

Magyar Képzőművészeti Egyetem  
Doktori Iskola

Szerves és szervetlen fekete és szürke pigmentek  
fénymikroszkópos vizsgálatai  
és kimutatási lehetőségei

Vihart Anna

DLA értekezés  
2011

Témavezető:  
Kriston László fizikus

# Tartalomjegyzék

A gyűjtemény létrejöttéről .....	5
A témaválasztásról.....	6
I. A fekete pigmentek előállítása receptek és leírások alapján, mintagyűjtemény készítése ....	8
A gyűjteményben tárgyalt feketék fajtái .....	10
Áttekintés a feldolgozott pigmentekről	
A növényi feketék .....	11
További két szerves eredetű pigment: a koromfekete és a csontfekete .....	13
Szervetlen, ásványi feketék .....	14
Fekete pigmentek polarizációs mikroszkópos vizsgálatai .....	16
Fekete pigmentek vizsgálata luminszcenciás mikroszkóppal .....	17
Fekete pigmentek előfordulása műtárgyakon .....	18
Elváltozott vagy keverékként fekete színt adó anyagok .....	19
A fekete pigmenteket bemutató mestermunka felépítése .....	21
Mintatábla .....	24
II. Műtárgyakból származó anyagminták .....	29
Falképek, falfestések, kőszobrok pigmentmintái .....	30
Táblaképek, faszobrok pigmentmintái.....	42
A felsorolásban szereplő műtárgyak pontos adatai .....	50
Irodalomjegyzék .....	53
Köszönetnyilvánítás .....	55

## A gyűjtemény létrejöttéről

A leírás a fekete és sötétszürke pigmentféléseket elemzi, és rendszerezi nyersanyaguk, előállításuk, festéstechnikai tulajdonságaik alapján. A pigmentek felhasználási területeiről, megjelenésbeli sajátosságairól szól, kiemelt súlyt fektet a fénymikroszkópokkal végezhető vizsgálatokra, ezek lehetséges eredményeinek bemutatására.

A téma újdonsága, hogy egy szokványos pigmentvizsgálati módszerekkel körülményesen tanulmányozható, és emiatt kevésbé ismert anyagcsoportot mutat be közelebbről.

Elsősorban arra törekszik, hogy a csoportban rejlő sokféleséget megláttassa.

Mivel a fekete pigmenteknek sem fajtái, sem fénymikroszkópos elemző módszerei nem közismertek teljességükben, a dolgozatnak és a hozzá kapcsolódó mestermunkának egyszerre mindkét hiányt pótolnia kellett: a vizsgálatok alapját képező pigmentgyűjtemény előállítását, valamint a vizsgálati feltételek és lehetőségek kidolgozását.

Az anyagcsoport kimutathatósága ugyanis eltér a szokásos pigmentvizsgálati gyakorlattól.

Jelen dolgozat a fekete és sötétszürke pigmenteket röviden mutatja be. A fekete anyagok rendszerezésére és alaposabb ismertetésére a dolgozathoz kapcsolódó, a témát egészében kifejtő két gyűjtemény készült. A célnak ugyanis, az önálló munkaként külön-külön használható, képekkel gazdagon ellátott könyv formátum jobban megfelelt.

A vizsgálatok alapja egy több mint százféle fekete pigmentet tartalmazó anyaggyűjtemény, mely legnagyobb részének előállítását a szerző végezte a 2004. és 2011. közötti időszakban.

Ehhez járul még néhány ma gyártott pigmentfélése is, valamint három pigmentgyűjtemény fekete anyagai.

A pigmentmintákból fénymikroszkópokkal tanulmányozható csiszolatok és keresztmetszetek készültek, melyek száma szintén több száz.

Az anyagcsoport vizsgálata a fenti gyűjtemény létrehozása nélkül nem lett volna kivitelezhető, mivel ezek legtöbbször már nem gyártják, a festményeken szereplő pigmentek forrását pedig nem ismerjük.

## A témaválasztásról

A restaurátor festményeket, műtárgyakat vizsgálva anyagok sorával találkozik: ezeket a tárgy alkotója egyrészt aszerint választotta, hogy az adott időben és helyen mi volt a környezetében elérhető, milyen kereskedelmi kapcsolatok éltek a városban. A festékek készítése pedig - ahogyan ma is - attól függött, hogy milyen hagyományok, receptek voltak ismertek és kedveltek. Az anyagválasztást ezeken túl meghatározta, hogy a mester mire alkalmazta - falképen vagy táblaképen, illusztrált könyv lapjain vagy festményen, önmagában vagy keverékként, nem utolsósorban, hogy milyen hatás elérése volt a célja.

A pigmentek egy részét behatóan ismerjük, számos publikáció szól róluk, ám vannak köztük kevésbé feldolgozott, ismeretlen csoportok is. A feketék ez utóbbiak közé tartoznak. A dolgozatban egységesen fekete pigmenteknek nevezem őket, de a teljességhez hozzátartozik, hogy az ásványi eredetű pigmentek színe inkább sötétszürkének nevezhető.

Az ipari eljárások elterjedése előtt a feketék palettája a mainál sokkal változatosabb lehetett. Ez a szakirodalmi forrásokból is sejthető: gyakran ajánlanak különböző nyersanyagokból készített fekete pigmentféléket, keverékeket, amelyekkel valamely kívánatos és tetszetős színhatást lehet elérni, vagy önmagában véve kiváló minőségűnek tartanak, jó használati tulajdonságai, szép, mély fekete színe miatt.

Tehát egy kiterjedt és változatos tulajdonságokkal rendelkező anyagcsoportról van szó.

A felsorolásban számos pigment szerepel, de a kör még így sem teljes: nem került bele a vas-gallusz tinta, sötét színű csillámféleségek, továbbá néhány olyan anyag, amelyet bár egyes szakirodalmi források feketeként tartanak számon, mégis inkább a barna színek csoportjába tartoznak.

A területtel szakdolgozatom keretein belül kezdtem el foglalkozni,<sup>1</sup> mely a szerves majd a szerves pigmenteket bemutató, Galambos Éva dolgozatának rendszerét követő sorozat negyedik és egyben utolsó darabjaként íródott.<sup>2</sup>

Az említett szakdolgozatban a szerves kék, zöld pigmenteket, színezékeket és fekete pigmenteket vettem sorra: elsőként a szakirodalmi forrásokból róluk olvasható ismereteket, készítésüket leíró recepteket gyűjtöttem össze, foglaltam rendszerbe. Második lépésként a tárgyalt pigmentek mikroszkópos vizsgálata következett volna - de mivel az anyagcsoport néhány kivételtől eltekintve ma már nemigen használatos, a mikroszkópos preparátumok elkészítése - mintaanyag híján - rögtön nehézségekbe ütközött.

---

<sup>1</sup> Vihart Anna: Szerves kék, zöld pigmentek és színezékek, szerves és szervesetlen feketék; Témavezető: Forrai Kornélia, Kriston László; MKE, Restaurátorképző Intézet, 2005

<sup>2</sup> Galambos Éva: Főként Európa területén az ókortól a XIX. század végéig használatos kék, zöld és vörös szervesetlen pigmentek; MKE, 2001

Károlyi Anna: Főként Európa területén az ókortól a XIX. század végéig használatos szervesetlen fehér, sárga és barna pigmentek; MKE, 2003

Petrik timea: Természetes szerves vörös, sárga és barna pigmentek és színezékek az ókortól a XIX. századig. Vékonymetszet-készítés; MKE, 2005

Az említett szakdolgozatban tárgyalt pigmentek nagy részét csak leírásokból ismerjük, mint a festéstechnika történeti emlékét. Néhány növényi eredetű kék és zöld lakkpigment használata talán saját korában is csak divat volt, egy-két évtized elmúltával már nem alkalmazták, mivel felismerték hátrányos tulajdonságait, elsősorban gyenge színtartását. Mivel ma már nem állítanak elő sem (az eredeti receptnek megfelelő összetételű) nedvzöldet, sem írisz zöldet vagy búzavirág kéket - ezért, a kiinduló színezékek és pigmentek hiányában én magam kezdtem el a rendelkezésemre álló receptek alapján, a megfelelő növényeket, és egyéb alapanyagokat beszerezve, elkészíteni a kívánt színeket. Megállapítható volt, hogy a receptekben sorolt növények virágaiból, bogyóiból tényleg bámulatos szép színek készíthetők.

Ez a gyűjtemény segítette a téma továbbgondolását. A kezdeti sikerektől fellelkesülve a házilag előállítható pigmentek egyre nagyobb számban kerültek sorra. A feketék között is sok olyan szerepel, aminek a neve ismert ugyan, de gyártása ma már kevésbé jellemző. A recepteket végigolvasva, és a számításba jövő alapanyagokat sorra véve, lépésről lépésre egyre több és többféle fekete pigment készült el, kezdve a lámpakoromfeketével, folytatva a számtalan növényi feketével, a csontfeketével, egészen az ásványi feketéig.

A festékeket azért is volt fontos házilag előállítani, mert a boltokban kapható anyagok jelzett és valós összetétele között előfordulhatnak eltérések. Erre pedig nem lehetett vizsgálatokat alapozni. Az elnevezések tekintetében egy további bizonytalansági tényező lép be, hiszen sok átfedés tapasztalható.

Ez az óriási mennyiségű anyag már sokfélesége folytán is több kérdést felvetett, és megismerésük, különbözőségeik alaposabb vizsgálatokat igényeltek.

A feketék változatos csoportja - a szerves kék és zöld színezékekkel szemben - nem rossz színtartásuk következtében szorult háttérbe, hanem mert megváltoztak a festékgyártás módszerei és arányai. Ha manapság mégis megtalálhatóak, akkor is viszonylag kis mennyiségben forgalmazzák a történetileg használt pigmenteket. Megváltozott a fekete színeknek is a palettája, a ma már egyre nagyobb mennyiségben, iparilag előállított festékek alapanyagául például a mesterséges vas-oxid fekete jobban megfelel.

Nem gyártják ugyan a történetileg használt pigmentek mindegyikét, de ezek az anyagok a restaurátorok által vizsgálatra kapott és kutatók festmények, falképek színei között ott vannak, a vizsgálatot végzők nap mint nap találkozhatnak velük. A fekete pigmentek is, mint a festményeket felépítő minden egyes anyag, a készítés idejéről, helyéről és szokásairól tudathat minket. Ezért fontos azoknak a kérdéseknek a megválaszolása, milyen csoportokkal találkozhatunk, ezeknek mik a morfológiai és optikai jellemzői, milyen következtetések vonhatók le ezeknek láttán.

## I. A fekete pigmentek előállítása receptek és leírások alapján, mintagyűjtemény elkészítése

A pigmentgyűjtemény alapvetően négy csoportra tagolódik, a legnagyobb csoport a növényi anyagokból szenesített feketék, köztük a magok, faszemek és a venyigefekete. Különálló csoportot képeznek a lángkormok, a csontokból égetett állati szenek, végül az ásványi anyagok megőrlésével előállított szerves pigmentek.

A növényi és állati eredetű szerves pigmentek előállítása során a fákat, magokat és csontokat légmentesen elzárva elszenesítettem, többjüket nem is egy alkalommal.

A legelterjedtebb fekete pigment a faszén, irodalma ennek a legnagyobb. A szakirodalmi források némelyike egyes fajokat ajánl, míg mások alkalmazását nem javasolja. Ez valószínűleg függ a helyi szokásoktól, ahogy a terület faállományától is. E sokféleség miatt és természetesen a vélemények, ajánlott anyagok tulajdonságainak ellenőrzése érdekében a legnagyobb mennyiségben faszénfeketéket kerültek előállításra.

A sok-sok anyag között már a szenesítés után is észrevehetőek voltak a különbségek: a könnyű szövetű lucfenyő szinte formáját veszítve összezsugorodott, ahogy a nedvesség eltávozott belőle és



rostjai elszenesedtek. A keményebb anyagok egészen másként viselkedtek, szinte semmi nem változott az alakjukon, a színük feketedését kivéve. Őrlés közben a szenek szintén eltérően viselkedtek: egyes fajták szinte azonnal készen álltak a festésre, finom szerkezetük okán, míg másokat alig lehetett rávenni arra, hogy felaprózódjanak.

◆ I/1. A pigmentek

A leírásokban a faszenektől különválasztva szereplő szőlővenyige kiválóan alkalmas pigmentkészítésre: könnyen, gyorsan elszenesedik, rövid idő alatt finomra őrlhető, és nem utolsósorban szép, mély fekete színt ad. Jó tulajdonságai annak köszönhetőek, hogy a friss hajtások ásványi anyagokat nemigen raktároztak el, ennek következtében szinte tiszta szén készíthető belőle. A faszénfeketéket festőkönyvekben kedvezőtlenebb véleményeket kaptak, miszerint színük erőtlen és szürke. Ennek ellenére a lombhullató fákból is a venyigefeketéhez hasonló minőségű, mély fekete pigment készíthető, bár szerkezetük sűrűségének és ásványi anyag tartalmának függvényében némelyikük hosszabb szenesítést és őrlést igényel.

Ahhoz, hogy műtárgyak fekete pigmentjei vizsgálhatók legyenek, és a szemcseformákra rálátásunk legyen, összehasonlító anyagra volt szükség. Ezért a pigmentekből mikroszkópos preparátumok készültek.

Csiszolatok készítéséhez a pigmentek elsőként epoxigyanta kötőanyaggal összekeverve, mintagyűrűbe öntve szilárdultak meg. Ugyanezek a pigmentek kerültek fel mintatáblára, fehér pigmenttel keverve. A táblából vett mintákból keresztmetszet-csiszolatok készültek. Így a szemcsék csiszolt képe festékrétegen belül is tanulmányozhatóvá vált.

A szemcseminták készítésekor a pigmentszemcsék tárgylemez és fedőlemez közé kerültek, a beágyazó közeg többnyire kanadabalzsam, egyes esetekben cédrusolaj volt. Átmenő fényben a szemcsék formai sajátosságait láthatjuk, a színüket, a szemcseméretüket, eloszlásukat. Ásványi anyagoknál vagy csontfeketénél megfigyelhetjük az anyag optikai tulajdonságait is, például fényvisszaverésének mértékét, kettőtörését, vagy ehhez kapcsolódóan a bireflexiót.

Az összehasonlító anyag tehát arra jó, hogy a mintákat végigtanulmányozva leírható, adott vizsgálati feltételek mellett melyik pigment hogyan jelenik meg, milyen körülmények között vizsgálható a legeredményesebben.

Ezen túl a faszemek vizsgálatakor érdekes lehet, melyik fajban milyen jellegzetes szemcsetípusok fordulnak elő, és ezek mennyire gyakoriak. Az így kapott átlagérték támaszul szolgálhat a műtárgyakból származó faszénminták elemzésénél, mert a festményekből vett minták kiértékelése egészen más, mint a tiszta pigment vizsgálata. A szemcsék ott kisebb számban vannak jelen, többnyire kötőanyag törmelékeitől körülveve. Az sem biztos, hogy a jellegzetes darabok olyan irányban fordulnak, hogy a mikroszkóp fényforrása átvilágíthatja a formáit, vagy egyéb tényezők nem szólnak-e közbe, melyek megakadályozzák a fekete pigment karakteres jegyeinek felismerését.

A szemcseminták és a csiszolatok mindegyikéről számos felvétel készült, melyeket a pigmentek mikroszkópos tulajdonságainak bemutatásához felhasználtam.

## A gyűjteményben tárgyalt feketék fajtái

A fekete pigmentek többféle szempont szerint rendszerezhetők. Elsőként, feloszthatók szerves és szervetlen pigmentek csoportjára.

A nyersanyag eredete szerint lehetnek növényi-, állati-, korom- és ásványi feketék. Létrejöhetnek természetes vagy mesterséges úton. Természetes anyag például a grafit, a kőszén, a galenit. A mesterséges csoportba tartozik a szenesítéssel előállított faszén, csontszén és lámpakorom fekete, tehát mindazok, melyek az emberi beavatkozás következtében nyerték el formájukat.

A szénfeketét is lehet osztályozni, vannak köztük elszenesedett anyagok (növényi- és állati eredetű szenek), üledékek (kőszén), kormok (koromfeketék), kristályok (grafit).

Sőt, nem minden fekete, ami annak látszik. A sötét szín kialakulhat mikroorganizmusok jelenlétében, az anyag öregedése, szennyeződése vagy kémiai átalakulása miatt (ilyen termék az ezüst-klorid, ezüst-szulfid, ólom-szulfid, fekete réz-oxid), esetleg kristályszerkezeti változás eredményeként (metacinnabarit).

Szerves eredetű anyagok	növényi feketék (faszénfeketék, magfeketék) csontfeketék kormok kőszén
Szervetlen anyagok	grafit vas- mangán- bizmut- antimon- ólomtartalmú fekete anyagok

Tehát a kiinduló anyagok sokfélék. Különböfélé a megjelenésük, a szerkezetük is, eltérő módszerekkel vizsgálhatók. Ásványi anyagoknál van lehetőség kémiai tesztekkel az ólom- és a vastartalom kimutatására, sőt, nagyműszeres vizsgálattal anyagaik, molekuláik, kristályszerkezetük is meghatározható. Csontfeketénél a foszfáttartalom szintén kimutatható.

A fekete pigmentek legnagyobb számú csoportjának, a növényi szeneknek vizsgálatakor ezzel szemben semmi másra nem hagyatkozhatunk, mint a szemrevételezésre. Hiszen esetükben a kémiai eljárások nem hoznak eredményt, ahogyan műszeres vizsgálatok sem segítenek a megkülönböztetésükben.

Vannak tehát olyan kérdések is, amire nem kaphatunk biztos választ.

Ez a gyűjtemény ezért nem is vállalkozhat arra, hogy a feketékhez minden esetben alkalmazható határozókulcsot adjon, csupán arra, hogy sokféleségüket bemutassa, és jellemző jegyeik rendszerezésével bizonyos határokon belül megkülönböztethetővé tegye azokat.



