

A MAGYAR MÉRNÖK-ÉS ÉPÍTÉSZ-EGYLET KÖZLÖNYÉNEK HAVI FÜZETEI

VII. ÉVFOLYAM. 1—2. SZÁM

SZERKESZTI: FEYÉR GYULA

1930 JANUÁR—FEBRUÁR

A természetes építőkövek elmállása és gyors pusztulásuknak megakadályozása.

Vitéz LÁ CZAY-FRITZ OSZKÁR.

Résumé: Après une exposition des publications relatives au sujet, l'auteur traite de la décomposition des pierres de taille et il décrit dans la partie I. de l'article les influences différentes nuisibles causant la décomposition et dans la partie II. les méthodes de défense.

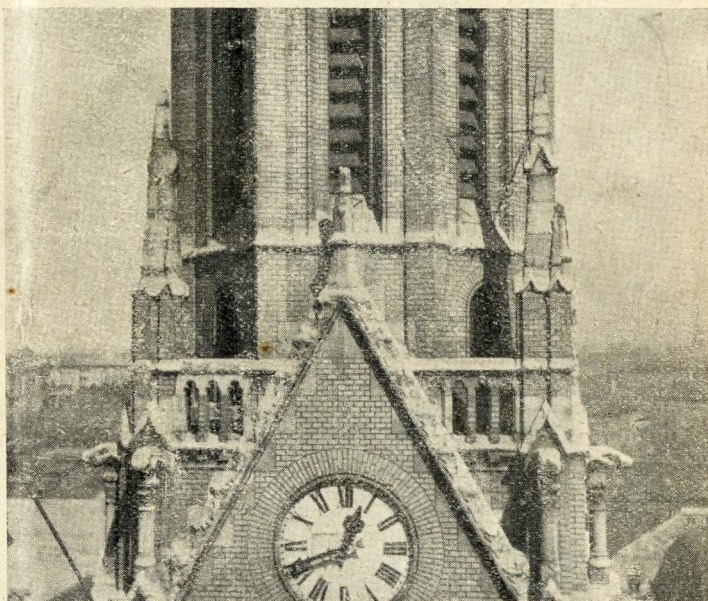
Zusammenfassung: Mit Hinweis auf den bedauerlichen Zustand der in den letzten Dezennien in Budapest aus Stein geschaffenen Monumentalbauten, sowie auf die immer neue Restaurierung der vor nicht langem erneuerten Teile mittelalterlicher Baudenkmäler im In- und Ausland, behandelt der Verfasser im ersten Teil alle schädlichen Einflüsse, welche die Verwitterung der Bausteine hervorrufen. So die Einflüsse der Atmosphäre, die Wirkung des Sauerstoffes, die verschiedenartige zersetzende Einwirkung des Wassers, die Volumenzunahme durch Aufnahme von Wasser, Auswaschung, Einwirkung des Kohlensäureinhalts, Frost, das Lösen der Gesteine. Wasseraufnahme und die Erweichbarkeit. Die Zerstörung durch Temperaturwechsel. Ausdehnung und Schrumpfung. Die chemische Wirkung des Temperaturwechsels. Die Rauchgase, die zersetzende Wirkung des Schwefels. Der Russ. Verwitterung durch organisches Leben. Die Auskristallisierenden Salze. Die Widerstandsfähigkeiten der einzelnen Gesteinsarten. Die Fehler im Aufbau. — Der zweite Teil behandelt die Massregeln und Schutzmittel, die zur Hintanhaltung der Verwitterung dienen. Die Auswahl des Bausteines. Die traditionelle Beurteilung des Steinmaterials durch, auf Fachkenntnis beruhende bloße Betrachtung. Beurteilung auf Grund bei früherer Verwendung gemachten Erfahrungen. Bestimmung des Widerstandes gegen Verwitterung mittels Versuche. Die natürlichen und die künstlichen Verwitterungsversuche. Die Arbeiten in den Versuchslaboratorien; deren Resultate. Die richtige Bearbeitung und Verwertung der Bausteine. Die künstliche Stärkung des Widerstandes durch Konservierungsmittel. Die Vorteile und Nachteile der einzelnen Schutzmittel. Die chemische und die mechanische Wirkung der Schutzmittel. Die praktischen Erfahrungen mit Konservierungsmitteln. Die Wirkung der Fluatsalze, des Szelermey, sowie der übrigen chemisch wirkenden Schutzmitteln. Der Kalkanstrich. Die Konservierung mit Paraffin.

I. RÉSZ.

A természetes építőkövek elmállása.

Ha Budapestnek az utolsó évtizedekben emelt monumentális építményeit szemügyre vesszük, szomorúan kell megállapítanunk, hogy némelyiknek nagy pénz-áldozatokkal, kiváló művészi készséggel és tudással alkotott kőhomlokzata igen rossz állapotban van. Az Erzsébetvárosi templom egyes részeiben valóságos rom, az Országháza finom tornyocskáinak több mint fele hiányzik, a Mátyás-templom tornyát ötvenéves fennállása óta már másodszor látjuk teljesen beállsolva. A királyi palotán több ezer követ kell kicserélni. A Kúria restaurálásra szorul, szintúgy az Opera és még számos más, azt lehet mondani, napjainkban emelt épület. Kérdés, így kelle-e ennek lennie, amidőn külföldön mindenfelé annyi, több száz éves, teljesen kőből épített műemlékben gyönyörködhetünk. Igaz, hogy külföldön sok, nagy évszázados katedrális áll, és pedig épen, de ha közelebbről vizsgáljuk a dolgokat, azt látjuk, hogy külföldön, a látszat ellenére sem sokkal jobb a helyzet. A külföldi nagy katedrálisokat is állandóan restaurálják, amióta azok csak állanak. Nagyon kevés olyan szabadon álló, vagy gazdagon faragott kő van azok külsején, melyet az emlék eredeti építése idejében helyeztek oda.

Pollák osztrák mérnök megállapította, hogy Bécsben minden második, vagy harmadik generáció új, gótikus Stephans-dom tornyot kapott. A torony kősisakját az évszázadok folyamán körülbelül tizenkétszer építették meg újra. A Votiv-templomot, melyet a 70-es és 80-as években építettek, már vagy 20 év óta korláttal veszik körül, hogy a járókelőket a kőhullástól megóvják. Helyreállítását a múlt évben kezdték meg nagy apparátussal és sok pénzzel, a munkálatok 10 éves időtartamra számítva, de valószínű, hogy azok 20 évig is el fognak tartani. De nemcsak a gótstílus emlékek mennek így tönkre, hanem a zárt tömegű épületek is. A bécsi operát már negyedik éve restaurálják és egész kő felépítményét megújítják. Igen erősen pusztulnak a kövek a kölni dőmon is. Ott nemcsak a múlt században helyreállított középkori részeket kellett már többször restaurálni, hanem az egészen új tornyokat is, sőt azokat a részeket is, melyek helyreállítását alig húsz éve fejezték be.



1. ábra. Erzsébetvárosi templom. Északi torony.

Az a két kérdés foglalkoztatja a szakembereket és érdekelteket mindenfelé, hogy egyrészt mi okozza az épületek ilyen arányú gyors pusztulását, másrészt, amennyiben a kövek pusztulása és mállása, jóllehet mérsékelt is, a természet rendjéből folyik, hogyan lehet azt megállítani, vagy legalább is lassítani.

Hogy a kövek mállásának természetrajzát alaposan megismerjük, e tanulmányt egy rövid visszapillantással ott kell kezdenünk, ahol a kő, mint a földkéreg fundamentuma, alapja, viszi a föszerepet, kint a természetben. Az első, amit ott észlelünk az, hogy a világon semmi sem marad örökké meglevő alakjában. Megállás nincsen, minden örökkétartó változásnak, átalakulásnak van alávetve. Ami együvé tartozott és egyet alkotott, széjjel bomlik, részekre esik, de a részek más és más alakban újból egyesülnek és új anyagokat alkotnak. Így megy ez örökké, a pusztulás és keletkezés követik állandóan egymást az átalakulás örök körfolyamatában a legapróbb molekulától a földrészeket alkotó hegységekig. A földkéreg első szilárd anyagainak, az ősközeteknek legnagyobb részei törmelékké, homokká és porrá váltak, de a törmelékből, a homokból és a porból újabb szediment, másodlagos üledékes kőzetek keletkeztek.

Így tehát minden mulandó, amit az ember formál, legyen az bármily anyagból is alkotva. Az ember, ha

nagyot alkotott, természetesen mindenkor igyekezett maradandót is alkotni és ezért nagy alkotásait kőből készítette, úgy évezredek előtt, mint a legújabb időkben. De kő és kő között nagy a különbség. Míg sok, négy-öt, vagy még több évezred előtt kőből létesített szíriai, babilóniai vagy egyiptomi építmények még ma is épen állanak, addig a legújabb korban, napjainkban emeltek, szemünk előtt pusztulnak el, sokszor teljesen.

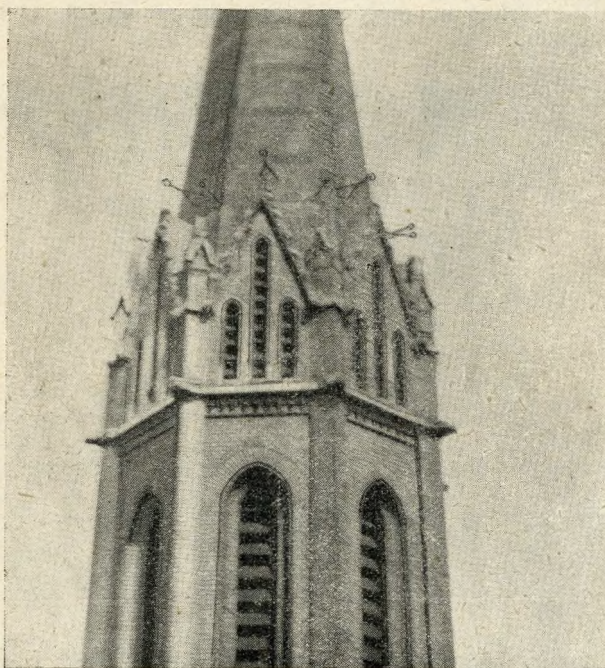
Azt nem lehet mondani, hogy tájékozatlanság vagy gyakorlatlanság az oka ennek. A körülmények teszik ezt. A technikai eszközök óriási fejlődése ellenére is ma nem alkothatjuk építményeinket 10 méteres gránit-tömbökből, mint ahogy azt Szíriában tették 4000 évvel ezelőtt. De a tudás, a tapasztalat és a gyakorlat mai fejlettsége mellett mégis kell, hogy elkerülhető legyen az, hogy amit 20, 30 vagy 40 évvel ezelőtt óriási áldozatok árán a művészet oly nemes formáiha öntöttünk, az így hamar az enyészet martalékául essék.

Lehetetlennek látszik, hogy ma, amidőn az ember átrepüli az óceánt, amidőn a New-Yorkban játszott zenét vagy beszédet Budapesten tudjuk élvezni és amidőn

fenn kell tartanunk, de természetes kövekből építünk még ma is igen sokat és fogunk még többet építeni, ha a természetes köveket a jövőben jobban tudjuk konzerválni. De rá fogok mutatni arra is, hogy az, amit a természetes kövek elmállásáról és konzerválásáról mondok, nagyjában érvényes a műkövekre is.

A kövek elpusztulását, azaz kompakt egészet alkotó struktúrájuknak emberi beavatkozás nélküli szétbomlását általában mállásnak nevezzük.

Minden kő mállásnak van alávetve. A mállás folytán előállott elváltozást legszembetűnőbben a kövek eredeti lelőhelyein, fennsíkokon vagy igen gyenge lejtőkön látjuk, hol az átalakulás összes termékei a helyszínen maradtak. Itt rendkívül hosszú, mondhatnók százezer éves idő alatt végbemenő elváltozás keresztmetszetét láthatjuk. Ilyen helyen, ha eredetileg tiszta kő volt is a földkéreg felszíne, ma alulról felfelé haladva, a még eredeti alakulatban levő kőanyag felett először egy már megtámadott, belsejében meglazult átmeneti réteget, felette mállási törmelék, ezt fedő agyagos földes réteget és legfelül egy már szerves anyagokban gazdag hu-



2. ábra. Erzsébetvárosi templom. Északi torony. A kövek, melyeket a látható vasak tartottak, már régen elpusztultak.

már csak pénz kérdése, hogy a vonatok a tenger alatt közlekedjenek a kontinens és Anglia között, akkor meg ne tudnók gátolni monumentális építményeinknek azt a gyors pusztulását, melyet itt Budapesten, de mindenütt máshol is látunk.

De a pusztulásnak e meggátlása nem tisztán az építész feladata, a tudósnak kell azt a módot és eljárást megtalálnia, mellyel a pusztulás megállítható és melyet az építésznek azután alkalmaznia kell. Hogy a nagy felkészültségnek, az akarásnak és az ez irányban kifejtett nagy munkásságnak még oly igen kevés az eredménye, az annak tulajdonítható, hogy az elmélet még nem jár kellőképp együtt a gyakorlattal, a tudós nem dolgozik kellőképpen karöltve az építésszel.

E tanulmányban először az építőkövek pusztulásának okait kívánom röviden feltárni, azután ismertetem azokat az eljárásokat és eredményeket, melyeket a tudomány és a gyakorlat e pusztulások meggátlása céljából kitalált, alkalmazott és elért.

Azzal a felfogással szemben, mely szerint e tanulmány már nem időszerű, minthogy a természetes köveket a műkövek mindjobban kiszorítják az építőiparban, rámutatok arra, hogy természetes kövekből épültek összes műemlékeink és az utolsó évtizedek alatt keletkezett monumentális építményeink mind, amelyeket



3. ábra. Erzsébetvárosi templom. Fiálék a sekrestye fölött

muszréteget találunk. Más a helyzet ott, ahol az átalakulás termékei nem maradnak meg az eredeti helyükön, például hegyes vidéken.

Az épületkövek mállásának foka általában két tényezőtől függ:

1. A külső befolyásoktól, melyek a földrajzi fekvés, az éghajlat, az évszak, az építmény fekvése, a kő elhelyezési módja stb. szerint változnak.

2. Az épületkövek tulajdonságaitól, főképp ellentálló képességétől, mely minden egyes kőfajtánál, minden egyes kőfajtának lelőhelye, sőt ugyanannak a lelőhelynek egyes rétegei szerint is változik.

Az épületkövek mállásának megítélésekor mindenkor e két szempontot vesszük tekintetbe.

I.

A külső befolyások a tudomány szempontjából háromféleképpen.

1. Fizikai, illetve mechanikai behatás. Ezeket főképp a hőmérsékleti változások, a nedvesség- és nyomásváltozások idézik elő.

2. Kémiai behatások, mint vegyi átalakulások eredményei.

3. Organikus behatások, melyek főképp a por közvetítette állati és növényi szerves életre vezethetők vissza.

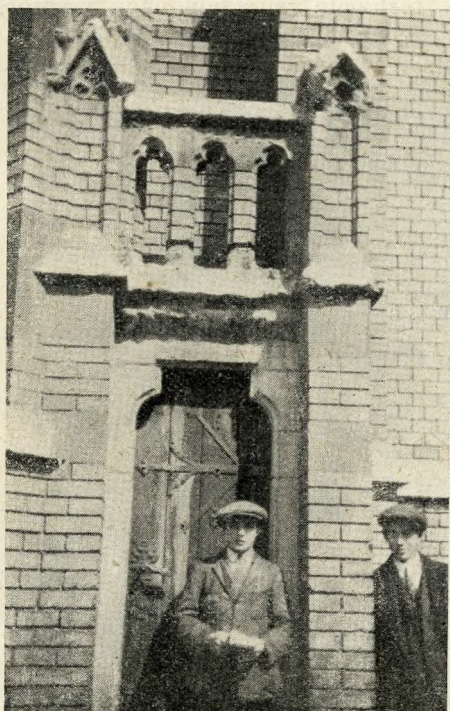
Az építőkövek mállásának külső befolyásokból eredő okozóit gyakorlati szempontból, a tudományos beosztástól függetlenül, a következőképp is csoportosíthatjuk:

1. A légköri (atmoszferikus) befolyások.
2. A hőmérsékleti különbségek.
3. A füstgázok.
4. Az organikus élet.
5. Sók, melyek az építőköveknek a vakolattal vagy a földdel való érintkezése révén a köveken keresztül hatolva, azok felületein mutatkoznak.

