

**Homokkövek magyarországi fellelhetősége, jellemzőik,
műemléki szerepük és felhasználása**

Schettler János

Magyar Képzőművészeti Egyetem, Restaurátor Tanszék
Kőszobrász-restaurátor, 4. évfolyam

Témavezető: Szemerey-Kiss Balázs PhD, egyetemi adjunktus

2023

Tartalomjegyzék

I.	Bevezetés	3
II.	A Homokkő.....	5
II.1.	A homokkőről általában	5
II.2.	A homokkövek keletkezése, felépítése	7
III.	Magyarországon fellelhető homokkő bányák.....	11
III.1.	Balaton-felvidéken fellelhető homokkövek.....	11
III.2.	Budai-hegységben fellelhető homokkövek.....	12
III.3.	Cserhát-hegységben fellelhető homokkövek.....	13
III.4.	Mecsek-hegységben fellelhető homokkövek.....	14
IV.	Károsító hatások és tönkremeneteli formák.....	15
IV.1.	A műemlékek kő anyagának mállását előidéző hatások és azok mértéke, különböző mállási formák	15
IV.2.	A károsodás forrásai.....	15
IV.3.	A hőmérséklet és nedvességváltozás okozta károsodás	16
IV.4.	Oldható sók károsító hatásai	18
IV.5.	Biológiai eredetű károsodások.....	19
V.	Vizsgálatok.....	20
VI.	Összefoglalás.....	22
VII.	Irodalomjegyzék.....	23
VIII.	Felhasznált képek forrásai.....	24

I. Bevezetés

Dolgozatom célja a hazai műemlékekben és építőiparban leggyakrabban felhasznált homokkövek ismertetése a bányászástól, a különböző károsodási folyamatnak bemutatása, a különböző homokkövek alkalmazási területein át a mikroszkópos vizsgálatokig. A leggyakrabban felhasznált homokkövek bányáiból minták begyűjtése, azok mikroszkópos vizsgálatainak leírása.

A téma jelentőségét az adja, hogy a homokköveket is nagy mennyiségben felhasználták szobrok faragására, építőanyagként támfalakba, burkolati anyagként, malomkőként, sírkő alapanyagként stb, mint a durva mészköveket. Ez a probléma kör adja dolgozatom megírásának központi elemét, ugyanis a hétköznapi életben, mint kőfaragó, kőszobrász, esetleg más szakember, aki foglalkozik a homokkő és durvamészkő felhasználásával/megmunkálásával és értékesítésével, többnyire nincs tisztában az adott kőzet geológiai értelemben vett pontos meghatározásával és hajlamosak az emberek többsége tévesen megnevezni az adott kőzetet. Sok esetben például a sós-kúti (7. ábra) és fertőrákosi (8. ábra) durva mészkőre is a homokkő elnevezést használják. Még egy jó példa, ami ugyan nem homokkővel kapcsolatos, de hasonló probléma körbe sorolható. A márvány és a tömött mészkőek esete. A márvány geológiai értelemben metamorf kőzet, míg a tömött mészkő egy üledékes kőzet, de a legtöbb esetben a közös jellemző a polírozhatóságuk, porozitásuk és emiatt hívják legtöbbször a tömött mészkövet is márványnak, például a siklósi tömött mészkövet hívják siklósi márványnak, vagy a tardosi tömött mészkövet vörös márványnak. A homokkövek megmunkálhatóságát illetően van némi különbség. A magas kvarc tartalmú, kis porozitású, tömörebb homokkövek, mint például a Rezi homokkő, keményebb kőzet és ez által tovább tart a megmunkálása, a szerszámokat hamarabb koptatja, gyakrabban kell élezni a vésőt, reszelőket nem érdemes használni, mert hamar elkopnak. A kvarcot kisebb arányban tartalmazó homokköveket könnyebben lehet megmunkálni, ráspolyokkal, kőreszelőkkel, lágyabb minőségű vésőkkel. Egy szemléletes példa arra, hogy igazából nincs akadálya ugyanazt a kőfaragványt létrehozni egy keményebb anyagból, egy kvarc homokkőből (1. ábra), vagy egy puhább típusú kőzetből, egy durva mészkőből (2. ábra) és egy keményebb kőzetből, az édesvízi mészkőből (3. ábra).

Végül pedig összegezném a céljaimat, melyeket a dolgozatom elkészítése előtt fogalmaztam meg. Az átlag közet felhasználó szakemberekkel ellentétében egy kőszobrász-restaurátornak már pontos meghatározással kell bírnia egy adott közet típusát illetően. Pontos, jól meghatározott kőzettani ismeretek mellett dolgozhat egy adott műtárgyon, műemléken. A vizsgálataimmal és összegzéseivel szeretném a kőszobrász-restaurátorok munkáját megkönnyíteni azzal, hogy egy átfogó ismeretekkel bíró dolgozatot hozok létre.



1. ábra: Kvarc homokkő konzol



2. ábra: Durva mészkő konzol



3. ábra: Édesvízi mészkő konzol

II. A Homokkő

II.1. A homokkőről általában

A törmelékes üledékes kőzetek közül a legelterjedtebben használt műemléki alapanyag. Változatos ásványi összetételű, de a legismertebb kőzetváltozatai a kvarcból álló típusai (5. és 6. ábra). Szemcsemérete 2-0,06 mm között frakció dominál, de sok esetben megfigyelhetünk 2 mm-nél nagyobb szemcséket a felhasznált kőzetekben (4. ábra). Melyek, ha dominálnak a kőzetben, akkor a kvarc alakjától függően konglomerátumnak vagy breccsának nevezik (előbbit lekerekített kvarcok, utóbbit éles, töredezett szélű szemcsék építik fel). A kvarc-homokkövek minőségét és alkalmazási területét elsősorban a kötőanyaguk összetétele befolyásolja. A kovás kötőanyagú homokkövek szilárdsága vetekszik a legszilárdabb magmás kőzetével. Nyomószilárdságuk nagyon változó, néhány 10 MPa-tól egészen a 100 MPa-ig terjed. A porozitásuk is nagyon változó, az 1-2%-tól egészen a 10-20%-ig terjedhet a felhasznált és beépített kőzetváltozatoké. A homokkő színét elsősorban a kötőanyaga és a benne megtalálható vas-oxid ásványok mennyisége határozza meg. Megkülönböztethetünk vöröses-barnás hematitos, limonitos és vas-oxid mentes szürke árnyalatú homokköveket. A vas tartalom függvényében világosszürke, sárga, illetve vörös árnyalatú, de zöldes árnyalatú is lehet, a zöldes árnyalat a klorit tartalomhoz köthető¹

