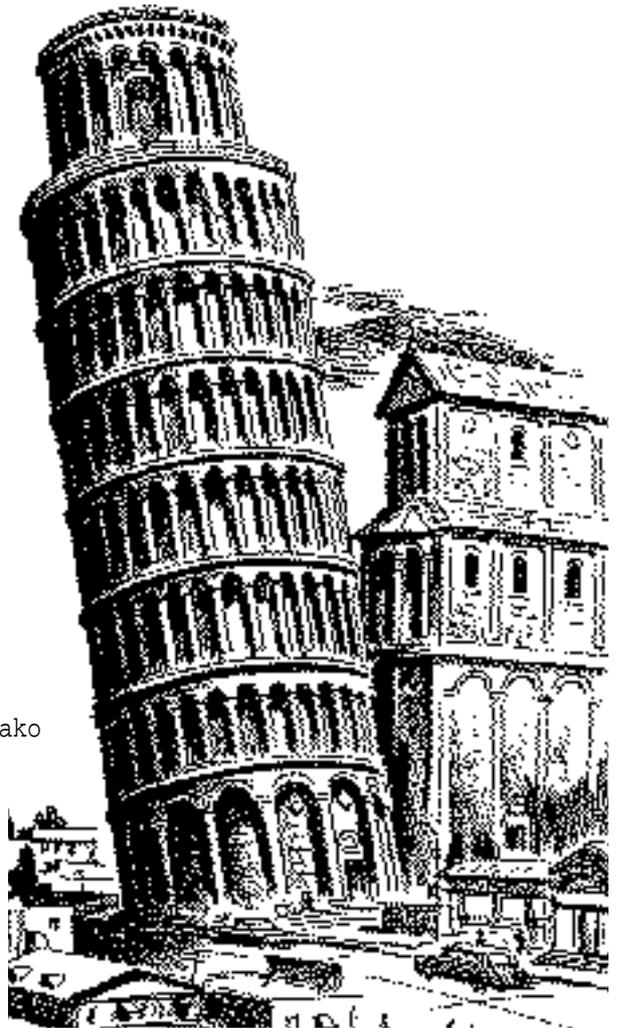


# Gerrikoa Pisako dorrearentzat

Florentino Alargunsoro

Gero eta gehiago okertzen ari dela eta, azkenean Italiako agintariek Pisako dorre famatuari gerrikoa ipintzea erabaki dute. Kableak ipini dizkiote bueltan hirugarren pisuraino eta badirudi oraingoz ez dela eroriko. Hala ere, behin-betirako erremedioa beste lan batzuk eginda osatu beharko da.



## Dorrea eraikitzeaz zenbait datu

**P**isako dorrea inklinatua izateaz gain arku-formakoa ere bada, hau da, bananaren itxura du. Dorrea 1174.ean hasi ziren eraikitzen Bonanno Pisanoren gidaritzapean. Zimenduek alde batean behera egin zutelako, hirugarren pisuraino eginik zegoen dorrearen lanak bertan behera utzi zituzten. 90 urtez egon zen dorrea ez gora eta ez behera, baina artzapezpikuaren aginduz 1280.ean berriro ere lanei ekin eta dorrea gehiago inklinatu zen. Giovanni di Simone-k orduan dorrearen alde bateko kolomak besteak baino luzeagoak eginarazi zituen, inklinazioa zuzentzearen. Horrela inklinazioa hautsi eta banana-forma hartu zuen dorreak. Dorrea zazpigarren pisuraino eginda lanak bertan behera geratu ziren. Andres Pi-

sanoren seme zen Tommaso Pisanok zortzigarren pisua (kanpaiak jartzekoa) ezarri zion, banana-forma areagotuz.

Argitu beharra dago dorre hau elizaren ondoan dagoela eta kanpandorre gisa funtziona zezan eraiki zutela. Zazpi kanpai zituen, bakoitzak nota bateko soinua ateratzen zuelarik. Mende honen erdialdera sistema elektronikoko batez ordezkatu zituzten, bibrazioen eraginez kalterik sor ez zedin. Barruan gainera 294 mailako eskailera kiribila du gailurreraino.

## Dorrearen neurriak

**D**orrearen altuera maximoa 56,705 metrokoa da, eta oinarrian barne-diametroa 7,368 metrokoa. Kanpo-diametroa oinarrian 15,484 metrokoa da eta zimenduen sakonera hiru bat metrokoa lurraren mailaz azpitik. Hiru metro lodiko hormak dituen

dorre honek guztira 14,5 tona inguru pisatzen ditu.

