni. Valvasor očitno opisuje končno stanje kronične zastrupitve, ki se je razvila po ponavljajočih sub-akutnih zastrupitvah pri delu v jami s samorodno rudo ali pri žganju rude. Konec 17. stoletja so zastrupitve s Hg še vedno povzročale povečano nesposobnost za delo, tudi zaradi

neurejenega zdravstvenega varstva, oboleli rudarji pa so zaradi slabega gmotnega stanja in bojazni, da bi izgubili zaslužek, pogosto še dalje vztrajali pri svojem delu.

Z naraščanjem proizvodnje Hg in uvedbo novih žgalniških peči v drugi polovici 16. stoletja, v 17. in začetku 18. stoletja, ki so imele relativno nizke izkoristke pri žganju rude, je bila izguba hlapov Hg⁰ z dimnimi plini v okolje zelo povečana (Mlakar, 1974; Kavčič, 2008).

Na osnovi predstavljenih opisov težke prizadetosti zdravja zastrupljenih delavcev v žgalnici in jami ter povečane izgube Hg v okolje pri žganju rude domnevamo, da so bile koncentracije v okolju, zlasti hlapov Hg v zraku, na območju bivališč rudarjev okrog žgalnice prav tako povišane. Žene in otroci rudarjev so bili še dodatno izpostavljeni hlapom Hg⁰ v svojih stanovanjih, saj so tedaj rudarji svojo delovno obleko onesnaženo s Hg hranili doma vse do naslednjega dne. Povečano obremenjenost okolja s Hg potrjujejo tudi kmetje iz okolice, ki so tedaj zahtevali odškodnino zaradi zmanjšanja pridelka žita, sadja in upada prireje živine (Pfeifer, 1989). V 16. in 17. stoletju so bile stanovanjske razmere, higiena in tudi socialno stanje prebivalcev v Idriji zelo slabe, tedaj tedenski zaslužek rudarja ni zadostoval za nakup mernika žita (Verbič, 1993).

Kljub nedvomno povišanim koncentracijam Hg v okolju in opisanim zastrupitvam pri živini pa iz razpoložljivih poročil ni podatkov o vplivu Hg na zdravje svojcev rudarjev in ostalih prebivalcev v Idriji. Na osnovi predstavljenih podatkov ocenjujem, da je povečana obremenjenost

okolja s Hg vplivala tudi na zdravje žena in otrok rudarjev, vendar to tedaj ni bilo deležno pozornosti, saj vsebnost Hg v bivalnem okolju očitno ni bila tako visoka, da bi povzročala tedaj dobro znane znake poklicne zastrupitve s Hg⁰. Glede na današnja spoznanja in lastne izkušnje ocenjujem, da so se pri občutljivih skupinah prebivalcev, ki so živeli v območju virov povečane vsebnosti Hg⁰ v zraku in uživali prehrano s povišano vsebnostjo Hg, pojavljali tedaj nepoznani, subklinični učinki Hg s prizadetostjo osrednjega živčevja, motnjami v delovanju ledvic in imunskega sistema. Poleg slabega socialnega stanja, slabih bivalnih razmer in higiene je povišana izpostavljenost prebivalcev Hg povečevalo tveganje za pojavljanje nekaterih bolezni, ki so se sicer pojavljale med prebivalstvom v Idriji in jih je podrobneje predstavil J. Pfeifer v svoji knjigi leta 1989.

Ocena vpliva Hg na prebivalce v 18. in 19. stoletju

Z zaposlitvijo zdravnika Jovannija Antonia Scopolija v Idriji leta 1754 se je pričelo obdobje, v katerem so za zdravstveno varstvo rudarjev in njihovih svojcev skrbeli akademsko izobraženi zdravniki, ki so zdravili »notranje bolezni«, in kirurgi, ki so zdravili poškodbe in skrbeli za porode. V 250 letih je v Idriji za zdravje rudarjev in njihovih svojcev skrbelo mnogo zdravnikov in kirurgov, vendar se bom v prispevku skliceval le na dela tistih, ki so poglobljeno proučevali in predstavili merkuralizem, med te pa sodijo zlasti Giovanni Antonio Scopoli, Baltasar Hacquet, Ludvik Gerbec, Johann Baaz in še



Slika 1. Idrija konec 17. stoletja (Valvasor, 1689, *Die Ehre des Herzogtums Krain*)

mnogi drugi.

J. A. Scopoli, zdravnik, botanik, profesor kemije in metalurgije, je v Idriji deloval 15 let. V tretjem delu svoje knjige *DE HYDRARGYRO IDRIENSI TENTAMINA Phisico – Chimico – Medica*, III. De Morbis Fossorum Hydrargyri (1771) je predstavil bolezenska stanja, ki jih je najpogosteje opazoval pri rudarjih in delavcih v žgalnici. Bolezenska stanja je opredeljeval po bolezenskih simptomih in ne po nozološki klasifikaciji bolezni, zato je tudi merkuralizem in ostale bolezni opisal

po simptomih v posameznih poglavjih. Najpogostejša bolezenska stanja, ki jih omenja pri delavcih v rudniku, so bila zlasti: tremor, slinjenje, kašelj, astma, driska (diarrhoea), intermitentna vročica (febris intermittens).

J. A. Scopoli je poglobljeno opisal simptome zastrupitve s Hg⁰, posebej je predstavil akutne, subakutne in kronične oblike merkuralizma pri delavcih v jami in v žgalnici. Meni, da se akutne zastrupitve, ki jih spremlja kašelj in krčevito stiskanje dihalnih

poti, pojavljajo pri popravilih ali zamenjavi aludlov pri španskih pečeh v žgalnici zaradi vdihavanja izredno visokih koncentracij hlapov Hg⁰ in žvepla (žveplovega dioksida). Pri delavcih v jami pa opaza, da tudi kameni prah, ki ga delavci vdihavajo pri delu v jami, lahko povzroča trdovraten kašelj in težko dihanje, ki ga pogosto spremlja krvav izpljune in pojav ftize – sušice. Čeprav pravega vzroka za sušico – tuberkulozo Scopoli tedaj še ni poznal, je bil vendar prvi, ki je pri rudarjih v Idriji opisal to težko prizadetost zdravja. V tesnih in majhnih stanovanjih, kjer je rudar živel s svojo družino, pa se je tuberkuloza lahko širila tudi na ostale člane družine. Zaradi slabih higienskih razmer so se driska, paraziti in intermitentna vročica pogosto pojavljali tudi med prebivalstvom. Intermitentna vročica, ki je lahko hudo prizadela bolnika, je po današnjih ocenah nastajala zaradi okužbe s spiroheto iz ruda leptospir, vir teh okužb pa so običajno miši in podgane, ki so bile tedaj v Idriji zelo razširjene celo v jami (Pintar, 1954). Scopoli v omenjenem delu ni posebej opisoval vpliva Hg na svojce rudarjev, vendar je kasneje v enem izmed svojih del (Scopoli, 1784) omenil, da rudarji s svojimi delovnimi oblekami prinašajo domov tudi delčke – kapljice Hg, kar pri svojcih lahko povzroča bolezenske simptome merkuralizma.

Baltasar Hacquet, magister kirurgije in porodništva, je leta 1766 nastopil službo kirurga pri rudniku Idrija, kjer deloval 7 let, prva 3 leta skupaj s Scopolijem. Delo kirurga je opravljal zelo uspešno, ukvarjal pa se je tudi z botaniko in mineralogijo. V svojem delu *Oryctographia Carniolica*, kjer je opisal

Idrijo in idrijsko rudišče, je v končnem poglavju pisal tudi o zdravstvenih problemih rudarjev. Poklicne bolezni idrijskih rudarjev pa je predstavil v svoji Spomenici (Šumrada, 2003). V razpravi o merkuralizmu pri živalih ugotavlja, da Hg in žveplo zastrupljata tudi govejo živino. Govedo, ki uživa rastlinsko krmo, ki raste v bližini žgalnice, in pije vodo, ki odteka preko žgalniških ostankov v Idrijo, se prične sliniti in tresti, izgubi tek in počasi shira; v taki vodi pa so poginjale tudi ribe (Pfeifer, 1989). Očitno je, da je bila tedaj prisotna povečana obremenjenost celotnega okolja s povišano vsebnostjo Hg v zraku, zemlji, rastlinah in pri živalih, vendar B. Hacquet ne navaja morebitnih vplivov obremenjenega okolja na prebivalce, ki živijo na tem vplivnem območju žgalnice in jame.

Ludvik Gerbec (Gerbez), akademsko izobražen zdravnik, se je leta 1838 stalno zaposlil v Idriji in tu deloval 40 let. V svojih poročilih navaja, da okrog 43 % rudarjev in delavcev iz žgalnice trpi za različnimi posledicami merkuralne zastrupitve. Pri obolelih so se najpogosteje pojavljale subakutne oblike zastrupitve s slinjenjem, vnetjem in razjedami v ustni votlini ter izpadanjem zob. Tremor v tem času ni bil tako pogost, vendar ko se enkrat pojavi, zlepa ne izgine. Pri najtežjih oblikah zastrupitve pa se, podobno kot to opisuje že J. A. Scopoli, tremor prenese na vse ude in glavo, govor pri takem bolniku je zatikajoč. Iz njegovih poročil je razvidno, da so se med prebivalstvom pojavljale revma, giht, bolezni jeter, glistavost, črevesni katarji in tuberkuloza.

Pljučna tuberkuloza je bila tedaj med rudarji in njihovimi svojci zelo razširjena,

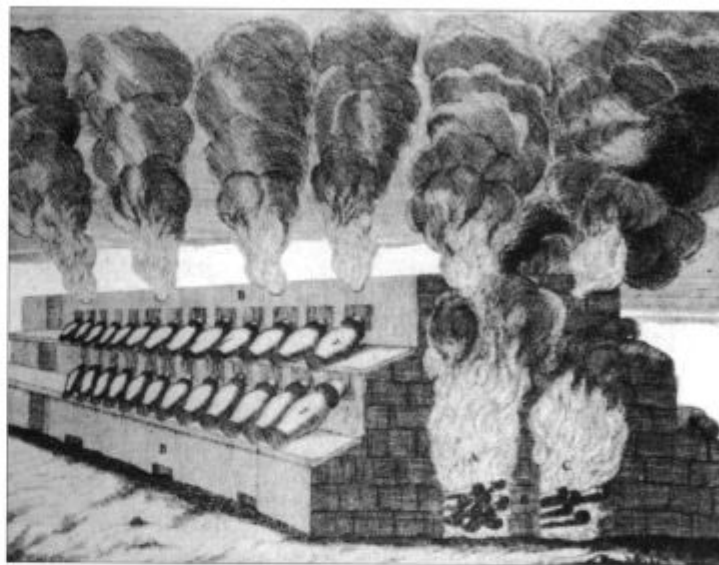
saj je bila vzrok smrti pri vsaki drugi odrasli osebi. Bil je celo mnenja, da Hg lahko vpliva tudi na nastajanje pljučne tuberkuloze, ni pa še poznal pravega vzroka – povzročitelja tuberkuloze, saj ga je šele leta 1882 odkril R. Koch. V poročilu iz leta 1871 Gerbec navaja, da se med prebivalstvom pojavljajo določene bolezni endemično, ker so povezane z izpostavljenostjo Hg, med te je prišteval zlasti škorbut, škrofulozo, dispepsio – prebavne motnje in motnje v delovanju živčevja. Ob tem posebej omenja Idričana kot nervoznega, vzkipljivega in asteničnega človeka, s podobnimi značajskimi potezami, kot jih je J. A. Scopoli opazil pri delavcih v žgalnici (Hammerschid, 1873; Teleky, 1912). V prvi polovici 19. stoletja sta dva velika požara v jami povzročila porast merkuralizma med rudarji. Gerbec poroča, da se je zaradi požara v jami leta 1846 merkuralizem pojavil tudi med prebivalstvom. Ocenjuje, da je zaradi posledic merkuralizma bolehalo kar 713 moških in 204 ženske. V letu po požaru (1847) pa se je tudi rodnost v Idriji znižala z 31 na 22 rojstev na 1000 prebivalcev.

V Idriji sta delovala tudi rudniška zdravnik Ludvik Jenko od leta 1873 dalje in Johan Baaz, ki se je zaposlil leta 1878. L. Jenko v svojem poročilu iz leta 1875 navaja, da je bilo med umrlimi 30 % tuberkuloznih bolnikov, od katerih so bili 4 aktivni delavci. To potrjuje ugotovitve L. Gerbeca, da je bila v Idriji smrtnost zaradi tuberkuloze izredno velika v primerjavi z Ljubljano kjer je bila precej nižja. J. Baaz (1886) je bil mnenja, da merkuralizem pospešuje razvoj tuberkuloze, saj je opazil, da je bil med obolenji dihal delež tuberkuloznih bolnikov okrog 17 %.

Otroci rudarjev, ki bolehalo za kroničnim merkuralizmom, imajo pogosto skrofulozo, otroške krče, vendar pa ni bilo opaziti, da bi Hg vplival na duševno stanje otrok. Po podatkih iz mrljskih knjig iz obdobja 1881–1890 je bila povprečna umrljivost v Idriji precej višja (36,6 osebe na 1000 prebivalcev) kot na Kranjskem (29,5 osebe na 1000 prebivalcev). Podrobnejši podatki so na razpolago v knjigi dr. Pfeiferja iz leta 1989. Zaradi odkopavanja samorodne rude je leta 1899 število zastrupitev s Hg močno naraslo, v jami je zbolelo kar 85 delavcev, v topilnici pa 86 delavcev. Dr. Ludwig Teleky (1912), ki je tedaj preučeval zdravstveno stanje rudarjev v Idriji, je ugotovil, da zelo veliko delavcev rudnika oboleva zaradi zastrupitev s Hg, med ostalimi obolenji pa izstopajo tuberkuloza, bronhialni katarji in nevrološke motnje, ki terjajo izredno dolgotrajno zdravljenje in povzročajo visoko stopnjo invalidnosti. Zelo visoka pa je bila tudi smrtnost zaradi tuberkuloze, pri čemer je imela pomembno vlogo tudi higiena nasploh, tako na delovnem mestu kot v domačem okolju.

Znanstvene razprave in poročila iz 18. in 19. stoletja so izčrpno predstavila delovne pogoje in obremenitve, s katerimi so se rudarji in delavci v žgalnici srečevali pri svojem delu.

Merkuralizem med rudarji in delavci v žgalnici je bil seveda vedno povezan s porastom proizvodnje Hg. Ob tem je bila tedaj izguba Hg v okolje dokaj visoka tudi zaradi slabših izkoristkov žgalniških peči (Slika 2). Po nekaterih ocenah je v obdobju od 1786 do 1945 delež izgube Hg v ozračje dosegal celo okrog 20.000 ton (Mlakar, 1974). Vzporedno s tem pa je na vplivnem območju rudnika naraščala tudi obremenitev okolja in prebivalstva. To potrjuje B. Hacquet v svoji študiji, v kateri poroča, da se na vplivnem območju žgalnice zastruplja celo goveja živina. Teh ugotovitev nekatere državne strokovne komisije, ki so obiskale Idrijo v letih 1873–1877, niso niti povsem potrdile niti zanikale (Pfeifer, 1989). Rudarji in delavci žgalnice so še vedno hranili delovne obleke doma, kar je za ostale člane družine predstavljalo pomemben dodaten vir izpostavljenosti Hg⁰. Po požaru v jami leta 1846 je zaradi povišanih koncentracij hlapov Hg na območju mesta merkuralizem med prebivalstvom močno porasel. Če pri tem povzamemo ugotovitve zdravnika L. Gerbca o merkuralizmu med prebivalci, upravičeno domnevamo, da so tedaj koncentracije hlapov Hg v določenih predelih na območju mesta Idrija dosegale tudi vrednosti 4.800 ng/m³, ki lahko pri ponavljajoči



Slika 2. Retortna peč za žganje živosrebrne rude z začetka 18. stoletja (Stampfer, 1715, *Information der neu-verbesserten-Quecksilber Brennung*)

izpostavljenosti povzročijo določene subklinične nevrotoksične učinke Hg⁰ in spremenijo imunsko odzivnost pri izpostavljenih (WHO, 2003). Sicer pa so bili opisani tudi posamezni primeri manifestnih zastrupitev otrok, npr. zastrupitev otroka, ki je spal v postelji pri obolelem očetu – rudarju (Teleky, 1912); to je povsem mogoče, saj je znano, da se iz telesa tudi z izdihom iločajo hlapi Hg⁰, zlasti ob stalnem uživanju alkohola (Hursh in sod., 1976; Kobal, 1991). Glede na tedanjo obremenjenost bivalnega okolja v Idriji bi pričakovali, da so se pri določenih skupinah otrok pojavljali nekateri subklinični nevrološki učinki Hg⁰, vendar glede na razpoložljive diagnostične metode tedaj tega v Idriji ni bilo mogoče ugotoviti. Težko fizično delo, slaba prehrana in izpostavljenost Hg, žveplovemu dioksidu in prahu so izčrpavali rudarje in slabili njihovo odpornost, zato je bila med njimi tuberkuloza pljuč tako pogosta. Higijenske, stanovanjske in nasploh komunalne razmere (pitna voda, odpadke) pa so omogočile tudi širjenje tuberkuloze med svojce rudarjev in povečevale obolevnost in umrljivost prebivalstva. Ob takem stanju so se seveda pojavljale tudi razne nalezljive bolezni, zlasti epidemije tifusa, ki sta jih podrobeje

predstavila zdravstvena zgodovinarica E. Lesky (1956) in zdravnik J. Pfeifer (1989).

Vpliv rudnika na zdravje prebivalcev v obdobju po drugi svetovni vojni

Za obdobje po drugi svetovni vojni je značilno povečevanje proizvodnje Hg (Mlakar, 1974), ki pa ga je spremljalo tudi povečano zbolevanje rudarjev zaradi zastrupitev s Hg, tako da je bilo v letu 1953 kar 145 delavcev zastrupljenih s Hg. Uporaba zmogljivejših vrtnih kladiv na odkopih v jami pa je povzročala večjo zaprašnost in povečano zbolevanje rudarjev zaradi silikoze in siliko-tuberkuloze (Hribernik, 1950; Kobal, 1974). Dr. Ivan Hribernik je bil prvi zdravnik, ki je v tem obdobju skrbel za preventivno in kurativno zdravstveno varstvo rudarjev in njihovih svojcev v Obratni ambulanti RŽS Idrija, ki je bila ustanovljena leta 1958. V obdobju po vojni je bila tuberkuloza pljuč močno razširjena med prebivalstvom, zato je bil tedaj v Idriji ustanovljen tudi protituberkulozni dispanzer, ki ga je prav tako vodil dr. Ivan Hribernik. Skrbel je za preventivne ukrepe in zdravljenje tuberkuloze pri celotnem prebivalstvu na območju Idrije in širše okolice. Smrtnost zaradi tuberkuloze je namreč pričela upadati šele po odkritju in uvedbi streptomicina (1947) oziroma po uvedbi trojnega zdravljenja tuberkuloze (para-amino salicilna kislina, streptomicin in izoniazid) po letu 1952. Nekateri kazalci vitalne statistike iz 60. let prejšnjega stoletja so pokazali, da je bilo zdravstveno stanje prebivalcev v Idriji slabše kot v povprečju v Sloveniji. Leta 1967 je bila splošna umrljivost prebivalcev

v Idriji (12 oseb na 1000 prebivalcev) višja kot v Sloveniji (8 oseb na 1000 prebivalcev). Podobno je tudi umrljivost dojenčkov presegala republiško povprečje, na območju občine Idrija je tedaj na 1000 živorojenih otrok umrlo 4,65, v Sloveniji pa 2,5 otrok (Kobal, 1969). Deloma je bilo to stanje tudi odraz pomanjkanja kadra, prostorov in opreme v zdravstveni dejavnosti v Idriji. Rezultati analize zdravstvenega stanja prebivalstva, ki je bila tedaj javno predstavljena, je spodbudila centre moči in prebivalce, da so s samopriskom podprli gradnjo novega zdravstvenega doma, da bi tako omogočili izboljšanje zdravstvenega varstva celotnega prebivalstva v občini Idrija.

Aktivnost zdravstvene službe v Obratni ambulanti Rudnika živega srebra (RŽS) Idrija je bila, zlasti po letu 1968, poleg zdravljenja rudarjev in njihovih svojcev usmerjena v zgodnje odkrivanje poklicnih bolezni, v izboljšanje varovanja zdravja delavcev pri delu, v biološki nadzor izpostavljenosti Hg, v raziskovalno aktivnost s področja spoznanja zgodnjih in poznih učinkov Hg pri rudarjih ter možnih učinkov delovanja rudnika na zdravje prebivalcev v Idriji. Vrednotenje možnih učinkov delovanja rudnika na zdravje prebivalcev v Idriji je podprto z rezultati raziskav o obremenjenosti rudarjev in okolja na vplivnem območju delovanja rudnika, retrospektivnih epidemioloških študijah zbolevanja za rakom pri rudarjih in prebivalcih v Idriji in na biološkem nadzoru izpostavljenosti Hg pri občutljivih skupinah prebivalcev.

Rezultati raziskav o obremenjenosti idrijskih rudarjev in okolja s Hg in ionizirnim

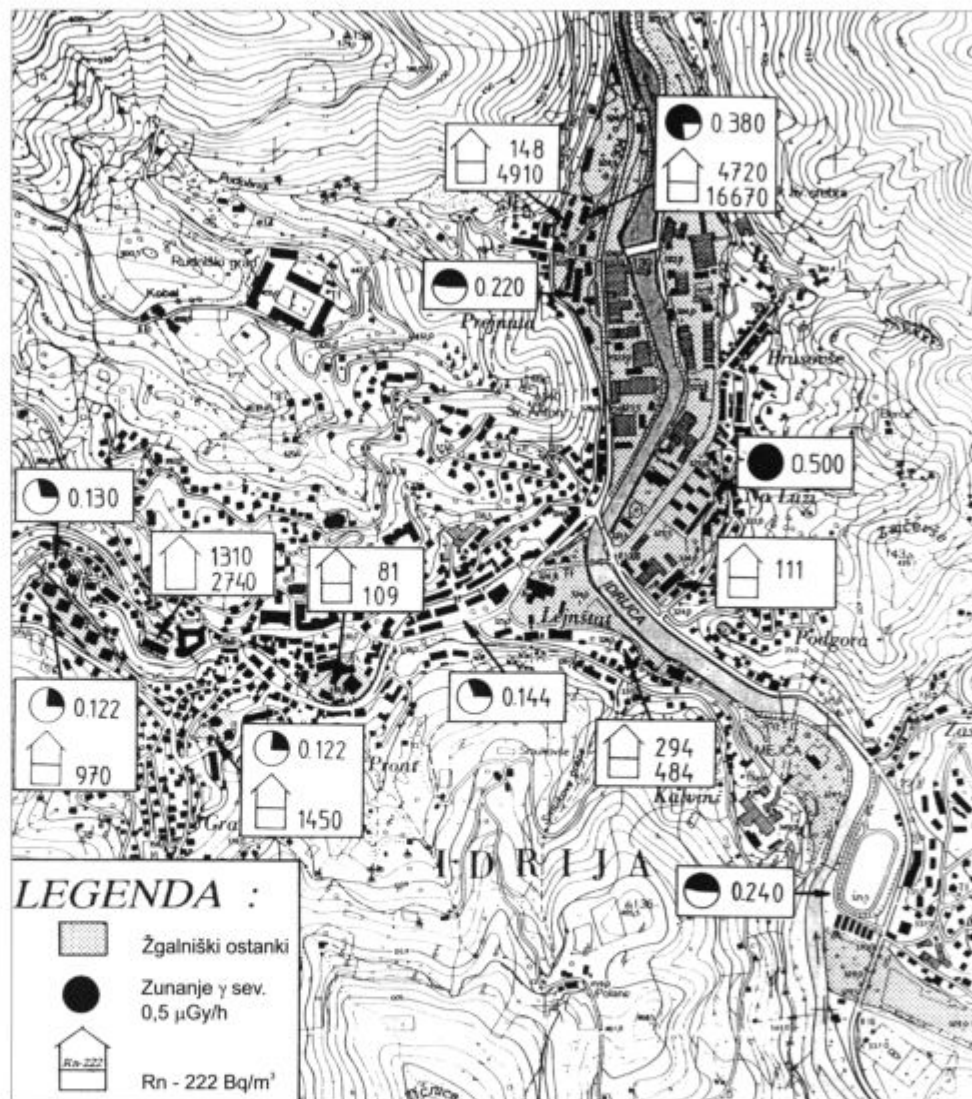
sevanjem so bili že večkrat predstavljeni, zato jih v prispevku le omenjam, posebej pa bom predstavil nekatere rezultate raziskave o zbolevanju za rakom pri prebivalcih ter rezultate biološkega nadzora izpostavljenosti Hg pri nosečnicah in otrocih v Idriji.

Obremenjenost okolja na vplivnem območju Rudnika

Raziskave okolja, ki so jih v zadnjih 40 letih opravili mnogi raziskovalci Instituta Jožef Stefan (IJS) in drugih ustanov na vplivnem območju rudnika, so pokazale izredno povišane koncentracije Hg v zraku, zemlji, vodah, rastlinah in pri živalih (Stegnar in sod., 1973; Kavčič, 1974; Kosta in sod., 1974; Stegnar, Horvat., 1991; Hess, 1992; Kobal in sod., 1992; Miklavčič, 1999; Gnamuš, 2002; Gosar in sod., 2004; Gronlund in sod., 2004; Horvat, 2004, 2009; Kotnik in sod., 2004, 2009; Kocman, Horvat 2009). Del nasutih žgalniških ostankov skonca škrlavca na območju mesta Idrija (Slika 3) pa vsebuje tudi povišane koncentracije radioaktivnih elementov (U-238, Ra-232), kar povzroča povečano izpostavljenost radonu in njegovim kratkoživim potomcem tistih prebivalcev, ki bivajo v hišah, zgrajenih na nasutju teh žgalniških ostankov (Čar, 1996; Križman in sod., 1993). V igralnici otroškega vrtca so tedaj koncentracije radona dosegale celo 2000 Bq/m³. Po sanaciji pa so bile povprečne dnevne koncentracije radona v območju 50 Bq/m³. V 70. letih prejšnjega stoletja, ko je bila proizvodnja Hg v Idriji največja, so koncentracije hlapov Hg v zraku na posameznih območjih mesta precej varirale od 90 do 8500 ng/m³. V naselju

na območju bivše topilnice na Prejnuti so koncentracije Hg dosegale 4000 ng/m^3 , v bližini odlagališč žgalniških odpadkov pri topilnici pa so koncentracije Hg v zraku dosegle vrednost 8.500 ng/m^3 (Kosta in sod., 1974). Koncentracije Hg v pitni vodi iz mestnega vodovoda so bile v tem obdobju do 3-krat višje kot v obdobju po prenehanju delovanja rudnika, podobno je bilo tudi z vsebnostjo Hg v domačih povrtninah, deloma tudi v ribah iz Idrije ter pri domačih živalih in divjačini. Pri zajcih, ki so jih gojili v onesnaženem okolju pod dimnikom, je bilo ugotovljeno, da Hg, bodisi anorgansko bodisi metilno, prehaja na mladiče, saj je bila koncentracija Hg pri njih celo višja kot pri zajkah (Stegnar in sod., 1973). V 60. in 70. letih prejšnjega stoletja so se pri proizvodnji živosrebrnega oksida (Kavčič, 1993) sproščali v ozračje nitrozni plini (dušikovi oksidi), ki delujejo dražeče na dihal, lahko pa vplivajo tudi na krvno barvilo in onemogočajo prenos kisika s krvjo. Pri delavcih, ki so bili zaposleni pri proizvodnji živosrebrnega oksida in uporabljali osebno zaščito, tedaj nismo ugotavljali prizadetosti zdravja. Med prebivalstvom okrog topilnice pa bi ob temperaturnih inverzijah, zlasti pri bolnikih z že obstoječimi kroničnimi obolenji dihal, lahko povzročalo poslabšanje prizadetosti dihal.

Kosta s sodelavci je v 70. letih prejšnjega stoletja (1975) ugotovil, da je kopičenje Hg v raznih organih pri odraslih prebivalcih v Idriji sicer nižje kot pri rudarjih, vendar še vedno od 3,8- do 60-krat večje kot pri prebivalcih z drugih neobremenjenih območij v Sloveniji. Največ Hg se zadrži v ledvicah, osrednjem



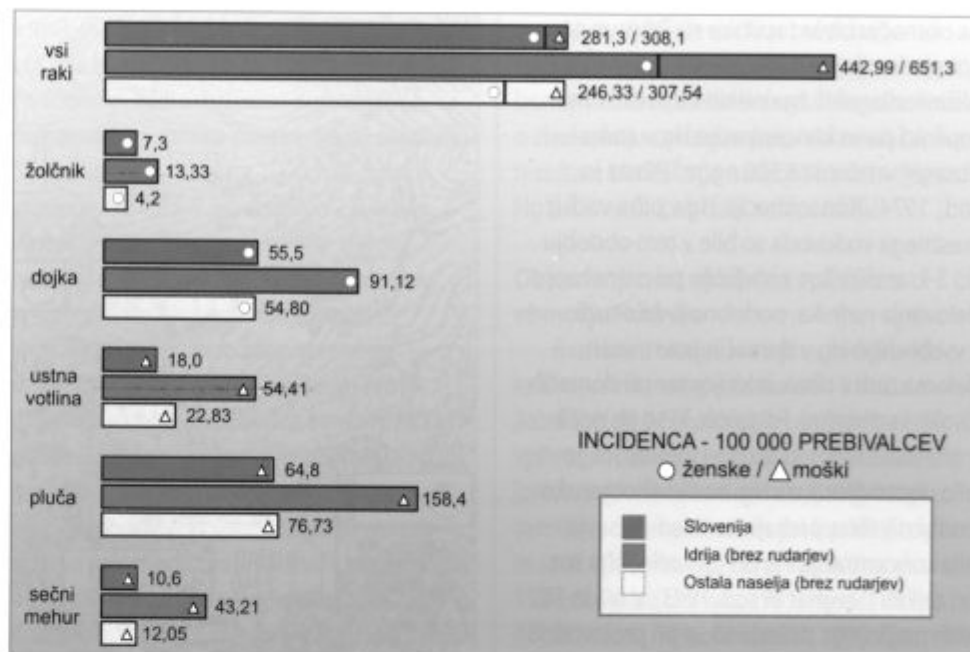
Slika 3. Zunanje gama-sevanje nasutja primarnih žgalniških ostankov in koncentracije radona-222 v kletiščih in stanovanjih v Idriji (povzeto po Čar, 1992; Križman in sod., 1993)

živčevju in deloma v jetrih. Nekoliko nižje, vendar še vedno povišane vrednosti Hg so bile ugotovljene pri odraslih prebivalcih tudi v obdobju po prenehanju delovanja rudnika (Falnoga in sod., 2000).

Zbolevnost za rakom pri prebivalcih mesta Idrija

Osnovni vir podatkov za raziskavo je bila podatkovna baza, ki je bila oblikovana leta 1996 v okviru mednarodne študije (IARC Internal Report No 98/xxx, Lyon; Boffetta in sod., 1998), in podatki Registra raka, ki sta jih preučili in obdelali prof. Vera Pompe Kirn in dr. Vesna Zadnik. Rezultati raziskave so bili javnosti že predstavljeni leta 2004 (Idrijski razgledi, L I 2005) v poročilu prof. J. Osredkarja, ki je vodil raziskavo (Slika 4).

Pri moških nerudarjih je bila v 40-letnem obdobju (1961–2000) zbolevnost za vsemi raki skupaj – za rakom ustne votline in žrela ter za pljučnim rakom in rakom sečnega mehurja – v mestu Idrija pomembno večja kot na ostalem območju upravne enote (UE) Idrija in v Sloveniji. Zbolevnost je bila statistično nepomembno večja tudi za rakom požiralnika in trebušne slinavke ter za nekaterimi drugimi raki. Pri ženskah je bila v 40-letnem obdobju zbolevnost za vsemi raki skupaj in za rakom žolčnika in dojke na območju mesta Idrija pomembno večja v primerjavi z ostalim območjem upravne enote Idrija. V drugem 20-letnem obdobju (1981–2000) je bila zbolevnost na območju mesta Idrija pomembno večja le še za vsemi raki skupaj. Zbolevnost za rakom dojke in žolčnika se je zmanjšala, za rakom trebušne slinavke in pljuč pa povečala.



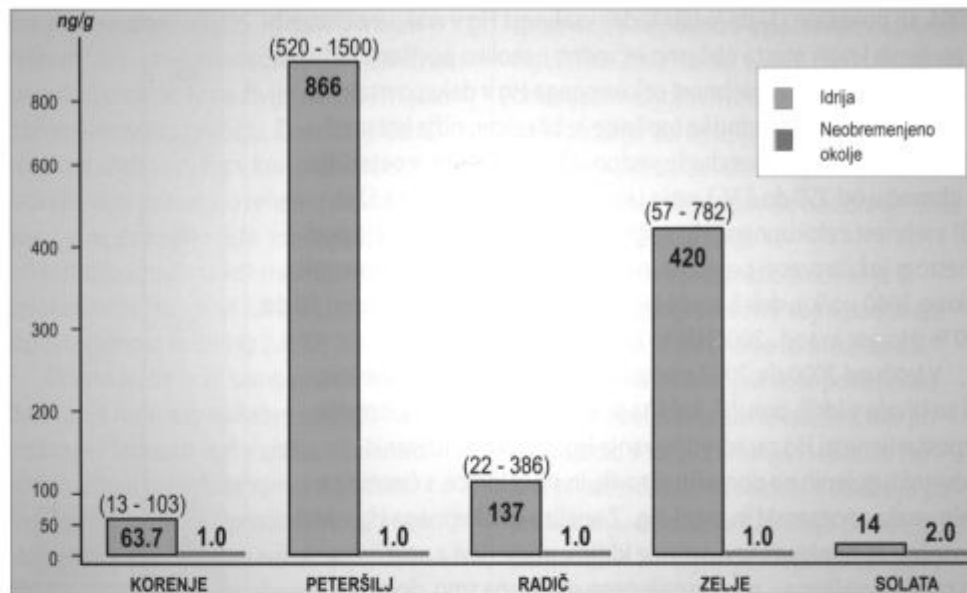
Slika 4. Zbolevanje za rakom na območju Idrije (povzeto po Pompe Kirn, Zadnik, 2004)

Raki, ki so bili ugotovljeni v presežku tako pri moških kot pri ženskah, so raki, za katere so znani dejavniki tveganja povezani tudi z življenjskim slogom. Aktivno kajenje povečuje tveganje zbolevanja za pljučnim rakom 10 do 20-krat, za rakom mehurja 5-krat, povečuje pa tudi tveganje zbolevanja za rakom ledvic, grla, trebušne slinavke, jeter ter rakom ust in žrela. Staranje prebivalstva tudi povečuje zbolevanje za rakom. Mesto Idrija ima namreč po popisu prebivalstva iz leta 2002 pomembno večji delež starega prebivalstva kot preostali del UE Idrija.

Kot pomemben dodaten dejavnik, ki lahko vpliva na zbolevanje za rakom, je seveda tudi okolje na vplivnem območju RŽS Idrija.

Med okoljske dejavnike, ki so lahko vplivali na povečano zbolevanje za rakom, sodijo zlasti radon in njegovi kratkoživi potomci, poliklorirani aromatski ogljikovodiki (PAH-i) in Hg. Radon in njegovi kratkoživi potomci so pri povečani poklicni izpostavljenosti dokazan karcinogen zlasti za pljuča, njegov morebitni karcinogeni učinek na ostale organe pa se še preučuje. Pri tem se omenjajo še žolčnik in zunanji žolčni vodi, multipli mielom in levkemija. Po nekaterih raziskavah tudi izpostavljenost radonu v bivalnih prostorih, ki presega koncentracije 50 Bq/m³, lahko ob drugih dejavnikih v 4 do 12 % prispeva k pojavljanju raka na pljučih, deloma pa tudi k pojavljanju mieloidne levkemije (Axelson in Flodin 1989; Henshaw

in sod., 1990). PAH-e (zlasti benzopyrene), ki so nastajali pri žganju rude iz skonca ležišč in so se sproščali v okolje z dimnimi plini (Lavrič, Spangenberg, 2004), uvršča Mednarodna agencija za raziskavo raka (IARC monografija Vol. 35., Lyon, 1985) med rakotvorne snovi, ki tudi pri človeku povzročajo raka. Hg ni uvrščen na seznam dokazanih karcinogenov. Že omenjena multicentrična študija rudarjev (IARC Internal Report No 98/xxx, Lyon, 1998) namreč ni jasno potrdila hipoteze o rakotvornem učinku Hg na človeška pljuča, dopustila pa je možnost njegovega dodatnega učinka. Znano je namreč, da Hg zaradi vezave na selen (Se) zniža njegovo vsebnost v krvi in njegovo biološko razpoložljivost za delovanje v selenoproteinih, ki delujejo tudi v antioksidativnih procesih in varujejo celice pred škodljivimi vplivi tako imenovanih prostih radikalov. Nekatere epidemiološke študije so pokazale obratno sorazmerje med vsebnostjo Se v biološkem materialu in pojavljanjem raka na dojkah ter umrljivostjo zaradi rakov (McConnell in sod., 1980; Garland in sod., 1995; Vinceti in sod., 1995). Pri rudarjih v obdobju po prenehanju izpostavljenosti Hg⁰ smo ugotovili delno znižano biološko razpoložljivost Se, kakšno pa je bilo stanje med samo izpostavljenostjo Hg⁰ pa ni znano (Kobal in sod., 2004). Prav tako nimamo podatkov (ni bilo raziskav) ali je okoljska izpostavljenost Hg med delovanjem rudnika vplivala na biološko razpoložljivost Se pri ženskah. Kateri dejavniki so pri ženskah vplivali na večje zbolevanje – incidenco za rakom na dojkah ni mogoče oceniti, saj pri obdelavi podatkov niso bili na voljo tudi



Slika 5. Povprečne vsebnosti (standardna deviacija) celokupnega Hg v zelenjavi na območju Idrije (povzeto po Jereb in sod., 2004)

podatki o pomembnih bioloških značilnostih ženske populacije (podatki o rodnosti, starosti ob prvem porodu, času menarhe in nastopu menopavze, dedna obremenjenost), ki bi lahko vplivali na povečano tveganje za zbolevanje, niti ni bila znana osveščenost in pregledanost žensk, kar bi lahko vplivalo na zgodnje – povečano odkrivanje raka na dojki.

Zbolevnost za rakom pri prebivalcih v mestu Idrija je bila v proučevanem obdobju nedvomno večja kot na ostalem območju upravne enote Idrija, kar vsekakor zahteva nadaljnje spremljanje podatkov o zbolevnosti za raki. Na odprta vprašanja, zlasti potencialnih vzrokov povečane zbolevnosti za rakom v Idriji, pa bodo morda dale odgovore bodoče raziskave. Za te aktivnosti

zdravstvene službe so vsekakor potrebne tudi spodbude s strani Občine Idrija, ki pa so bile doslej na tem področju dokaj skromne.

Obremenjenost žensk v rodni dobi s Hg v obdobju po prenehanju delovanja RŽS Idrija

Znano je, da že nižja obremenjenost nosečnic s Hg lahko pri otrocih povzroča določene lažje razvojne motnje (UNEP, 2002). Zaradi povečanega onesnaženja okolja v Idriji, ki ga je povzročilo delovanje rudnika, smo želeli ugotoviti, ali je v Idriji obremenjenost nosečnic s Hg tudi v obdobju po prenehanju delovanja rudnika (po letu 1995) še vedno povečana.

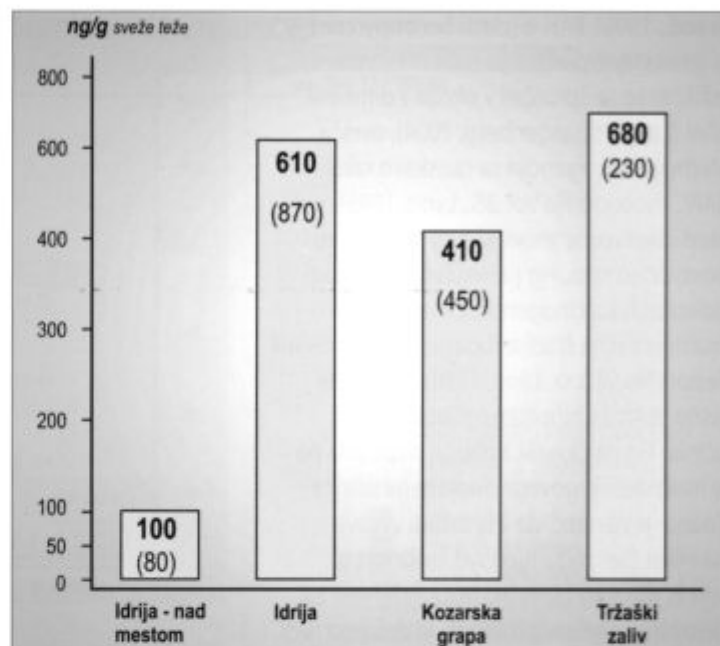
Raziskave IJS, opravljene pred letom

2004, so pokazale: (1) da je bila tedaj vsebnost Hg v zraku v nekaterih naseljenih krajih mesta občasno še vedno nekoliko povišana (od 10 do 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), (2) vsebnost celokupnega Hg v delu povrtnin na vrtovih okrog bivše rudniške topilnice je bila sicer nižja kot med delovanjem rudnika, vendar še vedno zelo visoka, npr. v peteršilju v območju od 250 do 2363 ng/g (Jereb in sod., 2004) (Slika 5) in (3) vsebnost celokupnega Hg v ribah iz reke Idrijce z območja pod mestom je bila precej povišana in je v nekaterih vrstah rib dosegala okrog 1600 $\mu\text{g}/\text{kg}$; delež metil-Hg v ribah pa je bil v razponu od 60 do 90 % (Horvat in sod., 2004) (Slika 6).

V letih od 2000 do 2002 smo zato pri manjši skupini nosečnic, ki so bivale v Idriji, preučili, kakšna je možna – teoretična stopnja izpostavljenosti Hg zaradi vdihavanja Hg⁰ z zrakom, uživanja povrtnin, gojenih na domačih vrtovih, in rib iz Idrijce, s čimer se v telo vnaša anorganski in metil-Hg. Z analizo celokupnega Hg v krvi nosečnic in popkovni krvi otrok iz Idrije v primerjavi z nosečnicami in otroki iz vaškega – neonesnaženega okolja pa smo določili dejansko – realno stopnjo privzema Hg v telo. Rezultati so pokazali, da je dejanski privzem celokupnega Hg (anorganskega in metil-Hg) med nosečnostjo v Idriji nižji kot ocenjeni – teoretični privzem; ugotovili smo namreč, da je sedanja vsebnost celokupnega Hg v krvi pri nosečnicah in otrocih v Idriji nižja kot med delovanjem rudnika (Idrijski razgledi, 1995, XL, 13–21) in primerljiva – enaka z vsebnostjo Hg v krvi nosečnic in otrok iz vaškega okolja. Vsebnost celokupnega Hg v popkovni krvi pri otrocih iz Idrije tudi v posameznih primerih ne presega priporočenih mejnih vrednosti celokupnega Hg v popkovni krvi 5,8 $\mu\text{g}/\text{L}$ (US EPA 2001).

Prehrabene navade mladih družin so se očitno tako spremenile, da njihova prehrana ne vpliva na vnos in privzem Hg iz okolja, hkrati pa se je znižala tudi vsebnost Hg⁰ v zraku, tako da je tudi privzem Hg⁰ z dihanjem znižan v primerjavi z obdobjem polnega delovanja rudnika. Kljub še vedno povečani obremenjenosti okolja je očitno, da je že samo prenehanje delovanja rudnika zmanjšalo izpostavljenost otrok med nosečnostjo, vendar le, če se nosečnice izogibajo prehrani, ki vsebuje povrtnine z onesnaženih vrtov v Idriji in ribe iz spodnjega toka reke Idrijce.

Rezultati pilotske raziskave so bili deloma že predstavljeni javnosti leta 2004 v prostorih Mestnega muzeja (Idrijski razgledi, L I 2004).



Slika 6. Povprečne vsebnosti (razpon) celokupnega Hg v ribah iz Idrijce in v morskih ribah (povzeto po Horvat in sod., 2004)

Sicer pa so vsi rezultati raziskave na razpolago v poročilu dr. Bojane Križaj s sodelavci v Zdravstvenem domu (ZD) Idrija.

Izpostavljenosti Hg pri šolskih otrocih v obdobju po prenehanju delovanja RŽS Idrija

Naša raziskovalna skupina, ki deluje pri Odseku za znanost v okolju IJS in Inštitutu za klinično kemijo in biokemijo Kliničnega centra (KIKKB, KC), je menila, da je potrebno ugotoviti, kakšna je sedanja izpostavljenost otrok Hg v Idriji. Otroke, ki obiskujejo osnovno šolo v Idriji, smo zato vključili v raziskovalni projekt PHIME – "Vpliv dolgotrajne izpostavljenosti nizkim koncentracijam različnih škodljivih kovin pri občutljivih skupinah prebivalcev", ki ga financira Evropska skupnost. Glavni namen te raziskave je izboljšati integralno oceno tveganja za poslabšanje zdravja pri otrocih v šolskem obdobju zaradi dolgotrajne izpostavljenosti škodljivim kovinam (Hg, Pb, Cd) v medsebojnem delovanju z varovalnimi-zaščitnimi snovmi v prehrani.

Po predhodni privolitvi staršev in otrok so bili v raziskavo vključeni otroci treh slovenskih osnovnih šol (OŠ), med katerimi so bili tudi otroci iz OŠ Idrija. Vzorčenje krvi, urina in las smo v Idriji opravili leta 2007 pri 66 otrocih v sodelovanju s šolskim dispanzerjem ZD Idrija. Analize odvzetih vzorcev so bile opravljene na KIKKB KC in na IJS.

Glede na to, da za slovensko osnovnošolsko populacijo otrok nimamo podatkov o vsebnosti celokupnega živega srebra v krvi, smo iz vrednosti živega srebra v krvi otrok, ki živijo na podeželju, v raziskavi izračunali začasno referenčno vrednost, ki dosega 2,2 µg Hg/L. To referenčno vrednost prekoračuje 4,6 % pregledanih otrok iz prve OŠ, 6,8 % pregledanih otrok iz druge OŠ ter 14 % pregledanih otrok iz OŠ Idrija. Referenčno vrednost 1,5 µg Hg/L, ki velja za nemško populacijo otrok (Wilhelm et al., 2006) v starosti od 6 do 12 let, ki se prehranjujejo z ribami tudi več kot 3-krat mesečno, pa prekoračuje več kot 17 % otrok v Idriji. Pri otrocih iz OŠ Idrija, ki prekoračujejo referenčne vrednosti, ni ugotoviti neposredne povezave med vsebnostjo celokupnega Hg v krvi in številom zobnih amalgamskih plomb, ki lahko predstavljajo dodaten vir kopičenja Hg v telesu, niti s številom mesečnih obrokov rib v prehrani. Zaradi relativno nizke izpostavljenosti Hg pri tej podskupini otrok ni bilo ugotoviti motenj v delovanju ledvic niti znižanja biološke razpoložljivosti varovalnega elementa Se, kar se sicer običajno pojavi le pri povečani izpostavljenosti Hg. Analize vzorcev krvi pri otrocih iz OŠ Idrija so pokazale, da je vsebnost kadmija in svinca primerljiva z

otroki v ostalih dveh OŠ in da je v mejah referenčnih – mejnih vrednosti, značilnih za populacijo otrok, ki ne živijo na industrijsko obremenjenem območju. Dosedanji delni rezultati vsebnosti Hg v krvi pri nekaterih otrocih sicer presegajo referenčne vrednosti, vendar ne dosega tiste vrednosti, ki je pri otrocih označena kot mejna vrednost celokupnega Hg v krvi 5,8 µg/L, značilni za izpostavljenost metil-Hg (UNEP, 2002).

Očitno je, da je že samo prenehanje delovanja rudnika radikalno vplivalo na znižanje vsebnosti Hg⁰ v zraku. Kljub zelo spodbudnim preliminarim rezultatom biološkega nadzora izpostavljenosti otrok Hg pa vendar ti rezultati nakazujejo, da zlasti povrtine z onesnaženih vrtov in ribe iz Idrije – pod mestom potencialno lahko vplivajo na večji privzem Hg pri delu opazovanih otrok iz OŠ Idrija (večji delež prekoračevanja referenčnih vrednosti), če jih primerjamo z ostalimi območji v Sloveniji in omenjenimi območji v Nemčiji. To pa seveda ni povsem nepomembno za občutljivejšo skupino otrok (otroci z določenimi imunskimi in nevrološkimi motnjami).

Zaključki in predlogi

Spoznania iz 16., 17., 18. in 19. stoletja jasno kažejo, da rudarjenje in obremenitev okolja s Hg ni vplivala le na zdravje rudarjev in delavcev v žgalnici, temveč tudi na prebivalce v Idriji. Socialne in higienske razmere ter tedanja spoznanja v medicini in razvitost zdravstvenega varstva na področju medicine dela in javnega zdravstva so pomembno vplivali na obolenje rudarjev in prebivalcev v Idriji. V skladu s sedanjimi

spoznanji o nepoklicni izpostavljenosti ljudi Hg (WHO, 2003) lahko v večji meri pritrdimo omenjenim ugotovitvam iz preteklih stoletij, da je tedanja obremenjenost bivalnega in širšega okolja zaradi delovanja rudnika, prav gotovo pomembno vplivala na zdravje žena in otrok rudarjev v Idriji.

Opravljene epidemiološke študije iz obdobja po drugi svetovni vojni podpirajo domnevo, da je delovanje rudnika zaradi različnih škodljivih dejavnikov povečevalo tveganje zbolevanja za nekaterimi raki pri prebivalcih v Idriji. Znižanje vsebnosti Hg v krvi pri nosečnicah in otrocih v obdobju po prenehanju delovanja RŽS Idrija pa nakazuje pomembno zmanjšanje tveganja za vplive Hg. Glede na še prisotno obremenjenost tal – zemlje in rečnih sedimentov reke Idrije s Hg nosečnicam in otrokom priporočamo, naj ne uživajo rib iz spodnjega toka reke Idrije ter nekaterih povrtin, pridelanih na domačih vrtovih (zlasti petersilja, zelja, radiča, korenja, čebule in krompirja), ki so v bližini bivše rudniške topilnice in prezračevalnih jamskih – rudniških jaškov. Zaradi povišane vsebnosti metil-Hg v ribah z omenjenega področja naj bi starši otrok in nosečnice upoštevali priporočila ameriške agencije za varstvo okolja (US EPA, 2001) glede vnosa metil-Hg z ribami 0,1 µg/kg telesne teže dnevno, ki sicer velja za varovanje otroka med nosečnostjo. Stavbe, ki so zgrajene na nasutju primarnih žgalniških ostankov skonca skrilavca, pa so še vedno vir izpostavljenosti radonu in njegovim kratkoživim potomcem. Glede na rezultate nekaterih študij (ICRP-50, 1987), da otroci pri enaki dozi tvegajo večjo škodo kot odrasli, bi morali brez odlašanja nadaljevati

z ukrepi, podobnimi sanacijskim ukrepom, ki so bili podvzeti pri otroškem vrtcu v Arkovi ulici. Na odpravo teh posledic rudarjenja smo že večkrat opozarjali, prvič že pred 16 leti ob objavi rezultatov meritev radona (Križman s sod., 1993) in kasneje tudi v Idrijskih razgledih (1995, XL, 13–21; 2005, L1, 8–10), zato je pričakovati, da bodo vendarle opredeljene vse kritične skupine prebivalcev ter podvzeti vsi takojšnji in tudi dolgoročni sanacijski ukrepi, ki jih je v skladu z zakonom dolžan opraviti - financirati lastnik rudnika.

Če povzamem številna poročila, zlasti poročila zdravnikov, ki so obiskali ali delovali v rudniku Idrija, je razvidno, da je rudarjenje in Hg v celotnem 500-letnem obdobju vseskozi močno vplivalo na zdravje in življenje rudarjev in tudi prebivalcev, ki so živeli v Idriji. Paracelsus je vsekakor imel prav, ko je ugotavljal »kako zelo je zaklad iz Idrije postal strup za Idrijčane«. Prizadevanja rudniških zdravnikov, zlasti J. A. Scpolija, B. Hacqueta, L. Gerbca in mnogih drugih, ki jih je predstavil J. Pfeifer v svoji knjigi (1989), prizadevanja I. Hribernika ter moje in mojih sodelavcev 40-letno delo na področju varovanja zdravja rudarjev so bila sicer večkrat v opreki s tedanjimi gospodarji rudnika, kljub vsemu pa so ta prizadevanja pomembno vplivala na ohranjanje zdravja rudarjev in prebivalcev. Pri tem je seveda potrebno omeniti tudi delo vseh tistih raziskovalcev in tistih delavcev pri rudniku, ki so si prizadevali izboljšati delovne pogoje v jami in topilnici ter zmanjšati onesnaževanje okolja na vplivnem območju rudnika.

Kaj ukreniti ob predstavljenih dejstvih, bi se morali vprašati že včeraj in ne šele

jutri. Rezultati opravljenih raziskav nas opozarjajo, da je rudarjenje spremljalo povečano obremenjevanje okolja zlasti s Hg in deloma tudi z ionizirnim sevanjem, ki še danes predstavlja potencialno nevarnost za poslabšanje zdravja občutljivih skupin prebivalcev. Glede na te ugotovitve je vsekakor pričakovati, da bo Občina sprejela ustrezen dolgoročni program spremljave kritičnih škodljivosti in program sanacije okolja ter opozorila državo, da ni dovolj, da rudnik zapremo le v skladu z rudarskimi predpisi, temveč je potrebno storiti še kaj več, da bi izboljšali varovanje zdravja prebivalcev v Idriji.

Literatura:

- **Axelson O, Flodin U.** 1989. Radon and leukaemia. *Lancet*, 673-4.
- **Baaz, J.** 1886. Beobachtungen über die beim Quecksilberwerke Idria Vorkommenden Erkrankungen an Mercurialismus. *Wienermedicinische Presse*. Band/heft 24.
- **Boffetta, P., Garcia-Gomez, M., Pompe-Kirn, V., Merler, E., Zarizze, D., Bellander, T., Bulbulyan, M., Caballero, J. D., Ceccarelli, F., Colin, D., Dizdarević, T., Español, S., Kobal, A., Petrova, N., Sällsten, G., Merler, E.** 1998. Cancer occurrence among European mercury miners. *Cancer Causes Control* 9: 591-599.
- **Čar, J.** 1996. Orudene kamnine in žgalniški ostanki v idrijskem okolju. V: Idrija kot naravni in antropogeni laboratorij. Zbornik predavanj, maj 1996, Idrija Slovenija; pp. 8-14.
- **Falnoga, I., Tušek-Žnidarič, M., Horvat, M., Stegnar, P.** 2000. Mercury, selenium and cadmium in human autopsy samples from Idrija residents and mercury mine workers. *Environ Res* 84: 211-218.
- **Glesinger, L.** 1950. Opis otrovanja živom kod rudara u Idriji iz 16. stoljeća. *Arhiv hig. Rada* 1:142-147.
- **Gnamuš, A.** 2002. Živo srebro v kopenski prehranbeni verigi – Indikatorski organizmi, privzem in kopičenje. Institut Jožef Stefan, Ljubljana, 2002.
- **Gosar, M.** 2004. Mechanism of mercury dispersion in the Idrija mercury mine surroundings through history. *RMZ-Mater Goenviron*, p. 93-96.
- **Gronlund, R., Edner, H., Svanberg, S., Kotnik, J., Horvat, M.** 2004. Lidar measurements of mercury emissions from the Idrija mercury mine. *RMZ-Mater. Goenviron*. 511581-1584.
- **Garland, M., Moris, J. S., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Spate, V. L., Baskett, C. K., Rosner, B., Speizer, F. E., Willett, W. C. and Hunter, D. J.** 1995. Prospective study of toenail selenium levels and cancer among women. *J. Natl. Cancer inst* 87:497-505.
- **Hammerschied, J.** 1873. Die Sanitäre Verhältnisse und die Berufskrankheiten der Arbeiter. Wien, 1873.
- **Henshaw, D. L., Eatough, J. P., Richardson, R. B.** 1990. Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers *Lancet* 335:1008-12.
- **Hess, A.** 1993. Verteilung, Mobilität und Verfügbarkeit von Hg in Boden und Seiment am Beispiele zweier hochbelasteter Industriestorte. *Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen*, Band 71, Heidelberg.
- **Hribernik, I.** 1950. Naša opazovanja o profesionalnem zastrupljanju z živim srebrom v Idriji (1946-1950). *Arh Hig Rada* 1: 291-299.
- **Horvat, M., Toman, M. J., Stergarsek, J., Kotnik, J.,**

- **Fajon, V., Gibicar, D.** 2004. Mercury and selenium in fish species in the Idrija river polluted due to past mercury mining. *RMZ-mater.geoenviron.* 51:1073-1077.
- **Hursh, J. B., Clarkson, T., Cherian, M. G., Vostal, J., Mallie, V.** 1976. Clearance of mercury (Hg-197, Hg-203) vapour inhaled by human subjects. *Arch Environ Health* 31: 302-309.
- **Jereb, V., Fainoga, I., Milačič, R., Stibilj, V., Horvat, M.** 2004. Hg and Se, Cd, Pb, in foodstuffs and Soil Selected Individual Gardens Near Hg Mining Area. *RMZ-mater. geoenviron.* 51:114.
- **Kavčič, I.** 2008. Živo srebro: zgodovina idrijskega žgalništva. Založba Bogataj, Idrija.
- **Kobal, A. B.** 1969. Zdravstveno varstvo in zdravje prebivalstva v Občini Idrija leta 1966 in 1967. NZD, Zdravstveni okoliš Idrija, Poročilo 02/19-1.
- **Kobal, A. B.** 1974. Problematika hydrargirizma pri RŽS Idrija v zadnjih desetih letih. Poročilo Obratne ambulante RŽS Idrija.
- **Kobal, A. B.** 1990. Varstvo pri delu in zdravstveno varstvo delavcev izpostavljenih slikogenemu prahu in živemu srebru v Rudniku Idrija po letu 1945. V: Zbornik Radova, VII. Jugoslovski simpozijum o podzemnoj eksploataciji, Rudarstvo juče, danas, sutra. Bled – Idrija 29.5. -1.6. 1990. p 44-52.
- **Kobal, A. B.** 1991. Occupational exposure to elemental mercury and its influence on mercury in blood, erythrocytes, plasma, exhaled breath and urine, and catalase activity in erythrocytes [summary in English]. PhD Thesis, Ljubljana, St. Faculty of medicine, University of Ljubljana.
- **Kobal, A.B., Nanut, E., Stegnar, P., Horvat, M.** 1992. Ocena vsebnosti živega srebra v zraku in pitni vodi v Idriji. *Delo in varnost*, 5: 243-244.
- **Kobal, A.B., Horvat, M., Prezelj, M., Krsnik, M., Kobal Grum, D., Osredkar, J., et al.** 2004. The impact of long-term past exposure to elemental mercury on antioxidative capacity and lipid peroxidation in mercury miners. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 17, 261-274.
- **Kosta, L., Byrne, A. R., Zelenko, V., Stegnar, P., Ravnik, M., Dermelj, M.** 1974. Studies on uptake, distribution and transformations of mercury in living organisms in Idrija region and comparative areas. *Vestn.Slov. Kem. Drus* 21: 49-76.
- **Kotnik, J., Dizdarevič, T., Horvat, M.** 2004. Current and past Mercury Distribution in Air over Idrija Region. *RMZ-Mater Goenviron.* p 119-124.
- **Križman, M., Miklavčič, V., Konda, D., Stegnar, P.** 1993. Radioactivity in Idrija and Population Radiation Exposure as the consequence of Mercuri O Mining. Report of Jozef Stefan Institute DP-6711/93, Ljubljana, February 1993 in Slovene.
- **Lesky, E.** 1956. Arbeitsmedizin im 18. Jahrhundert: Werkarzt und Arbeiter im Quecksilberbergwerk Idria [in German]. Wien: Verlag des Notrines der wissenschaftlichen Verbände Österreichs.
- **Lavrič, J. V., Spangenberg, J. E.** 2004. The Idrija mercury deposit-a natural source of the priority pollutants mercury and PAH. *RMZ-Mater Goenviron.* p 125.
- **McConnell, K. P., Jager, R. M., Bland, K. I., Bloctcky, A. J.** 1980. The relationship of dietary selenium and breast cancer. *J Surg Oncol* 15: 67-70.
- **Miklavčič, V.** 1999. Študija obremenjenosti okolja z živim srebrno na primeru Idrije ter
- priprava osnov in usmeritev za izdelavo sanacijskih programov v območju obremenjenosti s težkimi kovinami. Končno poročilo, RŽS Idrija, Pogodba št.2521-99-020022.
- **Mlakar, I.** 1974. Osnovni parametri proizvodnje Rudnika Idrija skozi stoletja. Idrijski razgledi 19: 75-114.
- **Pfeifer, J.** 1989. Zgodovina idrijskega zdravstva. Mestni muzej Idrija.
- **Pintar, I.** 1954. Johannes Antonius Scopoli in njegovo prizadevanje za obratno higijeno. *Arh Hig Rada* 5: 309-320.
- **Scopoli, J. A.** 1771. De hydrorgyro Idriensi Tentamina Physico-Chymico-Medica, I. De Minera Hydrargyri, III. De Vitrioli Idriensi, III. De Morbis Fossorum Hydrargyri. 2nd ed. Janae et Lepslae, Joann Guil Hartung.
- **Scopoli, J. A.** 1784. Anfangsgrunde der Metallurgie. Mannheim.
- **Stegnar, P., Byrne, A. R., Kosta, L.** 1973. Mercury uptake and its distribution on the organs of experimental rabbits. *Biol Vestn* 21: 29-38.
- **Teley, L.** 1912. Die gewerbliche Quecksilbervergiftungen. Polytechnische Buchhandlung, A Seydel, Berlin 1912.
- **US EPA.** 2004. Demonstration of low cost, low burden, exposure monitoring strategies for use in longitudinal cohort studies. EPA/600/R-04/109. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency.
- **United Nations Environment Program - UNEP.** 2002. Report of the global mercury assessment working group on work of its first meeting Geneva, Switzerland.
- **Wilhelm, M., Schulz, C., Schwenk, M.** 2006. Revised and new reference values for arsenic, cadmium, lead, and mercury in blood or urine of children: basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. *Int. J. of Hyg. and Environ-Health*, 209: 301-305.
- **Valvasor, J. W.** 1689. Die Ehre des Herzogtums Crain, Laybach.
- **Verbič, M.** 1965. Rudnik živega srebra v Idriji do konca 16. stoletja, inavg. disertacija,
- Ljubljana, 1965.
- **Vinceti, M., Rovesti, S., Gabrielli, C., Marchesi, C., Bergomi, B., Martini, M. and Vivoli, G.** 1995. Cancer mortality in a residential cohort exposed to environmental selenium through drinking water *J Clin Epidemiol* 48: 1091-97.
- **WHO.** 1990. Methylmercury. Environmental health criteria, 101. Geneva: World Health Organization.
- **WHO.** 1991. Environmental Health Criteria 118, Inorganic mercury. Geneva: World Health Organization.
- **WHO.** 2003. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human health aspects. Concise international chemical assessment document 50. Geneva: World Health Organization.
- **Wilhelm, M., Schulz, C., Schwenk, M.** 2006. Revised and new reference values for arsenic, cadmium, lead, and mercury in blood or urine of children: basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. *Int. J. of Hyg. and Environ-Health*, 209:301-305.