A homokkövet, mint könnyen bányászható és megmunkálható kőzetet, már az ókor óta felhasználta az ember építő és szobrászati célból. Felhasználták már az ókori Egyiptomban, a Római Birodalomban és a Távol-Keleten is, mint például Indiában és Burmában is. A szobrászatban egyedi, nagyméretű alkotásokat (obeliszkek, diadalkapuk) készítettek belőle. A középkorban is széles körben alkalmazták a homokköveket, de még napjainkban is jelentős a felhasználása a jól faraghatósága miatt. A kvarcalapú kovásodott homokkövek szobrászatban való alkalmazása nem volt elterjedt a nehéz megmunkálhatóságuk miatt. Az agyagkötésű homokkövek felhasználása vált széles körben elterjedtté. A kalcitkötésű és agyagkötésű homokkövek atmoszferikus hatására felületükön a szemcséi kiperegnek a környezet roncsoló hatásának kitett részein és ez a

¹ Csontos Attila, 2011:

hatás különösen jelentős a savas esők hatására. Napjainkban alkalmazzák különböző burkolati kőnek pl. lábazati zónában és járófelületeken. Valamint széles körben használják hullámtörők, mólók és kikötői létesítményeknél a durva kitermelésű homokköveket.²



4. ábra: Durva szemcsés homokkő



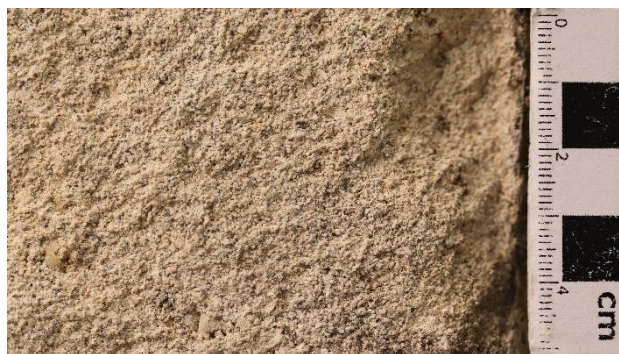
5. ábra: Permi-vörös homokkő



6. ábra: Finom szemcsés homokkő



7. ábra: Sós-kúti durva mészkő



8. ábra: Fertőrákosi durva mészkő

² Török Ákos, 2008

II.2. A homokkövek keletkezése, felépítése

A kőzet egy vagy több ásvány csoportosulásából, a Föld felszínét képező szilárd halmazállapotú kérgét képező része, amely természetes úton keletkezik. A kőzeteket három nagy csoportba lehet osztani keletkezésük alapján: magmás kőzetek, üledékes kőzetek és az átalakult kőzetek vagy más néven metamorf kőzetek. A homokkő keletkezés alapján az üledékes kőzetek csoportjába sorolható. Az üledékes kőzetek már korábban kialakult összletek lepusztulásából létrejövő szemcsékből képződnek. Az üledékes kőzeteket keletkezési módjuk szerint besorolhatók három nagy csoportba: első csoport a törmelékes üledékek, a második a vegyi vagy biogén üledékek és a harmadik a szerves üledékek.

„Hazánk földtani felépítésében fontosnak számítanak az üledékes kőzetek, hiszen az országunk területének 97,3 %-át borítják. A földfelszíni elterjedéséhez képest hazánkban az átlagosnál jóval több az üledékes kőzet”. (Török Ákos: 2008:).

„A homokkő változó ásványi összetételű szilikátos kőzet. „A homokkő keletkezéséhez alapfeltételként elegendő a homok jelenléte ahhoz, hogy diagenézis során a laza üledék homokkővé álljon össze. A laza homoktól lépcsőzetes az átmenet az erősen átkovárodott tömör homokkövekig. A homokkövek üledék anyagai, törmelékszemcséi, uralkodóan az üledékgyűjtő területen kívülről származó, elsődleges ásványok vagy kőzettöredékek. Fő alkotói a kvarc és földpát, kisebb mennyiségben más ásványok is előfordulnak. A kvarc az állványszilikátokhoz /tektoszilikátok/ hasonló térhálós szerkezetű ásvány. Oxigénatomokon keresztül kapcsolódó $\text{SiO}_4/4-$ tetraéderek építik fel. Az állványszilikátoktól eltérően azonban itt mindig ugyanaz a kation kapcsolódik az oxigén atomhoz, ezért a kőzetan az oxidok közé sorolja. A tetraédes koordinációjú SiO_4 csoportokban egy oxigénre a Si^{4+} + csak $1/4$ - e jut, így az O^{2-} fölös töltéssel rendelkezik. Ez úgy válik semlegessé, hogy a szomszédos tetraéderek egymáshoz oxigén ionokon keresztül kapcsolódnak, tehát minden oxigénhez két szilícium tartozik. A háromdimenziós vázrendszer változatosságát az okozza, hogy az oxigén atomok nem töltik ki tömötten a rácsteret, ez a rácsszerkezetben elmozdulásra ad lehetőséget. A Si-O kapcsolatban erős ionos, de javarészt kovalens kötések létesülnek. A hőmérsékletváltozás függvényében ezek a tényezők határozzák meg különböző kvarc módosulatok