1. A légköri (atmoszferikus) befolyások.

A levegő, fő alkotó részén, a nitrogénen kívül $\frac{1}{5}$ részben oxigént tartalmaz. Van benne ezenkívül vízgőz általában majdnem 1%, szén-sav 0.03%, továbbá ammoniák, konyhasó, ózon stb. Ezek közül a kövekre bomlasztóan főképp az oxigén, a víz és a szén-sav hatnak.

Az oxigén és a szén-sav behatása tisztán kémiai, míg a víz behatása részben fizikai és részben kémiai.



4. ábra. Erzsébetvárosi templom. Déli oldal.

Az oxigén hatása kétféle:

1. szabad elemekkel egyesül és velük oxidot alkot,
2. a meglévő oxidok, oxigén behatása folytán, tovább oxidálódhatnak.

Az első eset olyan kőzetekre jellemző, melyekben szén (C) finom részecskéiben szabadon fordul elő (pala, egyes mészkövek), vagy olyan kőzeteknél, amelyek organikus részeket tartalmaznak. A szén itt az oxigénnel egyesül és mint szén-sav elillan. Az oxigénnek ez a hatása a köveket fehériti. Az oxidok fokozottabb oxidálódása az alacsonyabb fokozatú fémoxidokat tartalmazó kövekben jelentkezik. Ezeknél a vasoxidul (FeO) vasoxidá (Fe_2O_3), a mangánoxidul (MnO) mangán-oxidá (Mn_2O_3) alakul.

A víz a kövek mállásának leggyakoribb okozója. Hatása igen sokféle, közvetlen és közvetett; fizikai, mechanikai és kémiai.

Minden kő, ha vízzel kerül érintkezésbe, több vagy kevesebb vizet vesz fel. Általánosságban ezért a kő vízfelvevőképességéből tartósságára következtetünk. A vízfelvevőképesség a kő likacsosságától függ. A kő vízfelvevőképességét kétféleképpen és pedig: *súlyszázalékban* és *térfogatszázalékban* szokták kifejezni. Az egyes kőfajták súlyszázalékos vízfelvevőképességét nálunk a Műegyetem kísérleti állomása minden egyes

kővizsgálattal kapcsolatban megállapítja. A vizsgálat eredményeit az állomás hivatalos közleményeiben az egyes kőfajtákra nézve közzétette. Ezekből az adatokból dr. Rakusz Gyula műegyetemi tanársegéd a következő táblázatot állította össze:

Kristályos szemcsés kőzetek (gránit, márvány)

vány	0.01 — 1%
Tömött mészkövek	0.1 — 8%
Likacsos durva mészkövek	1.0 — 26%
Édesvízi mésztufák	0.6 — 5%
Vulkáni tufák	0.5 — 20%

A térfogatszázalék megállapításához a kő által felvett víz térfogatát (súlyából átszámítva) állapítják meg és azt hozzák arányba a kő teljes térfogatával.

A vízfelvevőképesség megállapítását a kőnek kétféle



5. ábra. Országház. Oromrészlet.

állapotában végzik, és pedig: közönséges légköri nyomás mellett és 50—150 (Hirschwald szerint) légköri nyomás mellett.

1. A közönséges légköri nyomás mellett való telítéskor először a száraz kő súlyát állapítjuk meg, azután fokozatosan elborítjuk vízzel és addig hagyjuk a vízben ázni, amíg további súlygyarapodást már nem érhetünk el (3—30 napig). Az átitatott állapotban mutatkozó súlygyarapodásból (ami a felvett víznek felel meg), megállapíthatjuk a százalékos vízfelvételt.

2. A nyomás melletti telítéskor a kőből vízben vákuum alatt először kiszivattyúzzuk a levegőt és utána a megfelelő nyomás alatt szintén vízbe tesszük. A felvett víz mennyiségét itt is a súlygyarapodásból állapítjuk meg.

Ha a közönséges nyomás alatti vízfelvétel értékszámát V_1 -el jelöljük, a nyomás alatti V_2 -vel, akkor (Hirschwald tanár szerint) $\frac{V_1}{V_2}$ a telítési együttható.

Ez az együttható azt adja meg, hogy a kövek pórusai hányadrészben telnek meg vízzel a közönséges áztatás alatt.

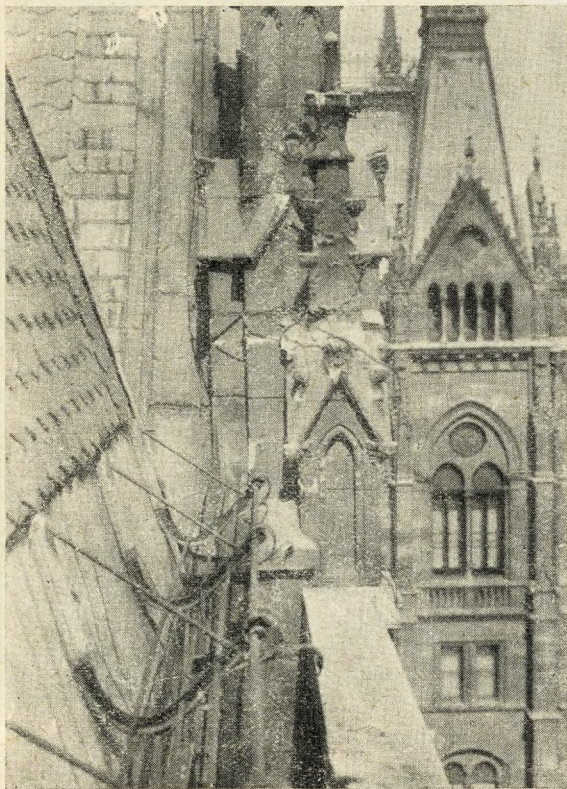
a) A víz legelső közvetlen s feltétlen bomlasztó hatása a kőre az, hogy behatolásával térfogatát növeli, viszont a víz elpárolgása után a kő sokszor még eredeti térfogatánál is kisebb lesz.

A kövek eme térfogatgyarapodásának, illetőleg térfogatcsökkenésének még nem sikerült tudományos magyarázatát adni. Egyelőre meg kell elégednünk a tény megállapításával.

Hirschwald berlini műegyetemi tanár vizsgálatai alapján az egyes kőfajtáknál ez a térfogatváltozás a következő:

Kőzet (lelőhely)	Tágulás a hosszúság tört részeiben	Fogyás
Homokkő (Pirna)	0-00053	0-00689
Mészkö (Krensheim)	0-00019	0-00045
Bazalt (Kirn)	0-00041	0-00050
Gránit (Demitz)	0-00012	0-00018

Jesser német tudós újabb vizsgálatai szerint még a levegő vízgőztartalma is befolyásolja az építőkövek térfogatát. Ha a kőzet szárad, vagyis abszorpciós vízből veszít, akkor összehúzódik, kivéve ha a száradást nem oly erős felmelegedés kíséri, mely ennél az összehúzódásnál nagyobb tágulást idéz elő. Ha viszont a kőzet vízgőzt vesz fel a levegőből, akkor tágul.



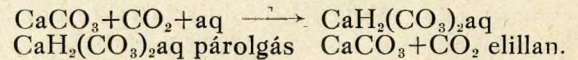
6. ábra. Országház. Fiálé a keleti oldalon.

b) A víz egyik fizikai hatása, hogy azokat a köveket, melyek részecskéinek összefüggése adhézió alapszik, megpuhítja, illetve meglazítja. Ez az agyagos kőzetekre, vagy oly kőzetekre érvényes, melyeknek agyagos rétegei vannak. Az agyagnak teljesen száraz állapotában, ha nem is nagy, mégis bizonyos keménysége van, azonban nagyon higroszkópikus. A levegőből a párát könnyen magába veszi. Vízrel telítve teljesen meglazul. Az agyag 40—70%-ig vesz fel vizet és ily állapotban plasztikus lesz. Ha a kőzetek a legcsekélyebb mennyiségben tartalmaznak is anyagrészecskéket, úgy az tartósságukat igen csökkenti (bácsdorogi kő, lásd Erzsébetvárosi templom, Mátyás-templom tornya). Az agyagtartalom, minthogy a vizet könnyen magába veszi, bomlasztóan hat, és pedig azért, mert 1. nedvesség folytán dagad, 2. megpuhul, 3. ily állapotban kimosódik, 4. a vizet magában tartva, fagykárt okoz. A víznek eme fizikai hatása főképp azokban a kőzetekben okoz nagyobb mértékben mállást, melyeknél az agyag rétegekben (Lás) vagy érhálózatokban jelentkeznek. (10. ábra.) Az agyag a rétegekben és erekben a víz behatása folytán meglazul, minek folytán néha egész nagy kődarabok

válnak el és esnek le (Erzsébetvárosi templom) vagy, különösen márványoknál (siklósi márványok: a lipótvárosi templom lábazata (11. ábra) és korlátjának régi kövei, a Műegyetem aulájának padozata stb.) a kő felületén nagyobb mélyedések keletkeznek.

c) Az atmoszférikus víz mindenkor tartalmaz szén-savat, ezért a szén-sav romboló hatása a vízzel együtt jár. A mészkőveknél a szén-savat tartalmazó víz a kőzetben a tiszta vízben oldhatlan normális karbonátokat, oldható hidrokarbonátokká változtatja.

A kalciumkarbonát szén-sav és víz behatása folytán kalciumhidrokarbonát oldattá alakul át, mely oldat a kőben lefelé húzódik, ott a víz elpárolgása folytán újból kalciumkarbonát és szabad szén-sav keletkezik, mely utóbbi elillan. E vegyi folyamatot a következő képletek jellemzik:



d) A víz legnagyobb mértékben ama különös tulajdonságánál fogva bomlasztja a kőzeteket, hogy +4°C alá lehűlve, térfogata rendkívül nagy feszítőerővel nő.



7. ábra. Országház. Fiálé a keleti oldalon.

A víz térfogatnövekedése (Rosetti és Depretz szerint a következő:

Ha + 4 C° hőmérsékletnél térfogata	1000-000 cm ³ , úgy
+ 3 C°	1000-009 "
0 C°	1000-129 "
- 1 C°	1000-209 "
- 3 C°	1000-414 "
- 4 C°	1000-549 "
- 9 C°	1000-607 "
+ 20 C°	1000-607 "

Ez a tágulás igen csekély, azonban abban a pillanatban, amikor a 0 fokú víz 0 fokú jéggé változik, azaz a megfagyás pillanatában a térfogat 1000-129 cm³-től 1083-24 cm³-re, kerekén egy 12-ed résszel, vagyis 8-3%-kal növekszik. Hosszméretben ez megközelíti a 3%-ot. Ha a víz eme tágulásának nincsen akadálya, azaz a jéggé merevedett víz terjeszkedésének helye van, akkor a fagyás nem okoz bajt.

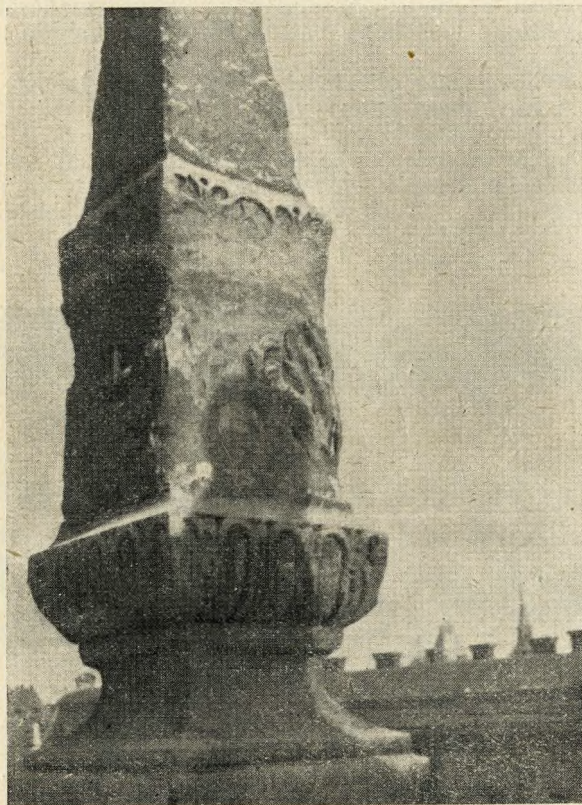
Ezért általában az a feltevés, hogy a kőbe szívódott víz fagyáskor csak akkor rombol, ha a kő likacsainak több mint $\frac{9}{10}$ részeit betölti. Ha a telítés ezen alul van,

akkor a víz 10% növekedése jobban tölti be a likacsokat, csak ha nincsen helye tágulásra, akkor rombol. Ezt a feltevést az elvégzett kísérletek is igazolják. Kísérleti állomáson a 11. ábrán szemlélhető, felül nyitott (csak az *f* jelű, felül is zárt) üvegedényeket $\frac{9}{10}$ részig vízzel megtöltve -15°C -ra lehűtötték. A jéggefagyott víz az edényeket színig megtöltötte és csak a *g*-vel jelölt edényt repesztette széjjel. Ennél tehát a tágulás akadályba ütközött, a terjeszkedő jégtömeg a vékony kapilláris csőben nem tudott kellőképp utat találni. Ebből következik, hogy a fagyás nem okoz nagy nyomást az oldalfalakra, ha a jég terjeszkedhetik. Azonban, ha egy aránylag nagyobb tér teljesen meg van töltve vízzel, fagyáskor még akkor is repeszt a jég, ha egy kis kapilláris nyílással a szabad térrel kapcsolódik. Egy másik kísérletnél (12. ábra), melynél teljesen megtöltött üvegecskében fagyasztottak vizet, a jég henger alakban kinőtt az edényekből, olyformán, hogy minden ily hengernek felül gombaszerű feje lett. Látjuk ebből, hogy a jég először a még folyós állapotban kitódult víz

munkálása, tapasztalat szerint, a felületi kifagyásnak szintén egyik okozója. Ez esetben nyilvánvaló, hogy a felület nyílásai (kapilláris csövei) tömődnek be vagy szűkülnek meg erősen és a fagy okozta repesztés a már említett tágulási akadályok következménye.

Érdekes jelenség, hogy a kő keménysége nagyjából nem befolyásolja a fagyállóságot. Azok a kőzetek, melyek belső struktúrájuknál fogva (a pórusok alakja és elosztása) a teljes telítésig veszik magukba a vizet, nagy szilárdságuk ellenére is könnyen szétfagnak, míg más, jóval puhább, durván likacsos kőzetek, mint a vulkáni tufák (erdőbényei tufa) és édesvízi mészkövek sokszor igen fagyállóak.

A mi éghajlatunk mellett a kövek mállását leginkább a fagy okozza. A fagy pedig, mint az elmondottakból látjuk, csak akkor okoz kárt, ha a kő vízzel telített. Tehát a mállás foka nagyban attól függ, mennyire hatol be a víz a kőbe. A beépített kövekbe, rendes körülmények között, csak a szabad levegővel érintkező felületükön át hatol be a víz (falazatok alsó részeiben a kövek



8. ábra. Operaház. Sarokvégződés.



9. ábra. Szobor az Operaház főhomlokzatán.

felső részén keletkezett és csak azután préselődött ki a belső tartalom a szűk nyakon keresztül, de anélkül, hogy az üveget széjjelrepesztette volna. Ebből arra lehet következtetni, hogy csak akkor van a fagnak a kövekre repesztő hatása, ha likacsai teljesen megteltek vízzel és csak igen vékony nyílással vannak a külső térrel összekötve. Tehát azok a kövek, melyek nem teljesen telített állapotban, tehát természetes telítés mellett nem fagnak széjjel, vákuum és nyomás alatt vízzel teljesen megtöltve, feltétlenül széjjelfagnak. Ezek alapján a fagy hatása függvénye a telítésnek, miért is első sorban a telítési együtthatótól függ a fagyállóság.

A fagyállóság tekintetében általában a 0.8-at lehet a telítési együttható felső határául elfogadni. Bár meg kell jegyezni, hogy a fagyállóság nem tisztán csak a telítéstől függ, azt még erősen befolyásolja a kő struktúrája is. Réteges kövek kevésbé fagyállóak, azoknál a telítési együttható legfeljebb 0.7 lehet; míg az igen tömör kőzetek, melyek vákuum és nyomás alatt 1.3%-nál kevesebb vizet vesznek fel, fagyállóság mellett telítési együtthatója 0.8-nál több is lehet.