Ostala literatura je na voljo pri avtorju članka.

Abstract

INFLUENCE OF MERCURY MINING ON THE INHABITANTS OF IDRJA: A MEDICAL OVERVIEW OF RESEARCH ACTIVITIES AFTER THE SECOND WORLD WAR

In the impacted area of the mine's operation, 500 years (1490-1995) of exploitation and extraction of mercury (Hg) strongly burdened the environment and inhabitants living in the town and nearby surroundings. The investigations of the environment conducted in the impacted area of the mine over the past 40 years by numerous researchers of the Jožef Stefan Institute (JSI) and other institutions have shown highly increased Hg concentrations in the ground, water, air, flora and fauna. Part of the smelting residues of Skonca shale deposited in the Idrija town area also contain high concentrations of radioactive elements (U-238, Ra-232), which is causing increased exposure to radon and its short-lived progeny for those inhabitants living in houses built on these smelting residues.

Some well-known physicians and other individuals who visited Idrija in 16th and 17th centuries gave impressive descriptions of Hg effects on the health of miners and smelters. The physicians who operated in Idrija in 18th and 19th centuries, such as J.A. Scopoli, Balthasar Hacquet, Ludvik Gerbec, and many others, carried out intensive studies of the influence of Hg on the health of miners and workers in the smelter. Today, we can confirm that many of their descriptions of symptoms and signs of mercurialism have proved to be of great help in understanding the impacts of Hg, not only on miners and smelters, but also on inhabitants in the 17th, 18th and 19th centuries.

Autoptic studies conducted in cooperation with JSI have shown that Hg concentrations in individual body organs of persons who lived in the Idrija area are 4 to 30 times higher than in persons who did not live in this area. The Hg load on women and children during pregnancy was also increased in the period of the mine's operation. Despite the above-mentioned findings, there were no plans whatsoever at that time to monitor the health of vulnerable groups of the population, either for exposure to Hg or ionising radiation. In the past 10 years, only a certain number of specific studies involving the inhabitants of the Idrija area were conducted. In a retrospective study (covering a 40-year period) conducted jointly with the Institute of Oncology – Cancer Register, males in the Idrija area had a higher incidence rate for all cancers combined, lung cancer and urinary bladder cancer than males from other parts of the municipality. Females in this area also had a higher incidence rate for all cancers combined, oral cancer, lung cancer and urinary bladder cancer than males from other parts of the municipality. Females in this area also had a higher incidence rate for all cancers combined, gallbladder cancer and breast cancer; the last mentioned has been declining in the past 20 years. Following the termination of the mine's operation after 1995, lower Hg blood and urine values were

found in a small group of pregnant women, which was in accordance with Hg concentrations in air, but not with other environmental systems. Within the scope of the PHIME programme, we evaluated the current level of Hg exposure in children attending elementary school in Idrija. Although the calculated reference values of children from Idrija exceed the average reference values obtained in children from other parts of Slovenia, they nevertheless do not attain those values where detectable impacts of Hg can be expected.

The studies performed support the assumption that the mine's operation increased the risk of certain types of cancer in the inhabitants of Idrija. The lower Hg concentrations in the blood and urine of pregnant women and children point to the reduced risk of Hg impacts. Owing to the possibility of increased Hg intake with food, we proposed that pregnant women and children refrain from consuming vegetables from domestic gardens lying in contaminated areas, and that they refrain from consuming fish with increased methyl-Hg content from the Idrijca River. Fundamental rehabilitation measures for the prevention of further exposure to radon and its short-lived progeny in buildings standing on smelting residues with increased radionuclide content were presented to the public and to the Municipality of Idrija.

To summarize the numerous reports, in particular the reports of physicians who visited or worked in the Idrija Mine, such as J. A. Scopoli, Balthasar Hacquet, Ludvik Gerbec and others, as well as Ivan Hribernik, a physician who worked in Idrija after the Second World War, and the results of our research, it is evident that throughout the entire 500-year period of the mine's operation, mining activities had a permanent, strong impact on the health and lives of miners and the population.

Janez Šumrada

SLOVENSKI PREVOD HACQUETOVE SPOMENICE PARIŠKI KRALJEVI MEDICINSKI DRUŽBI O POKLICNIH BOLEZNIH IDRIJSKIH RUDARJEV

O bjavljen je slovenski prevod v rokopisu ohranjene razprave v francoščini o poklicnih boleznih v rudniku živega srebra v Idriji, ki jo je Hacquet leta 1784 predložil *Société Royale de Médecine* v Parizu (danes jo hrani *Bibliothèque de l'Académie Nationale de Médecine, Paris*). Opozarjamo tudi, da se je v arhivu nekdanje pariške *Académie Royale de Chirurgie* ohranilo Hacquetovo krajše besedilo z naslovom »*Remarque sur l'imperforation de l'anus*«, ki je nastalo okrog leta 1767 in je po vsebini verjetno sorodno z njegovo prvo natisnjeno znanstveno razpravo, izšlo 1767 v latinskem jeziku v Benetkah.

UVOD

Hacquet v svoji avtobiografiji pripoveduje, da je leta 1784 odpotoval ponovno obiskat svojo domovino Francijo, kjer da je v Parizu med ostalim Kraljevi medicinski družbi predstavil spomenico o boleznih rudarjev živosrebrnega rudnika v Idriji: »*La même année [1784, J.Š.] je fut revoir ma patrie, je presentat a paris un memoir à la société royale de medecine, sur le traitement*

du maladie des mineurs de la mine de mercure d'hydria ...« (Hartig 1908: 29; Jakob 1930: 231; vse ortografske napake so Hacquetove).

V knjižnici francoske Nacionalne medicinske akademije v Parizu (*Bibliothèque de l'Académie Nationale de Médecine Paris – BANMP*) hranijo ostanke arhiva pred francosko revolucijo delujoče znanstvene družbe za medicino, ki se je imenovala Kraljeva medicinska družba (*Société Royale de Médecine – SRM*), tam pa je dejansko ohranjena rokopisna medicinska razprava z naslovom »*Mémoire sur les maladies occasionnée[s] par le travail de la mine de mercure d'Hydria. Par M. Hacquet, professeur salubre, Hôtel des Victoires, près la Place des Victoires*« (*BANMP, Fonds SRM 146, dossier 6, 28 pp; rokopis iz 1784*).

ROKOPIS SPOMENICE O POKLICNIH BOLEZNIH IDRIJSKIH RUDARJEV

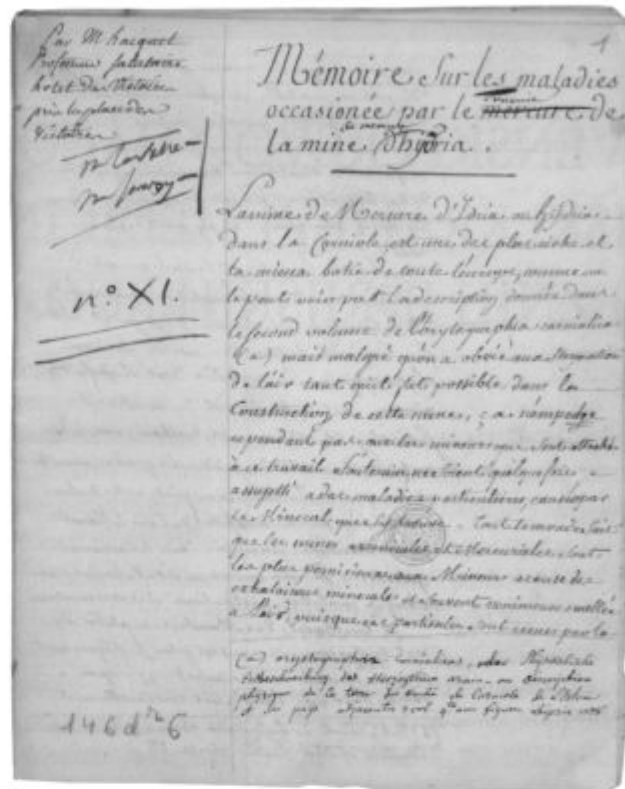
Iz rokopisa samega izhaja, da je bil Hacquet leta 1784 resnično v Parizu, kot navaja v svojem življenjepis, in je rokopis morda celo osebno izročil v SRM. Nekdo, ki je bil spomenico prevzel v družbinem imenu,

je namreč na njen prvi list zapisal, da je avtor »sanitarni profesor g. Hacquet«, ki da stanuje v hotelu z imenom »*Hôtel des Victoires*« v bližini trga, ki se še danes imenuje »*Place des Victoires*« (ta leži na meji med sedanjima 1. in 2. pariškim okrožjem tik ob glavnem sedežu *Banque de France*). Zanimivo se zdi, da najdemo nekaj korakov stran v tem okolišu, na št. 19 v ulici *Hérolde*, še danes hotel z istim imenom, za katerega se sicer ve, da ima dolgoletno tradicijo, vendar pa nihče ne zna povedati, ali je neposreden dedič soimenjaka izpred francoske revolucije, v katerem je leta 1784 bival Hacquet).

Rokopisa ni napisal Hacquet sam, temveč nekdo drug, ki je znal latinsko, ne pa nemško, in mu je Hacquet, negotov zaradi svojega pomanjkljivega znanja francoščine (Šumrada 2000: 12–13), besedilo bodisi prosto pripovedoval ali celo narekoval, zapisovalec pa je moral hkrati opravljati jezikovno redakcijo teksta. Hacquet je rokopis pred oddajo pregledal še sam, dodal s svojo roko opombi (a) in (d) z naslovi del v nemščini, ponekod pa je v besedilo lastnoročno vnesel posamične popravke. Tudi iz teh je razvidno



Balthasar Hacquet (1739-1815)



Naslovna stran spomenice, ki jo hrani knjižnica Nacionalne medicinske akademije v Parizu

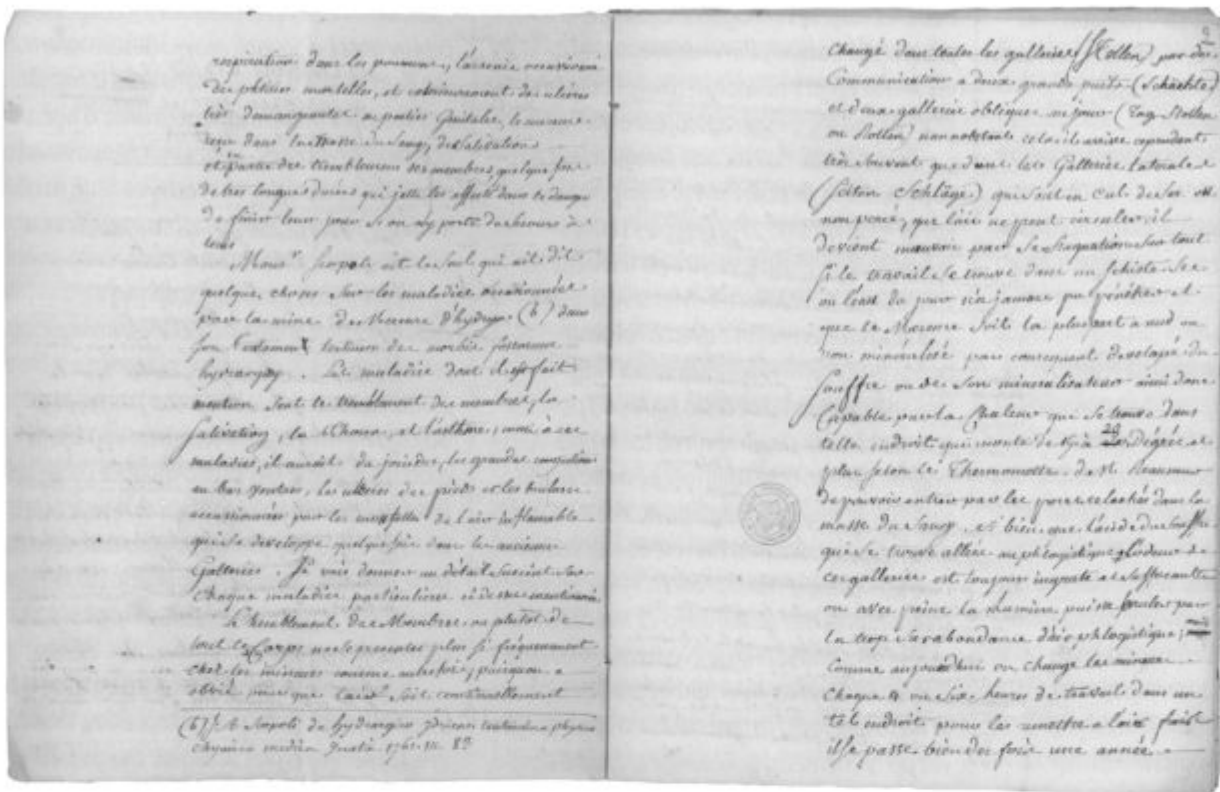
njegovo rudimentarno znanje francoščine, npr. ko zapiše »sen« namesto »sans« (pp. 2v) ali pa tedaj, ko je popravil pravilno zapisano besedo »gateaux« v »gattaux« (p. 5v).

Svojo obsežno spomenico, ki je – do neke mere polemična – nadgradnja Scopolijevega opisa zastrupitev z živim srebrom pri idrijskih rudarjih iz leta 1761 (Lesky 1956; Pfeifer 1989; Pfeifer 1989–90; Pfeifer 1991a; Pfeifer 1991b; Pfeifer 1993; Zupanič - Slavec 1998), je Hacquet več kot verjetno izročil SRM z željo, da bi mu jo objavili. V glasilu SRM, ki je z

letnicama 1776–1789 izšlo v Parizu v desetih zvezkih pod naslovom »Histoire de la Société Royale de Médecine«, Hacquetova razprava vendarle ni bila natisnjena, čeprav je družba sicer pisno pozivala zdravnike in kirurge, naj ji pošiljajo v objavo svoja znanstvena dela (gl. poziv v: Histoire 1784–1785 (1788): 20). O tekstu v družbinem glasilu pravzaprav ni nikakršnih sledov, čeprav je bilo v SRM v navadi, da so o prejetih znanstvenih delih poročali oz. jih navajali z naslovom, imenom avtorja in kratkim opisom vsebine (Mémoires

de médecine et de physique médicale, tirés des registres de la Société Royale de Médecine, années 1784 & 1785, Histoire 1784–1785 (1788): 391 ff.; podobno Histoire 1786 (1790)).

Tako v glasilu SRM o Hacquetovih stikih z družbo ni nobenih sledov. Neki Hécquet, ki je bil aprila 1786 izvoljen za dopisnega člana SRM in ga v tej zvezi najdemo v Histoire (1784–1785 (1788): 22–23), ni v nikakršni zvezi s profesorjem na ljubljanskem liceju, saj je bil zaposlen kot chirurgien-major v



Iz francoskega rokopisa spomenice

bolnišnici v francoskem mestu Dunkerque. Podobno velja za družbinega člana z imenom dr. Clément Hécquet (1704–1784), ki je izhajal iz znane zdravniške družine in bil tudi sam zdravnik v mestu Abbeville (Histoire 1784–1785 (1788): 48–57).

Hacquetova razprava o poklicnih boleznih rudarjev živosrebrnega rudnika v Idriji se skupaj s skoraj četrt stoletja starejšim Scopolijevim besedilom o isti problematiki uvršča med najstarejša evropska znanstvena besedila s področja medicine dela, posebne

medicinske veje, ki se pričinja razvijati prav v 18. stoletju (Valentin 1978: 77–116; Lesky 1956; Pfeifer 1991a; Pfeifer 1993; Zupanič - Slavec 1997; Zupanič - Slavec 1998). Za presojo mesta Hacquetove spomenice v zgodnjem razvoju medicine dela v širših evropskih okvirih in na naših tleh seveda nisem kompetenten, to je naloga zgodovinarjev medicine, ki pa se bodo mogli pri svojem delu opreti na v tej razpravi objavljen kritični prepis besedila spomenice.

SLOVENSKI PREVOD

Spomenico smo doslej poznali le iz Hacquetove avtobiografije (Hartig 1908; Jakob 1930), po njej jo deloma navaja tudi literatura. Tako je naša kritična objava francosko pisanega izvirnika spomenice v reviji Hacquetia (Šumrada 2003) sploh prva, na njeni podlagi pa je nastal pričujoči slovenski prevod, ki ga je pripravila gospa Mojka Žbona, obenem pa prispevala nekatera dragocena vsebinska pojasnila (opombe od 1 do 5, na koncu prevoda).

Posegi izdajatelja besedila so v [oglatih oklepajih] v opombah a–d, ki so sicer sestavni del izvirnega francoskega rokopisa.

Spomenica o boleznih, ki jih povzroča delo v rudniku živega srebra v Idriji

Napisal gospod Hacquet, sanitarni profesor, stanujoč v »Hôtel des Victoires« v bližini trga Place des Victoires.

Rudnik živega srebra v Idriji ali Hÿdrii na Kranjskem je eden najbogatejših in najbolj zgrajenih v vsej Evropi, kot lahko vidimo iz opisa, podanega v drugem zvezku dela *Oryctographia Carniolica* (a); toda čeprav je bila nadležna negibnost zraka pri gradnji tega rudnika odpravljena, kolikor se je le dalo, to ni preprečilo, da rudarji, ki opravljajo podzemno delo, včasih ne bi bili podvrženi posebnim boleznim, ki jih povzroča rudnina, ki se tu nahaja. Vsakdo ve, da so rudniki arzena in živega srebra za rudarje najnevarnejši zaradi mineralnih izhlapih, ki so pomešane z zrakom pogosto strupene, in ker ti delci z dihanjem pridejo v pljuča, arzen povzroča smrtno sušico, zunaj pa razjede, ki so zelo srbeče v predelih genitalij; živo srebro pa, ki pride v kri, povzroča slinjenje in delno tresenje udov, ki včasih traja tako dolgo, da spravi prizadete v življenjsko nevarnost, če jim pravočasno ne nudimo pomoči.

Gospod Scopoli je o boleznih, ki jih povzroča rudnik živega srebra v Hydriji, edini spregovoril (b), in sicer v delu *Tentamen tertium de morbis fossorum hydrargiry*. Bolezni, ki jih omenja, so tresenje udov, slinjenje, kašelj, astma; toda tem boleznim bi moral dodati hude kongestije v spodnjem delu

trebuha, razjede na nogah in opekline, ki jih povzročajo dušljivi plini vnetljivega zraka,¹ ki se včasih razvijejo v nekdanjih rovih. Podal bom kratko poročilo o vsaki zgoraj omenjeni bolezni.

Tresenje udov ali točneje celega telesa se pri rudarjih ne pojavlja več tako pogosto kot nekdaj, ker smo to preprečili s stalnim menjavanjem zraka v vseh rovih (Hollen), zahvaljujoč povezavam z dvema velikima jaškoma (Schächte) in z dvema rovoma, poševno obrnjenima proti svetlobi (Tag-Hollen). Kljub temu se često zgodi, da postane zrak v stranskih slepih rovih ali takih brez odprtin (Seiten Schläge), kjer ne more krožiti, slab zaradi nadležne negibnosti, zlasti ko delo poteka v suhem skrilavcu, kamor voda s površja ni mogla nikoli prodreti in kjer je živo srebro največkrat samorodno ali neorudeno in se je posledično razvilo iz žvepla ali njegovega mineralizatorja ter tako lahko zaradi toplote, ki se na takem kraju dvigne na 15 do 20 stopinj in več po termometru g. Réaumura, prodre skozi razrahljane pore v krvni obtok tako kot žveplov dvokis, ki se spoji s flogistonom.² Vonj v teh rovih, kjer svetloba komaj lahko kroži zaradi preobilice flogistonskega zraka, je neprijeten in zadušljiv; toda ker danes rudarje po 4 ali 6 urah dela v takem predelu zamenjajo in jih potem preselijo na svež zrak, se pogosto zgodi, da mine tudi celo leto, ne da bi kogar koli napadlo tresenje udov ali slinjenje.

Zamenjava rudarjev po 4 ali 6 urah dela pod zemljo je bila v preteklosti še mnogo potrebnejša kot danes, zato so v 16. in 17. stoletju, ko je bil v tem rudniku en sam jašek in rovi niso bili povezani, te uboge ljudi prizadevale zgoraj omenjene bolezni in je to, kar o nezdravosti dotičnega rudnika piše Pope v

Transactions philosophiques (c), čista resnica, čeprav gospod Scopoli pravi: »falsum etiam est illud relatum, et ejusdem actis insertum fuit fessores nempe Idrienses ultra 6 horas operari non posse«. Toda avtor ni upošteval, v kakšnem položaju je bil rudnik v tistih časih, kroženje zraka ni bilo zadostno in nikjer se ni bilo mogoče zadrževati dalj časa.

Ker je v času gospoda Scopolija delo rudarjev, kot je v navadi še danes, trajalo 8 ur, je verjetno mislil, da pri tem ni zamenjav. Toda zaradi nezdravosti je bilo treba zmeraj iti preko običajnih pravil in tako sem videl 100 klafter globoke predele, kjer ni bilo mogoče ostati več kot 4 ure zaradi stoječega zraka, ki se je tam nahajal, da je vdihavanje postalo tako težavno, da je bilo treba to delo popolnoma opustiti, razen če se je tja privedel Luft ali naprava za dovajanje svežega zraka.

Vendar danes ni več jamsko delo tisto, ki bi v veliki meri povzročalo tresenje udov, temveč prej ravnanje pri prečiščevanju živega srebra iz rudnika in pridobivanju cinobra, s katerim so nedavno ponovno začeli, potem ko so ga bili opustili za več kot sto let; toda glavni razlog za tolikšne izgube v proizvodnji je slaba konstrukcija zgradbe, v kateri se ga pridobiva.

Tu bi bilo nujno upoštevati pametne nasvete, ki jih je dal gospod Le Roi v svoji spomenici o tem, kako je treba postopati pri prečiščevanju zraka v bolnicah, da bi z osveženim zrakom odganjali rudni prah, ki se stalno razvija v času manipulacije. Toda na to se sploh ne misli in tudi če bi človek hotel dati ta pameten nasvet, ni nobenega upanja, saj ga celo tako razsvetljen narod, kot je francoski, ni upošteval, kar zadeva Hôtel Dieu, še toliko manj bi ga torej narod, ki komaj začinja životariti

v znanostih po revoluciji, ki jo je izvedel veliki reformator Jožef II.

Diagnostični simptomi ali znaki, ki se pokažejo pri rudarjih, obolelih za tresenjem udov, so vsesplošna utrujenost, izguba teka, obložen jezik z neprijetnim zadahom iz ust, kar včasih spremlja nevrastenično bruhanje, bledica, šibek začetni pulz, ki se postopoma normalizira; poviša pa se, ko se začnejo krči udov, ki se vsak dan stopnjujejo, tako da bolnik ne more več nositi v usta ne hrane ne pijače in ga morajo hraniti drugi.

Čeprav je tresenje stalno, so trenutki, ko je silovitejše z močnim srčnim utripom; pogosto sem videl svoje bolnike, ki jih je tako zgrabilo, da je bilo potrebnih več ljudi, da bi jih lahko zadržali, če smo želeli, da jih ne bi vrglo na tla, kot se zgodi epileptikom; več kot enkrat sem poskušal leči z vso težo svojega telesa na prsi enega od teh ubogih prizadetih, ko se je nahajal v postelji in vendar ni bil sposoben preprečiti dvigov telesa za čevelj visoko. Pri podobnem tresenju bolniku zelo pomaga, če ga krepak moški zgrabi okrog telesa in ga, kolikor je le mogoče, močno pritisne na svoje prsi.

Vpliv živčnega soka mora biti v takem trenutku gotovo zelo velik, da lahko vse mišice telesa spravi v takšen krč, vendar nikakor ni verjeti, da bi to močno iritacijo povzročilo samo živo srebro, temveč prej žveplov dvokis, ki ga spremlja; prav nikoli namreč nisem videl tako hudih simptomov samo zaradi dajanja živega srebra, zaradi prevelike odmerjene količine pa bolniki pogosto delno izgubijo zobe ali postanejo ti vsaj majavi; te nezgode pa nikoli nisem videl pri tistih z zelo hudim tresenjem, razen če ga je spremljalo slinjenje, kar pa se zgodi izredno redko; gotovo je, da

če pomislimo na naravo žveplove kisline ali vitriola,³ ne moremo domnevati, da bi to solno telo lahko povzročilo take simptome, ampak je verjetno to prej živo srebro samo ali neko drugo neznano telo, ki ga kemija do danes še ni odkrila v rudnini, ki se pridobiva v tem rudniku; vsaj meni nikoli ni uspelo odkriti drugih polkovin kot arzen ipd.; toda zaradi tega in s flogistonsko analizo živosrebrnega rudnika, ki sem jo naredil in objavil v drugi knjigi zgoraj navedene Orictopographie, predpostavljam, da je zgoraj omenjena kislina mešanica kakšne druge kisline.

Ne glede na glavni vzrok te bolezni ni bilo nikoli moč domnevati, da je za te simptome kakšen drug vzrok razen neke kisline, kot bom pokazal v nadaljevanju s prakso zdravljenja, ki jo uporabljamo. Metoda, po kateri obravnavamo bolezni tega rudnika, je sledeča.

Najprej uporabljamo sluzasta odvajala, kot so kasija, izvlečki različnih rastlin, rožmarin, ki jih raztopimo v pomirjevalne zvarke: vse soli in drastična zdravila škodijo in simptome bolezni še poslabšajo; tudi navadni zvarci morajo biti odvajalni in potilni, enako kot pomirjevalna zelišča slezenovec, navadni slez, gvajakov les itd.

Pri hudih napadih bolezni sem zelo koristno uporabljal nenevarna zdravila, na primer sveže mleko z zafranovim poparkom ali od 3 do 4 kapljice opijeve tinkture, dane v zgoraj omenjeni zvarci. V času tega zdravljenja se nikakor ne sme zanemarjati običajnih odvajalnih kopeli: ti, ki jih ne uporabljajo, pogosto nikoli ne ozdravijo. Scopoli poroča, da so mu zaupanja vredni ljudje povedali, da so često našli živo srebro v čebrih ali kadeh, kjer so se ti ljudje kopali, a tega dejstva nisem mogel nikoli potrditi, kajti če se živo srebro po kopanju

kdaj koli znajde v kadi, to pomeni, da so ga ti, ki so kad uporabljali, prinesli z umazanijo, ki se drži njihovih teles. V prejšnjih časih so namreč uvedli običaj, po katerem so morali delavci z nogami gnesti z glino obnovljene merkurialne saje ali štupo iz dimnikov, iz česar so izdelovali nekakšne kolače ali opeke, ki so jih ponovno dajali v peči, da bi iz njih pridobili vsebovano polkovino, kolikor se je le še dalo. Ker je metoda kopeli drugačna, bom podal njen opis.

Nekdaj je bilo v navadi, da so uporabljali blažilne kopeli za celo telo, se pravi, da si v kadi do vratu, toda ker ta metoda ni preveč primerna za odpiranje por, ki naj bi izločale znoj, sem uporabil suhe ali parne kopeli; bolnika sem posedel v zelo majhno odprto komoro ali v nekakšno škatlo, iz katere je gledala samo glava, okrog sem razpostavil vrelo vodo, pripravljeno iz pomirjevalnih zelišč; s tem postopkom sem mnogo boljše izzval znojenje; ta metoda je dobra za vzbujanje močnega znojenja, vendar so rudarji iznašli drugo, ki zasluži veliko prednost. Izvaja se na sledeči način.

Ker je vsak rudar poročen in ima svojo lastno hišo, mu pečejo kruh doma. Ko pečejo kruh, bolnika pripravijo z velikimi količinami pomirjevalnih dekoktov, puščanjem krvi in odvajali; kruh, topel kot je, vzamejo iz peči in ga dajo v nalašč za to pripravljeno posteljo; potem ko postelja sprejme vso toploto kakšnega ducata hlebcev, ki so bili postavljeni med rjuhe, kruh odstranijo in tja namestijo prizadetega; s to metodo hitro pride do obilnega, zelo smrdečega potenja, ki tako pomiri bolnika, da je po kakšnih šestih ponovitvah v glavnem v celoti ozdravljen in rešen bolezni. Najbolj presenetljivo pa je, da vse posteljne rjuhe,

srajce in drugo perilo, ki je bilo prepojeno s tem telesnim sokom, razpade na tisoč koščkov, če nismo dovolj previdni in ga ne operemo takoj, ko ga odstranimo z bolnika. Več kot enkrat sem delal poskuse s popolnoma novim perilom, ki sem ga puščal prepojenega s tem znojem po nekaj dni, ne da bi ga opral, ali pa sem ga opral šele po tem roku. Pri pranju sem ga videl razpadati na kose kot preperelo platno. Iz tega vidimo, da mora biti vzrok za to več kot gotovo neka kislina; je pa še toliko bolj nenavadno, da se kri, ki je tako prenasršena s to kislino, ne zgosti do take mere, da bi povzročala zastajanje ali vsaj vnetja; živo srebro, ki se nahaja v samem telesu, nastopa kot protisredstvo in ohranja telesne sokove raztopljene.

Sicer pa moram opozoriti še, da je tresenje udov toliko hujše, ker je bolnikova prehrana slaba; nič ne škoduje bolj od kislih pijač, kot je vino itd., največja slabost pa je, da je večina rudarjev zelo vdana tej pijači, tako da raje trpijo lakoto ali se zadovoljijo z zelo slabo rastlinsko hrano, kot da bi se odpovedali opijanjanju vsako nedeljo in vse praznične dni. Več kot enkrat sem predlagal, da bi se morale nizke cene te pijače dvigniti in da bi bilo treba uvesti bolj zdravo pijačo, kot je dobro sladko pivo, a zaradi interesov nekaterih posameznikov je ta načrt vedno propadel. Če bi vsi, ki so povezani s pridobivanjem cinabarita ali se pri delu zadržujejo v podzemnih prostorih, kjer lahko kislina ali živo srebro vstopata skozi pore ali pljuča v človekovo telo, uporabljali sluzasto prehrano živalskega izvora s podobno pijačo rastlinskega izvora, je gotovo, da od desetih, ki zdaj trpijo za to boleznijo, tega morda ne bi občutila niti tretjina. Ker ti ljudje zelo trpijo

zaradi vročine pri delu, je gotovo, da je pitje nujno za vzdrževanje moči, ki se izgubljajo s pogosto obilnim potenjem; seveda, gotovo drži, da v takih primerih ni nič ustrežnejšega od neke hranljive pijače, kot je pivo, ki bi bilo najbolj prikladno, kot sem opozoril zgoraj. Vsakdo pozna strukturo te navadne pijače severnih dežel, ki ima štiri sestavine, med katerimi je hmelj nujno zlo, ki mora biti najboljše kakovosti. Nikjer niso tako razumno poskrbeli za ta artikel kot v Parizu, kjer so 16. marca leta 1630 izdali ukaz, v katerem je bilo odrejeno, da morajo zapriseženi ljudje, preden se hmelj uporabi v varilnicah piva, tega pregledati in dokazati, da je njegova kakovost dovolj dobra za uporabo v tej pijači, da ne bi postala škodljiva; še bolj pa je prepovedano uporabljati druge sestavine namesto hmelja; na to policija sploh ne misli in ne gre dvomiti, da v naša piva zelo pogosto vstopata moka in goveji žolč, da bi se tako v celoti ali delno prihranil hmelj. S tem namesto pijače, bolj zdrave od vina, nastane manj zdrava in celo škodljiva pijača.

Napadi te bolezni so zelo odvisni od človekove telesne zgradbe in temperamenta, saj so dobro rejeni, mladi in močni osebk priprizadeti manjkrat kot izčrpani starci; če pa prve kljub temu napade bolezen, za okrevanje pogosto ne potrebujejo nič drugega, kot da se za nekaj časa izognejo temu škodljivemu delu.

Še ena bolezen, ki včasih spremlja zgoraj omenjeno, je slinjenje, ki je pogosto dolgotrajno, vendar ni vedno posledica tresenja telesa; ta nezgoda se namreč zelo pogosto pojavi sama, zato je zelo verjetno, da ko pride v jami do sprejetja tako velike količine v maso krvi, temu nujno sledi to nehoteno odtekanje.

Pri znakih slinjenja ni ničesar posebnega,

začetek vedno spremljajo vročica in otekline v ustih, temu pa se včasih pridruži smrdeč zadah, rahla naglušnost z bolečinami ter majanje zob in izčrpanost telesa s potrlostjo; ti zadnji simptomi pa so še hujši, ko so združeni s tresenjem udov. Ta iztok telesnega soka je pri bolnikih različen, pri enih je bolj lepljiv kot pri drugih. Jezik zelo pogosto prekriva črnkasta sluz, obraz je vedno bled, pride do izgube teka, žeja pa je večja; slinjenje običajno traja od 12 do 15 dni. Vzrok za to bolezen najpogosteje nastane, ko morajo rudarji delati v komorah, ki sprejemajo dim z živim srebrom iz peči za prečiščevanje, in često je tu v tem času temperatura še vedno povišana za kakšno stopinjo, ter ko morajo razporejati cevi, skozi katere prehaja živo srebro med operacijo destilacije. V tem primeru uporabljamo blaga, mehčalna zdravila za grgranje, kot je dekokt iz navadnega sleza, ječmenov prevretek z medom, velike količine mleka, od časa do časa pa predpišemo klistir z olajševalnim odvajalom in preprosto zdravljenje z dieto z mlekom ali moko, ker ima v tej deželi nižji sloj navado, da se večinoma preživlja s takimi jedmi; tako pri tresenju skoraj vedno uspemo in zelo redko izgubimo kakšnega bolnika, vsaj v času, ko sem bil tam, mi od tega ni umrl nihče.

Druge bolezni, zaradi katerih trpijo rudarji pri delu v tem rudniku, a jih ne povzroča živo srebro itd., so kašelj, astma, močne kongestije v predelih genitalij, pogoste razjede na nogah in opekline, vzrok katerih so dušljivi plini.

Vzrok kašlja je ravno neprestani prah, ki ga človek vdihava pri kopanju v suhih in globokih predelih, kamor ne prodre nobena vlaga. Drugič ga povzročajo predvsem velike spremembe ozračja z mrzlega na toplo; v

mnogih predelih, skozi katere hodi človek, preden pride do svojega delovnega mesta, naleti na ledišče, drugod pa ima ozračje od 15 do 20 stopinj, in ker so ti ljudje slabo oblečeni, ne moremo dvomiti, da te spremembe nanje ne bi vplivale; sicer pa tako težko delo, ki traja 8 ur brez odloga tako rekoč vedno v sklonjenem položaju, nujno povzroča pogosto znojenje; ob koncu dela so pogosto tudi prisiljeni ostati po pol ure v krajih, kjer se potenje nenadoma prekine. Posledice so zanje bolj ali manj nevarne zlasti zato, ker vsakdo skuša največkrat ozdraviti svojo bolezen z velikimi količinami vina, kar jim včasih povzroči smrtne plevritise in pnevmonije. Vemo, da je znanstvenik Tissot kot opozorilo ljudem v zvezi s tem dejal, da prehladi poberejo več ljudi kakor kuga, o čemer se lahko vsak dan prepričamo pri delavcih tega rudnika, kjer veliko število ljudi umre jetičnih zaradi zanemarjenih kašljev in prehladov.

Običajna zdravila, ki jih zelo uspešno uporabljamo v teh primerih, so pri pletori puščanje krvi, pri trdovratnih in zaprtih prehladih, katerih vzrok je prah, ki ga vdihavamo in ki se zadržuje v bronhijah, pa blažilni dekokti s pripravo iz vode, kisa in medu ter od časa do časa odvajala iz izvlečkov različnih rastlin in sene; preprosta sredstva za bljuvanje so zelo koristna, saj se s tresenjem delcev gluten-služ odtrga in izpljuva skupaj z zemeljskimi delci, ki jih obda.

Astma je največkrat posledica slabo zdravljenih ali zadržanih prehladov; danes ne pušča skoraj nobenih posledic; pri vseh astmah, ki sem jih zdravil, je šlo za zasluženo astmo, ki sem jo lajšal s sredstvi za izkašljevanje in grenčicami za ponovno okrepitev zrahljanih delov.

Tu in v mnogih drugih rudnikih po Evropi

rudarji trpijo, kot sem imel priložnost videti, za pogostimi kongestijami v spodnjem delu trebuha, katerih posledica so kolike, hemoroidi, obstrukcije mezenterija in močna semenska izločanja; kolikor rudarje izčrpa delo, toliko jih izčrpa tudi spolnost, ki so ji tako vdani, da z njo izgubljajo še preostale moči. Vzrok za preveliko izločanje tega telesnega soka je v sklonjenem položaju telesa, kot smo lahko videli, in morda to, da kri postane bolj jedka in prenasočena s flogistonom zaradi nenehnega vzpenjanja po lestvah ter zaradi majhne količine zraka za dihanje. Najobičajnejša zdravila zadoščajo za odpravo teh kongestij; proti krvnim kolikom in obstrukcijam mezenterija solitrska in milnata pomirjevala; proti hemoroidom masleno mleko (lac butiratum); da bi odpravili prevelike seminalne kongestije ali izločanja, pa zlasti hladilni obkladki, prepojeni s tem, kar dobimo pri prečiščevanju ali fermentaciji žit v varilnicah; toda da bi pozdravili vse te težave, bi se bilo treba izogniti skrivljeni drži in opustiti podzemno delo v rudnikih.

Razjede na nogah so zelo pogoste pri rudarjih v tem rudniku. Vzroki so zunanji ali notranji. Razjede zaradi prvih ne puščajo posledic, ko z njimi ni zapletov, se pravi, da telesni sokovi niso sprijeni in je težava le posledica udarca ob neko trdo telo; toda razjede druge vrste, ki so vedno posledica sprijenosti telesnih sokov, so precej odporne proti običajnim zdravilom. Vendar soliter s kafro pri mladih, pri starejših pa kinin s kafro edina zelo dobro učinkujeta na notranje razjede, zunanjim pa vsa mastna zdravila škodijo, toda med obstoječimi zdravili je fagidenična voda tako rekoč edino zdravilo, ki

se uspešno uporablja.

Ker so telesni sokovi zaradi deleža živega srebra, ki pri tem delu vstopa v kri, že razpuščeni, kaže, da mastna zdravila škodijo zaradi odvajalnih lastnosti in solna kislina, ki vstopa s pomočjo sublimata, ima enake učinke kot pri prizadetih s skorbutom. Nazadnje pa moram omeniti še, kako zdravimo te, ki so imeli nesrečo, da so dobili opekline zaradi flogistonskih dušljivih plinov. Nesreča, tipična za ta ter za vse rudnike premoga in antracita, so dušljivi in flogistonski jamski plini,⁴ ki tu pogosto kraljujejo in pobijajo rudarje ali jih poškodujejo, ko se ti ujamejo vanje.

V 7, 8 letih, ko sem bil zaposlen v tem rudniku, je do takšne nesreče prišlo večkrat in pred desetimi leti sem to opisal v mesečniku z naslovom Dunajske miscellanea (d).

Dušljivi jamski plini so danes zelo redki, pojavljajo se le še v opuščenih jaskih in rovih (Gesenke), kjer ne prihaja do nikakršnih premen zraka, ki tu ugasnejo vsako svečo in prekinejo tudi dihanje. Nesrečneža, ki dospe do takega kraja, to tako nenadoma zagrabi, da se ne more več vrniti in se v trenutku zaduši. Ne vem za noben primer, ko bi ponovno oživili nesrečnike, potem ko so jih izvlekli iz teh smrtnih brezen, čeprav so si na vso moč prizadevali. Popolnoma drugače pa je s tistimi, ki so trpeli zaradi flogistonskih dušljivih plinov. Slednji se nahajajo tam, kjer pridemo z novim rovom v stare, včasih že cela stoletja opuščene. Slednji oziroma stari rovi se po nemško imenujejo (Altenmann) (besedo iz mineraloških pisem g. de Borna je g. Monet narobe prevedel kot deli starega).

Dušljive pline, ki se vžgejo takoj, ko izpostavimo svečo, zelo pogosto spremlja

močna eksplozija. Do prve nesreče, ki sem jo videl, je prišlo 8. oktobra 1766 na koncu vodoravnega rova, širokega 50 klafter, takoj ob preboju v stari rov, ki je bil v bočnem položaju na vodoravni rov; iz njega je pritekla voda z močnim žveplenim vonjem. Ob približanju sveče se je na tej vodi pojavil modrikast plamen, ki je najprej ugasnil, a po nekaj urah se je razvilo toliko flogistonskega plina, da je zapolnil cel rov. Ko je ob uri dela (to je bilo 4 ure po počitku, ko ni v tem času nihče vstopal tja) vstopilo 5 moških s svetilkami, ki se ne vžgejo, in ko so prišli na konec rova, je bila vsa pot v trenutku v ognju in ubogi nesrečniki so dobili opekline po vsem telesu. Štirje moški so imeli dovolj moči, da so prišli ven iz podzemnega kanala, gredoč skozi plamene na dolžini kakšnih 20 klafter. Petega, ki mu je zmanjkalo moči, je vrglo na tla in tam je ostal, dokler ga nismo odnesli ven, toda kljub temu je bil najmanj opečen, kajti večina plamenov je šla mimo nad njim. Šest drugih rudarjev, ki so bili zunaj na vhodu v rov, kjer je bila majhna koliba iz desk, je vrglo v zrak in jim pohabilo ude, od teh pa je tri prizadel ogenj, ki je prišel iz kanala z velikim truščem kot iz kanonske cevi. Ker so bili slednji dokaj dobro oblečeni, opekline sploh niso bile tako hude. Še dvakrat je prišlo do enake, a ne tako hude nesreče v času, ko sem bil zaposlen v tem rudniku.

V prvem trenutku nesreče, so ubogi nesrečniki napolnjeni s skrilavo vodo.⁵ Ker so rudarji oblečeni le v kratke platnene hlače in srajco ter jopico ali podrapan jopič iste vrste, vidimo, da flogistonska materija zlahka prehaja skozi, pogosto ne da bi poškodovala najmanjšo stvar na oblačilu. V takem obžalovanju vrednem primeru, ko hoče prvi, ki

tja pride, nuditi pomoč, da bi olajšal bolečine, je to pogosto vzrok, da je poškodba še težja zaradi nasprotnih zdravil, kot je nanašanje hladne vode, olja s kresilno gobo ali zažganih krp. Zdravilo, ki sem ga pogosto najprej uporabljal, je bilo močno in ponavljajoče se puščanje krvi, če je stanje posameznika to dopuščalo, da bi tako preprečil splošno vnetje, ki nastopi po nekaj urah, in to sem delal tako dolgo, dokler je bilo vnetje možno; nato smo uporabljali tople obkladke z mlekom, ki smo jih polagali na vsa opečena mesta. Odvajala so na začetku zelo koristna, ker se v trenutku nesreče prebava prekine, iz česar lahko nastane le slaba hranilna substanca, ki pripravi maso krvi do tega, da vnetje obrne v gangreno. Po teh odvajalih, 10 ali 12 ur po nesreči uporabljamo antiflogistonska zdravila; vnetje povzroči tako močno otekanje opečenih mest, da imajo glava in udje pogosto enkrat večjo prostornino kot običajno, tako da ubogi ranjenci 8 dni in več ne vidijo svetlobe, dokler vnetje ni odpravljeno ali se ne poslabša v gnojenje. V tem času brez prestanka uporabljamo antiflogistonska zdravila; če je občutljivost prevelika, jo umirimo z neškodljivimi običajnimi zdravili v majhnih količinah, da bi preprečili preveliko nihanje; če opazimo, da se začenja na kakem delu telesa pojavljati gangrena, to nesrečo ustavijo kisline s kininom, ko ne gre za gastrične vzroke, kajti če bi šlo za to, je treba proti gangreni uporabljati odvajala in ne kinina, ki se ga tako vsesplošno hvali.

Na zunaj se telo, na katerem je ogenj pustil hude posledice, neguje z zdravilnimi mazili iz mrtvil ali iz svinčeve beline z lanenim oljem; mazilo s čopičem nanašamo na prizadete dele in vse prekrijemo z majhnimi platnenimi

krpami, brez kakršnega koli pritiskanja, zato da jih bomo lažje odstranili; vse mehurje je treba pravočasno odpreti in odstraniti, da bi preprečili prisotnost snovi, ki bi povzročile hude razjedajoče rane. Bolečine se zmanjšajo, takoj ko nanesemo to mazilo iz svinčevega apna na papile živcev, ker tako dobijo ovoj, ki jih ščiti pred škodljivim zrakom, in teža mazila morda pomiri živčne končiče. Ko je gnojenje premočno, opustimo mastno mazilo in uporabljamo mineralno-vegetabilno vodo g. Goulanda; če se kje pojavi gangrena, uporabljamo kininovo tinkturo z mazili iz iste drevesne skorje.

S tem preprostim zdravljenjem z rastlinsko dieto nisem izgubil nobenega od nesrečnikov, vendar lahko rečem, da je ta čudoviti uspeh bolj odvisen od značaja ljudi, od njihove preproste hrane in od miru njihovih duš brez vsakršnega strahu pred smrtjo, ker jih tolaži vera z upanjem, da bo ob koncu njihovih dni konec njihovih bolečin; pri zdravljenju svojih bolnikov nisem nikoli imel tako velikega uspeha, tako notranjega kot zunanjega, kot v času, ko sem skrbel za 3 do 4000 duš, zaposlenih v tem rudniku.

- a) [Zapisano s Hacquetovo roko:]
Oryctographia Carniolica, oder
Physische Erdbeschreibung des
Herzogthum Krain – ou Description
physique de la terre du Duché de
Carniole, de l'Istrie et des pays adjacents,
3 vol. 4to avec figures, Leipzig 1778.
- b) J. A. Scopoli, De hydrargiro Idriensi
tentamina physico chymico medica.
Venetiae 1761, in 8o.
- c) Transactiones philosophicae Anglicanae
anno 1665. [O Brownu, Popu, Valvasorju

in Idriji več v: Šumrada (1989)]

d) [Napisal Hacquet lastnoročno:] Das
Wiener allerley eine monatschrift
ouvrage periodique 3ieme paru a Vienne
1774, 8o.

Opombe:

- ¹ Gre za CO₂ in metan, ki ju takrat še niso poznali (op. prev.).
- ² Domnevna sestavina gorljivih snovi, s katero so od 17. do 18. stoletja razlagali pojav gorenja. Gorljivi zrak oz. gorljivi plin je v našem primeru metan (op. prev.).
- ³ Mišljen je epsomit (MgSO₄), pogost mineral v idrijskem rudišču (op. prev.).
- ⁴ Z dušljivim jamskim plinom je mišljen CO₂, s flagistonskim jamskim plinom pa metan (op. prev.).
- ⁵ Besedo »skrilav« je dodal Hacquet naknadno. Verjetno gre razumeti, da je bila v vodi zaradi eksplozije metana določena količina drobnih delcev skrila (op. prev.).

Strokovni pregled prevedenega besedila sta opravila dr. A. B.
Kobal in dr. J. Čar (op. ured.).

HACQUETOV ROKOPIS V ARHIVU ACADÉMIE ROYALE DE CHIRURGIE

V knjižnici francoske Nacionalne medicinske akademije (BANMP) je med fragmenti arhiva Kraljeve kirurške akademije (Académie Royale de Chirurgie, ARC) izpred francoske revolucije ohranjen tudi s **Hacquetovo roko** napisan rokopis z naslovom »*Remarque sur l'imperforation de l'anus. Par M. Hacquet, chirurgien et accoucheur, au service de Sa Majesté l'Impératrice et Reine Apostolique à Idria en Carniole*« (BANMP, Fonds ARC 56, no. 38, 2 pp.). Zgodnjega rokopisa, ki je nastal kmalu po njegovem prihodu v Idrijo leta 1766, Hacquet v lastnem življenjepisu, kjer so naštet tudi mnoga avtorjeva znanstvena dela, sicer ne navaja, saj tam pripoveduje le o znanstvenih stikih, ki naj bi jih imel z

ARC ob svojem potovanju v Pariz leta 1784. Takrat naj bi akademiji izročil »*opis novega instrumenta za prerezovanje popkovine*« (... *à l'academie de chirurgie une description d'un instrument nouveau pour rompre le cordon umbilicale*«, Hartig 1908; Jakob 1930: 231). Te njegove trditve pa zdaj ni mogoče preveriti, saj besedila opisa (ali pisnih sledov o njem) v ostankih arhiva ARC ne najdemo. Skoraj dvajset let starejšo »Opombo« iz arhiva ARC pa je avtor nedvomno namenil akademiji zato, da bi bila objavljena v njenem glasilu. Ohranila se je tudi pozitivna recenzija o besedilu – z datumom Pariz 5. marec 1767 (BANMP, Fonds ARC 56, no. 38, 2 pp.) jo je podpisal Jean Laffitte, ki je bil član ARC od leta 1734 naprej (Boisseaud 1962, 2: 68; Yaqubi 1967, 4: 400), in priporočil, naj prispevek objavijo v »*Mémoires de l'Académie Royale de Chirurgie*«, kar pa se iz neznanih razlogov ni zgodilo. Hacquetovega članka namreč ne prinašata ne četrti in ne peti, obenem zadnji zvezek serije, ki sta izšla v Parizu leta 1768 oz. 1774 (prim. zgodovino ARC v Yaqubi 1967, 1: 13–37). Bodisi da je avtor vedel za navsezadnje vendarle negativno odločitev ARC o njegovem besedilu ali pa tudi ne: s tekstom v pariški Kraljevi kirurški akademiji najbrž tesno sorodno latinsko razpravo »*Nova methodus ani artificialis in regione iliaca sinistra instituendi*« je dal Hacquet natisniti že leta 1767 v Benetkah; velja za njegovo prvo objavljeno znanstveno delo (Pintar 1926: 285; Valjo 1997: 110; Valjo & Kril 2000: 281; Južnič 2004: 167).

Pridružena tuja člana (membres associés étrangers) Kraljeve kirurške akademije v

Parizu sta bila sicer Hacquetov dunajski zaščitnik in cesaričin osebni zdravnik Gerhard van Swieten (1700–1772) ter Albrecht von Haller (1708–1777), Scopolijev in Hacquetov znanstveni dopisnik iz Berna.

Literatura:

- **Boisseaud, J.** (1962): Les Membres parisiens de l'Académie Royale de Chirurgie 1-2. Thèse (université de Rennes).
- **Hartig, O.** (1908): B. Hacquets Autobiographie. Originalbriefe B. Hacquet's an Freiherrn von Moll, Neumarkt/München. Die Wahrheit (München) (42) 1-4: 19-35, 71-85, 107-125.
- **Histoire** (1776-1789): Histoire de la Société Royale de Médecine 1-10. Paris (izhajalo med leti 1776-1792).
- **Jakob, G.** (1930): Balsazar Hacquet. Leben und Werke. Bergverlag Rudolf Rother, München (Große Bergsteiger).
- **Južnič, S.** (2004): Hacquetova bibliografija. Arhivi (Ljubljana) (27) 1: 167-187.
- **Lesky, E.** (1956): Arbeitsmedizin im 18. Jahrhundert. Werksarzt und Arbeiter im Quecksilberbergwerk Idria. Notring der wissenschaftlichen Verbände Österreichs, Wien, 73 pp. (De morbis artificum scripta).
- **Petkovšek, V.** (1977): Janez Anton Scopoli, njegovo življenje in delo v slovenskem prostoru. Razprave 4. razreda SAZU (Ljubljana) (20) 2: 104 pp.
- **Pfeifer, J.** (1989): Zgodovina idrijskega zdravstva. Zdravstveno in socialno varstvo idrijskih rudarjev v preteklih stoletjih. Mestni muzej, Idrija, 215 pp.
- **Pfeifer, J.** (1989-1990): Scopolijev opis zastrupitev z živim srebrom pri idrijskih rudarjih. Proteus (Ljubljana) (52) 4: 147-150.
- **Pfeifer, J.** (1990): Prominentni idrijski zdravniki, ranocelniki in lekarnarji. Primorska srečanja (Nova Gorica-Koper) (15) 112: 660-663.
- **Pfeifer, J.** (1991a): Zgodovinski razvoj medicine dela pri idrijskem rudniku. Primorska srečanja (Nova Gorica-Koper) (16) 115: 25-29.
- **Pfeifer, J.** (1991b): Poklicne bolezenske okvare pri idrijskih rudarjih v preteklih stoletjih. Idrijski razgledi (Idrija) (36) 1: 25-27.
- **Pfeifer, J.** (1993): Zgodovinski razvoj medicine dela pri idrijskem rudniku. In: Bevk, S., Kavčič, J., Leskovec, I. (eds.): Idrijska obzorja. Mestni muzej, Idrija, pp. 93-100.
- **Pintar, I.** (1926): Hacquet Baltazar. In: Cankar, I. (ed.): Slovenski biografski leksikon 1(2). Zadruga gospodarska banka, Ljubljana, pp. 284-287.
- **Šumrada, J.** (1989): Valvasorjev angleški sodobnik Edward Browne v slovenskih deželah leta 1669. In: Vovko,

- A. (ed.): Valvasorjev zbornik, SAZU, Ljubljana, pp. 54-102.
- **Šumrada, J.** (2000): Hacquet, Žiga Zois in francoski naravoslovec Picot de La Peyrouse. *Scopolia* (Ljubljana) (44): 1-34.
 - **Šumrada, J.** (2003): Hacquetova spomenica pariški Kraljevi medicinski družbi o poklicnih boleznih idrijskih rudarjev. *Haquetia* (Ljubljana) (2) 2: 65-74.
 - **Valenta von Marchturn, A.** (1897): Der Naturforscher Hacquet als Arzt in Krain. Separatabdruck aus der Wiener Medizinischen Wochenschrift (18): 1-6.
 - **Valentin, M.** (1978): Travail des hommes et savants oubliés. Histoire de la médecine du travail, de la sécurité et de l'ergonomie. Docis. Paris.
 - **Valjo, M.** (1997): Baltazar Haket i Ukrajina. Statti i materialy. Lvivska naukova biblioteka im. V. Stefaniika, Lviv, 152 pp.
 - **Valjo, M. & Kril, M.** (2000): Baltazar Haket doslidnyk Pivdenno-Shidnoji i Centralnoji Evropy. Lvivska naukova biblioteka im. V. Stefaniika, Lviv, 310-34 pp.
 - **Yaqubi, S.** (1967): Contribution à l'histoire de l'Académie Royale de Chirurgie 1-4. Thèse (université de Rennes).
 - **Zupanič-Slavc, Z.** (1997): Brief History of Medicine in Slovenia. *Vesalius* (Paris) (3) 2: 75-84.
 - **Zupanič-Slavc, Z.** (1998): Occupational Medicine in Idria Mercury Mine in the 18th Century. *Vesalius* (Paris) (4) 2: 51-59.