keletkezését. Gyakori kvarckristályokban a zárvány, ezek tartalmaznak más ásványokat, ill. gázt vagy folyadékot is. Sokszor ezek a zárványok irányítottan, sorban jelentkeznek. A kvarc nem hasad és vegyileg rendkívül ellenálló, ezért gyakori alkotója üledékes kőzeteknek. A földpátok tektoszilikátok, legfontosabb képviselőik az albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, az ortoklász KAlSi_3O_8 , az anorit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Az albit rendszerint izomorf elegyet alkot az anorittal, ez a plagioklász. A földpátok kevésbé ellenállóak, mint a kvarc, jól hasadnak, lebomlásuk során keletkeznek az agyagok. A homokköveket felépítő szemcséket a közöttük mozgó kolloidális és ionos oldatok másodlagos, helyben képződött csapadéknak ásványai cementezik össze / kötőanyag. A 0,06 mm-nél kisebb-átlagosan 20-30 μm -os szemcsék összességét alapanyagnak / mátrix / nevezzük. A homokkőzetek kötöttsége a mátrixuk, de még inkább kötőanyaguk / cementjük /minőségétől függ és azok mennyiségi emelkedésével nő. Ez főként abból adódik, hogy a homokkövek különböző fajtáinál jelentős eltérés a kötőanyagnál, ill. a mátrixnál figyelhető meg, a kőzetet felépítő fő tömeget a kvarc alkotja, néhány kivételes esettől eltekintve. A kőzet kötöttségét befolyásolja még a tömörödés mértéke, közettömeget alkotó szemcsék alakja, illetve milyen a szemcsék felületi kapcsolódása / sima, varratos. A laza üledékek a rájuk rakódó fedőrétegek súlya alatt / fedőterhelés /tömörödni kezdenek. A frissen lerakódott üledékanyag térfogata, már a szemcsék átrendeződése során 20%-al csökkenhet és ez alatt eredeti pórusának 50%-át is elvesztheti. Nagyobb mennyiségű mechanikai tömörödés során a szemcsék szorosabb illeszkedését gyakran a csillámoknak és a csillámszerű ásványoknak a nyomott felületbe való fordulása, a kemény szemcséken való meggyöngyösödése, a ridegebb szemcsék / földpátok, oxidok/ összetöredezése teszi lehetővé. A tömörödés során a törmeléken és karbonátos kőzeteknél egyaránt megfigyelhető a kőzet szemcséinek érintkezéseinek, egymásba mélyedő varratos, vagy simává való felületek kialakulása. A kőzetalkotó szemcsék lehetnek szögletes / sarkos / és különböző mértékben lekerekítettek, ez az üledékgyűjtő helyileg megtett út hosszának és jellegének függvényében változik. Szél által szállított közettörmelék kopása 100 szorosa is lehet a víz által hasonló távolságra szállított szemcsék kopásának. A körömmel karcolható laza homokkő szemcséit, több-kevesebb alapanyag mellett, kevés és gyöngye kötőanyag tartja össze, sokszor csak a szemcsék sarkai kapcsolódnak össze, kevés cementációval. A szemcsék között ezért nagy üregek maradnak, nagy lesz a homokkő porozitása. A porozitást növelheti a kőzetalkotó szemcsék osztályozottsága, minél kisebb

mérettartományban szóródik összetételük, annál porózusabb a kő. A tömör homokkövek nagy nyomószilárdságát szemcséinek összefogazottsága, hajlító és húzó szilárdságát cementjének nagy kötőereje biztosítja, de a rugalmas alakváltozásoknál szerepet játszik a kő szöveti felépítése is. Alakváltozás szempontjából a kötőanyag merevebb, mint az ásványok alkotta szövet. Hajlító szilárdság szempontjából hátrányos az üveges szerkezet, ill. a nagy ásványok megléte, melyekben hamarabb következik be a törés. A követ felépítő szemcsék közül az uralkodó, illetve járulékos alkotókat a kő megnevezése is tartalmazza. Pl. kvarchomokkő, mészhomokkő, tufás homokkő, glaukonitos homokkő, márgás homokkő. Oxidációs fokuk alapján lehetnek, oxidatív közegben keletkezett / vörös, vagy sárgás színűek / illetve redukzív közegben ülepedett szürke kőzetek. A permi vörös homokkő az első, míg a rezi-i homokkő a második csoportba tartozik. A kvarchomokkővek színét döntően a szemcsék összekötő cement minősége szabja meg, mivel a kőzet legnagyobb tömegét kiadó kvarc szintelen. A kovás, kalcitos, dolomitos, kaolinos kötésű homokkő általában fehér. A limonitot tartalmazó kötőanyag sárgára, illetve barnára színezi a homokkövet. A hematitot tartalmazó kötőanyagtól vörössé, illetve rózsaszínűvé válik a kő. Szénrészeszkék, bitumenes anyagok szürkére, feketés árnyalatúra változtatják a kő színét. A homokkő színét befolyásolják a járulékos kőzetalkotók is. Pl. a glaukonit, klorit tartalmú kövek általában zöldes árnyalatúak. A színt adó ásványi összetevők, gyakran dúsulnak erek, vagy felhőzetek formájában, ami a megmunkálás során látvány szempontjából is jelentőssé válik. Esetenként felhasználják a kőnek ezt a struktúráját, de zavarólag is hathat figurális alkotásoknál. Ezért nem mindegy, hogy egy szobor faragása során a kőfaragó a rétegzettséggel párhuzamosan, illetve arra merőlegesen alakította ki a plasztika tengelyét, főnézetét. Ez a kő romlása szempontjából is jelentős tényező. Rétegződés szempontjából nézve a homokkövek lehetnek: vízszintes rétegződésűek, nyugodt üledékképződési környezett feltételez. Lehetnek: ferde rétegződésűek, erősen mozgó hordalékszállító közegben történt az ülepedés. Lehetnek: keresztarétegződésűek, a hordalékszállítás erőssége időben változik. Lehetnek: íves rétegződésűek. Lehetnek: lépcsőzetes rétegződésűek, a szemcsék méretének csökkenése letről felfelé minden rétegen belül. A különböző rétegtípusok egy tömbön belül változhatnak az ülepedési környezet függvényében, hiszen hosszú időszakot ölelhet fel egy tömb rétegszerkezete. A homokkövek rétegfelületeiken tartalmazhatnak kövületeket is, ezek levéllenyomatok, növényi száruk, elkövesedett

