

PAPP GÁBOR

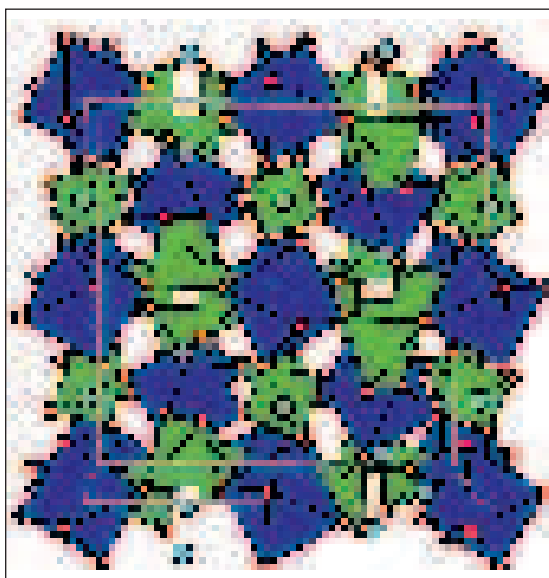
# Az év ásványa: a gránát

Az amerikai Time magazin 1927-ben adományozta először „az év embere” címet. Az első természetesen egy amerikai, éspedig *Charles Lindbergh* (1902–1974) óceánrepülő volt, a konkrét személyek közt máig a legfiatalabb, aki e címet megkapta. Talán a globalizáció – és, ha úgy tetszik, amerikanizáció – hatására is, azóta megszapordtak a hasonló címek. Magyarországon már 1979 óta megválasztják az év madarát, 1996 óta az év fáját és így tovább. Míg az „év embere” elvileg az lesz, aki a legnagyobb hatással volt az adott év történéseire, tehát igen-csak ismert és jelentős személyiség, az „év madara” és a hasonló címek arra szolgálnak, hogy megismertessék a kiválasztottat a nagyközön-séggel, és ezáltal a természeti értékekre irányítsák a figyelmüket. 2015-ben a földtudományok is csatlakoztak ehhez a kezdeményezéshez, és sor került az év ásványának, valamint az év ősmaradványának a megválasztására.

A 2016-os év ásványa, a gránát kétségkívül rászolgált erre a megtisztelő címre: mondhatjuk úgy, nemcsak szép, hanem okos is. Szép, hiszen sok és változatosan színezett drágakőváltozata van, és okos, hiszen kristályait korunk kifinomult műszereivel és eljárásaival megvizsgálva befogadó kőzeteinek története feltárható. De nemcsak szép és okos, hanem ügyes is: a történelem során különböző felhasználási területeken segítette az emberiséget.

Mint ahogy „Az év embere” nem feltétlenül egy konkrét személy (például 1956-ban „a magyar szabadságharcos” volt az), az év ásványa sem egy konkrét példány, sőt, a gránát esetében még csak nem is egy bizonyos ásvány, hanem egy ásványcsoport. A mineralógiában hagyományosan a gránátok közé sorolt legismertebb ásványok olyan szilikátok, amelyeknek általános képlete  $X_3Y_2Z_3O_{12}$ , ahol  $X$  kétértékű fém vagy alkáliföldfém (Fe, Mg, Ca, Mn),  $Y$  háromértékű fém,

néha Fe vagy Cr),  $Z$  szilícium (Si). Már az  $X_3Y_2(SiO_4)_3$  alakban írt képlet jelzi, hogy a gránátszerkezetben a szilikáttetraéderek egymással nem kapcsolódnak, tehát a gránátok a szigeteszilikátok közé tartoznak.