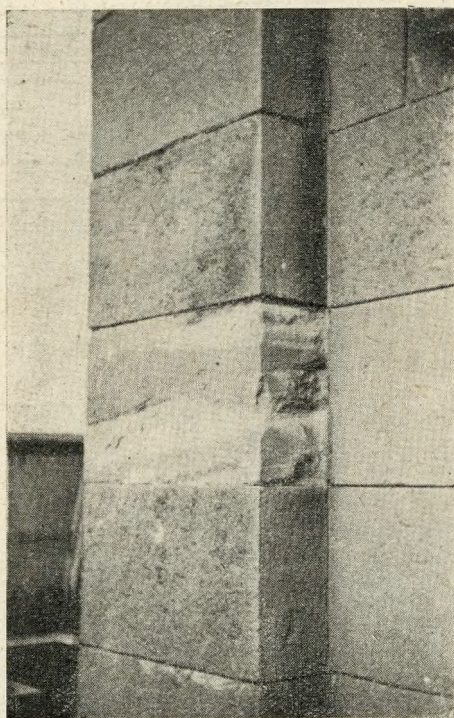
A kövek széles kalapáccsal (Stockhammer) való meg-

at talajból is vesznek át vizet). Ez a beszívódó víz, még tartós esőzések alatt is, az egész kő teljes telítéséhez szükséges víznek csak 20-ad vagy 30-ad része. A kövek felületi részei azonban bizonyos körülmények között teljesen telítődnek. Az eső folytán a kőbe hatolt víz rendszeren az esőzések közötti időközökben megint elpárolog és a kő kiszárad. Hogy a kő több vagy kevesebb vizet vesz-e magába, lassabban vagy gyorsabban szárad-e ki, az főképp annak beépítési módjától függ. Síma, függőleges fal kövei kevesebb vizet vesznek fel, mint szabadon álló végződésé. Azok a kövek, melyekről gyorsan lefolyik a víz, rendszeren szárazabbak, mint azok, melyeken a víz megáll. Árnyékos vagy levegőtlen helyeken tovább tartja magában a kő a vizet, mint napos és szellős helyen. Réteges kőanyag esetén a befalazott kő nedvessége a réteg helyzetétől is függ. A rétegezéssel párhuzamosan lazább a belső összefüggés. E tulajdonság akkor jut erősen érvényre, ha a kő olyképp van a falba helyezve, hogy rétegei nem fekvő, hanem álló helyzetben vannak. A kő ily helyzetben arányra sokkal több vizet képes magába venni. Ez az oka annak, hogy az ilyképpen elhelyezett, azaz élükre állított kövek sok-

kal gyorsabban mállanak el, mint a fekvő helyzetben levők. Ezt a jelenséget számos budapesti középületen jól megfigyelhetjük. (13. ábra.)

e) A víz súlyánál fogva a kő belsejében lefelé húzódik. Az esetben, ha a falazat habarcsrétegei a vizet nem eresztik keresztül (cementes vakolatok), a víz a kő alsó részében felszaporodik. Ez az oka annak, hogy sok esetben a kövek alsó részei, különösen a vízszintes hézagok mentén, mállanak el fokozottabban. Ezért a cementhabarcs használatát kőfalaknál nemcsak vegyi hatása miatt, de eme fizikai okoknál fogva is kerülni kell. A cementvakolat eme rossz hatása nyers téglafalazatokon is észlelhető.

f) A kőzeteket alkotó ásványok egyrészét a víz oldja, az oldás igen lassú, de hosszú idő folyamán még ellentálló kőzeteken is számottevő elváltozást okoz. Az épületkövek belsejébe hatolt víz ott ásványrészeket old fel. Kiszáradáskor a víz a kő belsejéből a kő felszínére húzódik, ott elbárolog és a magába oldott anyagok, valamint mechanikai úton a víz által odavitt (iszapolás útján, főképp agyag) részecskék a kő felszínén lerakód-



10. ábra. Országház. Agyagos réteg.

nak. Ennek folytán a kő felszínén egy a kő belső szerkezetétől eltérő kéreg képződik. Az oldás útján oda jutott anyagok a kőzet anyagaival és az iszapolás útján ott lerakódott részekkel a felületen cementet alkotnak, melyek a kő felületén kemény réteggé egyesülnek és a kő felszínén a pórusokat (kapilláris csöveket) elzárják. A füstgázok hatása folytán a mészkövekből képződő gipsz is hozzájárul az ilyen kéreg keletkezéséhez, azaz a felület tömörítéséhez. Ez a kéregképződés a már említett okoknál fogva különösen a kövek alsó részeiben áll elő fokozatosan. A kövek felső részeiben a pórusok az elmondottak alapján kevésbé záródnak, tehát a víz ott akadálytalanul behatol a kőbe, abban lehúzódnak, alul azonban, minthogy ott sem kiszivárogni, sem elpárologni nem tud, a belső üregeket teljesen kitölti. A víz itt a kőre egyrészt kémiai hatást gyakorol, azt belsejében kioldva, másrészt fagyáskor, tágulásában gátolva lévén, a követ repeszti, belső szerkezetében meglazítja. (14. ábra.)

Érdekes jelenség azonban, hogy ott, hol a közvetlen eső a köveket jobban éri, sokkal kevésbé képződik az ilyen felületi kéreg, mint az esőtől védettebb helyeken (például párkányok alsó részein). Ennek az a magyarázata, hogy az odacsapódó eső a lerakódott

anyagokat újból oldja és elmosza.

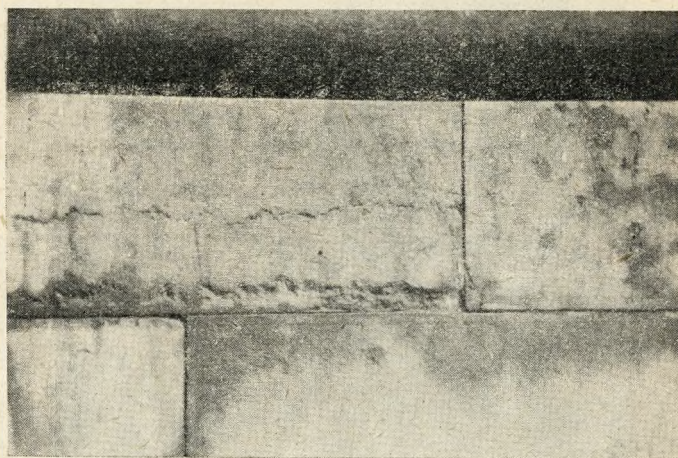
g) Van végül a víznek az épületkövekre gyakorolt még egy káros tulajdonsága, mely, bár nem okoz közvetlenül mállást, a kövek szilárdságát csökkenti. Nyomási kísérletek igazolták, hogy a vízzel telített kő szilárdsága 0,1—0,2-vel kevesebb a száraz kő szilárdságánál. Ennek a jelenségnek okát a tudomány még nem tudja precízen megmagyarázni. Hirschwald német tudós abban látja az okot, hogy a pórusokban levő víz a nyomást minden irányban, a legkisebb hajszálrepedésbe is továbbítja, tehát hozzájárul a kőzet megrepesztéséhez. Tekintve azt, hogy magasépítkezéseinknél ott, ahol a kő közvetlenül érintkezik a vízzel (külső alakításoknál), a kő nyomási igénybevétele mindenkor messze alul marad a szilárdsági határon, ennek a jelenségnek nincs is nagyobb jelentősége. A víznek eme káros hatása leginkább nedves földbe épített alapfalaknál okoz bajokat.

2. A hőmérsékleti különbségek hatásai.

A hőmérséklet állandó ingadozása nagy mértékben hozzájárul a kövek bomlásához, illetve mállásához. A hőváltozás kártékony hatása háromféle módon nyilvánul meg.

- a) A hőváltozás okozta tágulás és összehúzódás.
- b) A hőváltozás hatása vízzel egybekötve.
- c) A hőváltozás kémiai hatása.

a) A hőingadozások okozta térfogatváltozások a kőzetet alkotó molekulák egymáshoz való közeledését és egymástól való távolodását okozzák. Tehát bizonyos mozgást idéznek elő a kő belső részecskéiben, mely mozgás, bárha rendkívül kismértékű, folytonos ismétlődésé



11. ábra. Lipótvárosi templom. Lábazat siklósi márványból.

dése folytán mégis meglazítja a kő belső szövetét és idővel annak szétesését okozhatja. A kövek eme bomlását, minthogy a víznek itt szerepe nem jut, száraz mállásnak nevezzük. A száraz mállás legjobban a vízszegény, tropikus övezetekben észlelhető, hol a napnak kitett kőzetek napi hőmérsékletváltozása a 60°-ot is meghaladja. Ezek a hőmérsékletváltozások ott a legkeményebb sziklákat is képesek megrepeszteni. A hatás közvetlen jelenségei a kövek homokozása és kérés elválások.

Az építkezéseknél nálunk használatos kövek térfogatát 60—70°-nyi hőmérsékletváltozás 1—2%-kal változtatja meg. Ezt az aránylag igen csekély térfogatváltozást rendszeren az anyag rugalmassága teljesen ellensúlyozza; azonban ezek a folyton ismétlődő állandó mozgások idővel természetesen a belső szerkezetet valahogy elkoportatják. Az anyagrészek elmozdulása mindenkor okvetlen súrlódással és a súrlódás koptatással jár. A helyből kimozduló anyagrészcseke, miután sok-sok ezerszer visszatért a régi helyére, egyszer csak az említett súrlódás és az abból származott koptatás folytán nem tudja eredeti helyét elfoglalni. (15., 16. ábra.) Hogy a térfogatváltozások sokszor számottevő elmozdulásokat okoznak, azt onnan tudjuk, hogy

a kőfalakon télen észlelhető nyitott repedések nyáron eltűnnek, nagy boltozatok záradékai viaduktoknál a nyári melegben emelkednek, völgyzárógátak kihasadnak. Vizsgálatok alapján kimutatták, hogy egy 30 méter magas kőből épített torony csúcsa nyáron derűs napon, a torony hőközta elhajlás folytán olyan zárt görbét ír le, melynek átmérője félmétert is elér.

A hőtágulás kártékony, mállást előidéző hatása főképp onnan ered, hogy a köveknek a naptól ért külső felszíne sokkal nagyobb térfogatváltozást szenved, mint a belső részek, ami az egyes részecskék (molekulák) teljes szakadására vezet. Tekintetbe kell még itt venni azt a körülményt is, hogy a befalazott köveknél a térfogat növekedésének nagy erővel ellenáll a kőre nehezedő megterhelés és a növekedést gátló beszorított helyzet. Az erőknek emez összeütközési oly belső feszültségeket idéznek elő, melyek hatása alatt a külső tér, vagy a belső pórusok felé elmozdulni képes részecskék elszakadnak.

A belső szerkezet meglazulását, a szemcsés kőzeteknél (gránit, márvány) nagyban előmozdítja az a körülmény is, hogy a kőzetet alkotó kristályok a melegedésnél különböző irányokban, különböző mértékben naggyobodnak.

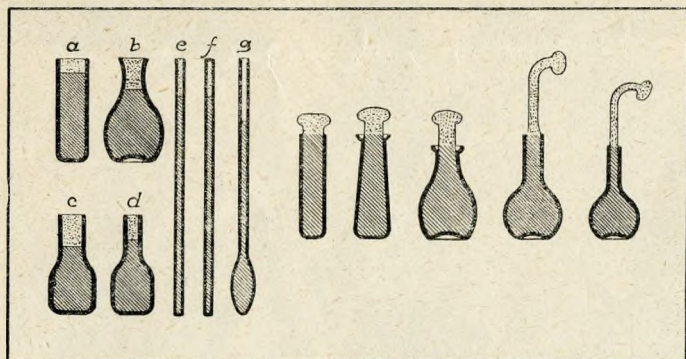
Dr. Rakusz szerint a 10 mm-es kvarckocka, ha hőmérsékletét 15° -ról 45° -ra emeljük, a kristálytani főtengety irányában 0.00023 mm-rel, a melléktengely irányában pedig 0.00040 mm-rel tágul, tehát mégegyszer annyival. Még feltűnőbb szerinte ez a jelenség, a kalcitnál (mészpát), melynek 10 mm-es kockája ugyanilyen hőmérsékletváltozáskor a főtengety irányában 0.00078 mm-rel tágul, erre merőleges irányban, ellenben 0.00016 mm-rel összehúzódik. Elképzelhető, mily káros feszültségek támadnak akkor, ha a mészpátkristálynak a főtengetellyel párhuzamos lapja a másik kristály ama

Más hatása még a hőmérsékletváltozásnak, hogy felmelegedés esetében a kőben levő víz elpárolog, a kő kiszárad, ami a kőnek, ha csekély mértékben is, összehúzódását okozza. A lehűlés viszont azáltal, hogy a levegőben foglalt vízgőzt kondenzálja, az a kőre lerakódik, a hézagokba és pórusokba behúzódik és a követ nedvessé teszi, még sokkal hatásosabban mozditja elő a mállást.

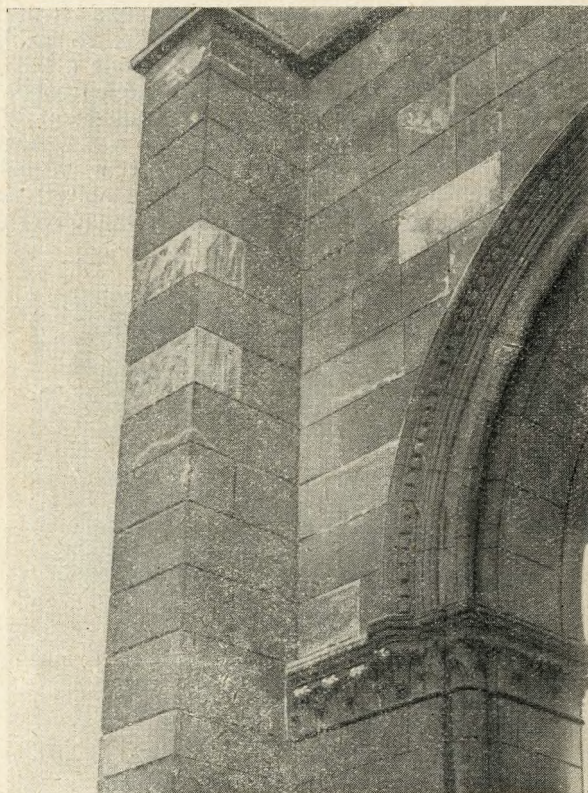
c) A hőváltozás kémiai hatására vonatkozóan az allapítható meg, hogy magasabb hőmérsékleten minden a kőben végbemenő kémiai változás fokozottabb.

3. A füstgázok hatása.

A tüzelésből eredő gázok, a korom és az épületköveket érő egyéb égéstermékek kártékony hatását csak az utolsó évtizedek óta kísérik figyelemmel a szakkörök és bár az ez irányban a laboratóriumokban végzett kísérletek és vizsgálatok a füst



12. ábra. Fagyási kísérletek.



13. ábra. Országház. Északi oldal.

lapjával nőtt össze, mely a főtengetyre merőleges. Az egyik tetemesen tágul, amikor a másik összehúzódik és ez a mozgás többször ismétlődik. A külső felületen, ahol az így támadó feszültségek kevesebb ellenállásra találnak, idővel az egyes részecskék egymástól elszakadnak. Ily száraz mállást előidéző hatásoknak a legkeményebb gránitok sem tudnak ellenállni. Példá erre a Lánchíd gránitja, a Kúria épületének lábazata, stb.

Kísérletek során azt tapasztalták, hogy a napnak kitett kövek felülete alatt 1 cm-rel a részecskék hőfoka már 5 fokkal kisebb a felület részecskéinek hőfokánál. Az ilyen kő felületébe ágyazott 1 cm-es mészpátkocka külső lapjának hőmérséklete 5° -kal több a belső lapjának hőmérsékleténél, minek folytán a két szembenfekvő lap tágulásában már 0.000114 mm-nyi különbség mutatkozik. Az itt előálló molekuláris belső mozgások hatásaira ugyanaz érvényes, amit a kristályoknak a különböző irányokban fellépő különböző tágulás okozta belső feszültségek hatásáról mondtam.

b) A hőváltozásnak a kövekre gyakorolt legjelentősebb hatását a 0° alatti lehűléskor víz jelenlétében előálló fagyás okozza. Ezt a hatást már az előzőekben részletesen tárgyaltam.

gázok romboló hatását igazolják, az idevágó vélemények még nem teljesen egyöntetűek. Nálunk még tudományosan e kérdéssel nem foglalkoztak, de gyakorlati szakember részéről e kérdést részletesebben tárgyaló vélemény sem hangzott el még a nyilvánosság előtt s éppen ezért ismertetni kívánom az egyes külföldi szakvéleményekben kifejezett idevágó nézeteket.