Abstract

SLOVENIAN TRANSLATION OF HACQUET'S MEMOIR TO THE ROYAL MEDICAL SOCIETY OF PARIS ON THE OCCUPATIONAL DISEASES OF MINERS IN THE IDRIJA MERCURY MINE

In his autobiography, Hacquet speaks about his travelling to France in 1784 and submitting a treatise on the occupational diseases of miners in the Idria Mercury Mine to the Société Royale de Médecine in Paris. The author probably wanted it to be printed within the Society's series »Histoire de la Société Royale de Médecine« (1776-1789). However, the text has never been published prior to our transliteration (cf. critical edition of the French original in: Šumrada 2003), and is kept nowadays as a manuscript by the bibliothèque de l'Académie Nationale de Médecine in Paris. The manuscript is not written by Hacquet's hand, but by someone whose knowledge of French was much better than his. This person provided French grammar editing at the same time, and worked in close collaboration with the author. After completion of the manuscript, Hacquet revised the text himself and included some remarks, as well as notes (a) and (d), both in German.

In reference to his visit to Paris in 1784, Hacquet's autobiography states that at the time, he presented another paper to the Académie Royale de Chirurgie (ARC), this one on an »instrument nouveau pour rompre le cordon umbilicale«. The paper in question is neither preserved nor was published by the »Mémoires de l'Académie Royale de Chirurgie«. However, there is another manuscript by Hacquet kept in the library of the Parisian National Academy of Medicine (Fonds ARC), written in about 1767 under the title »Remarque sur l'imperforation de l'anus«. In Paris, it was reviewed by Jean Laffitte, fellow of the ARC who stated that it should have been published within the »Mémoires«. Once again, this was never realized by the Académie, which probably explains why Hacquet himself had it

printed in Latin (Venice, 1767) as his earliest known scientific paper.

Tatjana Dizdarevič, Jože Čar

ZGODOVINSKI OPISI POSLEDIC PRIDOBIVANJA IN PREDELAVE ŽIVOSREBROVE RUDE NA OKOLJE V IDRIJI OD 16. DO PRVE POLOVICE 20. STOLETJA

Uvod

IIdrijsko rudišče ima med živosrebovimi nahajališči posebno mesto, saj ležijo kamnine s samorodnim živim srebrom neposredno na površju. To je temeljni vzrok za nastanek posebnih ekoloških razmer v Idriji. Že od samega začetka rudarjenja je namreč prihajalo do seštevanja učinkov primarnega *geogenega* živega srebra, ki je izhlapeval iz karbonskega skrilavca in sekundarnega *antropogenega* onesnaževanja z živim srebrom zaradi rudarjenja in pridobivanja. Prostor, kjer so do leta 1508 odkopavali samorodne skrilavce (širše območje Mestnega in Ahacijevskega trga) in kjer je potekala tudi predelava rude (v kopah), je bil kasneje v celoti pozidan. Skozi zgodovino je nastal tesen preplet primarne in sekundarne razporeditve živega srebra z velikimi ekološkimi posledicami za ljudi in okolje. O merkuralizmu med rudarji pri idrijskem rudniku se je v celotnem obdobju rudniške zgodovine ohranilo precej podatkov v uradnih rudniških aktih, bistveno počasneje pa so se oblikovala spoznanja o vplivu rudarjenja in predelave rude na naravno

okolje in ljudi v mestu Idrija in njeni okolici.

Idrijski živosrebrov rudnik, eden največjih zgodnjekapitalističnih obratov v Evropi (Verbič, 1965; Gestrin, 1991), ima zaradi tesnega prepletanja rudarsko-metalurške dejavnosti in poseljenosti gotovo poseben položaj med rudarskimi mesti v evropskem prostoru, zato je opazovanje rasti ekološke zavesti pri prebivalcih Idrije in bližnje okolice zanimivo in širše pomembno. Ugotavljanje posledic in razumevanje procesov sprememb v idrijskem okolju skozi zgodovino je slonelo na splošnem znanju in razumevanju tovrstnih pojavov, na izkušnjah, ki so se spreminjale predvsem v odvisnosti od tehnično-tehnološkega napredka ter tudi od ekonomskih pogojev pri idrijskem rudniku in dobre volje vsakokratne rudniške uprave.

Zapisi o vplivu rudarjenja na okolje v 16. in 17. stoletju

V prvih letih po odkritju živega srebra v Idriji so le-tega pridobivali iz samorodnih skrilavcev z vodnim izpiranjem, iz cinabaritnih rud pa z žganjem najprej

v preprostih kopah, podobnih tistim za 'kuhanje' oglja (Kavčič, 2008), nato pa v retortnih kopah (Agricola, 1556; opis glej v: Čar & Terpin, 2005). Oba preprosta postopka pridobivanja sta povzročala močno nekontrolirano onesnaževanje z živim srebrom v okolici izpiralnic in žgalnic. Žganje je še dodatno onesnaževalo zrak s škodljivimi 'merkuralnimi' in žgalniškimi plini, s čimer niso bili ogroženi le delavci pri odkopavanju v jami in žgalnih kopah, ampak tudi ostali prebivalci takratne Idrije, ki so stanovali v neposredni bližini odkopov in žgalniških kop. Zagotovo so se morale že zelo zgodaj kazati posledice onesnaževanja z živim srebrom in produkti žganja v okolju. Seveda pa o tem nimamo pisnih podatkov.

Prve znane pisne podatke o posledicah zastrupitev z živim srebrom v Idriji je v 16. stoletju objavil znameniti zdravnik Paracelsus (1527): *Vsi, ki tam živijo, so skrivljeni in hromi, delno nadušljivi, delno prezeblji, brez upanja, da bi bili še kdaj popolnoma zdravi* (Lesky, 1956). Iz obdobja naslednjih sto trideset let tiskanih poročil o razmerah v Idriji ne

poznamo do leta 1664, ko je svoje pozitivne vtise o obisku idrijskega rudnika objavil oksfordski profesor Walter Pope: *Ko smo bili preteklega avgusta tam, je bila dolina kot tudi hribi, v katerih kopljejo živo srebro, tako polna zelenja kot sredi pomladi. Ljudje pojasnjujejo to z vplivom vlage, ki vsebuje živo srebro, toda jaz ne morem presoditi, koliko to drži. O 'zdravilnosti' rudniške odpadne vode je Pope zapisal: Odpadna voda je tako nasičena z živim srebrom, da zdravi srbečico in druge podobne nadloge. O morebitnih vplivih rudarjenja na širšo okolico rudniških obratov pa Pope neposredno ne poroča.*

Zapisi o vplivu rudarjenja na okolje v 18. stoletju

Za oceno širjenja spoznanj o škodljivem vplivu živega srebra in žgalniških plinov na okolico so iz 18. stoletja pomembna poročila nemškega popotnika Keysslerja (1740), prvega rudniškega zdravnika in prirodoslovca Scopoli (1761, 1784) ter rudniškega kirurga Hacqueta (1779, 1781).

Nemški potopisec Johann Georg Keyssler je Idrijo in idrijski rudnik obiskal leta 1730, poročilo o tem pa je bilo objavljeno deset let kasneje. Iz njegovega poročila izhaja pomemben vsebinski premik glede na starejše pisne opise idrijskega rudnika. Zanimive so njegove kratke opombe o razmerah in o vplivu živega srebra na okolje v Idriji, o katerih poroča prvi. Pri opisu reke Idrijce omenja, da je v njej veliko rib in da ... ohranjajo plemenit okus te ribe, čeprav je dno reke, v kateri živijo, pokrito z živorebrevo rudo. Za razumevanje ekoloških razmer v Idriji je posebno pomembno njegovo poročanje o

orudenih odvalih, raztresenih po mestu in potoku Nikovi, ki teče skozi mesto. Zapisal je: *Včasih se je že zgodilo, da niso bili dovolj skrbni pri pranju rude ali pri kasnejših postopkih in so vrgli stran velike količine dobre rude. Zato stara odlagališča ponovno pregledujejo. Keyssler poroča o pridobivanju živega srebra z žganjem v pečeh s škodljivim vplivom 'merkuralnega' in dimnega plina na okolico žgalnice: In dim iz teh peči je tako uničujoč za rastlinje, da v bližini ne raste nobeno sadno drevo, in tudi krave se ne dotaknejo sena, ki ga pokosijo na bližnjih travnikih. Tam živijo kmetje sicer redijo teleta, ki pa so zelo zaostala v svoji rasti.*

Prvi šolani rudniški zdravnik in evropsko znani naravoslovec Giovanni Antonio Scopoli, ki je v Idriji preživel skoraj 16 let (1754–1769), je razmere v idrijski jami, žgalnici in Idriji zelo dobro poznal. V tretji razpravi *De Morbis Fossorum Hydrargyri* v knjigi razprav *De Hydrargyro Idriensi* (1761) je podrobno opisal posledice zastrupitev s hlapi živega srebra pri idrijskih rudarjih. V leta 1784 objavljenem delu podaja kratko opombo, da so delavci, zaposleni pri žgalnih pečeh, nosili na svojih oblačilih živorebrne delce domov in so zato za 'merkuralno' boleznijo obolevali tudi njihovi svojci. Čeprav Scopoli ni izrecno pisal o vplivu živega srebra in žgalniških plinov na širše okolje, so se pri rudniku tega problema v tem času že dobro zavedali. Iz arhivskih podatkov, ki jih navaja Pfeifer (1989), izhaja, da so po letu 1760 premikali žganje rude vedno bolj v zimski čas, češ da je takrat žgalniški dim manj nevaren za okoliško rastlinstvo, ker zemlja še pokriva sneg.

Scopolijev mlajši sodobnik in dolgoletni

idrijski kirurg (1766–1773) ter odličen poznavalec idrijskega rudnika Baltazar Hacquet je imel o vplivu rudarjenja na okolje v mestu protislovno stališče. V drugem delu knjige *Oryctographia Carniolica* (1781), ki je v celoti posvečena opisu idrijskega rudnika, je poročal: *Zelo se moti marsikateri bojazljivec, ki meni, da je v takem kraju nezdravo bivati. Stanoval sem, kakor sem pozneje izvedel, v stavbi, ki je bila zgrajena na kupu stare jalovine (Pinge oder Halde), ki pa ne vem, kdaj je nastala. Ko sem si ob hiši napravil vrt, sem naletel na polno jalovega kamenja, skrilavca in rude in vendar lahko rečem, da se v nobenem predelu v Evropi nisem bolje počutil, kakor sem se v tistih sedmih letih, ki sem jih preživel pri tem rudniku (prevod: Pfeifer, 1988).*

Vendar Hacquet v razpravi o zastrupitvah pri goveji živini, ki je izšla leta 1779 (Hacquet, 1779 v Pfeifer, 1989), poroča, da v Idriji zaradi škodljivega vpliva živega srebra in žvepla obolevajo živali, kadar uživajo krmne rastline, ki rastejo v bližini žgalnice. Razen s krmo pa se živali zastrupljajo tudi z vodo, ki odteka preko kupov jalovine in žgalniških ostankov v Idrijco, v kateri včasih zaradi tega tudi ribe poginejo. Hacquet je o posledicah zastrupitve rudarjev z živim srebrom za francosko akademijo v Parizu napisal posebno spomenico (Pfeifer, 1989). Spomenica je prvič v slovenščini objavljena v tej številki Idrijskih razgledov.

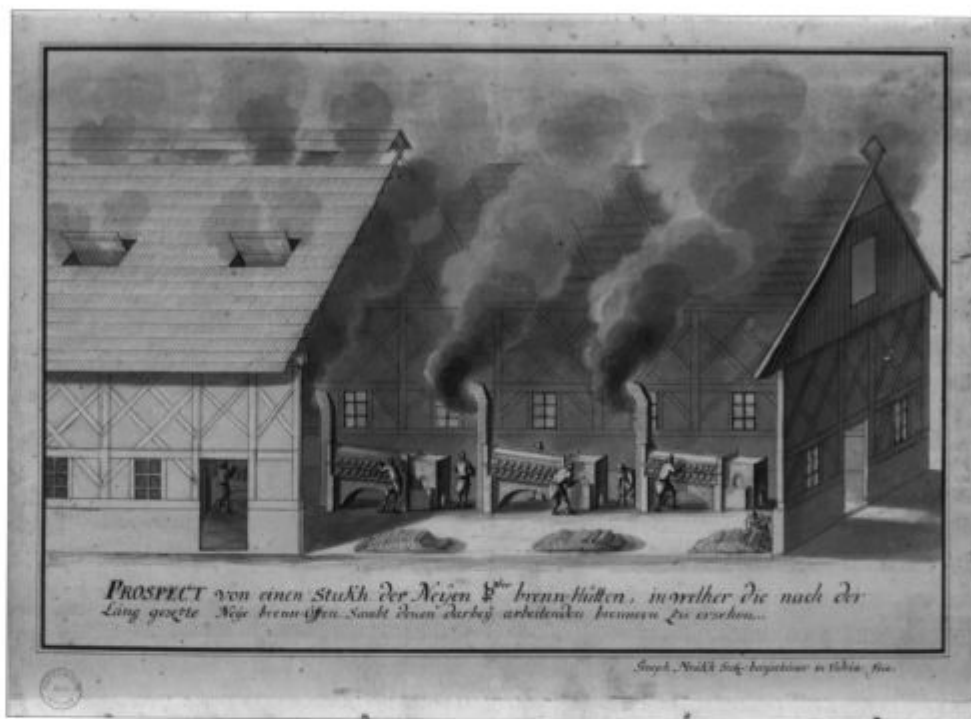
Vpeljava odškodnin v drugi polovici 18. stoletja

S sklenitvijo pogodbe s špansko vlado v letu 1785, ki je bila leta 1792 podaljšana še za nadaljnjih šest let, o dobavi živega

srebra se je proizvodnja v idrijskem rudniku izredno povečala, kar pa je seveda pomenilo tudi strahovito obremenitev za idrijsko okolje. Posestniki v bližnji in daljni okolici žgalnice so se pričeli pritoževati zaradi škode na zemljiščih, posevkih in živini. Poleg lastnikov parcel v Idriji so žgalniški plini prizadeli posestnike vse do Spodnje Idrije, pa tudi v širši okolici (Pfeifer, 1989). Leta 1788 je pričela rudniška uprava prizadetim posestnikom izplačevati odškodnino. Po pritožbi rudniških uradnikov in delavcev, da je njihovo zdravje ob slabem vremenu ogroženo zaradi 'merkuralnih' hlapov v idrijskem ozračju, je bila ustanovljena celo posebna rudniška komisija, ki je ocenjevala škodo zaradi žgalniškega dima in ugotavljala upravičenost odškodnine (Pfeifer, 1989). Izplačevanje odškodnin po našem vedenju predstavlja prvo, več let redno izplačevano 'ekološko rento' na takratnem Kranjskem (Čar & Dizdarevič, 2002).

Ekološke posledice jamskega požara leta 1803

Soglasno z drugo šestletno pogodbo med Avstrijo in Španijo, ki je bila sklenjena leta 1792, naj bi dobava živega srebra Španiji potekala do leta 1798. Zaradi vojnih razmer v Evropi pa je bila pogodba leta 1797, torej eno leto pred iztekom roka, prekinjena. Proizvodnja se je pričela po letu 1799 nižati, okrog leta 1800 so pri rudniku vpeljali nove Leithnerjeve vertikalne žgalne peči z boljšimi izkoristki, kar je seveda ugodno vplivalo tudi na ekološke razmere. Po mnenju posebne rudniške komisije iz leta 1798 je ogroženost živine manjša in manj oboleva, posestniki



Nova žgalnica na Prejnuti (Mrak, 1740, Avstrijski državni arhiv Dunaj)

Polnjenje živega srebra v jeklenke, 19. st.



zemljišč v okolici žgalnice pa so začeli ponovno rediti ovce (Pfeifer, 1989). Leta 1802 je odškodnino zaradi izboljšanih razmer prejelo le še 13 posestnikov.

15. marca 1803 je na VII. obzorju (Klemenovo odkopno polje) v osrednjem delu idrijske jame izbruhnil požar. Zazidali so vse vhode v jamo razen Franciškovega jaška. Ko so čez šest tednov odprli vhode v rudnik, je začel izhajati dim, poln 'merkuralnih' hlapov, ki se je nekontrolirano širil v okolje. Požar se kljub velikim naporom ni umiril in v noči s 14. na 15. maj so v jamo spustili vodo.

Ko je voda prodrla do središča požara, je nastala močna eksplozija, ki je porušila celo naprave okrog Terezijinega jaška na površini. Po pogasitvi požara so začeli izčrpavati jamsko vodo, ki je bila rumeno obarvana, in so jo spuščali neposredno v Idrijco (Karsten, 1821).

O požaru, posledicah v jami in vplivu 'merkurijskih' plinov na rudarje je bilo v različnih poročilih, časopisih in publikacijah kar precej napisanega (Karsten, 1821; Russell, 1825; Hizinger, 1860; Arko, 1931; Mohorič, 1960; Pfeifer, 1989). O posledicah za naravno okolje pa zasledimo le nekaj krajših opomb (Russell, 1825; Hizinger, 1860; Pfeifer, 1989). Seveda je imel jamski požar velike posledice tudi za naravno okolje v Idriji in njeni okolici ter za brežine reke Idrijce.

Zelo sugestivni opis jamskega požara leta 1803 je v svoji potopisni knjigi (1825) objavil angleški popotnik John Russell, ki je Idrijo obiskal leta 1822. Poleg dramatičnega opisa celotnega poteka gašenja požara omenja na koncu poročila tudi posledice v okolju. Zapisal je: *Trajalo je dve leti, da so pripravili napravo (op.: črpalko) in izčrpali vodo. Speljana je bila v reko Idrijco in ugotovili so, da vsebuje le majhno količino živega srebra, toda velik delež žveplene kisline in tako veliko železa, da so bili dno in bregovi reke obloženi s skorjo iz železove okre po njenem celotnem toku od Idrije do sotočja s Sočo. Iz reke so takrat izginile vse ribe z izjemo jegulj, ki očitno kljubujejo vsemu, razen seveda peki na žaru ali praženju.* (Prevod: Metka Petrič, 1997).

Tudi zgodovinar Hizinger (1860) v svoji knjižici o zgodovini idrijskega rudnika ni mogel mimo opisa katastrofalnega jamskega

požara in njegovih posledic. Na koncu je zapisal: *Pri opisanem jamskem požaru se je pokazalo, da so se vsi ljudje, ki so prišli v bližino izhajajočih živosrebrnih par, bolj ali manj tresli ali pa so dobili otrdele ude* (Steifheit der Glieder). *Pripominjam, da je bila odpadna voda povsem rumena in ribe so zaradi tega vzdolž Idrijce poginile.*

Da so bile ekološke razmere v Idriji leta 1803 in nekaj naslednjih let resne, poroča tudi Pfeifer (1989). Iz arhivskih podatkov izhaja, da se je v naslednjih letih (1804–1805) umrljivost v Idriji nekoliko zvišala, rodnost pa se je v teh letih glede na prejšnja zmanjšala. Čeprav seveda ni podatkov o neposredni povezavi med povečano umrljivostjo in zmanjšano rodnostjo ter požarom, vendar je prekrivanje obdobja značilno in enake posledice je imel tudi jamski požar leta 1846, o katerem poročamo v nadaljevanju.

Prva desetletja 19. stoletja

Jamski požar leta 1803 je seveda močno vplival na odkopavanje v jami in s tem na količinsko proizvodnjo živega srebra v naslednjih letih. Znižanje proizvodnje pa je imelo vsekakor ugoden vpliv na ekološke razmere v idrijskem okolju. To lahko razberemo tudi iz objavljenih popotnih zapisov znanega metalurškega strokovnjaka Karstena (1821): *Topilniške stavbe ležijo približno 1000 korakov severno od Idrije v dolini Idrijce, na njenem levem bregu. Obrat ni posebno velik in predstavlja posebnost, delo v topilnici se začne v novembru in se nadaljuje do konca marca. Obrat v poletnih mesecih ne dela, sicer bi topilniški dim uničil travo in poljščine, bil bi tudi povod za salvacijo. Tudi*

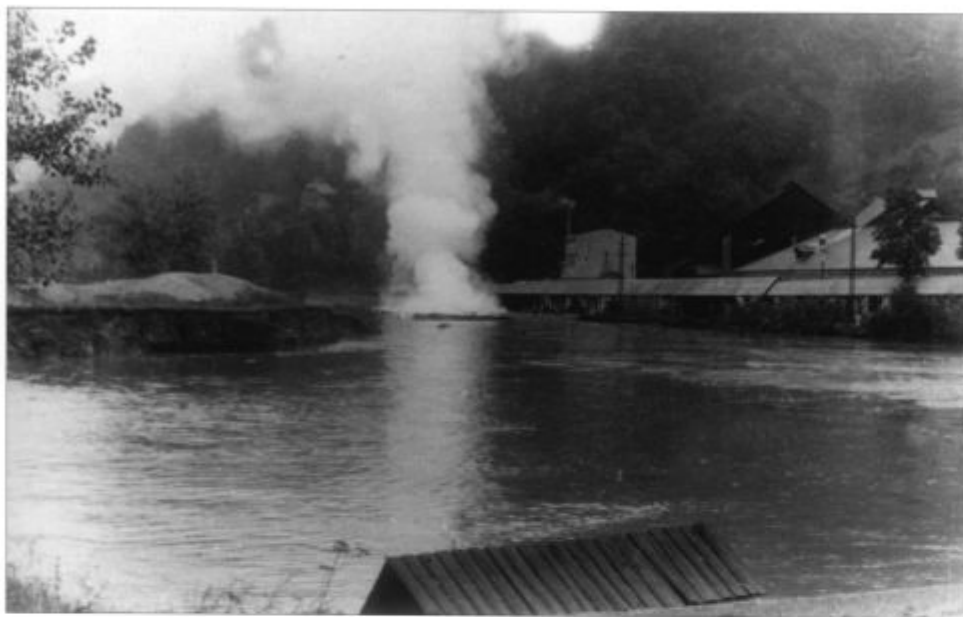
zgostitev živosrebrnih par je po zimi hitrejša in popolnejša kot poleti.

Iz Karstenovega zapisa izhaja, da proti koncu drugega in v začetku tretjega desetletja 19. stoletja izrazitejših ekoloških težav v okolici žgalnice ni bilo. To, da so v teh letih žgali rudo le pet mesecev letno, seveda ni bil 'ekološki ukrep', pač pa posledica ostre omejevalne politike Dunaja zaradi recesije na svetovnem trgu živega srebra. Delno pa so bile vzrok tudi takrat zelo slabe montan-geološke razmere v rudišču. Z novimi raziskovalnimi in odpiralnimi deli v jami so sicer začeli že leta 1819, vendar so se razmere normalizirale šele po letu 1823, ko si je celotno idrijsko jamo ogledala posebna strokovna komisija dunajskih strokovnjakov in dala napotke za nadaljnje delo (Čar, 2009).

Proizvodnja živega srebra je bila v letih od 1820 do 1846 dokaj enakomerna. V povprečju so pridelali nekaj več kot 160 ton živega srebra letno. Vendar je bilo potrebno za vzdrževanje enakomerne proizvodnje izkopati vsako leto več rude, saj se je povprečni odstotek živega srebra v rudi od 9 % okrog leta 1820 znižal na 2 % leta 1846. Prežgano rudo, ki so jo odlagali na bregove Idrijce, je voda ob poplavnih razmerah odnašala in jo odkladala v tolmunih vzdolž reke.

Ekološka katastrofa ob jamskem požaru leta 1846

3. novembra 1846 je na Hauptmannovem obzorju (VII. obzorje) v osrednjem delu idrijske jame izbruhnil požar, ki pa ga kot že leta 1803 tudi tokrat z običajnimi ukrepi niso mogli pogasiti. Ukrotili so ga šele z zaprtjem



Izsipanje žgalniških ostankov v reko Idrijco, 20. st.

vseh jaškov in napeljavajo vode v jamo. 26. novembra so odprli jaške in začeli s črpanjem jamske vode. Posebno obsežen in podroben opis dogodkov ob požaru leta 1846 je na podlagi dokumentov iz rudniškega arhiva pripravil Arko (1931).

Zaradi tragičnih posledic je požar zbudil veliko pozornost in o njem so poročali vsi pisci zgodovinskih razprav o idrijskem rudniku (Hizinger, 1860; Arko, 1931; Mohorič, 1960), vendar o morebitnih posledicah za idrijsko okolje ne poročajo. Seveda je logično, da so tudi tokrat iz rudniških vhodnih rogov in jaškov izhajali vodna para in dimni plini, nasičeni z živosrebrovimi parami. Pfeifer (1989) poroča, da so cele družine, ki so stanovale v bližini jamskih

vhodov, trpele zaradi zastrupitev s Hg hlapi. Zaradi salvacije in tremorja, ki so značilni simptomi zastrupitev z živosrebrnimi hlapi, se je zdravilo 11 rudarskih žena. Tudi tokrat so močno onesnaženo jamsko vodo spuščali neposredno v reko Idrijco. Kot kaže, pomor rib tokrat ni bil tako množičen, vendar so se limonitne prevleke nabrale daleč dolvodno na obeh bregovih Idrijce.

Tudi tokrat so neugodne ekološke razmere zaradi jamskega požara poslabšale splošne zdravstvene razmere v mestu. Vplivale so tudi na rodnost v Idriji, ki se je leta 1847 bistveno znižala v primerjavi z leti pred požarom. O morebitnem povečanju smrtnosti nimamo podatkov.

Borba za priznanje škodljivosti žgalniške dejavnosti na naravno okolje

Odškodnine, ki jih je rudnik začel leta 1788 izplačevati prizadetim posestnikom v okolici žgalnice, so v letih po požaru 1803 zaradi zmanjšanja proizvodnje in hudih varčevalnih ukrepov ukinili. Po odhodu francoskih okupacijskih vojakov iz Idrije (leta 1813) so v letih od 1814 do 1818 posestniki v dolini Idrijce ponovno večkrat brezuspešno zaprosili za rudniško odškodnino. Nato pa zaradi nizke proizvodnje in žganja le v zimskih mesecih naslednjih 20 let ni bilo pritožb o morebitni škodi pri živini in posevkih (Čar & Dizdarevič, 2004).

Po postopnem dvigu cen na svetovnem trgu živega srebra po letu 1831 so pri rudniku povečali proizvodnjo in zaradi tega podaljševali žganje rude tudi v pomlad in poletje. Leta 1837 so se posestniki v okolici žgalnice ponovno začeli pritoževati zaradi škode, ki jo povzročajo žgalniški dimni plini na travnikih, posevkih in živini, vendar rudniška uprava na odškodninske zahteve ni pristala. Borba za priznanje odšodnin se je močno izostrila sredi 19. stoletja. Leta 1848 je posestnik J. Leskovec s 35 sopodpisniki poslal pritožbo na pristojno ministrstvo zaradi škode na posevkih in predvsem živini. Ministrstvo je odgovorilo, da je pritožba neutemeljena, saj so peči v Idriji urejene tako, da prihaja do 'popolne kondenzacije živega srebra'. Ob ponovni pritožbi so zahtevali tudi analizo rdečega prahu, ki se je nabiral na oknih, policah in strehah pri hišah v okolici žgalnice. 'Natančno analizo' je pripravilo lekarniško združenje v Ljubljani. Strokovno mnenje govori, da je rdeči prah sestavljen

iz mešanice železnega oksida s smolo, odlomki stekla, delci opeke, drobirja zidnega ometa, las in slame in zato je prah povsem neškodljiv (Perger, 1873). Ta 'imenitna' analiza ljubljanskih »strokovnjakov« je bila za idrijsko rudniško upravo dolga leta temelj, da je zavračala zahtevke za povračilo škode na posevkih in živini.

V dolgem recesijskem obdobju po letu 1850 je rudnik ponovno zmanjšal pridobivanje. Proizvodnja je bila do leta 1866 dokaj stalna in je znašala okoli 190 ton. Rudo so žgali le v zimskih mesecih. O tem poroča tudi novinar in pisatelj G. A. Henty, ki je oktobra leta 1866 obiskal Idrijo in si ogledal rudnik. Obrati za pridobivanje živega srebra stojijo na razdalji okrog ene milje iz mesta, toda peči v tem delu leta ne obratujejo, saj so hlapi tako zelo strupeni, da bi bila vegetacija in tudi živina, ki se z njo hrani, zaradi njih zelo poškodovana. Dela zato potekajo samo pozimi, ko hlapi padajo na površino snega in so sprani šele spomladi, ko se sneg začne taliti, (prevod: Metka Petrič, Idrijski razgledi 47/2, 2002). O učinkovitosti kondenzacijskih komor ni imel dobrega mnenja, saj je menil: *To je očitno narejeno zelo pomanjkljivo, saj bi se drugače po okolici razširjali dosti manj škodljivi hlapi, kot sedaj.*

Z dvigom proizvodnje živega srebra leta 1867 so se poslabšale tudi ekološke razmere in v letih od 1867 do 1871 so se ponovno začele pritožbe in upravičene zahteve za uvedbo odškodnine. Rudniška uprava je vse zahteve zavračala z ugotovitvami, '... da dim vpliva na okolico predvsem s smradom' in 'izkušnje kažejo, da se Hg hlapi zelo hitro usedajo' (Perger,

1873). V takratnih deželnih časopisih je bila idrijska ekološka problematika velikokrat opisana. Pravo težo v javnosti pa je dobila šele z odličnim analitičnim člankom prof. H. Pergerja, ki je leta 1873 v strokovnem časopisu »Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen« v sedmih nadaljevanjih strokovno javnost seznanil z ekološkimi težavami v Idriji. Analiziral je dolgoletno 'borbo' posestnikov v širši in bližnji okolici idrijske žgalnice za priznanje škodljivosti s Hg hlapi nasičenih dimnih plinov in njihove upravičene zahteve po odškodnini. Razkril je prozorno, desetletja trajajoče sprenevedanje rudniške uprave, ki je imela podporo pristojnega ministrstva in višjega rudarskega urada v Celovcu. Čeprav je uprava v privatnem pismu Pergerju menila, ... da bodo morali oblikovati teoretsko mnenje na podlagi znanstveno-kemičnih raziskav rude in topilniškega dima in da bodo morali uvesti boljše načine žganja' (Perger, 1873), je rudniška uprava šele na začetku osemdesetih let opustila nevzdržno mnenje o neškodljivosti žgalniških plinov in pričela leta 1881 plačevati prizadetim posestnikom namesto odškodnin redne letne »podpore«.

Novi ekološki problemi

Kot smo že omenili, je sredi štiridesetih let 19. stoletja ruda v povprečju vsebovala 2% živega srebra. V sledečih letih je vsebnost v izkopsnini nezadržno padala in konec stoletja znašala le še 0,66. V tem času pa se je bistveno povečala količina pridobljenega srebra. Za tako koreniti dvig proizvodnje je bilo seveda potrebno stalno modernizirati žgalniške postopke, večati število peči ter

dvigati količino izkopane rude. Vso prežgano rudo so odlagali na brežini bližnje Idrije. Razumljivo je, da so se močno poslabšale ekološke razmere vzdolž reke, pospešeno pa se je nadaljevalo tudi onesnaževanje reke Soče in Tržaškega zaliva z živim srebrom. Problem onesnaževanja okolja z vedno večjimi količinami prežgane rude se je stopnjeval vse do 70. let 20. stoletja, ko so Rudniku končno prepovedali odlagati žgalniške ostanke v Idrijo.

Selitev žgalniških peči na desni breg Idrije je potekala postopoma do leta 1880. Zgradili so tudi dimnik visoko v pobočju hriba Golica nad žgalnico. S tem so se ekološke razmere v neposredni okolici sicer izboljšale, vendar so se odslej zaradi stalnih vetrov plini širili daleč po dolini Idrije. Ob slabih vremenskih pogojih pa je bila zadimljena tudi celotna Idrijska kotlina. Danes ugotavljamo občutno onesnaženje v podstrešnem prahu in prsti še vsaj 10 km vzdolž Idrije (Gosar & Šajn, 2001).

V drugi polovici 19. stoletja se je zaradi večanja obsega odkopavanja že pokazala tudi nova težava – posedanje terena nad idrijsko jamo. Problem ni bil zanemarljiv, saj leži dobršen del rudnika neposredno pod naseljenim obrobjem mesta. Prve hiše in rudniške stavbe so morali na širšem območju lesnega skladišča Barbare, Smukovega griča (Rudni grič) in Pronta podreti že koncem 19. stoletja. Jašek sv. Terezije so l. 1912 zasuli in veliki dimnik podrl, ker se hrib ponižuje, je zapisal Arko (1931). Pogrezanje terena nad jamo je bilo posebno intenzivno v 70. in 80. letih 20. stoletja, saj je znašalo ponekod celo 10 cm na leto. Po prenehanju del v jami in



Pri izdelavi živosrebrovega oksida so se sproščali rumenordeči nitrozni plini (dušikovi oksidi), ki so včasih prekrili del Idrije (1973).

začetku zapiralnih del leta 1988 se je posedanje postopno umirjalo in danes znaša do največ 12 mm.

Vpliv rudarjenja na okolje v 20. stoletju

Koncem 19. stoletja je rudniška uprava opustila mnenje, da žgalniški dim ni nevaren za okolico. Dokaz za to so bile ugotovitve raziskav leta 1877 (Mohorič, 1960, Pfeifer, 1989, Kavčič, 2008), vendar so škodo zaradi onesnaževanja z dimnimi plini na začetku 20. stoletja poravnavali z manjšimi odškodninami le lastnikom zemljišč v neposredni bližini žgalniškega dimnika (Pfeifer, 1989). Rudniška uprava pa je leta 1895 zanikala, da bi ugaski, ki se kopičijo ob bregu Idrije pri žgalnici, ogrožali čistost vode, češ da je v ugaskih »vsa topljiva masa odstranjena«, o neoporečnosti pa pričajo tudi ribe, ki žive v njej (Pfeifer, 1989).

Prva polovica 20. stoletja je bila zaznamovana z delavskimi gibanji, dvema svetovnima vojnima (1914–1918 in 1939–1945) in svetovno gospodarsko krizo (1933–1939), ki so za idrijski rudnik pomenili počasen upad proizvodnje živega srebra, vendar je kljub temu v zadnjem obdobju pred prvo svetovno vojno, v letu 1913, proizvodnja

živega srebra dosegla 820 ton – količino, ki je pri rudniku niso nikoli več presegle niti dosegli (Mlakar, 1974). Skrb za okolje je bila v tem obdobju postranskega pomena, reševalo se je krizo življenjskega standarda delavstva. Za to obdobje lahko govorimo o prizadevanjih za zmanjšanje vpliva živega srebra na rudarje in žgalničarje, vendar tudi o popolni nezainteresiranosti, da ne rečemo socialistični ignoranci za okolje in idrijske prebivalce. Na ljudi in okolje so vplivali topilniški dimni plini, ki so Idrijo prekrili ob vsakem slabem vremenu, žgalniške ostanke (halda) se je razvažalo in uporabljalo za posipe cest in nasutja drugih površin, na teh nasipih so se gradili industrijski in stanovanjski objekti, ljudje so bili neozaveščeni o škodljivosti živega srebra. Živo srebro so hranili doma skoraj v vsaki hiši v stekleničkah, ki pa se je velikokrat po nesreči tudi izlilo. Na Prontu so vrtnine sadili neposredno v samorodnih skrilavcih in nenazadnje so se rudarji po delu v rudniku še vedno umivali doma ter doma tudi prali rudarske delovne obleke.

Dediščina vojne in okupacije v idrijskem rudniku, v jami in izven nje je bila po osvoboditvi aprila 1945 huda. V obdobju povojne obnove so bili vsi naporii usmerjeni v porušene, med vojno zbombardirane objekte in naprave (Mohorič, 1960).

Razmah povojnih sindikalnih gibanj in ustanavljanje prvih delavskih svetov je tudi pri idrijskem rudniku pomenilo uvedbo delavskega samoupravljanja (1950). V obdobju po letu 1956 in ponovne večje proizvodnje živega srebra do leta 1970, so obnovili tehnološki proces, modernizirali sistem dela v jami, koncentrirali prevoz v jami in preuredili zunanji transport, zgradili novo separacijo nad žgalnico, izboljšali predelavo drobnih rud in povečali količinsko zmogljivost topilnice. Sočasno so povečali skrb za delovnega človeka in povečali varnost, zdravstveno zaščito in higienske razmere v rudniških obratih. Okolje ostaja v tem času nekako postranski problem oziroma se zanj sploh ne zanimajo, dokler leta 1968 v ZDA niso objavili izsledkov večletnih raziskav o vplivu živega srebra in njegovih spojin na okolje in ljudi. V 60. letih so bile namreč ugotovljene velike količine živega srebra v ameriških rekah. Poleg objavljenih izsledkov so na strupenost tega elementa, in to predvsem zaradi njegovih organskih spojin, še dodatno opozorile množične zastrupitve, trajne poškodbe in smrtni primeri na Japonskem (Minamata 1956, Niigata 1965) in Iraku (1972). Množične zastrupitve ljudi z organskimi živosrebovimi spojinami so istočasno sprožile mednarodno povezane

raziskave o škodljivem vplivu le-tega na okolje, o njegovi strupenosti za živi svet in o preoblikovanju anorgansko vezanega v bolj strupene oblike organsko vezanega živega srebra, v tako imenovane metil-živosrebrove spojine. Raziskave vplivov proizvodnje živega srebra na okolje v Idriji so imele svoje zametke v rudniški reorganizaciji leta 1965 (Kavčič, 1996). V 70. letih (1969–1974), ko je bila proizvodnja živega srebra v idrijskem rudniku na višku, je raziskovalna skupina takratnega Odseka za nuklearno kemijo Instituta Jožef Stefan iz Ljubljane skupaj z Raziskovalno enoto Rudnika živega srebra Idrija pričela intenzivno raziskovati ekološki ciklus Hg na področju Idrije (Miklavčič, 1996), hkrati pa so se že tudi izvajale natančnejše in sistematizirane meritve premikov in posedanj na vplivnem območju rudnika.

Rudarska škoda

Odškodnine za t. i. »rudarsko škodo« zaradi posledic rudarjenja so v 20. stoletju pričeli pri rudniku izplačevati malo pred letom 1965, verjetno takoj, ko je nastopila konjunktura in je imel Rudnik več denarja. Konec leta 1968 oz. na začetku 1969 so morali na hitro izprazniti Hladnikovo hišo v Prontu, ki se je nato v nekaj dneh sesula vase. Od takrat so se prizadeti lastniki začeli bolj resno pritoževati zaradi poškodb na hišah. V 70. letih prejšnjega stoletja pa je že delovala Komisija za rudarsko škodo, ki je enkrat letno – po potrebi tudi večkrat – pregledala stanovanjske hiše in ocenila napredovanje širjenja razpok itd. O tem, koliko naj kdo dobi odškodnine, pa ni odločala komisija, temveč 'rudniški kolegij'. Do leta 1977, ko se



Pront v letih 1976 in 2009



je rudnik začasno zaprl, se je rudarska škoda redno izplačevala. Lastniki so prejeli letne odškodnine, bivanjsko neprimerne hiše pa so nadomeščali z novogradnjami izven vplivnega območja rudnika. Leta 1980 je rudnik od države prejel celo namenska sredstva za izplačilo iztožene rudarske škode.

Leta 1992 je bil pri idrijskem rudniku izdelan elaborat o rudarski škodi na objektih in infrastrukturi na eksploatacijskem območju. Po posebnem programu se je v letu 1996 rudarska škoda pričela izplačevati. V okviru kasnejšega Programa sanacije Rudnika se je pokazala tudi potreba po sanaciji in ureditvi površin nad rudiščem, ki jih elaborat iz leta 1992 ni obsegal. Študija je zajela predel Pronta, oporni zid med Antonijevim rovom in avtobusno postajo, lesno skladišče Barbara, Smukov grič, območje Lenštata in Kalvina. Ugotovljene poškodbe terena in komunalnih naprav – ceste, vodovod, kanalizacija, oporni zidovi – so bile nato delno vključene v *Program spremljave zapiralnih del* (inklinometriške meritve), delno pa v *Program vzdrževanja nezalitega dela jame in monitoronga po končanih zapiralnih delih v Rudniku živega srebra Idrija v zapiranju d.o.o. za obdobje 2008-2012*. Ne glede na to pa menimo, da bi bilo potrebno elaborat o rudarski škodi iz leta 1992 ponovno pregledati in finančno ovrednotiti, predvsem zaradi novo nastalih poškodb na objektih in komunalnih napravah po letu 1992.

Zaključek

V prispevku smo nanizali nekaj najzanimivejših, kronološko opisanih dejstev zavedanja o škodljivih vplivih živega srebra

na okolje v Idriji. Po letu 1970 so se raziskave živega srebra pospešeno nadaljevale, vendar še na podlagi znanstvenih pristopov.

Literatura:

- **Agricola, G.:** De Re Metallica. Basileae 1556. (Nemški prevod: Carl Schniffer, 1928, Berlin, izdala Agricola – Gesellschaft beim Deutschen Museum).
- **Arko, M.:** Zgodovina Idrije. Gorica, 1931.
- **Čar, J.:** Razmere v idrijski jami v času francoskih zasedb in v prvih letih po odhodu Francozov iz Idrije. Idrijski razgledi 54/1, 64-76, Idrija, 2009.
- **Čar, J., Dizdarevič, T.:** Pisna poročila o vplivu rudarjenja na naravno okolje v Idriji do konca 18. stoletja. Idrijski razgledi 1/2003, 14-26, Idrija, 2003.
- **Čar, J., Dizdarevič, T.:** Written reports on the effects of mining activities on the natural environment in Idrija in the 19th Century. Winkler Prins & Donovan. Proc. VII Int. Symp. 'Cultural Heritage in Geosciences, ... Scripta Geol., Spec. Issue 4, 35-44, Leiden, 2004.
- **Čar, J., Terpin, R.:** Stare žgalnice živosrebrne rude v okolici Idrije. Idrijski razgledi 50/1, 80-105, Idrija, 2005.
- **Gestrin, F.:** Slovenske dežele in zgodnji kapitalizem. Slovenska matica Ljubljana, 1991.
- **Gosar, M., Šajn, R.:** Mercury in soil and attic as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia) – Živo srebro v tleh in podstrešnem prahu v Idriji in okolici kot posledica orudenja in rudarjenja. Geologija, 44/1, 137-159, Ljubljana, 2001.
- **Hacquet, B.:** Beobachtungen und heilungsmethoden einzelner Hornviehkrankheiten, welche durch Gifte aus den drei Reichen der Natur verursacht werden. Sammlung nützlicher Unterrichte. Leibach, 1779.
- **Hacquet, B.:** Oryctographia Carniolica oder Physikalische Erdbeschreibung des Herzogtums Krein, Istrien und zum Theil der benachbarten Länder. II Theil, 33-157, Leipzig, 1781. (Slovenski prevod: Jože Pfeifer, 1989, neobjavljeno)
- **Henty, G. A.:** 1866 (prevod M. Petrič): Ilirija. Idrijski razgledi, 47, 2002/2, 154-156, Idrija, 2002.
- **Hizinger, P.:** Das Quecksilber Bergwerk Idria, von seinem Beginne bis zur Gegenwart. 86, Lailbach, 1860.
- **Kavčič, I.:** O ustanavljanju laboratorija za analizo delovnega okolja RŽS Idrija in o delu v njem med letoma 1965 in 1977. Zbornik referatov Idrija kot naravni in antropogeni laboratorij (srečanje raziskovalcev): Živo srebro kot glavni onesnaževalec, Idrija, 1996.
- **Kavčič, I.:** Živo srebro. Zgodovina idrijskega žgalništva, Založba Bogataj, Idrija 2008.
- **Karsten, C. J. B.:** Metallurgische Reise durch einen Theil von Baiern und durch die süddeutschen Provinzen Oesterreichs. 257-295, Halle, 1821.
- **Keyssler, J. G.:** Neueste Reisen durch Teutschland, Böhmen, Ungarn, die Schweiz, Italien und Lotharingen, worin der Zustand und das Merkwürdigste dieser Länder beschrieben und vermittelt der natürlichen, gelehrten und politischen Geschichte der Mehanik, Mahler-, Bau- und Bildhauerkunst, Münzen und Alterthümer mit verschiedenen Kupfern erläutert wird. Förster, Hannover, 1740/41. (Slovenski prevod: Metka Petrič, Idrijski razgledi 41/2, 1996).
- **Lesky, E.:** Arbeitmedizin im 18. Jahrhundert. Werkartz und Arbeiter im Quecksilberbergwerk Idria. Wien, 1956.
- **Miklavčič, V.:** Mercury in the Idrija region. Proceedings of the meeting of researchers entitled Idrija as a natural and anthropogenic laboratory : mercury as a major pollutant, May, 24 and 25, 1996, Idrija, Slovenia. Idrija: Mercury Mine, 1996.
- **Mlakar, I.:** Uporaba živega srebra. Idrijski razgledi, 18/2, 1974.
- **Mohorič, I.:** Rudnik živega srebra v Idriji. Zgodovinski prikaz nastanka, razvoja in dela 1490–1960. Mestni muzej Idrija. Idrija, 1960.
- **Pfeifer, J.:** Zgodovina idrijskega zdravstva. Zdravstveno in socialno varstvo idrijskih rudarjev v preteklih stoletjih. Mestni muzej Idrija, 215 pp, Idrija, 1989.
- **Perger, H.:** Ueber die Schädlichkeit des idrianer Hüttenrauches. Oesterreichische Zeitschrift für Ber- und Hüttenwesen: 21, 1873.
- **Petrič, M.:** Ilirija. Idrijski razgledi, 47/2: 154-156, Idrija, 2002.
- **Pope, W.:** Extract of a Letter, lately written from Venice by the Learned Doctor Walter Pope, to the Reverend Dean of Rippon, Doctor John Wilkins, concerning the Mines of Mercury in Friuli. Philosophical Transactions, 1-2/1, 21-26, London, 1665.
- **Rassell, J.:** Tour in Germany and some of the southern provinces of the Austrian Empire, in the years 1820, 1821, 1822 in two volumes (vol.2), Edinburgh, 1825.
- **Scopoli, G. A.:** De Hydrargyro Idriensi. Tentamina physico-chemico-medica. Venetiis, 1761. (Nemški prevod: Karl Meidinger, Physikalisch-chemische Abhandlung vom Idrianischen Quecksilber und Vitriol. Aus den Werken des Hrn. Prof. Scopoli. München, 1786; Slovenski prevod: Jože Pfeifer, 1989).
- **Scopoli, G. A.:** Anfangsgründe der Metallurgie. Mannheim, 1784.
- **Verbič, M.:** Idrijski rudnik do konca 16. stoletja. Inavguralna disertacija, Ljubljana, 1965.

Abstract

HISTORICAL DESCRIPTIONS OF THE CONSEQUENCES OF MERCURY EXCAVATION AND EXTRACTION ON THE NATURAL ENVIRONMENT IN IDRIJA FROM THE 16TH TO THE FIRST HALF OF THE 20TH CENTURY

The Idrija ore deposit holds a special place among mercury deposits because the native mercury-containing rocks lie directly on the surface. This is the basic reason for the development of specific environmental conditions in Idrija. From the very beginning of mining activities in the area, the effects of primary geogenic mercury (evaporization of native mercury from Carboniferous shale) and secondary anthropogenic mercury pollution caused by mining and excavation works have accumulated. Throughout history, the primary and secondary mercury compositions have been closely interwoven, bringing enormous environmental consequences for the population and environment of Idrija. Considerable information on mercurialism among miners of the Idrija Mine in the 16th and 17th centuries has been preserved in official mine documents. However, the knowledge about the effects of ore mining and processing on the natural environment and population of the town of Idrija and its surroundings developed much more slowly (Čar, Dizdarevič, 2002).

The published reports of occasional visitors to Idrija in the 17th century already contain the first remarks on the harmful effects of smoke gases on the environment in the vicinity of smelteries. It is evident from their contents that they relate primarily to damage caused to vegetables, fodder and livestock. Of major significance for evaluating the growing awareness of the harmful effects of mercury and smelting gases on the environment are the reports from the 18th century (Keyssler, Scopoli, Hacquet). Due to the exceptional rise in mercury production after 1785, the environmental conditions in the surroundings of the smeltery

deteriorated rapidly. Landowners in the nearby and broader surroundings of the facility complained of the damage caused to land, crops and livestock. The Mine recognized the damage and began to pay indemnity in 1788. To our knowledge, the payment of indemnity represents the first »environmental annuity« that began to be paid regularly for several years in the region of Carniola (Čar, Dizdarevič, 2002).

In the first half of the 19th century, the environmental conditions in the Idrija Mercury Mine and its broader surroundings were strongly affected by two disastrous pit fires (1803, 1864). The fire spread rapidly and on both occasions could only be extinguished by flooding of the pit. The consequences were extensive poisonings with toxic mercury vapours, not only among those miners who participated in the fire's extinction and later in the rehabilitation of the pit, but also among the inhabitants of Idrija. Entire families who lived in the vicinity of mine shafts suffered from the consequences of mercurialism. In those years, the mortality rate in Idrija rose substantially, and the birth rate declined. During rehabilitation of the mine, highly polluted water was released directly into the Idrija River, killing large numbers of fish (Russell, 1825; Pfeifer, 1989).

The indemnities paid out by the Mine in 1788 to affected landowners in the vicinity of the smeltery were abolished in the years following the 1803 fire due to reduced production.

After 1835, mercury prices took an upward turn, allowing the mine to gradually increase its production. The dumping of increasingly larger quantities of ore-burning residues directly into the Idrija River led to strongly deteriorating environmental conditions in the river and along its banks. Simultaneously with the growth of production, landowners repeatedly began to complain about the damage caused by smelting gases to meadows, crops and livestock. However, the Mine Administration did not recognize their

indemnity claims.

It was not until the early eighties that the Mine Administration finally abandoned its untenable opinion on the harmlessness of smelting gases, and in 1881 began to pay affected landowners a regular yearly »support« in place of indemnity (Pfeifer, 1989). But in this period a new problem emerged – the sinking of ground above the pit, which, alongside the harmful effects of smoke gases, remained the focus of attention for the next hundred years (Čar, Dizdarevič, 2003).

The first half of the 20th century was marked by labour movements, two world wars (1914-1918 and 1939-1945), and a world economic crisis (1933-1939), which led to the gradual decline in mercury production in the Idrija mine. Nevertheless, in the last period before the First World War, i.e. 1912, the mercury output attained 820 tons, a volume that was never again surpassed nor attained in the mine (Mlakar, 1974). Concern for the environment was of secondary importance in this period, when solutions were being sought for the crisis in the working class's standard of living. In this period, the environment somehow remained a secondary problem and was not a subject of interest until 1968, when the findings of a study of the impact of Hg and its compounds on the environment and humans, conducted over a period of several years, was published in the USA. In addition to the published findings, the toxicity of this element, in particular its organic compounds, became evident in the mass poisonings, permanent injuries and deaths in Japan (Minamata 1956, Niigata 1965) and Iraq (1972). Mass poisonings of the population with organic Hg compounds simultaneously triggered internationally linked studies on the harmful impacts of Hg on the environment, its toxic effects on the living world, and the transformation of inorganically bound mercury into more toxic forms of organically bound Hg, i.e. the so-called methyl mercury compounds (MeHg). Studies of the impacts of mercury production on the environment

in Idrija were first begun during the reorganization of the mine in 1965 (Kavčič, 1996). In the seventies (1969-1974), when Hg production in the Idrija mine was at its peak, a research group from the then Nuclear Chemistry Department of the Jožef Stefan Institute from Ljubljana, in cooperation with the Research Unit of the Idrija Mercury Mine, began to intensively investigate the ecological cycle of Hg in the Idrija region (Miklavčič, 1996). At the same time, more accurate and systematic measurements of movements and subsidence in the impacted area of the mine – the town of Idrija – began to be intensively conducted. A compensation for »mining damage« caused by mining activities to buildings and infrastructure in the exploitation area of the mine began to be paid out by the Mine in the 20th century, just before 1956, as soon as production took an upward turn and the Mine had more resources.

Jože Kotnik, Milena Horvat

ŽIVO SREBRO V IDRIJI IN NJENI OKOLICI JE LAHKO TUDI NARAVNEGA IZVORA

Živo srebro je element z edinstvenimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi. Tako je na primer edina kovina, ki je v elementarnem stanju pri sobni temperaturi tekoča ter tvori pri tej temperaturi amalgame z nekaterimi drugimi kovinami, kot sta zlato in platina. Zaradi teh lastnosti je bila ta kovina v preteklosti, in je tudi še danes, zelo cenjena ter iskana in uporabljana pri različnih človekovih dejavnostih. Žal ima poleg dobrih tudi slabe lastnosti. Predvsem je problematična njegova strupenost, sposobnost kopičenja v organizmih in prehranskih verigah. V okolju zelo lahko spreminja fizikalno in kemično obliko. Pri pretvorbi, kot je na primer metilacija, se s pomočjo organskih in anorganskih procesov tvorijo izredno strupene spojine metil živega srebra (CH_3Hg^+). Danes emisije živega srebra v okolje v glavnem povezujemo s človekovimi dejavnostmi, kot so rudarstvo in predelava rud, izgorevanje fosilnih goriv, proizvodnja energije in transport. Ker je v okolju izredno mobilno, zelo lahko prehaja v atmosfero ter se prenaša na velike razdalje, ga smatramo

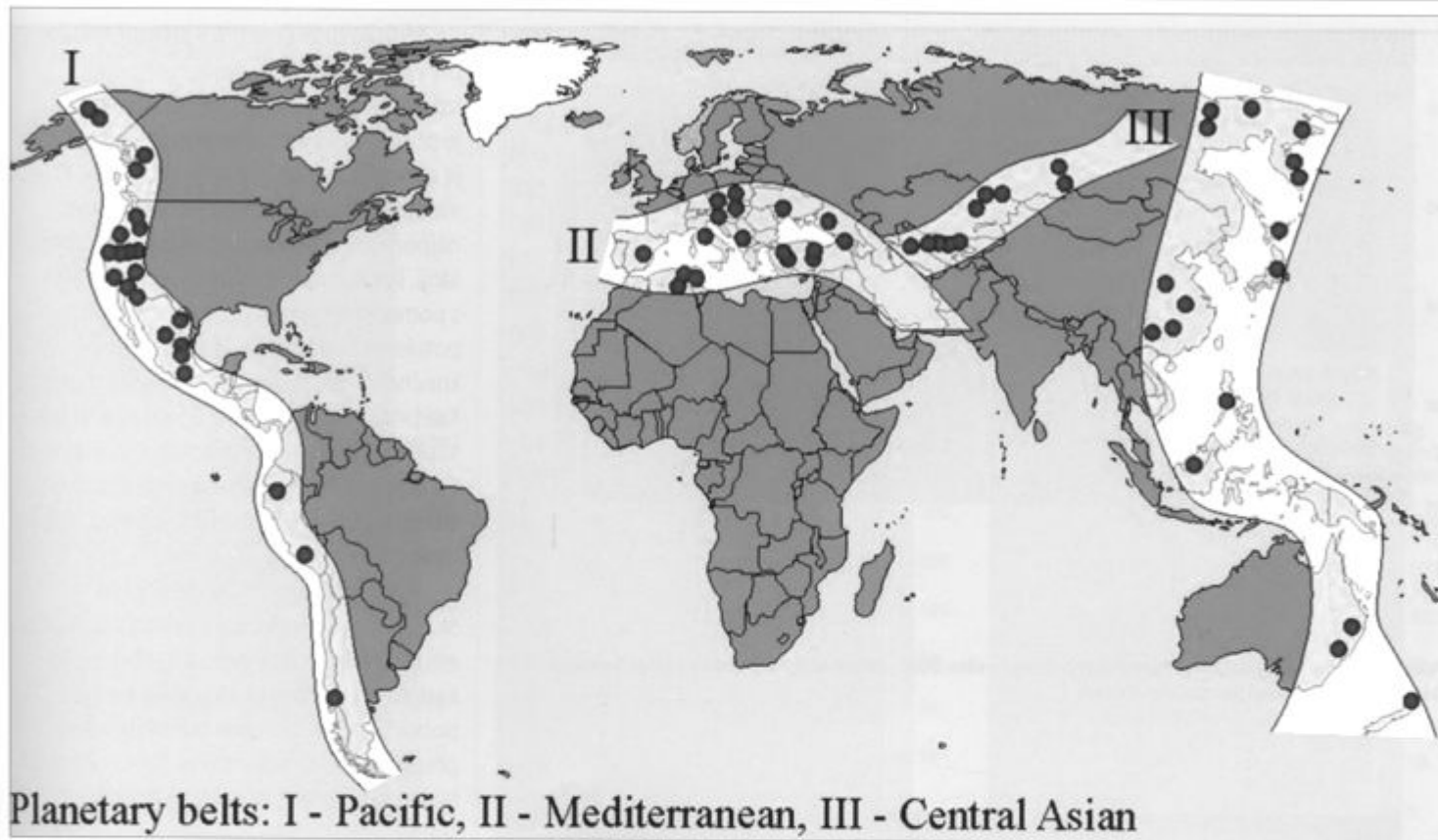
kot globalnega onesnaževalca. Prisotno je v različnih koncentracijah v vseh ekosistemi povsod po svetu.

Prisotnost živega srebra v okolju pa ni le posledica človekove dejavnosti, temveč je lahko tudi popolnoma naravnega izvora. Naravni viri so različni. V grobem jih delimo na geološke in negeološke, kamor prištevamo gozdne požare ter izhlapevanje iz tal in vodnih površin. Geološki viri so predvsem vulkanske emisije, hidrotermalna, tektonska in potresna dejavnost in izhlapevanje ter erozija površinskih živosrebrih obogatitev in orudenj. Naravne emisije do sedaj še niso bile podrobno raziskane, prav tako tudi ne poznamo vseh mehanizmov, ki jih povzročajo. Znano pa je, da so v primerjavi z antropogenimi dokaj visoke, saj različni avtorji ocenjujejo, da predstavljajo od tretjine do polovice vseh globalnih emisij, kar znaša nekje med 2000 in 5000 tonami letno (Mason in sod. 1994, UNEP, 2008).

Na našem planetu poznamo območja z naravno povišanimi vsebnostmi živega

srebra v tleh. Gre za tri velika področja, ki so povezana z robovi in stiki tektonskih plošč. V obeh Amerikah se preko celotnega področja Andov od Aljaske na severu do Ognjene zemlje na jugu vije Pacifiški pas, kjer gre za stik Pacifiške tektonske plošče s Severnoameriško in Nazca plošče z Južnoameriško. Na vzhodu se vije Azijski pas preko vzhodne Sibirije, Kamčatke, Japonske in vzhodne Kitajske do vzhodne Avstralije. Tu imamo stike Pacifiške plošče z Evrazijsko in Indoavstralsko. Za nas je najpomembnejši Sredozemski pas, ki se vije preko Španije, Apeninskega polotoka, centralne Evrope in Balkana do Turčije, kjer se odcepi severovzhodno do centralne Sibirije. Sredozemski pas leži na stiku Afriške in Evrazijske tektonske plošče. V teh treh pasovih poteka tudi najmočnejša tektonska dejavnost vključno z najaktivnejšimi vulkani in najmočnejšimi svetovnimi potresi.

