

A lila szín, a szervetlen lila színű pigmentek története és meghatározásuk célja

Burai-Huber Janka

Magyar Képzőművészeti Egyetem

Témavezető: Galambos Éva DLA



TDK 2024

Tartalomjegyzék

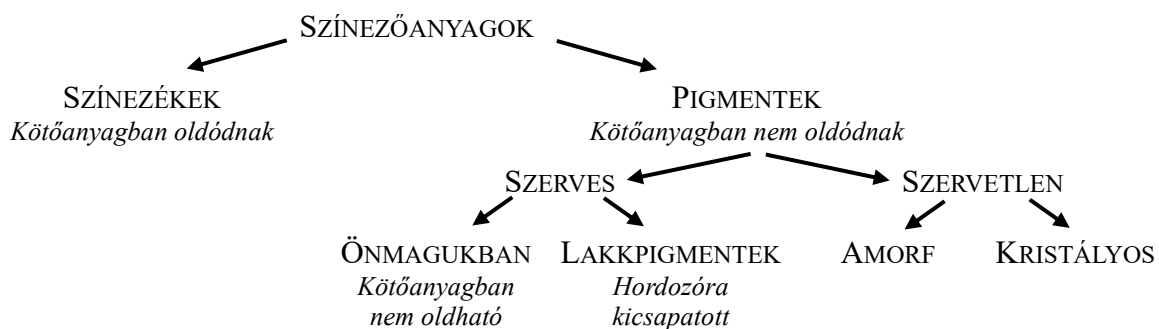
A pigmentek és meghatározásuk célja.....	4
Mi a pigment?.....	4
Miért fontos ezek meghatározása és megismerése a restaurátori gyakorlatban?	4
A lila szín története.....	6
Magyar elnevezések	7
A bíbor, a viola és a lila	8
A szervetlen lila pigmentek története	10
Han lila	10
Elnevezések.....	10
Előfordulása:	11
Előállítása.....	13
Előfordulása műtárgyakon	13
Érzékenysége	15
Meghatározása	15
Fluorit	16
Elnevezések.....	16
Előfordulása	16
Előfordulása műtárgyakon	17
Meghatározása	19
Kobalt lilák/violák	20
Elnevezések.....	20
Előfordulása	21
Előfordulása műtárgyakon	22
Érzékenysége	24
Meghatározása	25
Mangánviola	26
Elnevezések.....	26
Előfordulása, előállítása	26
Előfordulása műtárgyakon	27
Érzékenysége	28
Meghatározása	29
Ultramarin viola.....	29
Elnevezések.....	29

Előfordulása, előállítása	29
Előfordulása műtárgyakon	30
Érzékenysége	31
Meghatározása	32
Kereskedelemben kapható pigmentek, a Colour Index.....	33
Összegzés	34
Rövidítések.....	36
Analitikai vizsgálatok paraméterei.....	37
Bibliográfia.....	37

A PIGMENTEK ÉS MEGHATÁROZÁSUK CÉLJA

Mi a pigment?

A színezőanyagok közül csak azok az anyagok tartoznak a művész pigmentek közé, amelyek nem oldódnak a kötőanyagban. A pigmentek 2 fő csoportba oszthatóak kémiai összetételük alapján: szerves vagy szervesen anyagok lehetnek.



A **színezékek** azok a szerves színezőanyagok, amelyek oldódnak a kötőanyagban, ezért ezeket nem soroljuk a pigmentnek közé, de ezekből készülnek (pl. kicsapattal) a szerves vagy lakkpigmentek, úgy, hogy ettől a színezékek a kötőanyagban oldhatatlanná válnak. A műtárgyak közül a textilek, fák színezésére, pácolására használják leginkább.¹

A **szerves pigmentek** általában növényi, állati eredetű anyagok, amelyek vagy valamilyen hordozóra (ami lehet szerves és szervesen anyag is) kicsapott színezékek, vagy olyan szerves anyagok, amelyek önmagukban sem oldódnak a kötőanyagban. Lehetnek természetes eredetűek és mesterségesek is.²

A **szervesen pigmentek** szervesen kristályos vagy szervesen amorf anyagok. Lehetnek természetes eredetűek is, és mesterségesen előállítottak.³

Ebben az értekezésben a szervesen lila pigmentekről fogok értekezni.

Miért fontos ezek meghatározása és megismerése a restaurátori gyakorlatban?

Az általam gyűjtött információk által egy kisebb „pigment adatbázis” hozható létre a restaurátor hallgatók és az érdeklődők számára a szervesen lila pigmentekből. Ebben az értekezésben olvashatnak az adott korban használt pigmentek történetéről, előfordulásáról a műtárgyakon, érzékenységeikről és meghatározási lehetőségeikről. A műtárgyvizsgálatok során nagy szerepet kap a művész által használt pigmentek megismerése. Abban az esetben, ha ismeretlen a készítés dátuma a felhasznált pigmentek meghatározása segíthet annak megbecsülésében. Például a kobalt lila pigmenteket a 19. században kezdték használni, így, ha egy alkotáson az található az eredeti rétegben már majdnem teljesen biztosan kizárható, hogy

korábban készült. A pigmentek érzékenységeinek ismerete abból a szempontból is fontos, hogy a restaurátor olyan anyagokat alkalmazzon a restaurálás során, melyekre a műtárgyat alkotó pigmentek nem érzékenyek. Számos pigment a környezet hatásaira elváltozik, színük átalakul, így a műtárgyon ezzel a módosult formájával is találkozhatunk. Ebben az esetben sokszor kihívást jelenthet a használt anyag meghatározása. Értekezésemben azon módokat írtam le, melyekkel hatékonyan határozható meg az adott pigment (optikai, kémiai analitikai, műszeres analitikai), így a jövőben ez segítségül szolgálhat azok számára, akikben kérdés merül fel egy műtárgyon található lila színű pigment meghatározásával, történetével, összetételével kapcsolatban.

A LILA SZÍN TÖRTÉNETE

Az emberi szem egyike azon keveseknek, amelyek képesek különbséget tenni a nagyjából 400-700 nm-es frekvenciák között az elektromágneses spektrumon. Ezt a tartományt látható spektrumnak nevezzük, és az ibolyától a vörösig minden színt felölel. A fény egy rezgő elektromágneses mezőből áll, amely elektromos és mágneses mezők együttese, melyek egymásra merőlegesen oszcillálnak. A rezgés frekvenciája határozza meg a fény színét, és a látható spektrum vörös színétől a kék szín felé haladva fokozatosan növekszik.⁴ Amint a fény egy átlátszatlan tárgyhoz ér, annak felületén – attól függően, hogy a felület milyen –, általában **viisszaverődik, elnyelődik és szóródik**. Ebből a komplex rendszerből a legfontosabb azt megérteni, hogy azért látjuk más-más színűnek az olyan anyagokat, amelyek önmagukban nem világítanak, mert a színek komponenseket, azaz a különböző hullámhosszúságú sugarakat eltérő mértékben nyelik el és verik vissza.⁵ A nem önvilágító anyagok, mint például a pigmentek színét, **testszínnek** nevezzük. A *testszín* kialakulásában tehát a szelektív elnyelés (abszorpció) és visszaverés (reflexió) játssza a fő szerepet, a felületi minőség pedig ehhez képest még befolyásolhatja a látványt.⁶

A pigmentek hosszú történetében feltűnően kevés lila színezék és pigment volt. Ennek egyik oka az volt, hogy a zöldhöz hasonlóan a lila sem tartozik a főszínek közé, hanem kikeverhető kékből és vörösből. Ezeket viszont meg kell különböztetni az anyagában is lila pigmentektől.

A lila (viola) szín különleges helyet foglal el a spektrális színek sorában. A kék színen túl a modern ember a szivárványban jól láthatónak találja a viola ívét, de a szivárvány megfigyeléseiről szóló történelmi beszámolókból a reneszánszig ez a szín a különböző civilizációk korabeli szövegeiben ritkán szerepel. Az angol nyelvben a viola (*violet*) szín kifejezés legkorábban 1370-ben jelent meg, több évszázaddal a vörös, a sárga, a zöld, a kék, a fehér és a fekete kifejezések bevezetése után.⁷ Az is lehet, hogy azért kapott a lila (viola) szín ilyen kevés figyelmet, mert bár a szövegek utaltak rá, olyan kifejezéseket használtak, melyek jelenleg nem eléggé ismertek.⁸

A violát (*violet*) meg kell különböztetni a lilától vagy a történelemben bíborként emlegetett anyagtól (*purple*), melyet a képzőművészet során gyakran használtak. A viola egy spektrális szín, a látható fény spektrumán helyezkedik el. A lila ezzel szemben polikromatikus szín, mely a kék és a vörös kombinálásával jön létre és gyűjtőfogalomként használt az ilyen árnyalatok megnevezésére. A bíbor vöröses színű, és a vörös színcsaládba tartozik, míg a viola kékes színű, és a kék színcsaládba tartozik.⁹

Magyar elnevezések

Bíbor: [1181 tn., 1395 k.] Bizonytalan eredetű, esetleg származékszó, melynek alapszava talán a búb, végződése pedig névszóképző, vö. tompor. A szóban elhasonulás történhetett (*búbor > bíbor). Eredeti jelentése, a 'finom lenszövet' a búb szóhoz köthető, mely a len „búbos” termésére utal. Mai, köznyelvi 'tűzpiros' jelentése valószínűleg úgy alakult ki, hogy gyakran szerepelt együtt a vörös szövetet jelölő bársony szóval. A magyarázatot az teszi bizonytalanná, hogy a szónak nem adatolható első szótagi u-t tartalmazó változata.¹⁰

A jelentése onnan eredhet, hogy a bíbor színezék a bíborcsigából készült, ezzel színezték a bársonyokat is.

ibolya: [1340 tn., 1578] Szóhasadással keletkezett a viola alapján. Az eredeti ivola alak hangcserével vagy a szó eleji v elnémulásával jöhetett létre, a szó belseji v ekkor a két magánhangzó közötti hangűr kitöltésére jelent meg. A v > b hangmegfelelésre vö. bakter. A 'viola' és az 'ibolya' jelentést egészen a 19. század második feléig nem különböztették meg egymástól következetesen, a kétféle jelentés megoszlása a kétféle alak között csak a botanikai szaknyelv kialakulásának köszönhetően történt meg. Színnévi jelentése érintkezésen alapuló névátvitel eredménye.¹¹

Lila: [1795] Német jövevényszó, vö. német lila 'lila', Lila 'orgona'. Ez a francia lilas 'lila; orgona' átvétele. A szó végső forrása az óind nġlf 'indigó', nġla 'sötét, kék', ami az arab lailak, lġlak 'orgona' közvetítésével került más nyelvekbe. Elsődlegesen nyelvünkben is 'orgona' jelentésben élt, de hamarosan megjelent színt jelölő melléknévi használata is [1807].¹²

Viola: [1276 tn., 1395 k.] Latin jövevényszó, vö. latin viola 'ibolya(kék) szín; különféle violafajta'. A latin szó bizonytalan eredetű, talán valamely mediterrán nyelvből való átvétel, esetleg a görög jon 'ibolya' főnévvel függ össze. A viola kedveskedő megszólításként való használatára vö. rózsám, virágom. A nyelvjárásokban 'ibolya' jelentéssel is él, de e virágfajta jelölésére a violától egyébként szóhasadással elkülönült ibolya vált általánossá.¹³

Nincsen egyértelműen kijelentve, hogy az általam tárgyalt pigmentek csoportját lilának, ibolyának, bíbornak vagy violának nevezzük, mivel ebben a témában még nem található magyar szakirodalom, az elnevezésekkel kapcsolatban pedig még nincsen teljes egyetértés. Az angol nyelvben is használatos, mind a *lilac*, a *purple* vagy a *violet* is. A „*violet*” kifejezés magyar megfelelője a viola, míg a „*purple*” bíbornak vagy lilának is fordítható. A bíbor elnevezés használatát az általam tárgyalt pigmentek esetén elvettem, mert a bíbor a bíborcsigából (murex) előállított színezéket (türoszi bíbor) és annak árnyalatban megfelelő színeket jelöli. A

hagyomány szerint a viola (violet) a színskálán a kékhez áll a legközelebb, míg a bíbor/lila (purple) a vöröshöz.¹⁴ Kérdés az, hogy pontos mérések nélkül meghatározható-e pontosan kizárólag szemrevételezés alapján, hogy az adott pigment a vöröshöz vagy a kékhez áll közelebb? Valamint az általam vizsgált pigmentek esetén előfordult az is, hogy az adott anyag több árnyalatban volt elérhető, és míg az egyik fajta a vöröshöz állt közelebb a másik egyértelműen „hideg” színtónusú volt.

Úgy vélem, hogy a színcsoport jelölésére gyűjtőfogalomként érdemes a lilát használni, mely magába foglalja a meleg és a hideg árnyalatú anyagokat is. Emellett fontosnak tartom feltüntetni az adott pigment angol és német nevű elnevezéseit is, melyek eltérhetnek magyar megfelelőjüktől.