A kölni dőmon, melyet az egész német nemzet megmozdulásával, nagy pénzáldozatok árán a XIX. században állítottak helyre, illetve legnagyobb részben újraépítettek, az utolsó évtizedekben rohamosan kezdtek a kövek elmállani. A dóm építésekor, a XIV. században, igen különböző kőminőségeket alkalmaztak. A múlt században újonnan épített részekben, de még olyan részleteken is, melyet alig húsz év előtt, sőt néhol még csak öt év előtt létesítettek, igen erős mállások mutatkoznak. A dóm közvetlen szomszédságában áll a város nagy pályaudvara, ahonnan a mozdonyok füstgázai állandóan érik a dóm köveit. A rohamos mállás okának felderítésére, valamint a védelem szempontjából szükséges teendők megállapítására számos szakértő véleményét kérték ki.

Dombaumeister Hertel véleményében a mutatkozó károk részletes leírása és tárgyalása után azt mondja:

a dóm, mely a régi időkben a legtisztább levegőtől körülvett fejt a Rajna tiszta vizében tükröztethette, ma, sajnos, egy kénes savakkal teli nagyvárosi légkör közepette áll, mely légkör azt igen gyakran oly sűrű füst és párafelhőkbe burkolja, hogy a most is lábainál hullámzó folyam vizét nem is láthatja. Miután ez a nagyvárosi levegő, mely Kölnben különösen kártokozó alakban lép fel, az építmények legnagyobb ellensége, e hatás ellen alkalmazható intézkedések megtétele feltétlenül kívánatos.

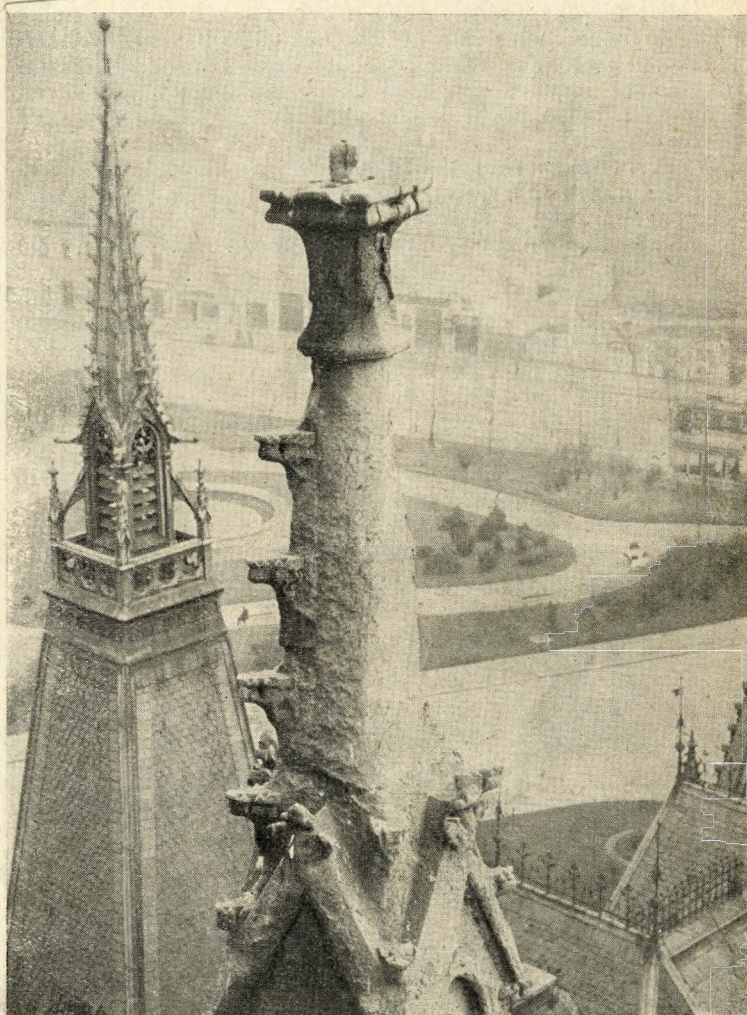
Manikowsky, az antwerpeni Dombaumeister szerint a füstgázok kártékony hatására vonatkozóan az elfogadott magyarázatok ellen fordul. Szerinte a kölni dómon előforduló mállásokkal kapcsolatban a legfontosabb azt megállapítani, hogy a szén elégetéséből eredő kénes savak tényleg minden esetben a baj okozói. Szigorú összehasonlítást kíván oly építményekkel, melyek messze állanak a dóm helyétől és az előttük elhaladó mozdonyoktól szintén nagymennyiségű füstgázt kapnak. Ő nem tapasztalta és senkitől soha nem hallotta, hogy az antwerpeni katedrálisnak, a mechelni csipkével összehasonlított finom faragásait a katedrális lábánál kikötő nagyszámú hajó kéményéből kiáramló füst megtámadta volna, vagy mállásukat idézte volna elő. Rámutat arra, hogy Löwenben a XV. századból származó Péter-templom, valamint a városháza mészkőből épültek és azokon a hozzájuk épített házak sokszor csak 2—4 méternyire helyezett kéményei semmiféle elmállást soha nem okoztak.



14. ábra. Országház. Déli torony.

Az ulmi Münster, mely a XIV. és XV. században épült, 1844—1899 között teljesen helyreállították; akkor építették ki az eladdig csonka tornyot is. Sok helyen a helyreállítás alkalmával beépített kövek ma már rosszabb állapotban vannak, mint némelyik eredeti kő. Mindenféle homok- és mészkő nyert itt alkalmazást. A mállási tünetek a mellékhajó körüljárója magasságában és pedig a keleti oldalon a legerősebben jelentkeztek, míg felfelé a mállás mindig gyengébb. Haas építész véleményében eme jelenséget a szomszédos házakból ugyanily magasságban torkoló kémények füstgázainak tulajdonítja. Említi azt is, hogy csak ebben a magasságban kezdődnek a finoman tagozott épületrészek és hogy a magasabban fekvő részeket csak 1877-től 1880 között építették. Az 1871—1880 között a négyezet körül épített pillérek a délkelet felé fordított függőleges síma falsíkjukon éles vonallal ketté osztottak; baloldalt a felület világos és ép, jobboldalt füstösen fekete, mállott és kérgesen levállott. A vonal azt a határt adja, melyen túl a záporosó a felületet éri, ez a rész jó állapotban van, míg a védett rész fekete és mállott. Haas ezt úgy magyarázza, hogy

az esőverte részekben a kőre lerakódó kénes savakat az esővíz állandóan lemossa és így azok hatástalanokká válnak. Hirschwald berlini egyetemi tanár, ki a helyszínen beható kémiai vizsgálatokat végzett, véleményében nem nyilatkozik azonos értelemben. A füstgázokra nem is tér ki. Ő a kérges lemállások okát vízhatlan külső kéreg képződésében látja, mely a kövek kilúgozásából keletkezik és amelynek keletkezését a záporosó meggátolja azáltal, hogy a lerakódó anyagokat állandóan feloldja és elmosa. (A kövek mállását ennek alapján avval próbálják meggátolni, hogy az esőtől nem ért részeket időnkint tűzoltófecskendővel lemos-



15. ábra. Országház. A végződés déli oldalán a levéldíszek teljesen elmállottak, míg az északi oldalon megmaradtak.

sák.) Megállapították, hogy általában az esőtől sűrűbben ért északi oldal mutatja a legkevesebb mállást, míg a délkeleti oldal a leginkább megtámadott. Ez érvényes a budapesti építményekre is. Ahol az eső jobban éri a felületet, a kövek kevésbé mállottak, mint azokon a helyeken, ahol az eső mechanikai hatása gyengébb. (16. ábra.)

Pollák Vince bécsi mérnök, a kövek mállási folyamatának egyik legjobb ismerője, könyvében óva inti a szakköröket attól, amit újabban igen gyakran tapasztal, hogy a köveken mutató pusztulásokat beható vizsgálat nélkül, főképp a füstgázoknak tulajdonítsák. Ezek a vélemények, mint látjuk, a füstgázok hatását nem ítélik meg egyöntetűen. Magam is, ki az országházát állandóan figyelem, nem tapasztaltam, hogy az épületnek a Dunapart felé eső részei, melyeket a hajók füstjei állandóan közvetlenül ér, rosszabb állapotban lennének, mint a város felé eső részek. Jóllehet a füstgázok a levegőben hamar elterjednek és mindenhová el is jutnak, mégis a füsttel való gyakori közvetlen érintkezés kell, hogy intenzívebben hasson. A Mátyás-

templom tornyán tapasztalható erős mállásoknál már a magas fekvés folytán sem tulajdoníthatók a füstgázoknak nagy befolyást.

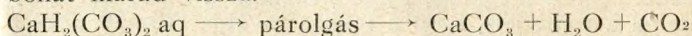
A füstgázok hatásának tudományos vizsgálatai.

A füstgázok hatása mindenkor a kő minőségétől, a gázok összetételétől és a helyi viszonyoktól függ.

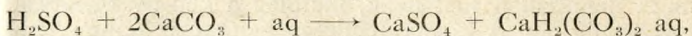
A városok tüzelőhelyeiből kiáramló füst- és gáztermékek főalkotórészei a levegőn kívül a következők: vízgőz, szén-sav (CO_2), szén-oxid (CO), korom, kénes savak, főképen kénsav (H_2SO_4), kéndioxid (SO_2), sósav (HCl), szabad, vagy a koromhoz kötött sók és a száraz lepárlás (desztilláció) számos más terméke. A termékek kétféleképpen hatnak az épületkövekre; egyrészt a gázok közvetlen hatása folytán, másrészt a kőre lerakódó korom közvetítette hatás folytán.

a) A gázok között a kénsavnak és a kénes savaknak a hatása a legerősebb. A füstgázokból eredő kénsavat és egyéb vegyi anyagokat akár gőzalakban, párában, vagy úszó porszem alakjában van a levegőben, az esővíz és a hó is magába veszi és átadja a köveknek, ami a füstgázok hatását még jobban fokozza. A víz elpárolgása folytán az oldatok, így a kénsavoldat is, mely az eső és havazás folytán a kövekbe jut, ott fokozatosan

Az ilyen oldatból párolgás folytán újból kalciumkarbonát marad vissza.

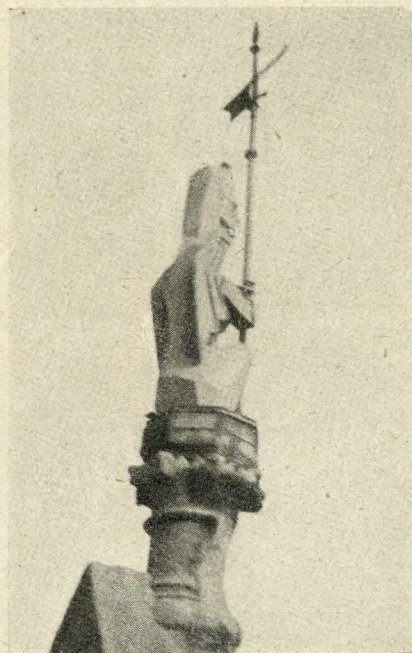


Ha az első és harmadik egyenletet összefoglaljuk

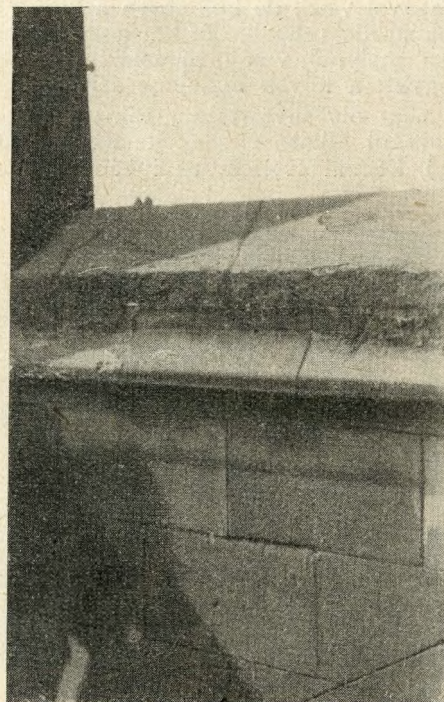


ezen egyenlet azt mutatja, hogy a kénsav által előidézett reakció kétszerannyi mészkövet old fel, mint ahogy azt tisztán az első képlet nyomán feltételezni lehetne.

Látjuk ebből, hogy a kénsav és víz hatása folytán először is kalciumszulfátoldat és kalciumhidrokarbonátoldat keletkezik, amely miután a felületen elpárolog, a kő belsejéből kifelé szivárog. A felületen a párolgás helyén a kalciumszulfát és kalciumkarbonát kikristályosodik és lerakódik, ez a lerakódás idővel befelé vastagodik; minthogy pedig a kalciumszulfát lágyaságánál fogva elmállik és a víz azt elmossa, a felület pórusaiban mindig több lesz a kalciumkarbonát, ami a kéreg megkeményedését vonja maga után. E kéreg így mindinkább vízáthatlanná válik, ami egyrészt a kövek mind a víz ellen, mind a gázok ellen megvédi; ha azon-



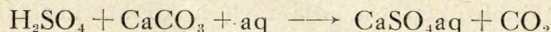
16. ábra. Országház, oromvégzördés. A déli oldala elmállott, az északi ép.



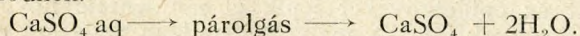
17. ábra. Országház. Részlet.

koncentrálódik. A városok levegőjének kénsavtartalma az ott elégetett szénmennyiségtől és az elégett szén minőségétől függ. Gyárvárosok levegőjében természetesen fokozottabb a kénsavtartalom. 1000 súlyrész levegőben Londonban 0.2049, Liverpoolban 0.3959 és Manchesterben 0.4166 súlyrész kénsavat találtak. 1000 m^3 levegőben Londonban 1.67, Manchesterben 2.52 g kénsav van, míg egy kisebb, átlagos angol vidéki város levegőjében csak 0.47 g. (Hogy Budapesten a levegő átlagban mennyi kénsavat tartalmaz, sok utánjárás dacára sem lehetett megtudnom.

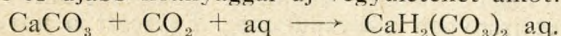
A kénsav hatása mészkőre a következő:



a mészkő (kalciumkarbonát) átalakul gipszzé (kalciumszulfát) és a szén-sav szabaddá válik. Átlagos hőmérsékleten végbemenő párolgásnál azután gipszkristályok képződnek.



Ha azonban a párolgás a levegőnedvesség vagy más okoknál fogva igen lassú, akkor a szabaddá vált CO_2 a vízzel és újabb kőanyaggal új vegyületeket alkot:



ban a kő más helyein, ahol a záporosó az oldatot még megkeményedés előtt elmosa és így a kristályosodást megakadályozza, vagy más oknál fogva (fagyás, hőtágulás stb.) a kő belsejébe hatolhat a víz, akkor annál nagyobb bajt okoz. A kéreg mögött a víz beszorul fagyás vagy általa okozott oldás és kristályosodás, valamint egyéb, már említett jelenség folytán, az anyag struktúráját széjjelroncsolja. Itt meg kell még jegyezni, hogy amidőn a kalciumkarbonát a kénsav közbejöttével gipszzé alakul, ez a folyamat térfogatnövekedéssel jár. Ez a térfogatnövekedés különösen akkor nagy, ha a kénsav és a kalciumkarbonát anélkül egyesül gipszzé, hogy (nagyobb vízmennyiséggel) előbb oldatot képezne. Ilyen esetben a térfogat eléri az eredeti kalciumkarbonát térfogatának hétszeresét. A megfagyott anyag a kristályképződés, a víz és fagy hatása folytán erősen megdagad, a kemény kéreg először mindjobban kidudorodik, a kő táskásodik, de később már a kéreg megszakad és felfeslik, kifakadó sebhely formájában megnyílik, a mögötte levő megfagyott részek kiesnek. Idővel a kéreg mindjobban és nagyobb felületen elválik, végül leesik, de leválik és le hull a mögötte megfagyott anyag is. A folyamat végén azt látjuk, hogy a kő

felületén tömegéből egy pár centimétert veszített. De ezután sincs megállás, újból képződik a külső kéreg és halad a rombolás, azaz a mállás tovább. (16—20. ábra.)

A mállásnak itt ismertett legáltalánosabb folyamata nemcsak a füstgázok, illetőleg a kénsav behatása folytán áll elő. A kövek felületén keletkező keményebb és a vizet nehezebben keresztülbocsátó kéreg keletkezésére már a víz hatásának tárgyalása során is rámutattam.

