

PATIO-MENETELMÄ MULLISTI ESPANJAN AMERIKAN- SIIRTOMAIDEN HOPEANTUOTANNON

PEKKA T. HEIKURA

Valloitettuaan Keski- ja Etelä-Amerikan 1500-luvun alkupuolella espanjalaiset alkoivat hyödyntää tarmokkaasti valloitettujen alueiden hopeamalmiesiintymiä. Hopean tuotanto ajautui kuitenkin muutamassa vuosikymmenessä kriisiin, kun rikkaat, runsaasti hopeaa sisältävät pintamalmit oli louhittu loppuun. Käytetyt hopean erottamismenetelmät malmista eivät olleet taloudellisesti kovinkaan kannattavia syvemmällä sijaitsevien heikkolaatuisten, vähemmän hopeaa sisältävien malmien hyödyntämisessä. Pelastukseksi koitui Bartolomé de Medinan kehittämä patio-menetelmä (*beneficio de patio*), joka otettiin käyttöön Meksikossa 1550-luvulla ja Perussa 1570-luvulla. Patio-menetelmä mullisti Espanjan Amerikan siirtomaiden hopeantuotannon. Se mahdollisti heikompilaatuisten hopeamalmien käsittelyn taloudellisesti kannattavalla tavalla.

Patio-menetelmä oli hallitseva hopean valmistusmenetelmä 350 vuoden ajan Espanjan Amerikan-siirtomaissa. Ilman Bartolomé de Medinan keksintöä Meksikon ja Perun hopeasiintymät olisivat jääneet todennäköisesti hyödyntämättä. Patio-menetelmän ansiosta Euroopan rahametallivaranto kolminkertaistui. Amerikasta Espanjaan laivattua hopeaa ei käytetty kuitenkaan Espanjan talouden kehittämiseen vaan sodankäyntiin Euroopassa. Amerikan-hopea toimi ennen kaikkea Espanjan valtion sodankäyntiä varten ottamien lainojen vakuutena.

Kun Espanjan rahoittama ja sen lipun alla purjehtinut Kolumbus oli löytänyt Amerikan vuonna 1492, sieltä valloittavat alueet julistettiin kuuluvaksi Espanjan kruunulle. Espanjalaiset ryhtyivät ripeästi valtaamaan alueita Uudesta maailmasta. Karibian saarten haltuunoton jälkeen espanjalaiset tunkeutuivat myös Amerikan mantereelle. Keski-Meksikossa sijainnut asteekkivaltakunta kukistui vuosina 1519–21 ja koko Meksiko oli pääosin espanjalaisten hallussa jo 1540-luvulla. Perussa sijainnut inkavaltio kukistui myös hämmästyttävän nopeasti 1530-luvulla.

Espanjalaisten valtaamista alueista muodostettiin kaksi hallintoaluetta. Meksiko ja muu Keski-Amerikka kuuluivat Uuden Espanjan varakuningaskuntaan ja entiset inkavaltakunnan alueet Perun varakuningaskuntaan.

Espanjalaiset valloittajat himoitsivat ennen kaikkea intiaanien hallussa olleita jalometalleja, kultaa ja hopeaa. Kun intiaanien kulta- ja hopeaarteet oli rosvoitu, valloittajien huomio kiinnittyi haltuunotettujen alueiden jalometalliesiintymiin. Kultaa huuhdottiin Meksikossa ja kaivoksiakin perustettiin valloitusta seuranneina vuosikymmeninä sekä Meksikossa että Perussa, mutta laajoja kaivostoimintaan yltäneitä kultaesiintymiä löytyi lopulta vain muutamia, Uudesta Granadasta (nyk. Kolumbia) ja Chilestä. Varsinaiseksi menestykseksi muodostui sen sijaan hopea, jota löytyi sekä Meksikosta ja Perusta poikkeuksellisen runsaina esiintyminä ja jota alettiin rahdata Eurooppaan valtaisia määriä. Hopea ohitti tuotannossa kullan ilmeisesti 1540-luvulla.

Ensimmäiset hopeakaivokset Meksikossa

Ensimmäiset hopeamalmiesiintymät Meksikossa

löytyivät todennäköisesti paikallisten intiaanien opastuksella 1530-luvun alussa. Espanjalaiset löysivät pian myös omatoimisestikin useita lupaavia esiintymiä.

Rikkaaksi osoittautunut Zumpango del Rion esiintymä paljastui Sierra Madre del Surista vuonna 1531. Tuottavimmat varhaiset hopeakaivokset sijaitsivat kuitenkin suhteellisen pienellä alueella Keski-Meksikon tasangon eteläisellä reunalla. Näistä Amatepecin ja Sultepecin esiintymät löytyivät vuonna 1531, Taxco vuonna 1532, Zacualpan ja Tejupilco vuoden 1540 tienoilla ja Temascaltepec vuonna 1545. Nämä kaivosalueet (*asientos de minas*) sijaitsivat Ciudad de Mexicon läheisyydessä, sen lounaispuolella, ja aluetta alettiin kutsua Hopeaprovinssiksi (*Provincia de la Plata*). Pienempiä kaivoksia avattiin Länsi-Meksikossa Rio Grande de Santiago -joen eteläpuolella 1540-luvulla.

Hopean etsintä eteni myös pohjoiseen, ja koko Espanjan siirtomaavallan ajan suurimmat kaivokset perustettiin noin tuhat kilometriä pitkälle, Meksikon hopeavyöksi kutsutulle alueelle, joka ulottui Pachucasta Santa Barbaraan saakka pohjoisessa. Hyvin merkittävään asemaan nousut Zacatecas löytyi vuonna 1546 ja siirtomaavallan loppupuolen merkittävin tuottaja, Guanajuato, vuonna 1548. Guanajuaton Veta Madre, ”Emäjuoni”, löytyi vuonna 1550. Kaivostoiminta Pachucassa alkoi vuonna 1552, Somperetessa vuonna 1558 ja San Luis Potosissa vuonna 1591. 1590-luvulla suoritusta kaivosteollisuuden tarkastuksesta laadittu selonteko nimeää Meksikosta peräti 50 kaivoskeskusta, joista kolme oli tuolloin hylätty (Bakewell 1997b, s. 187).