famaradványok, gyökerek, csigák és kagylók lehetnek. A pannon réteg Keszthely környékén bányászott homokköveinél előfordul olyan lelőhely, ahol a réteghatárokon levéllenyomatok látszanak. Néhány homokkőtípust éppen kővülettartományairól nevezték el. Megkülönböztethetünk vastagpados rétegeket, ezek olyan helyeken keletkeznek, ahol viszonylag rövid idő alatt nagy mennyiségű hordalék rakódik le / és vékonypados rétegeket az ilyen rétegek keletkezésének oka, hogy az ülepedési hordalékszállítás ciklikussága rövideb időszakaszokban változik”. (Bodor István, 2002: 28-31).

III. Magyarországon fellelhető homokkő bányák

Magyarország több pontján is található homokkő bánya. A legtöbbet felhasznált és hasznosított homokkövet a Balaton-felvidéken, a Budai-hegységben, a Cserhát-hegységben és a Mecsek-hegységben bányásznak.

III.1. Balaton-felvidéken fellelhető homokkövek

A Balaton-felvidéken található homokkövek ismertebb típusai a perm-i vörös homokkő és a Rezi homokkő. A Balaton felvidéki homokkő képződmény a földtörténet perm időszakában képződött. „A kőzet jellegzetes, többnyire fakó lilászvörös-barnászvörös színét a homokszemcsék közötti hézagokban elhelyezkedő és a szemcsék felületét bevonó vasásványok (hematit és limonit) adják.”³ A római korban nagyon kedvelt építőanyag volt a vörös homokkő, felhasználták oszlopok, falak, párkányzatokra, falakra. Ebből a kőből építették a Révfülöpi templomot is, aminek építését a feljegyzések a 13. századra datálják, és ma már romként láthatjuk (9. ábra). A rezi aprószemű homokövet széles körben alkalmazták, szobrászati célokra, falak építésére, sírokra stb. (10. ábra).



9. ábra: A perm-i vörös homokkőből épített révfülöpi templomrom



10. ábra: A rezi homokkőből faragott Óbudavár templom kereszt

³ Balatonalmádi Értéktár - Épített

örökséghttp://www.helyismeret.hu/index.php?title=V%C3%B6r%C3%B6sk%C5%91fejt%C3%A9s_%C3%A9s_v%C3%B6r%C3%B6sk%C5%91farag%C3%A1s Balatonalm%C3%A1diban, 2023.11.15

III.2. Budai-hegységben fellelhető homokkővek

A Budai-hegységben található homokkővek ismertebb típusai a Budakeszi homokkő, az ezüsthelyi homokkő (11. ábra) és a hárshegyi homokkő (12. ábra). A földtani újkorban, az oligocénben képződött az építészeti emlékekből jól ismert homokkő, az ún. hárshegyi homokkő. Ez Budapest környékén és attól É-ra (Hárshegy, Ezüsthely, Budakeszi) is megtalálható rozsdabarna és szürke, helyenként barnászöld színű, jellegzetes, sok esetben apró kvarc kavicsokat is tartalmazó kőzet. A Budai-hegységben bányászható homokkővek többségét főképp szerkezeti alapanyagként használták fel, mint például lépcsőfok, de felhasználták oszlopokra is és sírkövek faragására is. Hosszú darabokban fejthető összleménnyel beszélhetünk. Az új városi kórház lépcsőit is ebből a budai hegységben bányászott homokkőből faragták és építették be.



11. ábra: Ezüsthelyi homokkő



12. ábra: Hárshegyi homokkő

III.3. Cserhát-hegységben fellelhető homokkövek

A Cserhát-hegységben található homokkövek ismertebb típusai a Romhányi homokkő (13. ábra) és a váci homokkő (14. ábra). Jelentős előfordulása ismert még a földtani újkorban az oligocénben képződött homokkő összleménynek a Duna bal partjáról is (Vác és Romhány vidéke). Barnás fehér, közép szemű, eocénkorú homokkő, gyéribben egyes kavicszárványokkal. Felhasználták az útépitéshez, hídépítéshez, faragtak kilométerkövek és egyéb műtárgyakat.



13. ábra: Romhányi homokkőből készült szobrok



14. ábra: Váci homokkőből faragott Szentháromság oszlop, Vác

III.4. Mecsek-hegységben fellelhető homokkövek

A Mecsekben található homokkövek ismertebb típusai a jakabhegyi homokkő, korpádi homokkő és a kővágószőlősi homokkő. Az alsó triász korszakban képződött összelmény. Vöröseslilas árnyalatú, apró és középszemű, jól padozott karbonátok nélküli kvarchomokkő. Felhasználták különböző építkezésekhez.



15. ábra: Jakabhegyi homokkőből épült Jakab hegyi Pál kolostor rom

IV. Károsító hatások és tönkremeneteli formák

IV.1. A műemlékek kő anyagának mállását előidéző hatások és azok mértéke, különböző mállási formák

A műemlékek károsodási folyamata fizikai, biológiai és kémiai elváltozások összessége. A károsodás folyamán megváltozik a kő megjelenése, színe, formája, kémiai összetétele, szilárdsága és szerkezete. A műemlékek károsodási folyamataiban részt vevő legfontosabb tényezők az éghajlati hatások: hőmérséklet és páratartalom változás, fagyás-olvadás ciklusok, szél erózió, csapadék stb., levegőkémia, talajnedvesség, sók jelenléte, biológiai károsítók megjelenése, illetve az, hogy ezeknek a hatásoknak milyen mértékben van kitéve a műemlék. Ezen a hatások közül a legszembetűnőbb romlási folyamat a fizikai elváltozás, például, növények gyökerei, zuzmók vagy a zuzmók által összefüggő pázsitszerű réteg. Ezt a folyamatot befolyásolja a hőmérsékletingadozás, a nedvességtartalom és az oldható sók jelenléte.