Mint látjuk, a kéregképződés a mállási folyamatok egyik fő tényezője. Ez egyszersmind azt mutatja, hogy helytelen és meddő minden oly kőkonzerváló kísérlet, illetőleg eljárás, mely a kő felületének elzárását veszi célba.

b) A korom, mely finom pelyhekben rakodik vagy tapad a kőre, legelőször is feketére, vagy helyesebben mondva sötétre festi a falat, különösen ott, ahol a záporosó azt nem mossa. A bekormozás főképp azokon a helyeken erős és mélyreható, ahol a korom az oldott alakban a kő felületére szivárgó kalciumszulfáttal és kalciumhidrokarbonáttal vegyül, ily helyeken a párolgás folytán képződő ásványrészek egészen feketék lesznek. De behatol a korom a kő belsejébe az esővíz révén is, mely azt magával viszi, de különösen a kövek felületét hidegben hosszú ideig megülő és korommal teljesen telített hó révén, melynek vize olvadáskor a korom összes anyagával együtt a kövek belsejébe szivárog.

A korom nem oly savtartalmú, mint a füstgázok (a gázokban savakat alkotó elemek itt bázisok által vannak lekötve), kémiai értelemben inkább semleges, így



18. ábra. Országház. Déli torony.

közvetlenül nem oly ártalmas. Ez azonban nem azt mondja, hogy a korom nincsen hatással a kövekre, vagy hogy az teljesen ártalmatlan lenne. A semleges szulfátok és csekély mennyiségben kloridok is a kövek vegyi anyagaira szintén ható átalakulásoknak vannak alávetve, mely átalakulások a lerakódó korom mennyiségének növekedésével fokozódnak.

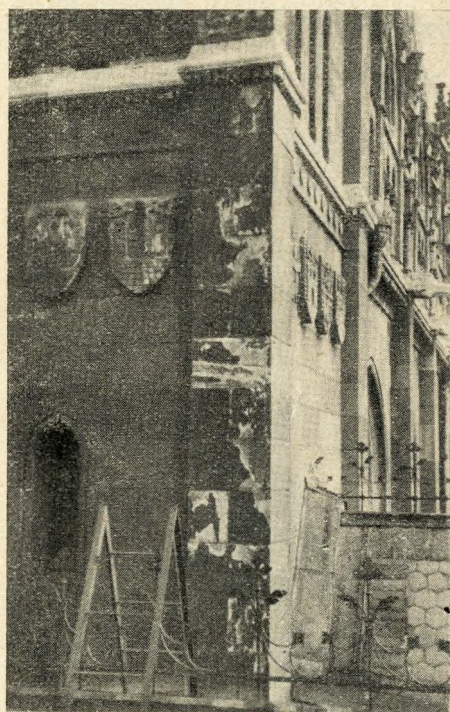
Ennek a hatásnak mértéke attól is függ, mennyire tud a korom a kőbe behatolni. Síma, csiszolt részekén nem annyira ártalmas.

Vannak azonban a koromnak oly alkatrészei is, melyek folytán annak egyenesen konzerváló hatást tulajdonítanak, ezek a kövek felületeit impregnáló földolajok és antracénolajok, melyek a víz beszívargását akadályozzák. E hasznos tulajdonságok azonban nem érnek fel azokkal a károkkal, melyeket, a már említettek szerint, a korom mégis okoz. Tény az, hogy a korom, ha igen vastag, zsíros tapintatú védő réteggént, (mondjuk közvetlen a kémény feje körül) bevonja a köveket, s minthogy azt mind a víztől, mind a levegő és füstgázok savaitól izolálja, feltétlen konzerváló hatású, de ez a védelme építészeti szempontból már nem kívánatos.

4. Az organikus élet hatásai.

A levegőben kisebb-nagyobb mennyiségben mindenkor úszó por, ásványi anyagokon kívül rendkívül sok szerves anyagot hord magával; így a korhadás és rothadás minden termékét, az organikus élet mind növényi, mind állati csiráit. A porszemek a levegőn keresztül a levegő mozgása folytán (szél) a magasba emelkednek, így vagy közvetlenül az épületekővekre és ennek mélyedéseibe, hasadékaiba és pórusaiba rakodnak le, vagy az eső útján vízzel együtt a kő belsejébe kerülnek. A por által kőre, illetőleg kőbe átültetett organikus élet kétféle: állati és növényi.

Angliában műemlékfenntartási szempontokból ily irányban igen beható vizsgálat tárgyává tették a mállásnak indult köveket és nemcsak külső, de belső részeit is mikroszkópus vizsgálat alá vették. Átlátszó, sárga vékonyra csiszolt lemezeket tettek a görcső alá és megállapították, hogy az organikus életnek legkülönbözőbb megnyilvánulásai észlelhetők mindenütt a kövek



19. ábra. Országház. A felsőházi ülésterem északnyugati sarka.

réseiben és pórusaiban. Mind a növény, mind az állatvilágnak legkülönbözőbb fajtái élnek a kövek belsejében. Hogy ez az élet milyen mértékig szapora, az mindenkor a helyi viszonyoktól függ. Azt tapasztalták, hogy előrehaladott mállást feltételezve apró élőlények 60 cm-es mélységig is behatolnak a kő külső felszíne mögé és hogy az így behatoló élőlények romboló hatása sokszor nagyobb, mint a légköri befolyásoké. A kövek fajtája szerint más és más volt a káros hatás. A kísérleteknél egyes kőfajtákat inkább a légköri behatások támadták meg, másokat szemmel láthatólag az organikus élet pusztított el. Az apró élőlények életmegnyilvánulása különbözőképp támadja meg a kő szerkezetét és anyagát. Az élősdiek körül mindenféle szerves anyagok (humusz) halmozódnak fel, melyek maró savtartalmuknál fogva hatnak a kő anyagára. (Ammóniák, salétrom, salétromsav, huminok, szén-sav stb.) Különösen azokat az épületekőveket lepik el mindenféle növényi képződmények (algák), melyek állandóan nedvesek, így az épületek északi oldalain, mélyedésekben, zugokban és erősen beárnyékolt helyeken mindenütt találunk több, vagy kevesebb növényi életet. A növényzet káros hatása két irányban nyilvánul meg. Egyrészt a növényi

részek elhalása és korhadása folytán itt is csakhamar kártékony savakat tartalmazó humuszréteg borítja a követ és hatol belsejébe. A humusz kártékony alkotórészei az ulminsav, huminsav, gécinsav stb., valamint a különféle sók. Másrészt azonban ezek a növényzetek erős mechanikai hatást is fejtenek ki. A kő réseibe behatoló spórák, csírák, kisebb-nagyobb gyökerek, sőt törzsek és ágak rendkívül nagy erővel repesztik a kőek tömegeit.

Angliában tizenkétféle oly növényfajtát állapítottak meg, mely a kőek mállására különösképen befolyással van. Ott ezeket most tanulmányozva épületköveken tenyésztik. A kísérletek és tanulmányok eredményeit még nem ismertették.

5. Sók hatása.

Azok a sók, melyek a vakolatban keletkeznek és a köveken keresztül kivirágznak, vagy kőfalaknak szerves anyagokban gazdag földdel való érintkezése folytán a kőek felületein mutatkoznak, nem nagyon ártalmasak.



20. ábra. Országház. Oromrészlet.

sak. A vakolatból erednek, ha a vakolatban nátron van és az kénnel egyesül, illetve a kénből oxidáció útján keletkezett kénsavval. Keletkezésük a vakolat teljes leköltése és kiszáradása után elmarad. Rosszabb, ha a köveknek humuszos földdel való érintkezéséből erednek, akkor kikristályosodásuk, ha az eső el is mossa, mindig megújul. A kivirágzás akkor erős, ha a kőben pirit, tehát kén van. A kivirágzó sók: kénsavas mészkő, kénsavas nátron és kénsavas magnézia. Rákusz dr. megállapította, hogy a Szépművészeti Múzeumon és a Mil-léniumi emléken esős napok után észlelt sókivirágzás sok glaubersóból állanak. ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$) Megállapított tény, hogy nincsen olyan vízben oldható só, melynek fajsúlya kisebb lenne a telített vizes oldatnál. Tehát ezek a sók kristályosodáskor mindenkor összehúzódnak, minek folytán nem feszítik a kővek pórusainak oldalfalait; sőt azokat némi kémiai hatás folytán tágítják, így a kőek felületeit nem zárják el, sőt nagyobbítják a felület nyílásait. Ezért nem kártékonyak.

II.

Még annak vizsgálata volna hátra, mennyiben függ a gyors mállás a kötől magától. Erre a felelet igen egy-

szerű, minden kő mállik, a jó kő kevésbé, azaz lassabban, a rossz kő gyorsabban. Az épületköveknek ez a fokmérője.

Mállás szempontjából csakis a kő tartóssága számottevő. Az egyes kőfajták tartósságának megállapítása céljából a Műegyetemen levő állami anyagvizsgáló kísérleti állomás a Magyarországon található és az építkezéseknél használatban levő összes kőfajtákat a legkülönbözőbb tulajdonságaik irányában vizsgálat alá vette. A vizsgálat eredményét a kísérleti állomás közleményeiben igen áttekinthető táblázatokban ismertette. Arra kívánok azonban rámutatni, hogy azok mindenkor csak a beküldött bizonyos kődarabokra vonatkoznak és így azok alapján csakis a bányából eredő legjobb kövekre lehet következtetni, nem pedig az átlagra, de legkevésbé minden abból a bányából eredő kőre. Ha biztosak akarunk lenni abban, hogy bizonyos bányából beszerzett kő rendelkezik-e azokkal a tulajdonságokkal, melyeket a kísérleti állomás arra a kőre vonat-



21. ábra. Operaház. Az Andrassy-úti erkély korlátja.

kozáan kimutat, akkor minden egyes szállított követ hozzáértő és gyakorlott szemmel a kísérleti állomás pecsétjével ellátott mintadarabbal kell összehasonlítani. (Magam az Országház helyreállításához felhasznált minden darab követ a bányában általam megjelölt rétegből bányászatok és minden egyes darabot a bányában megvizsgálva veszek át.)

Általában csak azt a követ használhatjuk fel, amelyet kitermelnek, hiába tudunk valahol az országban kitért építőkövet, ha nincsen arra vállalkozó, ki a követ kibányássza és a városba szállítsa, nem tudunk abból építeni.

Az egyes kőfajtáknak mállás elleni különleges viselkedését itt nem kívánok külön-külön tárgyalni, az minden egyes kőfajtának részletes méltatására vezetne, ami azonban a tanulmány keretei között nem fér el. A budapesti építkezéseknél kevés kivétellel három kőfajtát alkalmaznak. Homokkővet, puha mészkövet és kemény mészkövet. A puha mészkövet gyakran homokos mészkőnek, vagy mészhomokkőnek is nevezik. Még lehetne még különböztetni a középkemény mészkövet is, mivel a puha és kemény mészkövek között számos átme-

neti fajta van. Ilyen a sóskúti antalbányai, melynek lelőhelyén a puha mészkőtől a legkeményebb mészkőig a keménységi fok minden árnyalata megtalálható. A háromféle kő közül leginkább a puha mészkő mállik, kevésbé a homokkő és legellentállóbb a kemény mészkő. Némelyik homokkő, könnyű megmunkálásához képest, aránylag igen ellentálló. Ugyan így egyes tuffafajták (erdőbényei) is eléggé ellentállóak, azonban budapesti alkalmazásban, minthogy lelőhelyük messze van, nem igen jöhetnek szóba.

A mállást sokszor az is elősegíti, hogy a kövek befalazásuk idejében még bányanedvességüket nem vesztették el teljesen. A bányanedvesség rendszerint a követ egészében átitató, teljesen telített oldatból ered. Az többnyire kalciumhydrokarbonát, $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2\text{aq}$. A szabbaddá tett, kiemelt kőből elpárolog a víz, az oldott anyagok (CaCO_3) lerakódnak, minek folytán a kő keményebb lesz. Ha a még nedves követ befalazzuk, a víz abból csak annak a fal síkjába eső oldalán tud elpárologni, miért is az oldatok eme lap alsó részére húzódnak és ott a már többször említett hátrányos kéregképződést mozdítják elő.

Ide tartozna még annak megvilágítása, milyen befolyással van az épületek pusztulására, azok elhelyezési módja, a helytelen habarcsok használata és az erősítővasak okozta sérülés. Minthogy azonban ezeknek a tényezőknek szerepre jutása az építész kezére van bízva, azokat a tanulmány második részében fogom tárgyalni, melynek tárgya az építőkővek pusztulásának lehető megakadályozása lesz.

Miután a tárgyalatkból megismertük mindazokat az okokat, melyek a kövek elmállását előidéznek, rá akarok még mutatni arra, hogy mennyire nem lehet valamely mállásról azt megállapítani, hogy vajjon azt a fagyás okozta-e, azért, mert a kő nem volt eléggé fagyálló, vagy, hogy a füstgázok okozták-e, vagy éppen a víz kilúgozó hatása, illetve a ráütő nap stb. Mindenkor csak azt mondhatjuk, ebben az esetben a mállást, főképp a kőnek gyenge fagyállóképessége, avagy főképp a füstgázok stb. okozták, mert minden egyes esetben feltétlenül a mállás előidézésében a felsorolt hatások és befolyások egész sorozatának része van és pedig részben egyszerre, egymásba kapcsolódva, vagy egymás után olyképen, hogy az egyik hatás előkészítette a másikat, azaz elősegítette annak eredményességét.

Ezért a kísérleti állomások vizsgálatainak eredményei nem feltétlenül megbízhatók. El tudom képzelni, hogy egy, a fagyasztási kísérletek alapján fagyállónak elismert kő, épületen elhelyezve, kilúgozás, vagy a füstgázok behatása, vagy pedig hőmérsékleti különbségek folytán már öt év múlva nem lesz fagyálló.

Ha valamely épületet, mely a kövek mállása folytán erősen megrongálódott, megvizsgálunk, azt fogjuk tapasztalni, hogy a mállásokat a legtöbb esetben az itt elhangzott összes okok, illetőleg tényezők együttesen idézték elő. Az épületek egyes részein sokszor rá tudunk azonban mutatni a mállást főképp okozó közvetlen körülményekre, kiváltképen ha azt a víznek a kőbe való behatása idézi elő. Ily esetben többnyire a víznek elvezetésével, vagy a kő lefedésével a további erős mállást megállítani, vagy legalább is lassítani tudjuk. A legtöbb esetben azonban magukat a mállást előidéző okokat nem tudjuk elhárítani. Az esőt és a fagyot megszüntetni, — a gyárkémények füstkiömlését beszüntetni nem lehet s az egész épület fölé sem emelhetünk tetőt. De két dolgot tehetünk, az első az, hogy az épület köveit olyanná tesszük, hogy azok mindezeknek a káros külső befolyásoknak jobban tudjanak ellentállani, a második pedig az, hogy azokat az új köveket, melyekkel az elpusztult részeket pótolni kívánjuk, oly közetből faragjuk, melyet a tapasztalt befolyások nem tudnak elpusztítani. E két eljárás ismertetése lesz a tanulmány második részének tárgya.

II. RÉSZ.

A kőépítmények gyors pusztulásának megakadályozása.

Minden építmény, mint minden emberi alkotás, idővel tönkremegy, bomlik és végül teljesen elpusztul. A műszaki tudás feladata e pusztulást a lehetőségig meggátolni s a bomlást lassítani. Monumentális épületeink külsejét a multban kizáróan, de napjainkban is nagyrészt kőből szerkesztették. Az építőkővek pedig mind, hol lassúbb, hol gyorsabb elmállásnak vannak alávetve. Azokat az eljárásokat, melyekkel a beépített kövek gyors elmállását megakadályozhatjuk, három csoportba sorozhatjuk:

- I. A kőanyag helyes megválasztása.
- II. A kövek megfelelő, helyes beépítése.
- III. A kövek tartósságának fokozása.

I. A kőanyag megválasztása.

Rendkívül fontos az, hogy az építész a felhasználni szándékolt kő minden tulajdonságát, jóval az építkezés megkezdése előtt már megismerje. Sok későbbi bajt és helyreállítási költséget tud ezáltal elhárítani. Hogy a meg nem felelő kő alkalmazása mily rossz következményekkel jár, Budapest számos, nagy költséggel alkotott monumentális épületén tapasztalhatjuk. Az Erzsébetvárosi templom, a Mátyás-templom, az Országház külseje elrettentő példáját adják annak, hogy rossz, a mi éghajlati viszonyaink mellett aránylag igen gyorsan elmálló kő alkalmazása mily károkat okoz. Most látjuk, mily nagy és helyrehozhatatlan hibák történtek akkor, amidőn a mi magasfokon álló építészetünk legremekebb alkotásainak, nagy építőművészeink örökszép és örökbecsű elgondolásainak messziről hozott ily silány és mulandó anyagban adtak tetet, amidőn Budapest közvetlen környékén annyi kiváló jó építőkő van.