## Áttekintés a feldolgozott pigmentekről: a növényi feketék

A növényi szén a korábbi századokban készült művészeti alkotások legtöbbször megtalálható. Alkalmazták tisztán és keverékekben, aláfestőrétegben az anyagköltség csökkentése érdekében, vagy a színárnyalat módosítására. De vakolatba keverve is előfordul, a vakolat könnyítésére, a rétegek közötti feszültség csökkentésére, a karbonátosodás elősegítésére. Sőt, vászonképek hátoldali védelmére, páradiffúzió mérséklésére is felhasználják. Tehát sűrűn, sokféle célból alkalmazzák őket, műtárgyak gyakori alkotója.

Növényi feketék vizsgálatakor általában apró szemcséket vizsgálunk, ezért a szövetek alapján pontos forrás meghatározására nincs lehetőségünk. Am ha fajta nem is lehet meghatározni, de a szemcsék törési felületéből, falvastagságából következtethetünk arra, hogy a szerkezet mennyire stabil, masszív. A kemény és puha szövetű anyag másképpen aprózódik.

Az összehasonlító mintakészletet vizsgálva például megállapítható, hogy több olyan töredék és szemcsetípus létezik, amely fák egy-egy csoportjában gyakori, míg más fajknál nem fordul elő. A szerkezetfelépítő elemek ugyan hasonlóak, de a mintán belül más arányban láthatók meg. A faanatómia segít az egyes típusok származási helyének azonosításában - találkozhatunk például a létrás edényáttörés töredékeivel, amely a fák csoportjára jellemző; továbbá edények, áledények, bélsugarak- esetleg más szövetek gödörkével borított falával. A gödörkék mérete, formája, egymáshoz viszonyított helyzete, felépítése az egyes fafajokon belül is változik annak megfelelően, hogy melyik szövet falán, a fa melyik pásztyájában alakult ki. Ennek ellenére egyes gödörke típusok a fák egyik csoportjából égetett és őrölt pigmentben jellemzőek, míg másokban nem fordulnak elő. <sup>(kép 2-5)</sup>

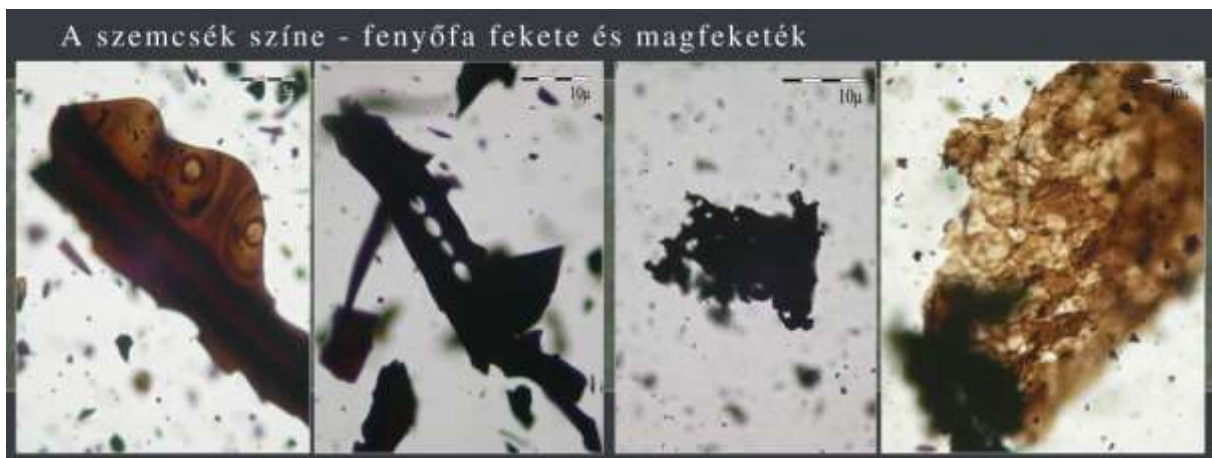


♣ I/2., 3., 4., 5. Faszenekből készített szemcsepreparátumok, létrás, hálós szemcseformák és gödörke-típusok.

A létrás áttörések töredékeinek mérete, a fenyők kereszteződési mezőinek gödörkéi, a bélsugarak hálós szerkezete mind a jelenlevő fafajra utal. Ezen túl látható a különbség a fenyőfélék, lombosfák és a gyümölcsök csonthéjas magjaiból szenesített szemcsék formája között. Míg a fenyőfélék szemcséi éles töredékekben, üveghez hasonlóan, táblásan repedezett vékony lapok formájában jelennek meg, a lombosfák szemcséi hajlamosabbak inkább szálkákra, tömbökre szétesni, morzszálódni, a táblás megjelenés kevésbé jellemző rájuk. A morfológiai elemzés jellegzetes szöveti elemek jelenléte híján azonban nem biztos módszer, ennek alapján az esetek többségében biztos következtetést nem lehet levonni.

A vizsgált anyagokat mintatáblára felfestve jelentős eltérés volt a fenyőfélék és a lombosfák jellege között. A fenyőfélék - ha látszatra apróra is törtek - szemcséinek szálkás tömege mintatáblára felfestve nem adott összefüggő festékfilmet. Hosszú ideig őrölve a helyzet némileg javult, de a minták egyike sem olyan mély tónusú, finom anyag, mint a lombos fákból készült minták. Ebből következhet a feltevés, hogy fenyőfélékből készült szenet finom munkára nem alkalmaztak.

A növényi feketék között az irodalmi források a csonthéjas magokból előállított pigmentet is több helyen felsorolják, mint gyakran alkalmazott, jó minőségű anyagot.<sup>(kép 7)</sup> A mintagyűjtemény darabjai ezt a jó véleményt csak erősítik. Valójában nem tudjuk, műtárgyakon milyen gyakorisággal találkozhatunk velük, mert a faszénfeketétől való megkülönböztetésük nehézkes lenne. Az összehasonlító anyag alapján elmondható, hogy a magfeketékre nem jellemző a faszenek hosszúkas szemcseformája, de ez nem bizonyító adat a jelenlétükre vagy a hiányukra, hiszen az apróra tört, lombosfából égetett feketék szemcséi között sem mindig jellemzőek a hosszúkas töredékek.



♣ I/6., 7. Fenyőfából égetett fekete, jobbra magfekete ősz- és sárgabarackmagból, polarizációs mikroszkópos felvételek, átmenő fényben.

A növényi- és csontfeketék színe változó, polarizációs mikroszkóppal vizsgálva barnától a feketéig terjed. A szín nincs kapcsolatban a fa fajtájával, egyedül a szenesítés mértékétől függ. A tökéletesen elszenesedett csontok és növényi szemcsék már nem áttetszőek.<sup>(kép 6, 7)</sup>

A nyers fa polarizációs mikroszkóppal vizsgálva áttetsző, halvány barnás árnyalatú, keresztezett analízátor állásnál kettőstörő. A szenesítés előrehaladtával, a cellulóz bomlásával ezek a tulajdonságok fokozatosan megváltoznak.

A faszenek mellett, a tökéletesen elszenesedett, fekete pigmentmintában előfordulnak egyéb kettőstörő anyagok is. Ezek a fa életműködése során, vízben oldott formában kerülnek a szövetekbe, ott

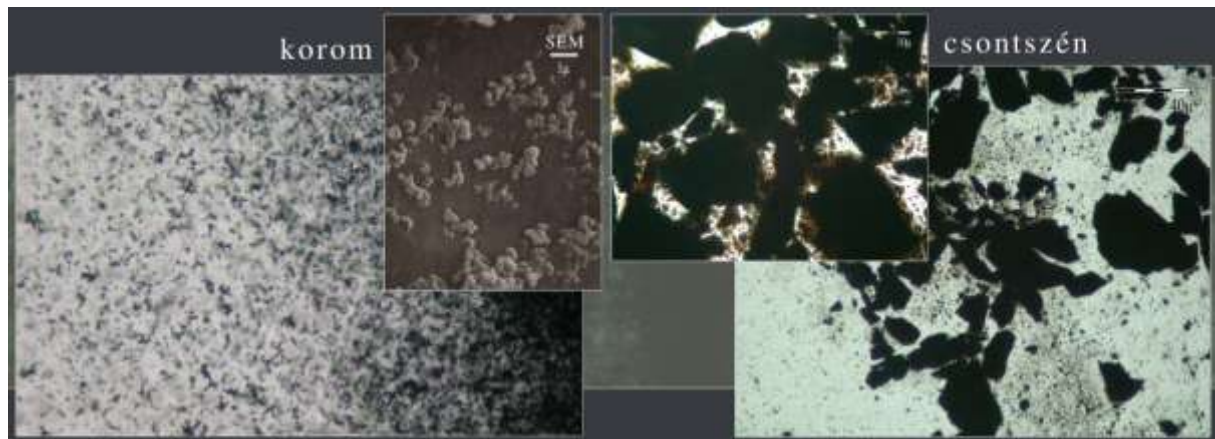
átalakultak és elraktározódtak. A szenesítés előreheladtával ezek közül a hőre bomló fajták eltávoznak, a szemcsék száma és sokfélesége is csökken.<sup>(kép 8)</sup> A faminták némelyikét több alkalommal is szenesítettem, egyszer hosszabb, máskor rövidebb ideig. Egymás mellett vizsgálva tanulságos volt látni, hogy fokozatosan sötétednek a szövetek, a faszén mellett az ásványi anyagok összetétele hogyan módosul. Bár ezek az ásványi anyagok a fa szövetében keletkeznek, hozzá tartoznak, de a műtárgy



anyagainak elemzése során jelenlétük mégsem nyújt segítséget. A kettőtörő szemcsék vizsgálata a tiszta pigmentben megoldható - de műtárgyából vett mintán nehézkes lenne, hiszen a kötőanyag és az alapozó szemcséi sokszor szintén kettőtörők, ezért eredetük meghatározása nem lenne biztonsággal elvégezhető.

♣ I/8. Kettőtörő ásványok vörösfenyőben. Párhuzamos és keresztezett analízatorállásnál.

További két szerves eredetű pigment: a koromfekete és a csontfekete



♣ I/9. Koromfekete átmenő fényben és SEM felvételen. ♣ I/10. Csontfekete pigment kanadabalzsamba ágyazva, átmenő fényben, polarizációs mikroszkópos felvételek.

A koromfekete aprószemcsés pigment, szemcsemérete a polarizációs mikroszkóp felbontási határa alatt van. A szemcsepreparátumban látható pontocskák már maguk is aggregátumok. A koromfekete éppen apró szemcsemérete miatt a legjobb tintának, de festékfilmbe nem ajánlják, mert átvérzésre hajlamos.

A csontfekete szemcsemérete az őrlés idejétől függ. Színét befolyásolja a szenesedés mértéke és a szemcse vastagsága, a vékonyabb, áttetsző szemcseszéleken látható barnás színe és a csont érdes felülete. Kismértékben kettőtörő hidroxil-apatit tartalma miatt, de ez a tulajdonsága műtárgyból vett mintán a kötőanyag és egyéb anyagok jelenléte miatt csak alapos előkészítés és tisztítás után tanulmányozható. A hidroxil-apatit jelenléte műszeres vizsgálattal kimutatható.

## Szervetlen, ásványi feketék

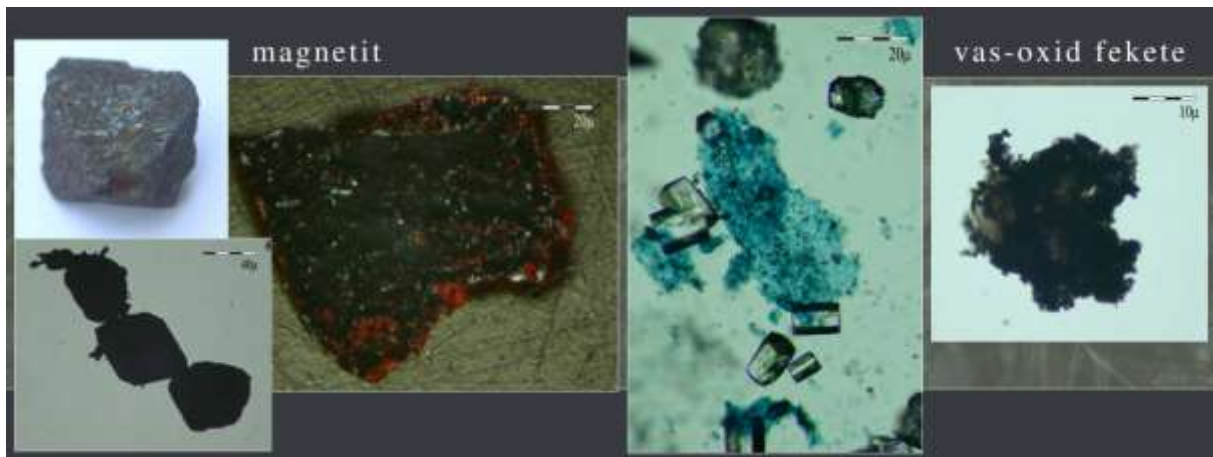
Ásványi eredetű feketék a jelen munka elkészítésének ideje alatt vizsgált műtárgyakon egy-két esetben voltak találhatóak. Azonban a szakirodalom elmlítést tesz róluk, alkalmazása ezért feltételezhetően ennél szélesebb körű, ha a vizsgált műtárgyanyag ezt nem is támasztja alá. A felsorolt ásványok mindegyike (a magnetit ásványt kivéve) könnyen őrlhető, szép szürkés-fekete színt ad. Fémes fényüket a festéstechnikában kihasználták: ha nem őrik őket nagyon apróra, ezekkel az ásványokkal festett vagy beszórt felület ezüstösen csillámlik, ezért alkalmazták páncélzat, fegyverek megfestéséhez. Mangántartalmú szürke ásványokat felhasználhattak szikkatívként, a száradás elősegítésére is.

Fekete és szürke, nagy tisztaságú, pigmentként felhasználható ásványok viszonylag ritkán fordulnak elő. Az sokkal gyakoribb, hogy különféle ásványtársulásokban találkozunk velük, vagy kőzetek alkotóiként vannak jelen. Ásványi, fekete pigmentek jelenléte földrajzilag körülhatárolható: ahol a természetben előfordulnak vagy kereskedelem útján elérhetőek voltak, ott fel is használták őket, máshol viszont nem jellemzőek. Míg a színes ásványokat gyakran messze földről szállítják, magas árat fizetnek érte, mert színük miatt nem pótolhatók, addig a fekete anyagok olcsó növényi- és állati szennel a legtöbb alkalmazási területen kiválthatóak. Ez lehet a magyarázata, hogy nem elterjedt anyagai műalkotásoknak, előfordulásuk ezért feljegyzendő, egy-egy alkotó munkásságához, területekhez kapcsolódik. Itt fel lehet sorolni például Raffaello Santi két festményét, melyeken bizmut jelenlétét mutatták ki, vagy A. A. Correggio egyes képeit, melyeken antimonit van jelen. Ezen felül megemlíthető, hogy az amerikai festő, Albert Bierstadt több képén is ipari célokra gyártott grafit tartalmú festéket alkalmazott, egészen addig, amíg rá nem jött arra, hogy a védőréteggént felhordott alapozó káros hatással van a festményeire.

Az egyes kőzetek megjelenése és színe függ attól, milyen tisztaságú - például, ha a grafitban kevés a kísézőanyag, lemezes szerkezetének köszönhetően jól hasad, héjakra emlékeztető szemcsékre esik szét, ezzel szemben, ha földes kifejlődésű, szemcséi apróbbak, formájuk nem jellegzetes. Kísézőanyagok jelenléte színét, felhasználhatóságát is rontja. A gyakran emlegetett fekete föld is kisebb-nagyobb grafit tartalmú földes anyag, ahogyan a palafekete is vastartalmú színezőanyag vagy grafit által feketére színezett, palás szerkezetű kőzet.

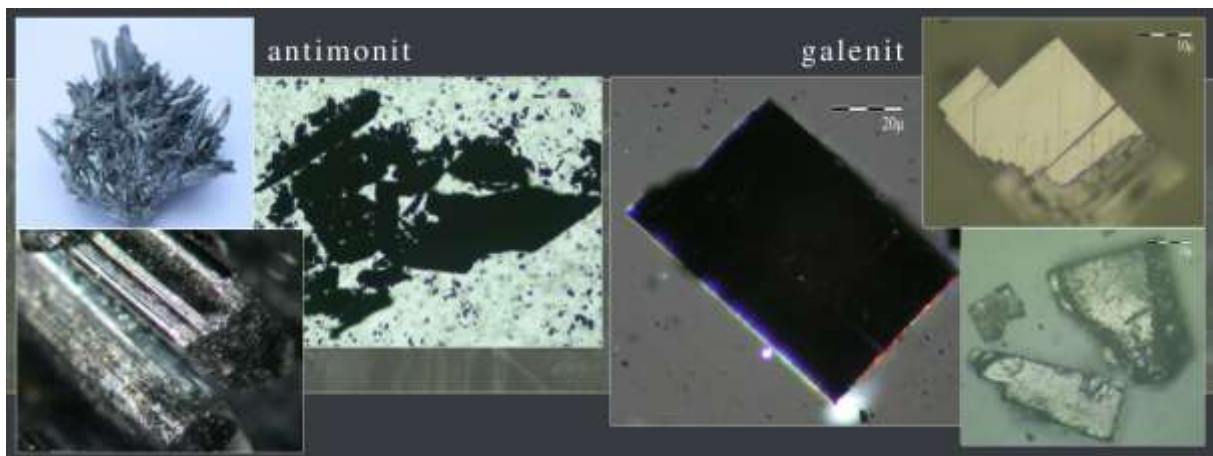
Az ásványi feketék egy része, amelyeknek szemcsemérete elég nagy, az anyagra jellemző módon kristályosodtak, szemcses karakterük és optikai tulajdonságaik alapján meghatározhatóak vagy műszeres vizsgálatok segítségével jelenlétük kimutatható. <sup>(kép 11, 13-16)</sup>

A legismertebb szervetlen, modern fekete pigment a mesterséges vas-oxid fekete, ami a 20. század első évtizedei után egyre elterjedtebben használatos, jelenléte vas-tesztel kimutatható. <sup>(kép 15)</sup> Ám a mesterséges vas-oxid fekete nem 20. századi találmány, már az ókorban is készítették, mivel a vasoxidok színe a hőmérséklet emelkedésével módosítható. A régi technikával gyártott pigment a mai változattól megkülönböztethető, mert természetes eredetéből következően kísézőanyagokat és át nem alakult színes (vörös, barna) szemcséket is tartalmaz, ami a ma kapható, mesterséges változatban nem fordul elő.