A bíbor, a viola és a lila

A türoszi bíbor a klasszikus időkben és korábban az ókori világban inkább textíliafestékként, mint alkalmazott pigmentként volt használatos, színe a vöröses kéktől a bíborvöröses ibolyáig változhatott. Más vörös szerves színezékek, mint például a festőbuzér, amelyeket a korai időkben festékként és művészi pigmentként is használtak, szintén felvehetik a lilás színt. Kínában egy korlátozott időszakban, a Han-dinasztia idején (i. e. 208-tól i. sz. 220-ig), de valószínűleg valamivel korábban is, kék és lila szilikátok keverékeit használták kerámia- és fémtárgyak festésére, valamint kis, fazettált nyolcszögletű pálcikák készítésére. Az aranylila, más néven „Cassius lilája” egy aranyklorid csapadék, amely inkább vörös, mint lila, a 17. század végén Németországban használhatták, de valószínűleg már korábban is ismert volt. A japánok egy általuk shido-nak (szó szerint „lila föld”) nevezett színt használtak, amely egy lilás árnyalatú barna vas-oxid pigment volt. A lilásbarna vas-oxidot az egyik szerző a Freer Gallery of Artban található néhány 17-19. századi japán Ukiyo-e festményen határozta meg.¹⁵

A vöröses-lila türoszi bíbor mellett egy viola-kék-lila festék is létrehozható, amelyet görögül *hyakinthos*-nak, héberül *tekhelet*-nek, latinul *violaceus*-nak neveztek. Az ie 1. században Vitruvius a *De architectura* 7. könyvében megemlíti, hogy a viola (*violaceus*) a bíbor négy árnyalatának (*purpura*) egyike. Egy évszázaddal később pedig Plinius a *Natural History* című művében a „viola bíbort” (*violacea purpura*) a bíbor (*purpura*) egyik formájaként említi a bíbor nem kevesebb, mint kilenc különböző árnyalata között.¹⁶

Az ókori Rómában a „bíbor” sokféle árnyalata (valószínűleg a viola is) nagyon divatos volt. Azonban a bíbor nagyon költséges volt, ami a legtöbb római számára megnehezítette az „igazi bíbor” elérését (valószínűleg beleértve az violaszínt is). A türoszi bíbor magas ára nem

azt jelenti, hogy az ókori Görögországban, Egyiptomban vagy Rómában a festők számára költséges lett volna a bíbor vagy lila színek különböző árnyalatainak elkészítése (valószínűleg a violának is), mert ezeket a bíborhoz hason színárnyalatokat egyiptomi kék és vörös lakkpigment vagy indigó és vörös lakkpigment keverésével állíthatták elő.¹⁷

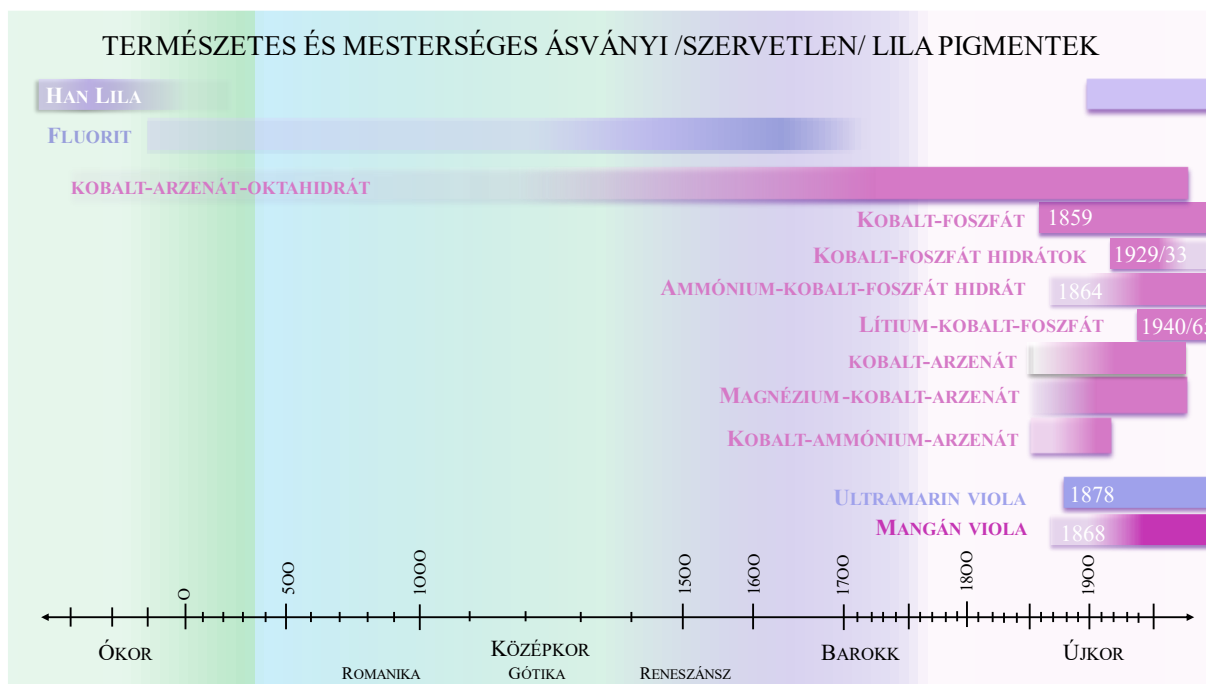
Az 5. században a római jog a császárra korlátozta a bíbor ruhák viselését. Ez a törvény több árnyalatot említett meg, köztük egy lilás vagy viola színt (*hyacinthina*). A középkori Bizánc és Európa a bíbor (valószínűleg a lila/violaszíneket is beleértve) ruhák viselését a királyi udvarra, a császári udvarra és a püspökökre korlátozta. A 13. században III. Innocent pápa a viola (*violaceus*) használatát jelölte ki a halotti szertartásokhoz. A „bíbor” viselése a papokra, az istenséget tanulóakra korlátozódott, a festményeken pedig Szűz Máriára és az angyalokra. A hétköznapi emberek még mindig nem viselték, a bűnbánathoz és a halálhoz társították ezeket a színeket.¹⁸

Azok a művészek, akik lila vagy viola színeket akartak létrehozni festményeiken, ezt vörös és kék pigmentek keverésével tették, általában a kék azuritot vagy a lapis lazulit használtak vörös okkerrel keverve. Az első ismert recept a lila/viola szín előállítására valószínűleg Teflisi perzsa szerzőtől származik a 12. századból. A *Bayan al-sana'at* ("A mesterségek leírása") nevű írásban Teflisi megemlítette, hogy ha lapiszkéket (lapis lazuli), vörös cinóbert és vörös kármin lakkpigmentet (*Kerria Lacca Kerr*) keverünk össze, akkor lila/viola (*banafshe*) színt kapunk. A 15. században az olasz festő, Cennino Cennini hasonló vörös-kék keverékeket írt le: "Ha szép lila színt akarsz készíteni, vegyél finom lakkát, ultramarin kéket...".¹⁹ A lila pigment hiánya miatt a vörös és a kék szín keverékeit használták e szín előállításához.²⁰

Az 1860-as évek eleje után a lila szín elfogadottsága teljesen megváltozott. Az ipari forradalom által számos új kémiai elemet fedeztek fel, melyet új anyagok előállítása követett. A lila és a viola színek gyártása már 1828-ban olcsóbbá vált, amikor a francia kémikus, Guimet kifejlesztette a természetes ultramarin pigment szintetikus alternatíváját. A szintetikus ultramarin, amelyet széles körben francia ultramarinként ismernek, sokkal megfizethetőbb volt, és hamarosan felváltotta a természetes ultramarint. Ezután 1856-ban William Perkin vegyész felfedezett egy sor szintetikus színezéket.²¹ Perkin eredetileg „Tyrian purple”-nek nevezte az első általa előállított új pigmentet, majd a nevét „mályva” színre változtatta. Ennek a szintetikus vörös lila festéknek a nagy kereskedelmi sikere miatt hamarosan más vegyészek új festékeket és pigmenteket fejlesztettek ki és állítottak elő. Az új anyagok közül több viola pigmentként került forgalomba, mint például a „Cobalt violet” (kobalt viola, Salvétat, 1859), a „Britannia

violet” (Perkin, 1864) és a „Manganese violet” (mangánviola, Leykauf, 1868).²² 1863 után a lila és viola színek nagyon képszerűvé váltak, de ezek az árnyalatok gyakran nem olyan pigmentekkel készültek, melyek kereskedelmi nevükben a viola vagy lila szót viselik, hanem a vörös és a kék anyagok keverésével.²³

A SZERVETLEN LILA PIGMENTEK TÖRTÉNETE



A következő fejezetekben ezen szervetlen lila pigmentek és pigmentcsoportok elnevezéseit, történetét, felhasználását, előfordulását a műtárgyakon, érzékenységüket és meghatározási lehetőségeiket fogom ismertetni.

Han lila

Összetétel: bárium-réz szilikát, lila típus, $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ ²⁴

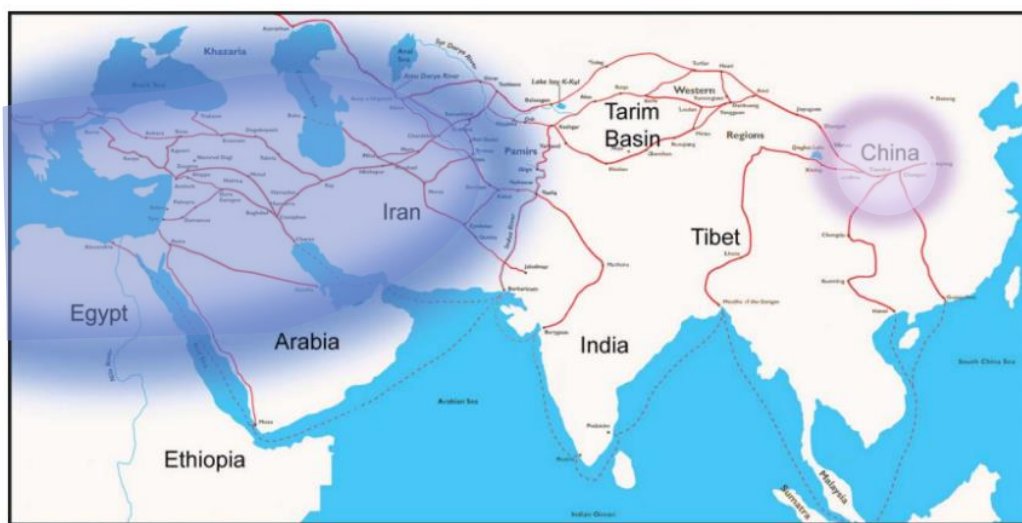
Elnevezések

han lila (*han purple*) (FitzHugh és Zycherman nevezte el 1992-ben)²⁵, *chinese purple*²⁶ FitzHugh jobban preferálja a *han lila* és a *han kék* kifejezést, mint a *kínai lila* vagy *kínai kék* elnevezést, mivel a poroszkék egyik elnevezése szintén a „kínai kék”.²⁷ Berke és társai viszont azért preferálják a *kínai lila* elnevezést, mert vizsgálataik szerint a pigment a han dinasztia előtt is ismert volt már.²⁸

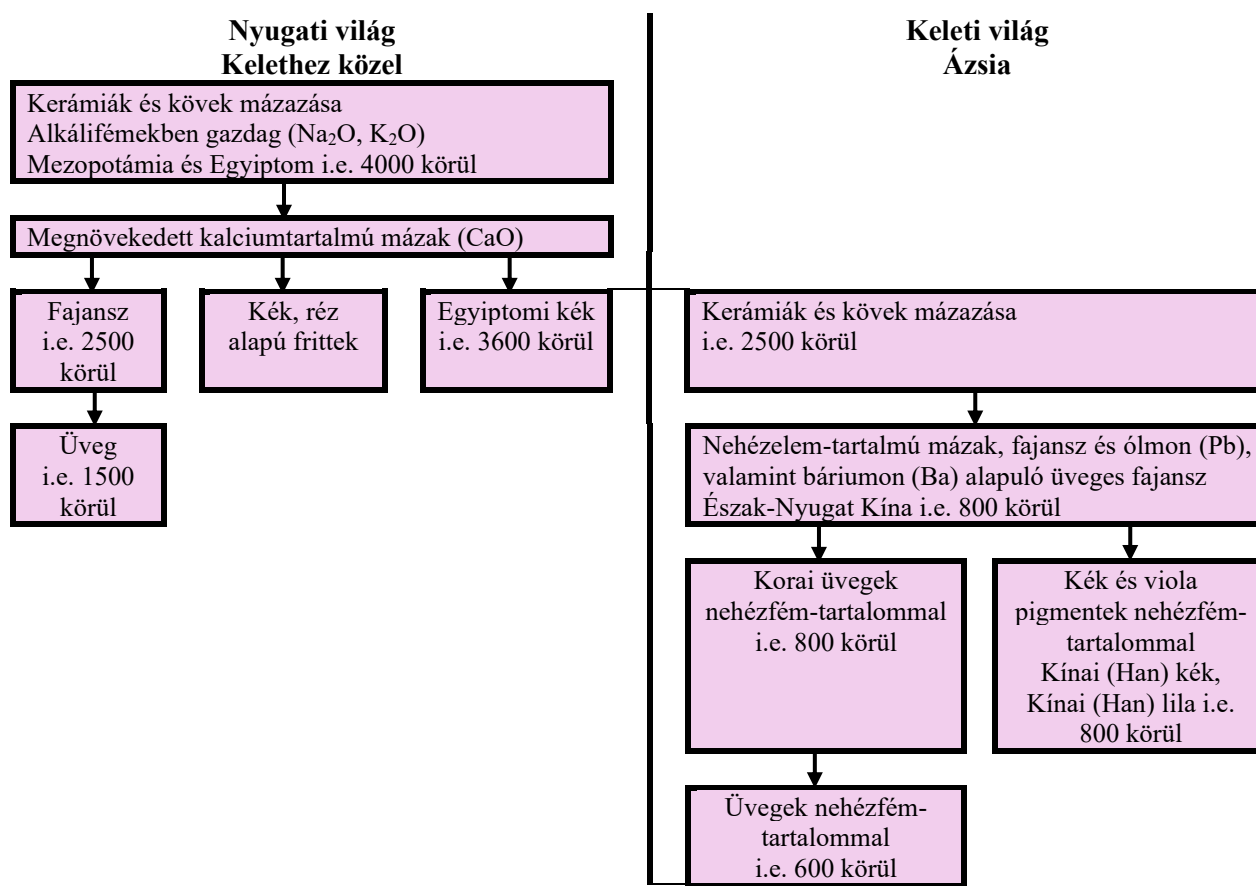
Előfordulása:

A han lila előfordulására a természetben eddig nincsen példa. Bár nem zárható ki, mint ásvány, de környezeti instabilitása miatt csekély rá az esély, hogy a természetben előfordulna.²⁹ FitzHugh azonban bebizonyította, hogy a han lila pigment valóban ember alkotta anyag, melyet komoly kémiai fejlesztések eredményeképp állítottak elő. Ezek a fejlesztések a nyugati Zhou-korszakra tehetőek (Kr.e. 11. sz.-771), a pigment gyártása és használata pedig egészen a keleti Han-dinasztia végéig (Kr.e.8. sz-Kr.u. 210) tartott.³⁰ FitzHugh a valamivel i.e. 208 előtti időktől az i.sz 220-ig tartó intervallumot adta meg a pigment használatára.³¹ H. Berke 2007-es cikkében olyan han lilával festett tárgyakat említ, melyek az i.e. 8. századból származtak.³² A han pigmentek használata a háborús államok korában tetőzött.³³

Az egyiptomi (egyiptomi kék) és a kínai rézalapú pigmentek (han kék és han lila) feltételezhetően egymástól függetlenül fejlődtek ki, valószínűleg az üvegezési technikák fejlődésének eredményeként.³⁴ Az egyiptomi kékkel kapcsolatos ismeretek terjesztése egyfajta ősi „technológia-transzfer” révén indíthatta el a kínai fejlesztéseket. Az egyiptomi kék keletre való elterjedését az ottani leletek révén egészen a mai Perzsia területéig igazolták. Az azonban nem világos, hogy az egyiptomi kékkel kapcsolatos ismeretek valóban eljutottak-e Közép-Ázsiába. Az egyiptomi kék előállítási helyeinek földrajzi átfedése a bárium-réz-szilikát pigmentek (han kék és lila) kínai gyártási helyeivel kémiai szempontból alátámasztaná a nyugati és keleti világ közötti technológia átadás lehetőségét; a jelenlegi ismeretek szerint azonban ez nem erősíthető meg egyértelműen.³⁵



1. ábra: Térkép, mely az egyiptomi kék (kék) és a han lila (lila) eloszlását mutatja. A vörös vonalak a selyemút útvonalait jelölik, ahol nem csak a kereskedelem történt, hanem ötletek is kicserélődtek.