Nagyon sokba kerülnek a szegény Csonka-Magyarországnak azok az olcsóbb kövek, amelyeket harminc-éves középületeinken újakkal kell most pótolnunk. Hogy mennyire nem gazdaságos rosszabb minőségű követ alkalmazni, mert annak megfaragása sokkal könnyebb és így az építkezés olcsóbb, azt az említett példák világosan mutatják. Ily kövek alkalmazásának az a következménye, mint ahogy azt az Erzsébetvárosi templom esetében is látjuk, hogy már 20 év múlva a nagy költséggel emelt alkotás a pusztulás képét mutatta, 30 év után pedig már egyes részeiben rom és amit már egyszer az építész megrajzolt, a kőfaragó kifaragott, a szobrász finoman kiformált és a kőműves befalazott, azt most nagy veszélyességgel ki kell bontani, újból meg kell rajzolni, ki kell faragni, meg kell formálni és be kell falazni. Ha pedig a második megépítésnél ugyanily követ használunk, akkor ezt az egészet 30 év múlva újból meg kell ismételni.

Fővárosunk számtalan épületén láthatjuk, hogy Magyarországon van elég megfelelő jó kő, amely szakszerűen, a kő tulajdonságaihoz mértén alkalmazva, akár évszázadokon keresztül is megáll változatlanul. Ha megfigyeljük az Országházat, az Operaházat, a Lipótvárosi templomot, azt látjuk, hogy a régi mesterek azokon a helyeken, ahol az épületrészt a romboló befolyásoknak inkább kitéve látták, jobb köveket alkalmaztak, ezek a kövek be is váltották a beléjük helyezett reményeket. Kár, hogy azt az elvet nem vitték keresztül következtetesebben, mert következtetlenséget kell látnom abban, hogy például az Országháza koronázó részein a választópárkányokat és az oszloptörzseket kitűnő minőségű, kemény kőből faragtatták, de már a gazdagon faragott oszlopfők és a végződéses puha, rossz kőből valók. A következménye ennek az lett, hogy ma az összes oszlopfők tönkrementek és azokat kivétel nélkül újjal kell pótolni.¹

¹ Nem fogadható el az az ellenvetés, hogy nem lehetett az egész koronázó részt végig kemény kőből megépíteni, mert

A kő teljes megismeréséhez igen sokirányú tanulmány vezet és csak, ha minden irányban megvizsgáljuk a kő anyagát, tudjuk, mit várhatunk tőle.

Ezeket a vizsgálatokat általában kétféleképpen végezhethetjük, vagy gyakorlati szaktudáson alapuló egyszerű megtekintéssel, vagy kísérletekre támaszkodva; miért is ezeket két csoportba osztjuk.

1. Az egyszerű megtekintésen alapuló vizsgálatok.

Ily vizsgálatok alapján értékelték az építőköveket évezredek óta és értékelik túlnyomórészt még ma is. Ezek a vizsgálatok nem annyira a kövek keménységének, szilárdságának és szívósságának megállapítására irányulnak, mint inkább a kövek tartósságára, azaz a mállás elleni ellentállóképességére. A kövek tartóssága a legkülönbözőbb. Vannak kőzetek, melyek a légkör behatásainak kitéve már pár esztendő alatt teljesen széjjelbomlanak és vannak, amelyek évszázadokon keresztül alig változnak. Ezen határok között persze a fokozatoknak minden mértéke megtalálható. A kő tartósságának megítélése nagy vonásokban igen könnyű és főképp nálunk, minthogy Budapest környékén igen sok rendkívül tartós, nehezen málló kő található, a kő kiválasztásakor, ha tisztán csak ezt a szempontot kellene tekintetbe venni, a feladat elég egyszerűvé válna. Sajnos, azonban a kő kiválasztásakor a kő tartósságán kívül sok más is tekintetbe kell az építésznek venni. Az építkezésekhez felhasználandó kő megválasztásába nyomatékosan beleszól a kő megmunkálhatóságának kérdése is, mert avval szorosan összefügg a költség, tehát a pénzkérdés. A kő tartósságával arányban nő nehezebb megmunkálhatósága és így felhasználásának költsége. Ha evvel nem kellene számolnunk, gránitból alkotnók építményeinket és nem okozna annyi gondot a kövek gyors mállása. Az építésre hátrahagyjuk az a feladat, hogy megtalálja az arany középút. A felhasználandó kő legyen lehetőség szerint tartós és az építkezés mégse legyen túl drága. E szempontot figyelembe véve, az a kő lesz a legjobb, mely könnyen és jól faragható és mégis tartós.

A kő megítélésénél tehát a legfontosabb tulajdonság

az az amúgy is nagy építési költséget a lehetetlenségig emelte volna, mert végeredményben, úgy ahogy megépítették, még drágább, így ez egészen legalább is kétszer kell megépíteni. Még kevésbé fogadható el az a logika, hogy mert nem állott annyi pénz rendelkezésre, hogy megfelelő tartós kőből építhessük ezt az építészeti emléket, a kényszerűségnek engedve, rosszabb anyagot kellett alkalmazni. Ha ilyen gazdag kialakításban a nagyobb költségek miatt nem lehetett tartós kőből faragva megépíteni az építményeket, akkor a költségekkel és a jó anyaggal összhangban kellett volna a kialakítást megoldani, de semmi esetre nem oly kőbe faragni a gazdag architektúrát, amely 30 év után az erzsébetvárosi templom mai képét adja. Ha a jó kőből nem tudunk gazdag kialakítást csinálni, mert nincsen meg a hozzávaló pénz, akkor célszerűbb és gazdaságosabb a kialakítás gazdagságából engedni, nem pedig a kő tartósságából. Ha a három tényezőt vizsgáljuk: a mikénti kialakítást, a rendelkezésre álló pénzt és a megfelelő jó anyagot, akkor most meggyőződhetünk arról, hogy a mikénti kialakítás az, amelyiknek alkalmazkodni kell a másik két tényezőhöz. Hogy az mennyire tud alkalmazkodni azt az építőművészet multjából láthatjuk; így ott, ahol az egyik országban kifejlődött stílust más országban, egészen más körülményeknek megfelelően másként alkalmazták. A franciaországi gót kőarchitektúra nyomán mily remek gót stílust alkottak Poroszországban, ott, ahol kő nem is állott rendelkezésre. Így kellett volna itt nálunk is a kialakítást az építési költség előírányszatával összhangban, a nehezen megfaragható jó kőanyaghoz alkalmazni.

Most azonban, amidőn oly feladat előtt állunk, hogy a rossz kőbe faragott emléket helyre kell állítanunk, nem változtatunk a kialakításán, most a kőanyagon kell változtatnunk. Nem vagyunk annyira megadóztatva középkori műemlékek fenntartásával, mint például Franciaország, ezért kell, hogy azt a pár, a mult század végén gót stílusban épített, ránk maradt építészeti emléket tartós anyagban hagyjuk az utókorra. Csak egy koronázó templomunk van, annak toronysisakját 40 év alatt már kétszer állítottuk helyre; most harmadszor: faragjuk meg diszeit jó kőbe, és ha drágább is, végeredményben így lesz olcsóbb.

gok a faraghatóság és a tartósság. Ezek mellett azután figyelembe jönnek még az igénybevétel szerint a kő szépsége (színe), merevsége (keménysége), kopás elleni szívóssága, (pl. lépcsőfokoknál), súlya és még egyéb tulajdonságai.

Itt újból meg kell említenem, hogy a kövek megválasztásakor igen erősen köt minket az a körülmény, hogy csak azt a követ alkalmazhatjuk, melyet a bányából kitermelnek. Hiába ismerjük és jelöljük ki esetleg egy bánya valamely kővét, ha a bányavállalat nem találván meg számításait, a nekünk megfelelő réteget nem bányássza. Például tudjuk, hogy a Lánchíd pilléreinek kőveit a sóskúti bányában hol termelték ki, azonban azon a helyen technikai nehézségek miatt már vagy 60 esztendeje nem bányássznak. Rendszerint a nekünk ajánlott kövekre vagyunk utalva.²

Az egyes kőfajták tartóssága egymáshoz való viszonyának megállapítására, valamint általában az építőkövek tartósságának tanulmányozására kitűnő alkalmat nyújtanak a temetők. Budapest temetői valóságos tárházai a különböző kőfajták mintadarabjainak. Ott minden egyes a legköri behatásoknak kitétt faragott kőre rá van írva, melyik évben állították fel. Egy bizonyos kőanyagot legegyszerűbben és legcélszerűbben oly épületen nyert tapasztalatok és megfigyelések alapján ítélni meg, melyen azt a követ felhasználták. Döntés előtt azonban feltétlenül szükséges a bányát is megtekinteni. Mert, mint már említettem, mindenkor kétséges, hogy a jelen esetben ott termelt kő azonos-e a régebben ugyanabban a bányában termelt kővel.

A bányában, vagy annak közelében mindenkor találunk évtizedek óta szabadban heverő, vagy esetleg befalazott kődarabokat, melyeken, különösen ha faragott részek is vannak, igen jól megvizsgálhatjuk a kő tartósságát, azaz a mállás szempontjából való viselkedését. Keressünk egy ilyen igen régi, de lehetőleg még jó állapotban levő követ, üssünk le róla egy darabot és a bányában hasonlítsuk össze azt a szállítandó újonnan bányászott kövekkel. Gyakorlott szem, főképp nagyítóval igen jól meg tudja állapítani a kőanyag egyformaságát.

2. Kísérleteken alapuló vizsgálatok.

Az építőkövek tulajdonságait megállapító kísérletek általában kétféleképpen szoktak lenni. Először a megvizsgálendő kő szilárdságának (keménységének) megállapítására irányuló kísérletek.

A) Az építőkövek szilárdságának (keménységének) megállapítása.

A kövek szilárdságának megvizsgálását megfelelő gépekkel felszerelt laboratóriumokban végzik, Magyarországon a Műegyetem műszaki, mechanikai és szilárdságtani laboratóriumaiban, valamint a Technológiai Iparmúzeum laboratóriumában. Azt, hogy ezeket a kísérleteket miként ejtik meg és a kövek szilárdságát a kísérletek alapján hogyan állapítják meg, itt részletesen nem kívánom ismertetni.

² Amidőn 1924-ben az Országházon megkezdtem a helyreállítási munkálatokat, természetesen az országban lehető, ennek a célnek legmegfelelőbb követ iparkodtam alkalmazni. Dr. Schafarzik Ferenc műegyetemi tanárhoz fordultam, ki Magyarországi köveinek legjobb ismerője volt. Az ő tollából való *A magyar korona országai területén létező kőbányák részletes ismertetése* című kitűnő könyv. Sorra véve vele a csonka országban lehető összes köveket, 35 olyan kőfajtát állapítottunk meg, melyet közelebbi tanulmányozásra érdemesnek találtunk. Hivatalos formában fordultam e 35 lelőhely érdekeltjeihez. Ahol bányavállalatot tudtam, a bányavállalathoz, de mindenütt azonfelül az ottani előljárósághoz is, kérve a környékbeli összes bányavállalatok megnevezését. Összesen csak hét helyről tudtam a szállításra ajánlatot szerezni. Huszonhét helyről az a válasz érkezett, hogy a követ nem termelik, a bánya nincsen üzemben, a lelőhelyet be-
nőtte a fű.

Nagyjában az eljárás a következő:

A kőzetből annak keménysége szerint 5—10 cm oldalhosszúságú, lehetőleg pontosan faragott, a nyomólapokhoz fekvő két párhuzamos lapon csiszolt kőcsoportot törési nyomják össze. Az öntöttvas nyomólapok egyike gölyöscsapban forog, hogy a kocka nyomott felületéhez tökéletesen illeszkedhessen. Több egyforma kocka törési határából megállapítják az átlag törési határt. A kísérleteket többféle vonatkozásban vizszik keresztül. Teljesen száraz állapotban és a kőcsoportnak több napon vízben való fektetése után, nedves állapotban. Azután még a kőcsoportnak többszörös fagyasztása után.

A kövek szilárdsági vizsgálatát bizonyos esetekben még a húzás elleni ellenállásra is kiterjesztik. Főképp akkor, ha a kőzetet képező egyes részecskéket vagy kristályokat összefogó ragacsanyag szilárdságát kívánják megismerni.

A vizsgálat eredményeit a kísérleti állomások táblázatokba foglalva ismertetik. A kir. József-Műegyetem műszaki-mechanikai laboratóriumában Magyarország összes ismertebb építőkövein végzett szilárdsági kísérletek eredményeit a kísérleti állomás külön közleményekben adta ki.

B) Az építőkövek tartósságának, vagyis a mállással szemben tanúsított ellenállásának megállapítására irányuló kísérletek.

E kísérletek két csoportba és pedig a természetes és mesterséges mállási kísérletek csoportjába oszthatók. Míg mesterséges mállási kísérleteket már évtizedek óta minden kísérleti állomáson végeznek, addig kimerítő és sokkal megbízhatóbb eredményeket nyújtó rendszeres természetes kísérleteket csak igen kevés helyen folytatnak. Ez abban leli magyarázatát, hogy míg a mesterséges mállási kísérletek a gyorsított eljárás folytán egy pár hét alatt elvégezhetők, addig a természetes mállási kísérletek évekig elhúzódnak.

a) A természetes mállási kísérletek. Minthogy a kísérletek mintaköveire a mállást előidéző tényezők teljesen azonos körülmények között és ugyancsak egyszerre és együttesen hatnak, akárcsak az épületeken beépített kövekre, a kísérletek eredményeiből sokkal megbízhatóbb következtetéseket tudunk levonni, mint a mesterséges mállási kísérletekéből.

Ezeknek a kísérleteknek egyik kezdeményezője dr. Seipp német építőipariskolai igazgató volt, ki 1896-ban Königsbergben főképp palafajtákkal végzett pontos, kimerítő és rendszeres mállási kísérleteket. Az ő útbaigazításai alapján dr. Rathgen vegyész is főképp márványokkal 1902-ben Berlinben ily kísérletekbe fogott.

Az anyagvizsgálóknak 1901-ben Budapesten tartott nemzetközi kongresszusán Martens tanár, a Berlin melletti Gross-Lichterfeldben levő kísérleti állomás vezetője jelentette be, hogy az új állomás épületében nagyszabású természetes mállási kísérletek végzésére alkalmas laboratóriumot fognak elhelyezni. 1903-ban ez a laboratórium tényleg el is készült. Az ott végzett munkálatok eredményeiről azonban még eddig ismeretést nem adtak ki. Úgy látszik, a kísérletek megjejtése során nem tartották a gyakorlati szempontokat a szakemberek igényeit kielégítően szem előtt. Legalább erre lehet következtetni abból, hogy a német szakkörök, illetve szaktestületek azoktól teljesen függetlenül végezték azóta és végeznek ma is nagyszabású ily irányú kísérleteket.

Dr. Seipp kísérleteit olyképp végezte, hogy a megvizsgálendő kőzetből faragott 9 cm oldalhosszú és 1 cm vastagságú négyzet alakú mintadarabokat pontos lemérésük után az intézet tetején felállított állványra helyezte ki, úgy csupán, hogy éleik érintkeztek üveggel. A mintadarabokon észlelhető változásokról és előállott súlyvesztésekről minden évben pontos feljegyzéseket készített.

Ezek a feljegyzések mindenesetre értékes adatokat szolgáltatnak a vizsgálatnak alávetett kövek viselkedéséről.

Azonban dr. Seipp nagy hibát követett el abban, hogy a mintadarabok nagyságát túlságosan kicsire szabta. Ezek a kis lemezek, ha esőben meg is áznak, utána nyomban megszáradnak, míg a befalazott kövek napokig, sőt hetekig magukban tartják a nedvességet, mi a mállás szempontjából ismertetett különböző okokat figyelembe véve, az eredmények tekintetében igen nagy különbséget jelent.

Dr. Seipp kísérleteinek eredményeit kivonatosan, csak az átlagértékeket tekintetbe véve, az 1. táblázat tárja elénk.

1. tábl. A dr. Seipp-féle kísérletek eredményei.