Alkuaikojen kaivosten omistajat olivat pääasiassa pieniä toimijoita: sotilaita, seikkailijoita, hidalgoja (alempaan aateliin kuuluvia espanjalaisia) ja virkamiehiä. Joukossa oli tosin muutamia suuriakin omistajia. Meksikon valloittajalla, konkistadori Fernando Cortesilla (1585–1646), oli 1540-luvun alussa 20 hopeakaivosta Sultepecissa, 12 Taxcossa ja kolme Zacualpanissa (West 1997, s. 62). Kuninkaallinen rahastonhoitaja Meksikossa, Juan Alonso de la Sosa, ja kuninkaallinen kirjanpitäjä Juan de Burgos olivat myös merkittäviä kaivosten omistajia.

Ensimmäisillä kaivosten omistajilla ei näytä itsellään olleen tietämystä kaivostoiminnasta eikä

hopean valmistuksen menetelmistä. Kuninkaalliset viranhaltijat lähettivät 1530-luvulla kiihkeitä pyyntöjä Espanjan vallanpitäjille alan asiantuntijoiden saamiseksi Meksikoon. Tähän aikaan edistynein tietämys kaivostoiminnasta ja malmien käsittelystä oli saksalaisilla vuorimiehillä. Saksalaisia asiantuntijoita asettuikin vuonna 1536 Sultepeciin. Näistä merkittävin oli ilmeisesti Johann Engel, jonka sanotaan perehdyttäneen espanjalaiset kaivosmiehet lyijyn ja lyijyoksidin (*litharge*) käyttöön hopean erottamiseksi malmista pienissä, savesta ja kivistä valmistetuissa sulatusuuneissa. Sulatusuunien lämpötila saatiin riittävän ylös käsikäyttöisillä, lampaan tai vuohen nahasta tehdyillä palkeilla, joilla puhallettiin ilmaa uuneihin ja joita oli yhdistetty kuhunkin uuniin kaksi (West 1997, s. 65). Sultepec näyttää olleen alkuvuosikymmeninä Meksikon kaivos- ja metallurgisten innovaatioiden keskus, josta tekniikat levisivät muille kaivosalueille.

Sulatusmenetelmä oli kannattava, kun käsiteltiin rikkaita, runsaasti hopeaa sisältäviä pintamalmeja. Kaivostoiminta rajoittui alkuaikoina nimenomaan malmioiden pintakerroksiin. Taxcossa syvin kaivoskuilu ulottui 16 vuotta toiminnan aloittamisen jälkeenkin vain 30 estadon eli noin 65 metrin syvyyteen. Useimmat kuilut ulottuivat alle 25 metrin syvyyteen. Kuivatukseen liittyvät ongelmat eivät vielä olleet suuria, sillä pohjaveden pinta oli 70 metrissä.

Työvoimana oli sekä intiaaniorjia että *encomienda*-järjestelmään (encomiendasta, ks. Valtonen 2001, s. 105–107) kuuluvia intiaanipakkotyöläisiä. Encomienda-järjestelmässä kaivosten omistajat käyttivät *encomenderojen* eli encomiendan haltijoiden verotuksen alaisia intiaaneja työvoimana kaivoksilla encomenderoille suoritettua maksua vastaan. Orjat tekivät raskaimmat työt, kuten malmien louhinnan, encomienda-intiaanit kaatoivat puita ja tuottivat puuhiiltä kaivosten sulatusuuneihin.

Tammi- ja mäntymetsien ryöstöhakkuut puuhiilien ja rakennuspuiden saamiseksi kaivoksille olivat alussa tavallisia ja muodostivat ongelman koko siirtomaavallan ajan Meksikossa. Jo vuonna 1542 kruunun virkamiehet kielsivät uuden kasvuston hakkuut turvatakseen puun saannin jatkossakin (West 1997, s. 68).

Meksikon hopeakriisi

Meksikon hopeantuotanto ajautui kriisiin 1540-luvun lopulla ja 1550-luvun alussa. Tuotanto laski. Merkkejä alkavasta kaivoskriisistä näkyi jo vuonna 1539, kun Taxcon, Sultepecin ja läheisten kaivosten omistajat valittivat toistuvasti louhinnan ja hopean valmistamisen kalleudesta. Sulattamisessa käytetyt lyijy ja lyijy-yhdisteet olivat kalliita, ruoan ja vaatteiden hinnat olivat kaksinkertaistuneet ja intiaanityöntekijöiden määrä oli laskenut kuolemantapausten ja karkaamisten takia. Taxcon kaivoksilla tarvittiin vuonna 1539 25 sentneriä (sentneri = 50,8 kg) lyijyoksidia 75–126 hopeunssin (1 unssi = 31,1 g) erottamiseen syvemmällä maaperässä olevasta sulfidimalmista (West 1997, s. 65).

Yksi syy alan kriisiytymiseen olikin epäilemättä rikkaiden pinnalla olevien oksidimalmien ehtyminen. Syvemmällä maaperässä olevien, vähemmän hopeaa sisältävien sulfidimalmien käsitteleminen sulatusmenetelmällä oli kallista.

Useat viranhaltijoiden raportit kuninkaalle Espanjaan vuosien 1552 ja 1556 väliltä osoittavat, että hopeantuotanto laski selvästi vuoden 1549 jälkeen. Kuninkaan hopeantuotannosta saama osuus putosi 2/3 eli 45 500 painomarkasta (*marks*) vuonna 1549 16 000 markkaan vuonna 1553 (kullan ja hopean punnitsemisessa käytetty painomarkka oli 230 g, arvoltaan 8 pesoa 4 realia). Meksikon kaivosten omistajat saivat tosin näihin aikoihin, vuonna 1548, Espanjan kruunulta myönnytyksen laskea valtion osuus kaikista jalometalleista viidenneksestä (*quinto real*) kymmenykseen (*diezmo*) (Garner 1997, s. 233).

Useimpien raporttien mukaan pääsyy kaivostoiminnan kriisiin oli kuitenkin työvoimassa. Vuonna 1542 valtion asettamat Uudet lait (*Leyes Nuevas*) lopettivat intiaanien orjuuden. Valtio pyrki myös encomienda-järjestelmän lakkauttamiseen ja muutti encomienda-intiaaneilta maataloustuotteina kerätyt verot rahamaksuiksi sekä lopetti intiaanien encomenderoille tekemät työsuoritukset. Intiaanien pito orjina tyrehtyi vähitellen 1550-luvulle tultaessa. Myös pakkotyövoiman käyttö väheni kaivoksilla (West 1997, s. 69).