Območje Sredozemlja je z živim srebrom najbolj obogateno območje na našem planetu, saj sta na površini enega odstotka celotnega planeta kar

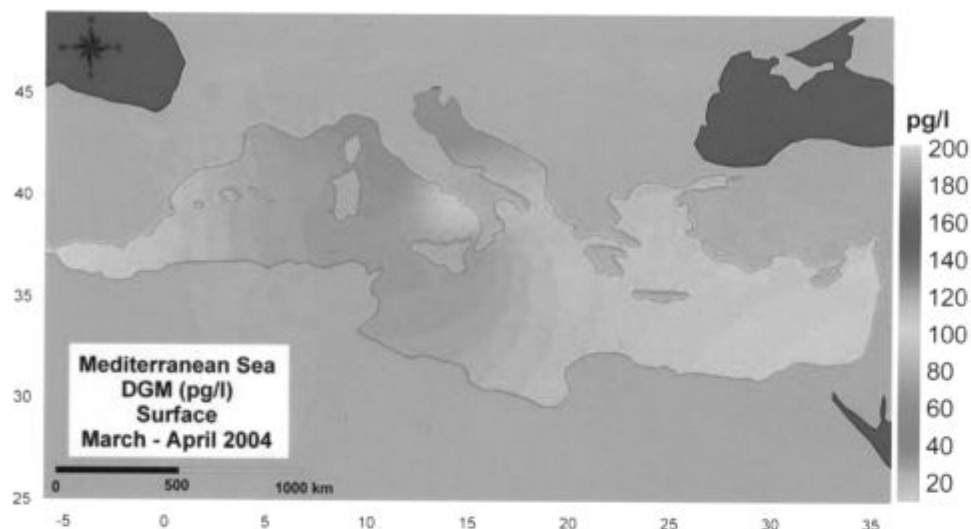


Planetary belts: I - Pacific, II - Mediterranean, III - Central Asian

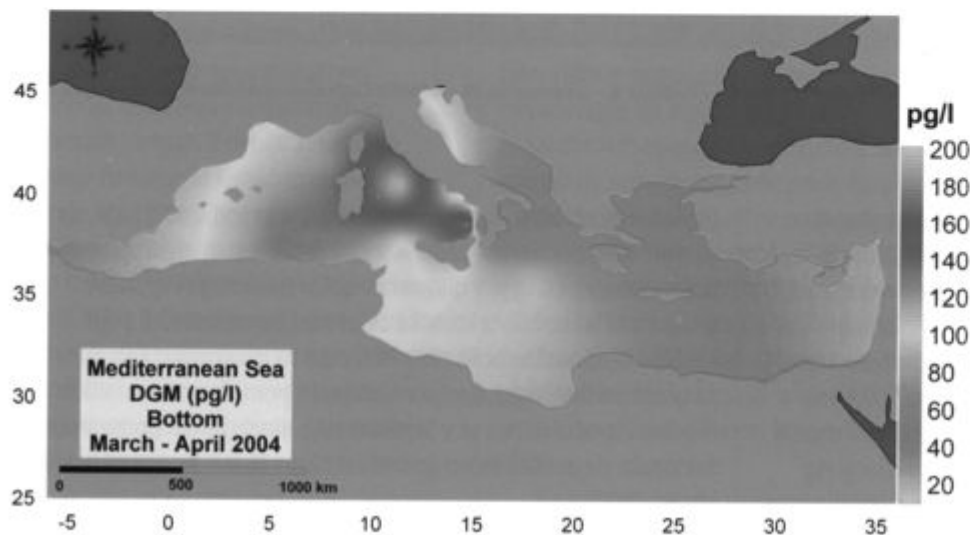
Območja z naravno povišanimi koncentracijami živega srebra v okolju. Delimo jih v tri pasove: I. – Pacifiški, II. – Sredozemski, III. – Azijski in Centralnoazijski. Območja sovpadajo s stiki večjih tektonskih plošč ter povečano seizmično in vulkansko aktivnostjo.

dve tretjini svetovnih živosrebranih zalog. V tem pasu se nahajajo tudi največja svetovna rudišča, kot so Almaden v Španiji, Idrija in Amiata v Italiji. Koncentracije Hg v vodah Sredozemskega morja se lokalno spreminjajo v odvisnosti od vodnih mas ter lokalnih virov Hg. Najvišja koncentracija Hg je bila izmerjena v Sicilijanskem prelivu (~0.7 ng/l) ter v Tržaškem zalivu, kar je posledica 500-letne zgodovine rudarjenja v Idriji. Kljub temu da so vsebnosti Hg v morski vodi zelo primerljive z drugimi oceani, pa obstajajo v speciaciji Hg bistvene razlike. Voda v Sredozemlju vsebuje veliko več raztopljenega plinastega in organskega Hg. Razporeditev različnih oblik Hg v vodi

(Kotnik in sod., 2007) in sedimentu (Ogrinc in sod. 2007) kaže, da je glavni vir Hg podvodna geotektonska dejavnost in njeni spremljajoči pojavi. Izhajajoči Hg je v glavnem v obliki plinastega Hg⁰, kljub temu pa bi lahko bila tektonska dejavnost povezana tudi z viri metilne in dimetilne oblike Hg. Nedavno so raziskovalci Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani s pomočjo računalniških modelov izračunali, da se v Sredozemsko morje zaradi podmorske tektonske dejavnosti letno sprosti od 12 do 20 ton živega srebra (Rajar in sod. 2007).



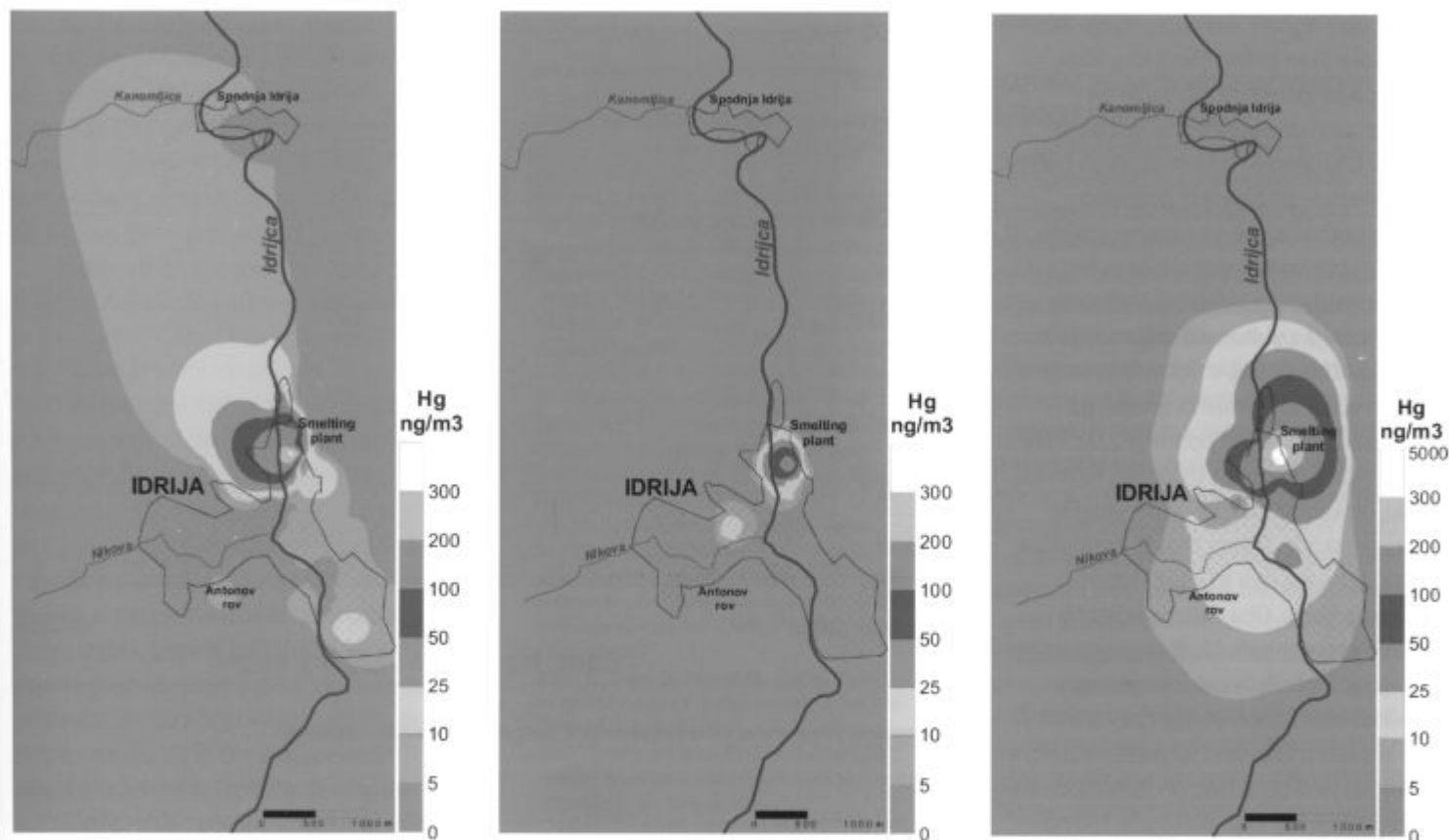
Primerjava koncentracij raztopljenega plinastega živega srebra (DGM – dissolved gaseous mercury (angl.)) v vodah Sredozemskega morja na površini in nad dnom



Idrijsko rudišče je v svetovnem merilu prav poseben primer, saj le redko kje izdaja na površino orudjenje, v katerem je prisotno elementarno živo srebro. Tako je območje Pronta z izdanki skrilavcev, ki vsebujejo kapljice živega srebra, gotovo najpomembnejši naravni vir živega srebra v Idriji. Tukaj živo srebro izhlapeva v ozračje, s pomočjo erozije se prenaša v bližnje potoke in hudournike, Idrijco, Sočo in končno v Tržaški zaliv ter Jadransko morje. Kot pripoveduje legenda o Škafarju, so bile kapljice živega srebra prisotne v izvirski vodi. Če legenda drži, brez naravnega vira živo srebro v Idriji sploh ne bi bilo odkrito. Vsaj v tistih časih ne.

V geološki zgodovini, daleč pred Škafarjem, je reka Idrijca s pritoki s pomočjo erozije v takratno planoto vrezala Idrijsko kotlino in dolino reke Idrijce. Pri tem je s pobočij kotline in doline odnašala veliko preperle matične kamnine. Samo ugibamo lahko, kakšne so bile količine živega srebra, odnesenega iz Pronta (in mogoče še kakšnega orudjenja), ter koliko je tega končalo v Tržaškem zalivu oziroma južneje na severni obali tedanjega Jadranskega morja. Gotovo pa so bile te količine izredno velike, verjetno celo veliko večje kot tiste, ki jih je pridelal človek v petsto in nekaj letih rudarjenja na tem področju. Prav gotovo ga je veliko tudi izhlapelo v zrak.

V Idriji in njeni okolici je prisotna še ena zanimiva geološka tvorba, ki vpliva na naravne emisije živega srebra v okolje. Gre za Idrijski prelom, ki poteka v tipični dinarski smeri severozahod-jugovzhod od Kaninskega pogorja preko Idrije do Gorskega



Koncentracije živega srebra v zraku v Idriji in njeni okolici (po D. Kocman, 2007)

Kotarja. Prelomni sistem leži pod mestom in seka z živim srebrom bogato Idrijsko rudišče, ki je ob prelomu premaknjeno za okoli dva kilometra (Gosar 2007). Idrijski prelom je med aktivnejšimi v Sloveniji. Predvidoma se je ob njem leta 1511 zgodil najmočnejši potres v znani zgodovini na ozemlju Slovenije. Zaradi povečane razpokanosti ter posledično povečane poroznosti in prepustnosti kamnine delujejo aktivni prelomi kot drenaža iz zemeljske skorje. Skozi razpoke prodirajo

proti površju plini in voda. Migracija plinov in vode proti površju je posledica kompliciranih radiogenih, termalnih in geodinamičnih procesov v zemeljski skorji. Tektonske napetosti še povečujejo porni pritisk plinov in vode ter tako vplivajo na njihovo migracijo proti površini. V največji meri je v teh plinih prisoten ogljikov dioksid, pomešan z dušikom, metanom in vodikom. Prisotne so še manjše količine žlahtnih plinov (radon, neon, argon, helij) in lahkih kovine živo srebro,

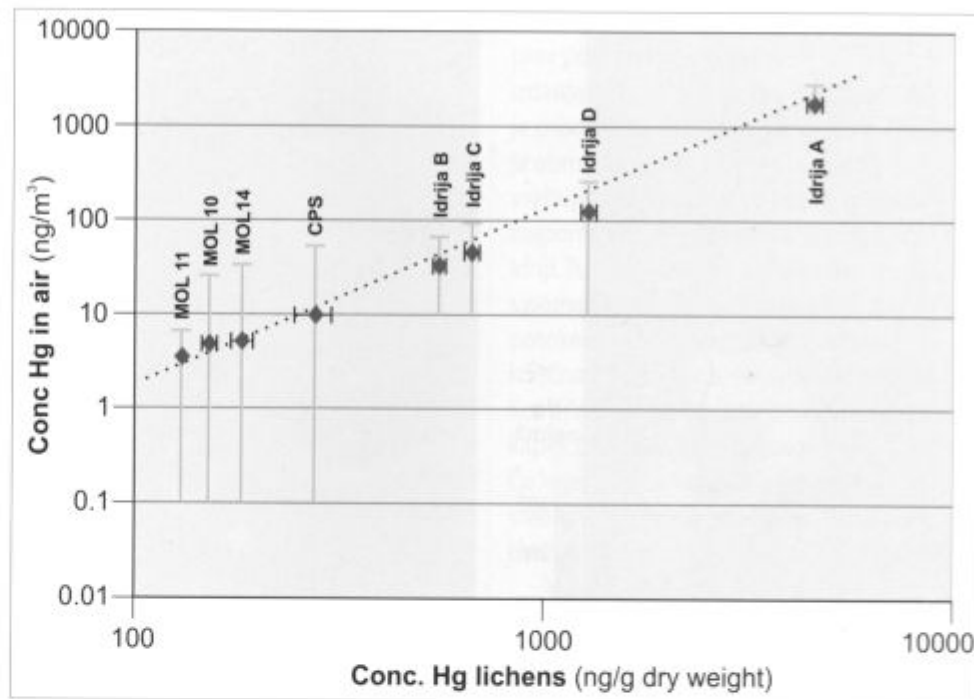
arzen in antimon. Sestava in koncentracije posameznih plinov so odvisne predvsem od litološke zgradbe prelomnega sistema. Predvsem ob potresih se lahko skozi prelomni sistem sprostijo velika količina plina. Tako smo na primer ob potresu v zgornjem Posočju leta 2004, ki se je sicer zgodil ob Ravenskem prelomu, v zraku Bovške kotline dan po potresu izmerili koncentracije živega srebra do okoli 20 ng/m³, kar je nekajkrat več, kot so normalne koncentracije na tem področju

(okoli 1 do 3 ng/m³). Te koncentracije sicer niso visoke in so primerljive z idrijskimi, kažejo pa na aktivno razplinjanje ter razmeroma visoke koncentracije živega srebra v izhajajočem talnem plinu ob potresu.

Po svetu in po Sloveniji poznamo različna področja, kjer so naravne emisije živega srebra razmeroma visoke in jih lahko primerjamo z idrijskimi. Večinoma so to območja z vulkansko dejavnostjo in spremljajočimi pojavi. V Sloveniji seveda aktivnih vulkanov nimamo, imamo pa tektonsko zelo aktivno področje z različnimi prelomnimi sistemi, kot so Idrijski, Ravenski, Savski, ob katerih poteka razplinjanje iz zemeljske skorje. Primer tega je Postojnska jama in termalni izvir v Grand Hotelu Toplice na Bledu. Oba sistema ležita ob aktivnih prelomnicah. Meritve živega srebra v izhajajočih plinih in zraku so pokazale nekajkrat višje koncentracije kot v zraku v Idriji in okolici. Tako smo na primer v zraku v Postojnski jami ob aktivni prelomnici izmerili koncentracije Hg, ki so presegale 100 ng/m³, medtem ko so bile v termalnih plinih v Grand Hotelu Toplice nekoliko nižje (do 50 ng/m³).

Podobnost z idrijskimi koncentracijami najdemo tudi v zraku vulkanskih okolij. Živo srebro, emitirano v atmosfero zaradi vulkanske in seizmične dejavnosti, je lahko v različnih oblikah, kot so Hg⁰, Hg²⁺ in vezano na trde delce. Kemijska oblika živega srebra odločilno vpliva na njegovo nadaljnjo usodo in toksičnost v okolju.

Etna je največji in najaktivnejši sredozemski vulkan. Je strato vulkan, ki je neprekinjeno aktiven že več kot 5000 let. Vulkan je zrasel na sedimentni podlagi na



Koncentracije živega srebra v zraku na območju vulkana Mt. Puyehue (Čile – Argentina)

sistemu prelomov na meji med Afriško in Evropsko ploščo. Njegovo aktivnost pogojuje presek dveh prelomnih sistemov, ki sekata od 18 do 20 km debelo kontinentalno skorjo. Emisije živega srebra s plini fumarol in eruptivnimi plini iz vulkana so ocenjene od ene do 27 ton letno. Predvideva se, da je Hg v glavnem v obliki elementarnega plinastega Hg (Hg⁰), čeprav možnost, da bi bil v dvovalentni (Hg²⁺), metilni ((CH₃)Hg⁻) ali dimetilni ((CH₃)₂Hg) obliki, ni izključena. Koncentracije Hg v zraku v okolici vulkana so dokaj visoke (med 4 in 30 ng/m³) in naraščajo proti glavnemu kraterju vulkana, kjer dosežejo vrednosti med 65 in 130 ng/m³. Živo srebro

v plinih fumarol ne presega 200 ng/m³, je pa zelo odvisno od vulkanske aktivnosti. Koncentracije v plinih sulfatar na različnih kraterjih lahko dosegajo zelo visoke vrednosti (tudi do 60 µg/m³).

Območje vulkana Puyehue na meji med Čilom in Argentino je eno najbolj tektonsko aktivnih na svetu, kjer se stikata Južnoameriška in Nazca tektonska plošča. Posledica stikov tektonskih plošč je močna vulkanska, geotermalna in seizmična dejavnost. Območje ima naravno povišane koncentracije Hg ter odsotnost antropogenih virov Hg. Ledeniška jezera v okolici vulkana kažejo veliko podobnost s Sredozemskim

morjem, kjer najdemo visoke koncentracije Hg in MeHg v ribah in sedimentih ter nizke koncentracije Hg v vodi in zraku ($1-3 \text{ ng/m}^3$), razen nad aktivnimi prelomi in v vplivnem območju vulkana Puyehue (do 20 ng/m^3). Vpliv vulkana se opazi tudi do 60 km daleč, odvisno od smeri prevladujočih vetrov.

Naravni viri živega srebra v okolju ostajajo slabo poznani. V Idriji je živo srebro naravno prisotno v različnih oblikah v zraku, vodi in tleh. Človek je v letih rudarjenja in žganja živosrebreve rude močno povečal emisije živega srebra v okolje. S tem, ko je prenesel rudo iz globin na površje ter spremenil njegovo kemijsko in fizikalno obliko, je spremenil njegovo obnašanje in mobilnost v okolju. Na tako občutljivih območjih, kot je Idrija, ni problematična le sama prisotnost živega srebra, temveč tudi izraba naravnih virov in gospodarjenje z okoljem. To zahteva predvsem razumevanje virov in usode živega srebra v okolju, da bi čim bolj preprečili njegove neželene in škodljive učinke na različne ekosisteme, ljudi in živali.

Izhlapevanja talnih plinov skupaj z živim srebrom in njegovih naravnih emisij v okolje (še) ne moremo kontrolirati, tako kot lahko antropogene emisije, lahko pa se iz njih predvsem učimo o dinamiki našega planeta, tektonski dejavnosti, potresih, vulkanski dejavnosti. Emisije talnih plinov lahko uporabljamo za sledenje prelomov, razumevanje tektonske aktivnosti in mogoče nekdanj v prihodnosti tudi za napovedovanje potresov in vulkanskih erupcij.

Literatura:

- Gosar, A. Monitoring of micro-deformations along Idrija and Raša faults in W Slovenia = Opazovanje mikro-deformacij ob Idrijskem in Raškem prelomu v zahodni Sloveniji. Geologija. [Tiskana izd.], knj. 50, 1, str. 45-54. 2007.
- Kocman, D. Mass balance of mercury in the Idrija river catchment : doctoral dissertation = Snovna bilanca živega srebra v porečju reke Idrije : doktorska disertacija. Ljubljana: [D. Kocman], XIII, 152, ilustr.; graf. prikazi. 2008.
- Kotnik, J., Horvat, M., Tessier, E., Ogrinc, N., Monperrus, M., Amouroux, D., Fajon, V., Gibičar, D., Žižek, S., Sprovieri, F. Mercury speciation in surface and deep waters of the Mediterranean Sea. Mar. Chem. [Print ed.], 2007, vol. 107, no. 1, str. 13-30. 2007.
- Mason, R. P., Fitzgerald, W. F., Morel, M. M. The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences. Geochim. Cosmochim. Acta 58, 3191-3198. 1994.
- Ogrinc, N., Monperrus, M., Kotnik, J., Fajon, V., Vidimova, K., Amouroux, D., Kocman, D., Tessier, E., Žižek, S., Horvat, M. Distribution of mercury and methylmercury in deep-sea surficial sediments of the Mediterranean Sea. Mar. Chem. [Print ed.], vol. 107, no. 1, str. 31-48. 2007.
- Rajar, R., Žagar, D., Horvat, M., Četina, M., Mass balance of mercury in the Mediterranean Sea. Mar. Chem., 107, 1, 89-102. 2007.
- UNEP, Chemicals Branch, The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport. UNEP-Chemicals, Geneva. 2008.

Abstract

NATURAL VS. ANTROPOGENIC MERCURY SOURCES IN IDRIJA REGION

The physical-chemical properties and transformation ability of mercury and its compounds in natural conditions are the reasons why this element is present in various concentrations in all environmental compartments of the world. Elemental mercury is volatile at room temperature and can therefore be subjected to long-range transport; it is also considered a global pollutant, particularly when its emissions are connected to human activities, such as mining and ore processing, high-temperature industrial processes, energy production and transport. Besides anthropogenic, it can also be of natural origin. Natural sources include evaporation from land and waters, forest fires, ores enriched by Hg, as well as tectonic, seismic and volcanic activity. The portion of naturally emitted mercury into the global atmosphere is relatively high in comparison with anthropogenic emissions. The quantity of natural emissions is estimated between 2000 and 5220 tons per year (Mason et al, 1994; UNEP, 2008). The mechanisms that control different natural evasion and emission processes continue to be poorly understood. The areas naturally enriched with Hg are mostly connected to tectonic plate margins and can be divided into three Hg-enriched planetary belts: Pacific, Mediterranean and Asian. The Mediterranean region has several Hg deposits, among them also being the world's three largest mercury mines, including the former mercury mine in Idrija. Tectonic activity and its accompanying phenomena and geological sources can contribute significantly to local and global Hg emissions and influence its cycle in the environment. Rajar et al (2007) estimated that between 12 and 20 tons of Hg is released into the Mediterranean basin due to tectonic activity. Technologically enhanced mercury emissions in areas with elevated natural mercury

represent specific problems, because the mercury concentration levels frequently exceed the legally accepted limits. Idrija certainly represents one such area and therefore requires special attention, particularly in terms of proper risk assessment as part of the risk management options.

The Idrija area is naturally enriched by Hg where human activity enhanced Hg emissions into the environment. Even without its mining and smelting history, the Hg concentrations in different local ecosystems would be elevated and highly above the Slovenian and world averages because of its unique geological settings. The outcrop of mercury ore in the Pront area is probably the main natural source of mercury in the atmosphere due to the evaporation of elemental Hg from the soil and base rock, as well as in the Idrija River due to the erosion of soil containing elevated Hg concentrations. In the area's pre-mining geological history, huge amounts of Hg were eroded from the Idrija valley into the Idrija and Soča river systems, affecting the Gulf of Trieste. The second natural source of Hg is the Idrija fault system, with rich Hg ore concentrations lying under the town along the valley. Degassing through the active fault zone is the consequence of complex radiogenetic, thermal and geodynamic processes in the Earth's crust. Due to increased stone permeability and porosity, active tectonic faults act as a drain from the Earth's crust, with gases (CO_2 , CH_4 , H_2S , H_2 , NH_3 , Rn, He, Ne, Ar in Hg) and underground waters trickling through the surface. Tectonic tensions influence water and gas pore pressures, and thus also migration processes towards the surface. The most important gas emitted from bed rock is CO_2 , accompanied by other gases such as N_2 , CH_4 and H_2 , which carry gases for noble gases (Rn, He, Ne, Ar) and easily volatile metals (Hg, As, Sb). The concentration of a certain metal or noble gas in soil or thermal spring gases is connected to the lithological composition of the fault system and spring. Recent tectonic or seismic events prevent pores and cracks from closing in the

bed rock, and enable sufficiently high porosity and permeability for migration towards the surface.

There are several ecosystems and areas in Slovenia and around the world where the concentrations of naturally emitted Hg into the air are comparable to those found in Idrija or are even much higher, especially over active fault zones, volcanic areas, etc. Slovenia is located on a tectonically active area with several fault systems, such as the Idrija, Raven and Sava faults, along which Hg degassing is elevated and influences the local environments. For instance, the Hg concentrations in the Postojna Cave can reach concentrations in air exceeding 100 ng/m^3 , which is a few times higher than the recent normal values in the air over Idrija, where measurements performed last year showed values from 1 to 16 ng/m^3 in the town, with the highest value recorded in the former smelting area (98 ng/m^3). Also, gases emitted by hydrothermal activity along faults can contain relatively high concentrations of Hg (up to 50 ng/m^3 at Hotel Grand Toplice in Bled).

Similar to Idrija are also volcanic areas. Volcanic gas emissions may be rich in various forms of Hg. Mt. Etna (Sicily) is one of the most active volcanoes in the world and one of the largest contributors of magmatic volatiles to the global atmosphere. Mercury concentrations measured in air at the ground surface were within the range found in Idrija (between 4 and 30 ng/m^3) in the eastern and southeastern flanks of the volcano up to an altitude of 1500 m , and between 65 and 132 ng/m^3 in the vicinity of the summit craters at altitudes from 2000 to 3000 m . Hg levels in the crater plume and fumarole gases near the summit of the volcano are high, ranging between 2 and 64.2 mg/m^3 .

The natural sources of Hg remain very poorly understood or accounted for in global and regional mercury budgets. In the Idrija area, Hg is naturally present in different forms in the air, on the surface and underground. Human mining and smelting activities significantly enhanced

its emission, changing its chemical forms and its behaviour in the environment. One very important aspect of mercury's presence in the environment is understanding mercury's potential for transformation, in particular: (1) the reduction of inorganic mercury to elemental mercury, which enhances its emission into the atmosphere, and (2) the methylation of inorganic mercury to monomethylmercury, which tends to bioaccumulate in biota and represents the main risk for the health of humans and ecosystems. In sensitive parts of these ecosystems, such transformations are not only triggered by the presence of mercury alone, but can be induced by inappropriate land and natural resource management procedures. Therefore, such contaminated sites require an in-depth understanding of the sources and fate of mercury in order to properly manage and prevent the potential harmful effects of mercury on human health and ecosystems.

David Kocman, Milena Horvat

OKOLJSKO MODELIRANJE ŽIVEGA SREBRA NA ŠIRŠEM OBMOČJU IDRIJE KOT ORODJE ZA NAČRTOVANJE REMEDIACIJSKIH UKREPOV

Uvod

I drijski rudnik živega srebra (Hg) že dobro desetletje ne obratuje več. Prav tako je zaključena tudi predelava rude v idrijski topilnici. Kljub temu so posledice več kot petstoletnega rudarjenja v Idriji še vedno prisotne, saj vrednosti, ki jih lahko izmerimo v različnih segmentih okolja, pogosto presegajo zakonsko predpisane vrednosti tudi za faktor deset ali več. Onesnaženje ni omejeno zgolj na bližino rudnika, pač pa tudi na širše območje delovanja rudnika. Uradne ocene kažejo, da je rudnik v obdobju svojega delovanja približno četrtno celotne proizvodnje rude Hg, ki je znašala 12 milijonov ton, prenesel v okolje. Pri tem je "izguba" zaradi emisij v zrak, reko in tla ocenjena na približno 40.000 ton Hg. Odlagališča žgalniških ostankov in kontaminirana tla na področju Idrije se stalno erodirajo in na ta način predstavljajo stalen vir onesnaženja s Hg za reko Idrijco, Sočo in nenazadnje tudi za Tržaški zaliv.

V okviru načrtovanja ustreznih sanacijskih ukrepov za odpravo posledic rudarjenja na tem območju je v prvi fazi nujno poznavanje

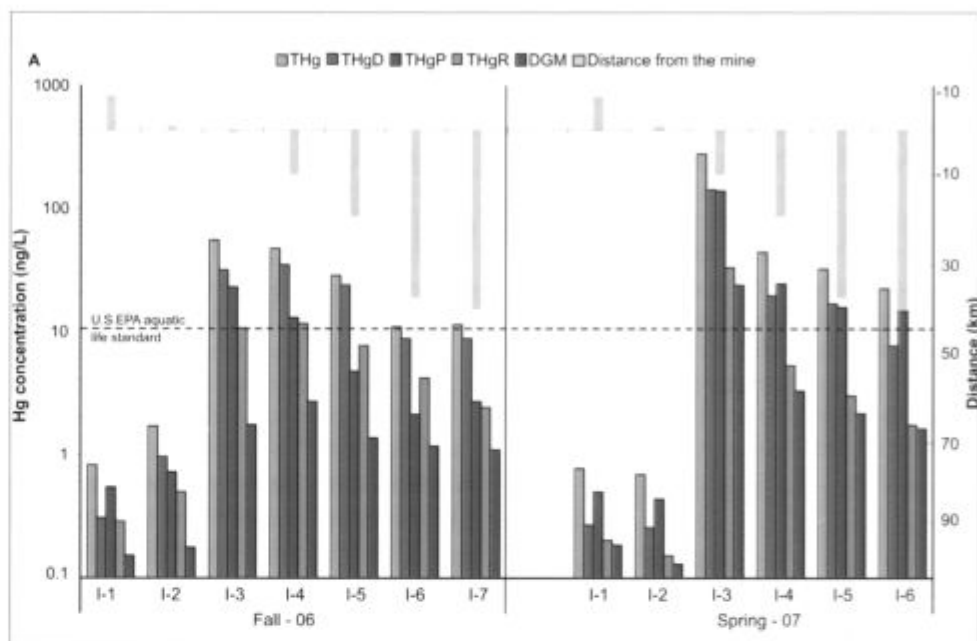
in ovrednotenje glavnih snovnih poti živega srebra med različnimi deli okolja, kot so zrak, voda, tla in biosfera. V pričujočem prispevku tako podajamo nekatere nove rezultate, ki so nastali v okviru raziskave Snovna bilanca živega srebra v porečju reke Idrije, opravljene na Odseku za znanosti o okolju Instituta Jožef Stefan. Delo je bilo usmerjeno predvsem v razumevanje procesov živega srebra znotraj posameznih okoljskih segmentov in procese Hg znotraj njih. V raziskavi nas je zanimalo predvsem, kateri so današnji najpomembnejši viri Hg na celotnem območju porečja reke Idrije, kakšna je njegova porazdelitev v različnih okoljih (tleh, vodi in zraku) ter kaj se z njim dogaja. Ker je narava živega srebra takšna, da le-to nenehno kroži in se izmenjuje med tlemi, vodo in zrakom, smo izvajali meritve različnih oblik živega srebra v vseh omenjenih okoljih, vključno z meritvami izmenjave Hg med tlemi in zrakom ter v padavinah. Obsežno terensko in laboratorijsko delo je potekalo med letoma 2005 in 2008, pri čemer smo spremljali vpliv sezonskih, prostorskih

in meteoroloških sprememb na usodo živega srebra v porečju Idrije. Na podlagi eksperimentalno pridobljenih podatkov je bil za porečje Idrije izdelan model izvorov, ponorov in transporta živega srebra. Model vključuje naslednje procese: erozijo kontaminiranih tal, površinski odtok, rečni transport, atmosfersko odlaganje ter emisije živega srebra iz tal. Model snovnih tokov živega srebra na nivoju porečja Idrije je bil izdelan v okolju geografskega informacijskega sistema (GIS). Takšen prostorski pristop (GIS) pri izdelavi modela je omogočil vpogled v usodo živega srebra na celotnem območju porečja Idrije in lahko služi kot podlaga za načrtovanje ustreznih remediacijskih ukrepov. V nadaljevanju so podani glavni izsledki raziskave.

Kroženje in transport Hg med posameznimi okoljskimi segmenti *Rečni transport*

Slika 1 prikazuje tipično porazdelitev različnih oblik živega srebra v reki Idriji. Onesnaženje je najizrazitejše na ožjem

območju delovanja rudnika, in sicer med Idrijo in Spodnjo Idrijo (lokaciji I-3 in I-4 na Sliki 1). Zaradi redčenja se vsebnost Hg dolvodno po Idriji sicer znižuje, kljub temu pa izmerjene koncentracije ostajajo višje od 12 ng/L vse do izliva v Sočo (lokacija I-7). To pa je koncentracija, ki jo ameriška okoljska agencija (US EPA) določa kot mejno vrednost, ki ima lahko kronične posledice za vodni živelj. K sreči je v reki Idriji večji del živega srebra vezan na trdne delce v vodni suspenziji. Reaktivnost in dostopnost tako vezanega živega srebra je relativno nizka. Vendar se reaktivnost tako vezanega živega srebra dolvodno spremeni zlasti na območju usedanja v zajezitvenih bazenih hidroelektrarn na reki Soči in kasneje v Tržaškem zalivu. Zaradi ugodnih okoljskih pogojev, ki favorizirajo metilacijo anorganskega Hg v MeHg namreč prihaja do povečane akumulacije v organizmih. Rezultati meritev različnih oblik Hg v Idriji kažejo na to, da na porazdelitev med raztopljenimi oblikami Hg ter oblikami, vezanimi na trdne delce, vplivajo predvsem parametri, kot so pH, prisotnost ligandov, kot sta klor in raztopljeni organski ogljik, ter predvsem količina v vodi suspendiranih trdnih delcev, ki pa je odvisna od hidroloških razmer. Tako lahko koncentracije Hg, ki so bile merjene v reki Idriji, na nekaterih mestih v času neurij in posledično povišanega vodostaja zaradi resuspenzije kontaminiranega rečnega sedimenta dosežejo vrednosti do 700 ng/L. Glavni vnos Hg v vodno okolje predstavljata erozija onesnaženih tal ter izluževanje rudniških ostankov. Na to navajajo tudi



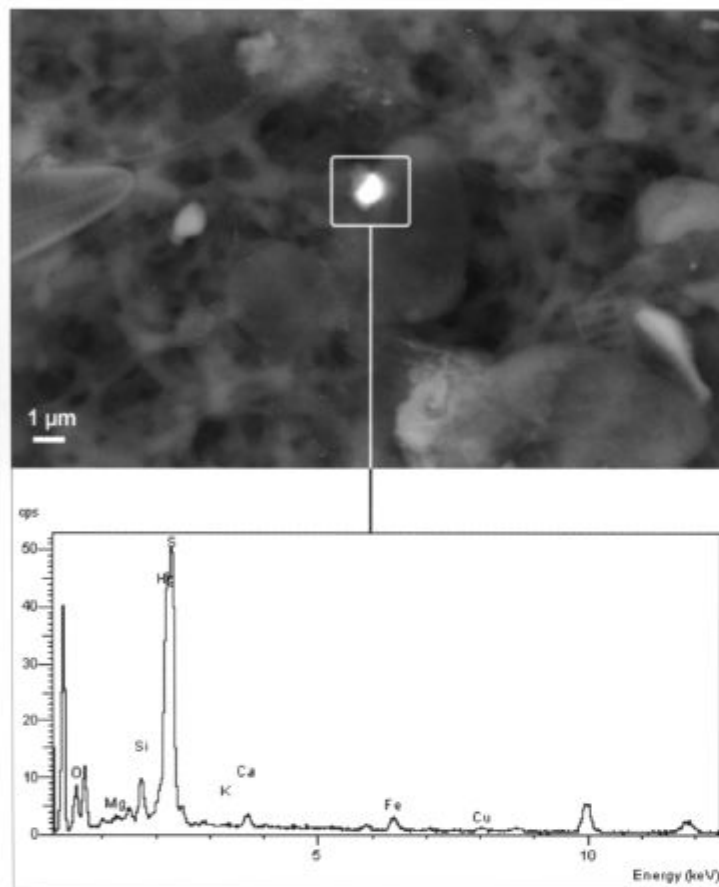
Slika 1. Porazdelitev različnih oblik živega srebra v reki Idriji

rezultati SEM/EDXS mikroskopije, ki so pokazali prisotnost cinabaritnih delcev (HgS) več kot 40 km dolvodno od območja rudnika (Slika 2). Porazdelitev živega srebra v rečnem sedimentu Idrije nakazuje podoben trend kot v vodnem stolpcu. Merjene celokupne koncentracije Hg v rečnem sedimentu segajo od vrednosti <0,1 µg/g gorvodno od rudnika pa vse do 4000 µg/g tik za območjem rudnika v sami Idriji (Slika 3). Višje vsebnosti Hg v sedimentu so povezane z drobnozrnato frakcijo, ki je bolj podvržena procesom rečnega transporta. Kljub temu je večina Hg (60–90 %) vezana na debelozrnato frakcijo, ki tako predstavlja glavni rezervoar živega srebra v vodnem okolju. Izračunano je bilo, da se lahko v času trajanja visokih vod

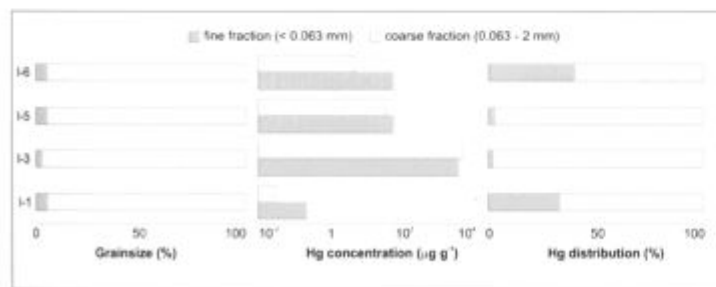
med enim samim ekstremnim hidrološkim dogodkom, ki navadno traja 24–48 ur, s porečja Idrije transportira 200–800 kg Hg.

Porazdelitev Hg v tleh

Slika 4 prikazuje prostorsko porazdelitev živega srebra v tleh na območju porečja Idrije. Kot je razvidno s slike 4, na ožjem območju Idrije obstajajo področja z ekstremno visokimi vrednostmi Hg, predvsem različna odlagališča rudniških in žgalniških ostankov ter ožje območje topilnice. Močno onesnažene ostajajo tudi naplavne ravnice dolvodno od Idrije zaradi konstantnega odlaganja kontaminiranega rečnega sedimenta v času visokih vod. Na vseh teh lokacijah smo v tleh izmerili

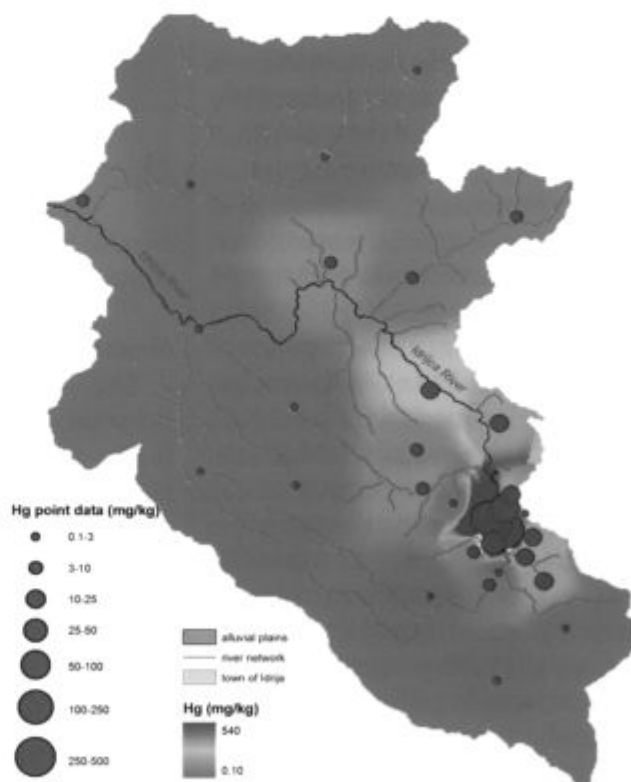


Slika 2. Rezultati SEM/EDXS mikroskopije suspendirane snovi v reki Idrijci



Slika 3. Porazdelitev živega srebra v sedimentih reke Idrijce

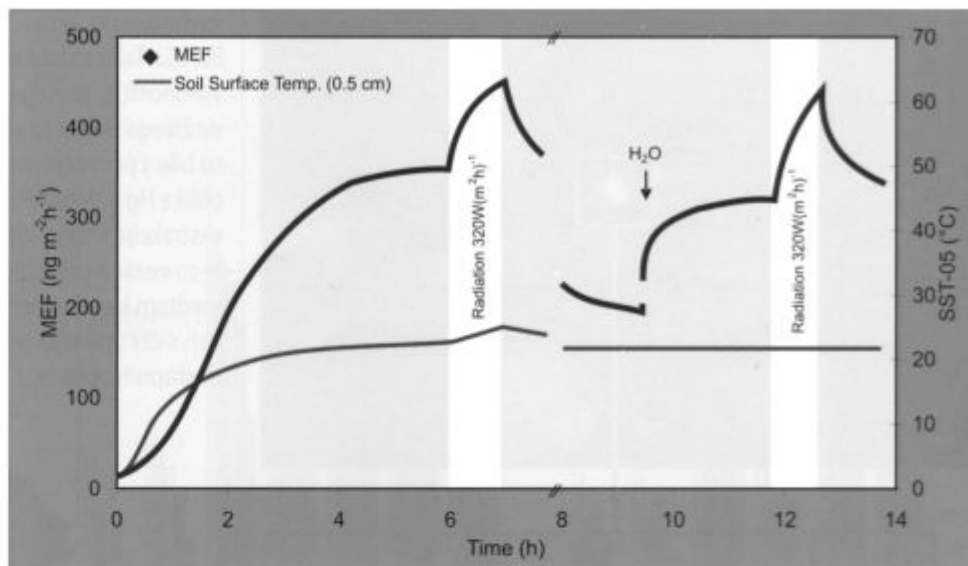
vsebnosti Hg, ki močno presegajo kritično vrednost 10 mg/kg (Uradni list RS). Tako so bile npr. samo na območju topilnice izmerjene vsebnosti, ki presegajo 2000 mg/kg. Dandanes so ta območja glavni vir živega srebra za vnos tako v vodno okolje kot tudi v zrak. Dalje so bile s pomočjo metode zaporedne ekstrakcije določane različne oblike Hg v tleh glede na njihovo obliko in mobilnost. Rezultati ekstrakcije kažejo, da je na s Hg najbolj obremenjenih območjih le-to vezano pretežno v obliki relativno netopnega cinabarita (HgS), medtem ko stran od teh območij koncentracije celokupnega Hg v tleh sicer upadejo, povečuje pa se delež bolj mobilnih in za pretvorbe dostopnih oblik Hg.



Slika 4. Porazdelitev živega srebra v tleh na porečju Idrijce

Izmenjava Hg med tlemi in atmosfero

Izmenjava živega srebra med tlemi in atmosfero (MEF – »mercury emission flux«) ter vpliv različnih okoljskih parametrov (temperatura, vlaga, sončno obsevanje) na ta proces so bili merjeni s pomočjo t. i. »flux-chamber« metode v laboratorijskih pogojih (Slika 5). Rezultati poskusa so pokazali velik razpon v magnitudi MEF (2–530 ng/m²/h), ki je močno odvisna od vseh treh preučevanih parametrov: temperature, vlage v tleh ter sončnega obsevanja. Najpomembnejša parametra, ki vplivata na magnitudo MEF, sta vsebnost Hg v tleh ter temperatura tal. Posledično so bile najvišje vrednosti MEF izmerjene na vzorcih, odvzetih v neposredni bližini rudnika in topilnice ter na poplavnih ravnicah Idrije. Dalje so rezultati poskusa pokazali pozitivno korelacijo med energijo sončnega obsevanja in MEF, ki je neodvisna od temperature tal, medtem ko delež vlage v tleh močno vpliva na količino Hg v tleh, ki je na voljo za izmenjavo z zrakom. Magnituda MEF pa je odvisna tudi od oblike Hg, prisotne v tleh. Tako je bilo na podlagi poskusa ugotovljeno, da je za emisijo Hg iz tal, kjer prevladuje predvsem cinabarit, potrebne več energije kot iz tal, kjer prevladujejo bolj mobilne oblike Hg. Na podlagi laboratorijskih poskusov so bile tako določene empirične korelacije med emisijo Hg iz tal ter koncentracijo Hg v tleh, temperaturo tal in sončno radiacijo. Na podlagi točkovnih meritev je bil nato v okolju geografskega informacijskega sistema izdelan prostorski emisijski model na nivoju porečja Idrije, upošteva naslednje parametre: prostorsko porazdelitev živega srebra v tleh, povprečne



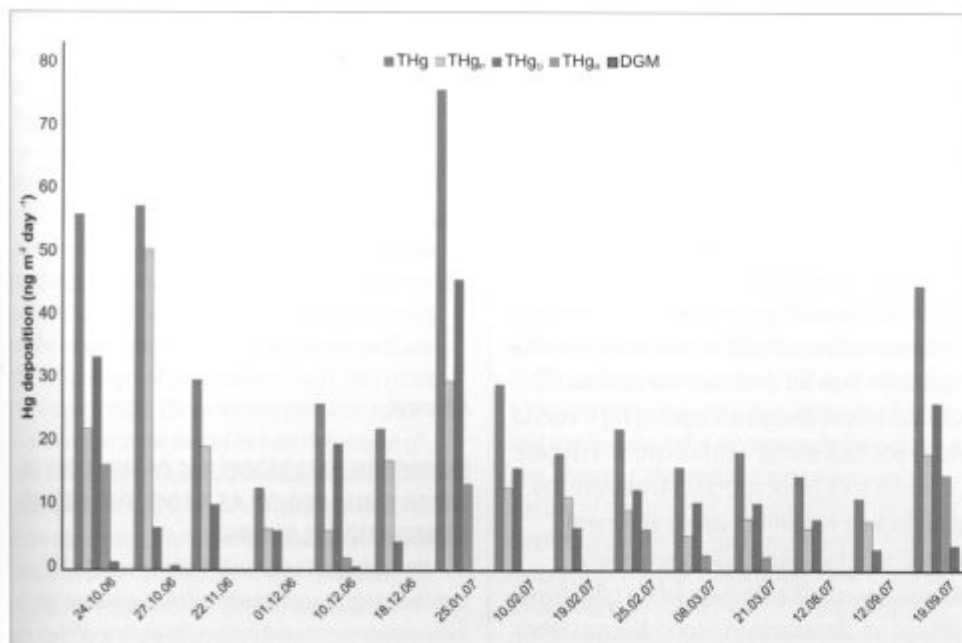
Slika 5. Laboratorijski poizkus izmenjave Hg med tlemi in atmosfero

mesečne temperature, pokrovnost tal ter energijo sončnega obsevanja.

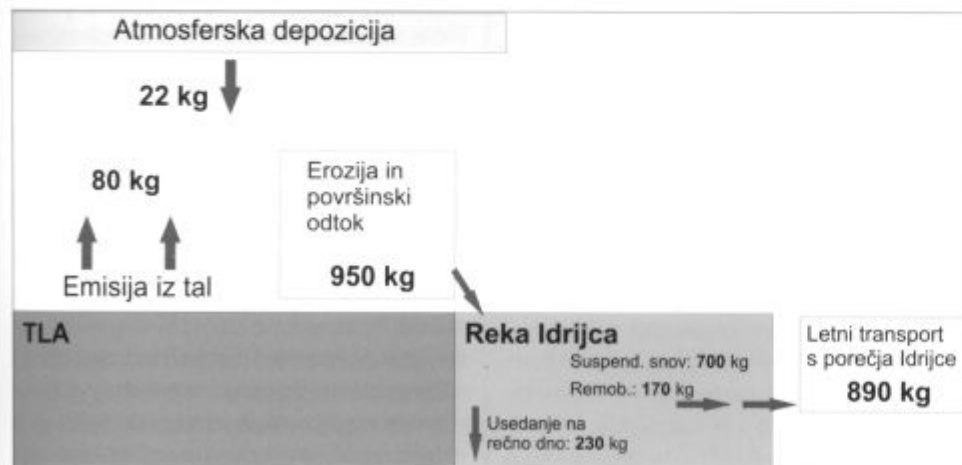
Atmosfersko odlaganje Hg

Stopnja atmosferskega odlaganja živega srebra in s tem povezani procesi so bili preučevani na podlagi meritev različnih oblik živega srebra v padavinah, vzorčevanih na različnih lokacijah v porečju Idrije. Na sliki 6 so prikazane izračunane stopnje atmosferskega odlaganja v Idriji za posamezne padavinske dogodke v obdobju med oktobrom 2006 in septembrom 2007. Rezultati kažejo velik razpon v odlaganju Hg med posameznimi padavinskimi dogodki (12–85 ng/m²/dan), ki je odvisen predvsem od trajanja in gostote posameznega dogodka ter same količine padavin. Večji del Hg v padavinah (< 50 %) je vezan na

trdne delce v zraku. Korelacija med Hg vezanim na trdne delce in raztopljenimi oblikami ni bila ugotovljena. Na podlagi tega je mogoče sklepati, da je Hg, povezan s trdno fazo, predvsem posledica suhega usedanja. Ta domneva je bila potrjena tudi s pomočjo SEM/EDXS mikroskopije, ki je potrdila prisotnost cinabarita v vzorcih padavin, najverjetneje kot posledice vetrne erozije kontaminiranih tal na tem območju. Opazovane statistično signifikantne razlike v odlaganju Hg na nivoju porečja ni mogoče razložiti z oddaljenostjo od najbolj obremenjenih območij, ne glede na izvor zračnih mas. Na stopnjo odlaganja Hg na območju Idrije tako najverjetneje vplivajo predvsem lokalne meteorološke razmere.



Slika 6. Atmosfersko odlaganje Hg v Idriji



Slika 7. Letni snovni tok živega srebra v porečju Idrije

Modeliranje snovnih tokov Hg v porečju reke Idrije

Model snovnih tokov temelji na izračunu snovnih tokov živega srebra in je kombinacija različnih pristopov. Doprinos živega srebra z atmosferskim odlaganjem ter rečni transport sta bila izračunana na podlagi meritev vsebnosti živega srebra v padavinah in rečni vodi. Za izračun terestričnega vnosa živega srebra v vodno okolje je bil uporabljen t. i. WCS mercury tool model (Dai and Manguerra, 2000), prilagojen razmeram na območju porečja Idrije. Povprečno letno sproščanje zemljin zaradi erozije je bilo ocenjeno s pomočjo EPM (Erosion Potential Method) modela (Gavrilović, 1988). Na podlagi laboratorijskih meritev izhlapevanja živega srebra iz tal je bil izdelan Hg emisijski model. Porečje je bilo razdeljeno na 64 manjših prispevnih površin (hidrografskih enot), pri izdelavi modela pa so bile upoštevane naslednje predpostavke. Porazdelitev živega srebra znotraj posamezne hidrografske enote je uniformna. Porazdelitev Hg v tleh med raztopljeno in trdno fazo je mogoče opisati s pomočjo distribucijskih koeficientov, izračunanih na podlagi lizimetrijskih poskusov. Raztopljene oblike Hg se s tal spirajo zaradi procesov infiltracije ter površinskega odtoka. Hg v tleh vezan na partikulate pa prehaja iz tal v vodno okolje zaradi vodne erozije. Zaradi prevlade Hg(II) oblik v primerjavi s Hg(0) in MeHg je živo srebro v tleh upoštevano kot enotna komponenta.

Naši modelni izračuni so pokazali, da erozija in površinski odtok Hg z onesnaženih tal predstavlja glavni vir Hg za vodno okolje (slika 7). Omenjena procesa, ki v nekem povprečnem letu brez vremenskih ekstremov v reko Idrijco prineseta približno 950 kg Hg, sta glavna mehanizma odnašanja Hg s porečja Idrijce. Del Hg, ki na takšen način prihaja v reke, se odloži kot rečni sediment, del pa ga reke odnesejo dolvodno. V obdobju povečanih rečnih potokov se del s Hg kontaminiranega sedimenta remobilizira in odplavi dolvodno. Drugi proces, ki predstavlja izgubo Hg, so emisije iz tal v atmosfero. Na ta način iz porečja v enem letu izhlapi približno 80 kg Hg, medtem ko se z atmosfersko depozicijo vanj odloži 22 kg Hg na leto. Glede na ogromno količino živega srebra, ki se je med delovanjem idrijskega rudnika izgubila v okolje (~40.000 ton), ter na podlagi izračunanih letnih vnosov in ponorov v/iz porečja je moč sklepati, da brez ustreznih remediacijskih ukrepov v bližnji prihodnosti ni možno pričakovati bistvenega zmanjšanja obremenjenosti tega okolja s Hg. Samo prenehanje obratovanja rudnika in topilnice je bistveno vplivalo le na zmanjšanje vsebnosti Hg v zraku. Potrebno pa je poudariti, da so dandanes glavni viri Hg tako za vodno okolje kot za zrak nekatera relativno omejena žarišča v sami Idriji (rudniški in žgalniški ostanki, območje topilnice, Pront ...), s katerih prihaja kar 30–50 % vsega Hg na nivoju porečja. Tako bi bilo možno z ustrežno sanacijo le-teh z relativno malo sredstvi bistveno zmanjšati obremenjenosti tega območja z živim srebrom. Ocenjujemo, da bi lahko z ukrepi, kot so prekritje odpadkov, njihova fizična

odstranitev ter nekateri erozijski ukrepi (npr. pogozdovanje), zmanjšali transport živega srebra za vsaj 30 %.

Glavni izsledki teh raziskav so sledeči: (1) ranljivost ekosistema je odvisna predvsem od prehajanja Hg iz geosfere v biosfero – najbolj kritična za kakovost okolja sta nastanek (metilacija) in bioakumulacija metilne oblike Hg; (2) usoda Hg v okolju je odvisna predvsem od porazdelitve med tekočo, trdno in plinasto fazo ter procesov transporta; (3) večji del terestričnega transporta Hg v vodno okolje kot tudi emisij v atmosfero se vrši na/z t. i. vročih točk (»hot spots«); (4) neustrezno upravljanje z naravnimi viri na vplivnem območju rudnika kot tudi spremenjene hidrometeorološke razmere lahko negativno vplivajo na obnašanje in usodo živega srebra v tem okolju. Zato je potrebno v okviru okolijskega managementa s poudarkom na zmanjšanju obremenjenosti okolja z živim srebrom to znanje upoštevati. V prispevku opisan pristop in v ta namen razvita modelna orodja je moč uporabiti v procesu odločanja pri načrtovanju remediacijskih ukrepov na območju Idrije.

Literatura:

- **Dai, T.; Manguerra, H.** User's guide for WCS mercury tool. (Tetra Tech, Inc., Fairfax, 2000).
- **Gavriločič, Z.**: The use of an empirical method (erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams. Paper presented at the international conference on river regime. (Institute for the Development of Water Resources, "Jaroslav Cerni", Belgrade, 1988).

Abstract

ENVIRONMENTAL MODELING OF MERCURY IN WIDER IDRIJA REGION AS A TOOL FOR SOUND REMEDIATION PLANNING

Hg mining activities in Idrija have resulted in significant Hg contamination of the surrounding local environments, not only in the vicinity of the mine, but also in the wider Idrija area. Even today, due to the lack of proper remediation measures, contaminated sites in this region are still a significant source of mercury. Due to chemical transformations and the transport of mercury-enriched particles into the Idrijca/Soča river system and the Gulf of Trieste, the mercury problem is of local, regional, and global concern. In order to predict its potential harmful impacts, as well as to be able to suggest suitable remediation measures, a knowledge of the spatial distribution, transport, transformation, and dynamics of mercury in all environmental compartments is needed.

In this contribution, the environmental modeling of mercury in the Idrijca River catchment (640 km²) as a tool for sound remediation planning will be discussed. An integrated approach was used, taking all the environmental compartments and major processes into account. An attempt was made towards establishing the sources and sinks, fate and distribution of mercury in the Idrijca River catchment. Two approaches that go hand in hand were used.

By measurements of mercury and its species/forms in soils, sediments, water and air, the recent sources and levels of mercury were established. The transformation mechanisms involved in the cycling of mercury were studied on the basis of the results of a mercury speciation analysis. The main focus was on the partitioning of mercury into dissolved, particulate and gaseous phases. Based on the experimental results, a mass-balance model of sources, sinks and mercury transport processes at the Idrijca River catchment was developed, using the advantages of geographic information system technology (GIS). The processes that were taken into account in the model include the erosion of contaminated soils, surface runoff, riverine transport, atmospheric deposition, and mercury emissions from the surface. The model is based upon mercury mass-balance calculations as a combination of different approaches. Mercury loads due to atmospheric deposition and riverine transport were calculated on the basis of measurements of Hg in precipitation and river water, taking changed hydro-meteorological conditions into account. For the calculation of mercury terrestrial loads on the water system, a watershed characterization system (WCS) mercury tool was used and adapted to site specific conditions. Sediment production was calculated using the Erosion Potential Method (EPM). Based on the results of a laboratory flux chamber experiment, a Hg emission model was developed within the GIS. With this approach, accounting for mercury entering and leaving the catchment, its mass flows, flux rates, turnover times and the impact of anthropogenic mercury sources on its cycle were identified, which otherwise might have been unknown or difficult to measure.

On an annual basis, soil erosion and surface runoff act as the major terrestrial sources of mercury in the Idrijca River and its tributaries (Figure 1). Both the modelled and measured results revealed that the majority (> 98%) of mercury in soil is firmly bound to organic matter and is susceptible to

leaching and runoff mostly by being attached in/to particles. It was estimated that of a total 933 kg of particle-bound mercury entering the aquatic system due to surface erosion, 700 kg of Hg is transported with suspended sediments along the Idrijca River into the Soča River. The difference of 233 kg is deposited within the catchment as riverbed sediment. Due to surface runoff, an additional 20 kg of mercury in the dissolved phase is carried along the Idrijca River annually. Owing to the resuspension of contaminated river sediments of the Idrijca River, approximately 170 kg of mercury is transported downstream with a typical flood wave that can be expected in an average hydrological year. Therefore, the total average annual riverine outflow of mercury from the Idrijca River catchment is estimated at 890 kg. However, it must be noted that during an extreme hydrological event such as a flood wave, an additional 300-800 kg of Hg/event can be transported out of the catchment due to the remobilization of contaminated riverbed sediments. Annually, between 60 and 80 kg of mercury is emitted into the atmosphere from the whole catchment, while approximately 20 kg is deposited on the catchment surface due to atmospheric deposition.