1298. urtean amaitu zutenean gailurrean kanpoen zegoen puntua bertikaletik oinarrira 1,57 metroko distantzia zegoen. 1817. urtean ordea, distantzia hori 3,77 metrokoa zen, 1911.ean 4,09 metrokoa eta gaur egun 5,2 metrokoa. Horrek inklinazioa  $9^{\circ} 80'$ koa dela esan nahi du.

Zimenduek behera urtero 8-10 bat milimetro egiten dute eta gailurrak milimetro bat inguru kanpora (zenbaitetan 1,26 milimetro ere bai urteko).

## Arazoa nola konpondu?

**I**nklinazio-hazkundeak orain duen abiadurari eusten badio, 2080. urtean grabitazio-zen-truak oinarriko egonkortasun-puntua gainditu eta erori egingo da. Baina ezer egiten ez bada gerta daiteke lehenago erortzea ere. Zimenduetan izan ere, presioak

desberdinak dira makurtuta dagoeneko aldean eta bestean;  $9,8 \text{ kg/cm}^2$ -koak eta  $2,7 \text{ kg/cm}^2$ -koak, hurrenez hurren. Presiorik handieneko aldean marmolak hausten hasiak dira jadanik eta agintariek, kezkatuak, dorrea segurtatzeko lanari ekin diote.

Iazko uztaiaz gero dorrea segurtatzeko batzordeak erabakiak hartu behar izan ditu. Aukeran era guztietako proiektuak eduki ditu; hasi oso serioetatik eta erokeriak proposatzen dituzteneraino. Batek izan ere, lehen pisuari ziri-antzeko zati bat (inklinazio aldetik txikia eta bestetik handia) kenduta dorrea bertikal uztea proposatzen du. Beste batek marmolak zulatu eta dorrea arinduta konpondu nahiko luke arazoa. Dorrearen zimenduetako zona handi bat nitrogeno likidoz hoztu nahi duenik ere bada, etab.

Dena den, Italiako gobernuaren borondatea errespetaraziz batzordeko buru den Michele Jamiolkowski jaunak dorrearen kanpo-nahiz barne-itxurari aldaketarik ezin zaiola eragin agindu du. Dorreak inklinaturik segituko du, baina apur bat zuzendu eta batez ere egonkortu egingo dute.

#### Aukeratutako konponbidea

**D**orrea segurtatzeko aukeratu duten bidea, Stuttgart-eko Fritz Leonhardt-ek proposatu zuen 1973. urtean. Proiektuak hiru etapa ditu. Lehenengoan eraikinaren



Irudian Pisako dorreari ipini dioten kablez osatutako gerrikoa ikusten da. Harrien arteko kohesioari eutsi eta dorrea sendotzea dute helburu.

oso plano zehatzak atera eta jasaten dituen indarrak zehatz-mehatz ezagutu nahi dira. Bigarren etapan batetik lehen hiru pisuei kablezko gerrikoa ipini eta bestetik iparraldera (inklinazioaz kontrako aldera) dorrearen oinarrian berunezko kontrapisua ezarri nahi zaio. Hirugarren etapan zer egingo den oraindik ez dago oso garbi, baina zerbaiten berri ematen saiatuko gara.

Lehen etapan, monumentuaren planoak zehatz-mehatz egin nahi dira; orain inork ez baitu dorrearen planorik. Frantziako "Institut Geographique National" erakundea da horretaz arduratuko dena eta fotogrametriazko sistema bat erabili du. Erabilitako teknikaren oinarria objektu berari puntu desberdinetatik argazkiak hartzea da. Dorreari mila erreferentzi puntu baino gehiago hartu dizkiote eta gero argazkiak

estereoskopikoki gainjarrita hiru dimentsioko eredu osatu ahal izan dute.  $1/50$  eskalako planoak ere atera dizkiote.

Horrez gain dorrea aparatuz josi dute bertako puntu desberdinetan inklinazioa nola aldatzen ari den eta zati bakoitzak jasaten dituen esfortzuak erregistratzeko. Datu guzti hauekin, dorrearen egonkortasuna kalkulatu da. Izan ere, formaz zilindrikoa izanik ia erabat marmolez egingo dago, baina harri guztiak ez dira kalitatez eta erresistentziaz berdinak. Gainera zimenduetako lurra ez da tinkoa; alubioizkoa baizik.