Meksikon hopeantuotannon pelastukseksi koitui Espanjasta Meksikoon vuonna 1554 saapuneen Bartolomé de Medinan tekemä keksintö.

Patio-menetelmä

Bartolomé de Medina oli alkuaan tukkukauppias Sevillassa. Hän oli tehnyt Espanjassa huomattavan omaisuuden todennäköisesti kankaiden kaupalla. Selitystä sille, miksi de Medina hylkäsi tuottoisan liiketoimintansa Espanjassa ja ryhtyi metallurgiksi, ei tiedetä. Hän oli kiinnostunut kuitenkin hopean valmistuksesta ja näyttää kokeilleen hopeamalmien sulattamista lyijyoksidin avulla ennen matkustamistaan Meksikoon vuonna 1554.

Idean korvata sulatusmenetelmä elohopean käyttöön perustuvalla amalgamoinnilla de Medina sai oman kertomuksensa mukaan Espanjassa oleskelevalta saksalaiselta Maestro Lorenzolta, joka ihmetteli de Medinan sulatuskokeita. Lorenzo kertoi de Medinalle, että oli olemassa selvästi yksinkertaisempi ja halvempi menetelmä. Hopeamalmi murskattaisiin hienoksi jauheeksi, johon sitten lisättäisiin suolavesiliuosta ja elohopeaa. Seosta sekoitettaisiin useita viikkoja, jolloin tuloksena olisi pastamaista amalgaamia, elohopean ja hopean seosta. Kun amalgaamia kuumennettaisiin säiliössä, elohopea haihtuisi pois ja jäljelle jäisi hopeaa (Probert 1997, s. 107).

Kun de Medina saapui Meksikoon vuonna 1554, sen kaivosten omistajilla oli vaikeuksia löytää uusia hopeamalmiesiintymiä, jotka olivat riittävän rikkaita, jotta niitä voitiin hyödyntää kannattavasti käytetyllä lyijyoksidimenetelmällä. Menetelmä oli kallis, kun käsiteltiin syvemmällä maaperässä olevia heikkolaatuisia malmeja. Jos kvintaalista (kvintaali = 100 naulaa eli 46 kg) malmia ei saatu vähintään kymmentä unssia hopeaa, sulatusta ei kannattanut tehdä (Probert 1997, s. 101–102, 107).

Samaan aikaan Espanjan kruunu vaati ponnekaasti Uuden Espanjan varakuninkaalta, Luis de Velascolta (1550–64), suurempia hopeatuottoja. De Medinan uudella menetelmällä oli selvästi tilausta. De Medinan väite, että hän voisi lisätä hopean tuotantoa, oli juuri sitä, mitä varakuningas halusi kuulla.

De Medina teki vuonna 1554 Meksikon kaupungin koillispuolella sijaitsevassa Pachucassa sarjan amalgamointikokeita Lorenzon ohjeiden mukaan. Kokeet kuitenkin epäonnistuivat yksi toisensa jälkeen ja kokeita seuraamaan saapuneet kaivosmiehet poistuivat vähitellen paikalta. Murskattuun ja pihamaalle levitettyyn hopeamalmimassaan lisät-

tiin kyllä suolavettä ja elohopeaa, mutta toivottuja reaktioita ei tapahtunut. Oman kertomuksensa mukaan de Medina sai kuitenkin lopulta oivalluksen lisätä seosmassaan ”magistraalia” (*magistral*), kupari- ja rautavihtrillää, jota hän oli nähnyt nahkan valmistajien käyttävän Espanjassa. Vihtrilli, joka oli kupari- ja rautasulfaattia, oli se puuttuva ainesosa, joka sai aikaan toivotun kemiallisen reaktion. Elohopea ja suolavesi eivät yksin riitä, vaan on olennaista lisätä magistraalia, ilman sitä ei synny amalgaamiakaan (Probert 1997, s. 110–111).

Menetelmän nimeksi tuli *beneficio de patio*, patio-menetelmä, patiokäsittely. Menetelmässä murskattu hopeamalmijauhe lisukkeineen levitettiin ”kakuksi” (*torta*) kivetylle pihalle, patiolle, ulkosalle auringon paisteeseen niin kauaksi aikaa, että amalgaamia syntyi. Seosta sekoitettiin useita viikkoja tai jopa kuukausia. Kun pastamaista amalgaamia (*pella*) oli syntynyt, se otettiin talteen ja sulatettiin kuumentamalla säiliössä, jolloin elohopea höyrystyi pois ja jäljelle jäi hopeaa (amalgamoinnista: Bargalló 1955, s. 107–200; Bargalló 1969; Mäkinen 1933, 424–430).

Käytetty elohopea voitiin kondensoida ja käyttää uudelleen. Hydrometallurgisen amalgamoinnin suuri etu lyijysulatukseen nähden oli, että se mahdollisti heikkolaatuisten hopeamalmien käsittelyn. Se oli yksinkertainen ja taloudellisesti kannattava menetelmä. Menetelmä omaksuttiin innostuneesti kaikkialla Meksikossa, ja se muodosti hallitsevan hopeanvalmistusmenetelmän seuraavat 350 vuotta Amerikan mantereella. Zacatecasin kaivoksilla sanotaan olleen 35 amalgamointihamienciendaa jo vuonna 1562. Patio-menetelmä merkitsi hopean tuotannon jyrkkää nousua Meksikossa muutamassa vuodessa.

Varakuningas Luis de Velasco oli tyytyväinen. Hän myönsi de Medinalle keksintöön kuuden vuoden patentin. De Medina sai kerätä patentista rojalteja kultakin kaivosomistajalta maksimissaan 300 ”kaivospeson” (*pesos de minas*) arvosta (14 realin arvoinen kaivospeso oli laskennallinen yksikkö, ei lyöty raha). Summa vastasi 496:ta kahdeksan realin arvoista pesoa (*peso de á ocho*, 25,5 g:n painoinen hopearaha), jota käytettiin rahaliikenteessä (Probert 1997, s. 98–99).