♣ I/11. A magnetit ásvány, polarizációs mikroszkópos felvételek átmenő és ráeső fényben.

♣ I/12. A magnetittel kémiaailag azonos vas-oxid fekete szemcsemintában, balra a vas-teszt eredményéről készült felvétel.



♣ I/13. Antimonit sztereo- és polarizációs mikroszkóppal vizsgálva.

♣ I/14. Galenit szemcsepreparátumban, átmenő fényben, keresztezett analizátornál - jobbra ráeső fényben.



♣ I/15. Grafit szemcsepreparátumban, ráeső és átmenő fényben, jobbra keresztmetszet-csiszolon, elforgatott analizátor állásnál.

♣ I/16. Mangántartalmú fekete pigment szemcsemintában, átmenő fényben, keresztezett és párhuzamos analizátornál, (jobbra lent) szemcsemintában, keresztezett analizátornál, ráeső fényben.

## Fekete pigmentek polarizációs mikroszkópos vizsgálatai

A pigmentvizsgálatok legegyszerűbben és költséghatékonyan fénymikroszkópokkal végezhetők. Mivel a fekete pigmentek nagy része opak, vagy gyengén engedi át a fényt, átmenő fényben legtöbbször csak a szemcsék sziluettje látható. Csiszolatban vizsgálva pedig, ha összefüggő fekete réteget találunk, sokszor nem is lehet szemcséket megkülönböztetni.

Mégis láthatóvá tehetőek a szemcsék egyes formai és optikai jellemzői. A faszenek és az ásványi fekete anyagok csiszolatban vizsgálva, párhuzamos analizátor állásnál a rájuk eső fényt tükrösen reflektálják. A szemcsékről visszaverődő fény a felület jellegétől függően lehet irányított vagy szórt - a felület határozza meg, hogy melyik milyen arányban érvényesül. A csiszolt, sima felületen a tükrös reflexió dominál.

Az egyes szemcsék reflexióképessége a felület szerkezetén túl függ a törésmutatótól, valamint az anyag fényelnyelésétől. Az egyes anyagok visszaverése ezért különböző, például az ásványi feketéké a faszenekénél jelentősen erősebb (ahogyan csillogása is szabad szemmel látható).<sup>(kép 17, 18)</sup>

A faszenek közül a kemény szerkezetű fajokat lehet igazán jól tanulmányozni, ezeknek vastag szövetfalai a csiszolaton szépen kirajzolódnak, összefüggő mintázatot adnak. A finom szövetű fák kevésbé határozottan jelennek meg.



♣ I/17. Faszenek, tölgyfa és lucfenyő szemcséinek tükrös reflexiója. Csiszolatok ráeső fényben, párhuzamos analizátor állásnál.

♣ I/18. Mangántartalmú feketék reflexiója. A keresztmetszet-csiszolat a National Gallery Technical Bulletin Vol. 24, 2003 felvétele.

Ásványi anyagok tükrös reflexiója vizsgálható szemcsemintában és ráeső fényben is.

Szemcsemintában a pigment sík lapjai visszaverik a fényt, így a pigment felszíne is tanulmányozható, ez pedig olyan ismereteket is ad, amit a síkra csiszolt minta felületéről már nem olvashatnánk le.<sup>(kép 14-</sup>

<sup>16)</sup> A pigment reflexiója tehát szemcsemintában is észlelhető, de a visszaverési síkok eltérő helyzetéből következően nem mérhető, egymással nem vethető össze.

Nem tapasztalható tükrös reflexió olyan aprószemcsés pigmenteknél, mint a vas-oxid fekete, valamint az átalakult fekete anyagoknál, ha kristályaik nem tudtak megfelelő méretűre kifejlődni.

A tükrös reflexió akkor sem jelentkezik, ha a szemcse nem érte el a minta síkját, vagy a felület nincs megfelelően megcsiszolva.

Némelyik ásványi fekete szemcse, mint például a grafit, a manganit, az antimonit kettőtörő. Mivel a fekete szemcsék többnyire átlátszatlanok, a kettőtörésük is másként jelentkezik, mint az áttetsző ásványi anyagoknál.

Az opak anizotróp kristályfelület a polarizált fény egy részét visszaveri, másik részét elnyeli. A két visszavert fénnyaláb különbsége a visszaverődési pleochroizmus vagy bireflexió. A tárgyasztal forgatásakor a fényvisszaverés intenzitása, esetleg a szemcsék színárnyalata is változik, mivel a visszavert fény is polarizált fény lesz. A bireflexió észlelhető az anizotróp szemcsék sima felületén, pl. a grafit, az antimonit, a piroluzit vizsgálatakor.

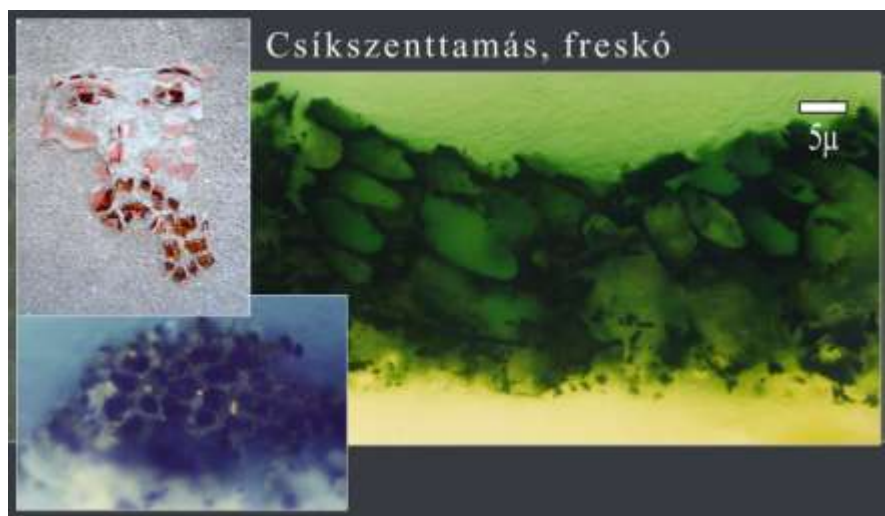
Az opak, anizotróp szemcsék kettőtörése szemcsemintában is vizsgálható. A szemcsék pereme mentén keresztezett polarizátor-analizátor állásnál világos fénysáv jelenik meg. Mivel a két eltérő síkban polarizált fény intenzitása különböző, a fénysáv ereje, színtónusa a tárgyasztal forgatásával változik. Mivel a jelenség nem olyan feltűnő, mint az áttetsző ásványok kettőtörése, biztonsággal csak tiszta mintában értékelhető.

Hasonló jelenség előfordulhat az izotróp galenitnél is, de ott a jelenség fizikai oka másban keresendő: a galenit törésmutatója nagyon magas, a fényt erőteljesen szórja, a szemcsék szabályos élei mentén a depolarizált fény jelenik meg.

## Fekete pigmentek vizsgálata lumineszcenciás mikroszkóppal

A fekete pigmentek legtöbbje nem mutat lumineszcenciát. Kivételt képez a kőszénfeketék egy része, ahol az anyagban levő szénhidrogének lumineszkálnak. Lumineszcens felvételen vastartalmú feketék mély fekete színben jelennek meg. A lumineszcenciás mikroszkóp ezen túl is segít a feketéket tartalmazó minták, főleg a faszén szerkezeteinek kiértékelésében. Ennek oka, hogy a mütárgyak alapozórétege, a kötő-, töltőanyagok, valamint a festékréteg pigmentjeinek egy része lumineszcenciát mutat, így a faszénfekete formáit kirajzolja, a látvány kontrasztossá válik, jobban értékelhető, mint polarizált fényben. Ezt a jelenséget mutatják az erdélyi Csíkszenttamás freskótöredékeiből vett minták felvételei.<sup>3</sup> Az egykori falképek megtalált darabjaiból két arc és egy felirattöredék volt összeállítható, ezek vizsgált mintáinak némelyike faszénpigmentet tartalmaz. A jobb oldali nagy szemcsén a fa függőleges irányú vízszállító szövetei jelennek meg, ferdén elcsiszolva. A szemcse környezete világos színben jelentkezik, ezzel a külső- és belső szövetformáit kirajzolja.

I/19. Csíkszenttamás,  
freskótöredék.  
Lumineszcenciás  
mikroszkóp (BV), 40x.  
Foto: Feketics Erika. ▶



<sup>3</sup> A falkép vizsgálatait Feketics Erika végezte.

## A fekete pigmentek előfordulása műtárgyakon

A fekete pigmenteket használhatják színezésre és egyéb technikai megfontolásokból is. Mangán- és ólomtartalmú fekete anyagokat például alkalmazhatnak sötét festékbe szikkatívként.

Műtárgyakon legnagyobb mennyiségben természetesen növényi szenekkel találkozunk. A pigmenthasználaton túl, a növényi szén nagyobb szemcsés őrlemény formájában előfordul alapozásba keverve is, a hordozó és az alapozó közötti feszültség csökkentésére, oltárképek mögött a párásodás mérséklésére, vakolatokban pedig a súly csökkentése érdekében alkalmazták. Ezen felül, mivel a faszén sok nedvességet képes felvenni, a faszénnel kevert vakolat hosszabb ideig, tökéletesebben karbonátosodik.

A fekete, ha pigmentként használják, leggyakrabban akkor sem önmagában van jelen, hanem más anyagokkal keverve, a szín tónusának, árnyalatának módosítására. Aláfestőrétegekben, és keverékekben gyakran találkozhatunk velük. Faszénfeketével gyakran festettek alá kis törésmutatójú



kék pigmenteket (pl. azurit, smalte).

A növényi feketét fehér pigmenttel vagy mésszel keverve kimondottan sűrűn használták. A keveréket hamis kéknek, álkéknek is nevezik (false blue) hűvös, kékesszürke színe miatt.<sup>(kép 20)</sup> Ezt a jellegzetességét ki is használták középkori, barokk freskókon, a mennyebolt, a háttér, Szűz Mária köpenyének kékkel festett rétege alatt. Stabilitása lúgos közegben is, könnyű elérhetősége, alacsony ára ideálissá tette, különösen falképek nagyméretű kék

felületeinek aláfestésére.

♣ I/20. Hamis kék, festett márványminta Coombes templomából. Foto: Helen Howard

A fekete szín mélyítésére különböző receptek és leírások ajánlják aprószemcsés kék pigmentek hozzákeverését (pl.: indigó, kékfa), erre is láthatunk példákat műtárgyak pigmentjeinek vizsgálatakor.

A Koszta Józsefnek tulajdonított festményen <sup>(kép 21)</sup> például a kabát megfestéséhez, a fekete mélyítésére és árnyalására színezékszerű kék anyagot kevert a festő, amely a keresztmetszet-csiszolon láthatóan leszivárgott az alapozórétegbe is.

➔ I/21. A festő kék, aprószemcsés pigmentet használt a fekete szín mélyítésére.

Szemcseminta és keresztmetszet-csiszolat.





Feketét keverékként használtak többek között zöld szín előállítására is. Erdélyi, festett karzatmellvédek szürke és zöld színeinek vizsgálatakor fény derült arra is, hogy a festő a zöld tónust gyakran auripigment és faszénfekete keverékével érte el.<sup>4</sup> Az auripigment fényre érzékeny anyag, ezért fénynek kitett helyeken előfordulhat, hogy az így felépített színből a sárga fakulása után csak a fekete marad hátra.

## Elváltozott vagy keverékként fekete és szürke színt adó anyagok

Amit ma feketének tartunk, nem biztos, hogy a saját korában is annak látszott - a lakkréteg mélyülése vagy környezeti hatásra átalakult pigmentek egyaránt okozhatják a fekete színt. Fekete színe lehet a kémiai elváltozott, elfeketedett anyagoknak, sőt, az optikailag feketének tűnő keverékeknek is.



Budapesti, belvárosi épület dísztermének mennyezetére festett szürke növényi motívumokat vizsgálva megállapítható, hogy a mészbe a festő különféle színes pigmenteket kevert, de közöttük fekete anyagot csak elvétve találunk.

◆ I/22. Növényi ornamentika, 20. század eleje. Keresztmetszet-csiszolat ráeső fényben.



G. A. Boltraffio *Lodi Madonna* (1508) című festményén a donátor mély feketének tűnő köpenye a várakozással szemben fekete pigmentet egyáltalán nem tartalmazott, a festékréteg azurit és vörös lakkpigment keverékéből állt. A lakkréteg sötétedése, a felületi szennyeződés miatt az eredetileg lila festés feketének látszott. <sup>(kép 23)</sup>

◆ I/23. G. A. Boltraffio: Lodi Madonna.

<sup>4</sup> Gőgös Ágota: A XVII-XVIII. századi erdélyi, festett asztalosmunkák festékrétegének vizsgálata; Szakdolgozat, MKE, 2007

A kígyót ábrázoló festett faragvány feketének látszik, de a keresztmetszet-csiszolatok tanúsága szerint a legfelső bevonat vastag, megsötétedett, gyantás lakkréteg.

I/24. Kígyó, festett fa, Kiscelli Múzeum. ➔ Darabminta sztereomikroszkóppal és keresztmetszet-csiszolat polarizációs mikroszkóppal készült felvételei.

Jobbra a donátor köpenyéből vett minta ka-nadabalzsamba ágyazva, átmenő fényben.



A Kőszegi vár belső tornyának vörössel festett, kvádermintás falát sok helyen szürkésfekete réteg fedi. Megjelenése alapján nem pigmentált réteg, a felületbe beült sötét szemcsék okozzák a felszín elszíneződését.

➔ I/25. A darabminta sztereo-, és a keresztmetszet-csiszolat polarizációs mikroszkóppal készült felvételei.



A vizsgált minta felszínén található fekete réteg valószínűleg nem festékként került a felületre, a homogén összetételű koromréteg a helyszínen pusztító tűzvész eredményeképpen keletkezhetett.

➔ I/26. A minta keresztmetszet-csiszolon

## A fekete pigmenteket bemutató mestermunka felépítése

A mestermunka a fekete pigmenteket kétszáz oldalon keresztül, fajták szerint, képekkel gazdagon illusztrálva mutatja be. Egy-egy fejezet veszi sorra a különböző pigmentcsoportokat, a növényi-, az állati-, korom- és ásványi feketék fajtáit.

Ezek felépítésének bemutatására a grafitot, mint pigmentet bemutató oldalak rövidített kivonata következik. <sup>(kép 27, 28)</sup> Az első oldalon a pigment általános tulajdonságai olvashatók- röviden néhány elterjedten használt elnevezése, összetétele, lelőhelye (forrása), előállításának módja, természetes és mesterséges változatai. Ezt követi a szakirodalomban az anyagról szóló adatok gyűjteménye: jelenlegi ismereteink szerint mikor alkalmazták, hogyan, milyen kötőanyaggal keverve. Amennyiben megjelentek róla publikációk, vizsgálati eredmények, ezek tartalma is ide kerül, legtöbbször képekkel illusztrálva.

### Grafit

C - kristályos szén

\*\*\*Fekete-szén, grafitbarna, grafit, fekete lead

**Általános jellemzők**

I. <sup>1</sup> Természetes ásványi pigment <sup>2,3,4</sup> A világ földkérdőli képződés kőzetes ásványi szén, legfontosabb forrása Ceylon, Cumberland (Anglia), Sziponyorság, Csehország, Sziponyorság, Madagaskár, Finnország, Kanada.

<sup>5</sup> Természetes változat a grafitból (szén szén) a kőszén, amely 50% feletti széntartalommal rendelkezik az atomizált szén anyagok. Széntartalmuk és összetételük azonos a lelőhelyükre.

<sup>6</sup> Ásványi grafit előfordulása vulkáni és metamorf kőzetekben kapcsolódik. Legáltalánosabban metamorf kőzetekben képződik, gyakran pirit és kalcit mellett együtt.

<sup>7</sup> Az ásványi grafitot fekete kőzet és fekete föld (black earth) grafitos kőzetekből (szén) nyerik ki. Korábban, vas-oxidokkal és más ásványokkal (szén, pirit) keverték.

II. <sup>8</sup> 1887 óta mesterségesen állítják elő grafitból szénből. <sup>9</sup> Készítésük az ásványi grafitos eljárás (Acheson grafit, Aquisgrán). Többnyire kevesebb jód keletkezik, mint a természetes változat. Nem kristályos szén, általában kőszén keletkezéséhez hasonló körülmények között.



▲ 1. Természetes, fekete, kristályos grafit



▲ 2. A grafit kristályos szerkezetének SEM képe (1000x nagyítás)



▲ 3. A grafit kristályos szerkezetének SEM képe (1000x nagyítás)

### Előfordulása műtárgyakon

▼ 1. Albert Bierstadt: Az anatóliai hegyek, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming.





▲ 2. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming. A grafitos grafit (szén) keletkezése, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming. A grafitos grafit (szén) keletkezése, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming.

<sup>10</sup> Albert Bierstadt (1830-1902) az 1880-1890-évek közötti természeti képek legjelentősebb grafitos alkotói voltak. A grafitos grafit (szén) keletkezése, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming. A grafitos grafit (szén) keletkezése, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming.