2. ábra: A táblázat megmutatja a rézalapú alkáliföldfém pigmentek fejlődését; Egyiptomi kék, han kék és han lila.

Az egyértelmű, hogy a korai találmányok, mint például a réz-szilikát pigmentek feltalálása, nem lehetett hirtelen felfedezés, hanem komoly fejlesztéseket igényelt. Kimutatható, hogy a kínai fejlesztések kb. Kr.e. 1100-tól kezdve az egyiptomi kéktől függetlenül zajlottak. Bár a két történelmi fejlődés sok tekintetben hasonlóan zajlott.³⁶ Mind a keleti (Kína), mind a nyugati (mediterrán térség, Egyiptom, Mezopotámia, Perzsia) féltekén a kő- és agyagtárgyak mázazásának technikái jelentették a fejlődés első lépcsőfokát. A nyugati térségben korábban indult el, először alkálifémekben gazdag mázakkal, később pedig megemelt kalciumtartalmú mázakkal. Ezekre a kék színt adó mázolósi technikákra alapozva alakultak ki a fajansz- és különböző fritteknikák, valamint az egyiptomi kék gyártása. A keleti területen a máztechnikákat jóval később vezették be. Kr. e. 1100-tól azonban keleten már nehézfém-mázakat (Pb, Ba) fejlesztettek ki, ami végül a korai nehézfém-üvegek létrehozásához és a bárium-réz-szilikát pigmentek előállításához vezetett. Ami a rézszilikát pigmenteket illeti, valószínűsíthető, hogy azokat egymástól függetlenül, párhuzamos fejlődésként állították elő a keleti és a nyugati térségben.³⁷

FitzHugh és Zycherman a han lila pigmentek elemzése alapján kimutatták, hogy gyakran a kék és a lila kristályok együtt fordulnak elő, de esetenként tiszta kék vagy tiszta lila tömegek is láthatók. Azt azonban nem lehet bebizonyítani, hogy ezek szándékos vagy véletlenszerű termékek voltak-e. Ez részben a gyártási folyamatokkal magyarázható, amelyek a kék és a lila vegyületek esetében csak finoman térnek el egymástól.³⁸

A Han-kéket és a lilát először 1983-ban határozták meg ősi szintetikus pigmentként, amikor E. FitzHugh és munkatársai történeti mintákban kimutatták őket. Az ősi kínai gyártási folyamattól függetlenül 1900-ban Le Chatelier „újra felfedezte” a han kéket és lilát, mely egy másik figyelemre méltó mérföldkő volt ezen pigmentek történetében.³⁹

A han lilát az utóbbi időben szupravezetők előállítása során is gyártják. Ez újra felkeltette az érdeklődést e vegyület iránt, és a szerkezet elemzését eredményezte.⁴⁰

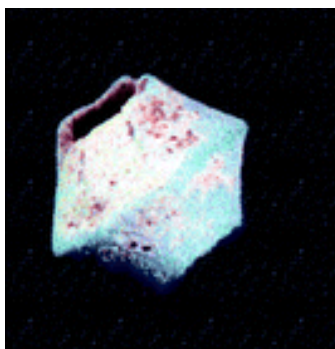
Előállítása

A han kék és lila készítéséről nem találtak feljegyzéseket.⁴¹ A modern szintetizálás BaCO_3 , CuO és SiO_2 porokból indult ki. A száraz vagy nedves őrlést és a 900-950 °C-on történő szinterezést ciklusokban végezték. A tiszta (98%-os) anyaghoz nagyjából 4-8 ciklusra volt szükség. A han lila savérzékenysége miatt a sósavas tisztítás, mely a han kék esetén használatos, nem lehetséges.⁴² Előfordulhatott az is, hogy a BaCO_3 helyett BaSO_4 (barit) volt a báriumforrás. Ebben az esetben a kén (S) műszeresen kimutatható volt.⁴³

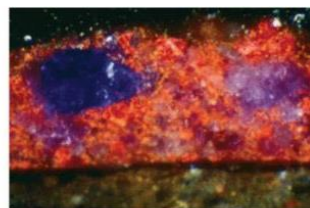
Az ókori mesterek feltehetőleg szilárd/száraz szintézismódszert alkalmaztak.⁴⁴ A szintézisek lényegesen sikeresebbek voltak, ha ólomsókat (ólomkarbonátokat, ólomoxidokat) adtak hozzá a gyártás során. Eddig minden vizsgált minta esetén kimutatták a felhasznált ólmot.⁴⁵

Előfordulása műtárgyakon

Az eddig vizsgált leletek alapján megállapítható egy tendencia, miszerint a korai időkben a Han kéket részesítették előnyben, míg később, valószínűleg a divat változása miatt, több tárgyat készítettek a Han lila pigment felhasználásával. A Qin és Han dinasztia idején készült pigmentek használatára példa az első kínai császár, Qin Shihuan sírjában talált terrakotta hadsereg, amelyet más színek mellett Han lilával is festettek. Az egyik utolsó bizonyíték a han lila használatára egy falfestmény Bin Wang sírjában, Xian területén.⁴⁶



3. ábra: Gyöngy fajanszréteggel, mely ultramarinkéket és han lilát tartalmaz (i.e. 777-766)



4. ábra: A Terrakotta Hadsereg harcosának nadrágjáról származó töredékek, (Xian, Kína) valamint a töredék egy darabjából készített keresztmetszet-csiszolat. A lilás szemcsék han lila szemcsék, a vörös vermillon. A pigmentréteg alatt lakkréteg húzódik, az alatt pedig agyag.

FitzHugh és Zycherman a Han-dinasztia idejéből származó han lila pigmentrudakat, valamint festett kerámiákat és fémedényeket vizsgált kutatása során.⁴⁷ A tárgyakon található pigmentek mindegyike halványkék vagy halványlila színű volt. Első pillantásra szinte fehérnek tűntek, és csak további vizsgálat után derült ki, hogy kék, lila és színtelen szemcsék keverékei, valamint néhány esetben csak lila és színtelen pigment szemcsékből állnak.⁴⁸ A színtelen pigmentek „színét” okozhatja az, hogy a han lila a környezet savasságára kifakulhat.



5. ábra: FitzHugh és Zycherman által elemzett egyik tárgy

Lila nyolcszögletű bot. Kína, a Haborús Államoktól a Han-dinasztiáig, Kr. e. IV-I. század. Royal Ontario Museum, Toronto, 981x5,6.



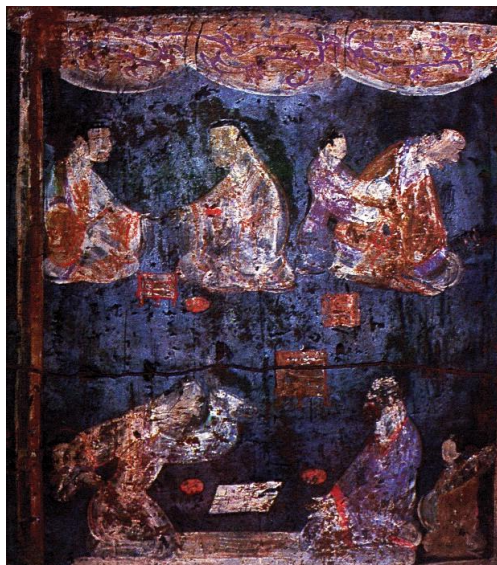
6. ábra: Élénk lila nyolcszögletű bot. Kína, kora ismeretlen. Östasistiska Museet, Stokholm, K4070.



7. ábra: A nyolcszögletű bot felszíne

Östasistiska Museet, Stokholm, K4070.

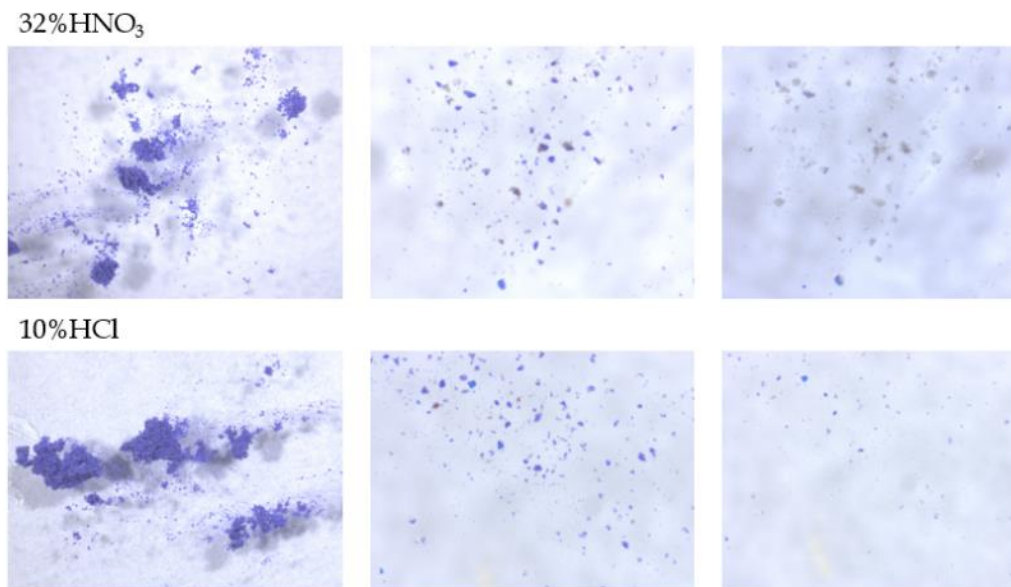
Ezek mellett Zuo és munkatársai (2003) is meghatározták a pigmentet festett kerámiafigurákon, melyek a Han-dinasztia Yangling-sírjaiból (Kr. e. 141-157) származnak.⁴⁹



8. ábra: Egy keleti han sírban lévő falkép részlete Zhucun-ban, Louyang közelében, Henan provincia, i.u. 25-220⁵⁰

Érzékenysége

Savnak kitéve drámaian kifakul.⁵¹ Az anyag megjelenése az őrléskor világosabbá válik.⁵² 1200°C-on négy órán keresztül tartó hőkezelés után a han lila zöld üveggé olvadt.⁵³

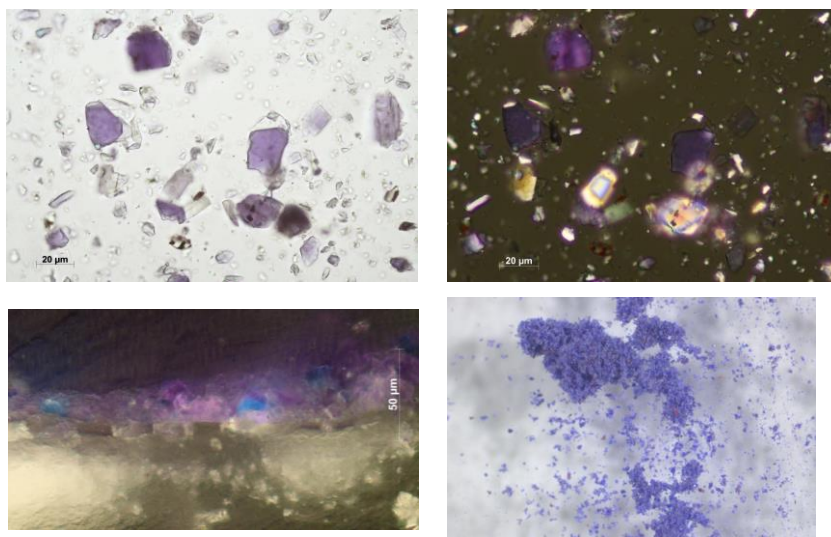


9. ábra: Kremer Han purple, fine #10074 salétromsavas és sósavas mikrokémiai tesztje

Meghatározása

Érzékenysége mellett detektálásában segíthet, hogy a han lila kizárólagos lila pigment volt Kínában az i.e. 9. századtól i.sz. 3. századig. Emellett a nagy, karakteres szemcsék mikroszkópos vizsgálata, jellegzetes infravörös tartományban kibocsátott lumineszcenciája és

az elemanalitikai vizsgálatok (XRF, XRD, Raman, SEM-EDX) is segítenek meghatározásában (a han kéktől el kell különíteni).