On esitetty, että toinen keksijä, Meksikon Sul-tepecissa vaikuttanut saksalainen Caspar Loh-

mann (Loman) olisi ollut patio-menetelmän kehittämässä de Medinan ohella tärkeä henkilö. Lohmann esitteli de Velascolle malmin murskauslaitteen, *ingenion*, jolla hopeamalmi saatiin hienonnettua tehokkaasti jauheeksi. Lohmann ei tosiasiasa kuitenkaan itse keksinyt murskausmyllyä, vaan se tunnettiin Saksassa jo ennemmin. Se on kuvattu Georgius Agricolan (Georg Bauer) vuonna 1556 ilmestyneessä teoksessa *De re metallica* (Probert 1997, s. 115).

Yhtä kaikki de Velasco myönsi vuonna 1556 uuden kahdeksan vuoden yhteispatentin de Medinalle ja Lohmannille. Hän vahvisti samalla, että alkuperäinen patio-menetelmän keksijä oli de Medina ja velvoitti Lohmannia laatimaan täydellisen selonteon *ingenion* toiminnasta sekä amalgamoinnissa käytetyn magistraalin ja muiden aineiden valmistamisesta. Rojaltien maksimisumma nousi 400 pesoon (*pesos de minas*, Probert 1997, s. 113).

Murskausmylly oli merkittävä osa ja tuli olemaan kaikkein kallein investointi uudessa hopean valmistustekniikassa. Se yleistyi nopeasti. Vuonna 1597 Meksikon kaivostoiminnalle tehdyn tarkastuksen selonteosta käy ilmi, että Meksikon varakuningaskunnassa oli tällöin 50 kaivosalueella yhteensä 604 ingeniota (Bakewell 1997b, s. 187).

De Medinan keksintö oli luultavasti merkittävän koskaan Latinalaisessa Amerikassa tehdyistä keksinnöistä. Keksijä ei kuitenkaan rikastunut sillä, vaan hän kuoli köyhänä.

Uuden Espanjan varakuningaskunta oli jaettu kolmeen audienciaan, oikeusistuimeen ja niiden alaisiin oikeusalueisiin: Meksikon, Guadalajaran eli Uuden Galician (*Nueva Galicia*) ja Guatemalan audienciaan. Guadalajaran kaivosten omistajat kielletyivät maksamasta de Medinalle hänen patentistaan rojalteja selittäen, että heidän hallintonsa oli erillinen. Tämä näkemys piti ilmeisesti myös audiencian tuomioistuimessa.

Enin osa hopeakaivoksista sijaitsi Guadalajaran audiencian alueella. De Medina joutui tyytymään pelkästään Meksikon audiencian alueella olevien kaivosten omistajien maksamiin rojalteihin, jotka näyttävät jääneen surkuteltavan pieniksi. Niin sanotussa Medina Codexissa rojaltien kokonaisarvio on 10 812 kahdeksan realin pesoa. Tästä summasta de Medina antoi hyväntekeväisyyteen neljänneksen. Toinen neljännes oli saamatta kai-

vosten omistajien laiminlyöntien takia (ks. Probert 1997, s. 116–117).

Taloudelliset vaikeudet näyttävät vaivanneen de Medinaa jatkuvasti. Hän ei näytä koskaan saaneen korvatuksi omaisuutta, jonka oli menettänyt kehittäessään patio-menetelmää. Patentin päättämisen jälkeen hän yritti saada taloudellista hyvitystä Espanjan kruunulta. Hän tarvitsi pientä, vakaata tuloa menetettyään pääomansa. De Medina halusi, että kuningas tunnustaisi hänen kontribuutionsa Espanjan kruunulle. Kuinka de Medinan pyyntöjen kävi, on tuntematonta. Keksijä kuoli Pachucassa tammikuussa 1585.

Amalgamointi otetaan käyttöön Potosissa

Espanjalaiset valloittajat olivat kiinnostuneet myös Perun jalometalliesiintymistä. Täälläkin he hyödynsivät aluksi intiaanien tietämystä. Vuonna 1538 espanjalaiset alkoivat laajentaa jo inkojen käyttämää Porcon hopeamalmiesiintymää Keski-Andeilla, Ylä-Perussa. Vuonna 1545 paljastui Porcosta 32 km koilliseen huomattavasti suurempi hopeamalmiesiintymä 4 000 metrin korkeudessa sijaitsevasta Potosista. Kaivostoiminta legendaarisen maineen saavuttaneessa Potosin Cerro Ricossa ("Rikas vuori"), jonka huippu kohoaa 4 622 metrin korkeuteen, alkoi vuoden 1550 tienoilla. Esiintymä oli poikkeuksellisen rikas, pinnalla olevassa oksidimalmissa oli hopeaa 4–25 %, paikoin ehkä jopa 50 %. Muita merkittäviä kaivostoimintaan yltäneitä esiintymiä olivat vuonna 1567 löytenyt Cerro de Pasco ja Oruro, jossa louhinta alkoi vuosina 1606–07.

Espanjalaiset etsivät myös amalgamoinnissa elintärkeää elohopeaa. Vuoden 1560 tienoilla löytenyt Huancavelican esiintymä keskisessä Perussa jäi ainoaksi laatuaan koko Espanjan siirtomaissa. Elohopeaa oli muuten laivattava siirtomaiden kaivoksille Atlantin takaa Espanjasta Almadenin kaivoksilta ja myöhemmin myös nykyisen Slovenian alueella sijaitsevasta Idrijasta.

Keski-Andien hopeakaivoksilla käytettiin aluksi hyväksi ennen muuta intiaanien perinteistä hopeamalmin sulatustekniikkaa, guairoja. *Guaira* (*Huaira*) oli yksinkertainen mutta tehokas kives-tä tai savesta tehty säiliö, jossa tulta kohennettiin vuorten rinteillä öisin alaspäin puhaltavilla voimakkailla tuulilla. Potosissa oli 1500-luvun

puolimaissa toiminnassa tuhansia guairoja, ehkä jopa 15 000 yhtäaikaan. Kannattaa korostaa, että vielä tässä vaiheessa intiaanit huolehtivat guairojen valmistuksesta ja olivat näin tärkeässä asemassa hopeanvalmistuksessa. Guaira-sulatus soveltui kuitenkin vain Cerro Ricon pintakerrosten rikkaisiin oksidimalmikerrostumiin, ei niiden alla olevaan sulfidimalmiin.