A homokkövek romlási folyamatát az ásványi összetételük valamint a fizikai tulajdonságaik határozzák meg. A természetes kőromlás a mállás egyik fontos tényezője, közvetítő közege a víz. A mállás, mint erodálási folyamat erőteljesebben megy végbe a hőmérséklet és nedvességingadozásnak, valamint a fagyás-olvadás gyakori változásának kitett helyeken. A homokkövekre is jellemző, hogy a felületükön lévő szemcsék elkezdnek leperegni. Ez a csúcsok, formák legömbölyödéséhez vezet, de az is előfordulhat, hogy valamely felületi részek bemélyednek. Ennek egyik oka, hogy a karbonátos kötőanyag már nem végzi el a szerepét megfelelően. Lehet kémiai folyamatra vezethető károsító hatás, amikor savas eső következtében erodálódik a felület. A csúcsok, formák legömbölyödésének kiváltó oka lehet még a széllel szállított homok, por koptató hatása.

IV.2. A károsodás forrásai

Jelentős része a kulturális hagyatékunknak kőbe vésve, falra, kőre és vakolatra festve maradt fent ránk. Ezen művészeti értékek a régmúltból hiteles információkat hordozott vagy hordoz az ókori idők fejlettségéről, technikai tudásáról, kultúra világáról

stb. Az információk sajnos az idő múlásával egyre nehezebben értelmezhetők. Csendben, fokozatosan eltűnnek az információt hordozó felületek a régimúlt művészeti értékeinkről. Vannak tárgyi emlékeink, amik már annyira lepusztultak, hogy kevés információt hordoznak. Ennek oka a romlási, károsodási folyamatok. Ezeket a folyamatokat megszüntetni nem tudjuk, hisz a természetes erózió állandó jelenség minden kőzetnél, főbb tényezői közé sorolhatók a gyorsan végbemenő hőingadozás, fagyás-olvadás okozta térfogat változás, mikroorganizmusok és növényi telepek okozta károsító folyamatok. A folyamatot csupán lelassíthatjuk, de nem szüntethetjük meg, illetve felgyorsíthatjuk pl. helytelen beavatkozással. A romlási, károsodási folyamatok hatásai már az ókor óta ismertek. Az ókori görögök és rómaiak is már megpróbálták az akkori tudásuk szerint tenni a károsodási folyamatok ellen, de a mai értelemben vett igazi konzerválás gondolata csak a nagy régészeti feltárások idején kezdődtek el a 19.-20. század elején és kezdett fokozatosan kialakulni. (Kriston László: 2000: 43-46).

IV.3. A hőmérséklet és nedvességváltozás okozta károsodás

A hőmérsékletváltozás okozta károsodáshoz az abból fakadó hőtágulásra és összehúzódásra, illetve a pórusokban lévő folyadék halmazállapot változását kísérő térfogat növekedésre vezethető vissza. A legtöbb kőzet esetében az eltérő ásványi összetételből fakadóan más és más a hőtágulási együttható figyelhető meg. Egy példa a hőtágulásból fakadó torzulásra a (9-10. ábra), itt a márványban található kalcitnagy a tér minden irányában más-más mértékű a hőtágulásból fakadó méretváltozás, ennek folyamán a márványlap meghajlik. Nagy feszültség keletkezik az ásványszemcsékben a gyors hőtágulásra, (térfogat növekedésre), majd lehűlésre (összehúzódásra). A nedves kőzet felületi rétegeiben és a hőtágulással járó méretváltozás lecsökkenti a szemcsék közötti kapcsolatot. Ami kezdetben mikro repedéseket eredményez, mely további kifáradásos alakváltozások miatt végül a szemcsék kipergéséhez vezethet. Amennyiben a mozgás akadályozott, akkor repedés, torzulás, felaprozódás megy végbe a kő felületében. A napsugárzás hatására a külső felszín melegszik fel jobban és a kisugárzásra is a külső felszín hűl le jobban. Feszültség ébred a felszíni réteg és a mélyebben fekvő rétegek között. Ennek következményeként párhuzamosan kialakul rétegek, leválások, repedések jöhetnek létre. Jelentkezhet tartós féloldalas napsugárzás hatására akár a forma

féloldalas deformációja is. Ilyen jellegű roncsolásra példa a sírkövek, burkoló lapok, oszlopok stb, ahol féloldalasan éri a kő felületét a napsütés. Az anizotrópia következményeként a napsütötte oldalon a kő szövetszerkezete fellazul, tágul, és a tárgy deformálódik, vagy amennyiben a tágulás akadályozott úgy a tárgy eltörik. Erre a jelenségre jó példaként említhető Finlandia ház Helsinkiben. „Ha csökken a hőmérséklet, akkor a kő vagy vakolat összehúzódik. Mértékét, a hőtágulási együttható változása miatt a nedvességtartalom befolyásolja: minél nagyobb annál nagyobb a méretváltozás is.” (Kriston László, 1998: 44).