Kőminőség	A felület megdolgozása	Egy év után			Két év után		
			súlyvesztés %ban	mállási együttható		súlyvesztés %ban	mállási együttható
Carrarai fehér márvány	csiszolt	egyforma lett az utóbbival	0.190	11.88	A polírozásnak nyoma veszett	0.345	21.56
	polírozott	—	0.165	10.31		0.347	21.73
	alsó felület simára megdolgozva	az alsó felületeken növényi nyomok [Algák]			az alsó lapon a növényzet eltűnt, de a felület kormos lett		
Fekete svéd gránit	csiszolt	mind a kettő teljesen változatlan	0.015	0.94	változatlan	0.018	1.13
	polírozott		0.024	1.50		0.038	2.38
	alsó felület simára megdolgozva	színezése élénkebb lett			megtámadva, rozsda foltok		
Kékesfehér svéd homokkő Gotland szigetéről	csiszolt	sötétebb és likacsos lett	0.397	26.31	a felület durva lett és likacsos	0.877	54.81
	alsó rész simára megdolgozva	erős növényzet [Algák]					

Természetes mállási kísérleteket végeznek újabban Angliában és Németországban is különféle kőkonzerváló szerrekel kapcsolatosan. Ezekre majd a kőkonzerválás tárgyalása során vissza fogok térni.

b) Mesterséges mállási kísérletek. E kísérletek jellemvonása az, hogy a követ gyorsított eljárással pár hét alatt teszik ki mindazon összesített befolyásoknak, melyek a beépített követ csak évek alatt érhetik.

Minthogy a mi éghajlatunk alatt a mállást legnagyobb mértékben a fagy okozza, a mesterséges mállási kísérleteknél főleg a fagnak a kövekre gyakorolt hatását vizsgálják. A legtöbb kísérleti állomáson csupán fagyasztási kísérletek megjejtésére szorítkoznak.

A kir. József-Műegyetem műszaki-mechanikai laboratóriumával kapcsolt Kísérleti Állomáson a normális kővizsgálat a következőkre terjed ki:

Először megállapítják a kő térfogatsúlyát, azután 12 darab próbakockával a nyomószilárdságot határozzák meg és pedig 6 kockát légszáraz állapotban, kettőt vízzel telített állapotban törnek el, 2—2, tehát összesen

4 próbakockát pedig 25-szöri fagyasztásnak vetnek alá kb. -17°C -on s aztán a négyből kettőt nedves állapotban, kettőt pedig a fagyasztás után 110°C körüli hőmérsékleten súlyállandóságig szárított állapotban törnek el. Ugyancsak megállapítják a vízfelvételt és a fagyás okozta esetleges súlyvesztésüket súlyszázalékban. A 12 próbakockán kívül a megvizsgált kőből 2 darab mintakockát állítanak elő, amelynek felületeit különbözőképpen dolgozzák ki. Egy ilyen mintakocka a bizonyítvány kiegészítő mellékletét alkotja. A követ megvizsgálására vonatkozó megbízáshoz mindenkori egy nyers mintadarab melléklendő, amelyen a követ lelőhelyét a hatóságnak hivatalosan kell igazolnia.

A kísérletekhez szükséges próbakockát, valamint a mintakockákat a Kísérleti Állomás maga állítja elő, a lehetőség szerint egy darabban beküldött kőanyagból.

Külön kívánságra a kísérleti állomás a Bauschinger-féle koptatógépen a kő kopási ellenállását is megállapítja.

A Kísérleti Állomás a közel jövőben még a következő vizsgálatokra terjeszti ki tevékenységét:

1. A Deval-dobban való koptatásra.
2. A szívósság megállapítására a Föppl-féle kalapáccsal.

A Bauschinger-féle koptatógép vízszintesen forgó öntöttvaskorongból áll, melyre a megfogott kő súlyával nehezedik. A kő koptatását a korongra hintett csiszolópor (Korundpor Al_2O_3 -smirgli) segíti elő. A kőnek bizonyos idő alatt bizonyos csiszolópormennyiség használata mellett szenvedett súlyvesztése adja a kopás mértékét. Olaszországban a hivatalosan végzett ily kísérleteknél összehasonlítás céljából a mintakővel együtt mindenkori egy normálkővet is koptatnak. Ennek a vizsgálatnak a lépcsőfokoknál használandó kőnél van jelentősége.

A Deval-dob ferde tengely körül forog, körülbelül 50 cm hosszú és 30—40 cm átmérőjű dobból áll, melybe a megvizsgálandó kőanyagot zúzott formában helyezik bele. Forgatás által a kődarabok állandóan egymáshoz ütődve ide-oda hányódnak. Bizonyos számú forgás (10.000) után kiveszik az anyagot, megsztálják és a szitán keresztül ment mennyiség nagyságából a kő szívósságát megállapítják.

A Föppl-féle gépnél határozott súlyú vaskalapács esik ismételtelen a mintadarabra. A kő tartósságának az a mértéke, hogy a mintadarab a kalapács hányadik ütése után törik össze. Nem mindig a keményebb kő bírja ki a több ütezt, hanem a szívósabb. A kalapács visszaugrásából a kő ridegségére lehet következtetni.

Úgy a Deval, mint a Föppl-féle gép inkább útburkolathoz alkalmazandó kőanyag vizsgálatára való.

Miután ezekkel a vizsgálatokkal nincsen az ugyanabból a kőbányából származó minden fejtési anyag jellemezve, a műegyetemi Kísérleti Állomás arra törekszik, hogy a mostani kővizsgálat helyébe a kőbányavizsgálatot vezesse be. Tudjuk, hogy egyetlen kőbányán belül mennyire eltérő lehet a kőanyag minősége. Néhány év óta a kőzetek mikroszkópikus vizsgálatára is berendezkedett a Kísérleti Állomás. A mikroszkópikus vizsgálat az egy ugyanazon bányából származó követ minőségi azonosításához biztos, gyors és olcsó eljárás.

Tervbe veszi ezeken kívül még a Kísérleti Állomás különösen a magas építészetben használt kővek fagyállóságának további jellemzésére, a fagypróbán kívül, a telítési hányados megállapítását is és ezzel kapcsolatban a kővek szerkezetének kipuhulását festési eljárással.

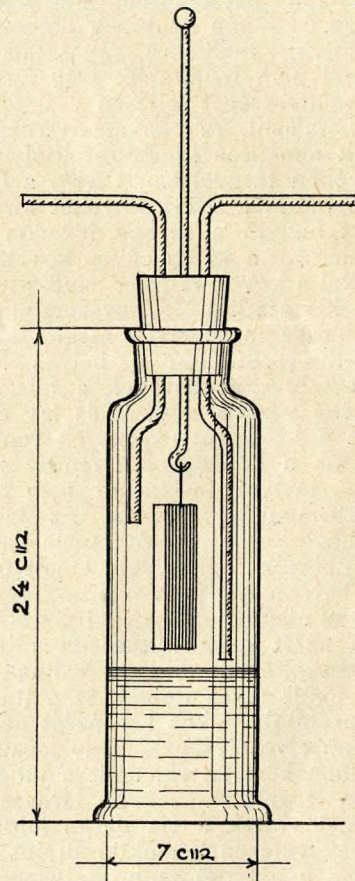
A festési eljárással a kővek belső struktúrája állapítható meg. A telítési együttható mértéke a fagyállóságnak, azonban réteges kőveknél az átlag telítési együtthatónál sokkal nagyobb egy esetleges likacsos réteg együtthatója, mely külön nem állapítható meg. A festési eljárás a kő belső rétegzésére vet világot. A mintadarabot festékkoldatba (anilinfesték) fektetik és utána kettévágják. A vágás felületén világosan látni

a festék terjeszkedését és annak nyomán a kőanyag rétegzését, valamint az egyes rétegek egymáshoz viszonyított vízfelvehőképességét.

C) A mesterséges légköri kísérletek.

E kísérleteknek célja az, hogy a kővek mállását előidéző légköri befolyásoknak a kőzetekre gyakorolt hatását a fagyasztási kísérletekhez hasonló módon, gyorsított eljárással megállapítsa.

Itt is példaszerűek Seipp dr.-nak Barmen-Elberfeldben folytatott kísérletei. Az ő kísérleti felszerelése a következő: 7 cm széles és 24 cm magas átlátszó színű telen kísérleti üvegeket állít egymás mellé sorba, annyit, ahány mintadarabot megvizsgálni kíván. Minden üveg $\frac{1}{3}$ -részig vegytisztá vízzel van megtöltve. Az üvegek gumidugóval zártak, a dugón keresztül két üvegcső vezet az üveg belsejébe, az egyik cső közel a víz felszínéig ér, ez a gázt bevezető cső, a másik csak a dugón keresztül ér, ez a gázt elvezető cső. A dugó közepén üvegpálca megy keresztül, melynek alsó végén platinadróton a megvizsgálandó kő mintadarabja lóg. A mintadarabok mérete: 7 cm hosszúság, 3 cm szélesség és 0.85 cm vastagság. A mintadarabok



22. ábra. Seipp dr. kísérleti üvege.

az üvegpálccával tetszés szerint a vízbe márthatók, vagy abból kiemelhetők. (22 ábra.)

A kísérlettel Seipp dr. megállapítja a légkörben előforduló és a mállást előidéző legfőbb tényezőknek, mint a víznek (H_2O), a szén-savnak (CO_2), az oxigénnek (O) és a kénes savnak (SO_2), külön-külön és együttes hatását a kőzetekre. A kísérlet 10 napig tart. Naponta egymásután váltakozva szén-savat, oxigént, kénes savat, oxigént, szén-savat, oxigént, azután megint kénes savat és utána oxigént és így tovább, bocsát keresztül az üvegeken. Éjjel csak szén-sav cirkulál az üvegekben. Közben naponta háromszor 2 percnyi időtartamra bemártja a mintadarabokat vízbe. Naponta vett pontos feljegyzéseket készít a darabok elváltozásáról és a végén pontosan megállapítja az egyes daraboknak a kísérlet folytán szenvedett súlyvesztését.

E kísérletek az egyes kőfajták tartósságának összehasonlítása szempontjából mindenesetre nagyon értékes adatokat szolgáltatnak. Egyízben *Seipp* ily kísérlettel kilencféle német homokkővet vizsgált meg. Az összesen csak 10 napig tartó kísérlet táblázatba foglalt eredményei módot adtak arra, hogy a kilencféle kőnek a légkörben évtizedeken keresztül várható viselkedése meglehetősen biztonsággal lehessen következtetni. Az ilyen kísérletnek nagy jelentőségét akkor értjük meg legjobban, ha például hozzuk kapcsolatba. Tegyük fel, a kölni dóm, vagy az ulmi Münster restaurálásához alkalmazandó kő kiválasztásáról van szó. A restaurálás milliókba kerül, 20—30 évig tart, vagy talán, mint ahogy az ily emlékek munkáinál szokott lenni, állandó és igen sok embert foglalkoztat. Egyéb megítélések alapján mondjuk hatféle követ hoztak javaslatba, melyek közül választani kell. Mily aránytalanul csekély dolog ez esetben a javaslatba hozott kővek minden fajtáját ilyen kísérleteknek vetni alá, a kísérlet által elérhető nagy gazdasági eredményekhez képest.

II. A kővek megfelelő beépítése.

E tárgykörből csak azt említem, ami a kővek elmállásával összefügg és főképp azokra a dolgokra kívánom a figyelmet felhívni, melyekre tapasztalatom szerint az építkezéseknél nem fordítanak elég figyelmet.

Csak a bányanedvességet teljesen veszített, kiszáradt követ szabad befalazni. A bányanedvesség kártékony hatását a kővek elmállása szempontjából már a tanulmány első részében tárgyaltam. *Clark*, a Lánchíd építője, miután Sós-kúton a nyers kőveket kibányásztatta, három évig ott hagyta a szabad levegőn feküdni és csak azután választotta ki az egyes kőveket és faraghatta meg. Ezáltal a kővek teljesen elveszítették bányanedvességüket, kiszáradtak és egyszersmind az egyes darabok fagyállósága is némiképp megítélhető volt.

Nagy figyelem fordítandó a helyes kömetszésre. Rossz helyen alkalmazott hézagok a falazat, valamint a kővek belsejébe vezetik a vizet és így előmozdítják a mállást. Erre a középkori mesterek rendkívül nagy súlyt vetettek, ők a kőhézagok elrendezése körül oly tökélyt értek el, melyet ma sehol sem tapasztalunk. Aki kőarchitektúrával foglalkozik, az igen érdemes munkára vállalkozik, ha a kiváló francia katedrálisokon és a német Bauhütték székhelyein emelt épületeken a kömetszést behatóan tanulmányozza, mert néha oly megoldásokra fog akadni, melyek új gondolatirány felé vezetnek. Persze azért nem feltétlenül minden példaszzerű, ami a középkorból maradt, vannak a távolabb eső vidékeken épült rossz dolgok is. Általában a középkorban az architektonikus kiképzést alárendelték a az esővíz legjobb elvezetésének, vagy legalább is avval teljes összhangban készítették, amit a modern gót építészetben ritkán látunk. A szobrok faragásánál is igen nagy figyelemmel voltak a víz gyors lefolyására, ami főképp a ruha ráncvetésének alakításán jut erősen kifejezésre, megadva a gótstílus szobrok jellegét.

A legjobb habarcs az, mely megkeményedése után legközelebb áll a kő struktúrájához. Ezért nem szabad porozus követ cementhabarcsba helyezni. Hogy a cementhabarcsnak a kőfalazatban milyen rossz a hatása, arra már a kővek mállása okainak tárgyalásakor rámutattam. Vasat nem szabad a kőbe beereszteni, annak rozsdásodása térfogatnövekedéssel, azaz terjeszkedéssel jár, mi a követ széjjelrepereszt. A csapok és erősítőrudak vagy bronzból, vagy vörösréz-ből valók legyenek; beerősítésükre, hacsak lehet, ölmot használjunk; szintűgy a végződések, keresztörzsák vízszintes hézagjait is ólommal öntsük ki. Ezek a kővek a szél behatása alatt állandóan lökéseket kapnak, minek folytán a habarcs a széleken kitöredezik. Az Országházon majdnem az összes kisebb keresztörzsavégek hiányoznak. Valahányszor egy-egy varjú vagy galamb arra rászáll, de főképp, ha arról elrepül, a kőnek erős lökést ad. E kis lökések hatása alatt a mészhabarccsal odaerősített kővek, bárha bronzcsapokat is alkalmaztak, meg-

lazultak és végül elpusztultak. Mindazokat a nem vízszintes hézagokat, melyek felülről nem fedettek, okvetlen ólommal kell lezárni.

III. A kővek tartósságának mesterséges fokozása. (A kővek konzerválása.)

Az építőkővek tartósságának mesterséges növelése igen régi keletű törekvés. Az elmúlt évszázadok folyamán igen sokféleképpen iparkodtak a kővek mállását megakadályozni. A legkülönbözőbb konzerválószerkeket és eljárásokat találtak ki és alkalmazták. Arról persze nem lehet szó, hogy valamilyen szerrel, konzerváló anyaggal vagy kezeléssel a mállást teljesen meg lehessen szüntetni. Mindenkor csak a mállás lassításáról, a bomlás elodázásáról lehet szó.

Az ókorban az indus, a kisázsiai, az egyiptomi és a görög monumentális épületek mind színes festékekkel voltak átvonva. Nagyon közelfekvő az a gondolat, hogy ezzel az átfestéssel nem tisztán az épület hatásának fokozására céloztak, hanem általa egyszersmind a kőveket a légköri befolyások ellen is védő réteggel kívánták bevonni. Vitruvius említi, hogy a rómaiak a kőszobrokat Puniából hozott viaszkkal vonták be, vagyis itatták át. A középkorban is különféle anyagokkal és kezeléssel iparkodtak a kőveket tartósabbá tenni.

A francia katedrálisok homlokzatainak színezése is ezt a célt szolgálta. A párizsi katedrális homlokzatának csak a finoman faragott részletei voltak festve és ma már kimutatott tény, hogy az alkalmazott festékréteg a kővek mállását hátráltatta.

Möller István műegytemi tanár szerint Velencében a doge-palota építésének a XIII. századból való számadásaiban igen nagymennyiségű disznózsír elszámolásáról találtak feljegyzéseket. Eleinte azt hitték, hogy a munkások ételmeztésére kellett, hogy azt kommencióba kapták; egy helyen azonban úgy szól a feljegyzés, hogy *disznózsír a kővekhez*. Tehát nyilvánvaló, hogy a kőveket a víz behatolása ellen zsírral dörzsölték be. Guicciardini építész az 1567. évben, a löweni városháza építéséhez (1448—1459) használt avesnesi kőről feljegyz, hogy ez a könnyen megoldozható kő sajnálatosan igen likacsos, mincképpen folytán ha vízzel megtelik és megfagy, rétegekben hámlik, valamint nem keményedik meg a levegőn, mint más kő. Ez oknál fogva ott az volt a szokás, hogy a kőveket olajjal kenték be. Ennek a műemléknek kőveit 1829-ben megindult első helyreállításáig, tényleg időnként olajjal kezelték és valószínűen ennek köszönhető, hogy az épületnek a XV. századból való figurális díszei és finom aprólékos ornamentális részletei a mai napig is fennmaradtak. *Manikowsky* antwerpeni építész és restaurátor állítja, hogy a löweni városháza kőveinek olajjal való kezelése nem volt kivételes dolog, a kővek olajozása, méssztejjel való bevonása vagy befestése a középkorban gyakori volt, ezt *Viollet-de-Duc* is elismeri. *Manikowsky* összehasonlítva a kölni dóm eredeti régi részeit a löweni városházával, az elmállás nagy különbségeinek okát feltétlenül a löweni kővek olajjal való kezelésében látja.