10. ábra: Minta: Kremer Han purple, fine #10074

Fluorit

Összetétel: CaF_2 , kalcium-fluorid

Elnevezések

*Antozonit*⁵⁴ (Schönbein 1821), *fluorpát*, *myrrhina*⁵⁵ (Plinius i.u. 77), *stinkspat*⁵⁶ (büdöspát, elsősorban az antozonitra használták, német), *Stinkfluß*⁵⁷ (német) „Blue John”⁵⁸ (angol), *murra* (ázsiai eredetű, perzsa: mori, muri, ’üveggömb’)⁵⁹, *murrina*, *murrha*, *fluores*⁶⁰ (latin), *fluor spatous*⁶¹ (német), *fluorspar*⁶² (angol), *fluorine*⁶³ (francia), *flußpat*⁶⁴ (német), „fluores colore subnigro” (Agricola így nevezi az antizonitot)⁶⁵

Előfordulása

A fluorit a természetben előforduló ásvány, mely a földkéreg leggyakoribb fluortartalmú ásványa. Általában egymásba hatoló ikerkristályok formájában képződik, és a gránitos vagy alkáli vulkáni kőzetekben fordul elő. Hidrotermális vagy pneumatolitikus tevékenységhez kapcsolódó erekben is megtalálható, valamint üledékes kőzetekben törmelékes ásványként is előfordulhat. A fluorit viszonylag gyakori, és számos ásványhoz társul: leggyakrabban a galenit, a kalcit, a kvarc, a pirit és az apatit csoportba tartozó ásványokkal együtt fordul elő.⁶⁶

A középkorban a fluorit bányászatát leginkább a tizenötödik és tizenhatodik században dokumentálták. Németországban a bányászat már 1430-ban megkezdődött, az alsó Harz régióban. Ez a terület híres volt ólom-, cink-, ezüst-, réz- és vasérclelőhelyeiről, valamint a

fluoritól.⁶⁷ A műtárgyak, melyeken a pigmentként használt ásvány megtalálható volt elsősorban az **1470-1520** közötti időszakból származnak, mely egybeesik az ezüst- és rézbányászat aranykorával a Dél-németországi és tiroli területeken.⁶⁸

A műtárgyakon talált fluorit feltehetőleg antozonit lehet, mely a fluorit egy változata és színe a sötét lilától egészen a lilás feketéig változik. Egyedül sötét színe és az őrléskor felszabaduló szag alapján szokták meghatározni. Gyakran sávós, belső sugaras szerkezetű. Elsősorban Bajorországban (Németország) Nabburg-Wölsendorf és Kittenrain található, valamint Franciaországban Quincieux és Lantignié környékén, Csehországban pedig Joachimstalban (Jáchymov) fordul elő. Ennek színe elég erős ahhoz, hogy porrá őrölve elfogadható színezőerősségű pigmentet eredményezzen. Általában radioaktív ásványokkal, például uránércekkel fordul elő.⁶⁹

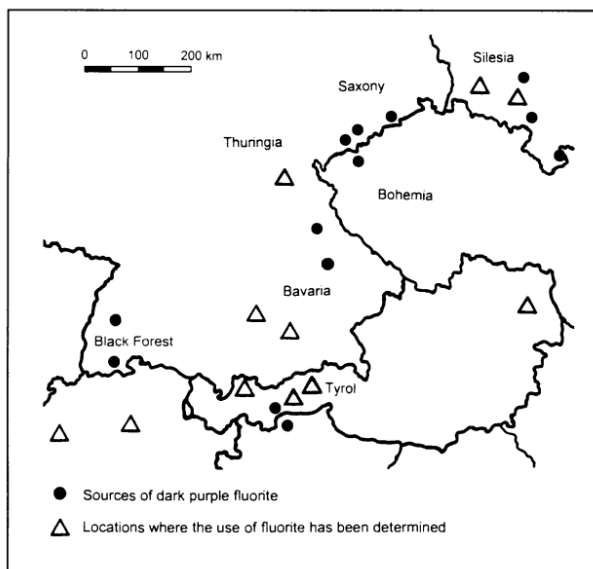
A fluorit ásvány nevezetes előfordulási helyei: Peak District (Anglia), Harz és Szászország (Németország), Chihuahua (Mexikó), Broken Hill (Új-Dél-Wales, Ausztrália), Cordoba (Argentína), Minas Gerais (Brazília) és Beira-Beixa (Portugália)⁷⁰, Ardennek (Antwerpen, Brugge), Vesztfália (Arnsberg melletti Casparizeche-bányában és a Schiefergebirge-hegységben, Weseltől keletre, de Cappenberg és Liesborn városokhoz közel).⁷¹

A fluorit hasonló lila változata a „Blue John”, amelyet Derbyshire (Anglia) Castleton területén bányásznak; ennek a forrásnak a tényleges pigmentként való felhasználása valószínűtlennek tűnik.⁷²

Előfordulása műtárgyakon

A pigmentet **1968**-ban határozták meg először egy tiroli Pflach oltárképen, de használatát először **1986**-ban publikálták.⁷³ Valószínű, hogy a fluoritnak mint pigmentnek más, eddig nem dokumentált előfordulási helyei is vannak, de eddig tévesen vagy ametisztként, vagy más lila pigmentként azonosították.⁷⁴

1990/92-ben a bajorországi Frankfeldön is előfordult egy **1450** környékéről származó festett homokkőlapon mely a bíbor köpenyt viselő Krisztust ábrázolja. Mostanáig ez bizonyul a fluorit legkorábbi használatának művészpigmentként.⁷⁵ Richter és társai néhány, a 15. század közepéről/16. század elejéről származó fluoritot tartalmazó műalkotásról számoltak be értekezésükben, (elsősorban táblaképeken, festett szobrokon és falfestményeken) Dél-Németországból, az osztrák Tirolból, Svájcban, Magyarországról és a lengyelországi Sziléziából.⁷⁶



11. ábra: Térkép, mely megmutatja a fluorit forrásait, valamint azokat a helyeket, ahol a festett műtárgyakat találták.

	
12. ábra: Cappenbergi mester (Jan Bagaert): „Krisztus Pilátus előtt” (NG2154), Wesel, 1520 körül	13. ábra: Fa táblakép, 1502-03; Lucas Cranach, Anna Putsch portréja, Oskar Reinhart Gyűjtemény, „Am Römerholz”, Winterthur
	
14. ábra: Festett kőszobor (töredék), 15/16. század (?); Magyarország, Madonna gyermekkel, ferences kolostor templomának romja, Buda (Várhegy, Budapest)	15. ábra: Michael Pacher: „Szűz és gyermeke trónol Angyalokkal és Szentekkel” (NG 5786), Tirol, 1475?

A fémek olvasztásához és az üveggyártásban való felhasználását már a 16. században leírta Georgius Agricola német kohász. Majd így folytatja: „Sőt, a Fluoresből olyan színeket tudnak készíteni, amelyeket a művészek használnak”. Elsősorban sárga és lila pigmentként való alkalmazását említi a *De Natura Fossilium* c. művében.⁷⁷

A barnás-lilás hematit mellett fluorit az egyetlen lila színű szervesen pigment, melyet késő gótikus és kora reneszánsz festményeken kimutattak. A fluoritot tartalmazó alapozás vagy aláfestő réteg a felette húzódó pigment (általában azurit vagy ultramarin) fedőképességének és színe intenzitásának növelésére szolgált. Néhány 15. századi itáliai festményen megjelenő kék réteg alatt is megfigyelhető a halvány lila aláfestés. Az viszont nem valószínű, hogy ez a festési technika Olaszországból származna.⁷⁸

Gyakran használták vörös lakkpigmenttel keverve is. Ilyen Albrecht Altdorfer „*Krisztus búcsúzik az anyjától*” c. képe (1520) és Wolf Huber ugyanezen témát ábrázoló változata (1519) is. Feltehetőleg a drága vörös lakkpigment adalékanyagaként használták, vagy azért, hogy egy bíborvörös színt kapjanak a szintén drága kék pigment használata nélkül.⁷⁹ A műalkotásokon meghatározott fluoritot gyakran ólomfehérrel vagy kalcittal keverve alkalmazták, hogy fokozzák lilás színét és növeljék fedőképességét.⁸⁰

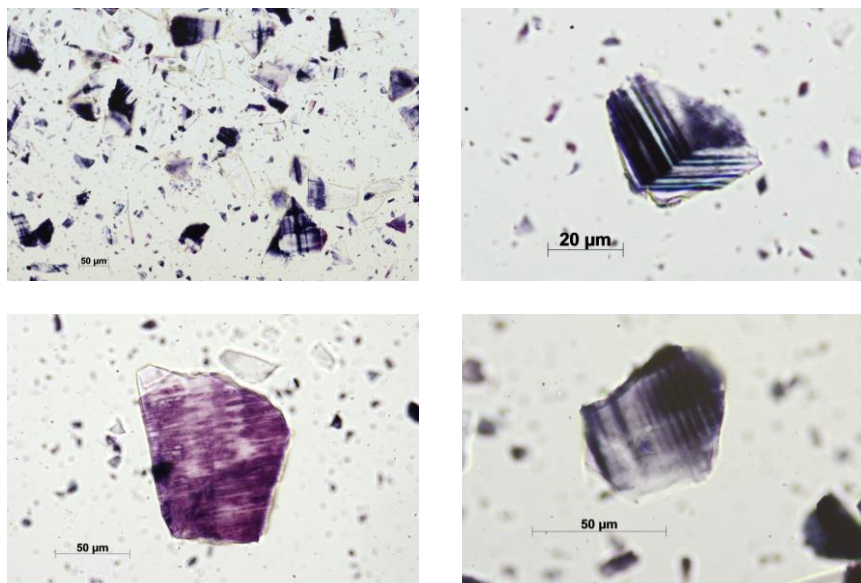
A fluorit a festőközegben, különösen száradó olajban vagy természetes gyantában használva gyenge színező-és fedőképességet mutathat. Pigmentként jobban használható vizes kötőanyagban és mészben (falfestés). Ha a fluoritot természetes gyantával vagy száradó olajjal használjuk, átlátszóbb, sötétebb és fénytelenebb lesz, mivel a fluorit törésmutatója közel áll a dammár és a friss lenolaj törésmutatójához.⁸¹

Érzékenysége

A fluorit stabil pigment, savra és lúgra nem érzékeny.

Meghatározása

Nagy szemcsemérete, színe és szabályos alakja miatt mikroszkóposan meghatározható. Emellett elemanalitikai módszerekkel (XRD, SEM-EDX, Raman) is lehetséges.



16. ábra: Minta: Fluorit, Wölsendorf

Kobalt lilák/violák

Összetétele:

kobalt-foszfátok: kobalt-foszfát anhidrit ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$)

kobalt-foszfát tetrahidrát ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$),

kobalt-foszfát oktahidrát ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

ammónium-kobalt-foszfát-hidrát ($\text{NH}_4\text{CoPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

lítium-kobalt-foszfát (LiCoPO_4)

kobalt-arzenátok: kobalt-arzenát ($\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$)

kobalt-arzenát monohidrát ($\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

kobalt-arzenát oktahidrát ($\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

ammónium-kobalt-arzenát

magnézium-kobalt arzenát ($\text{Mg}_2\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$)

Elnevezések

Kobalt-foszfátok

kobaltlila, kobaltviola, kobalt ibolya, Violet de Cobalt (f)⁸², Cobalt Violet (a), Kobaltviolett (n)

Kobalt-foszfát: *Kobaltviolett dunkel (n), Cobalt violet dark (a)*⁸³, *violet de cobalt foncé (f)*⁸⁴

Ammónium-kobalt-foszfát-hidrát: *bronze de cobalt (f)*⁸⁵, *'violet de cobalt et d'ammonium' (f)*⁸⁶, *Cobalt Violet Light Brilliant (Kremer) (a)*⁸⁷

Lítium-kobalt-foszfát: *Cobalt Violet Light (Kremer)(a)*⁸⁸

Kobalt-arzenátok

Kobaltibolya /lila/viola világos, violet de cobalt, Cobalt Violet, kobaltviolett hell, kobaltarzeniát, kobaltvirág

Kobalt-arzenát anhidrit: A kobalt (II)-arzenát a kobalt-arzén-oxid szinonimája. A kobalt-arzenát viola a 19. század közepén a szövegekben *ásványi krétaként (chaux métallique)* szerepelt; ⁸⁹ *violet de cobalt clair (f)*⁹⁰

Kobalt-arzenát monohidrát: *Kobalt-arzenát-oxid-hidrát, hidratált kobalt-arzenát*⁹¹

Kobalt-arzenát oktahidrát: *Eritrin, Kobalt-arzenát-oxid-hidrát, hidratált kobalt-arzenát, kobaltvirág, kobaltkéreg, vörös kobalt okker*⁹²

Kobalt-ammónium-arzenát: Heaton 1928-ban említi meg, mint a kobalt lila egyik változata⁹³

Magnézium-kobalt-arzenát: *kobalt-magnézia-vörös* vagy *kobalt-rózsaszín* néven is ismerték.⁹⁴

Előfordulása

Szintetikus szervetlen pigment csoport, mely a 19. században vált népszerűvé. Corbeil és munkatársai megjelent áttekintése szerint a fő vegyületek, amelyek a kobalt lilák kategóriájába tartozhatnak, a kobalt-magnézium-arzenát ($\text{Mg}_2\text{Co}(\text{AsO}_4)_2$) és a kobalt-foszfát anhidrit ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$). Ismert még pigmentként a kobalt-foszfát oktahidrát ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), az ammónium-kobalt-foszfát-hidrát ($\text{NH}_4\text{CoPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) és a lítium-kobalt-foszfát (LiCoPO_4) is. Ezen kívül számos más (Na, K-t tartalmazó), 1. csoportba tartozó elem kobalt-foszfátja is létezik. Ezek mellett a kobalt-ammónium-arzenát is szerepel a szakirodalomban.⁹⁵ A kobalt-arzenát oktahidrát (eritrin) előfordulására műtárgyakon eddig még nincsen példa.