Potosin hopeantuotanto heikkeni, kun rikkaat pintamalmit ehtyivät. Kun hopean tuotanto oli vuonna 1550 virallisten tilastojen mukaan 379 244 painomarkkaa, vuonna 1572 se oli enää 114 878 markkaa. (Bakewell 1997a, s. 75).

1570-luvulla alkoi kuitenkin jyrkkä nousu. Potosin hopeanvalmistuksen elpyminen on nähty yhden miehen aikaansaannokseksi. Tuo mies oli Francisco de Toledo (1515–82), joka toimi Perun varakuninkaana vuosina 1569–81. De Toledo organisoivat kuningas Filip II:lta (1556–98) saamiensa ohjeiden mukaisesti intiaanien pakkotyön Potosissa ja esitteli Potosin kaivosten omistajille amalgamointimenetelmän käytön edut.

Inkavaltakunnan ajalta perua olleessa *mita*-järjestelmässä Perun kaupunkien asukkaiden oli lähetettävä vuosittain 1/7 työikäisestä miespuolisesta väestöstään siirtotyöläisiksi Potosiin, yhteensä 13 400 henkeä, joista kolmannes työskenteli kerrallaan louhinnassa ja hopean valmistuksessa. Järjestelmän puitteissa tehtiin ensin viikko työtä, jota seurasi sitten kahden viikon tauko. *Mitayo*-intiaanit eivät olleet orjia. Heille maksettiin myös – tosin muodollista – rahapalkkaa.

Amalgamointiin potosilaiset opasti Meksikosta Peruun siirtynyt asiantuntija Pedro Fernández de Velasco. Tammikuussa 1572 kaksi ensimmäistä uutta metallurgista menetelmää käyttävää laitosta aloitti toimintansa Potosissa.

Meksikon patio-menetelmä ei kuitenkaan sellaisenaan soveltunut Andien korkeuksiin, joissa ympäröivät lämpötilat olivat alhaiset. Piha, patio, korvattiin täällä kivisillä altailla (*cajones*), joihin hienonnettu hopeamalmijauhe (*harina*) kuljetettiin ja joiden alle laitettiin ajoittain tuli kemiallisten reaktioiden nopeuttamiseksi. (*Beneficio de patio* sijasta olisi ehkä syytä kutsua Andeilla käytettyä menetelmää pikemminkin *Beneficio de cajoniksi*). Myöhemmin Alvaro Alonso Barba (1569–62) keksi vielä *beneficio de cazon*, jossa hienonnettua hopea-

malmia lisukkeineen lämmitettiin suurissa, matalissa kuparikattiloissa (*cazos*). Tämäkin keksintö oli kuitenkin vain Andien oloihin tehty sovellus de Medinan patio-menetelmästä.

Potosin hopean tuotanto lähti jyrkkään nousuun de Toledon organisointityön ansiosta. Jo vuonna 1580 tuotanto nousi 668 517 painomarkkaan eli kuusinkertaiseksi vuodesta 1572. Kaikkien aikojen huippu saavutettiin vuonna 1592, jolloin tuotanto oli 887 448 markkaa (Bakewell 1997a, s. 75). Raju nousu 1570-luvulla johtui pääasiassa siitä, että tällöin käsiteltiin aikaisemmin louhittuja malmeja (*desmontes*), jotka oli kaivettu jo valmiiksi ylös mutta hylätty kannattamattomana.

Kallein investointi Andeillakin oli murskauslaitos. Näitä oli kolmenlaisia: ihmisvoimalla toimiva *ingenio de pie*, hevosten ja muulien voimalla toimiva *ingenio de caballo* ja vesivoimalla käyvä *ingenio de agua*. Viimeksi mainittu oli kallein hankkia mutta muita selvästi tehokkaampi. Pääomien kasaantumisessa Potosin ja lähialueen amalgamointilaitoksissa siirryttiin enenevässä määrin vesivoimalla toimiviin murskausmyllyihin.

Jo kaivostoiminnan alkuaikoina Cerro Ricon laki louhittiin tyhjiin. Sen jälkeen kaivauduttiin vuoren uumeniin. Vuoren itäisellä sivulla oli neljä pääjuonta. 1500- ja 1600-luvun vaihteeseen mennessä vuoren sisään oli louhittu yhdeksän suurta horisontaalista tunnelia. Hallitus pyrki rajoittamaan kunkin juonen reunoilla olevien kaivosten kokoa ja yhden juonen kohdalla saattoi olla käytännössä kymmeniä eri kaivoksia.

Koska vain espanjalaisilla oli hallussaan tietämys uudesta menetelmästä ja tarvittavat pääomat murskausmyllyjen rakentamiseen, intiaanit vajosivat hopeanvalmistajan asemasta nyt ruumiillisen työn tekijöiksi. Amalgamointimenetelmän käyttöönoton alkuaikoina murskatun hopeamalmien sekoittamisesta elohopeaan ja muihin aineisiin huolehtivat intiaanit jaloillaan, kävelemällä lietteessä kuudesta kahdeksaan viikkoa – hirtittävin terveydellisin seurauksin. Myöhemmin tässä repaso-vaiheessa käytettiin muuleja ja hevosia – yhtäläisin seurauksin (Ks. Pärssinen 2004, s. 58–160).

Potosin hopea lyötiin rahaksi jo paikan päällä. Francisco de Toledo rakennutti Potosiin vuonna 1572 Casa Real de Monedan, jossa hopea valettiin harkoiksi ja lyötiin sitten peson kolikoiksi. Hopea



Hacienda Nueva Meksikon Fresnillossa, kuvaus hopean erottamisesta patio-menetelmällä. Kuva: Wikipedia.

kuljetettiin muulien selässä Andien yli 750 kilometrin päässä Tyynenmeren rannalla sijaitsevaan Aricaan sekä sieltä laivoilla Panamaan ja edelleen Espanjaan.