The quantity of mercury stored in the Idrijca River catchment soils and sediments is significant and subjected to transport and transformation phenomena. The annual quantity of mercury leaving the catchment is relatively high, and without suitable remediation measures, the reduction of mercury pollution in the area cannot be expected. However, the remediation of mercury-contaminated sites, especially over large areas, can be very complicated and costly. The results of the Hg mass-balance model revealed the importance of Hg point sources. For example, 25% of the total terrestrial Hg load on the aquatic system is delivered from "hot spots" in the town of Idrijca representing less than 5% of the catchment area, while more than 50% of the total atmospheric Hg emissions is attributed to the most polluted area around the former smelting complex

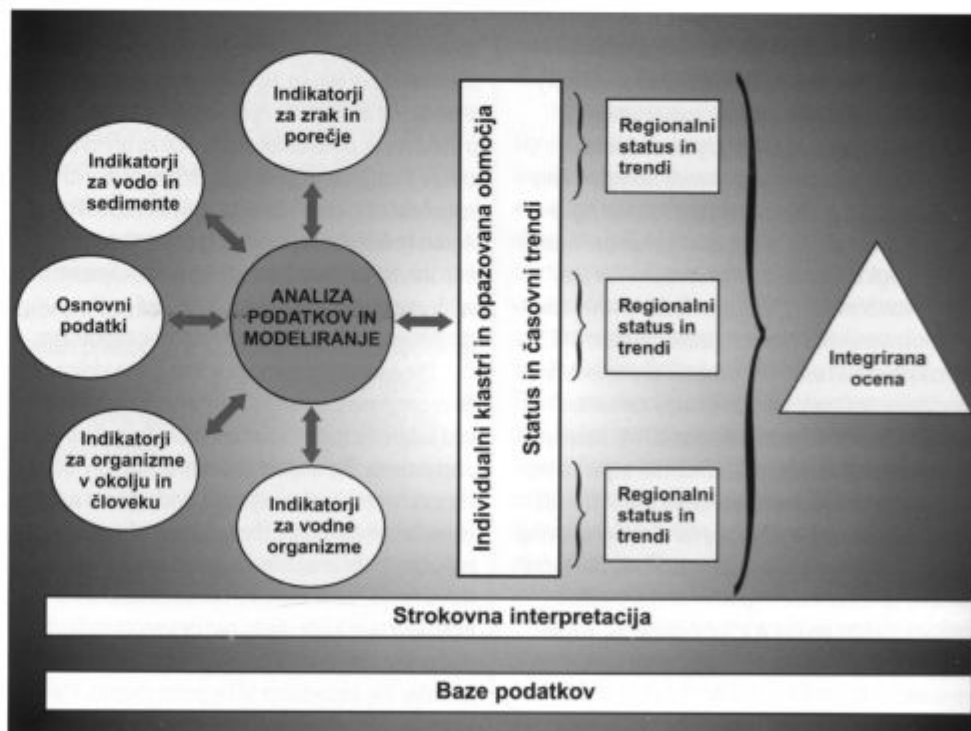
in Idrijca. Therefore, with the elimination of these "hot spots" and suitable remediation measures such as land-use changes to decrease erosion of contaminated soils, a significant reduction of mercury releases from the Idrijca mine area could be achieved. In addition, it has to be emphasized that inappropriate land, water and natural resources management (such as the construction of artificial water reservoirs and deforestation) in the catchment may also increase the mobility and bioavailability of mercury. It is, therefore, strongly recommended to design an effective observation system that will allow meaningful indication of changes in mercury mobility/availability as part of remediation planning as well as socio-economic development in the region.

Milena Horvat

BIOMONITORING KOT UČINKOVIT SISTEM SPREMLJANJA PROSTORSKIH IN ČASOVNIH TRENDOV PRISOTNOSTI ŽIVEGA SREBRA NA OBMOČJU IDRIJE

Uvod

Biomonitoring pomeni merjenje in spremljanje sprememb v živih organizmih, tkivih, tekočinah, celicah oziroma biokemičnih procesih, ki so nastale zaradi izpostavljenosti neki kemični snovi. Na primer: pri ljudeh biološki monitoring pomeni sistematično merjenje kemičnih snovi ali njihovih metabolitov v bioloških vzorcih ljudi (biološki kazalniki izpostavljenosti) z namenom, da neposredno ocenimo izpostavljenost. Podatki, pridobljeni z biomonitoringom, odražajo celotno izpostavljenost organizmov določeni kemikaliji, ki predstavlja integrirano notranjo obremenitev, torej seštevek vseh možnih poti izpostavitve. Prav zato je biomonitoring najboljši način pridobivanja podatkov za oceno stanja zaradi izpostavljenosti organizmov onesnaževalom v okolju. Koncept biološkega monitoringa lahko razširimo tudi na biomonitoring bioloških učinkov in občutljivosti. Z zbiranjem serije bioloških vzorcev v določenem časovnem obdobju pridobimo podatke o spremembah izpostavljenosti (časovni trendi).



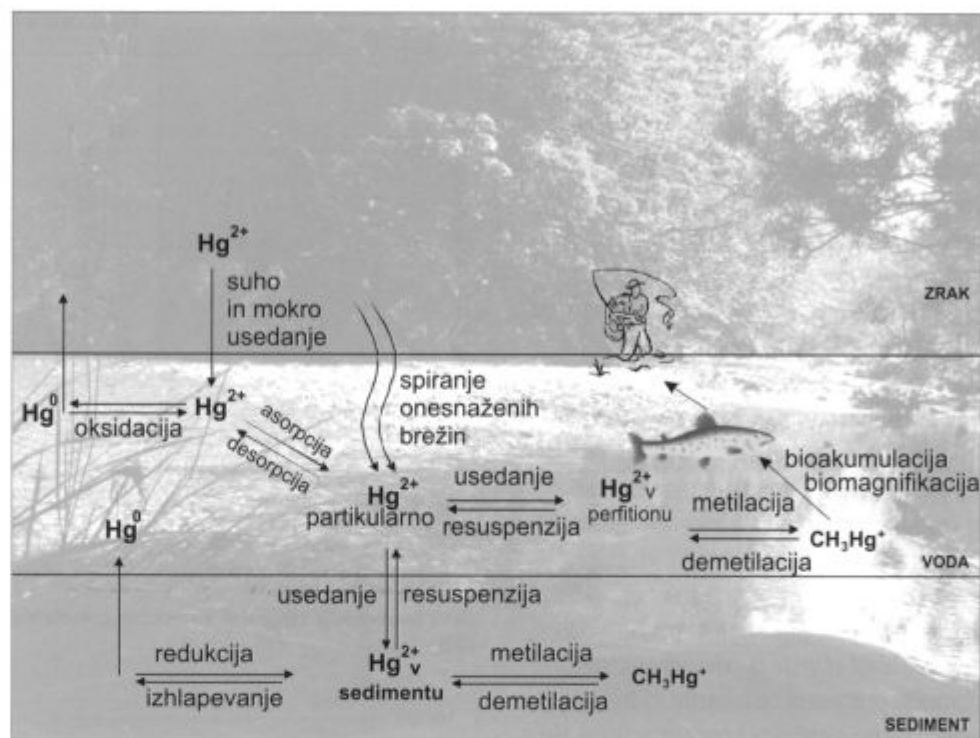
Slika 1. Indikatorji stanja v okolju v kontekstu širše rabe za oceno stanja v okolju

Biomonitoring v kontekstu integrirane metodologije za oceno stanja v okolju tako predstavlja nepogrešljiv člen.

Na območju Idrije je bilo opravljenih veliko okoljskih raziskav, katerih namen je bil osvetliti glavne transportne poti in usodo živega srebra (Horvat in sod., 2002, Hines in sod., 2000, 2006, Kocman in sod. 2006, Kotnik in sod., 2005, Kocman, 2009). Razviti so bili različni modeli, s katerimi je možno kreirati učinkovite in strokovne sanacijske programe (Kocman, 2009, Žagar in sod. 2006). Že vrsto let se izvaja monitoring koncentracij živega srebra na območju Idrije (Horvat in sod., 2002), v zraku (Kotnik in sod., 2005; Grönlund in sod., 2005), prsti (Biester in sod., 1999; Gosar in sod., 1997; Kocman in sod., 2004) in v reki Idrijci (Hines in sod., 2000; Hines in sod., 2006; Horvat in sod., 2002; Kocman in sod., 2004; Žižek in sod., 2007), vse do Tržaškega zaliva (Horvat in sod., 1999). V reko prihaja živo srebro v anorganski obliki, vendar je tam podvrženo različnim procesom in pretvorbam, kot so oksidacija, redukcija, metilacija, demetilacija, adsorpcija in resorpcija (Hines in sod., 2006).

Del teh raziskav je bil namenjen tudi razumevanju biološke razpoložljivosti ter prehajanja živega srebra in njegovih oblik v biološke sisteme v okolju in v človeka. Namen tega prispevka je prikazati nekatere pomembne študije na območju Idrije s poudarkom na okoljskem biomonitoringu. Raziskave na človeku so prikazane v številnih prispevkih dr. Alfreda Kobala iz Idrije.

Pomembno je omeniti, da prisotnost živega srebra v okolju še ne pomeni, da le-to vstopa v biološke sisteme. Med



Slika 2. Kroženje živega srebra v rečnem sistemu reke Idrije (Žižek, 2009)

pomembnimi cilji raziskav na področju kroženja živega srebra v okolju je poiskati indikatorje, s katerimi bi hitro in zanesljivo ugotavljali dejavnike, zaradi katerih živo srebro spremeni kemijsko obnašanje in iz geosfere prehaja v biosfero. Znano je namreč, da živo srebro v okolju zaradi bioloških in/ali kemijskih dejavnikov spreminja kemijske oblike. Zaradi redukcije in oksidacije ter tvorbe organskih oblik (npr. monometil živosrebrnih spojin) se lastnosti Hg v okolju spreminjajo, prav tako pa je spremenljivo tudi prehajanje in razporeditev teh spojin na meji sediment/voda in voda/

zrak, predvsem pa tudi razporeditev Hg in njegovih spojin med geološkim okoljem in biosfero (Slika 2). Eden od ciljev raziskav je najti najprimernejše indikatorske organizme, ki nam ponazarjajo biodostopnost živega srebra v različnih okoljskih sistemih.

Zrak

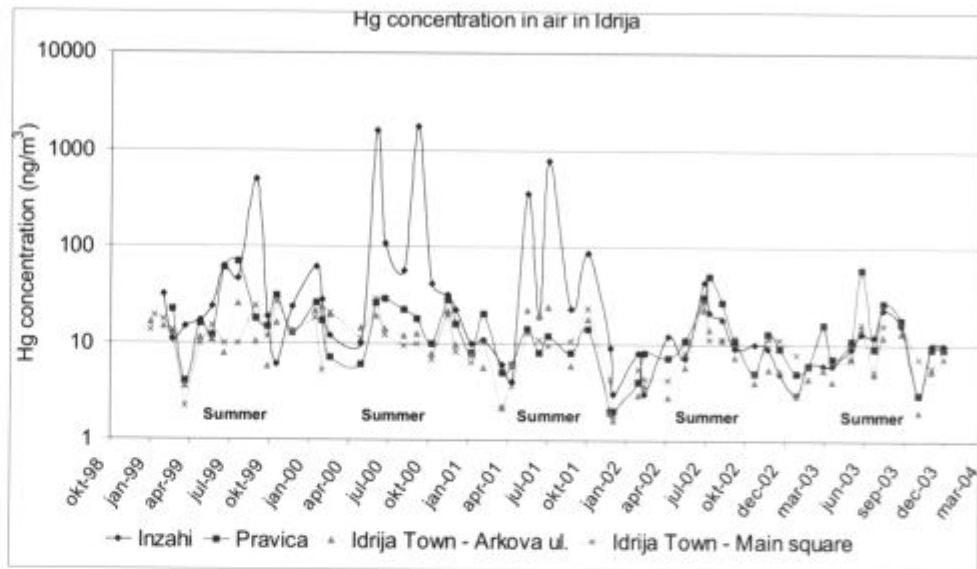
Na področju meritev Hg v zraku lahko uporabimo celo vrsto instrumentalnih naprav (Grönlund in sod., 2005, Kotnik in sod., 2005), ki nam podajo trenutne koncentracije v zraku. Le-te so spremenljive in so odvisne od bližine virov Hg, temperature, smeri

vetra in vlažnosti. Na sliki 3 prikazujemo primer meritev Hg v določenem časovnem obdobju. Prednost takih metod je v izjemni občutljivosti in časovni resoluciji pridobljenih podatkov. Žal pa so to drage metode, zaradi variabilnosti koncentracij Hg so potrebne dolgoročne meritve, da bi lahko sklepali o dolgoročnih časovnih trendih.

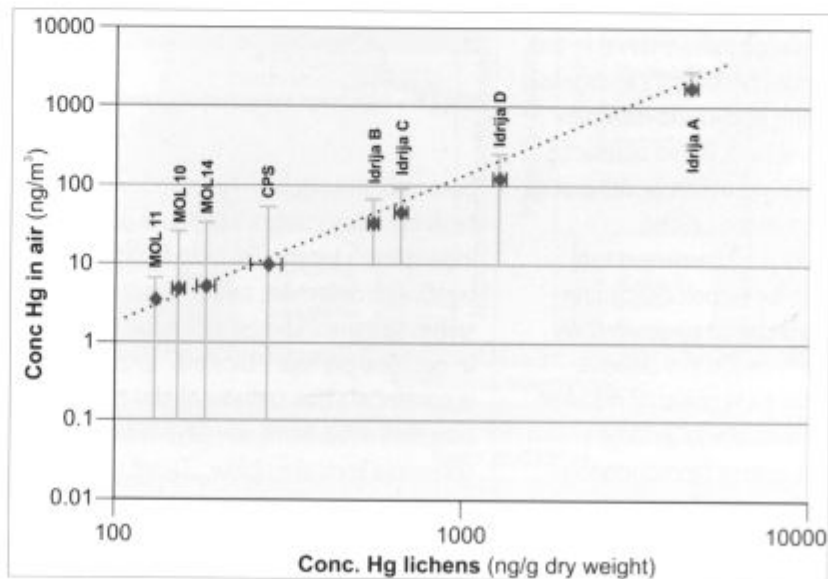
Alternativna metoda za oceno prisotnosti Hg v zraku pa je uporaba epifitskih lišajev oz. mahov, ki so se v številnih študijah izkazali kot zelo primerni (Horvat in sod., 2000, Jeran in sod., 2002). Z merjenjem Hg v lišajih lahko spremljamo prostorske in časovne spremembe koncentracije Hg v zraku skozi daljša obdobja. Validacija metodologije je bila opravljena z uporabo aktivnega biomonitoringa, tako da so bili epifitski lišaji iz vrste *H. physodes* s čistega območja preneseni na lokacije v Idriji z različnimi povprečnimi koncentracijami Hg v zraku. Rezultati na sliki 4 prikazujejo odlično ujemanje rezultatov med Hg v zraku in v lišajih, kar potrjuje primernost uporabe lišajev za oceno povprečnih koncentracij Hg v zraku skozi daljša časovna obdobja (npr. 3-, 6- in 12-mesečni intervali) (Horvat in sod., 2000).

Vodno okolje

V vodni sistem reke Idrijce živo srebro prihaja v glavnem v anorganski obliki, vendar je tam podvrženo različnim procesom in pretvorbam, kot so oksidacija, redukcija, metilacija, demetilacija, adsorpcija in resorpcija (Slika 2). Kot že uvodoma povedano, pa največjo nevarnost za človeka in okolje predstavljajo monometil živosrebrop kation (CH_3Hg^+ , ki ga označujemo kot MeHg),



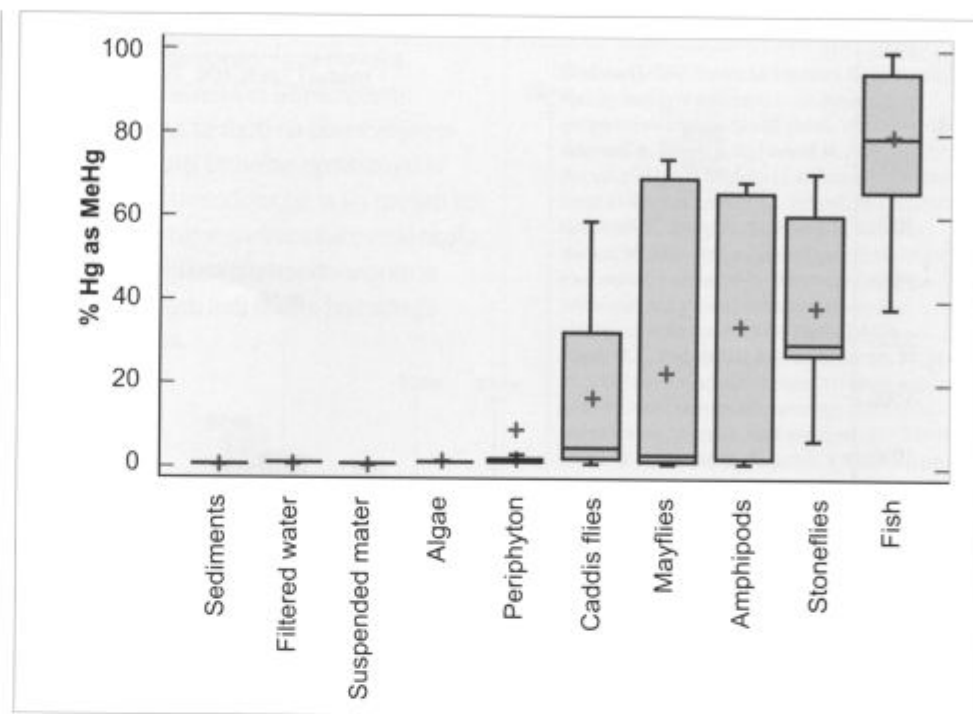
Slika 3. Koncentracije živega srebra v zraku na območju Idrije, merjene s stacionarnimi merilnimi napravami (Kotnik in sod., 2005)



Slika 4. Primerjava koncentracij Hg v zraku (abscisa) in v lišajih (ordinate), ki so bili izpostavljeni na različnih lokacijah na Hrvaškem (MOL in CPS postaje) in v Idriji (Postaje A-D) (Horvat in sod., 2000)

ki se lahko kopiči v organizmih in ima sposobnost biomagnifikacije v prehranskih verigah. To še posebej velja za vodne ekosisteme. Potencial metilacije živega srebra v ekosistemu reke Idrije je še neraziskan. Dr. Žižek in sodelavci so v ta namen razvili enostavno metodo za ugotavljanje metilacije živega srebra v reki Idrijci (Žižek, 2009, Žižek in sod., 2008, Guevara in sod., 2007). Z uporabo te metodologije je bilo ugotovljeno, da je metilacija Hg v Idrijci relativno nizka. Kljub temu pa nastalo živo srebro v tem ekosistemu kroži in kaže tipično prehajanje iz geosfere v biosfero in se kopiči v prehranskih verigah (Slika 5), predvsem na račun bioakumulacije MeHg. V iskanju primerne indikatorja za oceno mobilnosti in biorazpoložljivosti Hg v reki Idrijci, se je Žižek (2009) osredotočila na potencialno rabo perifitona, ki je združba mikroflora, ki prerasča potopljene površine. Gre za živali, rastline, bakterije in glive na rečnem ali jezerskem dnu ali na drugih potopljenih substratih. Rezultati so pokazali, da je uporaba perifitona dokaj omejena, predvsem zaradi hudourniškega značaja reke Idrije.

Kot kažejo rezultati raziskav, ostajajo ribe med najuporabnejšimi bioindikatorskimi organizmi v reki Idrijci (Horvat in sod., 2004). Ribe predstavljajo vrh prehranskih verig, zato so vsekakor dober indikator obremenjenosti okolja z živim srebrom. Prav tako pa so ribe pomembne tudi za oceno izpostavljenosti ljudi, ki se s temi ribami prehranjujejo. Primerjave rezultatov Hg v ribah v letih 2003 in 2008 so prikazane na sliki 6, kjer je razvidno, da ni prišlo do bistvenih sprememb oziroma do pričakovanega zniževanja Hg

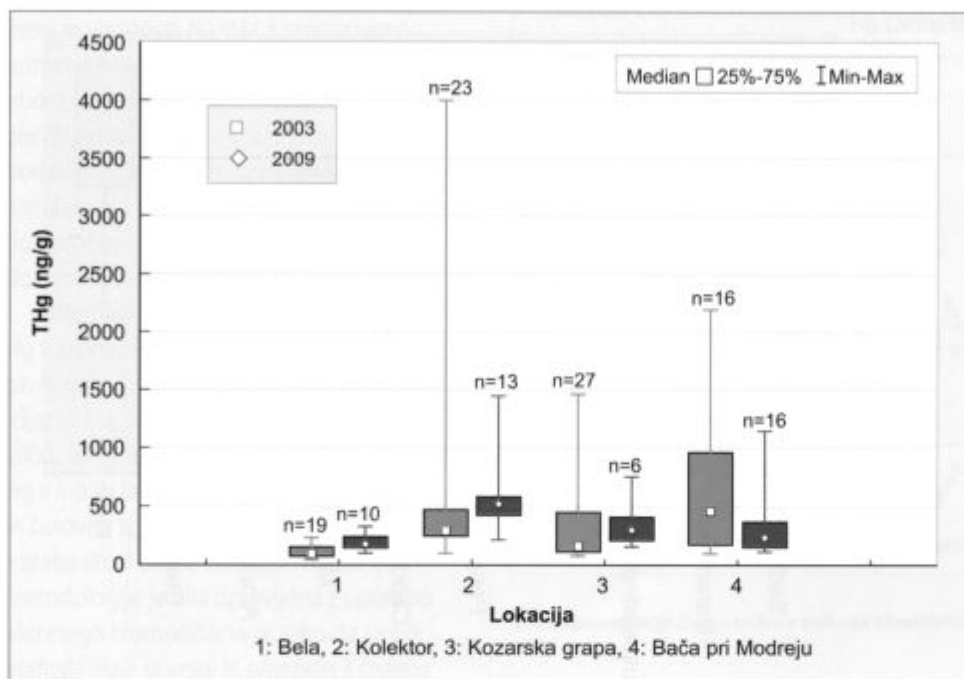


Slika 5. *Naraščanje deleža MeHg v prehranski verigi reke Idrije (Žižek in sod., 2007)*

v ribah zaradi prekinitve delovanja rudnika v Idriji. Zaradi velike variabilnosti živega srebra v različnih tkivih in organih rib bi bilo koristno optimizirati metodologijo, še zlasti ob dejstvu, da je veliko rib v reki Idrijci umetno vstavljenih.

Rezultati rednih meritev v reki Idrijci v zadnjih desetih letih so pokazali, da je v reki še zmeraj veliko živega srebra in da bistvenih znižanj ni. Sezonska nihanja v koncentracijah niso izrazita. Čeprav trenutno stanje reke Idrije ni zaskrbljujoče, so količine živega srebra v reki in na njenem prispevnem

območju tako velike, da bi lahko kakršna koli sprememba vodnega režima ali stanja okolja predstavljala tveganje za povišano metilacijo in vnos MeHg v višje stopnje prehranske verige. Zaradi nevarnosti, ki jih predstavljajo takšne spremembe, je potrebno sistematično spremljati stanje reke Idrije ter s paleto fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov omogočiti zgodnje zaznavanje nevarnih sprememb.



Slika 6. Primerjava koncentracij živega srebra v ribah v Idriji (Horvat in sod., 2004)

Tabela 1. Dnevni vnos živega srebra pri srnjadi v različnih okoljih v Sloveniji (Gnamuš in sod., 2000).

Lokacija		Dnevni vnos živega srebra pri srnah		
		Dihanje Hg (µg/kg/dan)	Prehrana Hg (µg/kg/dan)	Dihanje/prehrana Razmerje (%)
Idrija*	Ožja Idrija	0.10	109	0.09
	Okolica Idrije	0.30	435	0.07
	Bližina žgalnice	4.0	2520	0.16
Podljubelj		0.07	36.5	0.19
Čisto okolje		0.007	4.2	0.17

*Ožja Idrija: v krogu 1 km; širša Idrija: do 5 km oddaljenosti od Idrije

Kopenski ekosistemi

Živo srebro je v znatnih količinah prisotno tudi v kopenskih ekosistemih. Med najbolj sistematične študije na območju Idrije sodi raziskava na srnjadi (Gnamuš in sod., 2000). V tej študiji so povzeti rezultati dolgoročnih meritev (1995–2000) celokupnega Hg in MeHg v kopenski prehranski verigi tla-vegetacija-rastlinojede živali-predatorji. Primerjave dveh glavnih poti izpostavljenosti srnjadi (*Capreolus capreolus* L.) so potrdile, da je kontaminirana prehrana glavni vir izpostavljenosti, medtem ko vnos preko dihanja doprinese le 0.2 % dnevne doze (Tabela 1). Kljub temu da so bile koncentracije Hg v rastlinski prehrani nizke, delež MeHg pa v glavnem ni presegal 1 % celokupnega Hg, je bila akumulacija MeHg v srnjadi pomembna. Tako rastlinojede živali predstavljajo pomemben člen v prenosu te najbolj strupene Hg spojine na višje prehranske nivoje. To so potrdili rezultati prisotnosti Hg v tarčnih organih risa (*Felis lynx* L.) in volka (*Canis lupus* L.), predvsem na račun akumulacije in biomagnifikacije MeHg. Na podlagi rezultatov te študije bi bilo smiselno preučiti, ali lahko srnjad, ki je predmet rednega odstrela, uporabimo kot indikator za zgodnje opozarjanje na prisotnost MeHg v okolju.

Kopenski raki enakonožci so pri razgradnji in kroženju hranilnih snovi v kopenskem okolju zelo pomembni. Poseljujejo najrazličnejše biotope, hkrati pa sodijo med redke organizme, ki uspešno preživijo tudi v močno industrijsko onesnaženih okoljih. *Porcellio scaber* (Isopoda, Crustacea) je eden najbolj preučevanih

organizmov v kopenski ekofiziologiji in ekotoksikologiji (Wägele, 1992; Drobne, 1997, Lapanje, 2005), zato je primeren modelni organizem v ekotoksikoloških študijah. V okviru doktorskega dela je Nolde (2006) preučevala pretvorbe živega srebra (Hg) v kopenskem raku enakonožcu *Porcellio scaber* (Isopoda, Crustacea) in njegovem okolju. V nadaljevanju je spremljala učinke povišanih koncentracij Hg v hrani na (1) prehranjevalno aktivnost in (2) stabilnost lizosomske membrane (SLM) na celotni (in toto) žlezni cevki hepatopankreasa *P. scaber*. Znižanje stabilnosti lizosomov hepatopankreasa (celična raven biološke organizacije) se je po pričakovanih izkazalo za hitrejši in občutljivejši odziv na povišane koncentracije Hg v hrani v primerjavi s prehranjevalno aktivnostjo (fiziološka raven biološke organizacije) rakov enakonožcev *P. scaber*. Poleg tega priporoča uporabo ocenjevanja stabilnosti lizosomske membrane pri kopenskih raki enakonožcih v ekotoksikoloških študijah kot dodaten biomarker v programih biomonitoringa kopenskih ekosistemov in kot zgodnji opozorilni biomarker onesnaženja kopenskih ekosistemov (Nolde in sod., 2005, 2006).

Na podlagi izbranih raziskav, ki so prikazane v tem prispevku, in številnih drugih študij po svetu povzemamo, da okoljski biomonitoring predstavlja pomemben in nepogrešljiv del integralnega pristopa pri oceni tveganja zaradi prisotnosti živega srebra v okolju. Omogoča smiselno oceno reaktivnosti in biorazpoložljivosti živega

srebra v prostoru in času, zato je primeren tudi kot zgodnje opozorilo za človeka. Zaradi ekonomičnosti in učinkovitosti biomonitoringa, še zlasti na obremenjenih območjih, je torej smiselno optimizirati in standardizirati metodologije in jih vpeljati kot dolgoročne sisteme nadzora kakovosti okolja. Sočasno z okoljskim biomonitoringom je potrebno razvijati tudi sistem humanega biomonitoringa.

Literatura:

- Drobne, D. 1997. Terrestrial isopods – A good choice for toxicity testing of pollutants in the terrestrial environment. *Environ. toxicol. chem.*, 16:1159–1164.
- Gnamuš, A., Byrne, A. R., Horvat, M. 2000. Mercury in the soil-plant-deer-predator food chain of a temperate forest in Slovenia. *Environ. sci. technol.*, 34:3337–3345.
- Grönlund, R., Edner, H., Svanberg, S., Kotnik, J., Horvat, M. 2005. Mercury emissions from the Idrija mercury mine measured by differential absorption lidar techniques and a point monitoring absorption spectrometer. *Atmos. environ.*, 39: 4067–4074.
- Hines, M. E., Faganeli, J., Adatto, I., Horvat, M. 2006. Microbial mercury transformations in marine, estuarine and freshwater sediment downstream of the Idrija Mercury Mine, Slovenia. *Appl. geochem.*, 21:1924–1939.
- Hines, M. E., Horvat, M., Faganeli, J. 2000. Mercury biogeochemistry in the Idrija river, Slovenia from above the mine into the Gulf Trieste. *Environ. res. (N.Y. N.Y.)*, 83/A: 129–139.
- Horvat, M., Covelli, S., Faganeli, J., Logar, M., Fajon, V., Rajar, R., Sirca, A., Žagar, D. 1999. Mercury in contaminated coastal environments; a case study: the Gulf of Trieste. *Sci. total environ.*, 237/238: 43–56.
- Horvat, M., Jeran, Z., Špirić, Z., Jačimović, R., Miklavčič, V. 2000. Mercury and other elements in lichens near the INA Naftaplin gas treatment plant, Molve, Croatia. *J. environ. monit. (Print)*, 2: 139–144.
- Horvat, M., Jereb, V., Fajon, V., Logar, M., Kotnik, J., Faganeli, J., Hines, M. E., Bonzongo, J. C. 2002. Mercury distribution in water, sediment and soil in the Idrija and Soča river systems. *Geochem., explor. environ. anal.*, 2: 287–296.
- Horvat, M., Toman, M. J., Stergaršek, J., Kotnik, J., Fajon, V., Gibičar, D. Mercury and selenium in fish species in the Idrija river polluted due to past mercury mining. 2004. *RMZ - Materials and geoenvironment*, 51: 1073–1077.
- Jeran, Z., Jačimović, R., Batič, F., Mavsar, R. 2002. Lichens as integrating air pollution monitors. *Environ. pollut.*, 120: 107–113.
- Kocman, D., Horvat, M., Kotnik, J. 2004. Mercury fractionation in contaminated soils from the Idrija mercury mine region. *J. environ. monit. (Print)*, 6: 696–703.
- Kocman, D. 2008. Mass balance of mercury in the Idrija river catchment: doctoral dissertation, International postgraduate School Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenia.
- Kotnik, J., Horvat, M., Dizdarevič, T. 2005. Current and past mercury distribution in air over the Idrija Hg mine

- region, Slovenia. Atmos. environ., 39: 7570-7579.
- **Lapanje, A.** 2005. Vpliv onesnaženosti z živim srebrom na vrstno raznolikost bakterij v prebavilih enakonožnih rakov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani.
 - **Nolde, N., Drobne, D., Horvat, M., Jereb, V.** 2005. Reduction and methylation of mercury in the terrestrial isopod *Porcellio scaber* (Crustacea) and its environment. Environ. toxicol. chem., 24:1697-1704.]
 - **Nolde, N., Drobne, D., Valant, J., Padovan, I., Horvat, M.** 2006. Lysosomal membrane stability in laboratory- and field-exposed terrestrial isopods *Porcellio scaber* (Isopoda, Crustacea). Environ. toxicol. chem., 25/ 8: 2114-2122.
 - **Nolde, Nataša.** 2006. Pretvorbe in učinki živega srebra na raka enakonožca (*Porcellio Scaber*, Isopoda, Crustacea) : doktorska disertacija.. Univerza v Ljubljani.
 - **Ribeiro G., Sergio, Žižek, S., Repinc, U., Pérez C. S., Jačimović, R., Horvat, M.** 2007. Novel methodology for the study of mercury methylation and reduction in sediments and water using [sup](197)Hg radiotracer. Anal. bioanal. chem., 387: 2185-2197.
 - **Wägele J.W.** 1992. Vol 9–Crustacea: Isopoda. V: Microscopic Anatomy of Invertebrates. Harrison F.W, Humes A.G (eds.), New York, NY, USA, Wiley-Liss: 529–617.
 - **Žagar, D., Knap, A., Warwick, J. J., Rajar, R., Horvat, M., Četina, M.** 2006. Modelling of mercury transport and transformation processes in the Idrija and Soča river system. Sci. total environ. 368: 149-163.
 - **Žižek, S., Horvat, M., Gibičar, D., Fajon, V., Toman, M. J.** 2007. Bioaccumulation of mercury in benthic communities of a river ecosystem affected by mercury mining. Sci. total environ., 377:407-415.
 - **Žižek, S., Ribeiro G. S., Horvat, M.** 2008. Validation of methodology for determination of the mercury methylation potential in sediments using radiotracers. Anal. bioanal. chem., 390, 2115-2122.
 - **Žižek, Suzana.** 2009. Vloga organizmov v perifitonu in sedimentih rečnih ekosistemov pri pretvorbah živega srebra : doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani.

Abstract

BIOMONITORING AS AN EARLY WARNING SYSTEM AND COST-EFFECTIVE APPROACH TO ASSESSING SPATIAL AND TIME TRENDS OF MERCURY POLLUTION IN IDRIJA

The Idrija mine in Slovenia represents the second largest Hg mine in the world, and has been closed for almost 20 years. Hg mining/refining activities in this region have severely enhanced the mobilization of Hg. Mercury-laden materials remain in the region and act as a continuous source of Hg that is carried downstream along the Idrija and Soča rivers, emptying into the coastal environment of the Gulf of Trieste and the Northern Adriatic Sea, where the active transformation of Hg takes place, resulting in elevated Hg levels in fish consumed by the local population. A number of studies have been carried out, addressing Hg behaviour in river and marine water and sediments, bank soil and biosphere. These in particular included the partitioning of mercury between air/soil, soil/water, and sediment/water at the catchment scale, including the Soča River estuary and the Gulf of Trieste. Modelling tools were developed in order to simulate mercury transport, mass balances and transformation. One of the major objectives of these studies was to search for the best indicators of change in mercury load in river water (sediments, water, bacteria, peryphyton, fish, and other aquatic organisms). The terrestrial environment was also investigated. It was shown that bio-indicators such as epiphytic lichens and plants can be successfully used to assess the average mercury concentrations in air. Availability of mercury in soil was assessed by sequential extraction procedures and by using terrestrial isopods (*Porcellio scaber*) as well mushrooms and plants, including vegetables for human consumption. Animals at higher terrestrial trophic levels, such as roe deer and other predators, including wolf and lynx, were also investigated. Moreover, recent human

biomonitoring in sensitive populations, such as children and women of childbearing age, also represent part of the biomonitoring approaches. The conclusion of these studies is that environmental biomonitoring, including human biomonitoring, represents a more convenient and cost-effective way to assess spatial and time trends of mercury pollution measured by its change in reactivity and availability. It can also be used as an early warning system for humans and other biological entities in this ecosystem. Therefore, further efforts should be devoted to the standardization of methodologies so that biomonitoring can widely be applied and the international comparability of data ensured.

Mateja Gosar, Robert Šajn in Tamara Teršič

OBREMENJENOST OKOLJA V IDRIJI IN OKOLICI – PREGLED RAZISKAV GEOLOŠKEGA ZAVODA SLOVENIJE S PODROČJA GEOKEMIJE OKOLJA

Geokemija okolja in vplivi rudarjenja na okolje

Geokemija okolja se ukvarja s t. i. **G**supergeno cono, to je s tistim delom zemeljske skorje, v katerem tečejo interakcije med litosfero, atmosfero, hidrosfero ter biosfero in je nosilec življenja na Zemlji. Naloga geokemije površja je opredeliti geokemično vedenje prvin in spojin v naravnem površinskem ciklu in v tehnogenih procesih (Siegel, 2002; Albarde, 2003). S podatki, ki jih pridobimo s študijami na področju geokemije okolja, prepoznavamo različne geokemične razmere in seveda tudi tista okolja, ki so obremenjena zaradi človekovih dejavnosti. Ena od vlog geokemije okolja je ovrednotiti potrebne ukrepe za zmanjšanje ali odpravo negativnih vplivov na zdravje živih bitij na onesnaženih območjih. V prvi vrsti je potrebno določiti vire onesnaženja ter razviti modele transporta onesnaževal v različne okoljske medije in preučiti mehanizme sproščanja, interakcije, odlaganja in kopičenja potencialno strupenih kovin v okolju.

Obstaja več naravnih in antropogenih virov kovin v okolju. Rudarjenje in kovinska industrija sta lahko pomemben antropogeni vir. Kovine lahko izvirajo iz rudarskih dejavnosti ter sočasnih procesov drobljenja in mletja rude, prevoza rude, bogatenja in odlaganja rudarskih odpadkov ter odvajanja odpadnih vod in metalurških dejavnosti, ki lahko povzročajo pomembne zračne emisije (Adriano, 1986; Dudka & Adriano, 1997; Jordan, 2009). Rudarstvo ima nekaj edinstvenih značilnosti, kot so kontaminacija zaradi povišanega naravnega ozadja na območjih orudenja, metalurške dejavnosti in kontaminacija v tridimenzionalnem podpovršinskem prostoru, problemi v zvezi z dolgoročno sanacijo rudnikov po zaprtju ter sekundarnega onesnaženja zemljišč na območjih rudarjenja, nesoglasja v zvezi z rabo zemljišč in težave opučenih rudnikov. Te specifičnosti zahtevajo posebna orodja za reševanje zapletenih okoljskih problemov, povezanih z onesnaženimi območji zaradi rudarjenja (Jordan, 2009).

Večkrat se je že izkazalo, da ima lahko rudarjenje velik in trajen vpliv na okolje

(Salomons, 1995; Jordan, 2009). Ugotovljene so bile mnoge avreole onesnaženja, ki segajo tudi več sto kilometrov od vira onesnaženja (Moore & Luoma, 1990; Salomons, 1995; Nimick et al., 2004; Šajn, 2006; Gosar et al., 2006; Jordan, 2009). Na številnih območjih po svetu so ugotovili okoljske probleme zaradi preteklega in sedanjega rudarjenja ter metalurške industrije, ki se odražajo kot območja s povišanimi vsebnostmi onesnaževal v tleh, sedimentih, vodi, rastlinah, živalih in seveda tudi v ljudeh.

Rudarstvo je v Sloveniji ena najstarejših gospodarskih panog, stara več kot 2000 let. Glede na dolgotrajno intenzivno rudarsko dejavnost na našem ozemlju je razumljivo, da je mnogo rudarskih del potekalo v obdobju, ko izrazitejša skrb za okolje še ni bila izražena, in da je rudarska dejavnost zapustila številne negativne sledi v okolju. Zaradi rudarsko-topilniške dejavnosti sta v Sloveniji najbolj prizadeti dve območji: zgornja Mežiška dolina, ki je onesnažena s svincem, cinkom in kadmijem, ter Idrija z okolico, ki je onesnažena z živim srebrom.

Na širšem vplivnem območju rudnika

živega srebra v Idriji smo na Geološkem zavodu Slovenije začeli raziskovati vplive dolgoletnega rudarjenja na okolje že leta 1990 in od takrat dalje neprekinjeno poteka tudi še danes. Rezultate raziskav iz prve polovice devetdesetih let prejšnjega stoletja je leta 1997 v doktorski disertaciji z naslovom »Živo srebro v sedimentih in zraku na ozemlju Idrije kot posledica orudenja in rudarjenja« strnila dr. Mateja Gosar. Delo je opravila ob vsestranski pomoči in pod strokovnim vodstvom mentorja prof. dr. Simona Pirca. K sodelovanju je pritegnila tudi sodelavce: dr. Roberta Šajna na področju geostatističnih analiz in prostorskih prikazov porazdelitve živega srebra v zraku in tleh (Gosar et al., 1997a, Gosar & Šajn, 2001; Šajn in Gosar, 2004; Gosar et al., 2006), dr. Gorazda Žibreta pri oceni količine živega srebra v aluvialnih sedimentih reke Idrije (Žibret in Gosar, 2006) in v zadnjem času mlado raziskovalko Tamaro Teršič (Teršič et al., 2008; Teršič in Gosar, 2009), ki bo v svojem doktorskem delu nadaljevala z raziskavami vsebnosti, količine in vertikalne porazdelitve živega srebra na lokacijah starih žgalnic ter poskušala odgovoriti na vprašanje, kakšen vpliv je imelo žgalništvo v gozdovih v 16. in prvi polovici 17. stol. na današnjo porazdelitev živega srebra v okolju. K sodelovanju pri raziskavah smo večkrat pritegnili tudi raziskovalce iz drugih institucij. Še posebej intenzivno je bilo sodelovanje z Inštitutom za geokemijo okolja iz Heidelberga (prof. dr. G. Müller, dr. A. Hess, prof. dr. H. Biester) in v zadnjih letih z Univerzo v Braunschweignu (prof. dr. H. Biester). V pričujočem prispevku bomo poskušali na kratko povzeti glavne ugotovitve

naših raziskav in navesti najpomembnejše članke, objavljene v priznanih mednarodnih znanstvenih revijah, v katerih smo domačo in mednarodno javnost seznanjali z našimi izsledki.

Raziskave zraka

Septembra 1994 smo v sodelovanju z ruskimi raziskovalci merili živo srebro v zraku s prenosnim spektrometrom PA-915, ki deluje na osnovi Zeemanovega efekta (Gosar, 1997; Gosar et al., 1997a). Pred našimi meritvami žgalnica rude več mesecev ni delovala. Tako je bila v času meritev edina dejavnost rudnika prezračevanje. Koncentracije nad 300 ng Hg/m³ zraka (ponekod tudi do 2000 ng Hg/m³ zraka) so bile opazne v okolici obeh glavnih virov Hg hlapov v Idriji (žgalnica rude z deponijo žgalniških ostankov, rudniško prezračevanje). Na katero stran od vira onesnaženja se razširi onesnaženi zrak, je odvisno od vremenskih pogojev, predvsem od smeri in hitrosti vetra. Izmerjeni so bili trije profili na isti poti v različnih časovnih obdobjih. Prikazujejo hitro spreminjanje koncentracij živega srebra v zraku, verjetno predvsem v odvisnosti od hitro spreminjajočih se vremenskih pogojev. Izdelana je bila karta porazdelitve živega srebra v zraku (Gosar et al., 1997a), ki je bila z dovoljenjem založbe Chapman & Hall predstavljena tudi v knjigi »Mercury contaminated sites«, ki jo je leta 1999 izdala založba Springer. Po letu 1995 so se razmere na lokaciji nekdanje žgalnice z odvalom žgalniških odpadkov močno spremenile. Od rudniških objektov so ohranili le separacijo in eno rotacijsko peč, kar bo v prihodnosti služilo muzejskim namenom, na

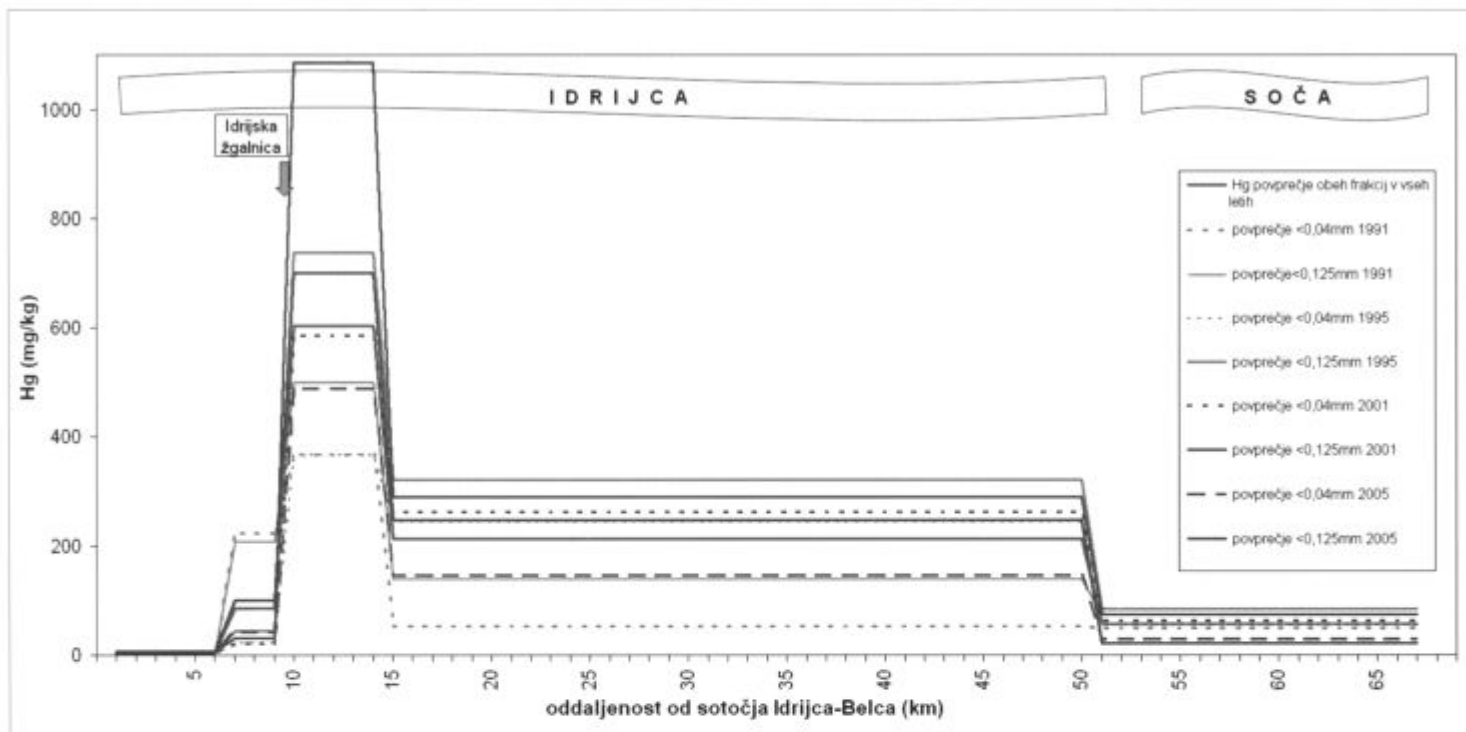
ostali površini pa so sedaj tovarniški objekti in parkirišča. Meritve živega srebra v zraku v letih 1999 in 2000 in kasneje (Dizdarevič, 2001) so potrdile pričakovano znižanje koncentracij.

Raziskave sedimentov

Poleg atmosferskih emisij je na obremenjenost okolja na Idrijskem močno vplivalo tudi to, da so večino žgalniških ostankov v celotni zgodovini pridobivanja živega srebra v Idriji, še zlasti od sredine 19. stoletja pa vse do leta 1977, vsipali neposredno v Idrijco, ki je material ob visokih vodah odnašala po dolini Idrijce in Soče v Jadransko morje. Tako so v spodnjem toku Idrijce nastali obsežni rečni nanosi z visokimi vsebnostmi živega srebra (Gosar, 1997; Gosar et al., 1997b; Biester in sod., 2000), ki so in bodo vir z živim srebrom obremenjenega sedimenta tudi v prihodnosti.

Od leta 1991 izvajamo petletni monitoring vsebnosti živega srebra v sedimentih Idrijce in Soče (Gosar, 1992; Gosar et al., 1997b; Gosar, 2008). Rečne sedimente vzorčujemo v celotnem toku Idrijce in delno Soče. Z vzorčenjem začnemo v zgornjem toku Idrijce tik pod sotočjem Idrijce in Belce ter nadaljujemo na vsakih 5 kilometrov. Na območju najvišjih pričakovanih koncentracij (med Idrijo in Spodnjo Idrijo) vzorčenje izvedemo pogostejše, in sicer na vsak kilometer.

Rezultati opravljenih meritev kažejo, da vsebuje sediment v zgornjem toku Idrijce okoli 2 mg/kg živega srebra. Na območju med Idrijo in Spodnjo Idrijo koncentracije zelo nihajo in so ekstremno visoke (od 171 do 4121, povprečno 735 mg/kg). Od



Slika 1. Vsebnosti živega srebra v rečnih sedimentih Idrije in Soče (podatki po Gosar, 2008)

Spodnje Idrije nizvodno vsebuje sediment nekoliko manj živega srebra (od 3,2 do 878, povprečno 218 mg/kg) (Gosar, 2008) (Slika 1). V soških sedimentih vsebnosti živega srebra nekoliko manj nihajo in so zelo razredčene (od 18 do 183, povprečno 67 mg/kg). Poudariti moramo, da so to še vedno zelo visoke vsebnosti, še posebej če jih primerjamo z evropskim povprečjem za rečne sedimente, ki je ocenjeno na 0,038 mg/kg Hg (Salminen et al., 2005). Velikih razlik v vsebnostih živega srebra med leti nismo opazili. Zanimivo pa je, da nismo zasledili

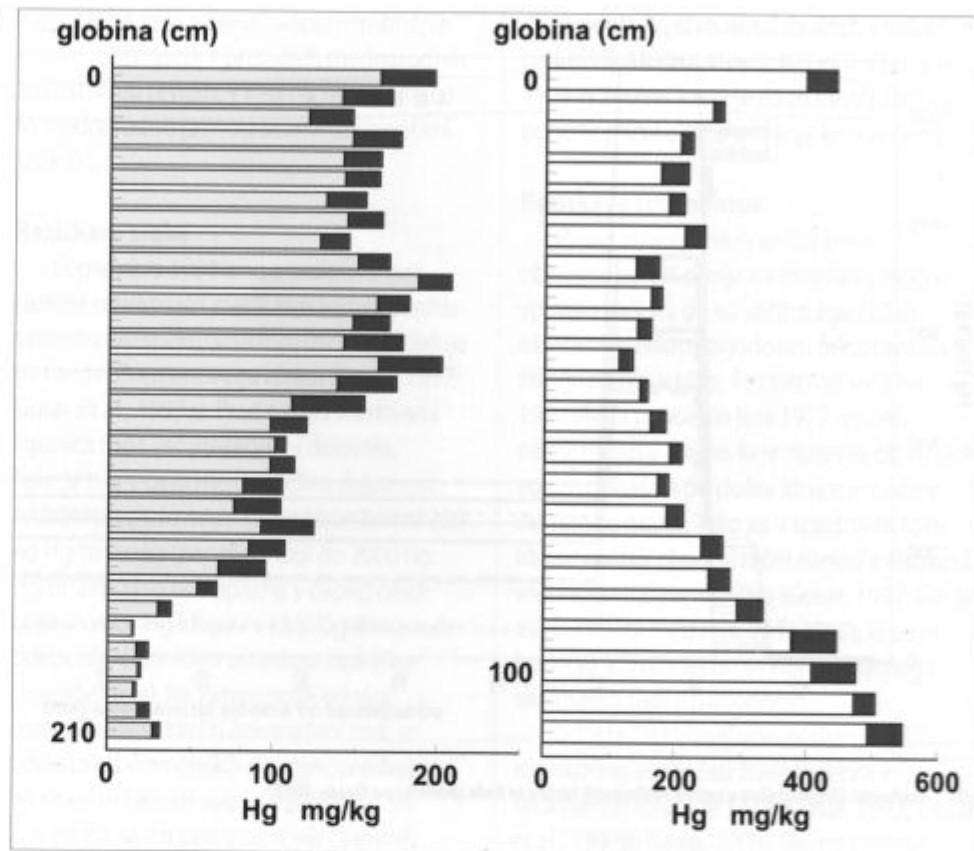
časovnega trenda upadanja vsebnosti živega srebra v sedimentih. Nasprotno, najbolj ekstremno visoke vsebnosti smo določili leta 2001. Ugotavljamo torej, da vsebnosti živega srebra v sedimentih močno nihajo in niso odvisne le od oddaljenosti od glavnega vira onesnaženja, ampak tudi od hidroloških pogojev. Idrija je namreč hitra reka, ki ob visokih vodah delno erodira lastno korito in v njem odložene sedimente, zato velik del onesnaženih sedimentov nadaljuje pot do izliva v Sočo in proti morju. To pa ne velja za poplavne sedimente, ki se odložijo na

poplavnih ravninah ob spodnjem toku Idrije in predstavljajo akumulacijo onesnaženih sedimentov.

Ker sta strupenost in mobilnost živega srebra v prvi vrsti odvisni od vrste vezave živega srebra, je potrebno poznavanje zvrsti, v katerih je živo srebro navzoče. Zato smo posebno pozornost posvetili študiju zvrsti živega srebra v ostankih prežgane rude in sedimentih. Rezultati raziskave zvrsti živega srebra v prežgani rudi kažejo (Biester et al., 1999 in 2000), da so vrste vezave Hg odvisne predvsem od učinkovitosti žgalne

tehnike in prevladujočih zvrsti živega srebra v žgani rudi. V starih deponijah prevladuje cinabarit, v deponijah iz 20. stoletja pa je vsebnost cinabarita zelo majhna. To je posledica učinkovitejšega žganja in predelave karbonskih skrilavcev, ki vsebujejo samorodno živo srebro. V teh deponijah prevladuje Hg, ki je vezan na mineralne komponente osnove, poleg tega pa nastopata še nevezani Hg in v sledovih HgO. Kljub temu da mlajše deponije vsebujejo manj celotnega Hg, so dolgoročno lahko bolj nevarne za okolje kot starejše, v katerih je Hg trdno vezan v cinabaritu (Biester et al., 1999).

Nadaljevanje raziskave zvrsti živega srebra v deponijah prežgane rude predstavlja študija zvrsti živega srebra v sedimentih (Biester et al., 2000). Glavni namen te študije je bil, poiskati nadaljnjo usodo za okolje potencialno nevarnih necinabaritnih zvrsti živega srebra, ki se spirajo z odlagališč prežgane rude v reko Idrijco in potem dalje v Sočo in Jadransko morje. Živo srebro v sedimentih nastopa v dveh oblikah: kot cinabarit in kot Hg, vezan na komponente osnove (necinabaritna frakcija). Vsebnost necinabaritne frakcije je močno odvisna od zrnivosti sedimenta. Akumulacija cinabarita nastopa v bolj debelo zrnatih rečnih sedimentih, kjer je več kot 80 % Hg vezanega v cinabaritu. Z oddaljenostjo od Idrije delež cinabarita v aktivnih rečnih sedimentih narašča. Necinabaritne komponente pa so vezane na lokacije, kjer se kopiči najdrobnejši sediment: na poplavnih ravninah je necinabaritnega deleža do 40 %, v Tržaškem zalivu pa do 55 % (Slika 2) (Biester et al., 2000).



Slika 2. Porazdelitev živega srebra v dveh profilih na poplavnih ravninah ob spodnjem toku Idrije; rumeno je označen delež živega srebra, vezan v cinabaritu, zeleno pa necinabaritno vezano živo srebro (podatki po Biester et al., 2000).

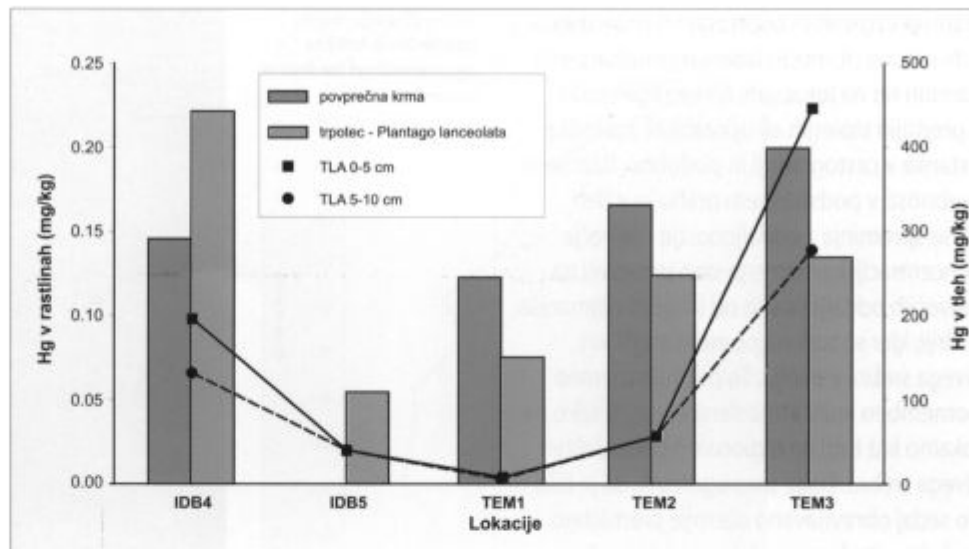
Raziskave poplavnih sedimentov so obsegale tudi oceno količine živega srebra, odloženega v aluvialnih sedimentih Idrije. To smo dosegli tako, da smo pomnožili vsebnost živega srebra v sedimentih z njegovo težo. Za izračun količine materiala smo kartirali kvartarne sedimente reke Idrije, to je njene terasne sisteme od Idrije do izliva Bače v Idrijco. Za določitev prostorske razporejenosti vsebnosti živega srebra v

sedimentih smo vzorčili aluvialne ravnine po vzorčni shemi, ki omogoča analizo variance. To je bilo pomembno za določitev vsebnosti živega srebra tudi na aluvialnih ravninah, ki niso bile vzorčene. Statistična obdelava je pokazala, da je vsebnost živega srebra v aluviju najbolj odvisna od položaja materiala znotraj aluvialne ravnine, torej od tega, ali material leži na poplavni ravnici, ki je najbolj onesnažena, na prvi ali kateri višji terasi,

ne glede na dolžino transporta ali globino vzorčenega materiala. Ob upoštevanju tega dejstva ter podatkov kartiranja smo ocenili, da je v aluvialnih sedimentih reke Idrijce akumuliranih okoli 2000 ton živega srebra (Žibret in Gosar, 2006).

Raziskave rastlin

Na onesnaženih poplavnih ravninah v spodnjem toku Idrijce nas je zanimala tudi vsebnost živega srebra v rastlinah. Povprečna krma in ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*) vsebujeta od 0,055 do 0,220 mg Hg/kg suhe snovi. Navedene vrednosti so v primerjavi z vzorci iz sedemdesetih let iz Idrije relativno nizke glede na vsebnosti živega srebra v tleh. So istega reda velikosti, kot so bile določene v okolici opuščenega rudnika Hg v Podljubelju. Glede na navedbe o vsebnostih v neobremenjenih tleh pa lahko ugotovimo, da so na poplavnih ravninah ob Idriji precej nad nivojem ozadja. Vsebnost celotnega živega srebra v tleh le do neke mere vpliva na vsebnost v rastlinah. Če primerjamo vzorce s treh nivojev poplavnih ravnin, vidimo, da vsebnosti v tleh skokovito naraščajo od tretje do prve obrečne terase. V rastlinah pa so razlike majhne verjetno zato, ker je velik del živega srebra v tleh vezan v cinabaritu, ki je za rastline nedostopen. Na prvi obrečni ravnici, kjer tla vsebujejo kar 55-krat več Hg kot na tretji poplavni ravnici, vsebuje vzorec povprečne krme 1,6-krat več in vzorec trpotca 1,8-krat več Hg kot ustrezna vzorca na tretji poplavni ravnici (Slika 3) (Gosar, 2008).