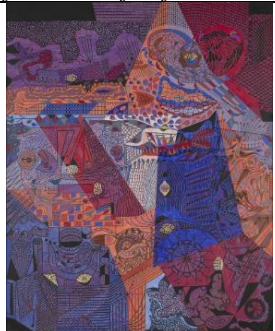
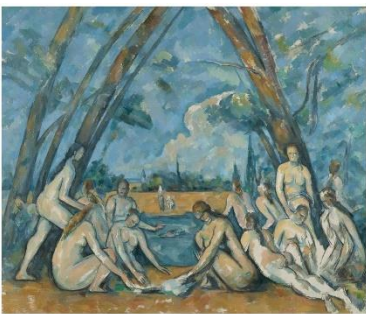
Több forrás is említi, hogy a kobalt-foszfát színe a hidratáltsági állapotától függ. A három leggyakoribb ilyen vegyület a kobalt foszfát anhidrit, mely lilás színű, a tetrahidrát, ami lilás rózsaszín vagy mély viola és a rózsaszín oktahidrát.⁹⁶

A kobalt-arzenát és a kobalt-foszfát típusú lilák története eltérőnek tűnik. A **kobalt-foszfátot**, a „sötét kobalt violát” (cobalt violet dark) Salvétat fedezte fel és először **1859**-ben a *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* című publikációjában említette meg. A **kobalt-arzenát** „világos kobalt-viola” története kevésbé ismert. Lefort azonban **1855**-ben megemlíti a *Chimie des couleurs pour la peinture à l'eau et à l'huile* című publikációjában⁹⁷. Salter **1869**-ben leírja a „Cobalt Purples”-t anélkül, hogy bármilyen módon megmagyarázná, hogy miből áll. Csupán annyit mond, hogy „a leggazdagabb bíborvörös a bíborszíntől a legfinomabb liláig” terjedő árnyalatban jelenik meg, és hogy „nedves és száraz módszerrel” - feltehetően oldásos és kalcinációs technikával - állította elő őket. További zavart okoz Vibert (**1892**), aki szerint a kobalt viola egyszerre kobalt-foszfát és kobalt-szilikát, míg Church (**1901**) „kobalt-arzeniátként” írja le, amely származhat az eritrin ásványból (más néven „kobaltvirág”) vagy lehet mesterségesen előállított fajta is. Heaton (**1928**) hozzáteszi, hogy az anyag lehet kobalt-ammónium-arzenát vagy kobalt-magnézium-foszfát. Corbeil és társai (**2002**) kísérletei, hogy feljegyzést találjanak a magnézium-kobalt-arzenát szintéziséről sikertelennek bizonyultak, bár a vegyület a brit festékkészítő Roberson's és a Winsor & Newton készletében megtalálható volt.⁹⁸

Előfordulása műtárgyakon

A kobalt lia/viola kifejezés az **1890**-es években jelenik meg, bár a pigmentet már ezt megelőzően is használták és minden bizonnyal Franciaországban gyártották. Előfordulása a mai napig nem jól dokumentált.⁹⁹ A kobalt-foszfát anhidrit (sötét kobalt viola), az ammónium-kobalt-foszfát-hidrát (világos kobalt viola, tévesen „kobalt-ammóniumnak” vagy „kobalt-ammónium-foszfátnak” nevezett) és lítium-kobalt foszfát az egyetlen ma még a piacon elérhető vegyület; az arzenát vegyületeket (kobalt-arzenát és magnézium-kobalt-arzenát stb.) ma már nem gyártják, az 1960-as években kivonták őket a forgalomból egészségre káros hatásuk miatt.¹⁰⁰

 17. ábra: Claude Monet: <i>Waterlilies</i>, 1916 után, NG6343 kobalt-arzenát típus	 18. ábra: Claude Monet: <i>Irises</i> (1914-1917) kobalt-arzenát típus
---	--

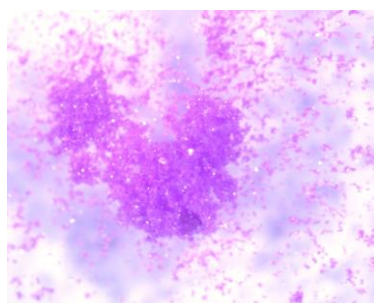
 19. ábra: Ignace-Henri-Théodore Fantin-Latour: <i>A Basket of roses</i>, 1890, NG3726 kobalt-foszfát viola	 20. ábra: Francis Bacon: <i>Study for Self Portrait</i> (1963) kobalt-foszfát viola
 21. ábra: Giacomo Balla: <i>Girl with flowers (Bambina coi fiori)</i> 1902-03 koalt-foszfát típus	 22. ábra: Pablo Picasso: <i>The Red Armchair</i> (1931) Magnézium-kobalt-arzenát, kobalt-arzenát, kobalt-foszfát, kobalt-foszfát oktahidrárt
 23. ábra: Claude Monet: <i>Pink Water Lilies</i> (1897-1899) Kobalt-foszfát, magnézium-kobalt-arzenát és kobalt-arzenát	 24. ábra: Alfred Pellan: <i>Citrons ultra-violets</i> (1947) Nátrium-kobalt-foszfát és kobalt-foszfát
 25. ábra: Paul Cézanne: <i>The Large Bathers</i>, 1906 Feltehetőleg kobalt-viola	 26. ábra: Claude Monet: <i>Bathers at La Grenouillère</i>, (1869) Feltehetőleg kobalt-viola

 27. ábra: Paul Delvaux: <i>La voix publique</i>, 1948 <i>Feltehetőleg kobalt-viola</i>	 28. ábra: Georges Seurat: <i>Horses in the Water</i> 1883-4 <i>Feltehetőleg kobalt-viola</i>
---	--

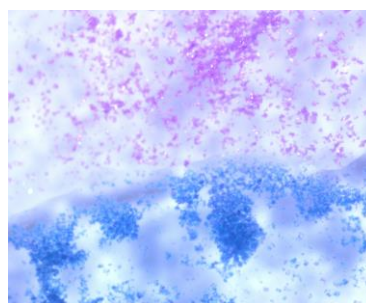
Érzékenysége

Kurt Wehlte szerint a kobalt-foszfát (bár nem említi melyik fajtája) nem alkálitűrő.¹⁰¹ A kobalt-arzenátok erősen mérgezőek.

2M NaOH



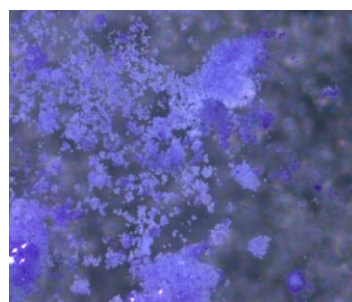
*Ammónium-kobalt-foszfát hidrát a
teszt előtt (minta: Kremer Cobalt
Violet Light Brilliant, #45821)*



Elkült szemcsék



*Kobalt-foszfát teszt előtt (minta:
Kremer Cobalt violet brilliant dark
#45810)*

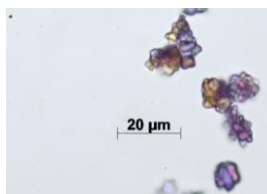


*Nagyjából negyedóra után a
szemcsék kifakultak*

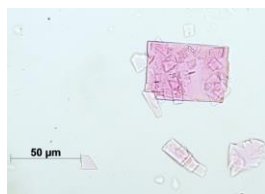
29. ábra: A kobalt-foszfátok lúgérzékenysége

Meghatározása

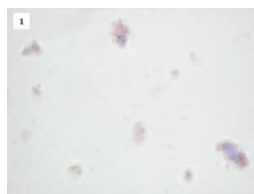
Mikroszkóposan a kobalt-foszfát anhidrit elkülöníthető az ammónium-kobalt-foszfát-hidrattól és a lítium-kobalt-foszfáttól. A kobalt-arzenát-oktahidrát és a magnézium-kobalt foszfát is elkülöníthető. XRF műszerrel az egyetem keretein belül a foszfát és arzenát típus elkülöníthető, további elemanalitikai vizsgálatokhoz egyéb eszközökre (FTIR, Raman, XRD, SEM/EDX) van szükség. FTIR analízissel az egyetemen a kobalt-foszfát anhidrit, az ammónium-kobalt-foszfát hidrát és a lítium-kobalt-foszfát is megkülönböztethető (az XRF eszközzel ez nem lehetséges).



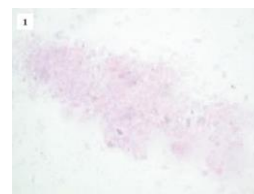
*Kobalt-foszfát
Kremer Cobalt violet
brilliant dark #45810*



*Ammónium-kobalt-foszfát-
hidrát
Kremer Cobalt Violet Light
Brilliant, Kremer #45821*



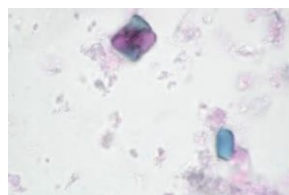
*Kobalt-foszfát-hidrát
Pigment Compendium*



*Lítium-kobalt-foszfát
Pigment Compendium*



Kobalt-arsenát oktahidrát (ásványból)



Magnézium-kobalt-arsenát (Pigment Compendium)

30. ábra: Kobalt-viola pigmentek

Mangánviola

Mangán-ammónium-foszfát, $\text{MnNH}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Elnevezések

*mangánlila, mangánviola, mangánibolya, mineral violet*¹⁰² (a) (gyakran ásványi lilának is nevezik, bár nem ásványból készül), *mangane violet (a), manganviolett (n), fast violet*¹⁰³; *nuremberg viola, nürnbergi viola* (Hackman (1973) a „fast violet”-et, a nuremberg violát, és a nürnbergi violát a mangán-ammónium-foszfát pigment ("mangán-viola") szinonimáiként sorolja fel, bár a gyakorlatban valószínűleg valamilyen mangán-foszfát lehetett, amelyet pigmentként használhattak)¹⁰⁴, *burgundy violet (a)*¹⁰⁵; *permanens mályva, permanens viola*¹⁰⁶

Mineral purple: Salter (1869) a mars-viola szinonimájaként adja meg, mely kifejezés több vegyületre vonatkozhatott, beleértve a természetben előforduló okkert is. Egy „*mineral purple*” elnevezésű anyagot a brit Roberson's festékkészítő cég is gyártott. Heaton (1928) szintén utal a „*mineral purple*”-re, bár jelzi, hogy akkoriban ez egy elavult vagy ritkán használt kifejezés volt a mangán-foszfátra. Mindazonáltal Hackman 1973-ban még mindig használta a kifejezést a mangán ammónium-foszfátra.¹⁰⁷

A Winsor & Newton 1892-ben listázta a *permanens violát* és a *permanens mályvát*, és az 1896-os katalógusában azt írta, hogy az előbbi "mangán-foszfát". A Reeves azonban 1898 körül a *permanens mályvát* a *permanens viola* szinonimájaként sorolja fel, és azt állítja, hogy "alizarin kombinációjával" készült. Standage (1892) szerint a *permanens mályva* "a francia ultramarin lila tónusú változata".¹⁰⁸

Ebből is látható, hogy az azonos elnevezések eltérő összetételű anyagokat jelölhetnek, így célszerű meggyőződni a kémiai összetételről is vásárlás esetén.

Előfordulása, előállítása

Mesterséges ásványi pigment, barnakőből és foszforsavból állítják elő ammóniák segítségével. Jóllehet a mangán-foszfátot Leykauf már 1868-ban Nürnbergben felfedezte, a művészek figyelme csak később fordult felé, különösen azóta, hogy sok új, a piacon megjelenő ibolyaszínű kátrányszínű festék nem váltotta be a hozzáfűzött reményeket. Mindenestere ez a pigment

Wehlte szerint sem a szín szépségében, sem intenzitásában nem éri el a két kobaltibolya-pigmentet.¹⁰⁹

A vélemények nem egyeznek abban a tekintetben sem, hogy valóban viola-e. A hagyomány szerint a viola (*violet*) a színkörön a kékhez áll a legközelebb, míg a bíbor (*purple*) a vöröshöz. Annak ellenére, hogy erősen vörösbe hajló, a pigmentet szinte mindig violának nevezik.¹¹⁰

Előfordulása műtárgyakon

Az impresszionisták lelkesen fogadták a mangánviolát, de talán Claude Monet volt az a művész, aki a leginkább szerelmes volt a színbe. A mangánviola szerepet játszik a Roueni katedrális sorozatában, ahol a színes árnyékokban használja azt. A szín iránti szeretete hozzájárult ahhoz, hogy a kritikusok azzal vádolták, hogy "violamániában" szenved, majd ő kijelentette: "Végre felfedeztem a légkör igazi színét. Ez a viola. A friss levegő viola. Három év múlva mindenki lilában fog dolgozni".¹¹¹



31. ábra: Georges Seurat: *The Channel of Gravelines, Grand Fort-Philippe*, (1888) NG 6554



32. ábra: Paul Delvaux: *L'hiver* (1958) kobalt-foszfáttal



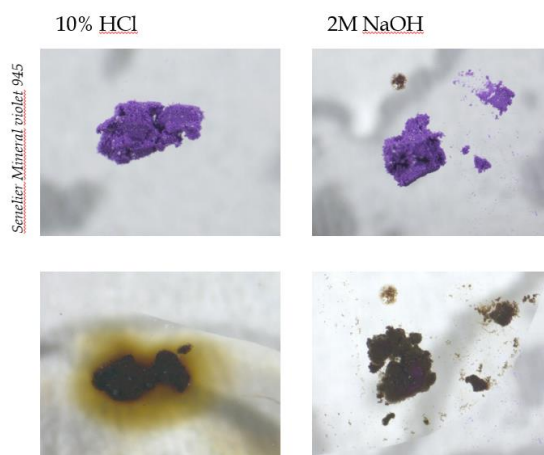
33. ábra: Jackson Pollock: *Alchemy* (1947)