▲ 4. Albert Bierstadt: Kanada völgye, 1860-1870. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming.



▲ 5. Az éghető szén keletkezése a grafitos grafit (szén) keletkezése, 1881. Szépművészeti Múzeum, Eads, Wyoming.

▲ I/27. A fekete pigmenteket bemutató fejezetekben először a pigment általános tulajdonságai, neve, összetétele, előállítása, műtárgyakon való előfordulása olvasható.

A következő oldalakon a pigment mikroszkópos tulajdonságai kerülnek bemutatásra, <sup>(kép 28)</sup> elsőként átmenő fényben tapasztalható jellegzetességei, szakirodalmi források és a mintagyűjtemény vizsgált mintái alapján.

Ezt követik a metszetcsiszolatok ráeső fényes vizsgálatai.

A fejezetek végén a mintatáblára felfestett, fehérrel kevert pigment keresztmetszet-csiszolata látható.

Az analitikai eljárások közül összesen két anyagnál szerepel mikrokémiai teszt, egyik a galenit, másik a vastartalmú anyagok kimutatására alkalmas.

Több ásványi anyag vizsgálatára is ismertek ugyan cseppanalízisek, de ezek többlépcsős eljárások, melyek tiszta anyagok vizsgálatakor működnek megfelelően. Műtárgyakból vett pigmentmintáknál viszont minden esetben keverékekről van szó. Ilyenkor a tesztek eredményeit az egyéb jelen lévő anyagok jelentősen megváltoztathatják, arról nem is beszélve, hogy ha csak néhány pigment szemcse található a festett rétegben, ezek vizsgálatára semmiképpen sem alkalmazható. Ezeknek a teszteknek a leírásai továbbá azért sem szerepelnek az oldalakon, mert amellet, hogy megbízható eredményt nem hoznának, a felsorolt reagensei is erős mérgek.

Az analitikai módszerek között a nagyműszeres vizsgálatok felsorolása mindenütt megtalálható, ezek a kismennyiségű mintát is - megfelelő előkészítéssel - kimutatják.

**Mikroszkópos tulajdonságok**

Polarizáció mikroszkóppal, áttérő fényben vizsgálva szemcsék alakját. <sup>17</sup>Fémjűk lehet azoknál erőteljesebb, szívesen, de lehet fröcsögés (főleg apróbbak), idősebb (nagy átmérő, homorú felületű) is lehet ismét. A szemcsékben áttérő, az megfigyelhető vizsgálati körülmények között láthatóvá válik. A pigmentben vannak ilyen és ilyen méretű szemcsék egyaránt.

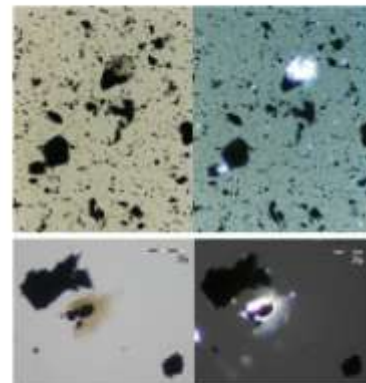
<sup>18</sup>A szemcsék gránit ritka formái állhatnak össze apróbbak, szemcséknek jellemző mikroszkópos képet mutatnak.

<sup>19</sup>A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

<sup>20</sup>Természet polarizáció mikroszkóppal vizsgálva, ritka fényben a grafitszemcsék fémcsiszolt felületű részletei láthatóak. A szemcsék általában szögletesek.

<sup>21</sup>Ritka fényben szemcsék világos színűek, ritka fényben szemcsék színe sötét árnyalatú meg. A gránit felületén általában ritka (ritka) részletek láthatóak, szemcsékben sötét körökben, ritka részletek.

A szemcsék szemcsék gránit szemcsék aprók és szabálytalanok, fényes részletek, sötét részletek alig észlelhetők.



▲ 9., 10. A grafitszemcsék ritka fényben vizsgálva sötét színűek. Ritka fényben szemcsék világos színűek, ritka fényben szemcsék színe sötét árnyalatú meg.

▲ 11., 12. A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

<sup>22</sup>Vékony rétegekben a gránit szemcsék, amelyek általában sötét színűek, a vizsgálati körülmények között láthatóvá válik. A szemcsékben áttérő, az megfigyelhető vizsgálati körülmények között láthatóvá válik. A pigmentben vannak ilyen és ilyen méretű szemcsék egyaránt.

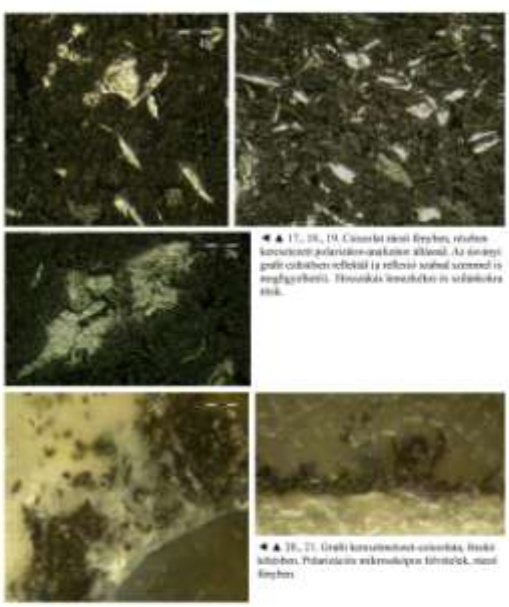
<sup>23</sup>A szemcsék gránit ritka formái állhatnak össze apróbbak, szemcséknek jellemző mikroszkópos képet mutatnak.

<sup>24</sup>A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

<sup>25</sup>Természet polarizáció mikroszkóppal vizsgálva, ritka fényben a grafitszemcsék fémcsiszolt felületű részletei láthatóak. A szemcsék általában szögletesek.

<sup>26</sup>Ritka fényben szemcsék világos színűek, ritka fényben szemcsék színe sötét árnyalatú meg. A gránit felületén általában ritka (ritka) részletek láthatóak, szemcsékben sötét körökben, ritka részletek.

A szemcsék szemcsék gránit szemcsék aprók és szabálytalanok, fényes részletek, sötét részletek alig észlelhetők.



▲ 17., 18., 19. A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

▲ 20., 21. A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

▲ 22., 23. A szemcsék kerekített polarizáció analízise átlagosan sötét színű, mert az anyagok csak fényes irányba lépnek be a fény. A sötét szín a tárgyszóról függően változik.

▲ I/28. A fejezetek második részében a pigment mikroszkópos tulajdonságai és az analitikai módszerek olvashatók.

Az egyes fejezetek végén, kis keretben a pigment kulcsjellemzői sorakoznak, melyek alapján könnyen átláthatóak a lényegesebb tulajdonságai. A jegyzetek kiegészítő adatokat, további irodalmi forrásokat sorolnak fel. Végül a felhasznált szakirodalmi források jegyzéke következik.

A fekete pigmentek között a faszénfeketék jelentősége a legnagyobb: ez a legtöbb tagot számláló csoport, kiinduló anyagai igen sokfélék. Ezért a fekete pigmenteket bemutató gyűjtemény második része kizárólag a faszénfeketékkel foglalkozik. <sup>(kép 29, 30)</sup>

# Tölgy

Bükkfafélék - Fagaceae

Kocsányos tölgy - *Quercus robur* L.; Kocsánytalan tölgy - *Quercus petraea* (Mattuschka) Lieblein; Csértlölgy - *Quercus cerris* L.

"Eltérjedési területe Európa, Nyugat-Ázsia. Középhegységien és dombvidékiek leggyakoribb erdőkészítő faja. Gyűjtőnévként szerepel középkeleti leírásokban is, több egyes fajokhoz hasonlóan megkülönböztetnek: cserit, magrat.

A tölgy gyűrűs hacsái fűz. A *Quercus* generáció tartozó fajok mikroszkópos képe igen hasonló. A villás elágazás jellemző és az edények falának vastagsága segít az elkülönítésükben.

KM<sup>100</sup> Edényei a kocsánytalan fajtól nagyobbnak, az egy írártáron a kocsányos tölgytől egy, a kocsánytalan és csértlölgytől két vagy több sorba rendeződnek.<sup>100-102</sup> Szabvány szerinti a jól látható, gyakran tartalmaznak illóanyagot.<sup>100-102</sup> A kisebb edények a kocsánytalan sugárterületi sorokban helyeződnek el. Ezeket a sugárterületi és laparcselvényes sorok körbe. A kocsánytalan tölgy szűlesebb sugárterületi közepesében az edények a kocsánytalan fajtához hasonlóan elágaznak. A kocsánytalan tölgyekben ilyen elágazás nincs.

A tölgy edényeinek átlósra hajlít. Az alapvetővet felvett és rostrachidák. Hosszparancsú sponchocellák, hálószerű.

RHM<sup>10</sup> A tölgy edényfalán, a hálószerűen elrendezett helyeken egyszerű és vékony göbökök vannak, amelyek egymástól aránylag nagy távolságra helyezkednek el.<sup>100-102</sup> Vékony göbökkel nagysok, töltött, esetleg kör alakúak, nyílások előresis vagy lecsis formájú, a vékony elcsélt, de nem nyílók tal rajta. A keresztmetszést mutató egyszerű göbökkelnek alakja és nagysága igen változatos.

THM<sup>10</sup> Hálószerű igen sűrűs, jól tanúsítványozható minden szemérem.<sup>100-102</sup>

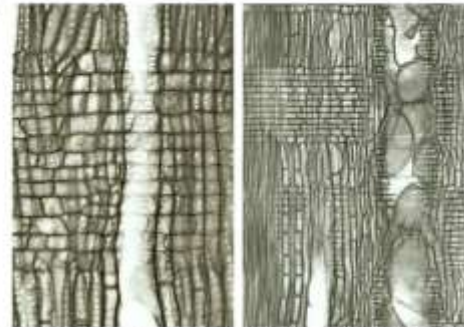
A széloldali elágazástól vastag fűz fűzök és rostrachidák alkotják.

KM



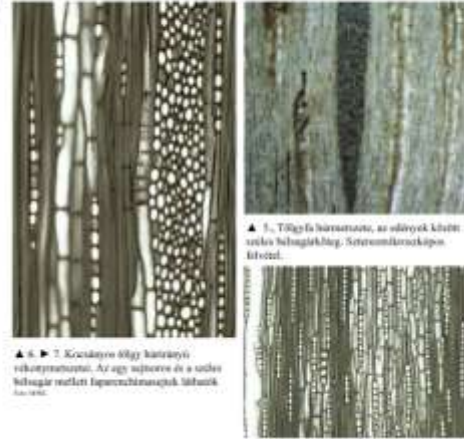
▲ 7. Tölgy keresztmetszete. A kocsánytalan tölgy szűlesebb sugárterületi közepesében az edények a kocsánytalan fajtához hasonlóan elágaznak. A kocsánytalan tölgyekben ilyen elágazás nincs. ▲ 1. Kocsánytalan tölgy vektorizált metszete. 100-102

RHM



▲ 1, 4. Kocsánytalan tölgy sugárterületi. ▲ Tölgyből előkészített edény. Vektorizált metszete. 100-102

THM



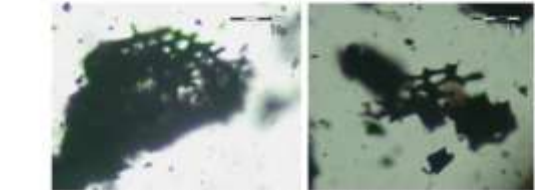
▲ 3. Tölgy fa hálószerű, az edények közötti szűk helyek felülről. Sztereomikroszkópos felvétel. ▲ 6. ▲ 7. Kocsányos tölgy hálószerű vektorizált metszete. Az egy sűrűs és a szűk hálószerű felület laparcselvényes felület. 100-102

## Tölgyfa fekete

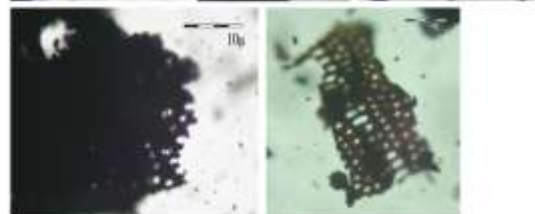
Tölgy szarvasi ártományokban vizsgálva kevés a jellegzetes megjelölésű elemet találunk. Szabványos, keményen törek, inkább töreközött szemcsékre, körvonalú egyszerű.

Hálós elemek is láthatók, nagy, öbös, kör vagy négyzet alakú nyílások rendelkeznek el. Vékony göbökkelnek nyilván körök vagy négyzet alakú. 100-102

Csoportokhoz szerkesztve különösen tanúsítványozható, az egy erős, körvonalú hálószerű. 100-102 Ugyanez a tulajdonság okozza, hogy sztereomikroszkópos vizsgálva szinte teljesen feketeek tűnnek, nagy számban látható, hálószerű szemcsék közt jellegzetesnek nemigen figyelhető meg.



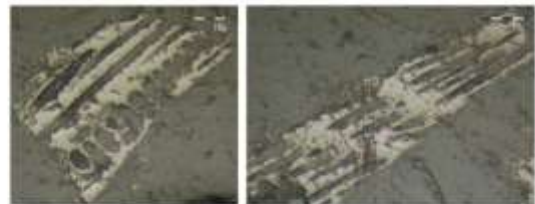
▲ 8, 9. Hálós elemek, vékonyan egyszerű göbökkel, vagy a hálószerű keresztmetszeten láthatók.



▲ 10-14. Tölgy fa felületén a göbökkel előfordulása viszonylag ritka. Sztereomikroszkópos felvétel, kemény fűzben vizsgálva.



▲ 15. Tölgy fa szarvasi vizsgálata. A szemcsék hálós felületi oldala vastag fűz fűzök és rostrachidák sorai. A tölgy szerkesztve hálószerűen elrendezett. Polarisációs mikroszkópos felvétel. Sztereomikroszkópos analízishez alkalmas.



▲ 16, 17. Tölgyfészkekben ritkán keresztmetszeten analízishez alkalmas. A fa erős, hálószerű körvonalú egyszerűen leírható a felületre.

### KULCSJELLEMZŐK

Gyűrűs hacsái fűz, egy sűrűs és a szűk hálószerű sorok szerkezettel is jól látható. Tölgyképződés jellemző, edényeinek átlósra hajlít.

Szemcsék közt kevés jellegzetes darab van, kemény körvonalú törekre törek. Vékony göbökkel előfordulása igen ritka, hálós törekkel emelt törekre láthatóak. Csoportokhoz szerkesztve különösen tanúsítványozható, az egy erős, körvonalú hálószerű. Ugyanez a tulajdonság okozza, hogy sztereomikroszkópos vizsgálva szinte teljesen feketeek tűnnek, nagy számban látható, hálószerű szemcsék közt jellegzetesnek nemigen figyelhető meg.

◆ I/29., 30. A faszénfeketét bemutató gyűjtemény mintalapjai. Az első oldalakon a faj rövid leírása és mikroszkópos metszetei, következő két oldalon a faszén mikroszkópos preparátumai szerepelnek.

A faszeneket bemutató oldalak a fekete pigmentekhez hasonlóan épülnek fel.

A faszenek szerkezeti sajátosságainak, a besorolást segítő jegyeknek a bemutatásához a faanatómia nyújt segítséget, így ismerhető meg a töredékek helye a szerkezetben.

Az első két oldalon a fa élőhelye és jellemző tulajdonságai kapnak helyet, itt találhatóak a fa bütü, sugár és húrirányú metszetei, melyek a fa felépítését bemutatják.

A következő lapon a fából szenesített, őrölt pigment leírása és felvételei láthatóak - elsőként átmenő fényben, utána pedig csiszolatokon, ráeső fényben.

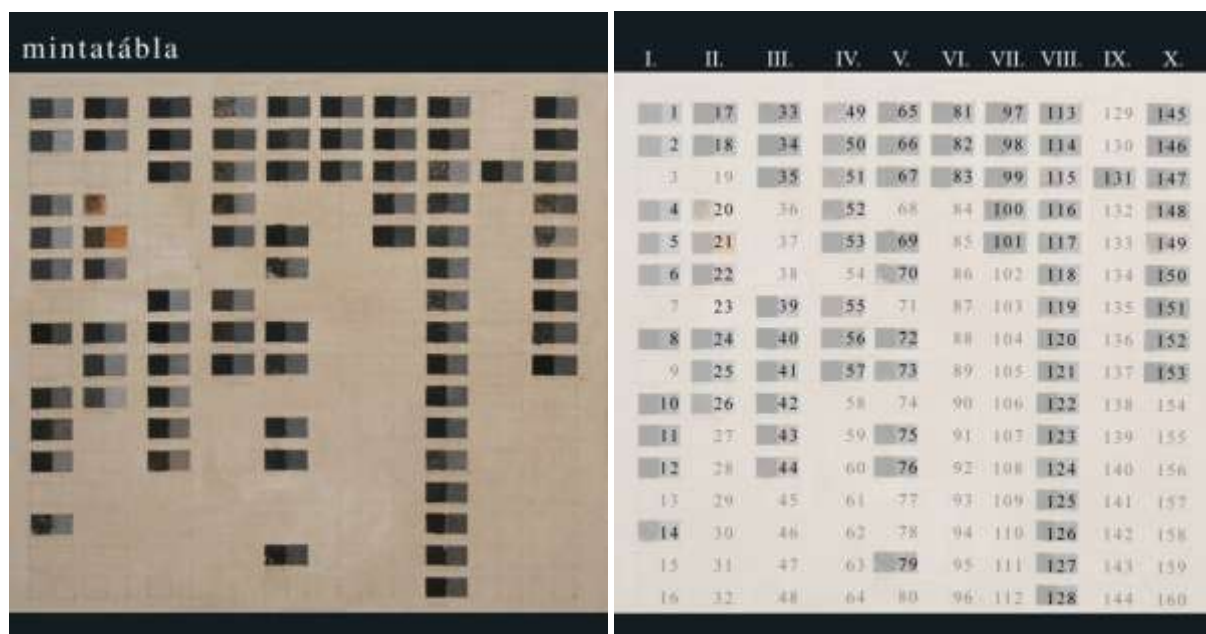
A faszénfeketét tárgyaló fejezeteken kívül a pigmentek besorolását segítő táblázatok készültek.