**1. ábra.** A gránátszerkezet koordinációs poliéderecs modellje. A poliéderecs csúcsokat a piros oxigének jelölik ki. Az  $X_3Y_2Z_3O_{12}$  képletet tekintve a világoskék gömbök az  $X(II)$  kationnak felelnek meg, a zöld oktaéderek középpontjában az  $Y(III)$ , a kék tetraéderekben a  $Z(IV)$  kation ül (*Patrick Woodward [Ohio State University] szíveségéből*)

## Egy szerkezet és következményei

A gránátszerkezetet koordinációs poliéderecs modelljét egymással csúcsaikkal érintkező  $SiO_4$  tetraéderek és  $YO_6$  oktaéderek építik fel, az  $X(II)$  kationokat nyolc O koordinálja torzult kockaszerű elrendeződésben (**1. ábra**). Ez a szerkezet a legtöbb szilikátos kőzetalkotó ásványéhoz képest „nyomasztott”, így a gránát a földkéregben jelentős mélységig (~670 km; ~2000 °C, ~25 GPa) stabilis. A szerkezeti tömörsége miatt a gránátok sűrűsége nagy, aminek a lemeztektonikai mozgások mechanikájában tulajdonítanak jelentőséget.

A szerkezetet általánosítható, vagyis a tetraéderecs  $Z$  pozícióiban Si helyett egyéb kationok is ülhetnek (például V, As, Zn), sőt az anion is lehet O helyett F. Az így definiált gránát szerkezeti csoportba a szilikátok mellett már különböző ritka tellurát-, arzénát-, vanadát- és oxidásványok is tartoznak.

A gránátszerkezetű természetes anyagok (ásványok) mellett mesterségesek is léteznek. Ezek közül a legismertebbek az ittrium-alumínium-gránát (YAG,  $Y_3Al_2Al_3O_{12}$ ) és a gadolínium-gallium-gránát (GGG,  $Gd_3Ga_2Ga_3O_{12}$ ), melyek megfelelően adalékolva a lézertechnikában alkalmazhatók. Megemlíthetők még az olyan mágneses gránátok, mint az ittrium-vas-gránát (YIG,  $Y_3Fe_2Fe_3O_{12}$ ), valamint az akkumulátortechnikai kutatások egyik ígéretes anyagcsoportja, a tetraéderecs pozícióban Li-ot tartalmazó lítium-oxid-gránátok.

## 2. ábra. Spessartin, Pakisztán. Gál László gyűjteménye (*Tóth László felvétele*)





3. ábra. Grosszulár (hessonit), Kanada. Gál László gyűjteménye (Tóth László felvétele)

### Néhány fontosabb szilikátgránátról

A *pirop* [ $X = \text{Mg}$ ,  $Y = \text{Al}$ ], mely nevét vérvörös színéről kapta (*püróposz* ógörögül tűzszemű), a Föld köpenyéből eredő ultrabázisos kőzetekben (peridotitokban) és igen nagy nyomású (UHP) metamorfitekben található, az utóbbi kőzetekben deciméteres, de csaknem szintelen kristályokat is alkothat. A *csehgránát* név eredetileg a csehországi serpentinésedett peridotitokból származó, jóval kisebb szemcséket jelölte, melyeket a késő középkor óta használnak ékszerkészítésre. A csaknem egyharmadrésznyi almandin összetevőt tartalmazó, rózsaszínes-lilás elegykristályait a *rodolit* (*rodon* = rózsá, *lithosz* = kő) drágakőnévvel illetik.

A leggyakoribb gránát, az *almandin* [ $X = \text{Fe(II)}$ ,  $Y = \text{Al}$ ] szép példányait régóta drágakőként hasznosítják. Jelen tudásunk szerint almandinok a magyar korona abrónsán és függőin lévő vörös kővek is. Maga az ásványnevé őkori eredetű, a Plinius által is feljegyzett „alabandai kő” (*lapis alabandicus*) megjelölésből származik, de korántsem biztos, hogy erre az ásványra vonatkozott. Az almandin jellegzetes képződési környezetét egyes metamorf kőzetek (csillámpala, gneisz, granulit, eklogit) jelentik, de magmás kőzetekben (pl. gránitok) is képződhet. Ilyen eredetűek a Börzsöny hegység andezites vulkáni kő-

zeteinek eróziója nyomán a patakok hordalékába került almandinkristályok.