Annak ellenére, hogy Monet lelkesedett a színért, a mangánviola soha nem vált rendkívül népszerű festőpigmentté a kobaltkékkel, a viridiánnal (króm-oxid-hidrát zöld) és az impresszionista mozgalom más ikonikus pigmentjeivel szemben. Ez egy meglehetősen telítetlen, talán kissé tompa lila szín, alacsony vagy átlagos színezőerővel és gyenge fedőképességgel. Azonban rendelkezik olyan tulajdonságokkal, amelyeket sok művész nagyra értékel - rendkívül fényálló és tartós, akvarellben gyönyörűen oszlik el, olajban pedig mangántartalma miatt gyorsan szárad. Számos professzionális olaj- és akvarellfesték-kínálatban szerepel, de nagyon kevés akrilfesték-kínálatban található meg. Ennek oka lehet, hogy az akrilfestők körében népszerűbbek az élénkebb lila és ibolyaszínű pigmentek (mint a dioxazin és a kinakridon viola).¹¹² Erősebb színekkel keverve akvarellben a mangánviola nehezen tud dominálni. Olajfestékként kissé mélyebbnek és tisztábbnak tűnik, mint akvarellben.¹¹³

Érzékenysége

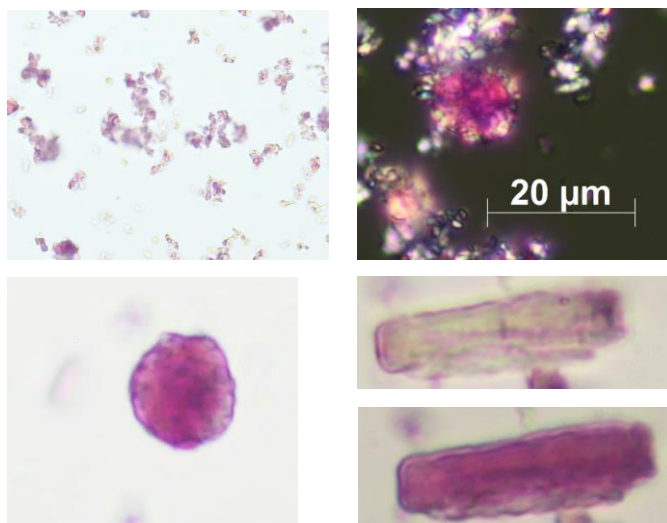
Savra és lúgra is érzékeny¹¹⁴, valamint magas hőmérséklet hatására elszíntelenedik.¹¹⁵



36. ábra: A mangánviola érzékenysége savra (HCl) és lúgra (NaOH)

Meghatározása

Mikroszkóposan összetéveszthető a kobalt-foszfát anhidrittel, de megkülönböztetésükben segíthet a mangánviola sav-és lúgérzékenysége. Emellett elemanalitikai módszerekkel (XRF, XRD, SEM-EDX, FTIR stb...) is meghatározható.



37. ábra: A mangánviola mikroszkópos képe

Minta:

1-2.kép: *Mineral violet Milano (Bartha)*

2-3. kép: *Senelier Mineral violet 945*

Ultramarin viola

kétartalmú nátrium-alumínium-szilikát komplex, $\text{Al}_6\text{Na}_6\text{O}_{24}\text{S}_8\text{Si}_6$

Elnevezések

Ultramarinibolya, ultramarin lila, ultramarinvörös (az ibolyavörös fajtákra). *Outremer violet* (fr), *ultramarina violetblue* (a), *ultramarinviolett*, *ultramarinrot* (n)¹¹⁶ Standage (1892) szerint a *permanens mályva* "a francia ultramarin lila tónusú változata", bár ez más pigmenteket is jelölhet (mangán viola vagy egyfajta alizarin pigment)¹¹⁷

Világosabb árnyalat: *ultramarine pink*, *ultramarin red* (A Colour Index szerint az ultramarin vörös az a sav, melynek az ultramarinviola a sója)¹¹⁸

Előfordulása, előállítása

Mesterséges ásványi pigment, melyet az ultramarinkék savas vagy gáz alakú klórhidrogénes utókezelésével állítanak elő 200°C feletti hőmérsékleten történő hevítés közben.¹¹⁹ Az ultramarinviola eredete a **19. század végére** vezethető vissza. Az ultramarin kék és az ultramarin rózsaszín pigment köztes terméke. A szintetikus ultramarin kéket először a 19.

század elején fejlesztette ki Jean-Baptiste Guimet vegyész Franciaországban. Felfedezte, hogy az ultramarin kék további kezelésével egy új és intenzív lila árnyalat hozható létre. Guimet az új pigmentet *ultramarinviolet*nek nevezte el.¹²⁰

Előfordulása műtárgyakon

Az ultramarin pigmentek a legfontosabb szervetlen kék pigmentek közé tartoznak. Az ultramarin néhány kisebb technikai jelentőségű változatát lila vagy piros szín jellemzi. A szintetikus ultramarin a mesterséges megfelelője a természetben előforduló lapis lazuli ásványnak, amely kiváló minőségben megtalálható Afganisztánban és Chilében. A szintetikus ultramarin pigmentek három színben kaphatók a kereskedelembe:

Vöröses kék, C.I. Pigment Blue 29

Viola, C.I. Pigment Violet 15

Pink, C.I. Pigment Red 259.¹²¹

Normális lágyságú, sötét ibolya és világos ibolyavörös közötti árnyalatú por.¹²²

Alkalmazás: pasztell, enyv, kazein, tempera, olaj, mész, cement és szilikáttechnikában is alkalmazható: olajban azonban nehéz és komor színtónusú¹²³ A pigmenteket többek között műanyagokban, festékekben és porfestékekben, nyomdafestékekben, papírban és papírbevonatokban, gumi és hőre lágyuló elasztomerekben, kozmetikumokban és bőrbevonatokban használják. Az ultramarin pigmentek nem véreznek ki és nem vándorolnak ki a festékekből vagy polimerekből.¹²⁴

Műtárgyakon való előfordulásáról kevés adat áll rendelkezésre, az egyik oka ennek az lehet, hogy amikor a 19. században a kobalt és mangánviola népszerű volt, az ultramarin viola helyett elsősorban az ultramarin kék keverték valamilyen vörös pigmenttel (pl. lakkpigmenttel). Másik oka pedig a pigment nehéz meghatározása (id. később).

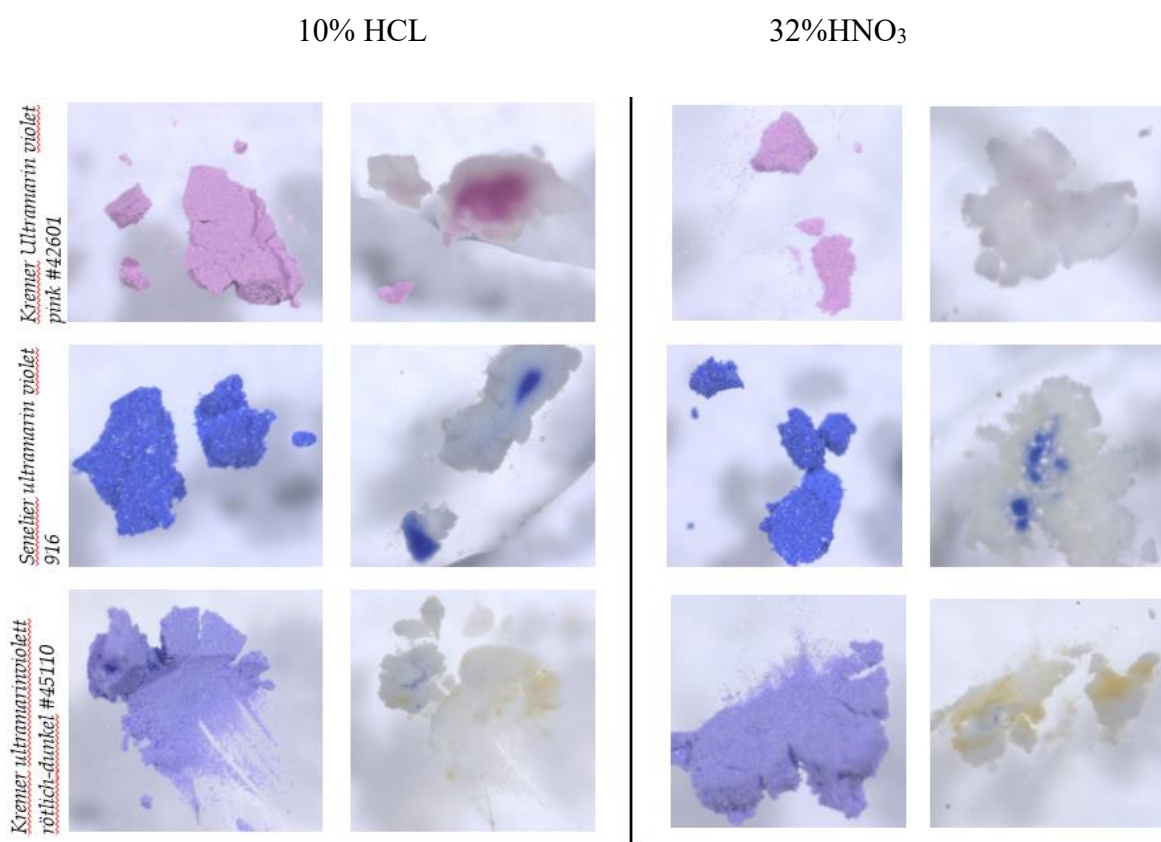


38. ábra: Ingo Meller: *Untitled* (1996)

Az ultramarin viola használatát egyedül a művész által megadott festményleírás igazolja¹²⁵

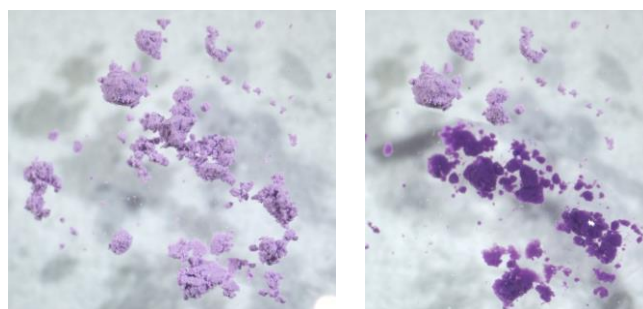
Érzékenysége

Fényállósága nagyon jó, alkálitűrő, sőt nemes vakolatban is meglepően időjárásálló.¹²⁶ A lila pigmentek 280 °C-ig, a rózsaszín pigmentek pedig 220 °C-ig stabilak. Az ultramarinok bizonyos hátránya a savakkal szembeni instabilitásuk, melyek hatására bomlanak, elveszítik színüket. A kék és lila ultramarin pigmentek hígított lúgos oldatokban stabilak, míg a rózsaszín fajták színe lilává változik.¹²⁷ Az ultramarin viola és a kék vízben és a legtöbb szerves oldószerben is oldhatatlan, ami stabillá és ellenállóvá teszi őket a fakulással vagy elszíneződéssel szemben, ha ezeknek az anyagoknak vannak kitéve.¹²⁸



39. ábra: Az ultramarinviolet savérzékenysége

10% NaOH

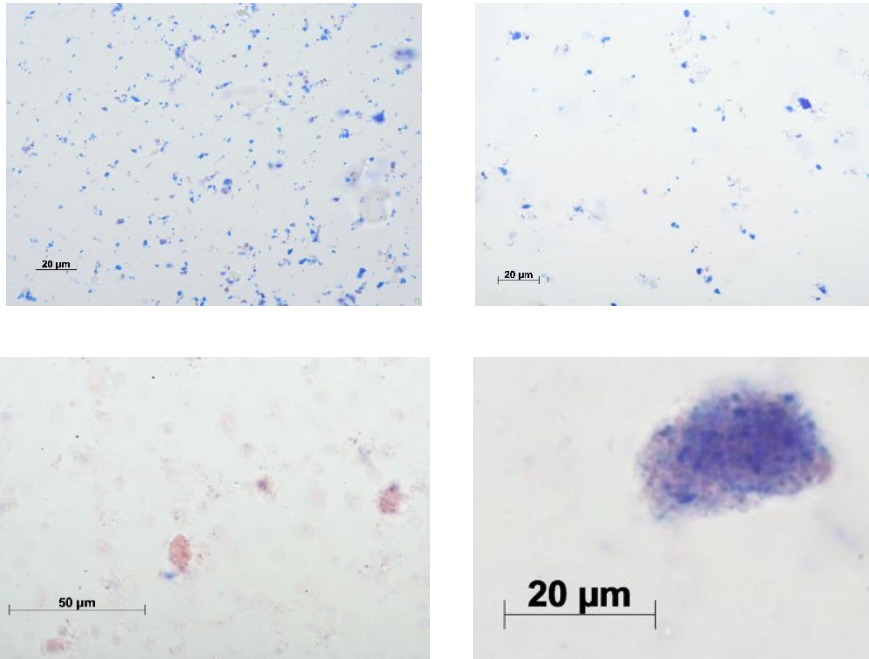


Kremer Ultramarinrot B #42605

40. ábra: Az ultramarinvörös lúgérzékenysége

Meghatározása

Az ultramarin viola mikroszkóposan nehezen tanulmányozható apró szemcséi miatt, emellett a kereskedelmi fajták sokszor nagy számban tartalmaznak kék szemcséket is, sőt némely típus egyedül kék szemcsékből áll. Meghatározása elemanalitikai módszerekkel lehetséges lehet, de el kell különíteni az ultramarin kéktől, mely összetételében egyezik az ultramarin violával.



41. ábra: Az ultramarinviola mikroszkópos képe

Minta:

1.kép: Senelier ultramarin violet 916

2.kép: Kremer Ultramarinviolett 45100

3.kép: Kremer Ultramarinrot B 42605

4.kép: Kremer ultramarinviolett rötlich-dunkel 45110

Jól látható, hogy minden típus más-más mértékben tartalmaz kék, lila és rózsaszín szemcséket.