## Mintatábla

A mintagyűjtemény pigmentjei felkerültek mintatáblára is, annak érdekében, hogy az anyagok színe, fedőképessége, színezőereje, szemcsemérete vizsgálhatóvá és szemmel láthatóvá váljon.

A pigmentek nem csak önmagukban kerültek a mintatáblára, hanem fehérrel keverve is. A fehér szín megmutatja, a feketéből kevert szürke hideg vagy meleg tónusú.

A keverékhez felhasznált fehér pigment kalcitfehér és ólomfehér. Kötőanyagként tojássárgáját használtam fel. A tojástempera mellett azért döntöttem, mert könnyen kezelhető és szinte azonnal szárad, továbbá szakdolgozatom mintatáblája alapján azt láttam, hogy a keresztmetszetek megjelenését nemigen befolyásolja a kötőanyag fajtája.



♣ I/31., I/32. A mintatábla normál felvételen, jobbra a pigmentek számozása. A sorrend a következő oldalon olvasható

## A mintatábla beosztása

### I.

1. Antimonit
2. Berthierit
- 
4. Galenit - Herzsabánya
5. Galenit - Herzsabánya
6. Galenit
- 
8. Mangánfekete mesterséges
- 
10. Pirolusit (manganit) - Úrkút
11. Pirolusit (manganit) - Úrkút
12. Pszilomelán
- 
14. Bizmutinit - Nagybánya

### II.

17. Vas-oxid - P
18. Vas-oxid fekete - F
- 
20. Markazit
21. Pirit
22. Ilmenit
- 
24. Grafit fekete - F
25. Grafit szürke - F
26. Grafit - Senje, Norve

### III.

33. Lámpakorom fekete - K
34. Korom - Kr
35. Lámpakorom fekete
- 
39. Csontfekete - H
40. Elefántcsont fekete - F
41. Csontfekete - Zs
42. Elefántcsont fekete - Zs
43. Malac-csont
44. Marhacsont

### IV.

49. Lucfenyő
50. Erdeifenyő
51. Vörösfenyő
52. Tiszafa
53. Fenyő
- 
55. Lucfenyő (finom)
56. Lucfenyő (finom)
57. Erdeifenyő (finom)

### V.

65. Tölgy
66. Csertölgy
67. Tölgy
- 
69. Akác
70. Akác
- 
72. Kőris
73. Kőris
- 
75. Szil
76. Angol szil
- 
79. Eper

### VI.

81. Venyigfekete - K
82. Venyige
83. Venyige

### VII.

97. Szilva
98. Sárgabarack
99. Cseresznye
100. Vadcsesznye
101. Cseresznye

### VIII.

113. Szomóúfűz
114. Spirálűz
115. Rezgő nyár
116. Csomoros nyír
117. Kislevelű hárs
118. Nagylevelű hárs
119. Éger
120. Gyertyán
121. Mogyoró
122. Sötét dió
123. Fehér bükk
124. Közönséges bükk
125. Vadgesztenye
126. Juhar
127. Vadalma
128. Platán

### IX.

131. Nyár, rezgő (finom)

### X.

145. Dióhéj
146. Mandulamag
147. Cseresznyemag
148. Sárgabarackmag
149. Őszibarackmag
150. Datolyamag
151. Kókuszdió
152. Parafa
153. Őszibarackmag

### Rövidítések

Kr - Kriston László pigmentgyűjteménye;

F- Forrai Kornélia pigmentgyűjteménye;

Zs- Zsebeházi György pigmentgyűjteménye;

H- Hejja Monika gyűjteménye;

K- Kremer Pigmente;  
P- Pannon Color

A nevek mögött szereplő helységnevek az ásványok lelőhelyét jelzik.



I - II. oszlop: ásványi feketék;

III. oszlop: korom- és csontfeketék;

IV. - X. oszlop: növényi feketék, ezen belül:

IV. oszlop: nyitvatermők;

V. VI. oszlop: zárvatermők - gyűrűs likacsú fajok,

VII. oszlop: zárvatermők - félgyűrűs likacsú fajok;

VIII - IX. oszlop: zárvatermők - szórt likacsú fajok;

X. oszlop: magfeketék.

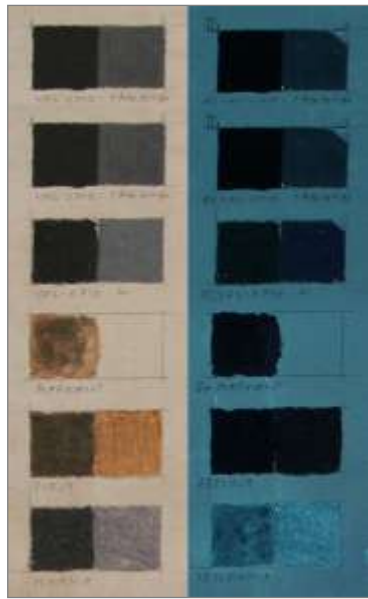


↑ I/33-36. A mintatábla fototechnikai vizsgálatai.

Előfordul, hogy egy-egy anyag többször is szerepel a táblán, ennek oka az, hogy különböző minőségben és különböző szemcseméretben eltérő a megjelenésük.

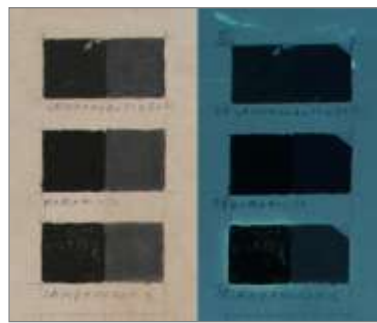
A mintatábla szürkéiből mintát véve keresztmetszet-csiszolatok készültek. Azért a szürkéből, mert a tisztán, fekete rétegben az egyes szemcséket nehézkes megkülönböztetni. A fehér pigment gyűrűjében a feketék kontrasztosan jelennek meg, ez segítséget nyújt a tanulmányozásában.

A mintatáblán ezen kívül tanulmányozhatók az anyag fototechnikai tulajdonságai is. <sup>(kép 33-36)</sup>



A lumineszcenciás felvételen kitűnik, hogy a vas-oxid feketék (1-3.), továbbá a vastartalmú markazit (4.) és pirit (5.) mély feketének látszik, még fehérrel keverve is. <sup>(kép 37)</sup>

A szintén vastartalmú ilmenit viszont sokkal világosabb, mint szabad szemmel nézve. (5.)



A lámpakorom- és koromfeketék (III. oszlop teteje) sötéten jelennek meg, önmagukban felfestve és fehérrel keverve is. <sup>(kép 38)</sup>

♣ I/37., 38. Balra a vas tartalmú pigmentek, jobbra koromfeketék normál és lumineszcens felvételen.



A képeken továbbá az is látható, hogy infravörös felvételen az antimonitból őrölt fekete pigment (felső sor) sokkal világosabban jelenik meg, mint normál fényben. Ugyanez a kocka viszont lumineszcens felvételen (tisztán felfestve) sötétebbnek látszik. <sup>(kép 39)</sup>

♣ I/39. A felső sorban antimonit, alatta antimontartalmú berthierit ásvány őrleménye normál, infravörös és lumineszcens felvételen.



A bizmutin ásvány ezzel szemben (önmagában, kötőanyaggal felfestve) a lumineszcens képen határozottan világosabban jelenik meg. <sup>(kép 40)</sup>

♣ I/40. Bizmutin normál, infravörös és lumineszcens felvételen.

## II. Műtárgyakból származó anyagminták

A pigmentek előállításával és mikroszkópos preparátumok készítésével készen állt az az anyagleltár, ami a műtárgyvizsgálatok során az összehasonlítás alapját képezi. Ennek segítségével kerülhetett sor a tárgyak feketéinek meghatározott szempontok szerinti vizsgálatára is.

A 2005 és 2012 között megvizsgált táblaképek, falképek és szobrok fekete pigmentet tartalmazó rétegeiben egy-két kivételtől eltekintve növényi fekete volt található. A vizsgált minták között károsodott és színükben elváltozott anyagok is szerepelnek: a felület elfeketedését okozó gipszes jellegű kéreg, tüzeset következtében a felületre rakódott koromréteg, megfeketedett lakkréteg.

A vizsgált műtárgyakról a következő oldalak képtáblái és leírásai számolnak be.

A képtáblák bal oldalán a jobb átláthatóság és értelmezhetőség kedvéért a műtárgy fotója szerepel, mellette a mikroszkópos preparátumok, a táblák alatt/mellett pedig a belőlük leszűrhető ismeretek.

Az első részben a falképekből, vakolatokból, kőfaragványok rétegeiből vett pigmentminták kerülnek sorra, ezt követik a fatáblákon, faszobrokon és vászonképeken használt feketék.

A műtárgyakon előforduló pigmentek bemutatására számtalan példa lenne felsorolható.

Ezt mégsem tettem meg, mivel a minták legnagyobb részének elemzése, különösen a táblaképek pigmentjeinek vizsgálata során megállapítható, hogy ritkán tartalmaznak olyan szemcséket, melyeknek mérete alkalmas lenne a fekete szín, esetleg a nyersanyag megállapításán túl egyéb következtetések levonására is. Vannak viszont festett rétegek, elsősorban falképeken, kőszobrokon, melyek fekete pigmentjeiről mélyebb ismeretek is megtudhatók.

A vizsgált minták közül ezért csak néhány kiemelt esetet mutatok be, mégpedig azokat, amelyek vagy a műtárgy jelentősége folytán, vagy a bennük található anyag miatt tarthatnak számot a figyelemre.

A vizsgált anyagok között sorakoznak a Magyar Képzőművészeti Főiskola/Egyetem Restaurátorképző Intézetének negyed-, ötödéves hallgatói által restaurált vizsgamunkák, az egyetem restaurátor oktatói által kezelt műtárgyak pigmentjei, valamint azokból a műtárgyakból és épületekből származó minták, amelyek kutatásában, restaurálásában kisebb-nagyobb részben a dolgozat szerzője is részt vett.

A vizsgált műtárgyak pontos adatai, a restaurálást, illetve a kutatást végző restaurátor neve, a vizsgálat ideje a dolgozat végén (50-53. oldal), a kép sorszáma mellett olvasható.

## Falképek, falfestések, kőszobrok pigmentmintái

➔ II/1. A minta a Belvárosi templom 9-es számú ülőfülkéjének festett díszéből származik, a baloldali felvétel keresztezett, a jobb-oldali párhuzamos analízátor állásnál készült. A festett réteg pigmentje (1) növényi szén, hosszúkás formáiból ítélve fából égetett fekete. Viszont a mintán nemcsak növényi fekete van jelen, az analízátort elforgatva



láthatóvá válik a 2-es számmal jelölt szemcse erősebb reflexiója. A két felvételt összevetve látható, hogy a keresztezett analízátornál azonosnak tűnő, rostos megjelenésű sötét szemcsék anyagukban különböznek egymástól. Az erősen reflektáló szemcse (2) ásványi eredetű, a tompábban megjelenő (1) viszont faszénfekete. A szemcsék ásványi vagy növényi eredete ilyen módon egyértelműen megkülönböztethető egymástól.

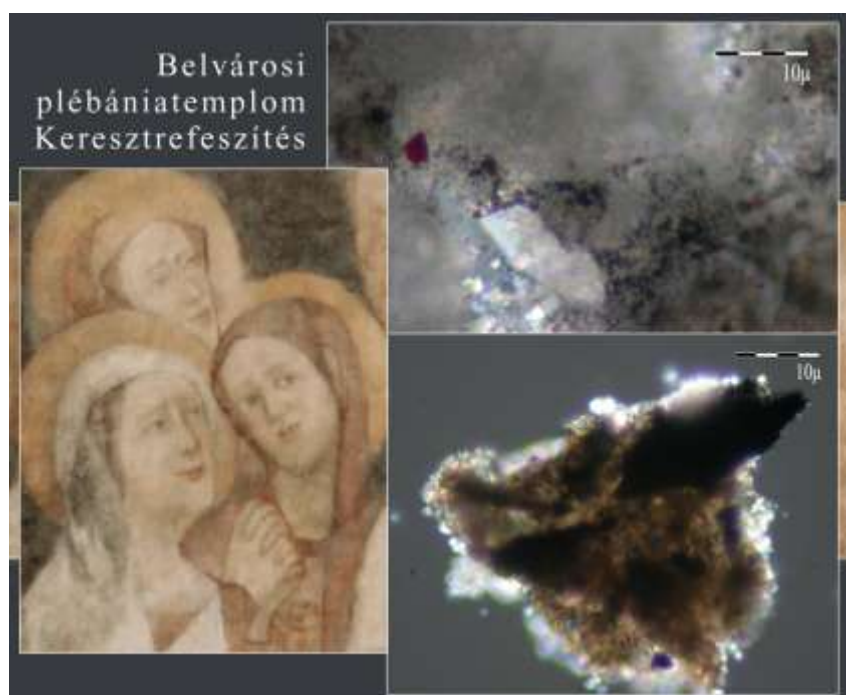


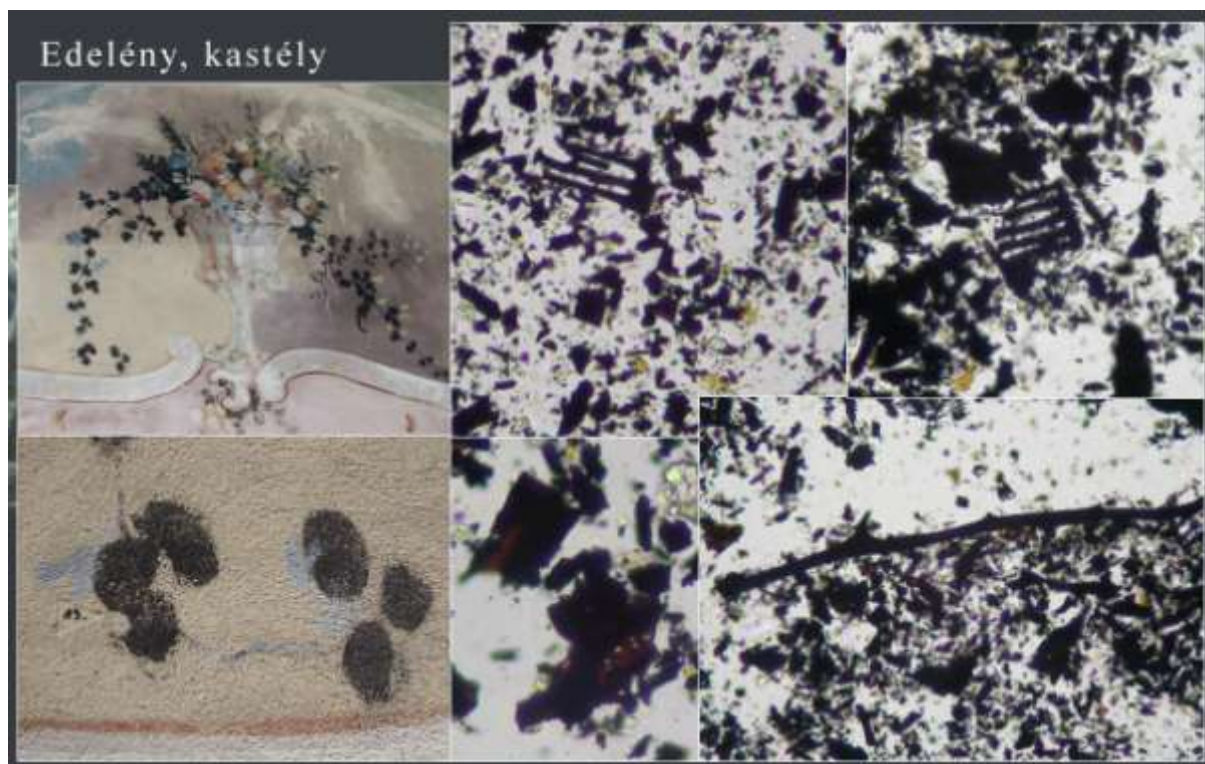
♣ II/2. A freskó egéből vett minták csiszolatai a kézzel festett felület alatt egy faszénfeketét és meszet tartalmazó réteget is mutatnak. Ezt az aláfestőréteget annak érdekében hordták fel, hogy elkerüljék a drágább smalte pigment szükségesnél nagyobb arányú felhasználását. Jellegzetes faszén szemcséket a mintában ugyan nem fedeztük fel, de az megállapítható a szemcseformák alapján, hogy az anyag viszonylag puha, könnyen morzsálódik. A pigment gyorsan őrölhető, megjelenése alapján könnyű szövetű lombosfából származik. Foto: Forrai Kornélia



♣ II/3. Faszénzemcsékkel kevert mész adta a Pesti Belvárosi Nagyboldogasszony főplébániatemplom barokk-korinak datálható párkányainak és a falifülkék rocaille díszítésének szürkés színét. A szemcsék közötti vékony falú, szálkás, éles darabkák finom szövetű faféléből égetett szén felhasználását valószínűsítik. Kizárható például a bükk, a tölgy, kőris, gyertyán és éger alkalmazása. Valószínűbb valamely könnyű szövetű faanyag, mint például fűzfélék, venyigefekete, esetleg finom szövetű nyitvatermő jelenléte. A szemcsék láthatóan könnyen aprózódnak, morzsálódnak, ennek ellenére nagyobb darabok, hosszúkás szálkák, villás szemcsék is előfordulnak a mintában. A tág szemcseméret-tartomány arra utal, hogy az őrlésre nem fordítottak különösebben hosszú időt.