A narancsvörös *spessartin* [ $X = \text{Mn(II)}$ ,  $Y = \text{Al}$ ] németországi típuslelőhelyéről, a Spessart hegységről kapta nevét (2. ábra).  $\text{SiO}_2$ -dús magmás kőzetekben (gránit, riolit), illetve magmás benyomulások által vagy regionális metamorfózis hatására átalakított mangángazdag kőzetekben található.

A smaragdzöld *uvarovit* [ $X = \text{Ca}$ ,  $Y = \text{Cr(III)}$ ] *Szergej Szejmonovics Uvarov* (1786–1855) orosz oktatásügyi miniszter, akadémiai elnök nevét viseli. Ritka ásvány, krómitot ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ -) tartalmazó serpentinitiek, illetve karbonátos üledékek hidrotermális átalakulása során keletkezik.

A *grosszulár* [ $X = \text{Ca}$ ,  $Y = \text{Al}$ ] fölöttébb változatos színű lehet, így egreszöld is (egres = *Ribes grossularia*). Jellegzetes előfordulásai a magmás benyomulásokkal érintett karbonátos kőzetekben találhatók. Több drágakő-minőségű változata van, régóta ismert a fahéjbarna *hessonit* (az ógörög *ésszón* = alsóbbrendű szóból, mert más gránátokhoz és a hasonló színű cirkonváltozathoz, a hiacinthoz képest a színe halványabb és a sűrűsége kisebb). A fűzöld *tsavoritot* alig ötven éve, 1967-ben fedezték fel a tanzániai Tsavo Nemzeti Park közelében.

Az *andradit* [ $X = \text{Ca}$ ,  $Y = \text{Fe(III)}$ ], mely José Bonifácio de Andrada e Silva (1763–1838) brazil mineralógus, költő és államférfi nevét viseli. Drágakő-változatai a fekete *melanit* (*melasz* ógörögül = sötét, fekete), a sárgászöld *demantoid*, mely nevét erős fénye miatt kapta, valamint a színében a nevét adó drágakőhöz hasonló sárgásbarna *topazolit*. Leggyakoribb előfordulásai megegyeznek a vele gyakran elegykristályokat alkotó grosszuláréival.

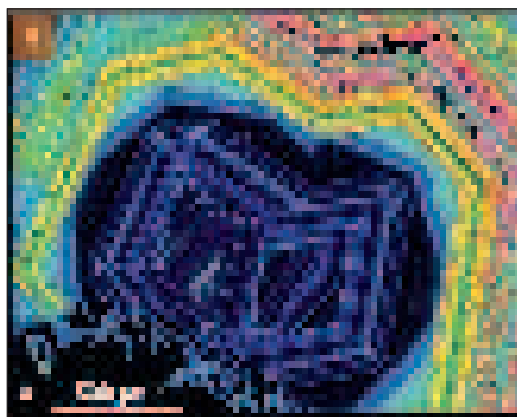
A nagy nyomáson és hőmérsékleten stabilis *majorit* [ $X = \text{Mg}$ ,  $Y = (\text{MgSi})_{0.5}$ ] érdekessége, hogy benne a szilícium az oktaéderes koordinációba is belép. A meteoritokban felfedezett ásvány amilyen ritka a Föld felszínén, olyan fontos a földköpenyben: a növekvő mélységgel a piroxének instabillá válnak és a

majoritos összetételű gránattá alakulnak. A híres petrológus, *A. E. Ringwood* számításai szerint kb. 410–660 km mélységben a köpeny anyagának 1/3-át a majoritos összetételű gránát alkotja. Az ásványt a Ringwood kísérleteiben segédkező technikusról, *Alan Majorrról* nevezték el.

A szilikátgránátok sajátos csoportját képezik a „*hidrogránátok*”, bennük az  $\text{SiO}_4$ -et  $(\text{OH})_4$  helyettesíti. Legismeretebbek és leggyakoribbak a grosszulár  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  – katoit  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$  elegy-sor tagjai, melyek többnyire magmás kőzetek és márga érintkezésén, illetve átalakult ultrabázisos kőzetekben keletkeznek. Mesterséges megfelelőik a cement, de különösen a bauxitcement hidratálása során képződnek.