Työvoiman vähäinen määrä

Perussa *mita*-järjestelmä jatkui koko siirtomaajan tärkeänä instituutiona. Vaikka kyseessä oli raaka ja riistävä järjestelmä, ilman sitä kaivostointia ei ehkä olisi tuottanut voittoa. Meksikossa sen sijaan vapaa työvoima korvasi pääosin pakko-työn jo 1500-luvun lopulla. Vuoden 1597 tarkastuskertomuksesta käy ilmi, että vapaat intiaanipalkkityöläiset (*aborios*) muodostivat Meksikon kaivoksilla 70 prosenttia työvoimasta. Mustien, Afrikasta tuotujen orjien osuus oli 14 %, loput olivat intiaanipakkotyöläisiä. Kokonaisuutena työvoimaa oli Meksikon kaivoksilla yllättävän vähän, alle 10 000 henkeä (Bakewell 1997b, s. 171–172, 184–187; Garner 1997, s. 254–255). Näillä pystyttiin kuitenkin tuottamaan 2/3 Meksikon 1500-luvun lopun viennin arvosta. Työvoiman saanti oli tuskin on-

gelma, vaikka Meksikon intiaaniväestö laski 25 miljoonasta yhteensä miljoonaan valloituksen ja vuoden 1630 välisenä aikana tartuntatautien seurauksena.

Kokonaisuutena kaivosteollisuus selviytyi yllättävän vähällä työvoimalla. Espanjan siirtomaiden kaivosteollisuuden piirissä olevan koko työvoiman määrä oli vuoden 1600 tienoilla 20 000–25 000 henkeä, joista Potosissa oli 11 000–12 000 (Garner 1997, s. 250–251). Voidaan todeta, että Potosin väkiluvuksi on arvioitu 1600-luvun alkupuolella 150 000 henkeä (Tandeter 1997, s. 164). Tällöin se oli yksi maailman suurimmista kaupungeista.

Amerikan ensimmäinen kaivoskapitalisti

Kaivostoiminnan pääomat olivat niin Meksikossa kuin Perussakin peräisin pääasiassa kaupunkien kauppiasyhteisöistä. Molemmista siirtomaissa yleistyi järjestelmä, jossa kauppias-aviador antoi kaivosten tai amalgamointilaitosten omistajille lyhytaikaisia luottoja (*avios*), joskus vain kuukaudeksi, takasi kaivostoiminnan erilaisia kuluja tai

tuli joskus osakkaaksi kaivosyhtymään. Vastineeksi omistajat sitoutuivat myymään aviadorille, kaivostoiminnan rahoittajalle, valmistamansa hopean alle hintojen, jotka valmistaja sai viemällä hopean valtion sulattamoihin, Ciudad de Mexicon (*Caja de Fundición*) tai Potosin sulattamoon. Erotuksen aviador piti voittonaan. Aviador-kauppiaille tämä järjestelmä muodosti pienimmän mahdollisen riskin mahdollisimman lyhyeksi ajaksi.

Koko Latinalaisen Amerikan ensimmäinen ”kaivoskapitalisti” oli 1600-luvulla Perussa toiminut Antonio Lopez de Quiroga (1620–99). Peter Bakewellin (1995) mukaan de Quirogan omaisuus on saattanut nousta useisiin kymmeniin miljooniin pesoihin hänen toimiessaan kaivosalalla, kaupankäynnissä ja karjan kasvattajana. De Quirogalta oli käytössään suunnattomia määriä pääomia, joilla hän rakensi valtavan yrityksen, johon kuului kaivoksia, amalgamointilaitoksia ja muuta liiketoimintaa (Bakewell 1995, s. 35–36; Garner 1997, s. 257–258).

De Quiroga aloitti hopean valmistuksen Potosissa vuoden 1660 tienoilla ja laajensi toimintaansa seuraavina vuosikymmeninä muualle Perun varakuningaskuntaan. De Quiroga oli kaivosalalla ”uusi ilmiö”, mutta hän jäi poikkeukseksi eikä tästä ”ensimmäisestä kapitalistisesta kaivosmiehestä” tullut mallia muille kaivosyrittäjille, jotka luottivat rahoituksessa enimmäkseen kauppias-aviadorin antamiin lyhytaikaisiin luottoihin. Lyhytaikaiset luotot tukivat vain pienen mittakaavan toimintaa.

Johtava hopean tuottaja

Espanjan-Amerikka nousi 1500-luvulla maailman johtavaksi hopean tuottajaksi. 1500-luvun puolivälistä siirtomaa-ajan loppuun (1800-luvun alkuun) Espanjan siirtomaat tuottivat 3–3,5 miljardia unssia eli noin 100 000 tonnia hopeaa. Pesoissa tuotanto oli 2,9–3,1 miljardia. Vuosina 1560–1685 hopean tuotanto oli 25 000–30 000 tonnia ja vuosina 1686–1810 enemmän kuin kaksinkertaisesti tämä määrä. On arvioitu, että vuoteen 1600 tai 1610 mennessä valmistetusta 375–400 miljoonasta pestosta vietiin Espanjaan puolet tai ylikin (tuotantoluvuista, ks. Garner 1997, s. 225–262). Amerikasta laivattu hopea kolminkertaisti Euroopan rahamallivarannon vuoteen 1660 mennessä.

Hopean valmistus lisääntyi 1600-luvun al-

kuun saakka sekä Perussa että Meksikossa. Ylä-Perun kaivokset tuottivat 1550–1630 65 prosenttia kaikesta Espanjan siirtomaiden hopeasta. Potosi yksinään vastasi 80 % Perun koko siirtomaa-ajan tuotannosta. Potosin tuotanto saavutti huippunsa 1590-luvulla ja 1600-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä, jonka jälkeen alkoi pitkä, hidas lasku malmin määrän ja laadun heikentyessä. Vaikka hopean valmistusta saatiin nostettua Potosissa 1700-luvun lopulla, se oli tällöin vain puolet siitä, mitä se oli ollut huippuvuosina.

Meksikossa vuosina 1560–1630 koettua rajua tuotannon nousua seurasi hitaamman kasvun tai ajoittaisen stagnaation aika. Tuotanto ei kuitenkaan laskenut. Alkuaikojen merkittävin kaivosalue oli Zacatecas yhdessä Sombrereten kanssa. Zacatecasin on arvioitu tuottaneen yksinään 1/4 Meksikossa siirtomaa-aikana tuotetusta hopeasta.