♣ II/4. A freskó mintáit átmenőfényben vizsgálva azonnal látható, hogy a felhasznált fekete pigment szemcséi között a méretkülönbség meglehetősen nagy, mikronnál kisebb és 60-100 mikron hosszú szemcsék egyaránt előfordulnak. A falképen a mester vagy kétféle pigmentet használt fel, vagy az anyag puha és könnyen őrlhető - a vékony szövetű fák gyors őrlésénél jelentkeznek ilyen nagy szemcseméretbeli különbségek.





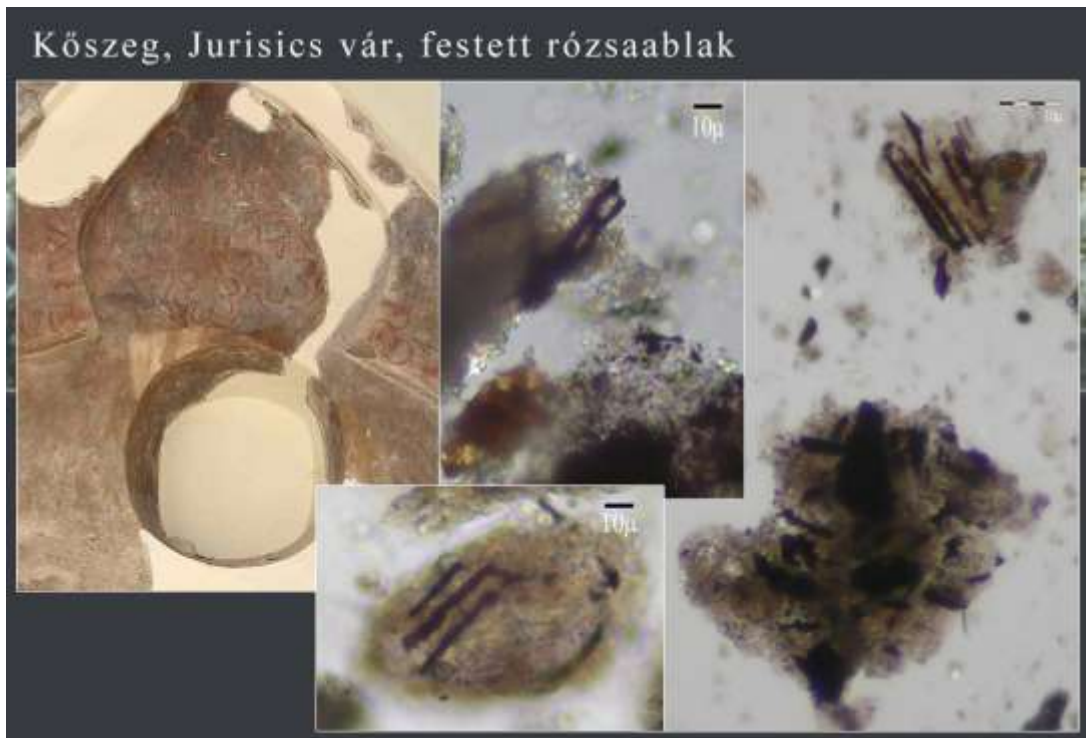
♣ II/5. Az edelényi kastély falfestéséből vett minta (110/13) szemcséinek színe átmenő fényben vizsgálva többnyire fekete, bár elvétve néhány áttetsző, sötétbarna töredék is előfordul. A szemcsék törési felülete határozott, éles, előfordulnak köztük egészen hosszú darabok, nagyobb tömbök. A szén a keményebb anyagokra jellemzően törik és reped. A faszén - töredékei alapján - lombosfából készült. A mintában viszonylag nagy számban létrás edényáttörések töredékei találhatóak, ez csak egyes fafajokra jellemző sajátosság. Nagyobb és kisebb átmérőjű edény áttörési mezőjének töredéke is előfordul egymás mellett, ebből a vízszállító szövet méretére következtethetünk. A nagyobb létrafokainak hossza  $\sim 50\mu$ , a kicsié  $15-30\mu$ .

A mintában találhatóak továbbá egészen hosszú, ágakra emlékeztető szemcsék, a legnagyobb  $400\mu$  hosszúságú. Ilyen nagy méretű szemcsék csak falképen alkalmazhatóak.

A fajok közül kizárhatóak mindazok, melyeknek az edényáttörése egyszerű.

Létrás áttörés van például a mogyoró, az éger, a nyírfa, szelídgesztenye, szőlő, a platán és a bükk edénytagjai között, két utóbbinál csak a szűkebb üregű edényekben fordul elő. Szőlővenyige felhasználása nem valószínű, mert ennek szemcséi finomabb darabokra törnek. A mogyoró kizárható, mivel létrafokainak száma 3-5, a létrafokok egymástól távolabb állnak, ráadásul szövetei is vékonyak. A szelídgesztenye szintén kizárható, létrás áttörés csak néhány szűkebb edényénél fordul elő, 1-3 létrafokkal.

Barna, áttetsző edényfáltöredékek több helyen találhatóak, ezeken a farostok és egyéb szöveti elemek vonalai sötétben jelennek meg. Elvétve gödörkével is találkozunk, melyek nem az edényfalak összefüggő gödörkéi, nyílásuk mérete kicsi,  $2,5-1\mu$  közötti, elhelyezkedésük rendezetlen.



♣ II/6. Kőszeg, Jurisics vár, északi palotahomlokzat, a toronytól keletre eső falfelület festett rózsablakai. A festett díszablak fekete részéből vett mintákon hosszúkás, javarészt pálcika alakú szemcsék találhatóak. Színük átmenő fényben az áttetsző barnától a sötétbarnáig változik. Ez a kevésbé kielégítő égetés részben felelős lehet a jellegzetesen hosszúkás repedezésért. Minél kevésbé szenesedett el az anyag, annál inkább hajlamos szálkás elemekre aprózódni. A fenti kép nyílássora egy sejtsoros bélsugár töredéke lehet, mely pl. fenyőfélék, dió szemcséi között megtalálható. Ugyanez a kiinduló fafaj a következő képen keresztmetszetben is látható, ott a feketét a rózsablak vörös színű mezőinek megfestéséhez, a vörös rétegbe keverve használták.



♣ II/7. A fenti rózsablak vörös színnel festett rétege. Megjelenéséből, éles szilánkjából, üvegszerűen repedezett szemcséiből ítélve könnyű szövetű faféléből készített fekete pigment.

A szemcsék nyersanyagát adó fafajt ugyan nem lehet meghatározni, de a vastag szövetfalú bükkből, tölgyből, kőrisből, égerből és gyertyánból égetett szén alkalmazása kizárható.



◆ II/8. Kőszeg, Jurisics vár, az udvari homlokzat csaknem elpusztult kváder-mintájának fekete keretezéséből vett minta.

A darabmintában még kis nagyítással, sztreomikroszkóppal vizsgálva is nagy méretű faszén szemcsék láthatóak, a keresztmetszet-csiszolon szintén durva szemcsésre őrölt, határozott, egyenes szemcseszélű faszénfekete szilánkok találhatók.

A szemcsék jellegükben eltérnek a fent említett reneszánsz folyosó pigmentjeitől. Erősebb szövetű fából készültek, színük átmenő fényben fekete.



◆ II/9. Kunszentmárton, a Szent Márton plébániatemplom kültéri, faragott kőcímerének festett rétegei alatt fehérből és faszénfeketéből álló sötétszürke festékréteg következik. A réteg durva szemcsés fekete pigmentjei a fehér háttér előtt kontrasztosan jelennek meg.

Bár jellegzetes elem nem látható a rétegben, de a szövettöredékek homogén felépítése, a hálós szerkezetek formája, a törési élek, a jellegzetesen hosszúkás szövetformák alapján valószínűsíthető, hogy a faszén fenyőféléből készült. Szöveteinek fala közepesen vastag, a nyílások formája alapján a tavaszi pásztából származnak. A szemcsék között igen nagy, akár 0,25 mm hosszúságú darabok is előfordulnak.

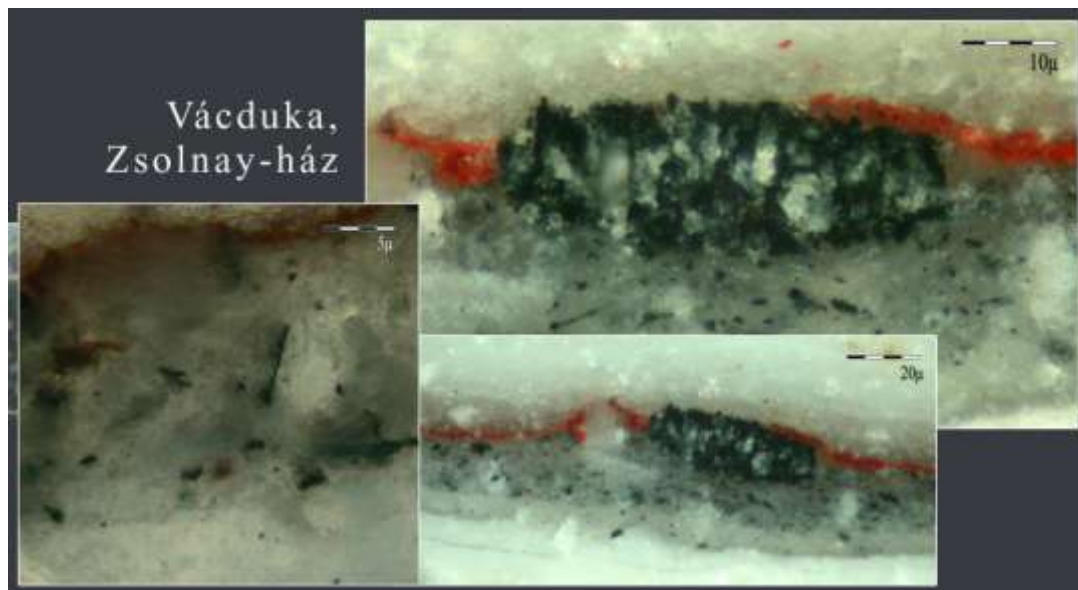




♣ II/10. Mária Immaculata, Kunszentmárton, a Szent Márton plébániatemplom barokk stílusú kültéri fülkeszobra, riolittufából faragva. A fehér alapozót faszénporos, kékes színű festés fedí. A faszénfeketével kevert réteg meglehetősen vastag. A faszemcsék nagyok, durvára őröltek, néhol egészen nagy darabjai is egyben maradtak, a mintában előfordul  $150 \times 75 \mu$ , sőt egy  $600 \times 60 \mu$  méretű töredék is. A szén jellegében hasonlít a faragott címer alsó rétegének szürkéjéhez. A nagyobb töredékekből ítélve, a fa keresztben elcsiszolt szerkezete alapján a faszén fenyőfából készülhetett.



♣ II/11. Az aracsi templomrom (Vajdaság) középkori habarcsából vett mintában nagyméretű faszén szemcsék találhatók. A szenet itt nem pigmentként alkalmazták, jelenléte azért hasznos, mert az anyagban kialakuló, rétegek közötti belső feszültségeket mérsékli, elősegíti a karbonátosodást. A nagyobb darabok szövetszerkezete alapján látható, hogy az anyagot lombosfából, mégpedig szórt likacsú fából szenesítették. A fa edényeinek a falát sűrűn, összefüggően apró vermes gödörkék borítják.



♣ II/12. Vácduka, falfestés A többrétegű átfestés által letakart, eltemetett rétegben faszénfekete szemcsék találhatóak, egészen nagy és apró méretűek egyaránt előfordulnak. A szemcsék anyaga rideg, könnyen aprózódik egészen kis méretű szilánkokra is. A lemezszerű töredékek megjelenése, szabályos élei alapján elképzelhető, hogy fenyőféle vékony falú áledényeiről lehet szó.

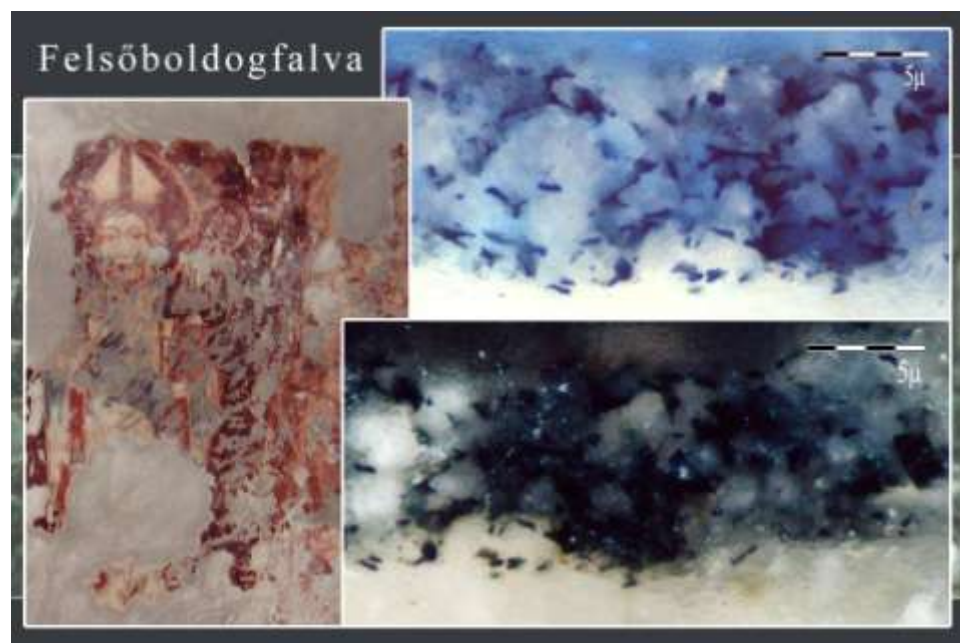


♣ II/13. Győr, a Szent Ignác jezsuita templom főoltárképe mögötti területet a vakolat könnyítésére faszéndarabokkal bélelték ki. A faszén nagy mérete miatt a faj is meghatározható: a vizsgált darabok tölgyfából származnak. A szövetek felépítése alapján kocsányos tölgyről lehet szó, bár a tölgyfélék meghatározásában a különböző szakirodalmi források eltérnek egymástól.



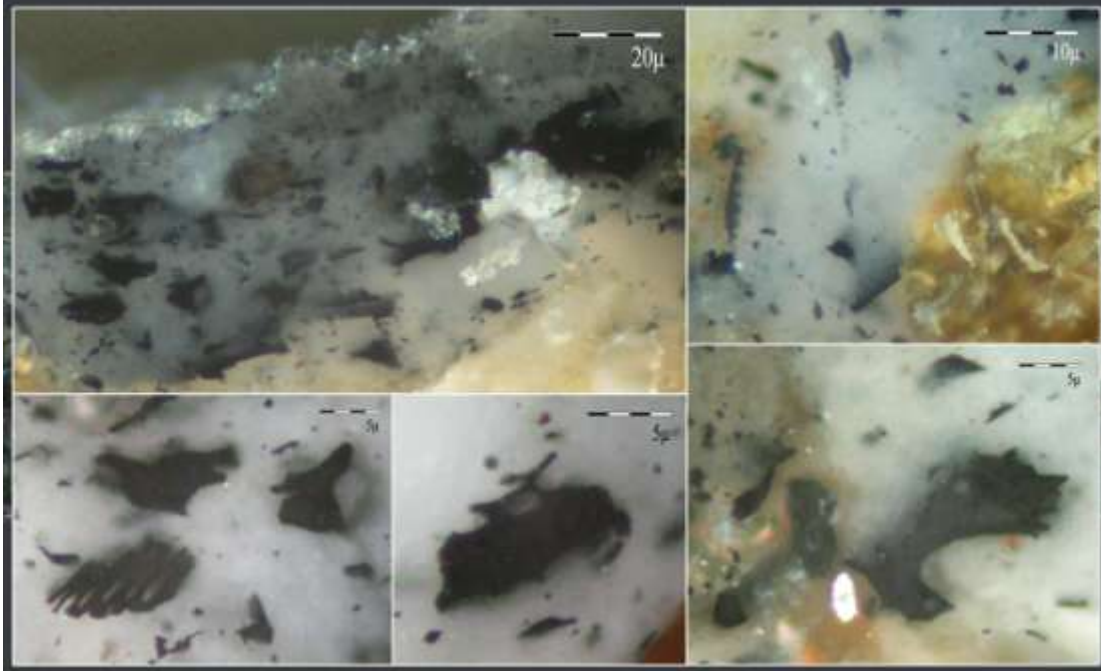
♣ II/14. Csík-szentmihály temp-lomának Keresztrefeszítést ábrázoló falképéből vett vakolatmintában egy faszerkezet viszonylag nagy, összefüggő töredéke található.

A töredéken jól követhetőek a növényt felépítő szövetek, a függőleges vízszállító sejtek és ezekre merőleges bélsugársejtek, valamint a keresztvezetési mezőben található kisméretű gödörkék kerek udvara, hasítékszerű nyílásai is kirajzolód-nak. Foto: Feketics Erika



♣ II/15. Felsőboldogfalva templomának (Erdély) freskódíszítéséből vett minták keresztmetszet-csiszolatain élesen, üvegszerűen repedezett szemcsék és hosszabb-rövidebb pálcikák láthatóak. Bár jellegzetes elemek nincsenek a csiszolatban, a közel azonos szemcsemérettartomány, élesen töredezett falú szemcsékből ítélve erős szerkezetű, vastag szövetű faféle szenesített örleménye. Szemcséi ebből következően nem származhatnak fűzféléktől, nem lehet venyigefekete sem, de elképzelhető erősebb fafajok, például bükk, kőris, esetleg fenyőfélék jelenléte. Polarizációs és lumineszcenciás mikroszkópos felvételek. Foto: Feketics Erika

## Gyulafehérvár, Lázói kápolna



♣ II/16. A Gyulafehérvárról származó festékminta pigmentjei között erős falú faszén szemcse töredékei láthatók. A fa nem morzsálódik, egyenes szélű darabokra törik. A jobb oldali képen lent egy vízszállító edény ívének töredéke jelenik meg keresztmetszetben, a felette lévő képen gödörkék sora. Az edény jelenlétéből, a gödörkék méretéből és elrendeződéséből ítélve lobosfároról van szó, a faszén lehetséges nyersanyagai közül a puha szerkezetű anyagok kizárhatók.