A nedvességtartalom, illetve annak változása a kő szinte minden romlásával kapcsolatba hozható. A nedvesség nemcsak a fagykár létrejöttében és duzzadásában-zsugorodásában játszik szerepet, hanem a romlást okozó kémiai folyamatok lezajlásához, a mikroorganizmusok életműködéséhez, légköri szennyezőanyagok megkötéséhez, elszíneződést okozó anyagok (pl. fémionok, mint vas, réz stb). csökkentheti a mechanikai szilárdságot stb. A hőmérséklet és/vagy nedvességváltozás hatására bekövetkező térfogat változás elsősorban a homokkövek külső felületét érinti. A külső felületi réteg és az az alatti belső mag között feszültsége keletkezik, mivel nem képes a belső mag a gyors változásokat követni. A keletkező feszültség következményeként a felszínnel párhuzamos repedések keletkeznek. Az ilyen jellegű károsodás formára jó példák a homokkő és mészkő quaderek, amelyeket túlságosan nagy szilárdságú fuga habarccsal kötöttek össze. Ennek hatására a kő felszínével párhuzamos repedések keletkeznek, majd a szélek leválnak és szétaprózódik a kő. A felszínen egy eltérő tulajdonságú réteg vagy kéreg keletkezhet, mely közetfizikai tulajdonságaiban eltérő a közet eredeti tulajdonságaitól (pl. a kő belső magjától). A felszíni réteg vastagsága illetve elhelyezkedése függ attól, hogy meddig tud átmedvesedni rendszere a kő. A kő típusától függ a héj vastagsága, a kis kapilláris vízfelvételű kövek esetében néhány milliméterről, mag a jó szívóképességű kövek esetében már centiméterekről beszélhetünk. Az agyagásványokra nem vagy csak kismértékben jellemző a héjképződés, legfeljebb szemcselepergés fordul elő.



16.-17.. ábra: Helsinki, Finlandia-ház, torzult (deformált) burkoló lapok a homlokzaton.

IV.4. Oldható sók károsító hatásai

A sókristályosodás az egyik legfontosabb szerepet játszik a kövek roncsolódásában. A kövekben lévő sók már kis mértékben is kifejtene károsító hatást, valamint a kőkonzerválás eredményességére is befolyással bír és elősegítik a mikroorganizmusok megtelepedését és a kő esztétikai megjelenésére is hatással van. A sók lehetnek már alkotó részei a kőnek vagy a felhasznált építőanyagoknak, vagy a környezeti hatások révén kémiai reakciók hatására alakulnak ki a kötőanyagból. Esetleg a rossz konzerváló anyagból, csapadékból vagy talajnedvességből, valamint a mikroorganizmusok anyagcseréjének melléktermékeként termelődhet. A közepes és nagy porozitású kövek esetében a sók kikristályosodása nagy veszélyt jelent, ide sorolható a homokkő is. A hőmérséklet számottevően nem befolyásolja a kristályosodási nyomás értékét, ugyanakkor abban szerepe van, hogy mikor indul be és milyen mértékben lesz túltelített oldat a kőzetben. A legtöbb kárt a porózus szerkezetben azok a higroszkópos sók tudják okozni, melyeknek létezik többféle kristályvizes változatuk, s kristályvíz felvételre a kontinentális éghajlaton különösebben szélsőséges időjárási körülmények nélkül is képesek - tehát átlagos hőmérsékleti és páratartalmi közegben is le- illetve fel tudják venni a kristályvizüket. A veszélyes sókra jellemző, hogy kristályrácsukba be tud

épülni víz, vízfelvétel/leadás hőmérséklete alacsony. A roncsolódás oka, hogy vízfelvétel jelentős térfogat növekedéssel jár. Ez a fizikai folyamat sokkal nagyobb roncsolódást okoz, mint a kristályosodás során növekvő kristály.

A felszíni réteg károsodását a sók is befolyásolják, leginkább azok a sók fejtenek ki nagymértékű károsító hatást, amelyeknek a hőtágulási együtthatójuk jelentősen eltérnek a fő közetétől, de leginkább azok a sók, melyek kristályvizet tudnak beépíteni a szerkezetükben alacsony hőmérsékleten és páratartalom esetében. A többféle kristályvizes változata egy sónak, leginkább ez okozza a nagy feszültséget.

„A pontosabb megfigyelések és vizsgálatok lényegesen árnyaltabb képet mutatnak. A ténylegesen kialakuló sókárosodás mértékében a kristályvíz felvételét kísérő térfogatnövekedés mellett jelentős szerepet játszik a kapilláraktív pórusrendszer, a belső felület nagysága, a száradási folyamat, a kristályvíz felvétel és az azt kísérő térfogatnövekedés helye, módja, sebessége a folyadék-utánpótlás bősége, a pórusrendszerben lévő só mennyisége és minősége, a sóforrások kiadóssága, a környezet hőmérséklete és relatív páratartalma, illetve a két utóbbi változásának gyakorisága és mértéke és értelemszerűen a kő, a vakolat szilárdsága. A nagy kapilláraktivitású kövek, vakolatok éppen a hatékony vízszállításuk miatt gyorsabban száradnak, mint a finom pórusúak és ennek következményeként az oldott sók nagy része a felszínen illetve a felszíni rétegben halmozódik fel és ott kikristályosodik. A belső pórusokban nincs számottevő kristályosodás. A finom pórusú kövekben ezzel ellentétben a sók kikristályosodása zömmel a belső pórusokban történik, és legnagyobb értékét a felszíntől számítva néhány mm-es mélységben éri el, mert a folyadékfront viszonylag korán visszahúzódik a felületről, és a sóoldat kapilláris szállítása a felületre megszűnik.” (Kriston László. 1998: 48).