KERESKEDELEMBEN KAPHATÓ PIGMENTEK, A COLOUR INDEX

A Colour Index International (CII) egy adatbázis, melyben közel 30 000 anyag van számontartva. Ebben találhatunk az anyagokhoz rendelve egy általános nevet (CIGN) és egy konstitúciós nevet (CICN). A szakirodalomban és a kereskedelemben elsősorban a történeti név vagy általános név alapján hivatkoznak rájuk, mellyel az általam tanulmányozott pigmentek esetében nem minden anyag rendelkezik. Az CIGN a lila pigmentek esetén hivatalosan Colour Index Pigment Violet + a pigmentet jelölő szám, rövidítése C.I. PV+ a pigmentet jelölő szám.

Név	Colour Index (CIGN)	Konstitúciós név (CICN)
Ammónium-kobalt-foszfát-hidrát	PV49	77362
Fluorit	-	-
Han bíbor	-	-
Kobalt-arzenát	-	77350
Kobalt-foszfát	PV14	77360 77362
Lítium-kobalt-foszfát	PV47	77363
Mangánviola	PV16	77742
Ultramarin viola	PV15	77007

42. ábra: A lila színű pigmentek Colour Index táblázata

Ebben a fejezetben szeretném megemlíteni, hogy a kereskedelemben kapható lila színű festékek esetén gyakran (mint ahogyan ezt a festők a tubusos festékek megjelenése előtt is tették) vörös és kék szín keverékével állítják elő a lila árnyalatait, valamint gyakran egyéb pigmenteket is belekeverhetnek. A festékek neve olykor szinte csak fantáziánév, ajánlott meggyőződni azok kémiai összetételéről, hogy az igényeknek, elvárásoknak megfelelő tulajdonságú festékeket vásároljunk.

Az artistpigments.org oldalon a pigmentek nevét, Colour Index számát beírva szerezhetünk információt az adott anyagról. Az oldal a pigment tulajdonságainak megjelölése mellett azt is feltünteti, hogy a kiválasztott anyag mely kereskedelmi festékekben szerepel tisztán, valamint keverék formájában. A han lila például csak 3 anyagban szerepel tisztán az oldal adatai szerint, míg az olcsóbb és népszerűbb ultramarin viola több, mint 500, a mangánviola több, mint 200 festészeti anyagban jelenik meg tisztán. A kobalt viola (kobalt-

foszfát) szintén gyakori a művészfestékekben, bár drágább, mint az imént említett két pigment. Az ammónium-kobalt-foszfát-hidrát és lítium-kobalt-foszfát ritkábban fordulnak elő művészfestékekben. A fluoritot mesterségesen nem gyártották és természetes formájában sem szerepel festékekben, a kereskedelemben ma, mint művészfesték alapanyag nem kapható.

ÖSSZEGZÉS

	Összetétel	Előfordulás, előállítás	Előfordulása műtárgyakon	Érzékenysége
Han lila	bárium-réz-szilikát	Kína (i.e. 8.sz-i.u. 3.sz.) Mesterséges	Pigmentrudak, Terrakotta hadsereg (Qin Shihuan sírja), kerámia tárgyak, falképek (Bin Wang sírja)	Savra elszíntelenedik.
Fluorit	kalcium-fluorit	Középkor (15-16.sz.) Európában főleg német, osztrák, cseh, lengyel, svájci és magyar területeken Természetes	Táblaképek (Lucas Cranach, Michael Pacher, Cappenbergi mester-Jan Baegert?) Szobrok (Madonna a gyermekkel)	
Kobalt-foszfátok	• kobalt-foszfát (anhidrit, tetrahidrát, oktahidrát) • ammónium-kobalt-foszfát-hidrát • lítium-kobalt-foszfát	19. század (1859, Salvétat) Mesterséges	Ignace-Henri-Théodore Fantin-Latour, Francis Bacon, Giacomo Balla, Pablo Picasso, Claude Monet, Alfred Pellán, Paul Cézanne stb...	-Ammónium-kobalt-foszfát hidrát elkékül. -Kobalt-foszfát színe kifakul.
Kobalt-arzenátok	• kobalt-arzenát • magnézium-kobalt-arzenát • kobalt-arzenát oktahidrát	19. század Mesterséges	Claude Monet, Pablo Picasso stb...	
Mangán-viola	mangán-ammónium-foszfát	19. század (1868, Leykauf) Mesterséges	Georges Seurat, Paul Delvaux, Jackson Pollock, Edvard Munch, stb...	Savra és lúgra elbarnul. Hőre elszíntelenedik.
Ultramarin-viola	kéntartalmú nátrium-alumínium-szilikát komplex	19. század (Guimet) Mesterséges	Ingo Meller	Savra elszíntelenedik.

Értekezésemből jól látható, hogy a pigmentek meghatározásának lehetősége számos tényezőtől függhet. A kis méretű szemcséket, mint az ultramarin viola mikroszkóposan nehéz vizsgálni, valamint az azonos összetétele a kék változatával az elemanalitikai azonosítást is megnehezítheti. A fluorit (CaF_2) könnyen meghatározható mikroszkópos módszerrel (PLM) a szemcsék jellegzetes színe, formája és sávozottsága által, valamint optikai tulajdonságai által, míg például XRF analízissel csak akkor határozható meg egyértelműen, ha a berendezés a fluor (F) kimutatására is alkalmas, de a kalcium emelkedett szintje is utalhat a jelenlétére. A han lila meghatározását segíti kizárólagos előfordulása az ókori Kínában, mint lila pigment, valamint elemanalitikai módszerekkel is azonosítható (kék változatától el kell különíteni). A kobalt violák egy része mikroszkóposan is meghatározható, de műszeres analitikai vizsgálatokkal (Raman, FTIR) szinte minden fajtáját el tudjuk különíteni egymástól. A mangánviola elsősorban elemanalitikai vizsgálatokkal, de mikroszkóposan is felismerhető. Értekezésem összefoglalja ezen pigmentek tulajdonságait, így felgyorsíthatja egy adott festékminta vizsgálatát.

RÖVIDÍTÉSEK

FTIR	A Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia, más néven FTIR-analízis vagy FTIR-spektroszkópia egy analitikai technika, amelyet szerves, polimer és bizonyos esetekben szervesetlen anyagok meghatározására használnak. Az FTIR-elemzési módszer infravörös fényt használ a vizsgálati minták letapogatására és a kémiai tulajdonságok megfigyelésére. ¹²⁹
Raman	A Raman-spektroszkópia egy roncsolásmentes kémiai elemzési technika, amely részletes információt nyújt a kémiai szerkezetéről, a fázisról és polimorfiáról, a kristályosságról és a molekuláris kölcsönhatásokról. Alapja a fénynek az anyagban lévő kémiai kötésekkel való kölcsönhatása. A Raman egy fényszórásos technika, amelynek során a molekula szórja a nagy intenzitású lézerefényforrásból beeső fényt. ¹³⁰
SEM-EDX	<i>Scanning electronmicroscopy with energy dispersive x-ray microanalysis</i> (pásztázó elektronmikroszkóp energia diszperzív röntgen analízissel) A pásztázó elektronmikroszkópia energiadiszperzív röntgenspektroszkópiával (SEM/EDX) a legismertebb és legszélesebb körben alkalmazott felületanalitikai technika. A felületi topográfiáról nagy felbontású, kiváló mélységélességű képeket készítenek nagy fókuszú, pásztázó (primer) elektronsugárral. Így bizonyos minőségi eleminformáció nyerhető. A mintából kibocsátott jellegzetes röntgensugarak elemzése (EDX- vagy EDS-elemzés) több mennyiségi eleminformációt ad. Az ilyen röntgenelemzés akár 1 köbmikronnyi elemzési térfogatra is korlátozható. A röntgenelemzéssel kísért SEM a felületelemzés viszonylag gyors és alapvetően roncsolásmentes megközelítésének tekinthető. Gyakran használják a felületanalitikai problémák felmérésére, mielőtt a felületre érzékenyebb és speciálisabb technikákat alkalmaznák. ¹³¹
XRD	<i>X-ray diffraction</i> (röntgen diffrakció) A röntgendiffrakciós analízis (XRD) egy roncsolásmentes technika, amely részletes információkat szolgáltat egy anyag kristályszerkezetéről, kémiai összetételéről és fizikai tulajdonságairól. A monokromatikus röntgensugarak és a kristályos minta konstruktív interferenciáján alapul. ¹³²
XRF	<i>X-ray fluorescence</i> (röntgen fluoreszcens spektroszkópia)

	A röntgenfluoreszcencia (XRF) a nagy energiájú röntgensugarakkal vagy gammasugarakkal bombázott anyagból származó jellegzetes „másodlagos” (vagy fluoreszcens) röntgensugarak kibocsátása. A jelenséget széles körben használják elemanalízisre és kémiai elemzésre, különösen fémek, üveg, kerámia és építőanyagok vizsgálatára, valamint geokémiai, törvényszéki tudományos, régészeti és művészeti tárgyak , például festmények kutatására.¹³³
--	---

ANALITIKAI VIZSGÁLATOK PARAMÉTEREI

Szemcsefelvételek: Zeiss Axio Scope.A1 (Optical microscopy, polarizációs mikroszkóp)

Kémiai tesztek: Zeiss Stemi 508

Keresztmetszet-csiszolat felvételek: Zeiss Axio Scope.A1 Fluorescence inverted microscope (ráeső fényes mikroszkóp)

BIBLOGRÁFIA

BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Acient Times*, Chemical Society Reviews, 2007

BERKE, H.; COBIÉRE, T.; PORTMANN, A.; FREISINGER, E.; WILD, F.;HUTTER, J.; LU, P.; YIN, X.; QINGLIN, M.; ZIGOU, Z,: *Man-Made Acient Chinese Blue and Purple Pigments*, 2009

BERKE, H.; WIEDEMANN, H. G.: *The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China*, East Asian Science, Technology, and Medicine (EASTM - Universität Tübingen), 2000

BOOTH, DOUGLAS GEOFFREY: *The Synthesis and Structure of Ultramarine Pigments*, University of Southampton, 2001

CASADIO, F.; BEZÚR, A.; FIEDLER, I.; MUIR, K.; TRAD, T.; MACCAGNOLAD S.: *Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments*, Journal of Raman Spectroscopy, 2012

CORBEIL M.C.; CHARLAND, J.P.; MOFFATT, E.A. ‘*The Characterization of Cobalt Violet Pigments*’ Studies in Conservation Vol.47, 2002

DUY KHIEM N; GUANG-VU B; JONG-HAN L; IN-TAE K.: *Synthesis and Irreversible Thermocromic Sensor Applications of Manganase Violet*, Materials, 2018, 11, 1693

Burai-Huber Janka: *A lila szín, a szervetlen lila színű pigmentek története és meghatározásuk célja*, TDK, 2024

EASTAUGH, N.; WALSH, V.; CHAPLIN, T.; SIDDALL, R.: *The Pigment Compendium*, Elsevier, 2004

FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China' *Studies in Conservation* **37** #3, 1992

GÁBOR, Z. et. al.: *Etimológiai szótár, Magyar Szavak és Toldalékok eredete*, Tinta Könyvkiadó, Budapest, 2006

HOLLOWAY, A.: *Han Purple: Ink pigment from 800 BC that quantum physicists ate trying to understand*, Technologies, Weapons & Gadgets of the Ancient World, 2016

KIRBY, J.; STONOR, K.; ROY, A.; BURNSTOCK, A.; GROUT, R.; WHITE, R.: *Seurat's Painting Practice: Theory, Development and Technology*, National Gallery Technical Bulletin Volume 24, 2003

LÁSZLÓ, KRISTON: *A műtárgyvizsgálatok alapjai*, Egyetemi jegyzet, MKE, 2002

LEE, J.D.; BROWNE, L.S.: *The Nature and Properties of Manganese Violet*, Journal of the Chemical Society A: Inorganic, Physical, Theoretical; Chemistry Department, Loughborough University of Technology, Loughborough, Leicestershire, 1968

O'HANLON, GEORGE :*Color Notes: Ultramarine Violet in Painting*, Natural pigments, January 24, 2023

PFAFF, GERHARD: *Encyclopedia of Color, Dyes, Pigments Volume 3: Mixed Metal Oxide Pigments-Zinc Sulfide Pigments*, Berlin, Németország, 2022

RICHTER, M.; HAHN, O.; FUCHS, R. 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe' *Studies in Conservation* Vol.46, 2001

ROY, A.: *Monet's Palette in the Twentieth Century: Water-Lilies and Irises*, National Gallery Technical Bulletin, Vol. 28, 2007

RUSSELL, J.E.; SINGER B.W.; PERRY J. J.; Bacon, A.: *The materials and techniques used in the paintings of Francis Bacon (1909–1992)*, *Studies in Conservation*, Vol.57 No.:4, 2012

SPRING M. 'Occurrences of the purple pigment fluorite on paintings in the National Gallery' *National Gallery Technical Bulletin* Vol.21, 2000

TAGER ALLEN: *Why was the Color Violet rarely used by Artists before the 1860s?*, *Journal of Cognition and Culture* 18, 2018

TAGER, A.; KIRCHNER, E.; FEDOROVSKAYA, E.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, *Color Research & Application*, 2020

WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, Ravensburger Buchverlang, Otto Maier GmbH, 1967, 1981, 1992

¹ <http://www.pigmentum.hu/fooldal.php?oldal=2> 2024.11.01.

² <http://www.pigmentum.hu/fooldal.php?oldal=2> 2024.11.01.

³ <http://www.pigmentum.hu/fooldal.php?oldal=2> 2024.11.01.

⁴ BOOTH, DOUGLAS GEOFFREY: *The Synthesis and Structure of Ultramarine Pigments*, 2-5.o.

⁵ LÁSZLÓ, KRISTON: *A műtárgyvizsgálatok alapjai*, <http://pigmentum.hu/fooldal.php?oldal=11#4> 2024.11.04.

⁶ <http://pigmentum.hu/fooldal.php?oldal=11#4> 2024.11.04.

⁷ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 1.o.

⁸ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 14.o.