♣ II/17. Festéstechnikailag lehet érdekes a gödöllői kastély sarokszobájának 2010-ben restaurált falképeiből vett minták elemzése. A szemcseformákból ugyan sokat nem tudhatunk meg azon kívül,

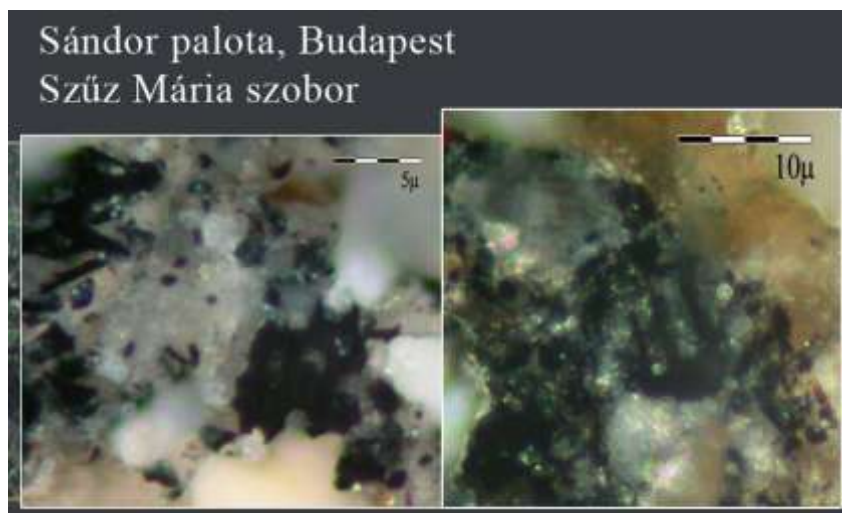
hogy erős szövetű fából égetett faszénfeketével festették, viszont a fal kékes és szürke árnyékait megvizsgálva látható, hogy míg a kékes vonalak megfestéséhez felhasznált festék kizárólag mészh és faszénfekete keverékéből áll (2), addig a szürke árnyékvonal megfestéséhez (1) a fekete mellett sárga és vörös aprószemcsés pigmentet is keverték. A szövetfalak vastagsága alapján a fa nem tartozhat például a finom szerkezetű fűzfélék vagy hársfafélék csoportjába, nem lehet venyigefekete sem, vastag szilárdító szövetekből felépülő lombosfa vagy fenyőféle jelenléte valószínű.



♣ II/18. A gödöllői kastély falképe a Kastélyszínház helyreállításakor, 2002-ben került elő a föld alól, nyolc évvel később, 2010-ben kerülhetett sor a restaurálására. A barokk freskó szürke színéből vett minta keresztmetszet-csiszolata szerint a szén erős szerkezetű faféléből készült, megjelenése az előző gödöllői díszítés feketéjéhez hasonló, bár ezt a pigmentet rövidebb ideig szenesítették, nem alakult át tökéletesen, színe barnás. A szemcsék éles szilánkokra törnek, nem morzszálódnak. A barnás szín eléréséhez a festő sárga és vörös színű pigmentet is kevert.



♣ II/19. Margat kereszties várában, a várkáporna mennyezetén az ég kékjét természetes ultramarinnal festették. A kék réteg alá növényi fekete és mész keverékből álló réteg került. A növényi szén és a mész keveréke kékes tónusú, a drága pigment mennyiségének csökkentése érdekében alkalmazták. A szénfekete hosszúkás, szálkás szemcsékből áll, könnyen morzszálódik, fafajra utaló formák nem fedezhetőek fel benne, a szemcsék felépítése alapján nem tartozik az erős szövetű fajok közé.



♣ II/20. A Sándor palota Szűz Máriát ábrázoló kőszobrából vett minta szürke rétege durvaszemcsés faszénfekete pigmentet tartalmaz. A szén erős szövetű faféléből készült. A bal oldali felvételen a fogakra emlékeztető darab a hosszirányban megnyúlt szövetek falainak ferdén elcsiszolt töredéke, balra a fának a csiszolás síkjára merőlegesen álló, kimondottan vastag falú darabja látható. A falvastagságból és a keskeny üregből ítélve a töredék a késői pászta darabja.



♣ II/21. A Magyar Képzőművészeti Egyetem homlokzatán a sgraffito díszítés fekete színű vakolatrétege (a töltőanyagzemcséken kívül) nagy mennyiségű, aprószemcsés vörös pigmentet és sokkal kisebb arányában, szintén aprószemcsés fekete anyagot, vas-oxid fekete pigmentet tartalmaz. A polarizációs mikroszkóppal összességében barnának látszó réteg szabad szemmel mély feketének érzékelhető. A vas-oxid feketének nagy a színezőereje, nagy a fényelnyelése. A keresztmetszet-csiszolon a fekete vakolatréteg képe látható balra sztereo-, jobbra polarizációs mikroszkópos felvételen.

## Táblaképek, faszobrok pigmentmintái



♣ II/22. Krisztus kezébe adják a nádszalat, olajfestmény Dürer fametszete után (1500 k.). A festményből vett minták keresztmetszet-csiszolatain mindenhol megtalálható egy vastag, szürke színű, nagyszemcsés, fekete pigmentet tartalmazó réteg. A faszén töredékei vastag falúak, formái tökéletesen, élesen kirajzolódnak a metszeten. Homogén szövetszerkezete, töredékeinek megjelenése alapján fenyőféléről van szó, mégpedig egy erősebb szerkezetről. A fenti kép nagyobb méretű szemcséjét az áledények tengelyére merőlegesen elcsiszolva, keresztmetszetből láthatjuk, a lenti képen a szemcse a vörös réteg alatt ferdén, hosszanti irányban fekszik a csiszolatban.





Martinčina,  
a Szent Márton kápolna  
gótikus Szűz Mária szobra

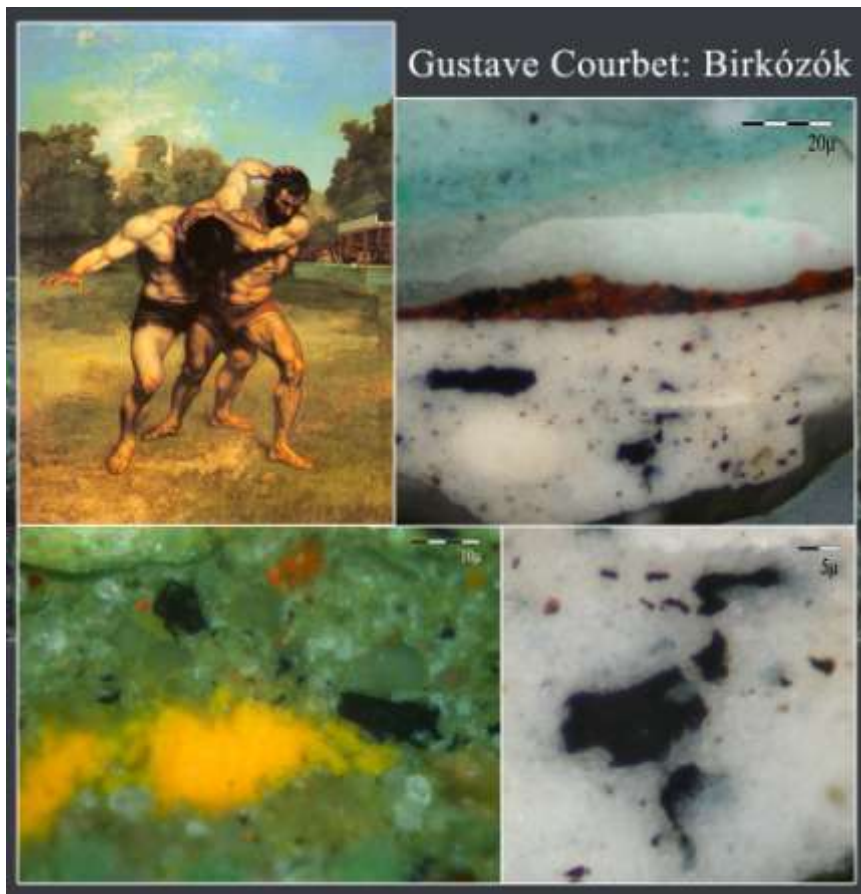
♣ II/23. Az Isztriai-félszigetről, Martinscinából (Horvátország) származó gótikus faszoborból, Szűz Mária köpenyének kézzel festett béléséből vett minta keresztmetszet-csiszolatán, az alapozás felett faszénfeketét tartalmazó aláfestés, rajta két kék festékréteg látható. A smalté és azurit réteg alatt a festő a fekete aláfestést annak érdekében alkalmazta, hogy a kék világos színét mélyebbé, árnyalatát kellemesebbé tegye. Az azuritnak és a smalténak egyaránt kicsi a fényelnyelése, emiatt önmagában használva vastagabb réteg felfestésére lenne szükség. A faszénszemcse megjelenése alapján hosszanti irányú szöveteknek (pl. bélsugarak) keresztirányú töredéke.



Karzatlezáró dísz, Kispetri, 1745

♣ II/24. A Kispetri karzatlezáró dísz, id. Umling Lőrinc festette 1745-ben. A fekete festésből vett minta faszénpigmentje átmenő fényben opak, morzsalékos. A szemcsemintában igen sok, kör alakú vermes gödörke látható, nyílásuk mérete átlagosan egy mikron méretű.

A fekete olyan lombosfából készült, aminek vermes gödörkéi a faszénben viszonylag nagy gyakorisággal fordulnak elő, sűrűn állnak egymás mellett, formájuk kerek és méretük igen kicsi. Ilyen fa lehet például a hársfa vagy a nyírfafélék: a gyertyán, nyír, éger. Az erősebb szövetű fajok alkalmazásának kicsi a valószínűsége, a tölgynek vagy a kőrisnek szintén apró gödörkéi vannak, de az itt használt pigmenthez viszonyítva sokkal vastagabbak a szövetfalai, másként aprózódnak, ráadásul szemcséi között a gödörkék jelenléte igen ritka.



◆ II/25. Gustave Courbet festményének alapozórétegében nagy számban található nagyszemcsés, növényi fekete pigment. A szemcsék kimondottan erős faszerkezet darabjai. Éles körvonalú tömbökre hasadnak. Színük fekete, szemcséi tökéletesen elszeszeseledtek. A fák egy csoportja itt is kizárható: Nem lehetnek finom szövetű fűzfafélék, hársfa vagy szil, nem lehet venyigefekete, de előfordulhat, hogy bükk, vagy egyes gyűrűs likacsú fajok, mint a kóris vagy a tölgy adta a szén nyersanyagát.



◆ II/26. A Birkózók című kép alapozórétegében a növényi szenek mellett nagyméretű, hék formában hasadt ásványi fekete szemcse is szerepel. Kettőstörő, ráeső fényben, keresztezett analízátor állásnál, a tárgyasztal forgatásával reflexiójának erőssége hullámzóan változik, színe sárga és fekete között mozog. A szemcse csak egyetlen helyen fordul elő, véletlenül keveredhetett a rétegbe.



✦ II/27. Múmiaportré, férfiképmás, 4. század első fele, fatábla.

A halotti portré alapozórétegbe hálóra emlékeztető faszénfekete darabka ágyazódott, a töredék üregeinek mérete és formája különböző.

A szemcse jelenléte véletlen lehet, az alapozóban több helyen nem fordul elő.

Foto: Rehorovics Anita



✦ II/28. A *Rózsafüzér Királynéját* ábrázoló barokk kori kegyoltárkép festékrétegéből készült csiszolatot ráeső fényben, keresztezett analízátor állásnál vizsgálva az egyszínű, fekete rétegben nem lehetett az egyes szemcséket megkülönböztetni. Párhuzamos analízátor állásnál viszont, miután a töredékek némelyike a fényt tükrösen reflektálja, láthatóvá váltak a faszénre jellemző részletek, vízszállító edény falának gödörkével borított töredékei. A gödörke felépítése alapján nem fenyőféléről van szó. Fafajt nem lehet meghatározni, de például a nyír, éger és hárs jelenléte az edényfalak 2,5 mikronos gödörkenyílásai miatt kizárható. Nem valószínű az sem, hogy nyújtott gödörkés faj lenne a szén nyersanyaga, úgymint a mogyoró, bükk, platán. Gyűrűs likacsú fajok jelenlétére pedig azért kicsi az esély, mert ezeknek a fajoknak a gödörkéi szemcsemintában ritkán fordulnak elő.



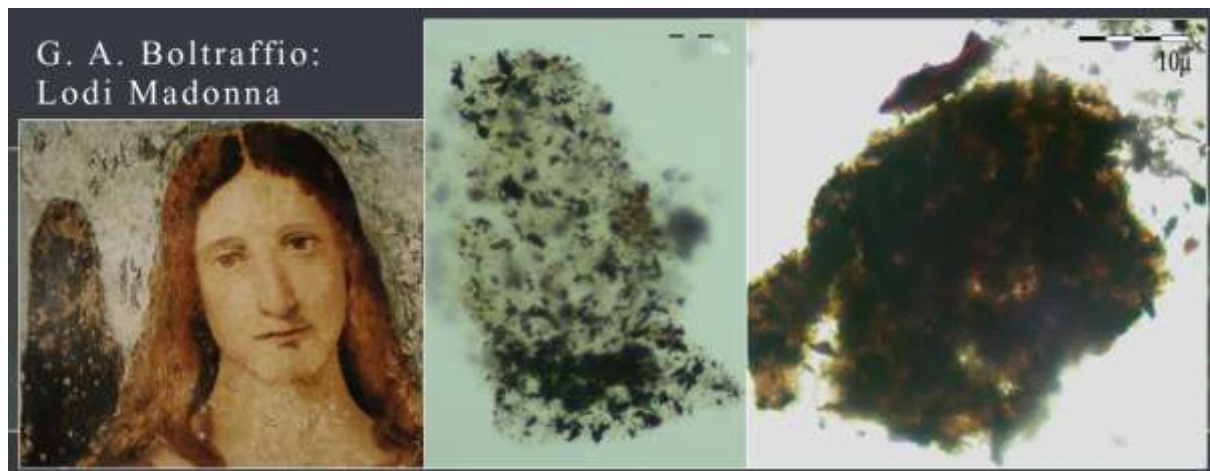
♣ II/29. Bocaccio Bocaccino festményének festékrétegből származó fekete szemcsék formája növényi eredetre utal, némelyik töredéken gödörkékre emlékeztető, lyukacsos szerkezetek láthatók. A mintában nagyobb tömbök, összefüggő, hosszúkás darabok fordulnak elő, a szén mállásra egyáltalán nem hajlamos, megjelenése alapján kimondottan szilárd szerkezetű lombosfából égették. Itt is kizárható a finom szövetű fűzfafélék, hárs, szil, venyigefekete alkalmazása.



♣ II/30. A szentendrei Szerb Egyházi Múzeum Apostolok vértanúságát ábrázoló ikonjából vett minta csiszolatát vizsgálva látható, hogy a betűk megfestéséhez felhasznált fekete anyag szemcsemérete igen kicsi. Erről tanúskodik, hogy a festék belefolyt a fehér alapozórétegbe is. Kis szemcseméretéből ítélve elképzelhető, hogy nagyon apróra tört faszén, vagy akár lámpakorom fekete a pigment anyaga. A festmény kora miatt a vas-oxid fekete kizárható, az 1700-as évek második felében ilyen tisztaságú vas-oxid feketét nem tudtak előállítani.



♣ II/31. Szent Bertalan vértanúságát ábrázoló barokk oltárkép fekete pigmentjeiből mintát véve faszénfekete jelenléte volt megállapítható. A Szent egyik kízójának kezében lévő kés nyeléből vett mintán viszonylag nagy méretű, erős faszénrögök voltak láthatóak, egyik darabjukon egy edény gödörkével borított falának töredékével. A fa erős faszerkezet darabja, töredékei viszonylag egészben maradnak, aprózódásra nem hajlamosak.



♣ II/32. G. A. Boltraffio *Lodi Madonna* című festményéből, a fekete festékrétegből vett pigmentminta szemcsepreparátumában faszénfekete van jelen, a szemcsék átmenő fényben áttetszőek, sötétbarnák, tehát nem szenesedtek el tökéletesen. A töredékek határozott körvonalúak, szilárd szövet darabjai, a kisebb szemcseméret alapján nehezen ítélt meg, hogy fenyőféléből vagy valamely erős szerkezetű lombosfából készülhetett.

## Szent Jakab legendája



♣ II/33. A Szent Jakab legendáját ábrázoló festmény alapozórétegében változatos formájú faszénfekete töredékek találhatóak, melyet vastag falú, kemény szerkezetű faanyagból szenesítettek. Szemcséi nagyméretűek, törési élük határozott, az anyag nem morzszálódik. A felvételek polarizációs mikroszkóppal (fent) és lumineszcenciás mikroszkóppal, BV gerjesztéssel (lent) készültek.



♣ II/34. Az előkészületi oltár fekete pigmentje minden bizonynal fenyőfából égetett faszénfeketéből készült, a lumineszcenciás felvételen hol a szemcsék ferdén elcsiszolt rostjainak metszetei, máshol egész nagy méretű edényfalak láthatóak, egyikükön a fenyőfélékre jellemző udvaros gödörkével.