Meksikossa oli 1600-luvulla tilapäisesti käytettävä hopean valmistamisessa myös sulatusmenetelmää amalgamoinnin ohessa, kun valtio vähensi merkittävästi Almadenissa tuotetun elohopean vientiä Meksikoon 1600-luvun toisella neljänneksellä ja antoi etusijan toimituksille Peruun. 1660-luvulla valtio muutti taas prioriteettia ja nyt elohopeaa tuotiin myös Perun Huancavelicasta Meksikoon. Huancavelican kaivos ehtyi 1700-luvulla ja Almadenin merkitys elohopean lähteenä kasvoi.

Meksiko nousi lukuisine kaivoksineen vuoden 1700 tienoilla Perun ohi hopean valmistamisessa. 1700-luvun puolivälin jälkeen tuotanto Meksikossa nousi merkittävästi, ja vuonna 1803 se valmisti 67 prosenttia kaikesta Espanjan-Amerikassa tuotetusta hopeasta. Merkittävimmäksi kaivosalueeksi muodostui 1700-luvulla Guanajuato.

Hopea oli yli 300 vuoden ajan, 1500-luvun lopulta 1870-luvulle saakka, Meksikon päävientitavara, joka muodosti lähes aina yli 70 prosenttia kaikesta vuosittaisesta viennistä (Brading 1997, s. 303). Vaikka Perulla oli Potosissa Amerikan rikkain esiintymä, Meksikolla oli kaksi etua puolellaan pitkän aikavälin kasville: korkeampi malmin laatu ja alemmat toimintakulut, jotka olivat varsinkin 1700-luvulla alemmat kuin Perussa (Garner 1997, s. 226, 233). Kaivoksiakin oli huomattavasti enemmän.

Kruunun tulolähteet

Valmistajat veivät hopeansa kaivoksiltaan Ciudad de Mexicossa ja Potosissa sijaitseviin kruunun sulettamoihin, joissa hopea punnittiin, tarkastettiin, valettiin harkoiksi ja leimattiin. Ciudad de Mexico ja Potosin rahapajoissa hopea lyötiin myös peson kolikoiksi. Esimerkiksi vuonna 1632 Ciudad de Mexico rahapajassa lyötiin 5,1, vuonna 1702 viisi ja vuonna 1804 27 miljoonaa pesoa (Brading 1997, s. 303).

Hopea (ja lähinnä hopean valmistuksessa sivutuotteena saatu kulta) muodostivat keskimäärin 40 prosenttia Espanjan Amerikasta saamista siirtomaatuloista (Valtonen 2001, s. 102).

Espanjan kruunulla oli vuodesta 1559 lähtien monopoli elohopean tuotannossa, myynnissä ja hinnoittelussa (Garcia de Cortázar, González Vesga 2002, s. 251). Monopolilla kruunu pyrki turvaamaan säännöllisen elohopean jakelun ja hankkimaan valtiolle tuloja. 1600-luvun lopulta lähtien kruunulla oli myös monopoli ruudissa, jolla oli alettu tehdä räjäytyksiä louhinnassa. Suola kuului myös valtion monopoleihin.

Perussa hopean valmistaja joutui luovuttamaan viidesosan valmistamastaan hopeasta kruunulle korvaukseksi saamastaan kaivosprivilegios-ta vuoteen 1736 saakka, jolloin *quinto real* muuttui *diezmoksi*, kymmenesosaksi. Meksikossa hopean valmistajat onnistuivat saamaan viidenneksen pudottamisen kymmenesosaan jo vuonna 1548, ja diezmo näyttää olleen täällä standardi myös 1600-luvulla. Amalgamointilaitoksen omistajat maksoivat Meksikossa lisäksi myös elohopeastaan vähemmän kuin Perussa.

Kokonaisuutena Meksikossa valtiolle suoritettujen maksujen on laskettu nousseen 20 prosenttiin hopean arvosta, Perussa 35 prosenttiin (Garner 1997, s. 233).

Hopea Espanjan luottokelpoisuuden takeena

Espanjan valtio velkaantui rajusti 1500-luvulla. Kaarle V (1519–56) lainasi hallitusvuosinaan 29 miljoonaa dukaattia (dukaatti oli 3,5 g painoinen kultaraha) – lähinnä italialaisilta ja saksalaisilta pankkiireilta – keskimäärin 32 prosentin korolla ja jätti velan perinnöksi pojalleen Filip II:lle (Kamen 2000, s. 167).

Myös Filip oli ahkera lainaaja. Vuonna 1565 valtion velka nieli 84 prosenttia Kastiliasta kerätyistä tuloista. Filipin kuollessa vuonna 1598 valtion velka oli kahdeksan kertaa niin suuri kuin kertyi Kastiliasta kerätyistä tuloista.

Huolimatta Amerikasta tulvivasta hopeavirrasta, hopeasta ei ollut Espanjan valtion talouden tasapainottajaksi. Kuninkaallisen viidenneksen osuus jalometalleista oli esim. vuonna 1559 yksi kolmasosa Kastiliasta kerättyjen verojen määrästä. Filip II:n aikana valtion Amerikan-tulot olivat yhteensä 64,5 miljoonaa dukaattia, mutta ne eivät riittäneet valtion tarpeisiin, vaan Kastilian verotusta oli kiristettävä jopa 430 prosentilla. Samaan aikaan nimellispalkat nousivat vain 80 prosenttia (Kamen 2000, s. 167).

Filipin rahat kuluivat lähinnä sodankäyntiin ulkomailla eikä niitä investoitu Espanjan talouteen ja tuottavaan toimintaan. Varsinkin vuonna 1565 alkanut sota Alankomaissa kävi hyvin kalliiksi. Filip III:n (1598–1621) astuessa valtaistuimelle vuonna 1598 ei ollut mikään salaisuus, että sitkeä sota vei kohti vararikkoa. Sotaan oli kulutettu 40 miljoonaa dukaattia viimeisten 12 vuoden aikana (Garcia de Cortazar ja Gonzalez Vesga 2002, s. 296; Espanjan taloudesta laajemmin s. 293–).