Slika 3. Vsebnosti živega srebra v rastlinah ter primerjava z vsebnostmi živega srebra v tleh (podatki po Gosar, 2008)

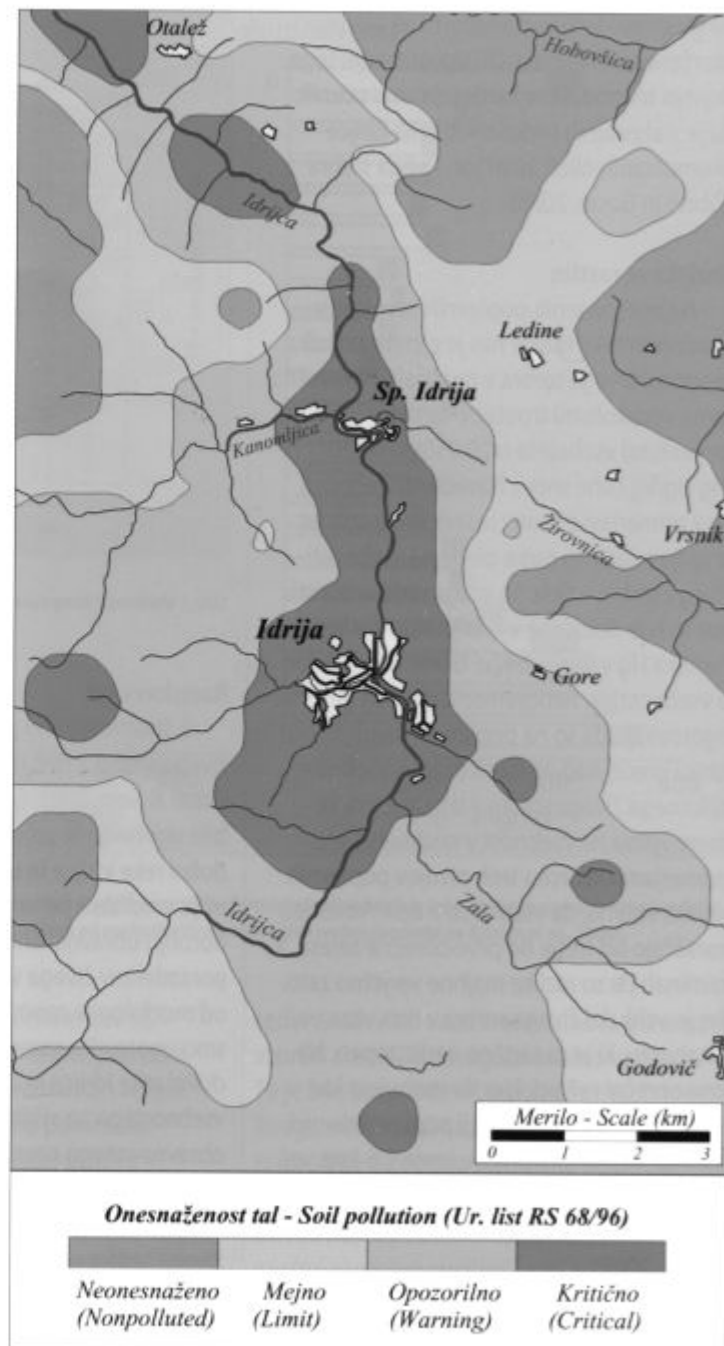
Raziskave tal

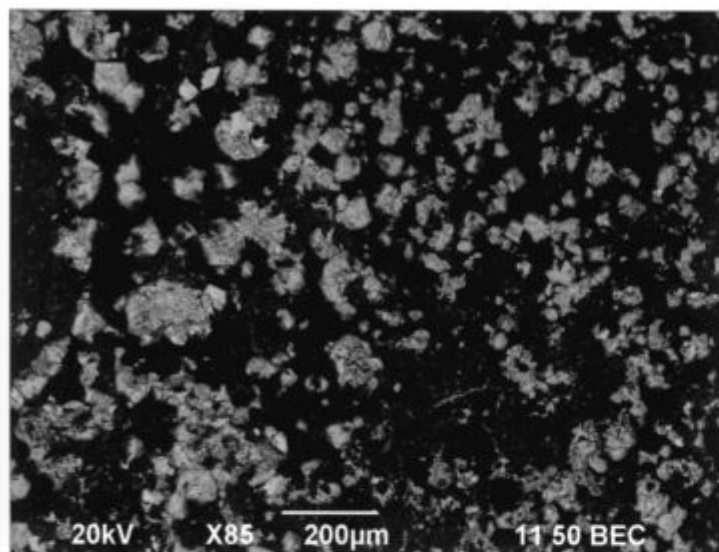
S sistematičnimi preiskavami vsebnosti živega srebra v tleh (Gosar & Šajn, 2001; Gosar & Šajn, 2003; Gosar et al., 2006) so bile ugotovljene zelo visoke vsebnosti v dolini reke Idrijce in ob vznožju vzpetin, nižje vrednosti pa so v višjih delih in na obrobju obravnavanega ozemlja. Prostorska porazdelitev živega srebra je močno odvisna od morfologije ozemlja. Najvišje vsebnosti smo ugotovili v samem centru Idrije, dalje v dolini reke Idrijce in ob vznožju vzpetin, nižje vsebnosti pa na višjih delih in na obrobju obravnavanega ozemlja. Z vzorčenjem tal v letih 2000-2001 na območju, velikem 160 km², smo določili ozemlja, kjer vsebnosti živega srebra presegajo zakonsko določene normative (Uradni list, 1996). Ocenili smo, da na ozemlju, velikem 112 km², vsebnosti

živega srebra v tleh presegajo mejne oz. opozorilne vrednosti za tla, 20 km² ozemlja pa je kritično onesnaženega (10 mg/kg) (Slika 4) (Gosar & Šajn, 2001; Šajn in Gosar, 2004; Gosar & Šajn, 2003; Gosar et al., 2006). Povprečna vsebnost živega srebra na kritično onesnaženem območju znaša 20 mg/kg in preseže slovensko povprečje za več kot 300-krat (Šajn in Gosar, 2004; Gosar et al. 2006). Pri žganju rude je nastajalo veliko prašnih delcev in plinov, ki so obremenjevali okolico žgalnice in povzročili nastanek ogromne avreole živega srebra na Idrijskem. Obravnavali smo tudi vsebnosti v podstrešnem prahu in ugotovili, da so nekajkrat višje kot v tleh, v povprečju za 3,6-krat. Živega srebra je več v tleh kot v prahu le na lokacijah, kjer je njegov poglavitni vir, poleg atmosferskih emisij, tudi talna podlaga. To je na deponijah

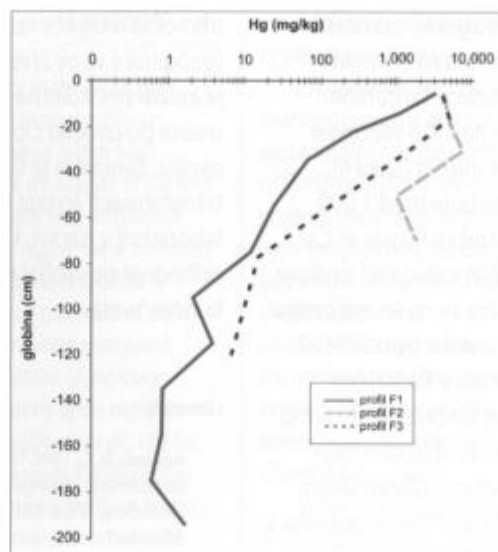
starih prežganih in neprežganih rudarskih odvalov, na območju izdajanja rudonosnih kamnin ter na lokacijah, kjer so žgali rudo v prejšnjih stoletjih ali uporabljali žgalniške ostanke v cestogradnji in podobno. Razmerje vsebnosti v podstrešnem prahu in v tleh pa se spreminja z oddaljenostjo. Največja koncentracijska razmerja smo ugotovili na največjih oddaljenostih od Idrije in najmanjša v Idriji, kjer so tudi najpomembnejši viri živega srebra v okolju. To potrjuje izjemno pomemben vpliv atmosferskih emisij tako na lokalno kot tudi na regionalno porazdelitev živega srebra. Dalje smo ugotovili, da je bilo do sedaj obravnavano ozemlje premajhno in da je potrebno z raziskavami, ki bodo zajele večje območje, ugotoviti transportne procese in definirati vplivno območje. Ugotovili smo tudi, da delež živega srebra, ki je trdno vezan v cinabaritu, z oddaljenostjo od Idrije upada v obeh preiskovanih medijih. V bolj oddaljenih predelih, kjer so se usedali manjši delci, torej prevladujejo necinabaritne zvrsti živega srebra. Predvidevamo dva transportna mehanizma prašnih delcev in plinov v času delovanja žgalnice. Večji delci, ki so bili sestavljeni večinoma iz cinabarita, so se usedali v neposredni bližini žgalnice. Manjši delci pa so se razširjali daleč naokoli. S tem razlagamo zmanjševanje deleža živega srebra, vezanega v cinabaritu v tleh in podstrešnem prahu, z oddaljenostjo od Idrije. Živosrebrni hlapi so bili vezani na zelo drobne aerosole, ki se dalj časa zadržijo v atmosferi, preden se usedejo (Gosar et al., 2006).

Slika 4. *Območja mejno, opozorilno in kritično onesnaženih tal (po Šajn in Gosar, 2004)*





Slika 5. Elektronsko mikroskopski posnetek cinabaritnega oprha (svetle lise) na notranji strani razbite žgalniške posode z lokacije Frbežene trate



Slika 6. Vsebnosti živega srebra v treh profilih na lokaciji Frbežene trate (podatki po Gosar in Čar, 2006)

Raziskave starih žgalnic

Rezultati porazdelitve živega srebra na širšem območju Idrije (Gosar & Šajn, 2001; Gosar et al., 2006) jasno kažejo na nekatere anomalije, pri katerih so vsebnosti živega srebra v tleh povišane, a njihova vsebnost ne more biti posledica glavnih virov živega srebra v Idriji in okolici, kot so atmosferske emisije, odvali neprežgane in prežgane rude ter njihova uporaba v cestogradnji in izdanki orudenih kamnin. Do nedavnega je večina interpretacij raziskovalnih rezultatov izhajala iz prepričanja, da je mesto Idrija, kjer so rudnik, opuščena topilnica in deponije žgalniških odpadkov ter revne rude, edini vir onesnaženja. Šele v zadnjih letih so se pričele natančnejše študije o načinih žganja rude v prvih sto petdesetih letih delovanja

rudnika in odkrita so bila številna mesta žgalnic v gozdovih okoli Idrije (Čar & Terpin, 2005). Nekdanja žgalniška mesta so prekrita z odvali odlomkov s cinabaritom prevlečene glinene lončenine (Slika 5). Do sedaj je bilo v okolici Idrije odkritih 21 lokacij starih žgalnic, ki glede na obseg in številčnost predstavljajo stalen vir emisij živega srebra (Čar & Terpin, 2005; Gosar & Čar, 2006). V zadnjem času intenzivno raziskujemo pomen starih žgalnic kot vira onesnaženja tal in podtalnih voda z živim srebrom na območju Idrije. Nekatera območja starih žgalnic se dobro ujemajo s še nepojasnjenimi povišanimi vsebnostmi živega srebra, ugotovljenimi v nekaterih geokemičnih raziskavah (Gosar et al., 2006), torej bi lahko bile anomalije na teh lokacijah posledica nekdanjega žganja rude po

gozdovih. Za potrditev te domneve in za opredelitev obsega in pomena starih žgalnic so potrebne nadaljnje raziskave, ki so v teku. Nekatere preliminarne smo že predstavili (Gosar in Čar, 2006; Teršič in Gosar, 2009) in glavne ugotovitve podajamo v nadaljevanju. Na žgalniškem območju Frbežene trate, ki se nahaja na obsežni dolomitni izravnavi na levi strani ceste Idrija–Čekovnik, smo obravnavali 3 talne profile. Vsi trije profili vsebujejo v zgornjem, z organsko snovjo bogatem horizontu tal zelo visoke vsebnosti živega srebra (od 3.000 do 4.000 mg/kg). Vsebnosti v dveh profilih z globino hitro upadajo in že na globini 0,5 m vsebujejo približno 10-krat manj živega srebra. Nižje se vsebnosti živega srebra počasi znižujejo in na globini 1,3 m dosežejo vsebnost nekaj mg/kg živega

srebra. V tretjem profilu zgornji humozni plasti sledi prav tako humozna plast, ki vsebuje zelo veliko ostankov lončenine. V tej plasti smo določili najvišjo vsebnost živega srebra, kar 7.474 mg/kg (Slika 6). Spodaj ležeča ilovica vsebuje med 1.000 in 2.000 mg/kg živega srebra (Gosar in Čar, 2006). Pšenk je eno večjih nahajališč drobirja žgalniških posod. Razteza se na levem bregu potoka Lačne vode, ki priteka izpod Hleviš in se nekoliko nižje pretoči v Padarjevo grapo. Največje količine lončenine najdemo v zgornjem zahodnem obrobju območja, tik pod potjo proti Hlevišam. Obravnavani geokemični profil na lokaciji Pšenk sestavlja v zgornjem delu okoli 45 cm debela humozna plast, ki vsebuje od 4.000 do 5.000 mg/kg živega srebra. V globljih delih profila je okoli 100 mg/kg živega srebra. Izračunali smo, da na lokaciji Pšenk še danes leži okoli 1,4 tone živega srebra, in ocenili, da se na vseh do sedaj opisanih lokacijah žgalnic nahaja okoli 40 t živega srebra (Gosar in Čar, 2006). Ugotovljene vsebnosti živega srebra v tleh na lokacijah starih žgalnic so izjemno visoke in po vsebnosti živega srebra presegajo vse do sedaj opisane lokacije v Idriji in okolici. V teku so nadaljnje raziskave zvrsti živega srebra, ki bodo omogočile določitev mobilnosti in biodostopnosti živega srebra v tleh.

Zaključek

Iz predstavljenega lahko zaključimo, da je Idrija s svojo okolico specifičen primer okolja, ki je zelo obremenjeno z živim srebrom. Predstavlja hvaležen študijski prostor, ker je na relativno majhnem

območju mogoče raziskovati vpliv naravnih (geogenih) virov živega srebra in tistih, ki jih je zaradi petstoletnega pridobivanja živega srebra povzročilo človekovo delovanje v okolju. Zanimiva je tudi za študij procesov transformacij živega srebra in predstavlja laboratorij v naravi, ki bo gotovo tudi v prihodnje privabljal raziskovalce z vseh koncev sveta.

Literatura:

- Adriano, D. C., 1986. Trace elements in the terrestrial environment. - Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo. 533 pp.
- Albarde, F., 2003. Geochemistry. - Cambridge university press, Cambridge. 248 pp.
- Biester, H., Gosar, M. & Covelli, S., 2000. Mercury speciation in sediments affected by dumped mining residues in the drainage area of the Idrija mercury mine, Slovenia. - Environ. Sci. Technol., 34/16, pp. 3330-3336.
- Biester, H., Gosar, M. & Müller, G., 1999. Mercury Speciation in Tailings of the Idrija Mercury Mine. - Journal of Geochemical Exploration, 65/3, pp. 195-204.
- Čar, J. & Terpin, R., 2005. Stare žgalnice živosrebrove rude v okolici Idrije. - Idrijski razgledi 50/1, Idrija.
- Dizdarevič, T., 2001. The influence of mercury production in Idrija mine on the environment in the Idrija region and over a broad area. - RMZ - Materials and Geoenvironment 48/1, pp. 56-64.
- Dudka, S. & Adriano, D. C., 1997. Environmental impacts of Metal Ore Mining and processing: A Review. - Journal of Environmental Quality 2, pp. 590-602.
- Gosar, M., 1992. Ocena vsebnosti živega srebra v sedimentih Idrije. - V: Onesnaževanje in varstvo okolja, geologija in tehnika za okolje, zbornik, 213-217, Ljubljana.
- Gosar, M., 1997. Živo srebro v sedimentih in zraku na ozemlju Idrije kot posledica orudenja in rudarjenja = Mercury in sediments and air as a reflection of Idrija mineralization and mining. - doktorska disertacija. Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana. 125 pp.
- Gosar, M., 2008. Mercury in river sediments, floodplains and plants growing thereon in drainage area of Idrija mine, Slovenia. - Pol. J. Environ. Stud. 17/2, pp. 227-236.
- Gosar, M. & Čar, J., 2006. Vpliv žgalnic živosrebrove rude

iz 16. in 17. stoletja na razširjenost živega srebra v okolici Idrije = Influence of mercury ore roasting sites from 16th and 17th century on the mercury dispersion in surroundings of Idrija. - Geologija 49/1, pp. 91-101.

- Gosar, M. & Šajn, R., 2001. Mercury in soil and attic dust as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia) = Živo srebro v tleh in podstrešnem prahu v Idriji in okolici kot posledica orudenja in rudarjenja. - Geologija 44/1, pp. 137-159.
- Gosar, M. & Šajn, R., 2003. Geochemical soil and attic dust survey in Idrija, Slovenia. - Journal de Physique 107, pp. 561-564.
- Gosar, M., Šajn, R. & Biester, H., 2006. Binding of mercury in soils and attic dust in the Idrija mercury mine area (Slovenia). - Sci. total environ. [Print ed.], 1 October 2006, 369/1-3, pp. 150-162.
- Gosar, M., Pirc, S. & Bidovec, M., 1997b. Mercury in the Idrija river sediments as a reflection of mining and smelting activities of the mercury mine Idrija. - Journal of Geochemical Exploration 58, pp. 125-131.
- Gosar, M., Pirc, S., Šajn, R., Bidovec, M., Mashyanov, N. R. & Sholupov, S. E., 1997a. Distribution of mercury in the atmosphere over Idrija, Slovenia. - Environ. geochem. health 19, pp. 101-110.
- Jordan, G., 2009. Sustainable mineral resources management: from regional mineral resources exploration to spatial contamination risk assessment of mining. - Environ. Geol., on line first, 17 pp.
- Moore, J. N. & Luoma, S. N., 1990. Hazardous wastes from large-scale metal extraction. - Environ. Sci. Technol. 24, pp. 1278-1285.
- Nimick, D. A., Church, S. E. & Finger S. E. (eds.), 2004. Integrated Investigations of Environmental Effects of Historical Mining in the Basin and Boulder Mining Districts, Boulder River Watershed, Jefferson County, Montana D. A. - USGS Professional Paper 1652, 503 pp.
- Salminen R., Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamić, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazrek, A., O'connor, P., Olsson, S. A., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A. & Tarvainen, T., 2005. Geochemical atlas of Europe. Part 1, Background information, methodology and maps. - Espoo: Geological Survey of Finland, 525 pp.
- Salomons, W., 1995. Environmental impact of metals derived from mining activities: Process, prediction, prevention. - Journal of Geochemical Exploration 52, pp. 5-23.
- Siegel, F. R., 2002. Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals. - Springer - Verlag Berlin,

- Heidelberg, 218 pp.
- Šajn, R., 2006. Factor Analysis of Soil and Attic-dust to Separate Mining and Metallurgy Influence, Meža Valley, Slovenia. - *Mathematical Geology* 38/6, pp. 735-747.
 - Šajn, R., Gosar, M., 2004. Pregled nekaterih onesnaženih lokacij zaradi nekdanjega rudarjenja in metalurških dejavnosti v Sloveniji = An overview of some localities in Slovenia that became polluted due to past mining and metallurgic activities. - *Geologija* 47/2, pp. 249-258.
 - Teršič T., Gosar M. & Biester H., Historical ore processing in Idrija: Case study of a unique mercury waste disposal site. - *Geochimica et cosmochimica acta*, 72/12, pp. A942.
 - Teršič T. & Gosar M., 2009. Preliminary results of detailed geochemical study of mercury at the ancient ore roasting site Pšenk (Idrija area, Slovenia) = Preliminarni rezultati geokemične raziskave živega srebra na območju nekdanje žgalnice rude Pšenk (Idrijsko, Slovenija). - *Geologija*, 52/1, pp. 79-86.
 - Uradni list RS 1996. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Uradni list 68, pp. 5773-5774.
 - Žibret, G. & Gosar, M., 2006. Calculation of the mercury accumulation in the Idrija river alluvial plain sediments. - *The Science of the Total Environment* 368, pp. 291-297.

Abstract

A REVIEW OF ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY INVESTIGATIONS IN IDRJA AREA AT GEOLOGICAL SURVEY OF SLOVENIA

The mining and metal industry can be an important source of trace elements in the environment. The impact of long history of mining with regard to heavy metal enrichments in different environmental media in some potentially contaminated areas in Slovenia was intensively investigated at Geological survey of Slovenia in the last two decades.

Our environmental geochemistry studies started in the area of Idrija. There is half a millennium of mercury production reflected in increased mercury contents in all of its environmental segments. First publication came out in 1992 (Gosar, 1992). It

reported on mercury enrichments in the Idrija and the Soča stream sediments.

Measurements of mercury in the air in 1994 conducted with portable spectrometer (Gosar, 1997; Gosar et al., 1997a) showed rather high mercury concentrations in the air in spite of the fact that the only activity in the mine was ventilation. Concentrations above 300 ng Hg/m³ were observed in the surroundings of the two main sources of mercury vapours in Idrija. Three traverses of the same itinerary at various times were measured. The results showed rapid variation of mercury in air, probably depending mostly upon rapidly changing weather conditions (Gosar et al., 1997a). Geochemical map of mercury spatial distribution in the air above Idrija was constructed (Gosar et al., 1997a). This map was presented also in the book »Mercury contaminated sites« published by Springer in 1999.

Our investigations proceeded in cooperation with researchers from the Institute of environmental geochemistry in Heidelberg. Studies of mercury speciation in tailings and in sediments and soils from floodplains (Biester et al., 1999; 2000) indicated the occurrence of two major Hg forms, cinnabar and an unspecified group of matrix-bound Hg compounds that were assumed to be potentially bio-available. It was established that accumulation of cinnabar predominantly occurs in coarse-grained river sediments, while non-cinnabar Hg was found to be enriched in areas where fine-grained material was deposited (Biester et al., 2000). It has been determined that the floodplains along the Idrija River are strongly enriched with mercury. Mercury in plants was studied at these highly polluted locations and it came out that in comparison to the mercury contents in plants from Idrija, investigated in the 1970s, these contents are relatively low referred to mercury in soil. However, regarding mercury contents in plants on non-polluted soils, the contents in plants on Idrija river terraces are

considerably higher than the background (Gosar, 2004b; Gosar, 2008).

In continuation of polluted sediment investigations, the assessment of the amount of accumulated mercury in the alluvial sediments of the Idrija River until now was done. For this purpose the alluvial sediments on different levels were sampled and the analysis of variance was performed. The greatest variability was between the floodplain and terraces inside the same alluvial plain. Considering this fact, which determined the methodology employed for calculation, we estimated that about 2000 tons of mercury have been stored in the Idrija River alluvial sediments (Žibret & Gosar, 2006).

Systematic investigations of mercury contents and its spatial distribution in soil (Gosar & Šajn, 2001; Gosar et al., 2006) demonstrate very high mercury contents in the Idrija River Valley near the pollution source while lower values prevail at higher elevations and tend to decrease with the distance from Idrija. Sampling of soil and attic dust has shown that mercury contents in soil exceed the critical values for soil (10 mg/kg) on about 20 km² (Šajn, 2003; Gosar et al. 2006). The concentrations of Hg in attic dust are many times higher than in surrounding soils and the attic dust/soil ratio changes with distance. The highest concentration ratios were identified at the greatest distance from the source of pollution and the lowest close to the source of pollution. This confirms the impact of air emissions on the wider Idrija surroundings. The portions of non-cinnabar compounds increase with distance from the mercury source in both sampling media. Non-cinnabar fractions were found to be enriched in distant areas, where fine-grained material was deposited (Gosar et al., 2006).

Marko Cigale

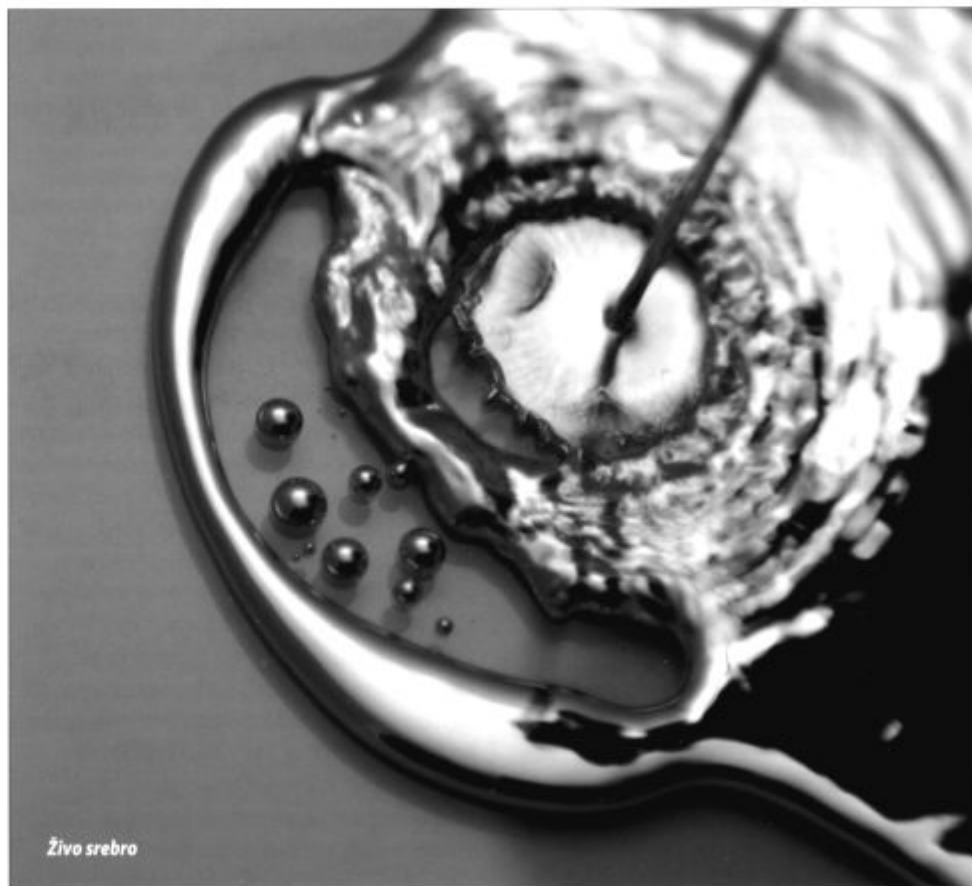
INFORMACIJSKO–RAZISKOVALNI CENTER ZA ŽIVO SREBRO RUDNIKA ŽIVEGA SREBRA IDRIJA

Uvod

I drijski rudnik živega srebra je eden najstarejših rudnikov v Evropi, saj so na tem območju nepretrgoma pridobivali živo srebro vse od leta 1490. Po ustnem izročilu naj bi dragoceno tekočo kovino prvi opazil legendarni »škafar«, ko je namakal leseno posodo pri studencu. Rudarji so že pred letom 1500 kopali in žgali rudo, vendar je šele najdba bogate cinabaritne rude, 22. junija 1508, omogočila razmah del in dvig proizvodnje. Vzporedno s širjenjem rudnika je rasla idrijska naselbina.

Stoletja je bil idrijski rudnik pomembno gospodarsko podjetje. Imel je velik pomen in omogočal velik prihodek lastnikom, zato se jim je obrestovalo vlagati v njegovo modernizacijo. V Idrijo so prihajali vrhunski strokovnjaki. Del objektov in naprav se je v Idriji ohranil in je danes zaščiten kot kulturna dediščina nacionalnega pomena, prizadevamo si, da bi le-ta postala del svetovne dediščine.

Ob vsej veličini pa ne smemo pozabiti temnejše strani 500-letne zgodovine, to je nemogočih delovnih in življenjskih razmer,



Živo srebro

v katerih so delale in živele generacije idrijskih rudarjev in prebivalcev mesta Idrija. Rezultat 500-letnega delovanja ni le tehnična dediščina neprecenljive vrednosti, temveč tudi degradirano okolje.

Čeprav rudišče še ni bilo izčrpano, so iz ekonomskih razlogov leta 1977 prekinili s proizvodnjo. Leta 1986 je bil sprejet sklep o zapiranju rudnika. Trenutno še izvajamo zapiralna in utrjevalna dela, ki bodo končana leta 2009. Zaradi specifičnih geomehanskih pogojev bo del rudišča ostal odprt in ga bo potrebno vzdrževati še naprej. Odprt ostaja še del, ki je preurejen v turistični rudnik. Rudišče je zaščiten kot naravna vrednota državnega pomena.

Tudi po izvedbi vseh zapiralnih del, predvidenih v dolgoročnem programu, bo potrebno nadaljevati z meritvami (spremljavo stanja), vse dokler ne bo z njimi dokazano, da se je premikanje nad rudiščem povsem umirilo.

Ustanovitev in področje dela Informacijsko–raziskovalnega centra za živo srebro

Živo srebro, edino tekočo kovino, so v preteklosti izredno cenili. Uporabljali so ga v znanosti, medicini, tehniki in industriji. Danes so ga zaradi strupenosti skoraj povsod že nadomestili z manj strupenimi sestavinami.

V okviru Evropske skupnosti je bila zaradi teh ugotovitev leta 2005 sprejeta »Strategija Skupnosti za živo srebro«. Problem onesnaženja z živim srebrom, ki so mu do nedavnega pripisovali le lokalne razsežnosti, velja danes za globalen, razširjen in kroničen problem. Visoki odmerki živega srebra so

lahko smrtno nevarni za ljudi, vendar imajo lahko tudi relativno nizke koncentracije resne škodljive učinke.

Izpostavljenost nizkim koncentracijam so šele pred nedavnim povezali s škodljivimi vplivi na živčni, kardiovaskularni in imunski sistem ter sistem razmnoževanja. Zavira tudi mikrobiološko aktivnost v zemlji. Živo srebro je obstojna snov in se lahko v okolju spremeni v metil živo srebro, svojo najbolj strupeno pojavno obliko. Metil živo srebro se nalaga zlasti v prehranjevalnih verigah vodnih ekosistemov.

Cilji strategije so:

- zmanjšanje emisij živega srebra,
- zmanjšanje živega srebra v obtoku z zmanjšanjem ponudbe in povpraševanja,
- dolgoročno reševanje vprašanja presežkov živega srebra in obstoječih rezerv (v proizvodih, ki se še vedno uporabljajo ali so uskladiščeni),
- zaščita pred izpostavljenostjo živemu srebru,
- izboljšanje poznavanja problema živega srebra in možnih rešitev in
- podpora in spodbujanje mednarodnih ukrepov v zvezi z živim srebrom.

Ključni cilj strategije je znižanje stopenj živega srebra v okolju ter izpostavljenosti ljudi posebno metil živemu srebru.

Vlada Republike Slovenije se je, skupaj s predstavniki Rudnika živega srebra Idrija in Instituta Jožef Stefan, dejavno vključila v postopek sprejemanja strategije in je dosegla, da so v uredbi natančneje določene tudi zahteve po sanaciji in spremljanju

nekdanjih rudarskih območij, ki so bila v preteklosti onesnažena z živim srebrom.

Dejstvo je, da so širša okolica Idrije, tudi celotno porečje Idrijce od Idrije do njenega izliva v Sočo, Soča od Mosta na Soči do izliva v Jadransko morje, in Tržaški zaliv močno onesnaženi z živim srebrom. V Sloveniji, najbolj pa v Idriji, se je zaradi petstoletnega pridobivanja živega srebra razvila cela vrsta znanj, ki niso vezana izključno na pridobivanje in predelavo, temveč tudi na ekološko problematiko živega srebra. Slovenski raziskovalci se pri obravnavi te problematike prav gotovo uvrščajo med vodilne na svetu.

Skupna ocena je bila, da je v Idriji oziroma v Sloveniji nakopičenega toliko znanja, vezanega na problematiko živega srebra, da bi Slovenija lahko odločilno pripomogla k polni uveljavitvi Strategije Skupnosti za živo srebro. Da bi dosegli ta cilj, je bila leta 2005 imenovana delovna skupina za ustanovitev informacijsko – raziskovalnega centra za živo srebro v Idriji. Le-ta je po preučitvi vseh možnosti ocenila, da je najboljša rešitev, da se center oblikuje v sklopu dejavnosti, ki jih bo moral Rudnik Idrija izvajati po končanih zapiralnih delih (vzdrževanje nezalitega dela rudnika in spremljanje stanja). Rudnik živega srebra Idrija lahko zagotovi:

- ustrezne prostore. Za začetno fazo je na razpolago del upravne stavbe na Bazoviški 2 in ekološki laboratorij na Prešernovi 6. Za razširitev dejavnosti pa bi lahko usposobili (prenovili in preuredili) prostore na območju topilnice s separacijo (za predavalnice, delavnice, laboratorije, razstavne prostore ...),

- strokovne kadre, ki s svojim znanjem in izkušnjami, pridobljenimi ob izvajanju del po programu zapiranja Rudnika Idrija, lahko ustvarijo ustrezne osnove za delovanje centra (ko bo center zaživel, bo potrebno na novo zaposliti visoko izobražene strokovnjake različnih profilov),
- arhive (po predhodnem dogovoru z Arhivom Slovenije, da še naprej hranimo arhivsko gradivo v zvezi z Rudnikom Idrija), dokumentacijo, zbirke in drugo ter
- administrativne in računovodske storitve.

Informacijsko – raziskovalni center naj bi koordiniral preučevanje negativnih vplivov Rudnika živega srebra Idrija in tako omogočil spremljavo in oceno nadaljnjih potencialnih škodljivih vplivov njegovega delovanja na okolje in zdravje človeka. V ta namen naj bi center izvajal naslednje naloge:

- prikaz oziroma širjenje informacij o uporabi in škodljivosti živega srebra,
- izvajanje in koordiniranje izvajanja raziskav o obremenjenosti ozjega in širšega vplivnega območja Rudnika Idrija zaradi vplivov petstoletnega rudarjenja,
- izdelava baze podatkov vseh dosedanjih okoljskih študij in študij vplivov živega srebra na bivše rudarje in prebivalce,
- priprava baze podatkov o pozitivnih in negativnih kazalnikih zdravja prebivalcev (umrljivost, obolenje itd.) na območju Idrije in celotnem vplivnem območju rudnika,
- primerjava kazalnikov zdravja in kazalnikov obremenjenosti okolja (iz tekoče baze podatkov o meritvah v



Otvoritev informacijsko-raziskovalnega centra za živo srebro in geološke zbirke Rudnika živega srebra Idrija 22. junija 2008

- okolju) na nivoju populacije in na nivoju posameznih primerov,
- spodbujanje in usmerjanje raziskav o vplivu omenjenih škodljivosti na okolje in človeka,
 - sodelovanje z ekspertnimi skupinami Vlade RS oziroma ministrstev pri oblikovanju stališč za strateška izhodišča, ki jih pripravlja EU in
 - sodelovanje z mednarodnimi organizacijami, ki se ukvarjajo s podobno problematiko.

V času priprav na delovanje centra, ki je bil ustanovljen 22. junija 2008, se je pokazala potreba, da dejavnost centra razširimo tudi

na dejavnosti, ki niso neposredno povezane z ekološko problematiko živega srebra, in sicer:

- varovanje in vzdrževanje objektov tehnične dediščine,
- zaščita dela idrijskega rudišča kot naravne vrednote državnega pomena,
- ustanovitev Geoparka Idrija.

1. Organizacija in izvajanje varstva tehnične dediščine

Idrija, skupaj z Almadénom iz Španije in San Luis Potosijem iz Mehike kandidira s projektom »Živo srebro in srebro. Almadén in Idrija s San Luis Potosijem.« za vpis na UNESCO Seznam svetovne dediščine.

Medcelinska kraljeva pot živega srebra – Camino Real – je preko živega srebra povezovala Evropo in Ameriko, in sicer živosrebrove rudnike, rudnike zlata in srebra, pristanišča in mesta, ter zagotavljala trdnost trgovskega monopola, gospodarstva in vplivala na razvoj kulturnih vrednot.

Z modelom upravljanja, ki je sestavni del Dosjeja za nominacijo, so določene vloge posameznih lastnikov in vloga upravljalca. Informacijsko – raziskovalni center bo skrbel za upravljanje slovenskega dela kulturne dediščine živega srebra. Področja skupnega upravljanja dediščine so opredeljena s strateškimi cilji upravljanja in obsegajo:

- varstvo, zaščito in ohranjanje dediščine, vključno s spremljanjem stanja,
- izobraževanje in raziskave,
- informiranje in ozaveščanje lokalnega prebivalstva in drugih zainteresiranih (gospodarstva, društev in drugih oblik interesnega povezovanja),
- promocijo, interpretacijo, predstavitev in trženje dediščine, vključno z upravljanjem blagovne znamke UNESCO Idrija,
- razvoj izdelkov in storitev, povezanih z dediščino živega srebra.

Ključni pogoj za uspešno skupno upravljanje dediščine so usposobljeni in strokovni kadri za izvajanje posameznih funkcij in zagotovljena finančna sredstva. Delavci Rudnika živega srebra Idrija (Bojan Režun, Martina Peljhan, Tatjana Dizdarevič in Uroš Eržen) aktivno sodelujejo pri pripravi dosjeja za nominacijo tehniške dediščine



živega srebra za vpis na listo svetovne dediščine pri UNESCO-u. Omenjeni delavci Rudnika bodo svoje delo nadaljevali v okviru centra. Za uspešno upravljanje dediščine bo potrebno zagotoviti še ustrezna finančna sredstva.

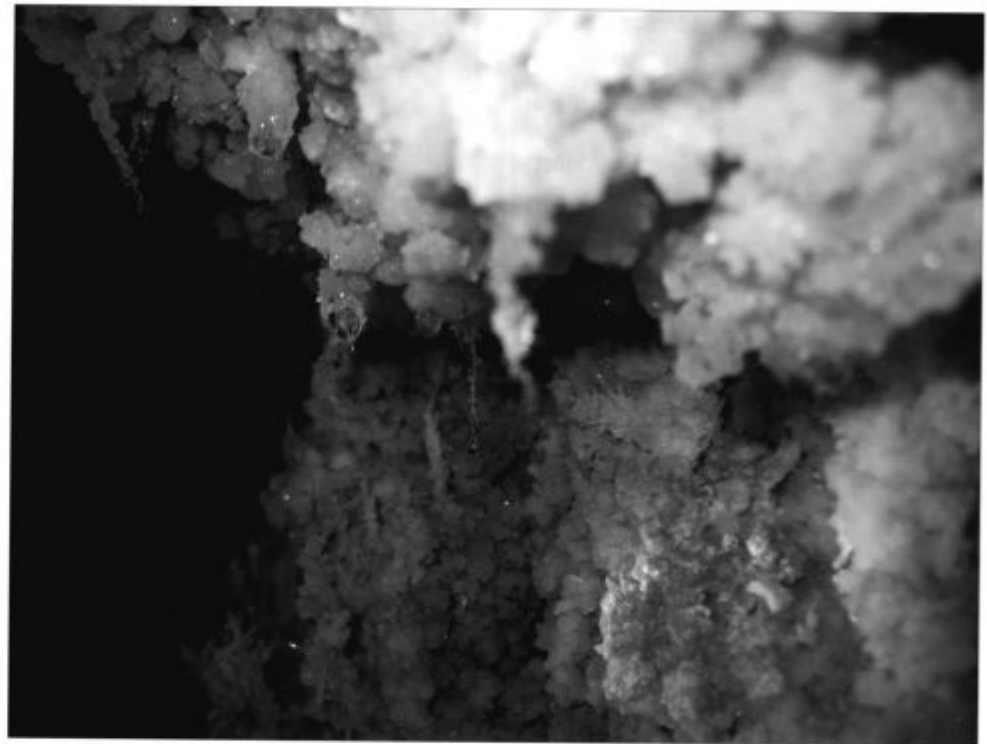
2. Zaščita dela idrijskega rudišča kot naravne vrednote državnega pomena

Idrijsko rudišče je gotovo enkratno v svetovnem merilu. Ekonomske količine samorodnega živega srebra in sedimentno orudjenje s cinabaritom je edinstveno na svetu. Rudišče živega srebra Idrija (identifikacijska št. 4644) in Antonijev rov (identifikacijska št. 4455) sta že proglašena za naravni vrednoti državnega pomena (Uradni list št. 111/04).

V ohranjenem delu jame nad III. obzorjem pa je evidentiranih 17 točk naravnih vrednot, ki so v postopku za zavarovanje kot naravne vrednote državnega pomena.

3. Geopark Idrija

Geopark je oblika neformalnega varovanja, interpretacije, promocije in trženja geološke dediščine na geografsko zaključenem območju. Geološke vsebine so osnova za razvoj spremljajočih izobraževalnih in turističnih dejavnosti. Poleg geoloških znamenitosti, ki prevladujejo, bodo v geoparku predstavljene tudi vse ostale zvrsti naravnih vrednot in kulturne dediščine. Geoparki imajo v evropskih državah večdesetletno tradicijo. Leta 2000 je bila ustanovljena Evropska mreža Geoparkov (EGN), ki



Epsomitni kapniki v zaščitenem delu jame na III. obzorju

združuje že 32 geoparkov z evropsko pomembno geološko dediščino. Pri pripravi geoparka tesno sodelujemo z Občino Idrija, ki vidi v ustanovitvi geoparka priložnost za hitrejši in enakomernjši razvoj podeželja.

Idrijsko ozemlje je geološko izredno pestro in zaradi Rudnika Idrija tudi zelo dobro raziskano. Poleg rudišča živega srebra so na tem območju še številne geološke in naravne vrednote, ki bi bile z ustrežno predstavitvijo zanimive tudi za širši krog obiskovalcev. Središče oziroma vodilna tema geoparka je idrijsko rudišče

ter samo mesto Idrija s svojimi geološkimi zbirkami, muzeji, tehničnimi spomeniki, botaničnim vrtom itd. Dopolnitev in popestritev pa so Krajinski park Zgornja Idrija in druge geološke, morfološke in botanične enkratnosti na teritoriju Občine Idrija. Temeljni cilj geoparka je varovanje in ohranjanje geološke in druge naravne dediščine, promocija le-te, povezovanja evropskih držav pri izmenjavi izkušenj pri varstvu dediščine ter promocija celovitega pristopa k varstvu narave.



Ladinjske plasti pod Ržnikarjem v Krajinskem parku Zgornja Idrija

Zaključek

Sprejem strategije za živo srebro smo na Rudniku živega srebra Idrija razumeli kot izziv in priložnost, da svetu ponudimo znanje, ki smo ga v pol tisočletja razvili do zavidljivega nivoja. S tem znanjem smo se, vključeni v evropski prostor, sposobni lotevati novih izzivov, predvsem na tistih področjih, kjer se tako ali drugače pojavlja problem živega srebra. Najpomembnejša je gotovo sanacija degradiranih površin, kjer naši strokovnjaki lahko poiščejo za ljudi in okolje najboljše rešitve. Center za živo srebro

bo v našem prostoru nastalo znanje ohranjal in razvijal ter tako prispeval k utrjevanju ugleda Idrije kot nosilke razvoja svetovnih tehnologij. Tak sloves si je namreč Idrija skozi zgodovino pridobila s proizvodnjo živega srebra, danes pa ga svetovno priznani nosilci našega gospodarstva ohranjajo in dajejo garancijo za bodočnost ne samo mesta Idrija, temveč celotne regije.



Upravna stavba RŽS Idrija z Informacijsko-raziskovalnim centrom za živo srebro (IRC Hg)

Abstract

INFORMATION AND RESEARCH CENTRE FOR MERCURY AT THE IDRİJA MERCURY MINE

The Idrija Mercury Mine is one of the oldest mines in Europe. Mercury was extracted in this area continuously from 1490 onwards. The pioneer period of mining in the Idrija basin began after 1490, when native mercury was first discovered. According to oral tradition, this precious liquid metal was first noticed by a now legendary «tubmaker» as he was soaking a wooden bucket in the spring. Although Friulan and German-speaking miners had already dug and burnt ore before the year 1500, it was not

until the discovery of rich cinnabar ore on 22 June 1508 that led to the flourishing of works and the rise in production. Parallel to the expansion of the mine, the settlement of Idrija began to develop.

From the very beginning of mining activities, miners always followed the ore, and digging was thus conducted throughout the entire open part of the ore deposit. When production was stopped in 1977, the ore deposit had been opened to the 15th level. The total length of maintained shafts was more than 150 km. By its volume of extracted metal, the Idrija Mine is in second place in the world. In half a century, more than 12.7 million tons of ore, i.e. 144,828 tons of mercury, was dug out in Idrija; this figure represents 13% of the total world production of this metal to this day. Due to losses during processing, »only« 107,692 tons of mercury was sold in the market; more than 37 thousand tons had been lost during processing.

For centuries, the Idrija Mine was an important commercial enterprise (in the middle of the seventeenth century, the mine contributed 5% to the budget of the Habsburg Monarchy). The mine's high significance and income enabled its owners to invest in the company's development. Leading experts visited Idrija. Part of the facilities and devices in Idrija have been preserved and are nowadays protected as cultural heritage of national importance. We are working towards acquiring the status of world heritage.

Yet alongside all this greatness, we cannot and must not overlook the darker side of our 500-year history, that is, the unbearable working and living conditions in which generations of Idrija's miners and inhabitants lived and worked. The result of the mine's 500 years of operation is not only technical heritage of immeasurable value, but also a degraded environment.

Production was stopped in the mine in 1977 for economic reasons, although the ore deposit had not yet been depleted. In 1986 a decision was adopted on the final termination of mercury

production and the gradual shutdown of the mine. At present, shutdown and consolidation works are in progress and will be completed this year. Owing to the specific geomechanical conditions, part of the ore deposit will remain open and will need to be maintained further. The part of the mine that has been transformed into a tourist mine will also remain open to visitors. The ore deposit is protected as natural heritage of national importance; in the part of the mine that will remain open, there are 17 registered locations currently in the process of being protected as a natural feature of national importance.

After the completion of all shutdown works foreseen in the long-term programme, it will be necessary to continue measurements (monitoring) until there is sufficient evidence that the movements beneath the ore deposit have stabilized and that no changes are observed in measurements over a longer period of time.

Mercury, the only liquid metal, was highly appreciated in the past. It was used in science, medicine, technology and industry. Today, it is being abandoned because of its toxicity. Owing to the negative effects of mercury on ecosystems, wildlife and humans, a Strategy for Mercury was adopted in the European Community in 2005. The objective of the Strategy is to reduce the environmental load of and exposure of humans to mercury. We have understood the adoption of this strategy as an opportunity to offer the world all of the knowledge we have developed to an enviable level over half a century. Now integrated into the European environment, we are able to use this knowledge to tackle new challenges, particularly in those areas where the issue of mercury appears in one way or another. Most important is by all means the rehabilitation of degraded areas, where our experts are capable of finding the best solutions for inhabitants and the environment. For this purpose we established in 2008 the INFORMATION AND RESEARCH CENTRE FOR MERCURY AT THE IDRIJA

MERCURY MINE. The Centre for Mercury will preserve and develop the knowledge accumulated in our area, and in this way contribute to strengthening the reputation of Idrija as a supporter of development of world technologies. Idrija has earned this reputation through history with the production of mercury; today, the internationally recognized leaders of our economy are preserving this reputation and guaranteeing a future – not only for the town of Idrija, but for our entire region.

Luís Mansilla Plaza

ALMADÉN IN NJEGOV RUDNIK SKOZI ZGODOVINO

»Četudi so ljudje in vasi, ki so posedovali ter izkoriščali rudnike v Almadénu, gledali na svojo zgodovino brezbrizno, so se zavedali opustošenja in plenjenja, saj niso znali uspešno opraviti s svojo usodo in njihov obstoj je dokaz od pradavnih časov.«

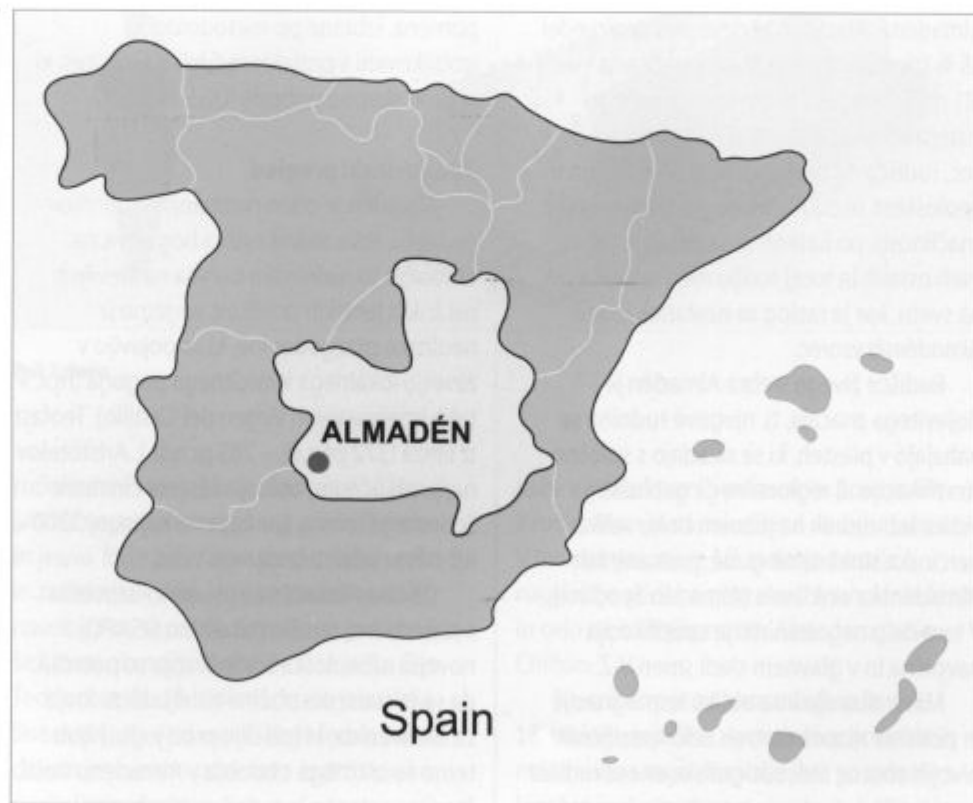
OBMOČJE RUDNIKA ALMADÉN

Geografski položaj Almadéna

Almadén je v Španiji, v regiji Castilla - La Mancha. Ta regija ima 4 regionalne svete in Almadén pripada okraju Ciudad Real, ki je 300 km oddaljen od Madrida, glavnega mesta Španije, ter 250 km od Seville, na pol poti med dvema pomembnima mestoma v Španiji.

Pokrajina na območju Almadéna vsebuje popolno nasprotje med prstjo in divjimi skalnatimi tvorbami s površinami zmečkanega reliefa ter mediteranskim gozdom, ki zajema starodavne tradicije Iberskih travnikov.

Območje Minas de Almadén vključuje geološke, geografske in geomorfološke značilnosti, pokrajino, poti, rudnike, ostale inženirske zgradbe in zgodovinsko mestno jedro Almadéna.



Geografski položaj Almadéna

Območje rudnika Almadén

Rudnik Almadén je izjemno rudišče, za katerega si drznemo reči celo, da gre za edinstveno rudišče v zemeljski skorji. Je čisti primer tega, kar v metalogenezi poznamo kot **velikansko rudišče**. Njegova izjemna vrednost je v velikanskem procesu koncentriranja, kateremu je bila izpostavljena ta akumulacija tekoče kovine, ki se v zemeljski skorji sicer nahaja v zelo nizkih koncentracijah (povprečno 0.5 ppm) in ki je nudila osupljivih 270.000 ton na majhnem področju Almadéna. Almadén je dejansko proizvedel 35 % izkopanih zalog živega srebra na svetu (21 milijonov jeklenk) in le-ta je mnogo čistejši kot v ostalih svetovnih rudiščih. Še več, rudišča na tem področju se nahajajo v geološkem okolju in imajo metalogenetske značilnosti, po katerih se razlikujejo od vseh ostalih in torej sodijo med edinstvene na svetu, kar je razlog za nastanek izraza *Almadénski vzorec*.

Rudišče živega srebra Almadén je slojevitega značaja, tj. njegove rudnine se nahajajo v plasteh, ki se skladajo s splošno stratifikacijo. Z regionalnega geološkega vidika leži rudnik na južnem boku velike hercinske sinklinalne gube, poznane kot Almadénska sinklinala (Almadén Syncline). V tem delu nagubanosti je stratifikacija navpična in v glavnem sledi smeri V-Z.

Mineralizacija ima obliko impregnacije in polnitev razpok na treh zelo specifičnih nivojih znotraj litostratigrafske enote rudišča kvarcita, ki se imenuje kvarcit criadero iz faze ordovicija-silurja (med 440 in 443 milijoni let nazaj). Eden od teh kovinskih nivojev oblikuje stranski del, dva pa se raztezata

vzdolž vrha te litostratigrafske enote. Rudna telesa San Pedro, San Diego (debeline od 3 do 8 metrov), San Francisco (debeline od 2.5 do 5 metrov) ter San Nicolas (debeline od 2.5 do 5 metrov) so bila odkopana znotraj tega območja v dolžini 500 metrov in do globine 600 metrov.

Na področju geološke znanosti je rudnik Almadén pomembna **geološka točka** z značilnimi karakteristikami, ki so lastne samo temu rudišču in je zato rudnik uvrščen med Španske geološke točke mednarodnega pomena, izbrane po metodologiji, izoblikovani s projektom Global Geosites, ki je plod skupne pobude IUGS-UNESCO.

Zgodovinski pregled

Almadén je eden najstarejših rudnikov na svetu. Prva znana rudna bogastva na območju so rudninska barvila na številnih ostankih jamskih poslikav, verjetno iz neolitske prazgodovine, ki se pojavijo v zavetju lokalnega kvarcitnega pogorja (npr. v tako imenovanem Virgen del Castillo). Teofast iz Efeza (372 pr.n.št. – 285 pr.n.št.), Aristotelov najljubši učenec, opisuje cenjeni cinabarit španskega izvora, kar kaže na najmanj 2300 let staro rudarstvo starega veka.

Občina Almadén se je vedno istovetila s starodavno rimsko naselbino SISAPO; novejša arheološka izkopavanja so potrdila, da se ta rudarska občina nahaja blizu kraja La Bienvenida, ki leži dlje proti jugu. Kljub temu so iz tistega obdobja v Almadénu našli številne ostanke iz rudnikov cinabarita Las Cuevas, Guadalperal, Valdeazogues in Mina Vieja. Rimljani so pridobivali cinabarit, ker je bil rdeči pigment minij (svinčni oksid)

trgovsko razširjen po celem Sredozemlju. Že Plinij je opisal destilacijo naravnega živega srebra iz cinabarita v talilnih loncih.

V času rimskega cesarstva so rudnike sistematično izkoriščali (pripadali so cesarju) in od padca rimskega cesarstva dalje so dokumentirane informacije omejene vse do 8. stoletja (leto 711), ko se je v Španiji začela arabska vladavina, kar je pomenilo obstoj posesti v lasti islamskega poglavarja kalifa.

Prihod Arabcev je ponovno oživil rudarjenje z živim srebrom v Almadénu z uvedbo metalurške metode s talilnimi pečmi, ki so delovale skoraj do leta 1600. Pojavile so se nove besede, orodja ter samo ime Almadén itd.

Pomembna zapuščina iz tistega časa, skupaj z ostanki dolgih petrolejk, orodij in različnih vrst blaga, najdenih v prvih obzorjih almadénskega rudnika in v okolici, je bogat rudarski besednjak (alarife, almijarero itd.), katerega vrhunec je sama beseda Almadén, ki pomeni »rudnik«. Razen rudarske dediščine ima Almadén tudi nekaj srednjeveških gradov, na primer grad Retamar v Almadénu (ki je bil pred kratkim obnovljen in ponuja slikovit razgled preko celega Almadéna), Aznaror v Chillonu, Vioque v Guadalmezu itd.

V 12. stoletju je kastiljsko kraljestvo kraj rešilo izpod arabske oblasti, območje je bilo nato pod nadzorom španske državne uprave z neprekinjenimi zakupi katalonskim in ženevskim veletrgovcem in malim trgovcem. Največji zakup je bil odobren skupini nemških bankirjev po imenu Függer in je trajal od 1525 do 1645.

Odkritje Amerike označuje zgodovinski mejnik za ponovni zagon rudarjenja v

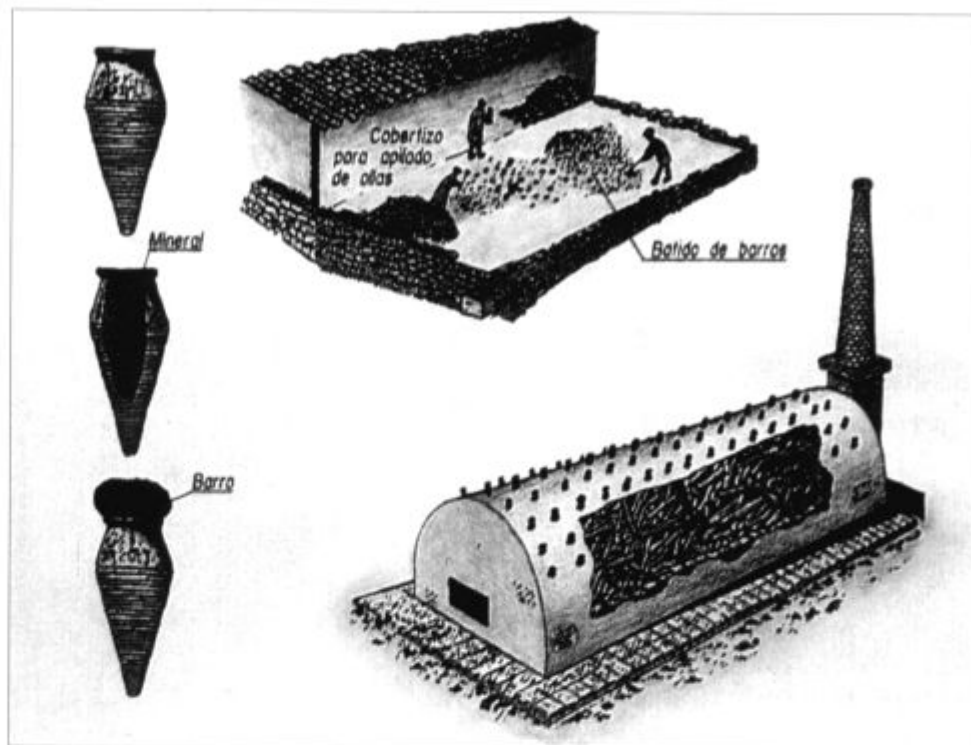
Almadénu, posebej od trenutka, ko je leta 1554 Bartolomé de Medina odkril proces združevanja srebra in zlata v mestu Pachuca (México) in s tem spreobrn timer majhno vasico v vir rudarjenja in industrijskega razvoja.

Presipalne peči iz časov Függerja (1600) in španske peči Alúdeles ali Bustamante (španski industrijski arheološki dragulj) so bile prinešene iz Amerike v Španijo, kar bi lahko poimenovali tehnološka izmenjava, saj so pred tem talilne peči xabeca poslali v Ameriko. To so dobri primeri transformacije, ki jo je rudnik Almadén moral prestati v tistem obdobju.

Živo srebro je bilo pomembno za izkoriščanje ameriških plemenitih kovin in almadénskega rudnika. To je bil »kronski dragulj«, ki je moral biti zaščiten z ograjenimi rudarskimi območji (Buitrones, Almadenejos itd.) s simboličnimi vrati, kot so npr. Vrata Karla IV. To je neoklasicistično delo iz leta 1786, narejeno iz trdne, gole opeke, ki je dovoljevala nadzorovan dostop do ograjenega prostora.