### A „sokoldalú” gránát

A gránát sajátalakú kristályai feltűnően „sokoldalúak”, pontosabban mondva soklapúak. A gránátkristályokon ugyanis a szimetriaosztályukban lehetséges formák közül csak ritkán jelenik meg a hatlapú kocka vagy a nyolclapú oktaéder. Leggyakoribb formájuk a rombtizenkettős és a deltoidhuszonnégyes (2. ábra), illetve ezek együttes megjelenése (kombinációja, 3. ábra), de olykor még a Móra Ferenc novellájából tetrakontaoktaéder néven ismert negyvennyolc lapú forma, a hexakiszoktaéder is látható rajtuk. A formagazdag kombinációk még a jól kristályosodott gránátoknak is gömbszerű megjelenést kölcsönöznek.



4. ábra. Zónás andraditkristály. Az alumíniumtartalom változása, pásztázó elektronmikroszkóppal készített hamisszínes képen (*Charles A. Geiger [Universität Salzburg] szívességéből*)

Sokszor azonban eleve csak kristálylapok nélküli gömbölyded szemcsék találhatók az anyakőzetben. A befogadó kőzetükből kimállott gránátkristályok – vegyileg ellenállóak lévén – nagy távolságokat tehetnek meg, és a hordalékban koptatódva előbb-

utóbb a legszebb kristályok is gömbölyded szemcsékké kopnak. A végső soron a latin *granum* (szem, mag) szóból eredő név tehát nagyon jól illik ezekre a gránátszemcsékre – de e középkori latin eredetű névadást nemcsak az alak, hanem a szín is ihlette. A régóta



5. ábra. Csehgránát (pirop) ékszer (Clarisse Shechter, a BeJewelled tulajdonosa [Rubylane.com] szívességéből)

drágakőként használt pirop és almandin színe a gránátalma, a *malum granatum* magvai és virága vöröséhez hasonlít.

### A sokszínű gránát

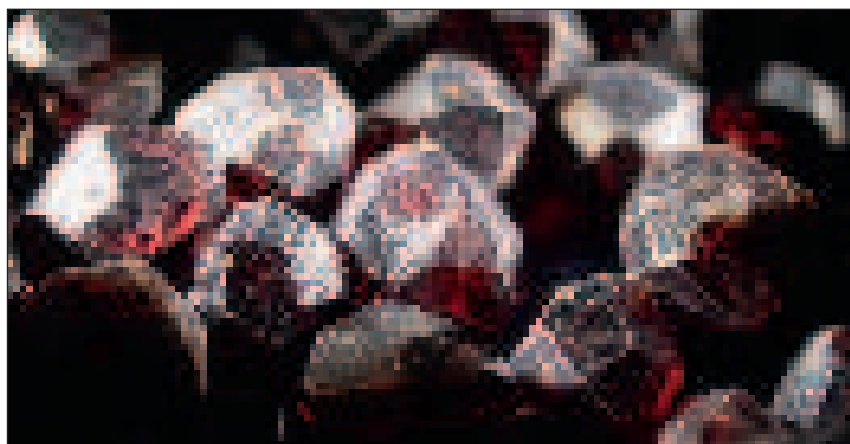
Az egyes gránátfajok, amint fentebb említettük, nemcsak szép kristályaikkal, hanem változatos színezésükkel is felhívják magukra a figyelmet. Csaknem teljesen benépesítik a színképi skálát: felöltik a vörös árnyalatait a narancstól a vérvörösön át a lilásig, a sárga, a zöld, sőt ritkán a kék színt is. De lehetnek fehérek, feketék és különböző árnyalatú barnák is. A gránát szerkezetébe beépülő, egymást különböző mértékben helyettesítő kationok közül a változatos színezésért a Fe(II), Mn(II), a Fe(III), Cr(III), V(III) és a Ti(IV) a felelős. Amint más ásványoknál sem ritka, ugyanaz a helyettesítő elem más gránátban (tehát más kristálykémiai környezetben) más színeződést eredményez, például a Cr(III) a piropban lilás, az andraditban zöld színt. Ritkán az úgynevezett alexandrititás is felléphet, vagyis ugyanazon példány a megvilágítástól függően (napfény vagy műfény) eltérő színben pompázhat. Másfajta „extrát” nyújtanak a csillaggránátok, a színes gránátok szó szerinti „sztárjai”. E gránátokon a rutil ( $\text{TiO}_2$ ) szerkezetileg orientáltan elhelyezkedő finom tűinek köszönhetően – pontoszerű fényforrással megvilágítás esetén – négy-, illetve hatágú csillag rajzolódik ki.