IV.5. Biológiai eredetű károsodások

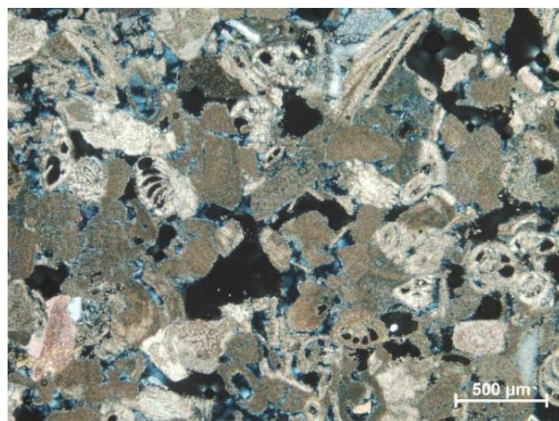
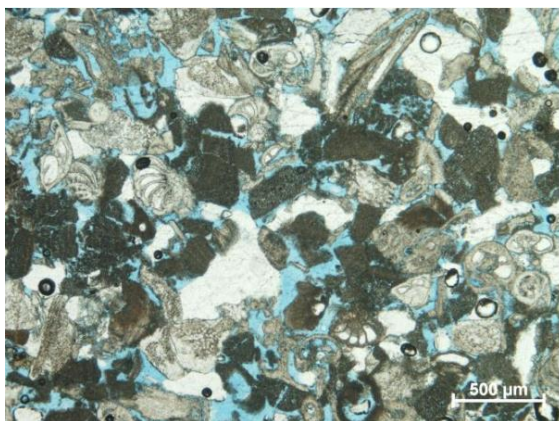
A biológiai eredetű károsodások közé tartoznak a növényi és állati tevékenységekkel összefüggő behatások. Hatásuk nem csak látványban nyilvánul meg, mint ahogy elsőre megfigyelhetők az ilyen biológiai eredetű károsodások, hanem a látványnál sokkal összetettebb folyamatokról van szó. Elszíneződik a kő felülete, bevonatot képez a kő felszínén, elzárhatja a kő nedvességtől való kiszáradását, a

vastagabb testű biológiai károsítók relatív nagy mennyiségű vizet képesek magukba tartani, ez által a kőzetet külső felületét folyamatosan nedvesen tartva kedvez a biológiai károsítóknak, valamint a téli időszakban a kőben lévő relatív nagy mennyiségű víztartalom fagykárosodáshoz vezet. A mikrobiológiai károsítók elsősorban a folyamatosan nedvességet érő felületeken jelennek meg elsősorban, ilyen például a folyamatosan árnyékban lévő oldalak, felületek, nyírkos és hideg területek. Mikrobiológiai károsítók például a zuzmók, mohák, algák, gombák és baktériumok. A növényi károsítók lehetnek a kő felületeiben kialakuló repedésekben. A növényi károsítók közé tartoznak a magasabb rendű fás szárú növények, bokrok, futónövények stb. növekedésével járó károsodások. A növények növekedésével nő az életterük, ezáltal a gyökerek és maguk a növények törzsei is kifejthetnek repesztő, torzuló, romboló hatást, például gyökerek növekedésével megdőlhethetnek a felállított szobrok. Egyes esetekben egy kültéri szobor közvetlen környezetében élő fák kialakíthatnak mikro klimatikus légkört és ez által folyamatos árnyékba borítva az alkotást.

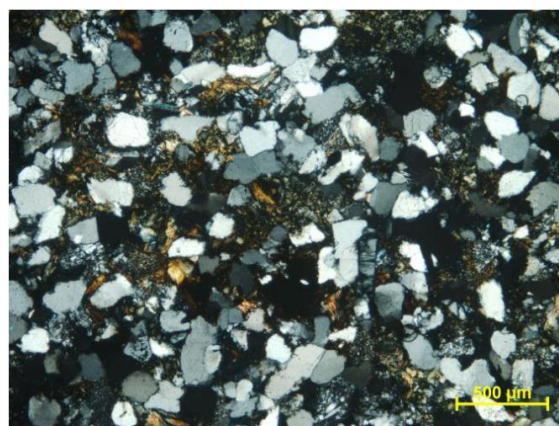
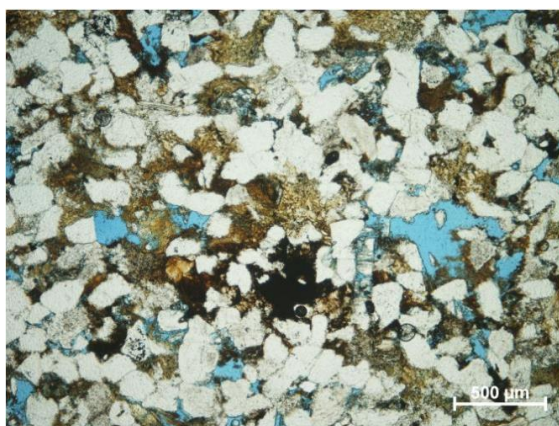
V. Vizsgálatok

A vizsgált homokkövek polarizációs mikroszkóp alatt vékonycsiszolatok készítésével részletesen elemezhetők. A vékonycsiszolatokat általában 30 mikron vastagságba érdemes csiszolni, mivel ez az a vastagság, aminél jól megfigyelhető a kőzet szöveti szerkezete, rendelkezik-e ősmaradványokkal és egyéb ásványokkal. A vizsgálati módszerrel a vékonycsiszolati mintákat összevethetjük a bányákból vett mintákkal és ez által könnyebb a beazonosítása a kőzetnek.

Vékonycsiszolatokra pár példát az alábbi képeken láthatunk. Ilyen vizsgálati módszerrel szeretnék egy adatbázist létrehozni későbbiekben a saját mintáim elemzéseivel, amiket az ismertebb Magyarországon fellelhető homokkő bányákból veszek.



18. ábra: Mészhomokkő általános szöveti képei. A baloldali képen a kék és fehér mezők, a jobboldali képen a fekete mezők pórusok (Türje Barokk kapu).



19. ábra Kvarchomokkő szövettani képei. A baloldali képen jól láthatók a fehér szögletes kvarczemcsék, a sárgásbarna agyagásványok és a kék műgyantával kitöltött pórusok. A jobboldali képen jól látszik, hogy a törmelékszemcsék döntő hányada kvarc (Türje É 1 gyámkő).