Po živem srebru je bilo veliko povpraševanje v 16., 17. in 18. stoletju. V drugi polovici 18. stoletja je uvedba novih rudarskih tehnologij, ki so prišle iz Freiberga v Nemčiji, ter postopna mehanizacija del povečevala proizvodne zmogljivosti, kar je prineslo pomembno spremembo v rudniškem izkoriščanju z uvedbo novih delovnih metod (Tester, Larrañaga itd.). Te spremembe so vplivale tudi na Almadén in lahko rečemo, da je bilo to največje in najsijajnejše urbano obdobje mesta.

V svoji morfologiji Almadén izpričuje zgodovinski razvoj, ki je vedno povezan z



Peči Xabeca

rudnikom. Prva najdena sled je približno središčnega polmera okrog gradu Retamar in jasno kaže povezavo med ozkimi prehodi in zavitimi ulicami, ki so pripadali arabski naselbini na vzpetini. Kasneje se je Almadén širil proti območju Buitrones in jašku San Teodor vse do 18. stoletja, ko se je pričela linearna širitev od rudniškega jedra, kar dokazuje mestno povezavo in prostorsko podrejenost le-temu.

Almadén ima zelo pomembno umetniško in zgodovinsko dediščino, ki je pretežno iz modernega obdobja, kar se

kaže v arhitekturnih primerkih, povezanih z rudarskimi in metalurškimi naselbinami. V tem kontekstu je 18. stoletje pustilo najgloblje sledi na nepremičninah Almadéna in celo na bližnjih mestih Almadenejos in Chillón.

Na splošno je za tovrstna dela iz 18. stoletja značilna uporaba tradicionalnih materialov s tega območja (kot so zidanje s kremenčevim kamnom, opeko in kritino, les bodike ilex, arabske opečne ploščice in kovaški izdelki), preprosta gradnja, kar pa ni nezdružljivo s pravilnostjo pročelij

in racionalnostjo notranjih prostorov ter nenazadnje z natančnim okraševanjem z uporabo razsvetljenih ornamentalnih elementov na glavnih fasadah. Ne moremo pa govoriti o slogu (baroku ali neoklasicističnih značilnostih). Ti elementi so razvrščeni pretežno na sredini fasade in prekrivajo glavna vhodna vrata ali glavni balkon v nadstropju.

V tej zbirki zgodovinskih zgradb je »**bikoborska arena**« eden najbolj zanimivih in posebnih krajev v Almadénu, ki slovi po svojih izjemnih arhitekturnih in mestnih posebnostih. Ta zgradba ima šesterokotni tloris, centralno bikoborsko areno pa obkrožajo dvignjeni hodniki v dveh nadstropjih, ki nudijo zavetje 24 hišam, kar ustvarja mešanico bikoborske arene in stavbe s sobami z edinstvenimi karakteristikami. Glavni vhod so široka vrata z balkonskim podaljškom (loža za pomembne osebe v notranjem delu) in z brežibnimi ornamentami na zgornjem delu. Lokacija zgradbe, ki je ob kraljevi cesti, je bila v začetku obrobne pomena, dandanes pa je ključna.

Rudniška bolnišnica San Rafael je naslednja edinstvena stavba v Almadénu, saj je prva bolnišnica na svetu, zgrajena za zdravljenje rudarjev, ki so zboleli zaradi zastrupitve z živim srebrom in silikoze zaradi slabega prezračevanja in podzemnega izkoriščanja, izpostavljenosti živosrebrnim hlapom in vdihavanju kremenovega prahu, ki sta povzročila visoko stopnjo obolenosti in umrljivosti. Ustanovljena je bila leta 1752 in namenjena delavcem in njihovim sorodnikom. Odprta je bila leta 1774, vrhunec svojega delovanja pa je dosegla med letoma



Bikoborska arena

1780 in 1810. Imela je obliko črke L s širokimi hodniki in obokanimi oddelki za obolele ter sanitarnimi sobami. Poudarek je bil na njeni umirjeni zunanosti z glavnim balkonom, na katerem lahko na zgornjem delu občudujemo zvonik in nišo s podobo svetega nadangela Rafaela. Glavna vhodna vrata so obokana z dvema elegantnima pilastroma. Znotraj te prostorne zgradbe izstopa marmornato stopnišče z bogato razsvetljavo, ki služi tudi za vertikalno komunikacijo.

Rudarska akademija (1777) je v vseh obdobjih slovela kot najpomembnejša stavba vseh časov v Almadénu, predvsem je bila

velikega pomena za domače in mednarodno poučevanje rudarstva. Bila je prva šola rudarstva v Španiji in četrta na svetu. Veliko pomembnih inženirjev je študiralo na njej, na primer Fausto D'Elhauar (ki je odkril volfram) in Andrés Manuel del Río (ki je odkril vanadij). Stavba je dvonadstropna s kletjo in izhodi skozi zadnja vrata. Ima dva dela s klasično fasado, izdelano z odprtini in pilastri, ki stopnjujejo kamnite klade. Na fasadi izstopa balkon s krožno ograjo.

Še ena edinstvena stavba v Almadénu je **Real Cárcel de Forzados**, naslednica prvotne ječe za zapornike iz 16. stoletja.

Zgrajena je bila leta 1754 za kaznjence, ki so delali v rudniku. Načrt in vodenje projekta gradbenih del so bili zaupani vojaškemu inženirju Silvestru Abarcaji, ki je postavil dvonadstropno zgradbo okoli osrednjega dvorišča. Njeno pritličje je bilo namenjeno jetniškemu osebju, prvo nadstropje pa celicam in spalnicam. Zgradba, poznana tudi kot Nova ječa, je bila porušena leta 1968 in sedaj na njenem mestu stoji nova Politehnična univerzitetna šola Almadén. Pred časom je bilo pritličje stavbe obnovljeno (kaznilniške celice), ruševine pa ohranjene in vgrajene v stavbo. Danes se tu nahajajo učilnice, pisarne, katedre in muzej, ki pripada naši Politehnični univerzitetni šoli Almadén.

Vendar niso samo arhitekturne značilnosti zgradb, povezanih z rudniki, edini izjemni primeri iz 18. stoletja v Almadénu. Tu so tudi zanimive cerkvene stavbe: cerkev San Sebastian na trgu Plaza de los Donates de Sangre je bila zgrajena v tistem času. Kapela San Juan na trgu Plaza de la Constitución. Najbolj reprezentativna cerkvena zgradba je cerkev Nuestra Señora de la Estrella, ki se nahaja na trgu Plaza de Jesús in jo odlikujejo baročni in neoklasicistični elementi. To je bila znamenita stara kapela, posvečena Jezusu Kristusu. Svetište je v obliki latinskega križa s pročeljem, sestavljenim iz kamnite in gole opeke, ter s kritino iz arabske strešne opeke. Dekoracijo glavnih vrat sestavlja odprt prostor z okroglim obokom, obdanim z dvema paroma dorskih stebrov na povišanih podstavkih, ki podpirajo okrašen arhitrav.

V 19. stoletju je industrijska revolucija prinesla nove načine uporabe živega srebra in naraščanje povpraševanja, ki je ustvarilo



Jašek San Aquilino

nove tehnološke možnosti. Dober primer so rudarske vrtalne in dvizne naprave, ki so predstavljale **tehnološki napredek** pri almadénskem načinu odkopavanja. Bile so kovinske, z različnimi izvlečnimi (rudarskimi) strojnimi sistemi. Iz tega in kasnejšega obdobja imamo naslednje objekte, od najstarejših do najbolj sodobnih:

- jašek San Aquilino (19. stoletje) in območje San Teodoro, vitel in sistem škripčevja iz tistega časa;
- jašek št. 1 iz rudnika Diogenes (19. stoletje) na dvorišču Politehnične univerzitetne šole Almadén. Opremljen s kompletom vitlov in sistemom škripčevja;

- jašek San Teodoro (20. stoletje) v območju San Teodoro v Almadénu iz 60. let prejšnjega stoletja;
- jašek San Joaquin (20. stoletje) v območju Buitrones v Almadénu. Ta jašek je prišel v uporabo leta 1961 z moderno tehnologijo iz tistega časa.

Industrijska in vojaška uporaba živega srebra (eksplozivni in razstrelivi) je povečala povpraševanje po tej kovini v prvi polovici 20. stoletja, kar je privedlo do pomembnih sprememb, ki so se odražale v velikem številu **industrijskih zgradb** kot so:

- stavba, v kateri so shranjeni rudarski stroji iz jaška San Aquilino,

- skladišče živega srebra,
- skladišče tesarskih in kovaških izdelkov,
- stari žgalniški dimniki,
- stara električna centrala, nameščena v delavski soseski Almadén, ki je sedaj spremenjena v kovinarsko predelovalnico pločevine;
- žgalniške peči Pacific,
- naprave v jašku San Miguel.

Pozneje sta postopna zamenjava z drugimi kovinami v kemijski industriji (kloralkalni produkti, alkalne baterije, fungicidi itd.) ter opustitev uporabe živega srebra kot strateške kovine pri izdelavi orožja povzročili silovit padec v povpraševanju, ki se je še poglobil v 80. letih zaradi okoljevarstvenih pritiskov.

V zadnjih treh desetletjih je rudarska dejavnost v Almadénu utrpela postopno recesijo, ki je pripeljala do padca števila delavcev ter pomembnih socialnih in ekonomskih posledic za občino ter končno do zaprtja rudniških naprav v letu 2003. To zaprtje je prisililo ljudi v iskanje novih možnosti za preživetje, spremembo gospodarskih dejavnosti ter iskanje načinov, kako oživiti in predstaviti njihovo rudniško in rudarsko dediščino kot enega od najpomembnejših elementov za bodoči razvoj tega področja.

OŽIVITEV RUDARSKE DEDIŠČINE ALMADÉNA

Nedvomno je bilo zanimanje za zapuščino Almadéna izraženo v velikem številu znanstvenih raziskav, opravljenih v Španiji in tujini, vendar se je šele v 90. letih



Interpretacijski center za rudarstvo

pokazala resnična skrb za ponovno oživitev in ohranitev naše dediščine.

Odprtje rudarskega in zgodovinskega muzeja »Francisco Pablo Holgado« leta 1985 na Politehnični univerzitetni šoli Almadén (EUPA) je predstavljalo prvo resno skrb za dediščino Almadéna. Muzej zavzema tri razstavne prostore na več kot 800 m². Prvi prostor je šolsko dvorišče, ki je posvečeno velikim industrijskim arheološkim sestavnim delom naprav, predvsem rudarskemu vrtalnemu žerjavu jaška št. 1 iz rudnika Diogenes v dolini Valle de Alcudia.

Drugi prostor je obnovljeno območje celic v Real Carcel de Forzados (stara ječa) iz 18. stoletja, tretje pa območje, ki je

razdeljeno na dva dela in je posvečeno paleontologiji in mineralogiji starejše in mlajše zgodovine rudarstva v Almadénu.

Celotno območje dosega svoj vrhunec s 100 m² veliko razstavno sobo in s šolsko zgodovinsko knjižnico iz 18. stoletja. Muzej podpira izobraževalne dejavnosti, ki so poživljajoč element pri ohranitvi rudarske dediščine Almadéna.

V letih 1994-95 je ekipa učiteljev in študentov EUPA pripravila natančen popis eksponatov etnografske dediščine v Almadénu. Ta popis je služil kot podlaga projekta za Diputación Provincial de Ciudad-Real o »strateškem načrtovanju ekoturizma v Valle de Alcudia« (programi v prihodnosti), v

katerem so orisani bodoči postopki.

Zasebna podjetja bodo preko »Sociedad Turística Comarca de Almadén« drugi pomemben dejavnik v nadaljevanju procesa, saj bodo z lastnim ustvarjalnim duhom in zanimanjem prenesla bogato dediščino pokrajine, ki je v okolici še slabo poznana.

Priznanje Manifesta za obnovo rudarske in zgodovinske dediščine na območju Almadéna je španska skupnost v zaščito geološke in rudarske dediščine zasnova ob prvem znanstvenem zasedanju v oktobru 1996, kjer so ga označili kot izjemno zanimivega za zaščito in obnovo rudarske dediščine za sedanje in bodoče generacije. Ta manifest z več kot 1000 podpisi, zbranimi med trajanjem znanstvenega zasedanja tako s strani institucij kot organov, je bil dokončno priznanje kolektivni zavesti prebivalcev Almadéna za ohranitev dediščine, ki je bila mnogim državljanom nepoznana.

1997 je bilo odločilno leto, ko je Junta de Comunidades de Castilla la Mancha preko Consejería de Educación y Cultura zaprosila Univerzo Castilla la Mancha a Project (industrijska in rudarska pot v Ciudad Real: območje Almadén, Almodóvar del Campo in Puertollano), da bi natančno presodili možnosti razglasitve območja kot svetovne dediščine skupaj z ostalimi predlogi iz podobnih avtonomnih skupnosti (pot Quijote, vasi Črne arhitekture, narodni park Cabañeros in ritualni obredi Habeas Christi). 18. aprila istega leta je Državna komisija za dediščino sprejela predlog, ki ga je predstavila Junta de Comunidades. Na ta način je rudarska dediščina Almadéna postala del 70 predlogov Španije,

predstavljenih organizaciji UNESCO za naslednjih 10 let.

Leta 1999 je v Almadénu zapihal veter sprememb. Obljube glede dediščine Almadéna so se začele uresničevati in bili smo priče začetku restavratorskih del, kot je na primer obnova bikoborske arene (stavbe iz 18. stoletja, razglašene kot spomenik narodnega pomena od 1973). Stavba bikoborske arene je trenutno pomemben turistični kompleks s hotelom, muzejema (bikoborski in etnografski), restavracijo in možnostjo uporabe za bikoborbe ter prireditve na prostem. Odprta je bila leta 2003 in je zelo uspešna.

Minas de Almadén se je konec leta 2000 odločil, da bo v prenovitveni načrt družbe vključil tudi obnovitev rudniške dediščine. Zato je leta 2001 ustanovil zavod Francisco Javier Villegas s ciljem prenoviti rudnik Minas de Almadéna y Arrayanesa, S.A. (MAYASA) in zgodovinsko dediščino ter pospešiti vsesplošno zgodovinsko in znanstveno poznavanje rudarskega izkoriščanja. Za izpeljavo tega načrta je bil leta 2000 imenovan in potrjen Načrt za upravljanje Parque Minero de Almadén, ki naj bi služil kot vodilo pri oblikovanju, nadzoru in načrtovanju žgalniške in rudarske prenove naprav Minas de Almadén v Tematski rudarski park, ki naj bi služil kot središče za kulturno izmenjavo, izobraževanje in kakovostni turizem.

Pri izvedbi načrta obnove rudniške dediščine MAYASA je bila kot prva prenovljena rudniška bolnica San Rafael, ki je postala sedež ustanove »Francisco Javier de Villegas« in hrani arhiv iz leta 2003.

Dokončnemu zaprtju rudnikov leta 2002 so sledila obsežna obnovitvena dela na objektih v skladu z omenjenim načrtom, ki so trajala več let vse do začetka oblikovanja dosjeja o upoštevanju »Bien de Interés Cultural del Conjunto Histórico Minero de Almadén« in odprtja Rudarskega tematskega parka 16. januarja 2008.

Skupaj z obnovitvenimi deli rudniške družbe so se dela na industrijski dediščini tega rudniškega območja lotile tudi druge ustanove iz Almadéna. Escuela Universitaria Politécnica de Almadén je v decembru 2006 odprla Interpretacijski center »Real Cárcel de Forzados« in magistrat mesta Almadén bo odprl turistično informacijsko središče v prostorih bikoborske zgradbe.

Vsa dela, izvedela v zadnjih 20 letih, so spremljale številne narodne in mednarodne organizacije, ki so od leta 2004 pokazale zanimanje za uvrstitev Rudnika Almadén na seznam svetovne dediščine. Glavni namen ustanovitve predstavništva ICOMOS-UNESCO v Rudarski šoli v Madridu je bil pridobiti podporo za uresničevanje tega cilja. Na Mednarodnem znanstvenem komiteju o kulturnih poteh, ki ga je leta 2004 v Ferrolu (La Coruña) organiziral španski narodni komite ICOMOS, se je pokazal nedvomen interes za vključitev almadénskega rudarstva v Medcelinsko kraljevo pot.

Glede na izkazano vsesplošno zanimanje za rudarsko dediščino v Almadénu so ICOMOS-ESPAÑA, UNESCO-ICOMOS s sedežem v Rudarski šoli Madrid, mestna uprava Almadén in Politehnična univerzitetna šola Almadén naredili prve korake pri pripravi postopka za razglasitev svetovne dediščine

s strani Junte de Comunidades de Castilla la Mancha in ministra za kulturo. Končni rezultati študije in mednarodnih srečanj o Poti živega srebra in srebra na medcelinski Kraljevi poti, ki so bili v Almadénu (november 2006) in v San Luis Potosiju (junij 2007), so privedli do tega, da je minister za kulturo pooblastil ICOMOS-Španija, da pripravi dosje o predlogu kandidature Minas de Almadén za vpis na seznam svetovne dediščine skupaj s San Luis Potosijem, Huancavelico in Idrijo. Na koncu so udeležene le tri dežele. Zaradi potresa, ki je leta 2007 uničil del Peruja, je Huancavelica v zaostanku s pripravami.

V septembru 2007 je bil organizaciji UNESCO posredovan prvi osnutek z namenom preveritve in izdelave popravkov pred dokončno predložitvijo v januarju 2008. Skupni dosje se imenuje »Živo srebro in srebro na medcelinski kraljevi poti Camino Real. Almadén, Idrija, San Luis Potosí«. Po ovrednotenju pričakujemo vpis Minas de Almadén na seznam svetovne dediščine do junija 2009.

Almadén nestrpno pričakuje odločitev, da bodo njegovi rudniki vpisani na seznam svetovne dediščine, saj potem lahko nadaljuje svojo pot v iskanju bodočnosti, povezane s svetom živega srebra.

»Kjer se žila živega srebra konča, se pojavi nova, bogata kulturna dediščina almadénskega območja; žila, kjer se bodo dela nadaljevala po javnemu odprtju rudniškega tematskega parka, rudarske akademije, rudnikov almadenejos ... do ponovnega vrednotenja celotne kulturne dediščine, povezane z izkoriščanjem živega srebra, nastalega skozi stoletja v Almadénu.«

Bibliografija o Almadénu:

- **Bernaldez, F. Y. Rua, R.** *Reseña sobre la historia, la administración y la producción de las Minas de Almadén y Almadenejos*. Imprenta de la viuda de D. Antonio Yenes, Madrid. Madrid 1861 y 1862.
- **Bleiberg, G.** *El informe secreto de Mateo Aleman sobre el trabajo forzoso en las minas de Almadén*. Tamesis Books Limited. Londres 1985.
- **Betancourt, A.** *Memoria de las Reales Minas de azogue de Almadén*. Editado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid 1990.
- **Castillo Martos, M.** *Minería y Metalurgia: intercambio tecnológico y cultural entre América y Europa durante el período colonial español*. Muñoz Moya y Montraveta Editores. Sevilla 1994.
- **Dobado González, R.** *Las Minas de Almadén y el monopolio del azogue y la producción de plata en Nueva España en el siglo XVIII*. Ediciones de la Universidad de Salamanca. Salamanca 1997.
- **De la Escosura, L.** *Historia del tratamiento metalúrgico del azogue en España*. Imprenta y fundición M. Tello. Madrid 1878.
- **García Fuentes, L.** *El comercio español con América 1650-1700*. Universidad de Sevilla 1980.
- **Lang, M.F.** *El monopolio estatal del mercurio en el México Colonial*. México 1977.
- **Lafuente, I.** *Esclavos por la patria*. Ediciones Temas de Hoy, S.A. Madrid 2002.
- **Larruga, E.** *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España, con inclusión de los reales decretos, órdenes, cédulas, aranceles y ordenanzas para su gobierno y fomento*. Edición facsímil volumen 6. Zaragoza 1996.
- **Luque Cabal, C. Y Gutiérrez Claveral.** *La minería del mercurio en Asturias. Rasgos Históricos*. Eujoa Artes gráficas. Oviedo 2006.
- **Madariaga, C. y otros.** *Reseña informativa sobre el beneficio de los minerales del establecimiento minero de Almadén*. IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada. Tomo III Química Inorgánica. C. Bermejo Impresor. Madrid 1934.
- **Mansilla Plaza, L.** *Almadén en América a través de las rutas del mercurio*. Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha 1992.
- **Matilla Tascon, A.** *Historia de las Minas de Almadén. Vol I y II. Minas de Almadén e Instituto de Estudios Fiscales*. Madrid 1958-1987.
- **Menéndez Navarro, A.** *Un mundo sin sol la salud de los trabajadores de la minas de Almadén, 1750-1900*. Universidad de Granada y Universidad de Castilla la Mancha. Granada 1996.

- **Ortega y Gasset, M.** *Minero-metalurgia general y de España*. Librería Beltrán. Madrid 1946.
- **Prior Cabanillas, J.** *La pena de Minas: Los Forzados de Almadén, 1646-1699*. Ediciones de la Universidad de Castilla la Mancha. Ciudad-Real 2003.
- **Roldán Barbero H.** *Historia de la Prisión en España*. Instituto de Criminología de Barcelona. Barcelona 1988.
- **Salillas R.** *La Cárcel Real de esclavos y forzados de las minas de azogue del Almadén y las características legales de la penalidad utilitaria*. Madrid 1913.
- **Sanchez Gomez, J.** *Minería y Sociedad en Europa y América. Siglos XVI-XIX*. Aconcagua Libros. Sevilla 2000.
- **Sanchez Gomez, J.** *La savia del Imperio. Tres estudios de economía colonial*. Ediciones de la Universidad de Salamanca. Julio 1997
- **Sobrequés, J y otros.** *Congreso. "Los campos de concentración y el mundo penitenciario en España durante la guerra civil y el franquismo"*. Editorial Critica. Barcelona 2003.
- **Suarez, A.** (Coordinador). *Libro Blanco sobre las cárceles franquistas 1939-1976*. Rueda Ibérico. Paris 1976.
- **Zarraluqui, J.** *Los almadenes de azogue. (Minas de Cinabrio. La historia frente a la tradición)*. Librería Internacional de Romo, Madrid, 1934.

Abstract

ALMADÉN AND ITS MINE THROUGH HISTORY

Almadén is in Spain, in the Castilla-La Mancha region. This region has four regional councils and Almadén belongs to the Ciudad Real County, which is situated 300 km from Madrid, the capital city of Spain, and 250 km from Seville, halfway between two important cities in Spain.

Minas de Almadén territory consists of elements of different types and scales, including geological, geographical and geomorphological aspects, landscapes, paths, mines, other engineering works, and the Almadén historical city center.

The Almadén Mine is an exceptional deposit; we would even dare to say that it is a unique deposit of the earth's crust. It is a clear example of what is known in metalogeny as a Giant Ore Deposit. Almadén actually accounts for 35% of the existing extracted mercury resources in the world (21 million flasks), and is much purer than the world's other major deposits.

In the sphere of geological sciences, the Almadén Mine is a major Geological Point of Interest featuring relevant characteristics which can be considered exclusive to this deposit. It is therefore included among the Spanish Geological Points of Interest of international importance, chosen according to the methodology established by the Global Geosites project, the fruit of the joint IUGS – UNESCO initiative.

Almadén is one of the oldest mines in the world. The first known mining resources in the area are mineral pigments from the numerous remaining cave paintings, probably calcolitics, which appear in the shelter of the local quartzite mountain range (for example, in the so-called Virgen del Castillo). Theophrastus of Efezo (372 BC–285 BC), Aristotle's favourite disciple describes the esteemed cinnabar of Spanish origin, which takes us back to mining at least 2,300 years ago in antiquity.

In its morphology, Almadén shows a historical

evolution that is always related to the mine. The first trace is approximately radius central, around Retamar castle, and clearly expresses the connection between narrow and winding streets belonging to an Arabic settlement, over an elevation. Later on, Almadén spreads out close to the Buitrones precinct and the San Teodoro shaft until the 18th century, when a linear expansion is begun from the mine core, revealing an urban connection and a spatial subordination to this.

Almadén has a very important artistic and historical heritage, mainly from modern times, which is evident in the architectural features relating to relevant mining and metallurgical settlements. In this context, it was in the 18th century that the deepest traces were left in Almadén's real estate, and even in the nearby towns of Almadenejos and Chillón (bullfighting ring, San Rafael Mining Hospital, Mining Academy, Real Cárcel de Forzados).

Undoubtedly, the interest in the Almadén heritage is clearly evident in the enormous amount of research conducted in Spain and abroad, but it was not until the 1990's that the concern for recovering and preserving our heritage began to bear fruit. The opening in 1985 of the "Francisco Pablo Holgado" mining and historical museum in the Polytechnic University School of Almadén (EUPA) constituted the first really serious concern for the Almadén heritage.

1997 was a decisive year, in which the Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, through the Consejería de Educación y Cultura, asked the University of Castilla la Mancha a Project (industrial and mining route in Ciudad Real: Almadén area, Almodóvar del Campo and Puertollano), to precisely define the possible areas to be declared world heritage, together with other proposals from the same autonomous community (Quijote Route, Villages of the Black Architecture, National Park of Cabañeros and the Ritual Celebrations of Habeas Christi). On 18th April of the same year, the Heritage National Commission accepted the proposal

presented by the Junta de Comunidades. In this way, the Almadén Mining Heritage became part of the 70 proposals presented by Spain to the UNESCO in 1998 for the next 10 years.

Realising the plan to recover the mining heritage of Mayasa, the miners' hospital of San Rafael was the first building to be restored. It was transformed into the headquarters of the "Francisco Javier de Villegas" institution, and stores the archives from 2003. The definitive closure of the mines in 2002 was followed by the comprehensive recovery of installations according to the above-mentioned plan, working for several years on this project until a dossier was opened for considering it a "Bien de Interés Cultural del Conjunto Histórico Minero de Almadén", and the opening on 16th January 2008 of the mining theme park.

There is general interest in the Almadén mining heritage. In 2006, ICOMOS-ESPAÑA, the UNESCO-ICOMOS Chair of the Mining School in Madrid, the Municipality of Almadén, and the Polytechnic University School of Almadén initiated the first steps towards preparing the process of declaring World Heritage by the la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha and the Minister of Culture. The final results of the study were presented at international meetings on the topic of Mercury and the Silver Route in the Royal Intercontinental Way, held in Almadén (November 2006) and San Luis Potosí (June 2007). Since then, the Minister of Culture has commissioned ICOMOS-Spain to prepare the dossier presenting the candidacy of Minas de Almadén for entry on the world heritage list together with San Luis Potosí, Huancavelica and Idrija. In the end, only 3 participated. Due the earthquake that destroyed part of Peru in 2007, Huancavelica has slowed down its activities.

In September 2007, the first draft was submitted to UNESCO in Paris, in order to be checked and corrected before final submission in January 2008. The joint dossier is called "Mercury-silver Binomial in the Intercontinental Royal Route. Almadén, Idrija,

San Luis Potosi". After the evaluation, we expect that Minas de Almadén will be entered in the List of World Heritage by June 2009.

Almadén awaits a decision regarding the inclusion of its mines in the List of World Heritage, and will continue to follow this path and search for a future tied to the mercury world.

**

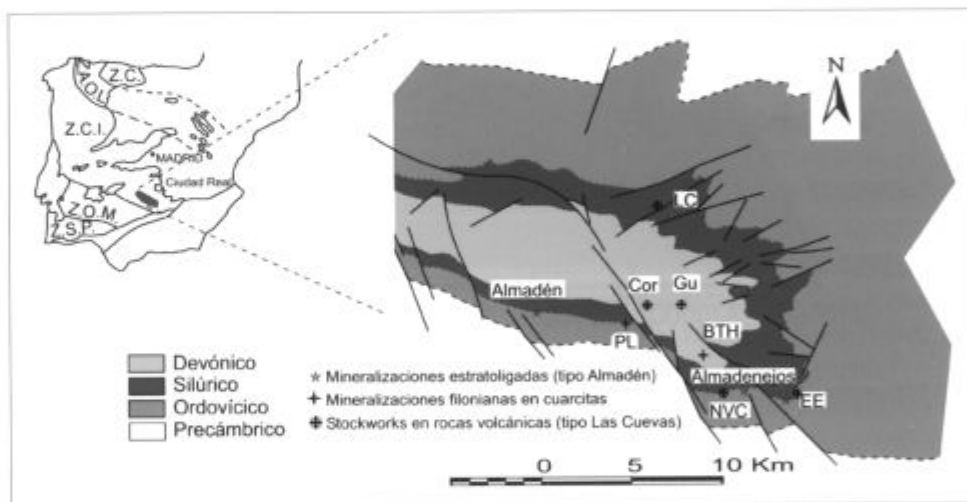
The abstract was summarized from the final article: Mansilla Plaza Luis, "Almaden and its Mine through History", by the Editor.

Pablo Leon Higueras, José María Esbrí, Willians Llanos, Miguel Ángel López Berdonces, Eva María García Noguero, Alba Martínez Coronado, Saturnino Lorenzo in Luis Mansilla Plaza

RAZŠIRJENOST ŽIVEGA SREBRA V ALMADÉNU IN NJEGOV VPLIV NA OKOLJE

Področje Almadéna je bilo največji vir živega srebra na svetu, ki je zagotovil skoraj eno tretjino vsega živega srebra, kar ga je človeštvo proizvedlo v preteklosti. Tu je nekaj rudnikov (Slika 1), ki so porazdeljeni na površini približno 100 km² in od katerih je najpomembnejši rudnik Almadén z več kot 90 % skupnih zalog (Hernández et al, 1999; Saupé, 1990). To in še druga dejstva (obsežna porazdelitev metalurških območij, zelo razširjena nahajališča cinabarita kot majhnih rudninskih pojavov v kameninah območja) so razlog za veliko vsebnost kovin v različnih ekosistemih tega območja. Po drugi strani strupeni učinki elementa sploh niso vidni na območju, ki je zelo dobro ohranjeno ter ima bogato rastlinstvo in živalstvo, vključno z živino in divjimi vretenčarji, cenjenimi za lovstvo.

V zadnjih desetih letih je naša ekipa, skupaj z raziskovalci z mnogih drugih državnih in mednarodnih univerz in/ali organizacij, vložila veliko naporov v prepoznavanje prisotnosti živega srebra na tem območju, vključno z njegovimi vplivi

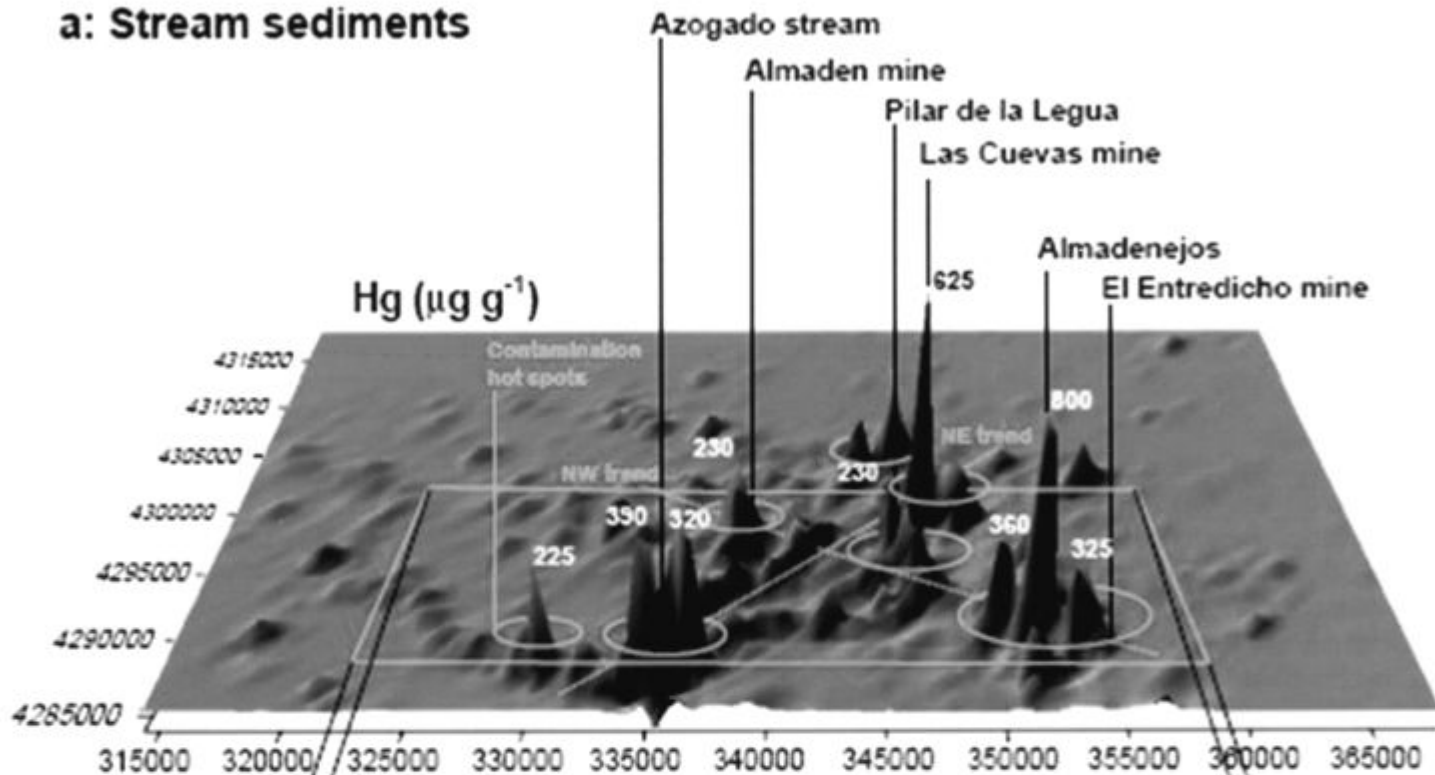


Slika 1. Lokacije glavnih rudnikov živega srebra na almadénskem rudarskem območju. Okrajšave: LC: Las Cuevas; Cor: Corchuelo; PL: Pilar de la Legua; Gu: Guapera; BTH: Burcio-Tres Hermanas; NVC: Nueva & Vieja Concepción; EE: El Entredicho. Prilagojeno po Hernándezu et al., (1999).

na okolje. Ta prizadevanja so financirali regionalni, narodni in mednarodni znanstveni programi, rezultati pa so bili objavljeni v številnih znanstvenih revijah (Bernaus et al, 2006; Gray et al, 2004; Higueras et al, 2001,

2003, 2004, 2006; Molina et al, 2006; Moreno et al, 2005). Naš namen je podati mnenje o rezultatih vseh teh dejavnosti, od katerih so številne še v teku.

a: Stream sediments



Slika 2. Tridimenzionalni prikaz podatkov o koncentracijah Hg ($\mu\text{g/g}$) v potočnih sedimentih v območju Almadena

Živo srebro v tleh in usedlinah

Globalna porazdelitev živega srebra v tleh in usedlinah na območju Almadena je preobsežen cilj, da bi lahko bil predmet tega članka. Vendar pa je rudarska družba Minas de Almadén y Arrayanes S. A. (MAYASA) že pred začetkom naših del opravila pomemben korak v zvezi s tem vprašanjem, saj so si za cilj zadali odkriti živosrebrne geokemične anomalije, da bi podrobneje raziskali potencialna nova nahajališča rude. Objavljenih je bilo nekaj

rezultatov, v katerih so poudarili, da je večina teh anomalij povezana z antropogenimi aktivnostmi, npr. na območjih raziskovanja ali območjih žgalniških dejavnosti. Na takšnih območjih so vsebnosti živega srebra v zemljinah in potočnih sedimentih visoko nad osnovnimi vrednostmi in dosegajo lokalne koncentracije nad 100 ppm ($\mu\text{gHg/g}$) in celo nad 1000 ppm v predelih opredeljene dejavnosti (Slika 2).

Nekatere izmed prikazanih predelov je skrbno preučevala tudi naša skupina in

potrdila dobljene rezultate ter poudarila, da je v večini nahajališč cinabarit glavna oblika živega srebra, zaradi česar predstavlja najmanjšo možnost prenosa in zastrupitve (glej Tabelo 1). Edina območja, ki bi lahko veljala kot tvegano področje, so žgalniška območja, kjer je prisotnost živosrebrnih spojin razen cinabarita ugodna za tvorbo metilnega živega srebra, najbolj strupene živosrebre zvrsti.

Vzorec ALMADEN	Manj mobilne vrste				Bolj mobilne vrste				Razpoložljivo Hg (µg/g)
	Cb	Mc	Sc	Co	HgCl ₂	Hg ₂ Cl ₂	HgO	HgSO ₄	
Odlagališče	62	0	0	0	0	38	0	0	1,6 (0,16%)
Tla	37	23	0	0	0	40	0	0	0,6 (0,06%)
Tla	33	24	0	0	0	43	0	0	0,2 (0,04%)
Tla	41	22	0	0	0	37	0	0	0,0
Susp. delci	0	0	94	0	6	0	0	0	—
Sediment	7	0	83	0	10	0	0	0	—
Obrečna prst	3	0	77	0	0	20	0	0	—
Obrečna prst	24	22	0	0	19	35	0	0	—
Tla	38	39	23	0	0	0	0	0	10,8 (0,39%)
Tla	39	31	0	0	0	30	0	0	21,3 (0,81%)
Tla	33	32	35	0	0	0	0	0	0,0
Odlagališče	54	0	17	0	0	29	0	0	0,6 (0,06%)
Odlagališče	51	0	21	0	0	28	0	0	3,7 (0,21%)
Tla	59	0	17	0	0	24	0	0	0,0
Tla	47	0	20	0	0	33	0	0	0,0

Tabela 1. Glavne zvrsti živega srebra (v %) in mobilno živo srebro (v ppm in sorazmerja glede na celotno vsebnost živega srebra). Okrajšave: Cb: cinabarit; Mc: metacinabarit; Sc: šuetit; Co: korderit.

Živo srebro v ozračju

Iz naših študij (in tudi iz nekaterih predhodnih: Ferrara et al; 1998; Higuera et al, 2005) je razvidno, da pri porazdelitvi živega srebra v lokalnem ozračju prevladujeta dve vrsti virov: antropogeni viri, kot so rudniki, metalurška območja in rudniška odlagališča, ter onesnažena tla v širšem smislu (vključno z geokemičnimi anomalijami tal). Prve je rudnik v zadnjih letih znatno zmanjšal s sanacijo rudnikov in odlagališč, predvsem pa z zaprtjem glavnega topilniškega obrata v Almadénu leta 2003, medtem ko so drugi viri (zastupljena tla) običajno manjšega pomena. Registrirani

podatki o tem problemu kažejo, da so omenjeni antropogeni viri proizvedli imisijske vrednosti do 5.000 ng Hg/m³ v bližini rudniškega območja, vključno z delom mestnega območja Almadéna, medtem ko imisije na območjih kontaminiranih tal dosegajo vrednosti do 200 ng Hg/m³.

Nedavno je bilo glavno odlagališče rudnika Almadén preoblikovano, stabilizirano in inkapsulirano z geotekstilnimi plastmi, da bi preprečili emisije živega srebra v površinske vode in v ozračje. Rezultat te sanacije je bilo precejšnje zmanjšanje imisij živega srebra v mestu Almadén, tj. reda 90 %: povprečne plinaste koncentracije živega srebra so se spremenile od 456 ng/m³ v maju 2006 do 42 ng/m³ v oktobru 2007.

Še občutnejše je bilo zmanjšanje maksimalnih koncentracij živega srebra, pri nadaljnjem nadzoru: od 36.000 ng/m³ v predhodnem pregledu do vrednosti pod referenčnim nivojem WHO (1989), ki znaša 1.000 ng/m³, pri zadnjih meritvah (Tabela 2), kakor tudi zmanjšanje na prizadetih območjih z vsebnostjo živega srebra nad mejo WHO za kronično izpostavljenost

	N	Povprečje	Minimum	Maksimum
Pred (maj 2006)	4.286	456	1,09	36.290
Po (oktober 2007)	4.059	42	0,36	741

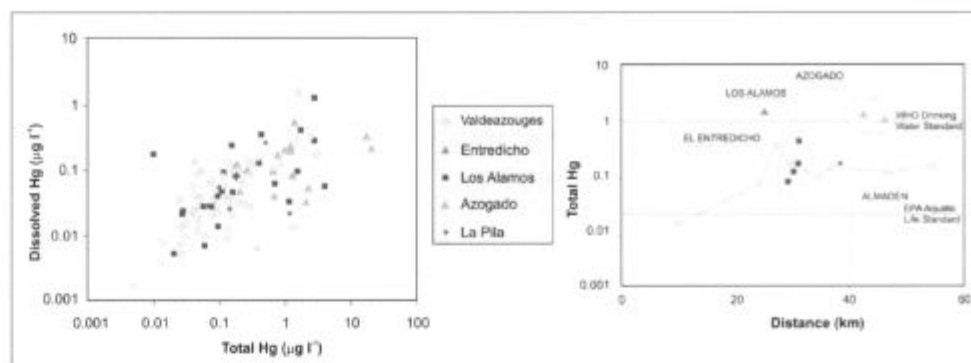
Tabela 2. Statistični povzetek rezultatov meritev pred in po sanaciji. Vrednosti v ng/m³.

Prav tako omembe vredno je frakcioniranje živega srebra v partikularni obliki na frakcijo PM₁₀, kar povečuje tveganje za obolenja dihal (Molina et al, 2005).

Živo srebro v vodah

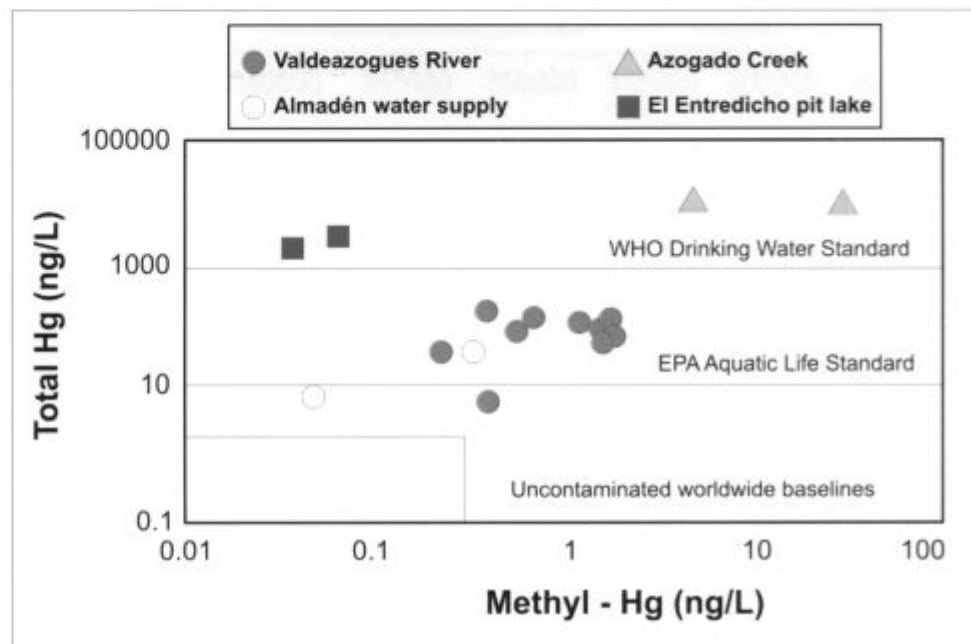
Površinske vode so na tem področju, tako kot tla in ozračje, brez dvoma prizadete zaradi onesnaženja z živim srebrom (Berzas Nevada et al, 2003, 2009; Gray et al, 2004; Higuera et al, 2005). Glavna reka na tem področju je Valdeazogues River (kar pomeni dolina živega srebra po arabskem poimenovanju za živo srebro, azogue), ki je sezonska reka, značilna za polsušna območja. Kot je razvidno s slike 3, so približno 10 km po zgornjem toku rudniškega območja vsebnosti živega srebra tipične ravni ozadja, reda od 10 do 30 ng Hg/l, toda takoj ko reka doseže prvi rudnik, El Entredicho (ki ga je reka prečkala, preden so jo zaradi rudarskih dejavnosti prestavili za kakšnih 100 m, da bi omogočili rudarska dela), vsebnosti živega srebra dosega vrednosti med 200 in 500 ng Hg/l, ki pa so še vedno pod predpisanimi vrednostmi. Te vrednosti se postopno znižujejo po reki navzdol od področja in dosega 30–60 ng Hg/l pri zbiralniku La Serena, cca 40 km stran od Almadén. Nekateri manjši vodotoki, kot sta La Pila in Azogado, ki odvajajo vodo z vzhodnega in zahodnega območja mesta Almadén, beležijo višje stopnje kontaminacije, saj dosega vsebnosti živega srebra preko referenčne vrednosti 1.000 ng Hg/l. Prav tako velja omeniti, da ima pitna voda v mestu, ki prihaja iz zbiralnika La Rivera cca 30 km od Almadén, vsebnosti živega srebra pod 60 ng Hg/l. Vsebnosti živega srebra v analiziranih podzemnih vodah so vedno pod 20 ng Hg/l.

Čeprav imamo malo podatkov o vrstah živega srebra v vodah, le-ti nakazujejo, da so najvišje vrednosti metilnega živega srebra



Slika 3. A) Razmerje med skupnim in raztopljenim živim srebrom in B) značilen profil vsebnosti živega srebra v porečju reke Valdeazogues

Slika 4. Koncentracije celokupnega Hg in metilnega Hg v površinskih vodah, z območja Almadén (povzeto po Gray et al, 2005).



povezane s potokom Azogado (Slika 4).

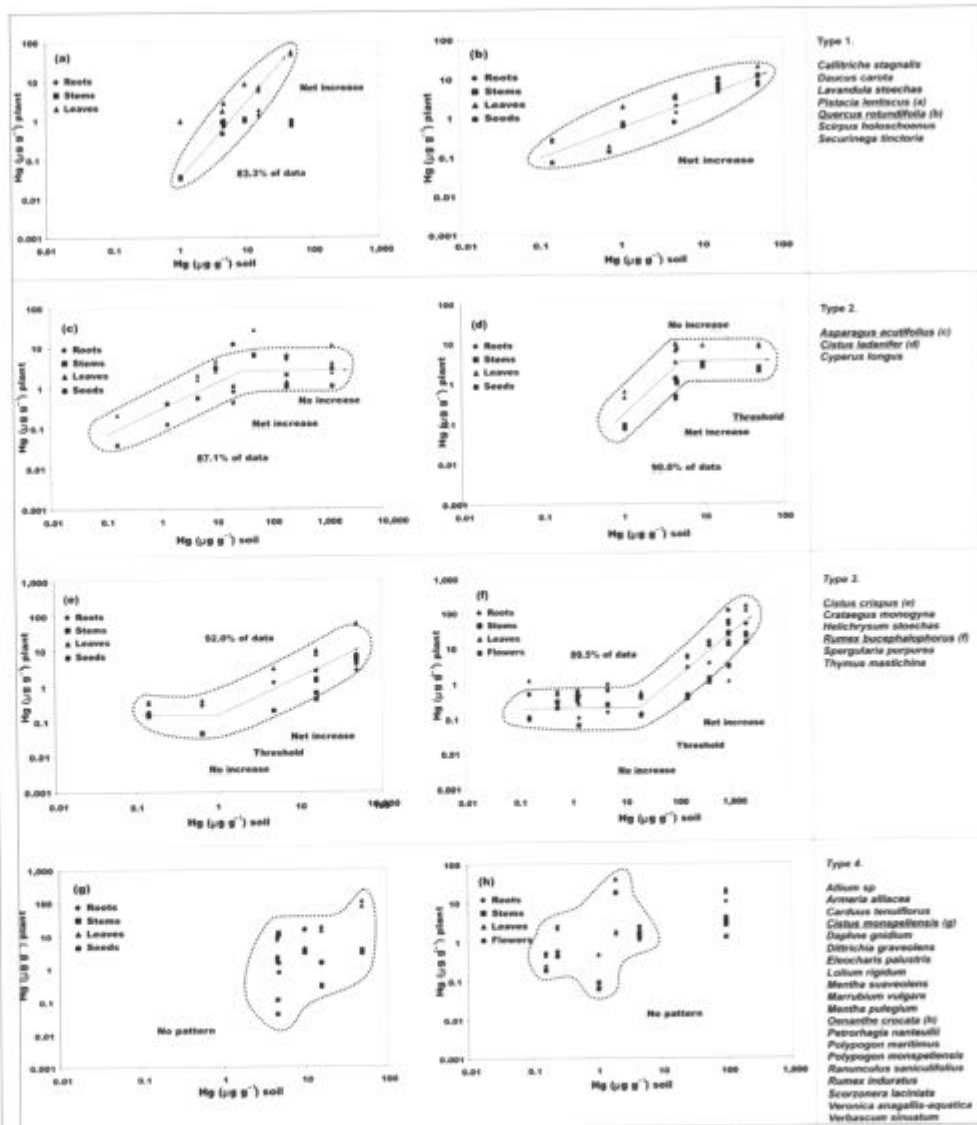
Živo srebro v vodnih organizmih

Porečje reke Valdeazogues ima kratko tropično dolžino z manjšo vsebnostjo živega srebra v rastlinojedih (700–1.800 ng/g v ribah) kot v mesojedih organizmih (2.300–26.000 ng/g v sladkovodnih rakih) (Higueras et al, 2005). Koncentracije Hg, najdene v mehkih tkivih užitnih sladkovodnih rakov vrste *Procambarus clarkii* z območja Almadéna, bi morale veljati kot visoko tveganje za življenje človeka. WHO (1989) in USFDA (1984) sta vsaka zase predlagali, da največje dovoljene koncentracije živega srebra znašajo 500 oziroma 1.000 ng/g. Te varne vrednosti so mnogo nižje od skupne koncentracije Hg, najdene v repni mišici raka vrste *P. clarkii* (vse do 9.000 ng/g) v reki Valdeazogues.

Živo srebro v rastlinah

Vsebnost živega srebra v vegetaciji tega območja smo tako mi, kot tudi drugi, spremljali v dveh tipih organizmov: vaskularne rastline (Molina et al, 2007; Millán et al, 2006) in lišaji (Higueras et al, 2009).

Vsebnosti živega srebra v rastlinah so nedvomno povezane z vsebnostmi v tleh; v koreninah in nadzemnih delih smo izmerili od zmernih do zelo visokih vsebnosti živega srebra (0.03–1.278 µg/g). Prav tako smo opazili štiri različne strategije odnosov živega srebra v tleh in rastlinah (Slika 5), kar kaže na različne fiziološke mehanizme privzema in akumulacije živega srebra: (1) stalen privzem, neodvisen od koncentracije Hg v tleh; (2) nobenega povečanja Hg_{rastlina} (obnašanje



Slika 5. Načini kopičenja živega srebra na področju Almadéna in povezane rastlinske taksone (povzeto po Molina et al, 2006)

v ravnini) po začetnem linearnem odnosu med privzemom in koncentracijo v tleh; (3) v privzemu Hg ni bilo zabeleženega nobenega porasta, dokler ni bila mejna vrednost presežena in se je vzpostavil linearen odnos med Hg_{rastlina} in Hg_{tla} ; (4) nobenega odnosa med Hg_{rastlina} in Hg_{tla} .

Lišaji so se izkazali kot odlični bioakumulatorji atmosferskega živega srebra, kar nam je omogočilo, da jih uporabimo kot lokalne biomonitorje onesnaženosti zraka (Higueras et al, 2009). Na ozemlju Almadéna smo identificirali štiri različne vrste lišajev: *Caloplaca*, *Acarospora* in *Umbicularia*, ki so tipični "saxicola" lišaji (kar pomeni, da živijo pretežno na kameninah), in *Ramalina*, ki je tipičen "epifit" (kar pomeni, da lahko živi tudi na deblih in vejah dreves in grmičevja). *Saxicola* lišaji so pokazali višje vsebnosti živega srebra kot epifiti.

Visoka kapaciteta lišajev za bioakumulacijo živega srebra brez posledic na njihovi fiziologiji nam dovoljuje, da jih uporabimo kot bioindikatorje, kar bo omogočilo določanje glavnih vzorcev razpršitve plinastega živega srebra na rudniškem območju skozi daljša časovna obdobja.

Zaključki

Koncentracije živega srebra v okolici almadénskikh rudnikov veljajo kot visoke do skrajno visoke v primerjavi z mednarodnimi standardi. Te vsebnosti prav tako vplivajo na žive organizme, vključno z užjitimi živimi organizmi, kot so sladkovodni raki, kar za človeka predstavlja tveganje, ki je vredno upoštevanja.

Območje	Ramalina	Umbicularia	Acarospora	Caloplaca
1	20	8	37	114
2	8	7	8-14	12-16
3	2	7-30	20-24	10-37
4	13-43	9-25	15-64	19-67
5	4-10	9-19	7-13	25-50
6	5-10	4-12	6-166	20-46
7	2-5	3	1-4	9-16
8	1	2	200-266	10-25
9	7	27-56	34-128	158-236
10	1	1	2-7	2-9

Tabela 3. Vsebnosti živega srebra (v mg/kg) v različnih vrstah lišajev

Literatura:

- Bernaus A., Gaona X., Esbri J.M., Higueras P., Falkenberg G. & Valiente M. 2006. Microprobe techniques for speciation analysis and geochemical characterization of mine environments: the mercury district of Almadén in Spain. *Environ Sci Technol* 40 (13): 4090-4095.
- Berzas Nevado, J.J., García Bermejo, L.F. & Rodríguez Martín-Doimeadios, R.C. 2003. Distribution of mercury in the aquatic environment at Almadén, Spain. *Environmental Pollution* 122:261-271.
- Berzas Nevado, J.J., Rodríguez Martín-Doimeadios, R.C. & Moreno, M.J. 2009. Mercury speciation in the Valdeazogues River-La Serena Reservoir system: Influence of Almadén (Spain) historic mining activities. *Science of the Total Environment* 407:2372-2382.
- Ferrara, R., Maserti, B.E., Andersson, M., Edner, H., Ragnarson, P., Svanberg, S. & Hernandez, A. 1998. Atmospheric mercury concentrations and fluxes in the Almadén district (Spain). *Atmospheric Environment* 32:3897-3904.
- Gray J.E., Hines M.E., Higueras P.L., Adatto I., & Lasorsa B.K. 2004. Mercury speciation and microbial transformations in mine wastes, stream sediments and surface waters at the Almadén mining district, Spain. *Environ. Sci. Technol.* 38:4285-4292.
- Hernández, A.; Jébrak, M.; Higueras, P.; Oyarzun, R.; Morata, D.; Munhá, J. 1999. The Almadén mercury mining district, Spain. *Mineralium Deposita*, 34: 539-548.
- Higueras P., Crespo A., Esbri J.M. & López-Berdones, M.A. 2009. Evaluation of lichens as bioindicators in a mercury mining district. 10th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Chihuahua (México). In press.
- Higueras P., Molina J.A., Oyarzun R., Lillo J. & Esbri J.M., 2004. Identification of the plant-communities and hyperaccumulators in mercury contaminated sectors of the Almadén district, Spain. *RMZ - Materials and Geoenvironment*, 51: 103-107.
- Higueras P., Oyarzun R., Biester, H., Lillo J. & Lorenzo S. 2003. A first insight into mercury distribution and speciation in soils from the Almadén mining district. *J Geochem Explor* 80: 95-104.
- Higueras P., Oyarzun R., Lillo J., Sánchez-Hernández J.C., Molina J.A., Esbri J.M. & Lorenzo S. 2006. The Almadén district (Spain): anatomy of one of the world's largest Hg-contaminated sites. *Sci Tot Env* 356: 112-124.
- Higueras, P.; Urbina, M.; Biester, H.; Lorenzo, S. 2001. Mercury environmental constraints in the Almadén district. *RMZ - Materials and Geoenvironment*, 48: 195-200.
- Millán, R., Gamarra, R., Schmid, T., Sierra, M.J., Quejido, A.J., Sánchez, D.M., Cardona, A.I., & Vera, R.

2006. Mercury content in vegetation and soils of the Almadén mining area (Spain). *Sci Tot Environ* 368:79-87.

- **Molina J.A., Oyarzun R., Esbri J.M. & Higuera P.** 2006. Mercury accumulation in soils and plants in the Almadén mining district, Spain: one of the most contaminated sites on Earth. *Environ Geochem Health* 28:487-498.
- **Moreno, T., Higuera, P., Jones, T., McDonald, I. & Gibbons, W.** 2005 Size fractionation in mercury-bearing airborne particles (HgPM 10) at Almadén, Spain: Implications for inhalation hazards around old mines. *Atmospheric Environment* 39: 6409-6419.
- **Saupé, F.** 1990. Geology of the Almadén mercury deposit, province of Ciudad Real, Spain. *Economic Geology* 85:482-510.
- **USFDA.** Compliance policy guide 1984, Food and Drug Administration, Washington DC, sec. 7108.07, 1984.
- **WHO.** Mercury – Environmental aspects, Environmental Health Criteria 86, Geneva. 1989.

Abstract

MERCURY DISTRIBUTION IN ALMADÉN AND ITS ECOLOGICAL IMPLACT

The Almadén mercury mining district has been the largest source in the world for this element, having provided almost one third of the total mercury produced by mankind in historic times. The district comprises a number of mines distributed over an area of approx. 100 km², the most important being the Almadén mine, with more than 90% of the total reserves. This fact, together with others (wide distribution of metallurgical sites, widespread occurrences of cinnabar as small mineral showings in the rocks of the area), has produced an extensive presence of the metal in the different ecosystems of the area. On the other hand, the effects of the element's toxicity is not at all visible in the area, this being a very well- preserved region with abundant flora and fauna, including cattle and wild vertebrates that are highly appreciated by hunters.

During the last ten years, our team, together with researchers from many other national and international universities and/or organizations, has made an important effort to study the presence of mercury in the district, including its environmental impacts. These efforts have been funded by regional, national and international science programs, and the results have been published in a number of scientific journals. Our intention is to present the results of all these works, many of which are still forthcoming.

Mercury in soils and sediments

The global distribution of mercury in soils and sediments of the Almadén district is too wide an objective to be of our scope. However, prior to our work, the mining company Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA), made an important contribution to this issue, aimed at discovering mercury geochemical anomalies and investigating in detail the prospects of new mineral deposits.

Some of the results have been published, and it was noted that most of these anomalies were related to anthropogenic activities, such as those of minor exploration or metallurgical sites. On such sites, the mercury concentrations in soils and stream sediments are well beyond background values, with local concentrations reaching above 100 ppm (µgHg/g), and even above 1,000 ppm in areas of recognized activity. Some of these sites have been also studied by ourselves, and we can therefore confirm these results and put forward that in most of the sites, mercury is in the form of cinnabar, the least mobile and toxic compound. The only sites that can be considered risk areas are metallurgical sites, where the presence of mercury compounds other than cinnabar has favoured the formation of methylmercury, the most toxic mercury species.

Mercury in the atmosphere

The distribution of mercury in the local atmosphere is, according to our studies (and also some previous ones), clearly controlled by two types of sources: anthropogenic sources, such as mines, metallurgical sites and mine dumps, and contaminated soils in a wider sense (including soil geochemical anomalies). The first have been considerably reduced by mines and dumps reclamation carried out by the mine in recent years, and especially by the closure of the Almadén main metallurgical plant in 2003; the second (contaminated soils) are usually of minor importance. Registered data on this issue indicates that the already mentioned anthropogenic sources produced immission values up to 5,000 ng Hg/m³ in the vicinity of the mining sites, including part of the Almadén urban area, while inmissions in areas of contaminated soils reached values of up to 200 ng Hg/m³.