### Sokat tapasztalt gránátok története

Az anyaközetükben néha évmilliókon vagy évtízmilliókon átívelő folyamatok során növekedő gránátkristályok magukba zárják a képződési környezetük változásait tükröző bizonyítékokat. Az eltérő vegyi, illetve izotópos összetételű növekedési zónák (4. ábra) elemzésével visszakövetkeztethetünk a képződési körülményekre és folyamatokra. Természetesen nemcsak az évgyűrűszerűen zavartalan növekedés, hanem a repedések, a deformációk, a visszaoldódás, a diffúziós folyamatok jelei is mind-mind értékes információkat szolgáltatnak az értő szemű és megfelelő műszerezettséggel rendelkező geológusoknak. A szélesebb növekedési zónáknak ma már nemcsak fő alkotó elemei vizsgálhatók, hanem a ritkaelem-összetételük is, így koruk is meghatározható a radioaktív izotópok bomlásán alapuló Sm/Nd és Lu/Hf geokronológiával, az előbbi eljárással  $\pm 1$  millió éves pontosság is elérhető.

### A gránát mint ékkő

A gránátfajok bemutatásánál is láthattuk, hogy a gyakoribb gránátok mindegyikének van drágakőváltozata. A vörös gránátokat régóta csiszolják ékkőnek. Az egykor karbunkulus (latinul: izzó széndarab) néven is-



6. ábra. Almandinkristályok a Börzsönyből (Papp Gábor felvétele)

mert drágakövek a rubin és a spinell mellett gránátok is lehettek (almandin, esetleg pirop). Amint *Kecskeméti W. Péter* 1660-ból származó kéziratos ötvöskönyvében is olvasható: „noha az karbunkulusok nemei között való, de mindeniknél alá való és homályosb

(...) mert olyan az gránát, mint ha az rubinton valami homályos köd feksznék, vagy zordon szabású temérdek veres színt mutat, avvagy mint ha az rubintot bekented volna valami zsírral.” A kora középkorban a rekeszdiszes (cloisonné) almandin ékszer divott, az 1500-as évektől a már fazettázott (lapokra csiszolt) pirop (csehgránát, 5. ábra) terjedt el, mely fénykorát a XIX. században élte. A divat azonban változik, ma a sárgás és zöldes kövek is keresettek, sőt keresettebbek, mint a vörösek. A ma *malaja* néven forgalmazott rózsás narancsszínű pirop-almandin-grosszulár elegykristályt a hetvenes évek elején a tanzániai drágakő-kereskedők még undorral dobtak vissza a bányásznak (szuahéliül malaya = kitaszított, prostituált), jelenleg a jó minőségű kő karátonként 300–400 dollárt is ér.