Bigarren etaparen lehen zatia burutua dute. Kablez gerrikoa ipini diote lehen hiru pisuetan. Altzairuzko hamazortzi kable dira guztira. Bakoitza zazpi hariz osatua dago eta tefloizko tutu baten barruan babestu dute. Tefloiak gainera, harriaren kolorea du eta dorrearen estetika zaintzen ahalegindu dira. Kableen bidez marmolezko harrien arteko kohesioari eutsi nahi zaio, dorrea eror ez dadin. Ordenadoreei konektaturiko kaptoreen bidez kableek duten 13 tonako tentsioa une oro kontrolatzen da.

Etapa honetako hurrengo egin-kizuna, berunezko kontrapisua ipintzea da. Inklinazioaz beste al-



Munduko zazpi mirarietako bat da Pisako dorrea. Noiz arte iraungo du zutik?

dean, oinarrian 600 edo 800 tona berun lingotetan ipintzea nahi dute. 60 m<sup>3</sup> inguruko bolumena hartuko du kontrapisuak gutxi gora-behera. Oraingoz langintza horretan ez dira hasi, baina proiektuaren arabera jadanik horretan hasiak behar zuten.

Hirugarren etapan (dorrea egonkortu eta kontrapisuaren eraginez apur bat zutitu ondoren) zer egingo den oraindik inork ez dauka garbi. Kableak bertan utziko al dizkiote? Kontrapisurik kenduko al diote? Zimenduak eta lurrak sendotuko al dizkiote?

Guzti hori bigarren etaparen buruan geratuko zaion angeluaren arabera izango da. Adituek diotenez, kontrapisuak bere lana egoki egiten badu eta dorrea infinitesimalki bada ere zertxobait zutitzen bada, lehen pisuko gerrikoaren kableak kentzea egongo litzateke. Dorrea salbaturik legoke injinerutza-gastu handirik egin gabe. Baina 800 tonako kontrapisuak 14,5 tonako edificioari horrela eragingo diola sinesten ez duen jenderik bada. Kontrapisuak gainera, hondoa beste pixka bat jaitsiaraziko luke.

Dorrea berriz eraikitzea

**G**uzti hori kontuan izanik, zenbaitek dorrea harriz harri askatu eta zimendu zabalago eta sendoagoak prestatuta berriz eraikitzea proposatzen du. Napoliko unibertsitateko Roberto di Stefano irakasleak iritzi hori du. 1871.ean ere marmolezko kapera bat horrelaxe desmuntatu eta Arno ibaitik urrutiago eraiki zuten uholdeetatik libre gera zedin. Egipton ere Asuango urtegia egin zutenean tenplu osoak aldatu zituzten, erroetaraino askatuta. UNESCO-ren ardurapean uretatik urrunago eraiki ziren berriz edificio miresgarri haiek.

Pisako dorrea askatuko balitz ordea, ezinezkoa litzateke gero hormen barrualdean dauden lurrak orain bezala uztea eta zenbaitek berria dorre faltsua izango litzatekeela dio.

Dena den, dirudienetz eztabaidak luze joko du eta Antton Balberderen kantu ezaguneko "...eroriko zelakoan zain egonak..." esaerak esanahirik ez du galduko.



**ZIENTZIAREN  
HISTORIOGRAFIA (II)**  
(Errenazimendutik XIX. mendera arte)



Luis Maria Bandrés

7. Antarktida  
Juan Ignacio Abrisketa (182 or.)
8. Homeopatia eta akupuntura  
X. Ibarburu (189 or.)
9. Charles Darwin  
Iñaki Azkune (200 or.)
10. Zientziaren Historiografia (I)  
Luis Maria Bandres (238 or.)
11. Zientziaren Historiografia (II)  
Luis Maria Bandres (206 or.)

Harpidedun egin zaitez gure liburuak merkeago lortuz.

HARPIDETZA-TXARTELA

Izen-deiturak \_\_\_\_\_  
 Helbidea \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_  
 Herria \_\_\_\_\_ Post. Kod. \_\_\_\_\_  
 Bankua/Aurrezki kutxa \_\_\_\_\_  
 Sukurtsala \_\_\_\_\_  
 Kontu-zenbakia \_\_\_\_\_

GAIK argitaldaria / S. Bartolome, 36-behea / Tel. 471304/  
2007 - DONOSTIA