Mercury in waters

The surface waters of the district, like the soils and atmosphere, are clearly affected by mercury

pollution, which is evidently also controlled by mining and metallurgical sites. The main river of the area is the Valdeazogues River (meaning mercury valley river), which is a seasonal river typical of semi-arid areas. Some 10 km upstream from the mining area, the mercury levels are typically background levels, in the order of 10-30 ng Hg/l. However, as soon as the river reaches the first mine, El Entredicho (which was crossed by the river before being displaced some 100 m to allow for mining works), the mercury levels reach values between 200 and 500 ng Hg/l, which are still below the prescribed levels. These values decrease progressively downstream away from the district, reaching 30-60 ng Hg/l at La Serena Reservoir, some 40 km from Almadén. Some minor streams, like La Pila and Azogado, which drain the east and west areas of the town of Almadén, have shown higher contamination rates, reaching mercury concentrations of over 1,000 ng Hg/l. It should also be noted that the town's drinking water, which comes from La Rivera reservoir, located some 30 km from Almadén, has systematically shown mercury concentrations below 60 ng Hg/l. The mercury concentrations in analysed ground waters are always below 20 ng Hg/l.

We have scarce information about mercury concentrations in waters, but those available indicate that the highest values are linked to the Azogado stream.

Mercury in vegetation

Mercury concentrations in the vegetation of the area have been monitored by our team (and others) in two types of organisms: vascular plants and lichens.

Mercury concentrations in plants are clearly linked to soil content, being higher in contaminated areas. We have also observed different strategies of soil-plant mercury relationships, indicating different physiological mechanisms of mercury uptake and

accumulation.

Lichens have proven to be excellent bioaccumulators of atmospheric mercury, which allows us to use them as local biomonitors of air pollution.

Francisco Javier Carrasco Milara, Ana Isabel Conde Mansilla

EKOLOŠKA SANACIJA V RUDNIKU ALMADÉN: ODLAGALIŠČE ŽGALNIŠKIH OSTANKOV SAN TEODORO

Minas de Almadén y Arrayanes, S. A. (MAYASA) se že več kot 2000 let ukvarja z izkoriščanjem in pridobivanjem živega srebra. Poznan je kot eden najstarejših rudnikov na svetu; tretjina živega srebra, porabljenega na našem planetu, izhaja iz tega rudnika.

Pridobivanje živega srebra je bilo ukinjeno v juniju 2001 in nato je bil rudnik Almadén dokončno zaprt. Proizvodnja živega srebra se je nadaljevala do leta 2003, ko so se rudarsko-metalurške dejavnosti zaključile. Proizvodnja živega srebra je bila ukinjena v juliju 2003 zaradi več dejavnikov:

- sprejem začetnih omejevalnih ukrepov v Evropski uniji glede živega srebra;
- nizka donosnost izkoriščanja zaradi težav pri rudarjenju, dotrajanosti naprav in zmanjšanja količine rude.

V danih razmerah je Minas de Almadén preučeval dva nadaljnja ukrepa:

- obnovo zgodovinske dediščine Minas de Almadén, njeno zaščito in zagotavljanje njene ohranitve ter iskanje



Minas de Almadén, 2005

pravih načinov za širjenje poznavanja, obiskovanje in uporabo te dediščine v čim širšem krogu ljudi današnjih in bodočih generacij;

- ekološko sanacijo njenih naprav, da bi zmanjšali vplive več kot 2000-letnega izkoriščanja na okolje. V nasprotju z drugimi rudarskimi kraji je Minas de Almadén dojel, da strategija pospeševanja vrednosti zgodovinske dediščine zahteva predhodno sanacijo okolja. V starih obratih za proizvodnjo živega srebra so bile uvedene številne okoljske prilagoditve, ki vključujejo neprekinjeno čiščenje in dekontaminacijo v vseh obratih, ki sestavljajo metalurški del, hkrati pa so izvajali program ekološkega nadzora, da bi nadzorovali vpliv rudarskih in metalurških dejavnosti.

MINAS DE ALMADÉN IN NJEGOVO RAVNANJE Z OKOLJEM

Zavedajoč se, da je njegova pglavitna dejavnost uvrščena med "potencialno onesnažujoče industrijske dejavnosti", je od leta 1993 Minas de Almadén prevzel večjo ekološko obveznost in izdelal ekološki program za varovanje kakovosti vode in zraka.

V sklopu omenjenega programa je bil oblikovan sistem, ki je zagotavljal spoštovanje veljavne okoljske zakonodaje ter nadaljnje spremljanje ostalih dejavnikov, pri katerih bi lahko prišlo do sprememb zaradi naših dejavnosti.

Po ustavitvi rudarske in metalurške proizvodnje se program okoljskega nadzora nadaljuje z nadzorovanjem kakovosti tekočih



Minas de Almadén, 2008

površinskih voda v bližini obratov, ki so v lasti Minas de Almadén, ter na poti skozi in po zapuščanju teh obratov. Nadaljevalo se bo tudi spremljanje kakovosti zraka s kakovostnim sistemom nadzorovane oskrbe, ki je bil uveden v naseljih v bližini metalurškega obrata.

Obsežno okoljsko delo, ki je bilo opravljeno v zadnjih letih, je močno opazno v ustrezni sanaciji prav vsakega proizvodnega obrata, ki je prenehal delovati.

Nič manj pomembne od sanacije odlagališča, ki jo opisujemo spodaj, so

sanacije v rudarskih obratih El Entredicho in Las Cuevas, izpeljane od 2001 do 2005.

Program okoljskega nadzora nam omogoča, da sledimo dejavnostim v zvezi s sanacijo okolja, ki se izvajajo v različnih obratih, ter da se seznanjamo z okoljskimi razmerami v okolici naših obratov.

OBNOVA ODLAGALIŠČA SAN TEODORO

Nedvomno je to najpomembnejši okoljski projekt, ki se ga je rudnik Minas de Almadén kdaj koli lotil. Stoletja so na to odlagališče odlagali jalovino od rudarjenja ter žgalniške

ostanke, ki so nastajali med metalurškimi procesi, v skupnem obsegu skoraj 3,5 milijona ton in na površini 10 hektarov.

Projekt so začeli izvajati v letu 2005 in zaključili v maju 2008. Sanacijo oziroma in situ inkapsulacijo odlagališča so izvedli s pomočjo geosintetičnega paketa, ki zagotavlja njeno neprepustnost ter stabilnost bregov in pobočja, ter z dodatkom rastlinskega pokrivala zaradi krajinske povezanosti odlagališča z okolico ter izolacije površine.

Neposredni končni stroški projekta so znašali 8.360.000 evrov.

SPLOŠNE ZNAČILNOSTI ODLAGALIŠČA

Odlagališče se nahaja na najbolj vzhodnem poseljenem območju in predstavlja topografsko povišanje glede na relief ostalega območja. Konec odlagališča je dobro označen in je na južni strani omejen s cesto Córdoba Road, na zahodni strani s privatnimi zemljišči in na severni strani s potjo Virgen del Castillo.

Materiali so nakopičeni na zunanjem odlagališču blizu San Teodora, ki se razteza od jugovzhodnega do severovzhodnega dela okoli obratov, in na notranjem odlagališču območja, ki se nahaja na jugozahodnem delu.

Prvotni podatki

- naseljena površina	9,1 ha
- zgornja površina	4,9 ha
- površina pobočja	4,2 ha
- količina grobega materiala	3,5 mio t
- najvišji nivo	548,7 m
- najvišja višina	58,7 m

- srednji kot nagiba pobočja	36°
- največji naklon	65 %
- obseg	865 m

V januarju 2004 je bila opravljena raziskava karakterizacije materialov, odloženih na odlagališču, v kateri smo določili sestavo le-teh:

- stari metalurški odpadki,
- novejši metalurški odpadki,
- rudniški odpadki,
- drugi.

PRESOJA VPLIVOV NA OKOLJE

Zaradi zgoraj omenjenih razmer na odlagališču smo bili za to lokacijo prisiljeni ovrednotiti obstoječo študijo vplivov na okolje. Študijo smo opravili v letu 2003, pri čemer smo posebno pozornost namenili:

- hidrološkim tveganjem,
- atmosferskim tveganjem,
- obremenjenosti tal,
- presoji vplivov na rastlinstvo in živalstvo,
- geofizičnim procesom,
- morfologiji in pokrajini,
- pronicanju.

NAČRT POSTOPKOV

1. Konfiguracija odpadkov

Cilj:

Preoblikovanje odlagališča odpadkov s ciljem izboljšati obstoječe stabilnostne razmere ter istočasno prilagoditi njegovo obliko bližnji okolici.

Ukrepi:

Končna rezultata premestitve materialov

s ciljem okolici zagotoviti ustrezno morfologijo in trdnost sta bila zgleditev pobočja s povprečnim nagibom 36° do maksimalnega nagiba 25° ter odstranitev materiala s teh območij zaradi zgleditve pobočja. Končni rezultati premestitve materialov s ciljem okolici zagotoviti ustrezno morfologijo in trdnost so bili, da smo zravnali in zasuli 493.582 m³ materiala in izoblikovali zgornji vodoravni nivo tal v izmeri 10.333 m², kar je omogočalo manj viseč profil pobočja.

2. Tesnjenje odlagališča

Cilj:

Preprečiti vdor vode v odlagališče ter se na ta način izogniti nastajanju izcednih voda in razpršitvi materiala in izolacija za preprečevanje izhlapevanja živega srebra na celotni površini odlagališča.

Ukrepi:

Namestitev geosintetičnega paketa, sestavljenega iz največ 5 slojev. Tesnilni paket je sestavljen iz:

- 175.250 m² geotekstila,
- 139.932 m² bentonita,
- 202.566 m² polietilena visoke gostote,
- 202.116 m² prepustnih geoloških zmesi,
- 100.346 m² ojačitve Geogrill,
- 50.000 m² geocelic.

Na odlagališču smo glede na nagib površine določili 3 različna področja obdelave.

Tla z nagibom več kot 25°:

- prebojen geotekstil 350 gr/m²,
- teksturiran polietilenski sloj visoke

- gostote, debeline 2 mm (PEAD),
- prepustna geološka zmes gostote 650 gr/m^2 in debeline 5 mm,
 - geocelična tla z nagibom pod 25° in nad 6° ,
 - prebojen geotekstil $350/500 \text{ gr/m}^2$,
 - bentonitni predpražnik $5,0 \text{ kg/m}^2$,
 - ojačitvena geomreža 80 kN/m .

Mehka tla z nagibom manj kot 6° :

- prebojen geotekstil $350/500 \text{ gr/m}^2$,
- bentonitni predpražnik $5,0 \text{ kg/m}^2$,
- teksturiran polietilenski sloj visoke gostote, debeline 2 mm (PEAD),
- prepustna geološka zmes gostote 650 gr/m^2 in debeline 5 mm.

3. Sistem za zbiranje, kroženje in drenažo vode

Cilj:

Izoginiti se erozijskim učinkom, ki lahko vplivajo na stabilnost odlagališča.

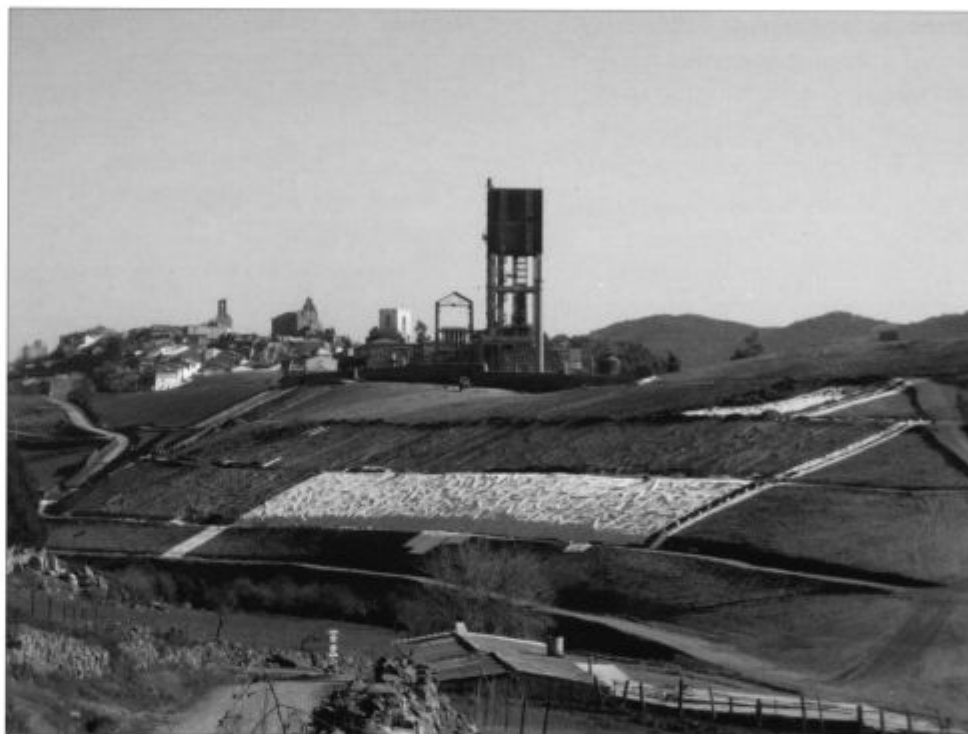
Ukrepi:

Zbiranje in kroženje vode v jarkih, odtočnih ceveh in drenažnih napravah, ki zbirajo vodo iz površinskih odtokov, kar bo v prihodnosti preprečilo erozijske procese, ki lahko vplivajo na stabilnost pobočja. Umestitev vodotočnih cevi v obsegu odlagališča. Tovrstne cevi spustijo vodo preko betonskih montažnih odtočnih cevi, ki imajo izhod iz nižjega pobočja pod tlemi pokrivnega zemljišča.

4. Obnova rastlinskega sloja

Cilj:

Na sanirani površini obnoviti vegetacijo



Prekritje brežine z zaščitnim geosintetičnim materialom

ter krajinsko povezati odlagališče z okolico.

Ukrepi:

Prekritje s 50 cm vrhnjega sloja zemlje po celotni površini, do 180.000 m^2 . Regeneracija vegetativnega prekritja s hidroponičnimi rastlinami na 16 ha.

OKOLJSKA KAKOVOST IN UPRAVLJANJE

Nadzor kakovosti in izvajanje nalog ter pomembni okoljski vidiki, opredeljeni v projektu (faza načrtovanja projekta,

gradbena dela in vzdrževanje), se izvršujejo v skladu z Načrtom okoljske varnosti (Environmental Security Plan) za območje San Teodoro ter s smernicami projekta sanacije.

Načrt varovanja okolja za projekt obnove območja San Teodoro - faza po zaprtju

Njegov namen je skrbeti za uresničitev zadnjega cilja sanacije odlagališča San Teodoro s pomočjo več parametrov v podzemni vodi, na površini, tleh in v zraku ter

zagotoviti, da ne pride do škodljivih vplivov na okolje. Načrti za nadzor so pripravljeni za obdobje 50 let.

Varnostne dejavnosti v fazi po zaprtju odlagališča se nanašajo pri nadzorovanju vode, predvsem na:

- površinske vode,
- podzemne vode,
- kotanje izcednih voda.

Kontrole se bodo izvajale vsak mesec v prvih dveh letih po končanju sanacijskih del, nato pa vsakih 6 mesecev, razen v primeru ugotovitve onesnaževanja okolja. Parametri, ki bodo nadzorovani, bodo med drugim pH, težke kovine, nitrati, nitrit itd.

PRIČAKOVANI REZULTATI

Predlagani sanacijski ukrepi so usmerjeni k zmanjšanju okoljskih vplivov, opisanih v zvezi z odlagališčem. Impregniranje površine odlagališča bo:

- preprečilo razpršitev materialov in izhlapevanje živega srebra;
- preprečilo podzemni tok znotraj odlagališča;
- izrazito zmanjšalo nastajanje izcednih produktov, katerih sedanji končni cilj so okoliški vodotoki.

Več informacij o poteku del je na voljo na spletni strani Minas de Almadén: "Proyecto Azogue", www.mayasa.es/azogue.asp.

Abstract

ENVIRONMENTAL RESTORATION IN THE ALMADÉN MINE: THE SAN TEODORO SLAGHEAP

The emerging policy of the European Union with regard to the adoption of restrictive measures in the use, trading and marketing of mercury has led to the permanent closure of all mining and metallurgical activities related to mercury in the Almadén mining district.

Under this scenario, the company MINAS DE ALMADÉN Y ARRAYANES S.A. has set its main strategic guidelines, consisting primarily of two types of measures:

- *rehabilitation and recovery of installations, buildings, hospital, archives, etc. belonging to the historical heritage of Almadén, encouraging and promoting scientific and historical knowledge of the mines to ensure that this legacy will be known, visited and used by future generations in a manner preserving the heritage of an important activity developed by man through time, and*
- *environmental cleaning and restoration aimed at minimizing the effects of more than 2000 years of exploitation on the environment, surrounding areas, and the population.*

With a budget of 8,360,000 euros, the project was began in 2005 and concluded in May 2008. Within the scope of the project, an "in situ" encapsulation of the slagheap was built in an area which for centuries was the destination of both sterile materials from mining activities and slag from the metallurgical plant, accounting for a volume of 3-5 million tons, now within an area of ten hectares.

The encapsulation consists of a package comprising a geo-synthetic layer ensuring its impermeability and the stability of slopes, a rolling

green cover incorporating the shape of the heap into the environment, and the insulation of its surface.

Eduardo Martinez Lopez

RAZVOJ RUDARSKEGA PARKA ALMADÉN

UVOD

Da bi obnovili almadénsko lokalno dediščino, pospešili in spodbudili zgodovinsko ter znanstveno razumevanje in poznavanje rudarjenja in da bi pridobili potrebna sredstva, ki bi omogočila obiskovanje, uporabo in spoznavanje te dediščine velikemu številu obiskovalcev, je družba Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA) uvidela, da za ohranitev vrednosti zgodovinske dediščine potrebuje, v nasprotju z drugimi rudarskimi območji v Španiji, predhodno obnovo okolja z namenom maksimalno zmanjšati posledice izkoriščanja in pridobivanja živega srebra, ki je v okolju potekalo več kot 2000 let.

Za ohranitev obsežne rudarske in industrijske dediščine, ki smo jo prevzeli po več kot dveh tisočletjih izkoriščanja v Almadénu, je bila predlagana preureditev rudniško-metalurških naprav v socialno-kulturni prostor za javne obiske: Rudarski park Almadén. Rudarski park Almadén je bil načrtovan kot izobraževalni, kulturni in turistični prostor, v katerem bodo lahko obiskovalci uživali v veličastni znanstveni,

industrijski in tehnološki dediščini na enem od najstarejših rudniških območij na svetu.

V projekt Rudarski park Almadén je bil investiran kapital v višini več kot 12 milijonov evrov, kar je obsežen arhitektonski projekt, ki bo v prihodnosti omogočil upravljanje s celoto dragocenih elementov dediščine kot tudi z industrijskimi in nepremičnimi objekti. Projekt sta promovirali družba MAYASA in almadénska fundacija Francisco Javier Villegas, delno pa je bila financirana s sredstvi FEDER. Rudarski park upošteva tudi socialno, ekonomsko in nasledstveno izvedljivost in trajnost.

OBJEKTI V RUDARSKEM PARKU ALMADÉN Rudniška bolnišnica San Rafael

Rudniška bolnišnica San Rafael je izven rudniškega območja. Ta veličastna zgradba je bila zgrajena med letoma 1755 in 1773 s sredstvi delovanja Bikoborske arene. Bolnišnica je pričela obratovati leta 1774 in je delovala do leta 1975. Bila je skoraj zapuščena vse do njene sanacije v letu 2002. Bolnišnica je od leta 1992 razglašena kot

dediščina posebnega kulturnega pomena (BIEN DE INTERES CULTURAL).

Opravljen sanacija je omogočila ohranitev izvornih oddelkov iz 18. stoletja s tremi glavnimi funkcijami zgradbe: sedež almadénske fundacije Francisco Javier de Villegas; Zgodovinski arhiv Minas de Almadén z ohranjenimi dokumentiranimi zbirkami iz 18. do 20. stoletja; dva stalna muzeja, eden posvečen zgodovini bolnišnice in drugi posvečen življenju, vsakodnevni rabi in tradicionalnim običajem ljudi iz Almadéna, prav tako pa tudi majhen virtualni prikaz rudnika.

V zgradbi je še en prostor začasne razstave, kjer je trenutno predstavitev Rudarskega parka, ter konferenčna dvorana. Obnova je bila izvedena z ekonomsko podporo fundacije Caja Madrid ter s sredstvi Feder in je za javnost odprta od februarja 2004.

Rudniško ograjeno območje

Znotraj ograjenega območja San Teodoro se nahajajo Center za obiskovalce,



Muzej v bolnišnici San Rafael

Muzej živega srebra (staro skladišče živega srebra), Rudarski muzej (nekdanja stavba za kompresorske motorje), nekdanje delavnice za obdelovanje lesa in montažo, konferenčna soba ter jaška San Teodoro in San Aquilino.

Ograjeno območje Buitrones, kjer se nahaja jašek San Joaquín, peči iz različnih obdobij vključno s pečjo Bustamante iz 18. stoletja in pečmi Pacific, Vrata Karla IV., Vrata za vozove itd.

Vrata Karla IV.

Ta vrata so vhod v območje Buitrones, odkar je bilo zgrajeno leta 1795 v času vladanja Karla IV., kot je navedeno na napisu. Narejena so iz opeke, s sploščenim obokom, dvojnimi vgrajenim stebrom na dvojnem pilastru, trikotnim pročeljem z grbom, narejenim iz apnenca. Grb na vratih predstavlja Red Zlate rune in se nahaja na Kraljevi kroni nad Svetim križem in preko le-tega. Pod grbom na notranjem robu piše: OBSTOJ KRALJ KAREL IV. LETO 1795.

Od teh vrat pridemo do objekta, v katerem so razstavljene nekdanje metalurške naprave. Skozi ta vrata so odhajali vozovi z volovsko vprego in kolone mul, ki so prevažale živo srebro iz Almadén v Seviljo za mehiško rudarjenje s srebrom. Zaradi svojega monumentalnega značaja in lepote je bil leta 1992 razglašen kot dediščina posebnega kulturnega pomena (BIEN DE INTERES CULTURAL) s strani Junte de Comunidades. Obnova, ki jo je opravil Institutode Patrimonio Histórico Español (IPHE, ki je odgovoren ministrstvu za kulturo), je bila zaključena leta 2004.

Vrata za vozove (Carriages Gate)

Starodavna vrata, ki omogočajo dostop do območja Buitrones, s sploščenim obokom, narejenim iz opeke in zidu. Poševna geometrija in majhna, nagnjena prevleka iz arabskih ploščic se ujema s prvim obdobjem območja San Teodoro. Sanacijska dela so opravili v letu 2006 in so bila delno financirana s strani Consejeriade Culturade la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Muzej živega srebra

Staro skladišče živega srebra se nahaja na območju Buitrones. Stavba je bila zgrajena leta 1941 in ima kvadratno površino z odprtim notranjim dvoriščem, pritličjem ter kletjo. Je masivne konstrukcije z nosilnimi kamnitimi stenami in apnenim ometom. Pročelje se ponaša z vhodnim obokom, dvema medaljonoma in timpanonom nad napuščem.

Sanacijski poseg v nekdanje skladišče

živega srebra in njegovo preoblikovanje v muzej živega srebra je pomenilo preureditev onesnaženega in globoko poškodovanega področja v kulturni prostor, odprt za javnost.

Najpomembnejša obnovitvena dela so vključevala sanacijo strehe, pri čemer smo na strehi pustili lepe, vidne obrobe, ki podpirajo ostrešje, dodane so bile čudovite kleti, različni prostori so bili obnovljeni za invalide in za osebe s posebnimi potrebami, notranje dvorišče pa je bilo ograjeno in opremljeno s stekleno streho.

Najpomembnejši muzeji Rudarskega parka se nahajajo v tej stavbi. Pritlični prostori so namenjeni lokalni geologiji in paleontologiji, vedam o živem srebru z interaktivnimi fizikalnimi in kemijskimi poizkusi, zgodovini metalurgije, ki je bila v povezavi z živim srebrom, ter sobama za tehtanje in embalaranje živega srebra.

Klet je namenjena zgodovini rudarstva ter transportu živega srebra iz Almadéna v skladišča v Sevilji ter iz Sevilje v Ameriko.

Peči Bustamante

Peči San Eugenio in San Julián sta edini ohranjeni peči izmed šestnajstih, ki so se uporabljale med letoma 1646 in 1928. Zgrajeni sta s klasično zidavo in imata cilindrično odprtino, razdeljeno na dva predelka z opečnato rešetko. Leta 1994 sta bili proglašeni za dediščino posebnega kulturnega pomena. Med letoma 2006 ter 2007 sta bili obnovljeni s pomočjo Inštituta za zgodovinsko dediščino (IPHE).



Polnilnica živega srebra

Rudniški muzej

Bivša stavba za kompresorje je preprosta zgradba iz 20. let z enonadstropnim, pravokotnim podom, narejenim iz zidakov na vogalih, podnožjem, okenskimi odprtinami in premazana z mavcem na ostalih delih fasade. Znotraj te zgradbe se nahaja Interpretacijski center za rudarstvo. Tukaj se lahko poučite o razvoju in različnih rudarskih tehnikah v Almadénu skozi njegovo zgodovino.

Ostali prostori so: center za obiskovalce z recepcijo, trgovina in garderoba, WC-ji, rudarska soba, mehanično skladišče za montažo in tesarstvo, ki hrani originalno strojno opremo, zbornica s posebno sobo,

kjer so shranjeni zemljevidi in načrti vseh strojev, uporabljenih v zadnjih delovnih dneh rudnika, vključno s sestavnimi deli, ki se nahajajo zunaj.

Jašek San Aquilino

Jašek ima 16,5 m visok kovinski stolp, ki se nahaja nad jaškom, s pravokotnim prerezo 3x2,5 m in globine 378 m ter z lesenimi vodili. Strojnica ima pravokotna tla in eno nadstropje z dvojno višino, opečnate nosilne stene, s podnožjem iz istega materiala in pilastri na štirih vogalih. Vsi elementi izvažalne naprave z dvema valjema, ki izvirajo iz začetka 20. stoletja in so



Peči Bustamante (1646) so v Idriji delovale pod imenom "Španske peči"

razstavljeni v notranjih prostorih, so dobro ohranjeni.

Jašek San Teodoro

je zadnji objekt. To je pravokotna kovinska konstrukcija, ki meri 30 metrov v višino. Izvažalna naprava je Koepe dvovrtni sistem. V prostoru na vrhu so popolnoma nepoškodovani stroji. Ta jašek, izkopen leta 1757, je bil glavni rudniški jašek vse do leta 1975. Jašek je okroglega prereza s premerom 4,5 m in globine 550 m. Električno dvigalo simulira rudniško dvizžno kletko in omogoča dostop do prvega obzorja v rudniku Almadén.

Podzemni rudnik

Z več kot 700 m globine je predstavljal velik izziv. Za javne obiske je bilo potrebno določiti najvišjo stopnjo varnostnih ukrepov. Obnovljeno območje predstavlja prvo obzorje rudnika Almadén pri globini 50 m. Da smo lahko dokončali dela, sta bila obnovljena dva rova: El Pozo in El Castillo (iz leta 1644 in 1696), ki imata oba dostop do ceste in se trenutno uporabljata kot izhod v sili pri zaključnih delih. Jaški San Teodoro (ki omogoča dostop do rudnika), San Aquilino in San Andrés so bili prav tako obnovljeni. Kot tretji izhod je bil obnovljen stari rov iz 18. stoletja, poznan pod imenom

Jetniški rov (Prisoners Gallery), ki vodi do otroškega igrišča. Obisk po ogledu 17. in 18. skladišča ter obratov iz 20. stoletja končamo z rudniškim draguljem: »deželo barita« San Andrés v jetniški galeriji, ki je dostopna skozi jašek San Teodoro. Na koncu mini vlak obiskovalce popelje nazaj na površje.

NAČRT UPRAVLJANJA RUDARSKEGA PARKA ALMADÉN

Načrt upravljanja Rudarskega parka Almadén je dokument strateškega upravljanja, ki združuje dejavnosti za izvedbo v srednjeročnem in kratkoročnem obdobju. Ukrepi so opredeljeni v štirih točkah:

1. ohranitev nepremičnin,
2. ohranitev dokumentacijske dediščine,
3. okoljska trajnost,
4. izobraževanje, kultura (vođenje obiskovalcev),
5. varnost in zdravje v rudniku.

1. Ohranitev nepremičnin

Rudarski park Almadén ima svoj izvor v odločilnih namenih Minas de Almadén, da obnovi in sanira zgradbe ter naprave z usklajeno obnovo, ohranitvijo, uporabo za turizem ter izvedbo. Obnovitvena dela so opredeljena v Načrtu za vođenje obnove, ki je bil izveden v celoti, vendar ne zajema vseh interesov rudnika.

2. Ohranitev dokumentacijske dediščine

Projekt obnove dokumentacijske dediščine Minas de Almadén vsebuje dva dopolnjujoča se načrta delovanja: reorganizacijo arhivov Minas de Almadén in iskanje ter sestavo serij dokumentov, ki se

nahajajo v drugih arhivih. Serije dokumentov so razvrščene v pet skupov:

- Stari dokumenti: vsebujejo dokumente izpred leta 1918;
- Upravni odbor MAYASA (1918–1982) z nekaj dokumenti iz 18. in 19. stoletja in nekaterimi iz 20. stoletja;
- MAYASA, družba z omejeno odgovornostjo, dokumenti z omejeno rabo;
- Knjižnica;
- Kartografska zbirka "Nazaj v 18. stoletje", ki hrani karte nemških tehnikov, ki so delali v rudnikih, 5000 popisnih dokumentov velike vrednosti za preučevanje rudarjenja in metalurgije z živim srebrom.

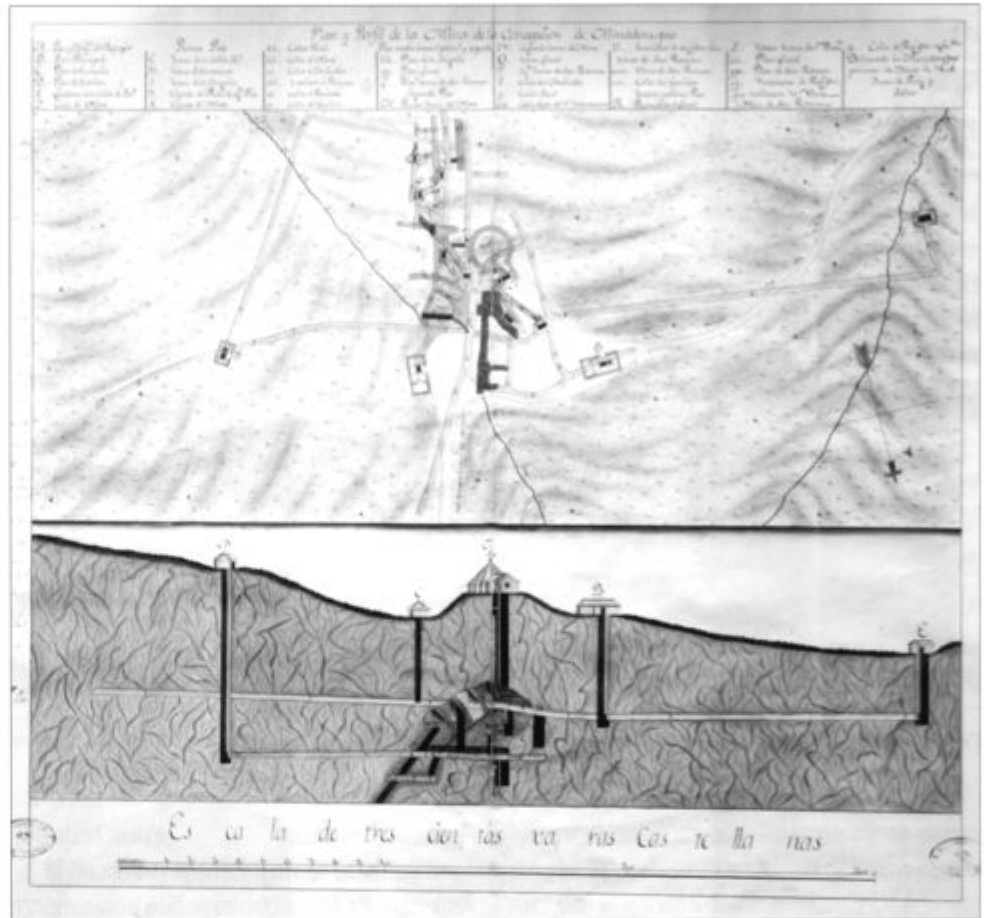
3. Okoljska trajnost

Cilj je zagotoviti, da se ohrani javno dobro, zdravje ter varnost obiskovalcev in delavcev ter, da ostanki rudarskih dejavnosti (v glavnem sanirana odlagališča) ne bodo imeli negativnih vplivov na okolje.

4. Vodenje obiskovalcev

V zvezi z urniki in prisotnostjo obiskovalcev, razporedom razvoja dejavnosti, pretokom in kroženjem obiskovalcev so osnovni parametri naslednji:

- organizirane skupine in vodene skupine s podpornim osebjem. Največ 24 ljudi v vsaki skupini – spuščanje z dvigalom traja 3 minute. Izstop z vlakom – največ 24 ljudi, trajanje 15 minut;
- minimalno ocenjen čas obiska: 60 minut;
- maksimalna kapaciteta: 144 ljudi/ogled x 6,5 ur = 936 ljudi dnevno;



Tloris in prerez jame Concepcion na območju rudnikov Almadén

- maksimalna kapaciteta 6 skupin istočasno znotraj rudnika in 144 ljudi v celoti. Do sedaj beležimo kar 32.144 obiskov, ki so v celoti minili brez incidentov.

5. Varnost in zdravje v rudniku

Glavni namen je zagotoviti ustrezno varnost za obiskovalce. Zgrajenih ali obnovljenih je bilo šest izhodov v sili ter dvigalo z znaki za evakuacijo z LED svetili, protipožarni alarmi z detektorji dima v prostorih z električnimi omarami ali lesom, osvetlitve izhodov v sili po vsej poti ter

neodvisen vir električne energije za več kot eno uro maksimalne potrošnje za primere zaustavitve dovoda zunanega električnega toka. Napeljava 11 notranjih telefonskih zvez, ki omogočajo pogovor z recepcijo in dvigalom, zaokrožuje glavne varnostne ukrepe. Prav tako je vgrajen dodatni pomožni prezračevalni sistem za nujne primere v jašku San Miguel, če kakovost zraka ne bi bila ustrezna.

ZAKLJUČEK

Z izpeljanimi dejavnostmi in oblikovanim načrtom za upravljanje želi postati Rudarski park Almadén mednarodni referenčni center za kulturno pokrajino z visoko zgodovinsko, kulturno in družbeno vrednostjo.

Abstract

ALMADÉN MINING PARK

Nature was very generous to Almadén when, some 400 million years ago, it created in its bowels the largest reservoir of mercury on the planet. In fact, of the estimated 22 million flasks of mercury (one flask contains 34.5 kg net of metal) consumed throughout human history, one third is from Almadén.

Unfortunately, all deposits, even the largest, come to their end. But Almadén is an exception, as it maintains large reserves. As the result of an environmental regulation, mining activities have been terminated (the mine stopped extracting ore in 2001 and the metallurgical plant stopped transforming cinnabar into mercury in the summer of 2003).

Having accepted this important change, Almadén has bet on the transformation of all industrial sites into a cultural and tourist complex.

This project began to take shape in late 1999 with the creation of the Foundation Almadén-Francisco Javier de Villegas, which has taken the first steps on its path since its official inauguration in January 2008. According to the schedule, the mines have been open for visits since October 2006, the Mercury Museum since December of the same year, and the rest of the facility since the spring of 2007. The San Rafael Royal Hospital of Miners, which is also included in this project, was already inaugurated in February 2004.

Manuel Ramos Pino

PREDLOG DRUŽBE MAYASA ZA RAZVOJ TEHNOLOŠKEGA CENTRA ZA ŽIVO SREBRO V ALMADÉNU

UVOD

Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (v nadaljevanju MAYASA) – se je pri Evropski strategiji o živem srebru, izdano 28. januarja 2005, in pri kasnejši ustrezni uredbi soočala s celo vrsto bistvenih sprememb:

1. Prenehanje z rudarjenjem, metalurškimi in komercialnimi dejavnostmi, tj. s postopki za zaustavitev poslovanja in dejavnosti.
2. Razumeli smo, da je "obvezno" ohraniti zapuščino zgodovinske dejavnosti z zadostnim poudarkom na socialnem in ekonomskem razvoju Španije ter Evrope.
3. Prav tako smo razumeli, da je "obvezna" okoljska obnova in
4. oblikovanje Tehnološkega centra živega srebra, ki bo pod R+D+I deloval kot referenčna ustanova in pokrival ter razvijal vse družbene in tehnične zahteve po živem srebru, ki se lahko pojavijo v prihodnosti. S tem bomo zagotavljali **kontinuiteto dolgoletnih** izkušenj, sposobnosti in tradicije, ki si jih je pridobila MAYASA skozi zgodovino.

V skladu s ciljem, opisanim pod št. 4, in predvsem na podlagi razvijanja ukrepov št. 9, 13 in 14, predlaganih v Evropski strategiji o živemu srebru, smo izpostavili naslednje:

- I. doseči boljše razumevanje problema živega srebra in ustreznih rešitev;
- II. postaviti glavne prioritete iz 7. okvirnega programa R+D+I ali drugih finančnih mehanizmov;
- III. prav tako v skladu z ukrepom št. 14 dokumenta, ki ga je podprl g. Stavros Dimas, sodelovati v projektih s tretjimi deželami in še posebej pri vseh dejavnostih v zvezi s prenosom tehnologije za razrešitev problema živega srebra.

Omenjeni predlog je bil torej oblikovan in v maju 2006 predstavljen Generalnemu direktoratu (GD) za Okoljsko vrednotenje pri španskem Ministrstvu za okolje ter revidiran v septembru 2006, ko je bil dokončno sprejet. Glede na dejstvo, da je živo srebro zadeva globalnega interesa, smo v načrtu za

omenjeni Center, ki bo tu predstavljen, dali pomembno vlogo mednarodnemu sodelovanju in povezovanju z ostalimi deželami v Evropi (predvsem s Slovenijo), univerzami, organizacijami itd. z ohranjanjem odprte strukture za tovrstno sodelovanje.

CILJI TEHNOLOŠKEGA CENTRA ZA ŽIVO SREBRO ALMADÉN

1. Pospeševati raziskovanje in tehnološki razvoj, ki sta potrebna za celostno upravljanje s to kovino, ravnanje, transport, tehnike varnega skladiščenja, obdelovanje, tehnike dekontaminacije, šolanje strokovnjakov, mednarodno sodelovanje in širjenje znanja o tej kovini.
2. Poznati okoljske stopnje vsebnosti živega srebra na področju Almadéna in pospeševati korektivne ukrepe, kjer je to potrebno. Širiti raziskave, metodologijo in tehnike na vsa ostala območja EU, v pristopne države EU in dežele tretjega sveta, s posebno pozornostjo do Južne Amerike.



Panoramski pogled s stolpa jaška San Joaquín: naprave, jašek San Teodoro in mesto Almadén

3. Aktivno se udeleževati pri popisu kontaminiranih tal z zagotavljanjem tehnične podpore pri določanju kemičnih parametrov, še posebej za živo srebro, ter obdelavi in validaciji podatkov.
4. Pospeševati proces tehnološkega prenosa z zagotavljanjem znanj in sposobnosti, ki so bile pridobljene med raziskovalnimi projekti, sponzoriranimi s strani Tehnološkega centra in z javnimi sredstvi, drugim agencijam ter univerzam, tako javnim kot zasebnim na nacionalnem in mednarodnem nivoju. Vodenje in pospeševanje partnerstev s podjetji, univerzami in subjekti za njihovo

vključitev v socialno in industrijsko okolje.

5. Uporabiti znanje in izkušnje pri upravljanju z živim srebrom, ki jih je pridobila MAYASA, da postane svetovni **referenčni** tehnološki center za to kovino ter za svetovanje vladam in institucijam.
6. Predlagati ter spodbujati opredelitev in znanstveno podporo razvoju politik za to kovino, ki jih bomo smatrali kot pomembne za okoljsko in družbeno delovanje.
7. Ohraniti in družbi dati na razpolago zgodovinsko in znanstveno zapuščino rudarjenja z živim srebrom v Almadénu in podpirati njeno širjenje.

OSNUTEK ORGANIZACIJSKE SCHEME

Upravni odbor

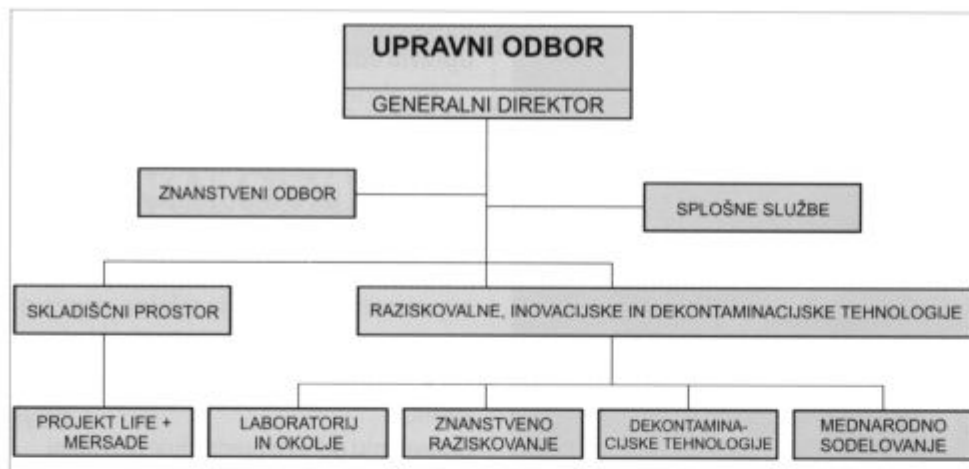
Ne glede na pravno obliko ustanovitve tega tehnološkega centra bodisi kot fundacije, javnega raziskovalnega inštituta, podjetja itd., kar bi bila bolj operativna oblika ustanovitve glede na glavne cilje in dejavnosti, ki jih mora ta center razvijati, se organizacijska struktura in splošne povezave odnosov in odgovornosti lahko izoblikujejo, kot je prikazano v zgornji organizacijski shemi.

Upravnemu odboru predseduje generalni direktor. Kot glavni organ odgovornosti in odločanja bi upravni odbor načrtoval vsakoletno srečanje, na katerem bi bili kot člani prisotni vsi okoljski organi, ki so povezani z živim srebrom in imajo pooblastila za odločanje o politikah v zvezi z živim srebrom. Torej, zastopani morajo biti vsi, od Evropske komisije do lokalnih oblasti Almadéna. Kot glavne akterje smo predvideli naslednje organe:

- Evropska komisija: GD (generalni direktorat) za okolje. GD podjetja,
- špansko Ministrstvo za okolje,
- Regionalni organi:
 - Consejería Medioambiente,
 - Consejería Industria,
 - Diputación Provincial,
 - Mestni svet Almadéna,
- NVO-ji (nevladne organizacije) za okolje,
- MAYASA.

Znanstveni odbor

Ta enota je odprto posvetovalno telo za določanje znanstvenoraziskovalnih programov in nalog, ki naj bi jih razvijal



Organizacijska shema

Center. Prevzema vso znanstveno odgovornost za Center in kot odprto telo, kakor je bilo predlagano, mora imeti položaj za vse »deležnike«. Spodaj naštetih članov naj bi torej predstavljali minimum:

- Universidad de Castilla La Mancha.
- Escuela de Minas de Almadén,
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas,
- Centro de Investigación Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas,
- Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas,
- Instituto Geológico y Minero de España,
- Rudnik živega srebra Idrija & Institut Jožef Stefan Ljubljana,
- ANE Euro-Chlor,
- MAYASA,
- Druge mednarodne organizacije in univerze, ki naj bi se pridružile kasneje.

GLAVNA PODROČJA PREDLAGANEGA NAČRTA

Skladiščenje

S sprejemom Strategije za živo srebro, ki jo je predlagala Evropska komisija, ter resolucije Evropskega parlamenta je lahko razumeti, da potrebujemo okoljsko izvedljivo in dovolj varno tehnično rešitev za skladiščenje presežnega živega srebra, ki bo obstajal v Evropi ob uvedbi prepovedi izvoza leta 2011.

V skladu s priporočili Evropske komisije in pogoji Evropske strategije za živo srebro, ki določajo, da mora biti omenjeno skladiščenje presežnega živega srebra izvedeno v varnih pogojih, na varnem prostoru pod stalnim nadzorom, s spremljanjem in z možnostjo hitre intervencije, če bo potrebno, se **skladiščni prostor** predlaga kot bistven za opredelitev namena, načrta in gradnje ter za veljavnost

pilotskega objekta, ki bo izpolnjeval potrebe po skladiščenju v evropskih varnostnih pogojih za obdobje 50 let.

Cilj projekta je graditi na preteklih izkušnjah pri ravnanju z živim srebrom in njegovim skladiščenjem v Minas de Almadén ter razvijati model za validacijo obstoječih skladiščnih zmogljivosti almadénskimi rudniki in strokovnega znanja.

V okviru programa finančne podpore LIFE se je odprla možnost za predložitev projekta v okviru omenjenega koncepta, ki ga je predstavila družba MAYASA kot upravičenec in odgovorna oseba za njegov razvoj ter pridobitev odobritve od Enot LIFE v skupnem znesku 4,2 milijona evrov. Ta projekt se je začel v letu 2006 – v istem času, kot smo oblikovali in pripravljali predlog za ustanovitev Tehnološkega centra za živo srebro Almadén. Takrat je bil ta projekt, poznan pod akronimom MERSEADE (Mercury Safety Deposit – varno odlaganje in shramba živega srebra), dobro razporejen v organizacijski shemi Centra.

Preučili smo naloge v zvezi z zgoraj omenjeno enoto (ob omenjenem času v 2006):

1. Izvajanje programa LIFE + »MERSEADE«:
»Načrt, gradnja in validacija pilotskega objekta za varno skladiščenje presežnega živega srebra iz industrije«. Gradnja, delovanje in vodenje skladišča. »Ena stavba«.
2. Enota za spremljanje okolja: poleg zagotavljanja podpore drugim področjem in projektom Tehnološkega centra bi morale to področje izpolniti obvezo za okoljsko spremljanje skladiščja, jalovine in drugih objektov/

področij, ki so vključeni v program. Sproži alarm v nujnih primerih in vzdržuje usposobljenost za hitro intervencijo, da zmanjša vpliv na okolje, če pride do nepričakovanih sprememb v razmerah.

Področja raziskovanja, inovacij in tehnik dekontaminacije

To področje naj bi imelo naslednje glavne smeri delovanja:

- fizikalne, kemične ali biološke tehnike dekontaminacije – »in situ« (na kraju samem) - s transportom in modifikacijo;
- usklajevanje in izboljševanje tehnik dekontaminacije;
- izvajanje raziskav o speciaciji živega srebra, njegovi transformaciji v okolju in torej njegovi mobilnosti ter stabilnosti v zraku, vodi in tleh, mehanizmi transporta in odlaganja, s končnim ciljem razumevanja celotnega ciklusa živega srebra, modeliranje in ocenjevanje tveganj za okolje;
- izvajanje raziskav ter sistematizacija pogojev nastajanja in stabilnosti molekul metilnega živega srebra;
- vpeljati merila tako za vnos kot za nadzor nad tveganji ter predlagati dejanja in veljavne korektivne ukrepe, ki jih narekuje evolucija znanosti in tehnološki razvoj.

Laboratorijski oddelek

Oddelek je mišljen kot bistveni del Tehnološkega centra in mora biti ustrezno opremljen s sodobno opremo za delo in projekte, s ciljem zagotoviti strokovnost in zanesljivost postopkov.



Ekološka zgradba z laboratorijem

Oprema laboratorija



Oddelek za tehnologije dekontaminacije

- fizikalne tehnike,
- kemične tehnike,
- biološke tehnike,
- stabilizacijsko/izolacijske tehnike/
inkapsulacija.

Oddelek za mednarodno sodelovanje

- Evropska unija (predvsem v Sloveniji),
- pristopne dežele,
- dežele tretjega sveta, predvsem Južna
Amerika.

Oddelek za širitev in izobraževanje

Pospeševanje prenosa tehnologij, izobraževanje strokovnjakov in širjenje znanstvenega dela ter preizkusov v zvezi z živim srebrom, ki jih po celem svetu izvaja Tehnološki center, razširjanje in izdajanje publikacij ter sodelovanje na ustreznih mednarodnih forumih, kjer lahko širijo pridobljena znanja.

LOKACIJA

Območje rudnika Almadén in naprav, ki so še vedno v uporabi, kot npr. laboratorij in ekološka zgradba pri Cerco de San Todoru ali pisarna geološkega oddelka znotraj sedanjega rudniškega parka Almadén, smo upoštevali kot najprimernejše prostore za lokacijo novega Centra. Očitno je, da bo proces modernizacije potreben tudi za prilagoditev in posodobitev laboratorijske opreme.

Sledeč ideji o kontinuiteti bodo sedanje aktivnosti ekološkega programa skrbili za okolje, ki ga Rudnik Almadén izvaja od leta 1986, ter skupina tehničnega in pomožnega osebja po vsej verjetnosti postali sestavni del tega novega centra.



Geološka zgradba s tehnično pisarno





Panoramski pogled iz zraka na območje odlagališča v sanaciji, ograjen prostor almadénskega rudnika z jaški in objekti ter mesto Almadén z okolico

Abstract

THE MERCURY TECHNOLOGICAL CENTRE OF ALMADÉN: A PROPOSAL OF DEVELOPMENT BY MAYASA

Under the European Strategy on Mercury issued on 28 January 2005 and the corresponding regulations implemented subsequently, Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (hereinafter: MAYASA), has faced a wide range of essential changes:

- the termination of mining, metallurgical and commercial activities, i.e. the cessation of its business and activities;
- we have understood the following to be

"compulsory": to preserve the legacy of a historical activity with sufficient influence on the social and economic development of Spain and Europe;

- we have also understood the following to be "compulsory": environmental restoration, and
- the creation of a Mercury Technological Centre which, under the R + D + I, will function as a reference centre, and will cover and develop all social and technical requests for mercury arising in future, and shall in this way ensure continuity with the line of experience, capability and tradition accumulated by MAYASA.

In line with the target specified under no. 4, and based mainly on the development of measures 9, 13 and 14 proposed by the European Mercury Strategy, we shall strive:

- to have a better comprehension of the mercury problem and relevant solutions;
- to set the main lines of priority within the scope of the 7th frame program of R + D + I or other financial mechanisms;
- in line with the measure specified under number 14 of the document promoted by Mr. Stavros Dimas: to work on projects with third countries, in particular those relating to technology transfer in order to solve the mercury problem.

The proposal was prepared and presented to the DG Environmental Evaluation of the Spanish Environmental Ministry in May 2006, and later revised in September 2006.

Considering that mercury is a global matter of interest, the design for this Centre, which will be presented here, attributes an important role to international cooperation and collaboration with other countries in Europe (especially Slovenia), universities, organizations, etc., by keeping an open structure.

María Isabel Monroy Castillo

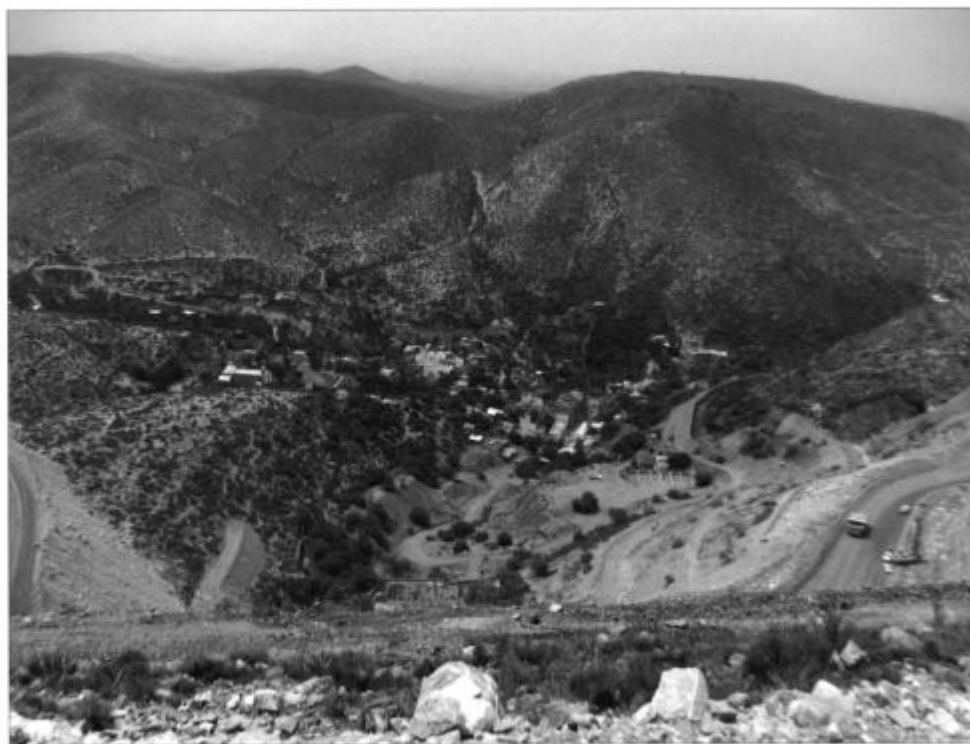
POMEN RUDARJENJA ZA NASTANEK IN IDENTITETO KRAJA SAN LUIS POTOSÍ

Vojna "Chichimeca", ki je izbruhnila leta 1550 in trajala skoraj 50 let, je bila razlog za počasno napredovanje španske konkviste proti severu podkraljestva Nove Španije.

Po umiritvi razmer v pokrajini se je v osrčju območja Velike Chichimece pokazala možnost za naselitev v postojanki San Luis Potosí. V marcu 1592 so odkrili rudnike Cerro de San Pedro, vendar je pomanjkanje vode v bližini predstavljalo oviro za razvoj naselbine ter za pridobivanje kovin. Nedaleč stran pa je postojanka San Luis, kjer so živeli Indijanci, razpolagala z velikimi količinami vode.

Mesto San Luis Potosí je bilo uradno ustanovljeno 3. novembra 1592. Župan Juan de Oñate, ki je bil najpomembnejša avtoriteta v pokrajini, je izdelal načrt mesta ter razporeditev parcel za gradnjo hiš, imenovanih "haciendas de beneficio" (kraj, kjer so pridobivali srebro), vladnih stavb in cerkve. Med prvimi prebivalci mesta so bili trgovci, rudarji, vladni uslužbenci, člani svetne duhovščine ter menihi frančiškanskega reda.

Za kraljevske oblasti sta bili najpomembnejši vprašanji razvoj rudarjenja ter skrb za domače prebivalstvo. Od takrat dalje se je mestnemu prebivalstvu oblikoval svojstven značaj, ki je bil vedno povezan s pridobivanjem kovin in proizvodnjo plemenitih kovin.



Cerro de San Pedro: Staro rudarsko središče ogroža moderno pridobivanje srebra s površinskim odkopom.



Opušeni objekti starega zapora so spremenjeni v kulturno središče »Centro de Las Artes«.

Abstract

THE IMPORTANCE OF MINING IN THE ORIGINS AND IDENTIFY OF SAN LUIS POTOSÍ

The "Chichimeca War" that broke out in 1550 and lasted nearly 50 years was the cause of the slow advancement of the Spanish conquest towards the north of the New Spain viceroyalty.

Once the area was pacified, it was possible to settle the post of San Luis Potosí in the heart of the Great Chichimeca region. In March 1592, the mines of Cerro de San Pedro were discovered, but the lack of water in the vicinity represented an

obstacle for the development of the settlement and the exploitation of metals. Only a short distance away, the post of San Luis, inhabited by Indians, had abundant quantities of water.

The town of San Luis Potosí was officially founded on 3rd November, 1592. Juan de Oñate, "Alcalde mayor", the most important authority in the area, made a plan of the town and the distribution of land parcels for the construction of houses, "haciendas de beneficio" (places where the process of recovering silver was performed), government

buildings, and the church. Merchants and miners, as well as government employees, members of the secular clergy, and the friars of the Order of San Francisco were to be found among the first inhabitants of the town.

The development of mining activities, as well as concern for the natives, were the most important issues for the royal authorities. From that time onward, the town population acquired a peculiar character that was always related to the extraction of metals and bullion production.

Ivana Leskovec, Tatjana Dizdarevič, Uroš Eržen

UTRINKI

Dne 28. in 29. maja 2009 je v organizaciji Rudnika živega srebra Idrija d.o.o., Mestnega muzeja Idrija in ICOMOS – Slovenskega odbora, v Idriji potekala mednarodna konferenca »Ekološki in družbeno ekonomski vplivi pridobivanja in uporabe živega srebra na okolje«. Konference so se udeležili številni strokovnjaki, poznavalci obravnavane tematike, predstavniki Ministrstva za kulturo, Ministrstva za okolje in prostor, visoka predstavnica svetovnega odbora ICOMOS, predstavniki lokalne skupnosti – Občine Idrija in krajani. Na konferenci je s 15 referati sodelovalo 25 avtorjev iz Slovenije, Španije in Mehike.



*Mag. Dušan Kramberger,
nacionalni koordinator
za Unesco spomenike v Sloveniji,
je vodil delovno predsedstvo konference*



*Pozdravni nagovor
mag. Marka Cigoleta,
direktorja Rudnika živega srebra
Idrija*



*Izredna profesorica
dr. Milena Horvat
z Instituta Jožef Stefan
v Ljubljani*



*Eduardo Martinez Lopez,
predsednik
družbe
MAYASA*



Španski udeleženci konference (predstavniki družbe MAYASA, Univerze Castilla – La Mancha in almadénske gimnazije) v družbi predstavnice svetovnega odbora ICOMOS – dr. Angele Rojas



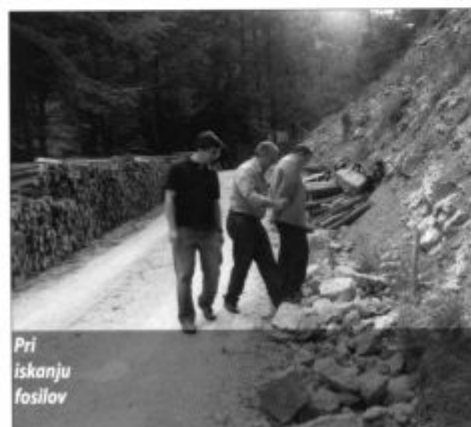
Med konferenco v Mestni galeriji Idrija



Med muzejskimi predmeti v Antonijevem rovu – M.R.Pino (komercialni direktor družbe MAYASA) in F.J.C.Milara (tehnični direktor družbe MAYASA)



Španski udeleženci konference z idrijskimi gostitelji pred vstopom v Antonijev rov



Pri iskanju fosilov



Na Putrihových klavžah – L.M.Plaza (dekan Politehnike iz Almadéna), J.M.Esbri (geolog, predavatelj na Politehniki v Almadénu) in M.R.Pino (komercialni direktor družbe MAYASA) z muzejskim kustosom Antonom Zelencem



Pogled skozi kanal Putrihovich klavž