### Kemény és jó vágású

A gránát valamivel keményebb a kvarcnál, szintén nem hasad, hanem kagylós felületek mentén törik, szemcséi izometrikusak, nagy mennyiségben előfordul, így nem meglepő, hogy ipari ásványként az abrazív eljárások fontos segédanyaga. Homokfúvásos felülettisztítási technológiákban és vízsgaras vágásnál egyaránt alkalmazzák. A fagymunkáláshoz előszeretettel alkalmaznak gránát anyagú csiszolópapírt. Az ásvány, vegyileg és fizikailag ellenálló és nagy sűrűségű lévén, nagy mennyiségben dúsulhat fel tengerparti torlatokban. E gránáthomokból nyerhető ki a legolcsóbban, de szemcséi koptatottak. A metamorf kőzetekből kitermelt és törökben előkészített, friss törésű gránátszemcsék jobb minőségű, de drá-

gában előállítható nyersanyagot jelentenek. Itt említjük meg, hogy a Kárpát-medencei aranymosók a folyami hordalékokban a gránátszemcsék feldúsulása által vörösrre festett „vezetősínteket” keresték, mert azok volt általában az aranyban legdúsabb rétegek.

### Egykori magyarországi gránátok a kultúrtörténet lapjain

A gránátok, mint kőzetalkotó ásványnak, számos magyarországi előfordulása is van. Ezekről a XVII. századból maradtak fenn az első feljegyzések, bár nem mindig gránátként, hiszen, amint említettük, a vörös gránátokat gyakran összekeverték a rubinnal és a vörös spinellel. Így az 1700-as évek második felében „magyar rubin” néven ismerték az akkori Zólyom vármegyei Michalova (később Mihálytelek) melletti Rohozná patakból gyűjtött áttetsző almandint. Egyes korabeli szerzők balaszrubinként említették, ami a vörös spinell középkori eredetű drágakő neve.

Mai szemmel nézve jóval meglepőbb felhasználása volt a Magas-Tátrában a Felkai-tó fölötti Felkai-vizesnél lévő, a turista-térképeken Gránát-fal néven említett helyen található gránátok. Ezt az 1700-as évek elejéről származó tudósítások szerint David Spielenberger löcsei orvos (1627–1684) gyógyszerként használta. Arról nem maradt feljegyzés, hogy mit is kúrálhatott vele, mindenesetre például az 1741-es württembergi gyógyszerkönyv a gránátot szívdobogásra, melankóliára és vérköpésre ajánlotta. II. Rákóczi György gyulafehérvári udvari patikájának 1650-es leltárában is szerepel gránátból készült gyógyszer, az alapanyagok listáján pedig kétunciányi (kb. 60 g) gránát. A gyógyszerkönyvekből kiköpött gránátot még a későbbiekben is használták a patikákban, de már csak tárasúlynak.

A mai országterület legismertebb gránátjai a borszönyi patakok hordalékából gyűjtethető almandinok (6. ábra). A legömbölyödtebb szemcséknek egykor igen sajátos alkalmazása volt: egy XVIII. századi adat szerint a vadászó parasztok ólomgolyó helyett használták őket. A gránátlövedékek a világ más részein sem voltak ismeretlenek, az észak-kasmíri Hunza-völgy fejedelemségének harcosai 1891/92-ben vörös gránátokkal lövöldöztek a britekre, állítólag abban a hitben, hogy a vérvörös kő halálosabb sebeket üt, mint az ólomgolyó.

### Utószó

E rövid összeállítás remélhetőleg bebizonyította, hogy a gránát nem érdemtelenül lett az év ásványa. Hozzátehetjük, hogy az Egyesült Államokban, ahol egyes államoknak saját hivatalosan kijelölt állami ásványuk és/vagy drágaköyük (state mineral/gemstone) is van, a gránátok négy helyen is elnyerték ezt a méltóságot: Connecticutban az almandin az állami ásvány, Idahóban a csillaggránát, New Yorkban általában a gránát, Vermontban a grosszulár az állami drágakő. 📌