VI. Összefoglalás

A dolgozatom téma választásában fontos szerepet tölt be a kőfaragó/kőszobrász szakmában való anyagismeret és szakmai tapasztalat, valamint a jelenleg tanult kőszobrász-restaurátor szakterületen hasznosítható gyakorlati és elméleti tudás bővítése. A dolgozatom során egy rövid, ismertető jellegű anyagot taglalok. Az ismertető anyag témája a hazai területen előforduló homokkővek lelőhelyei, felhasználási területei és a típusainak beazonosítása vékonycsiszolati módszerrel.

Elsősorban a homokkővek geológiai értelemben vett besorolásával kezdeném. A kőzeteket három nagy csoportba sorolhatjuk, metamorf, magmás és üledékes kőzetek és ezek közül az üledékes csoportba tartoznak a homokkővek. Bányászati, kőfejtési és megmunkálhatóság béli szempontból vannak eltérő keménységű és padozottságú homokkővek. A homokkővek felhasználása igen széles körben vált ismertté. Alkalmazták szerkezeti, szobrászati, burkolati anyagként. A megmunkálhatóság tekintetében jelentősen inkább a szerszám parkban van egy kis különbség a metamorf és magmás kőzetekhez képest. Megjelenésben is igen eltérőek lehetnek. Egyes típusok aprószemcse méretűek más típusok pedig igen nagy szemcsékből állnak össze. Színben is többféle van. A homokkővek alkotó ásványa a kvarc, földpát, csillám. Magyarország több pontján is fellelhető homokkő bányák, vannak már bezárt és működő bányák. Az ismertebb helyek hazánkban a Budai-hegységben, Mecsekben, Balaton felvidéken és Cserhát hegységben találhatók. A homokkőveket, is mint minden más kőzetet a környezeti hatások erodálják. Vannak biológiai, kémiai, mikrobiológiai károsítók, valamint roncsoló hatást fejtenek ki a sók, a hőmérséklet és a nedvesség jelenléte. A homokkőveket elemezni tudjuk vékonycsiszolati minták vizsgálatával. Ezzel a vizsgálati módszerrel makroszkopikus nagyításban tudjuk kiértékelni és összehasonlítani más mintákkal, például bányákból vett kőzetmintákkal vagy más szobrok, műemlékek mintáival.

A vizsgálati és kutatási eredményeimmel szeretném bővíteni a homokkővekről eddig összegyűjtött ismereteket.

VII. Irodalomjegyzék

- ❖ Schafarzik Ferenc: A Magyar Korona országai területén létező kőbányák részletes ismertetése. Budapest. 1904
- ❖ Gessel Sándor és Schafarzik Ferenc: Mű- és Építőipari tekintetben fontosabb Magyarországi kőzetek részletes katalógusa. Budapest. 1885
- ❖ Kriston László: A kő és falkép restaurálás alapismeretei. Budapest, Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátorképző Intézet. 1998. Egyetemi Jegyzet.
- ❖ Török Ákos: Geológia mérnököknek. Budapest. 2007
- ❖ Bodor István: A Balaton- felvidék kő keresztjeinek állapotfelmérése. Szakdolgozat. Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátor Intézet. 2002
- ❖ Török Ákos: Építészeti kőanyagok előfordulása és felhasználása a mai Magyarország területén a XVIII. századig. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74. kötet. 2008
- ❖ Csontos Attila: Szilikaszol kötőanyagú kiegészítések homokkő műtárgyak esetében. Szakdolgozat. Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátorképző Intézet. 2011
- ❖ Gianni Royer-Carfagni (1999): Some considerations on the warping of marble façades: the example of Alvar Aalto's Finland Hall in Helsinki. Construction and Building Materials, Volume 13/8, pp 449-457.
- ❖ Muzamel Bernadett: A durva mészkövek magyarországi fellelhetőségei, jellemzőik és azok műemléki szerepe és felhasználása. Szakdolgozat. Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátor Intézet. 2022
- ❖ Bíró Imola Emese: Az édesvízi mészkövek magyarországi fellelhetősége, jellemzőik, azok műemléki szerepe és felhasználása. Szakdolgozat. Magyar Képzőművészeti Egyetem Restaurátor Intézet. 2022
- ❖ Kapui Ferenc, A fülöpi templomrom története. 2011
<https://balatoniromok.blogspot.com/2011/03/fulopi-templomrom-revfulop.html>

VIII. Felhasznált képek forrásai

1. ábra: Saját fotó, 2018
2. ábra: Saját fotó, 2018
3. ábra: Saját fotó, 2018
4. ábra: Saját fotó, 2023
5. ábra: Saját fotó, 2023
6. ábra: Saját fotó, 2023
7. ábra: Saját fotó, 2023
8. ábra: Saját fotó, 2023
9. ábra: <https://welovebalaton.hu/hely/fulopi-templomrom> , 2023.11.15.
10. ábra: <https://jarodbarber.blogspot.com/2020/12/tour-de-obudavar-1-obudavar-es.html> , 2023.11.15.
11. ábra: <https://www.termesko-munkak.hu/termeskovetek.html>, 2023.11.15.
12. ábra: <https://www.geocaching.com/geocache/GC72AYB>, 2023.11.15.
13. ábra: <http://romhanyko.hu/galeria>, 2023.11.15
14. ábra: <https://fonagywalter.hu/latnivalok-vac/szentharomsag-oszlop-vac/#>, 2023.11.15.
15. https://studhist.blog.hu/2020/01/07/jakab-hegyi_palos_kolostorrom, 2023.11.15.
16. ábra: https://hu.frwiki.wiki/wiki/Maison_Finlandia, 2023.11.14.
17. ábra: https://hu.frwiki.wiki/wiki/Maison_Finlandia, 2023.11.14.
18. ábra: Józsa Sándor egyetemi adjunktus ELTE, Közöttan-Geokémiai Tanszék, 2018
19. ábra: Józsa Sándor egyetemi adjunktus ELTE, Közöttan-Geokémiai Tanszék, 2018