⁹ TAGER ALLEN: *Why was the Color Violet rarely used by Artists before the 1860s?*, Journal of Cognition and Culture 18 (2018) 263.o.

¹⁰ GÁBOR, Z. et. al.: *Etimológiai szótár; Magyar Szavak és Toldalékok eredete*

¹¹ GÁBOR, Z. et. al.: *Etimológiai szótár; Magyar Szavak és Toldalékok eredete*

¹² GÁBOR, Z. et. al.: *Etimológiai szótár; Magyar Szavak és Toldalékok eredete*

¹³ GÁBOR, Z. et. al.: *Etimológiai szótár; Magyar Szavak és Toldalékok eredete*

¹⁴ <https://www.jacksonsart.com/blog/2023/11/10/the-story-of-manganese-violet/> 2024.09.13.

¹⁵ FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 145.o.

¹⁶ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 12.o.

¹⁷ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 12.o.

¹⁸ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 12.o.

¹⁹ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 12.o.

²⁰ FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 145.o.

²¹ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 12.o.

²² TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 13.o.

²³ TAGER et al.: *Computational evidence of first extensive usage of violet in the 1860s*, 13.o.

²⁴ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 187.o.

²⁵ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 42-43.o.

²⁶ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 101.o.

²⁷ FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 152.o.

²⁸ BERKE et al.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 1-2.o.

²⁹ BERKE, H.; WIEDEMANN, H. G.: *The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China*, 95-96.o.

³⁰ BERKE et al.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 1.o.

³¹ FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 145.o.

³² BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 24.o.

³³ BERKE, H.; COBIÈRE, T.; PORTMANN, A.; FREISINGER, E.; WILD, F.; HUTTER, J.; LU, P.; YIN, X.; QINGLIN, M.; ZIGOU, Z.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 2009 2.o.

³⁴ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 15.o.

- ³⁵ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 26.o.
- ³⁶ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 27.o.
- ³⁷ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 28.o.
- ³⁸ EASTAUGH, N.; WALSH, V.; CHAPLIN, T.; SIDDALL, R.: *The Pigment Compendium*, Elsevier (2004) 42.o.
- ³⁹ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, Chemical Society Reviews, 2007 28.o.
- ⁴⁰ EASTAUGH, N.; WALSH, V.; CHAPLIN, T.; SIDDALL, R.: *The Pigment Compendium*, Elsevier (2004) 42-43.o.
- ⁴¹ BERKE, H.; WIEDEMANN, H. G.: *The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China*, 97.o.
- ⁴² BERKE et al.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 8.o.
- ⁴³ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, 18.o.
- ⁴⁴ BERKE et al.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 8.o.
- ⁴⁵ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, 18.o.
- ⁴⁶ BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Ancient Times*, 24.o.
- ⁴⁷ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 187.o.
- ⁴⁸ FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China' 147.o.
- ⁴⁹ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 187.o.
- ⁵⁰ HOLLOWAY, A.: *Han Purple: Ink pigment from 800 BC that quantum physicists are trying to understand*, 65.o.
- ⁵¹ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 43.o.
- ⁵² BERKE et al.: *Man-Made Ancient Chinese Blue and Purple Pigments*, 95.o.
- ⁵³ BERKE, H.; WIEDEMANN, H. G.: *The Chemistry and Fabrication of the Anthropogenic Pigments Chinese Blue and Purple in Ancient China*, 111.o.
- ⁵⁴ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe' .3.o.
- ⁵⁵ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o
- ⁵⁶ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe' .3.o.
- ⁵⁷ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe' ,3.o.
- ⁵⁸ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 61.o.
- ⁵⁹ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 1.o.
- ⁶⁰ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 1.-2.o.
- ⁶¹ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 2.o.
- ⁶² EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o
- ⁶³ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 2.o.
- ⁶⁴ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 2.o.
- ⁶⁵ RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 3.o.
- ⁶⁶ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o

- ⁶⁷ RICHTER et al.: *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'*, 2.o.
- ⁶⁸ SPRING, M. *'Occurrences if the purple pigment fluorite on paintings in the National Gallery'*, 20.o.
- ⁶⁹ RICHTER et al.: *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'*, 2-3. o
- ⁷⁰ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o.
- ⁷¹ SPRING, M. *'Occurrences if the purple pigment fluorite on paintings in the National Gallery'*, 24.o
- ⁷² EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o.
- ⁷³ RICHTER et al.: *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'*, 1. és 4.o.
- ⁷⁴ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o.
- ⁷⁵ RICHTER et al.: *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'*, 4.o.
- ⁷⁶ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o.
- ⁷⁷ SPRING, M. *'Occurrences if the purple pigment fluorite on paintings in the National Gallery'*, 20.o
- ⁷⁸ RICHTER et al.: *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'*, 6.o.
- ⁷⁹ SPRING, M. *'Occurrences if the purple pigment fluorite on paintings in the National Gallery'*, 22.o
- ⁸⁰ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 165.o.
- ⁸¹ RICHTER et al. (2001) Richter, M.; Hahn, O.; Fuchs, R. *'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe'* Studies in Conservation Vol.46 (2001) 2.o.
- ⁸² CORBEIL et al. (2002) Corbeil, M.C.; Charland, J.P.; Moffatt, E.A. *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'* Studies in Conservation Vol.47 (2002) 240.o.
- ⁸³ <https://www.kremer-pigmente.com/en/shop/pigments/pigments-of-modern-age/45800-cobalt-violet-dark.html> 2024.10.06.
- ⁸⁴ CASADIO et al.: *Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments*, 3.o.
- ⁸⁵ CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 246.o.
- ⁸⁶ CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 240.o.
- ⁸⁷ CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 238.o.
- ⁸⁸ CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 238.o.
- ⁸⁹ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 118. és 123.o.
- ⁹⁰ CASADIO et al.: *Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based synthetic inorganic pigments*, 3.o.
- ⁹¹ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 118.o.
- ⁹² EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 118., 123. és 158.o.
- ⁹³ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 118.o.
- ⁹⁴ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 123.o.
- ⁹⁵ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 122-123.o.
- ⁹⁶ CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 237.o.
- ⁹⁷ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 123.o.
- és CORBEIL et al.: *'The Characterization of Cobalt Violet Pigments'*, 245.o.

- ⁹⁸ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 123.o.
- ⁹⁹ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 123.o.
- ¹⁰⁰ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 123.o. és CORBEIL et al.: 'The Characterization of Cobalt Violet Pigments', 246.o.
- ¹⁰¹ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 173.o.
- ¹⁰² EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 269.o.
- ¹⁰³ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 161.o.
- ¹⁰⁴ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 284.o.
- ¹⁰⁵ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 71.o.
- ¹⁰⁶ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 257.o.
- ¹⁰⁷ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 269.o.
- ¹⁰⁸ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 257.o.
- ¹⁰⁹ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 172.o.
- ¹¹⁰ <https://www.jacksonsart.com/blog/2023/11/10/the-story-of-manganese-violet/> 2024.09.04.
- ¹¹¹ <https://www.jacksonsart.com/blog/2023/11/10/the-story-of-manganese-violet/> 2024.09.04.
- ¹¹² <https://www.jacksonsart.com/blog/2023/11/10/the-story-of-manganese-violet/> 2024.09.04.
- ¹¹³ <https://www.jacksonsart.com/blog/2023/11/10/the-story-of-manganese-violet/> 2024.09.04.
- ¹¹⁴ LEE, J.D.; BROWNE, L.S.: *The Nature and Properties of Manganese Violet*, 560.o.
- ¹¹⁵ DUY KHIEM et al.: *Synthesis and Irreversible Thermocromic Sensor Applications of Manganese Violet*, 9.o.
- ¹¹⁶ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 174.o.
- ¹¹⁷ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 257.o.
- ¹¹⁸ EASTAUGH et al.: *The Pigment Compendium*, 382.o.
- ¹¹⁹ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 174.-175.o.
- ¹²⁰ O'HANLON, George -Color Notes: Ultramarine Violet in Painting in Natural pigments, https://www.naturalpigments.eu/artist-materials/ultramarine-violet?store=europe&from_store=usa&srsId=AfmBOoos4t-O5H3ovHGSSlqIgoCnBkCAR1Iq8wGcHZIshZFJQzCu9JUc 2024.09.14.
- ¹²¹ PFAFF, GERHARD: *Encyclopedia of Color, Dyes, Pigments Volume 3: Mixed Metal Oxide Pigments-Zinc Sulfide Pigments*, 1203.-1204.o.
- ¹²² WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 174.o.
- ¹²³ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 175.o.
- ¹²⁴ PFAFF, GERHARD: *Encyclopedia of Color, Dyes, Pigments Volume 3: Mixed Metal Oxide Pigments-Zinc Sulfide Pigments*, 1207.o.
- ¹²⁵ <https://www.jstor.org/stable/community.14283534> 2024.10.19.
- ¹²⁶ WEHLTE, KURT: *Werkstoffe und Techniken der Malerei*, 174.o.
- ¹²⁷ PFAFF, GERHARD: *Encyclopedia of Color, Dyes, Pigments Volume 3: Mixed Metal Oxide Pigments-Zinc Sulfide Pigments*, 1207.o.
- ¹²⁸ O'HANLON, George -Color Notes: Ultramarine Violet in Painting in Natural pigments, https://www.naturalpigments.eu/artist-materials/ultramarine-violet?store=europe&from_store=usa&srsId=AfmBOoos4t-O5H3ovHGSSlqIgoCnBkCAR1Iq8wGcHZIshZFJQzCu9JUc 2024.09.14
- ¹²⁹ <https://rtilab.com/techniques/ftir-analysis/> 2024.11.03.

¹³⁰ <https://www.horiba.com/int/scientific/technologies/raman-imaging-and-spectroscopy/raman-spectroscopy/> 2024.11.03.

¹³¹ <https://www.surfacesciencewestern.com/analytical-services/scanning-electron-microscopy-coupled-with-energy-dispersive-x-ray-sedex-spectroscopy/> 2024.11.03.

¹³² <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/x-ray-diffraction-analysis> 2024.11.03.

¹³³ https://en.wikipedia.org/wiki/X-ray_fluorescence 2024.11.03.

KÉPJEGYZÉK:

1. ábra: BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Acient Times*, 27.o.
2. ábra: BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Acient Times*, 27.o.
3. ábra: BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Acient Times*, 24.o.
4. ábra: BERKE, H.: *The Invention of Blue and Purple Pigments in Acient Times*, 25.o.
5. ábra: FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 147.o.
6. ábra: FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 148.o.
7. ábra: FITZHUGH, E.W.; ZYCHERMAN, L.A. 'A Purple Barium Copper Silicate Pigment from Early China', 149.o.
8. ábra: HOLLOWAY, A.: *Han Purple: Ink pigment from 800 BC that quantum physicists ate trying to understand*, 65.o
9. ábra: Saját felvétel
10. ábra: Saját felvétel
11. ábra: RICHTER et al.: 'Purple fluorite: a little known artists' pigment and its use in late Gothic and early Renaissance painting in Northern Europe', 9.o.
12. ábra: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/master-of-cappenberg-jan-baegert-christ-before-pilate> 2024.09.24
13. ábra: <https://www.roemerholz.ch/sor/en/home/museum/the-collection/periods/france--germany-and-austria--15th-and-16th-centuries/lucas-cranach-the-elder--portrait-of-anna-putsch--1502.html> 2024.09.24.
14. Forrás: Galambos Éva DLA
15. ábra: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/probably-by-michael-pacher-the-virgin-and-child-enthroned-with-angels-and-saints> 2024.09.24.
16. ábra: Saját felvétel
17. ábra: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/claude-monet-water-lilies> 2024.09.28.
18. ábra: ROY, A.: *Monet's Palette in the Twentieth Century: Water-Lilies and Irises*, 59.o.
19. ábra: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/ignace-henri-theodore-fantin-latour-a-basket-of-roses> 2024.09.28
20. ábra: RUSSELL, J.E.; SINGER B.W.; PERRY J. J.; Bacon, A.: *The materials and techniques used in the paintings of Francis Bacon (1909–1992)*, 215.o.
21. ábra: <https://www.artevarese.com/nella-primavera-del-coronavirus-la-bambina-coi-fiori/> 2024.10.11.
22. ábra: <https://www.artic.edu/artworks/5357/the-red-armchair> 2024.10.08.
23. ábra: <https://images.fineartamerica.com/images/artworkimages/mediumlarge/1/1-pink-water-lilies-claude-monet.jpg> 2024.10.10.
24. ábra: <https://collections.mnbaq.org/fr/oeuvre/600006492> 2024.10.06.
25. ábra: <https://customprints.philamuseum.org/detail/457840/c%C3%A9zanne-the-large-bathers-1900-1906> 2024.10.06.
26. ábra: <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/claude-monet-bathers-at-la-grenouillere> 2024.10.06.
27. ábra: <https://fine-arts-museum.be/fr/la-collection/paul-delvaux-la-voix-publique?artist=delvaux-paul-1> 2024.10.14.
28. ábra: <https://www.wikiart.org/en/georges-seurat/horses-in-the-water-1883> 2024.10.06.
29. ábra: Saját felvétel
30. ábra: Saját felvétel
31. ábra: KIRBY, J.; STONOR, K.; ROY, A.; BURNSTOCK, A.; GROUT, R.; WHITE, R.: *Seurat's Painting Practice: Theory, Development and Technology*, 35.o.

32. ábra: <https://fine-arts-museum.be/fr/la-collection/paul-delvaux-l-hiver?artist=delvaux-paul-1> 2024.10.14.
33. ábra: https://www.guggenheim.org/wp-content/uploads/1947/01/76.2553.150_ph_web-2.jpg 2024.10.14.
34. ábra: <https://useum.org/artwork/New-Rays-Edvard-Munch-1914> 2024.10.15.
35. ábra: <https://az333960.vo.msecnd.net/images-9/harvesting-women-edvard-munch-1912-17ab764f.jpg> 2024.10.15.
36. ábra: Saját felvétel
37. ábra: Saját felvétel
38. ábra: <https://www.jstor.org/stable/community.14283534> 2024.10.19.
39. ábra: Saját felvétel
40. ábra: Saját felvétel
41. ábra: Saját felvétel