### VÁSÁRHELYI TAMÁS

# Leonardo árnyékában egy milánói múzeumban

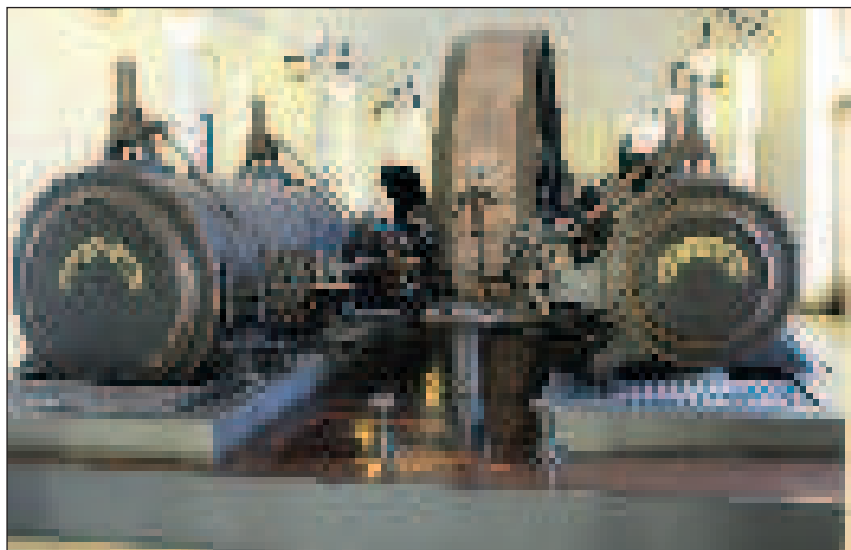
**H**a Milánó, akkor a Scala, a Dóm, a Sforzák kastélya, vagy az AC Milan jut elsőként az eszünkbe. Vagy legalábbis a makaróni, és az olasz konyha többi remeke. 2015-ben pedig az Expo és megannyi látni-, hallani-, élveznivaló. A kedves Olvasót azonban mégis egy itthon alig ismert helyre kalauzoljuk, ahol azéрт évente 450 ezer ember megfordul.

A 2015 októberében bezárt Expo-ra előjáróban mégis kell pár szót vesztegetni. Szlogenje: „Táplálni a világot, energiát adni az életnek”. Ebből mindenki a globális gondok; az éhezés, a szegénység, a klímaváltozás megoldásáról szóló világkiállításra gondol. Valójában azonban szinte

eket. Ez az egyenlőtlenség nagyon régóta fennáll, és mégis, csak 1953-ban jött létre itt az a műszaki és természet-tudományi múzeum, amit ilyen iparilag fejlett helyre automatikusan odaképzeltünk. Ez pedig a *Leonardo da Vinci Nemzeti Tudományos és Műszaki Múzeum* ([www.museoscienza.org](http://www.museoscienza.org)).

### Monostorból múzeum

A történet a XIV. századdal kezdődik, mert akkor épült az a nagy, kétudvaros, kerengős monostor, amiben a múzeum ma működik. 1906-ban, egy nemzetközi



Ez a gyönyörű gőzgép fogadja a látogatókat

csak arról volt szó, hogy aki ide el tudott jönni, az itt és most mit egyen és igyon, és milyen emléktárgyakat vegyen. Ezen túl, alig jártam olyan pavilonban, amelyik ne országimázs-fejlesztő tartalommal lett volna megtöltve.

Milánót, egyáltalán Észak-Olaszországot sokan kapcsolják össze az ipari fejlettséggel, a nehéziparral. Olaszországban belül feszültségek is vannak abból, hogy a nagyobb jövedelemmel rendelkező északi területek „tartanak el” a fejletlenebb déli-

kiállítás alkalmából *Guido Ucelli di Nemi* javasolja egy ipari múzeum létrehozását. A városi tanács 1930-ban bizottságot hoz létre, 1942-ben létrejön a Technika és Ipar Nemzeti Múzeuma Alapítvány, és 1953-ban megnyílik a múzeum első bemutatója, a Leonardo-kiállítás. 1955-ben megindul a fizikai kísérletek laboratóriuma, aztán a tanárok képzése. 1959-ben kerül helyére Regina Margherita, a méltóságteljes hölgy, ami nem más, mint egy lenyűgöző méretű fekete gőzgép, mind-