Espanjan hallitus laiminlöi maansa kehittämisen ja sen elinkeinoelämä taantui verrattuna Pohjois- ja Keski-Euroopan maihin. Sen tuotteet menettivät kilpailukykynsä. Tosin Espanjan manufaktuuriutuotannon alamäki oli ilmeisesti alkanut jo juutalaisten karkotuksista ja maatalouden alamäki Etelä-Espanjan maurien karkotuksista jo ennen Amerikan-hopean tuloa. Monopolistinen politiikka haittasi myös Espanjan kehitystä (Valtonen 2001, s. 101).

Amerikan-hopea oli todennäköisesti myös syytä Euroopassa koettuun niin sanottuun hintavalankumoukseen ja inflaatioon. Vaikka Amerikan-hopean merkitys inflaation aiheuttajana on myös kiistetty, hopean osuutta siinä tuskin voi jättää huomiotta, koska hopeatulva ja hintojen nousu tapahtuivat ajallisesti samaan aikaan. Vuosien 1540 ja 1640 välillä hinnat nousivat Euroopassa kuusinkertaisiksi (Eagleton, Williams 2007, s. 167) ja pahiten kärsi Espanja.

Veloissa rypevä Espanjan valtio teki 20 vuoden välein vararikon (vuosien 1557 ja 1662 välil-

lä kahdeksan kertaa). Amerikan-hopea muodosti kuitenkin graniitinlujan perustan Espanjan luotokelpoisuudelle ja jalometallit selittävät sen, että luotokelpoisuus säilyi monista valtion vararikoista huolimatta hämmästyttävän hyvänä.

Hallitseva menetelmä

Patio-menetelmä muunneltiin hallitsi Espanjan Amerikan-siirtomaiden hopean valmistusta 350 vuoden ajan, vaikka Meksikossa oli välillä turvaututtava myös vanhempaan sulatustemettiin elohopean puutteen vuoksi. 1800-luvulla uusi, tehokkaampi ja taloudellisempi syanidi-menetelmä syrjäytti patio-menetelmän. Myös Bartolomé de Medina patio-menetelmän keksijänä lähes unohtui. Vasta 1900-luvulla hänen nimensä tuli uudelleen laajempaan tietoisuuteen.

Hopean erottamisessa käytetty elohopea muodostaa nykyään vakavan ympäristöongelman entsillillä kaivosalueilla. Espanjasta Meksikoon laivastusta arviolta 45 000 tonnista elohopeaa makaa yhä miljoonia kiloja kaivosalueiden maaperässä – saatuttaen pohjaveden ja maanviljelijöiden pellot sekä muodostaen suuren riskin terveydelle.

Kirjallisuus

- Bakewell, P. (1997a): Technological Change in Potosi: The Silver Boom of the 1570's. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas. An Expanding World. The European Impact on World History 1450–1800*. Volume 19, 75–95. Variorum. Printed in Great Britain.
- Bakewell, P. (1997b): Notes on Mexican Silver Mining Industry in the 1590's. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines and Silver and Gold in the Americas*, 171–197. Variorum. Printed in Great Britain.
- Bakewell, P. (1995): *Silver and entrepreneurship in the seventeenth-century Potosi. The life and times of Antonio López de Quiroga* (Originally published: 1st ed. Albuquerque: University of the New Mexico Press 1988). Southern Methodist UP.
- Bakewell, P. (1975): Registered silver production in the Potosi district, 1550–1735. *Jahrbuch für Geschichte von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Lateinamerikas*, Band 12, Köln und Wien, s. 67–103.
- Bakewell, P. (1971): *Silver Mining and Society in Colonial Mexico: Zacatecas, 1546–1700*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Barba, A.A. (1640): *Arte de los metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue...* Madrid.
- Bargalló, M. (1969): *La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial. Compañía Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey*. México, D.F.
- Bargalló, M. (1955): *La minería et la metalurgia en la América española durante la época colonial. Fondo de Cultura Económica*. México, D.F.
- Brading, D.A. (1997): Mexican Silver Mining in the Eighteenth Century: The Revival of Zacatecas. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas*, 303–319. Variorum. Printed in Great Britain.
- Eagleton, C., Williams, J. sekä Cribb, J. ja Errington, E. (2007): *Money. A History*. Second Edition. The British Museum Press.

Printed and bound in China.

Elohopeasaaste Meksikossa: North American Commission for Environmental Cooperation: <http://www.ccc.org/home/index.cfm?varlan=english>

García de Cortázar, F. ja González Vesga, J. (2002): *Breve historia de España*. Historia Alianza Editorial. Printed in Spain.

Garner, R. (1997): Long-Term Silver Mining Trends in Spanish America: A Comparative Analysis of Peru and Mexico. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas*, 225–262. Variorum. Printed in Great Britain.

Kamen, H. (2000): *The Vicissitudes of World Power*. Kirjassa: Carr, R. (toim.): *Spain. A History*, 152–172. Oxford University Press. Printed in Spain by Book Print S.L. Barcelona.

Lindqvist, S. (1996): *Numismaattinen sanakirja*. Otava. Keuruu.

Mäkinen, E. (1933): *Keksintöjen kirja III: Vuoriteollisuus ja metallien valmistus*. WSOY. Keuruu.

Probert, A. (1997): Bartolomé de Medina: The Patio Process and the Sixteenth Century Silver Crisis. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas*, 96–130. Variorum. Printed in Great Britain.

Pärssinen, M. (2004): *Andien ihminen: ihminen ja ympäristö Keski-Andeilla: kirjoituksia Perun ja Bolivian kulttuureista esihistoriasta tasavaltalaisaikaan*. Iberialais-amerikkalainen säätiö, Suomen Madridin-insituutti, Madrid, Espanja. Vantaa.

Rystad, G. (1985): *Otavan suuri maailmanhistoria 11: Uskonnodat ja yksinvaltiut*. Suomentanut Eskelinen, H. Otava. Keuruu.

Tandeter, E. (1997): Forced and Free Labour in Late Colonial Potosi. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas*, 131–169. Variorum. Printed in Great Britain.

Valtonen, P. (2001): *Latinalaisen Amerikan historia*. Gaudeamus. Tampere.

West, R. (1997): Early Silver Mining in New Spain, 1531–1555. Kirjassa: Bakewell, P. (toim.): *Mines of Silver and Gold in the Americas*, 57–73. Variorum. Printed in Great Britain.

Kirjoittaja on filosofian lisensiaatti ja tiedetoimittaja.