♣ II/35. Az oltárépítmény felső korlátjának átfestett rétegében ezüstösen csillogó, nagy szemcsés szürke pigment volt megtalálható. A szemcsék XRD és polarizációs mikroszkópos vizsgálata grafit jelenlétét mutatta. A rétegből vett minta csiszolatát keresztezett polarizátor-analizátor állásnál vizsgálva majdnem összefüggő fekete réteg látható (jobbra, fent). A szemcsék a tárgyasztal forgatásával 45 fokként sárgásan csillogva megvilágosodnak, majd kioltanak és elsötétednek. Párhuzamos analizátor állásnál (jobbra, lent) egyértelműen kirajzolódnak a grafit ásványra jellemző lemezes, hosszúkás, héjakra emlékeztető szemcsék. A felhasznált grafitot tiszta, kevés töltőanyagot tartalmazó ásványból őrlték. Szemcséi vékony héjakra hasadoznak, némelyikük egészen vékony, ez a szénrács szerkezetével magyarázható. Szemcsepreparátumban, ráeső fényben (középen) láthatóvá válnak az ásvány sík lapjai, melyekről a fényt tükrösen visszaverődik.

## A felsorolásban szereplő műtárgyak pontos adatai

II/1. Ismeretlen festő: Két angyal, 15. század eleje. Belvárosi Nagyboldogasszony Főplébániatemplom, leválasztott freskótöredék a szentély 9-es számú ülőfülkéjéből.  
Dóka Sára, Galambos Adrienn diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2007.

II/2. Paul Troger: Angyali üdvözet, mennyezetfreskó, Győr, Szent Ignác jezsuita templom.  
Restaurálta: Boromisza Péter, Forrai Kornélia, Hoós Mariann, Nemessányi Klára, Springer Ferenc, Verba Erika 2002-2004. Foto: Forrai Kornélia

II/3. Belvárosi Nagyboldogasszony Főplébániatemplom, nyugati homlokzat.  
Restaurátori kutatás: Horváth Ferdinánd, Vihart Anna 2011.

II/4. Ismeretlen festő: Kálvária, 15. század eleje; Belvárosi Nagyboldogasszony Főplébániatemplom, leválasztott, átültetett freskótöredék.  
Bernád István, Jilg Enikő diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2009.

II/5. Edelény, kastély, 110-es szoba, falfestés. A szemcsepreparátumot Forrai Kornélia készítette.

II/6., 7., 8. Kőszeg, Jurisics vár, Reneszánsz folyosó, Udvari homlokzat.  
Restaurátori kutatás: Heitler András, Galambos Éva, Vihart Anna, 2010-2011

II/9. Kunszentmárton, a Szent Márton plébániatemplom kültéri, faragott kőcímerének festett rétegei.  
Restaurátor: Egri Hunor, a keresztmetszet-csiszolatot Galambos Éva készítette.

II/10. Mária Immaculata, Kunszentmárton, a Szent Márton plébániatemplom barokk stílusú kültéri fülkeszobra, riolittufából faragva. Tárgyfotó: Egri Hunor. A keresztmetszet-csiszolatot Galambos Éva készítette.

II/11. Aracs, pusztatemplom, déli mellékhajó, boltozati konzol, középkori habarcs. Restaurátori kutatás, fotó: Biacsi Karolina.

II/12. Vácduka, a Zsolnay-ház falfestése. Restaurátori kutatás: Dobai Csaba, Galambos Éva

II/13. Győr, Szent Ignác jezsuita templom, a Szent Ignác megdicsőülését ábrázoló főoltárkép oromdísze mögötti terület. Restaurálta: Boromisza Péter, Forrai Kornélia, Hoós Mariann, Lente István, Nemessányi Klára, Springer Ferenc, Verba Erika, 2005.

II/14. Csíkszentmihály temploma, Erdély, Keresztrefeszítés, freskó.  
Restaurátori kutatás: Feketics Erika, 2006. Foto: Feketics Erika

II/15. Felsőboldogfalva temploma, Erdély; Restaurátori kutatás: Feketics Erika, 2006. Foto: Feketics Erika

II/16. Gyulafehérvár, Lázói kápolna, emelet, harmadik dupla ablak, középső osztókő. Restaurátor: Egri Hunor. Keresztmetszet-csiszolat Kriston László gyűjteményéből.



II/17., Gödöllő, Grassalkovich kastély, Gizella szárny, freskó, barokk díszítőfestés. Vezető restaurátor: Bóna István, Seres András, 2010. Fotó: Vihart Anna

II/18. Gödöllő, Grassalkovich kastély, leválasztott barokk freskó. Vezető restaurátor: Bóna István, 2010. Foto: Bóna István, Kürtösi Brigitta, Vihart Anna

II/19. Margat keresztés vára (Szíria), várkapolna, ÉK-i oratórium, a Pünkösöd jelenet háttérének kék pigmentje. 13. század eleje. A keresztmetszet-csiszolatot Galambos Éva készítette. Foto: Galambos Éva

II/120. Sándor palota, Budapest; Szűz Mária szobor, festett kő.  
Keresztmetszet-csiszolat Kriston László gyűjteményéből.

II/21. A Magyar Képzőművészeti Egyetem homlokzata, sgraffito. Vezető restaurátor: Bóna István.  
Keresztmetszet-csiszolat Kriston László gyűjteményéből.

II/22. Albrecht Dürer fametszete után: Krisztus kezébe adják a nádszálat, olajfestmény, 1500k.  
Szépművészeti Múzeum, Horváth Ferdinánd diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2006.

II/23. Martinscina (Horvátország) A Szent Márton kápolna gótikus Madonnaszobra, 1480.  
Keresztmetszet-csiszolat Kriston László gyűjteményéből. Foto: Zvezdana Jembrih

II/24. Id. Umling Lőrinc: Karzatlezáró dísz, Kispetri, 1745, Néprajzi Múzeum  
Restaurátori kutatás: MKE, Restaurátorképző Intézet, Gögös Ágota, 2007.

II/25., 26. Gustave Courbet: Birkózók, Szépművészeti Múzeum; Restaurátor: Velekei Mária  
A keresztmetszet-csiszolatokat Galambos Éva készítette.

II/27. Ismeretlen festő: Múmiaportré, férfiképmás, 4. század első fele, fatábla, BTM Aquincumi Múzeuma; Rehorovics Anita diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2008.

II/28. Ismeretlen barokk festő: Rózsafüzér Királynéja, kegyoltárkép, olaj-vászon. Esztergom, Ferences Szent Anna plébániatemplom. Horváth Ferdinánd, Orbán Kata negyedéves munkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2005.

II/29. Bocaccio Bocaccino: A Szent Család Szent Jeromossal, Szépművészeti Múzeum.  
Restaurálta: Forrai Kornélia, Hoós Mariann, Somos Éva, Foto: Forrai Kornélia, Vihart Anna

II/30. Ismeretlen ikonfestő: Apostolok vértanúsága, 1769, fatábla, Szentendre, Pozsarevacska templom. Galambos Adrienn diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2007.

II/31. Szent Bertalan vértanúsága, barokk oltárkép; Magántulajdon. Restaurátor: Vihart Anna, 2007.

- II/32. G. A. Boltraffio: Lodi Madonna, 1508, olaj-fatábla, Szépművészeti Múzeum.  
Restaurálta: Forrai Kornélia, Hoós Mariann, Somos Éva. A szemcsepreparátumot Forrai Kornélia készítette.
- II/33. Szent Jakab életéből vett négy jelenet, 17. sz., vászon, részlet; Magántulajdon.  
Domonkos Magdolna, Hegedűs Judit, Simon Mária Magdolna, Szántó Nikolett negyedéves munkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2009.
- II/34. Jakov Nedić: Előkészületi oltár a borjádi szerb ortodox templomból, 1783. Szentendre, Szerb Egyházi Múzeum. Varga Ferenc diplomamunkája, MKE, Restaurátorképző Intézet, 2011.
- II/35. Nyírbátor, Krucsay oltár. A tárgyfotókat Radovics Krisztina, a keresztmetszet-csiszolatot Galambos Éva készítette.

## Irodalomjegyzék

### A mestermunka és a doktori értekezés összeállításához felhasznált könyvek, folyóiratok, internetes oldalak

- Römpp: Vegyészeti lexikon (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1960, negyedik, bővített kiadás)
- Sztrókey-Grasselly-Nemecz-Kiss: Ásványtani praktikum II. (Tankönyvkiadó, Bp., 1970)
- Artists Pigments 4. – John Winter, Elisabeth West FitzHugh: Pigments Based on Carbon (Washington, London: National Gallery of Art and Archetype Publications, 2007)
- Kriston László: A műtárgyvizsgálatok fizikai alapjai (Budapest MKE, 2002)
- Kriston László: Műtárgyak fontosabb röntgen- és gamma-sugaras vizsgálatai (Budapest MKE, 2001)
- Nicholas Eastaugh, Valentine Walsh, Tracy Chaplin, Ruth Siddall: Pigment Compendium / Optical Microscopy of Historical Pigments (Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004)
- Nicholas Eastaugh, Valentine Walsh, Tracy Chaplin, Ruth Siddall: Pigment Compendium / A Dictionary of Historical Pigment (Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004)
- Gettens J.R.- Stout L.G.: Painting Materials (New York, 1942)
- Helen Howard: Pigments of English Medieval Wall Paintings (Archetype Publication LTD, 2003)
- Peter, Ann Mactaggart: A Pigment Microscopist's Notebook (1994)
- Harley R. D.: Artists' Pigments c.1600-1835 (London, 1970)
- Hans Peter Schramm - Bernd Hering: Historische Malmaterialien und Möglichkeiten ihrer Identifizierung (Drezda, )
- Chris Pellant: Kőzetek és ásványok - Határozó kézikönyvek (Szegedi Kossuth Nyomda Kft, 2002)
- Kurt Wehlte: A festészet nyersanyagai és technikái (Budapest, Balassi Kiadó, 1994)
- Thompson, V. D.: The Materials and Techniques of Medieval painting (New York, 1956)
- Crown D.- Crim M.: The Forensic Examination of Paints and Pigments (USA, 1968)
- Albrecht Dürer: Die Gemälde der Alten Pinakothek (München, 1998)
- Idősebb Plinius: Természetrájk (XXXIII-XXXVII.), (Enciklopédia Kiadó, Budapest, 2001)
- Cennino Cennini: The Craftman's Handbook - D.V. Thompson angol nyelvű fordítása (Dover Publications, INC, New York, 1960)
- Kubovics Imre: Kőzetmikroszkópia II. (Tankönyvkiadó, Budapest, 1993)
- Lakk- és festék zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó (Budapest, 1982)
- Allen J. Coombes: Fák- Határozó kézikönyvek (Dorling Kindersley Book, 1992)
- Babos Károly: Fafaj-meghatározás és faanyagismeret restaurátoroknak (MKF, 1994)
- Molnár Sándor - Peszlen Ilona - Paukó Andrea: Faanatómia (Szaktudás Kiadó Ház, 2007)
- Butterfield, Meylan, Peszlen: A fatest háromdimenziós szerkezete (Faipari Tudományos Alapítvány, 1997)
- Pigmente - Herstellung, Eigenschaften, Anwendung (Stuttgart, 1960)
- Renate Gold: Reconstruction and Analysis of Bismuth Painting - Scientific Research - History and Conservation (Williamsburg, Virginia, 1994)
- Hermann Kühn: Farbmaterialien Pigmente und Bindemittel (Reclams Handbuch der künstlerischen Techniken 1) (Stuttgart, 1994)
- Tuzson Eszter: A középkori Magyarország területén szoborfaragásra felhasznált fafajták, II. (Szakdolgozat, MKE, 2001)
- Galambos Éva: Főként Európa területén az ókortól a XIX. század végéig használatos kék, zöld és vörös szerves pigmentek; MKE, 2001

## **Folyóiratok**

### National Gallery Technical Bulletin

Vol. 24, 2003 Black Earths: A Study of Unusual Black and Dark Grey Pigments used by Artists in the Sixteenth Century 96-114.

Vol. 7. 1983 4-5.

Vol. 10. 1986 Brown and black glazes, Pigments and Paints 63-65.

### Studies in Conservation

M. Ferretti, G. Guidi, P. Moioli, R. Scaf , C. Seccaroni: The Presence of Antimony in some Grey Colours of Three Paintings by Correggio; 1991/36

Francois Schweizer, Anne Rinuy: Manganese Black as an Etruscan Pigment 1982/27

S. Pofi, B. Perdikatsis, S.E. Filippakis: X-Ray Analysis of Greek Bronze Age Pigments from Thera 1977/22

Vouv , J. Brunet, F. Vouv : De l'usage des minerais de manganese par les artistes de la grotte pr historique de Lascaux, sudouest de la France, 1992/37

D. Gutscher, B. M hlethaler, A. Portmann, A. Reller: Conversion of Azurite into Tenorite 1989/34

John Winter: The Characterization of Pigments Based on Carbon 1983/28

Tadeusz Kawiak: Gypsum Mortars from a Twelfth-Century Church in Wislica, Poland 1991/36.

Joyce H. Townsend: The Materials of J. M. W. Turner: Pigments 1993/38.

### Journal of the American Institute for Conservation

1998 Vol. 37 Number 3 Identification of the Pre-Columbian Pigment Maya Blue on Works of Art by Noninvasive UV-VIS and Raman Spectroscopic Techniques

Dare Myers Hartwell: Bierdstadt's Late Paintings: Methods, Materials and Madness 1999 Vol. 38, Number 1.

### Archeologia Austriaca

LIX/LX Duma Gy rgy, Ravasz Csaba (1976)

### IIC The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (London-Boston, 1976)

## **Internetes oldalak**

Microscopic Wood Anatomy of Central European species, online version - [Schoch Werner](http://www.woodanatomy.ch), Heller-Kellenberger Iris, [Schweingruber Fritz](http://www.woodanatomy.ch), [Kienast Felix](http://www.woodanatomy.ch), [Schmatz Dirk](http://www.woodanatomy.ch) <http://www.woodanatomy.ch> (2011.11.08.)

[www.delta-intkey.com/wood](http://www.delta-intkey.com/wood) (2011.12.)

Mineralogy Database - <http://webmineral.com> (2011.11.08.)

N v nykatal gus - <http://www.novenykatalogus.hu> (2011.11.08.)

## Köszönetnyilvánítás

Hálával tartozom legfőképpen témavezetőmnek, Kriston Lászlónak, aki mindenben segítségemre volt, és ha kértem, mindent megválaszolt. Ha többet kérdeztem volna, valószínűleg több dologra is választ kapok. Köszönöm a türelmét is, és azt, hogy amikor nehéz helyzetbe kerültem, mindent megtett, hogy segítsen, annál sokkal többet, mint amire számíthattam.

Olyan sok embernek tartozom köszönettel, hogy azt felsorolni lehetetlen - elsőként, akiktől a pigmentek alapanyagait kaptam: Lukács József szobrászművésznak, Gelsei Imre grafikusművésznak, faesztergályos mesternek és nővéremnek, Vihart Viktóriának a famintákat, Lóránth Csanádnak a fekete ásványokat.

Köszönöm Boros Ildikónak, hogy vékonymetszeteit, könyveit rendelkezésemre bocsátotta, és lelkesen támogató. Külön köszönet a Microscopic Wood Anatomy internetes oldal összeállítóinak, akik nagyvonalúan ingyen elérhetővé és felhasználhatóvá tették sok száz, különböző fafajokból gondosan rendszerezett és leírásokkal ellátott vékonymetszet gyűjteményük fotósorozatát. Nagyban segítettek a munkámat, hiszen a fafajmeghatározás nem az én területem, a faszemek vizsgálatához csak járulékosan szükséges.

Köszönöm Járó Mártának a pigmentmintákat, a rám fordított idejét és a laborvizsgálatokban nyújtott segítségét, a kémiai tesztek elvégzését neki köszönhettem. Forrai Kornélia, ahogy szokta, mindig jó tanácsokkal, gyakorlati észrevételekkel látott el, vizsgálatra nagyon sok mintát tőle kaptam. Köszönöm Tuzson Eszternek segítőkészségét, válaszait, Galambos Évának, hogy kevés idejében összegyűjtötte a fekete pigmenteket tartalmazó mintáit, Egri Hunornak, akitől - bár ismeretlenül - Éván keresztül a legérdekesebb mintákat kaptam.

Köszönettel tartozom Görbe Katalinnak, aki utólérhetetlen gondossággal javította és olvasta az írásaimat. Bármilyen betűtévesztés maradt a szövegben, az biztosan az én figyelmetlenségem.

Köszönöm Fehér Sándornak, a Nyugat-Magyarországi Egyetem docensének, hogy a dolgozatom faszemekkel foglalkozó részét végigolvasta, kijavította és néhány helyen még a pontos megfogalmazásban is segített, hálás vagyok önzetlen segítségéért, hogy eljött, időt szakított rám, ismeretlenül is. Peszlen Ilonának, aki volt kedves és a legnagyobb bizalommal a figyelmébe ajánlott kollégáinak.

Köszönöm a Restaurátorképző Intézet diákjainak, akik szemcsemintáikat és keresztmetszeteiket odaadták, fényképeket mellékeltek. Kürtösi Brigittának, aki mindig biztatott és amikor nehezemre esett továbblépni, segített. Zvezdana Jembrihnek, aki levelemre Horvátországból azonnal válaszolt és előkereste a fényképeit. Köszönet minden kedves barátomnak és ismerősömnek, aki támogató, érdeklődött és biztatott. Hálásan köszönöm nekik.

Köszönöm a Restaurátorképző Intézet oktatóinak, akik mindig szántak rám időt és adtak helyet, hogy dolgozhassak, a belépési engedélyeket megkaphattam.

Ki ne felejtsem családomat, akik mindig mellettem álltak és állnak ma is. Férjemnek, aki már évek óta türelmmel hallgat és a fekete pigmentekről készült fotókat családi fényképeknek nevezi.

Amit össze tudtam gyűjteni a témában, összegyűjtöttem. Nyilván vannak végig nem járt utak, a témát meg lehet vizsgálni más oldalról is, talán más és gazdagabb eredményre jutva. Ha a későbbiekben bárki hozzá tud tenni, javítani rajta, kérem, tegye meg.