A renaissance és barokk korban igen elterjedt a kőveknek olajfestékekkel való átvonása, különösen Németországban, ahol egyes vidékeken kivétel nélkül olajfestékekkel festették be a kőfaragványokat. Az az állítás, hogy az akkori mesterek nem ismerték volna fel a természetes kőfelületek szépségeit, nem helytálló. Ellentmond ennek a kor kiváló építészeinek magas fokon álló művészi ízlése, melyről éppen remek alkotásaik tanuszkodnak. A drezdai Zwinger építőjéről nem lehet feltételezni, hogy a finom kőfaragványoknak olajfestékekkel való befestésével az építmény szépségét kívánta volna emelni. Ez az elhatározás csakis abból a szándékból fakadhatott, hogy a kőveket az elmállás ellen akarta megvédeni. Magam is merem állítani, hogy a tiszta, egészen száraz kő, ha teljesen zárt olajfestékréteggel van körülzárva, feltétlenül maradandóbb, mint a be nem vont kő. A baj csak akkor kezdődik, ha vala-

honnan és valahol a kő belsejébe nedvesség hatol, ekkor áll elő a kőnek úgynevezett megfulladása, mert a víz nem tud a kőből párolgás útján kiszabadulni. Így volt ez a drezdai Zwingernél is, a légköri behatások folytán a festékréteg idővel egyes helyeken elpusztult vagy megrongálódott és ezeken a helyeken azután a víz behatolt. Ezért vetendő el minden olyan konzerváló anyag, mely a kő felületét teljesen elzárja és a víznek a kő belsejéből való elpárolgását meggátolja.

Hogy a köveknek olajfestékekkel való bevonása, ha a festékréteg mindenkor teljesen zárt, a követ megóvjá, arra példa az Ochs német építész által a *Denkmalspflege* című folyóiratban (1911, Heft 3) ismertetett eset. Magdeburgban a dómmal szemben, a téren három, a XVII. századból való, a város jellegéhez símuló épület áll, együttvéve igen jóhatású, egyöntetű csoportot alkotva. E három testvérépület is, mint az akkori időből való ottani épületek, mind olajfestékekkel volt átfestve és állapotuk igen jó volt. 1895-ben a középső épület homlokzatáról restaurálási szándékkal eltávolították az olajfestéket. E beavatkozás eredménye az volt, hogy azóta az épület homokkőhomlokzatának kövei erős mállásnak indultak s az épület már 15 év múlva igen megrongált állapotba jutott, míg a két testvérépület kövei az olajfesték védőrétege alatt változatlanul megmaradtak és a homlokzatok megtartották megszokott régi tökéletes állapotukat.

Az építőköveknek átfestés nélküli konzerválása iránti törekvés a múlt század végével, miután a szakemberek a század derekán a kő szabad természetes felületeinek megtartása mellett foglaltak állást, mindenütt erős lendülettel újból felújult. Minden országnak meg voltak a maga elfogadott és leginkább elterjedt konzerváló szerrei és eljárásai, melyek alkalmazása és elnevezése többnyire a feltalálók személyéhez és nevéhez fűződik. Franciaországban és onnan elterjedve egész Németországban Kessler, Clermont—Ferrandi francia vegyész által először készített fluátokat, vagy fluátsókat alkalmazták és alkalmazzák ma is mindenfelé. Ausztriában Kubelka (butschowitzi uradalmi alkalmazott) eljárása volt a leginkább elfogadott, Angliában Szerelmey magyar mérnöktiszt találmánya már 70 év óta a legelismerettebb és leginkább használt kőkonzerváló anyag. Ezt ma is Szerelmey név alatt gyártják és hozzák nagymennyiségben piacra. De ezeken kívül még számtalan más szer és eljárás ismeretes. Ilyen a *Testalin*, mit Hartmann és Hauer Hannoverben gyártanak, a *Zapon* kollodiuszerű anyag, a Barythdrát, a Pollux, a Siasic, különféle viaszkészítmények és még számos más konzerváló anyag.

A Kessler-féle fluátokról, vagyis fluátsókról, valamint a kövek fluatózásáról ezelőtt 25 évvel Nagy Dezső műegyetemi tanár a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet építési szakosztálya ülésén ismertető előadást tartott. Szerinte a Kessler-féle fluátok akkor, vagy mint szintelen kristályos sók, vagy folyadékok alakjában kerültek forgalomba és nem voltak egyebek, mint fluor-silíciumsavnak valamely fém oxidjával képezett sói. Legáltalánosabb volt a cinkfluát, a magnéziumfluát és a kettős fluát, mely utóbbi a cink és alumíniumfluátnak keveréke. Azóta persze ezeket a preparátumokat sokfelé még tökéletesíteni igyekeztek. Németországban, különösen Hauenschild vegyész-tanár foglalkozott sokat a fluátszerek tökéletesítésével. Tanulmányait 1913-ban könyv alakjában ki is adta: *Die Kesslerschen Fluats* címmel. Neve alatt Hamburgban részvénytársaság alakult ily kőkonzerváló szerek gyártására. Újabban *Lithurin* név alatt hoznak forgalomba ily fluátkészítményt, melyet az általuk terjesztett elismerőlevelek szerint, mindenfelé, mint hatásos szert tartanak számon. Magam is az Országháza helyreállítási munkáihoz a puhább köveknél alkalmaztam. Legutóbb azonban volt alkalmam számos oly követ is megvizsgálni, melyet 15—20 év előtt ily fluátkezelésnek vetettek alá. Az elért eredményekről nem sok jót tudok mondani. Az ősszel Möller tanárral és Schulek építésszel együtt megvizsgáltuk a Mátyás-templom tornyán 20 év előtt fluáttal impregnált

köveket és a fluatózásnak semmi számottevő jótékony hatását megállapítani nem tudtuk. Hogy ez a szer a gyakorlatban nem válik be, igazolja azt a feltevésemet, hogy a légköri befolyások és azokkal együtt a fagyás is, az évek hosszú során át az épületek köveit mégis egészen másképp támadják meg, mint ahogy laboratóriumokban végzett gyorsított kísérletek alapján azt elképzelik.

Annak idején Nagy Dezső által végzett vizsgálatok és kísérletek, melyek meglepő jó eredményt említett előadásában ismertetett. Ő a fluátsók hatásait két kőnemen próbálta ki, és pedig a szentmargittai durva mészkövön és a kolozsmonostori mészkövön. Háromféle fluátsóoldatot alkalmazott: magnéziafluátot, úgynevezett kettős fluátot és cinkfluátot. Mindegyikkel 28 darab 12 cm oldalhosszú szentmargittai kőből faragott kockát itatott át és szárított ki utána teljesen, azonkívül vett ezekhez még 28 darab természetes állapotú szentmargittai kőköcskét is. Ezen 112 kocka egy részét szárazon, egy részét szivattyúzás útján vízzel telített állapotban, más részét pedig 25-szörös fagyasztás után szintén szárazon és vízzel telítve összehasonlított.

A kísérlet eredményeinek átlagértékeit a 2. és 3. táblázat adja.

2. tábl. A fluatózás hatása.

Term. áll.		Cinkfluát		Kettősfluát		Magnéziaflu.	
száraz	nedves	száraz	nedves	száraz	nedves	száraz	nedves
109·0	86·7	151·1	120·7	148·1	118·2	132·2	101·5
Szilárdságnövekedés %-ban		37·5	39·2	34·8	36·3	20·3	17·1

3. tábl. A fluatózás hatása 25-szörös fagyasztás után.

Term. áll.		Cinkfluát		Kettősfluát		Magnéziaflu.	
száraz	nedves	száraz	nedves	száraz	nedves	száraz	nedves
81·2*	63·4*	126·2	92·0	a fele elrepedt			
Szilárdságnövekedés %-ban		55·4	44·9	—	—	—	—

* Nagy része elrepedt.

Az első táblázat arról számol be, hogy a kőnemen szilárdsága fluatózás által mind száraz, mind nedves állapotban erősen nő.

A 25-szörös fagyasztás alatt a természetes állapotban levő kövek a kettős fluáttal és a magnéziafluáttal kezelt kövek nagyrésze elrepedt, de a fluáttal kezelt elrepedt kövek részei is, Nagy Dezső szerint, szilárdabbak voltak, mint a nem fluátozott kövek részei. A cinkfluáttal kezelt és fagyasztott kövek mindannyian épek maradtak, sem sarkaik, sem éleik a legkisebb lefagyást sem mutatták.

A kolozsmonostori köveken eszközölt hasonló kísérletek eredményeit a 4. táblázat tárja elénk.

(E kísérletnél a vízfelvevőképességet is megmérték).

4. tábl. Fluatózás hatása k. monostori köre.

		Term. állapot		Magnéziafl.		Cinkfl.		Kettősf.	
		vízfelv. %	tör. hat. kg/cm ²	vízfelv. %	tör. hat. kg/cm ²	vízfelv. %	tör. hat. kg/cm ²	vízfelv. %	tör. hat. kg/cm ²
Szár az		—	340	—	374	—	347	—	348
Nedves		10·3	283	10·5	300	9·5	285	9·8	271
25-szörös fagyasztás után	nedv. száraz	—	elf.	—	355	—	299	—	340
		10·6	elf.	10·3	261	10·0	264	9·7	234

A táblázat adataiból azt látjuk, hogy a fluatózás ennél az arányra tömörebb és szilárdabb kőnemnél a szilárdságot is, bár kisebb mértékben, de határozottan fokozta, a faóvállóságot azonban igen hatásosan emelte, amennyiben a nem fluatózott mintadarabok mind elfagytak, a fluatózott kövek közül pedig csak a kettős fluáttal kezelt egyes daraboknak felületén mutatkozott némi lehámlás, a többiek pedig a 25-szörös fagyasztás ellenére teljesen épen maradtak.

Nagy Dezső tanár ezek alapján kijelentette, hogy az általa megvizsgált két, különben nem fagyálló kőnem fluatózás által fagyállóná tehető és így azok használható építőanyagokká változtathatók.

E kijelentés laboratóriumi kísérletek nyomán, a gyorsított fagypróbák eredményeire támaszkodott, a légköri befolyások figyelmen kívül hagyásával. Amellett a fluatózást olyképen végezték, hogy a mintadarabokat teljesen bele fektették a fluátoldatba, mely eljárás építkezésen alig viheto keresztül.

A húszéves tapasztalat ezt a megállapítást nem igazolta.

A fluatózás keresztülvitelére vonatkozóan Nagy Dezső tanár a következőket mondotta:

Oly esetben, midőn a kő teljesen szabadon, párkány védelme nélkül alkalmaztatik, amidőn tehát az a felülről jövő víz behatásának a legnagyobb mértékben ki van téve, a fluatózásnak is intenzívebbnek kell lennie, mint egyébként.

Ily alkalmazás esetén a leghelyesebb az az eljárás, hogy a puha kőzetből, aránylag csekély költséggel kifaragott köveket a beépítés előtt teljes beiktatás után fluatózzuk és pedig oly módon, hogy a fluatózandó darabokat e célra alkalmas, hermetikusan elzárható kazánba helyezzük és abba léghijás tér előállítás után a fluátoldatot bocsátjuk be, mely így a kő összes üregeit teljesen kitölti, tehát a követ tökéletesen átitatja.

Az esetben, amidőn a kő többé vagy kevésbé síma felületű és párkány által védett függőleges falat alkot, elégséges annak csak a felületét fluatózni. Az így beépített kő a nedvességet csakis oldalról kapja. A reácsapódott eső vizének nagy része lefolyik és csakis aránylag kis része hatol be a kőbe. Ezen beszívódás megakadályozása, valamint a behatolt nedvesség káros következményének meggátlása képezi a felületi fluatózás célját, melyet olyképen eszközölünk, hogy a lemosott és ismét megszáritott falfelületre a fluátoldatot ecsettel felkenjük. A felkenést célszerű többször ismételni és pedig kezdetben igen híg és később sűrűbb oldattal.

A fluátoldat ugyanis olyformán alakítja át a kő felületét, hogy a fluorisilícium fémsó a kő szénsavas meszére hatván, ott silíciumdioxid és fémdioxid kiválásával fluorsavas meszet képez, a szénsav pedig elillan. Hogy ez az elillanás ne történjék felette nagy erővel, — ami annak volna okozója, hogy a kiváló fémsó és a silícium a kövek hézagaiból kitolódna, úgyhogy az azt ennek folytán nem tömöríthetné — ezért használjuk a híg oldatot.

A fluatózással a kő felületén fluorsavas mésszé alakult meszet, a csapadékvizek már fel nem oldják, az keményebb is, mint a szénsavas mesz, tehát minden tekintetben ellenállóbb.

A fluatózott puha mészkövek felülete gyenge savak behatása alatt nem pezseg, késsel alig karcolható, mert sokkal keményebb lett. A felületen védőréteg képződik, de nem mint különváló kéreg, hanem oly réteg, mely lassan megy át az eredeti anyagba, amiért is az onnan nem válik le, hanem megóvjá a kövek épségét.

Minthogy Nagy Dezső ismertetései és útbaigazításai 25 évvel ezelőtt hangzottak el és a forgalomba kerülő fluátszerek az azóta tökéletesítették és számos újabb kőkonzerváló szert és eljárást találtak ki, a szerek kémiai összetételeit viszont titokban tartják, a szakirodalom újabb adatai alapján kívánom ismertetni a most használatban levő ismertebb szereket.

Pollák Vince osztrák mérnök és tanár, aki kimerítően

foglalkozik a kövek konzerválásának módjaival, 1923-ban kiadott könyvében a fluátsókról a következőket mondja:

A fluátsók, vagy fluátszilikátok a silíciumfluorhidrogénsavak sói. A magnéziumfluát a kalciumkarbonáttal egyesülve elillanó szénsav képzése mellett, a kövek felszínén lerakódó oldhatlan magnéziumfluoridot és kovasavat alkot. Homokköveknél, melyek meszet nem tartalmaznak és amelyeket ezért előzőleg az avantfluáttal kell kezelni, a kövek anyagát olyképen alakítják át, hogy a felületeken oldhatlan kryolit és kovasav képződik. A fluatózás a kő keménységének fokozása mellett a pórusait kisebbiti, minek folytán gátolja a víz behatolását és így csökkenti a légköri káros behatásokat.³

A *testalin* két folyadékból áll. A követ először az egyikkel, mely zsírsavas nátronoldat, kell bekenni, megszáradás után a másikkal, mely ecetsavas alumínium-oldat (essigsäure Tonerde). A zsírsavas nátron és az ecetsavas alumínium vegyületéből oldhatlan alumíniumszappan és ecetsavalkali keletkezik, mely utóbbit le kell öblíteni.

A *zapon* kolloidumszerű anyag, vagyis nitrocellulóz-oldat. Az oldóanyag elpárolgása után a zapon, mint vékony, átlátszó hártya a kőre tapad. Hátránya, hogy az esőcseppek mechanikai hatása folytán leválik és így a kezelés sűrűn megújítandó, miért is inkább csak emlékművek konzerválására alkalmas.

Kubelka kőkonzerváló eljárása Max Setz bécsi építész és főmérnök leírása szerint a következő:

A kezelésre szoruló követ előzőn teljesen le kell tisztítani, minden zsíros anyagtól meg kell szabadítani, úgy, hogy a pórusok szabadok legyenek. A hiányzó részek kiegészítendőek friss portlandcementből, mosott éles kvarchomokból és egy rész kálivízüvegéből, valamint 5—7 rész lágyvízből álló oldattal kevert vakolattal. A beeresztésre csak a teljes kiszáradás után kerülhet sor.

A kezelésre szoruló követ nyáron, jó időben, de nem napsütésben, először vízben oldott kálivízüveggel és teljes száradás után olvasztott klórkalcium-oldattal kell beitatni. Ha az első itatás után eső éri a követ, akkor azt tisztára le kell mosni és újból beitatni; ha azonban a követ csak az olvasztott klórkalciummal való impregnálás megtörténte után éri eső, akkor a lemosás már nem szükséges.

A kezelés folytán a pórusokban a klórkalcium és kovasavas nátron egymásrahatásából oldhatlan kovasavas mesz rakódik le, míg a képződő oldható klór-nátriumot az esővíz elmosa.

Angliában általánosan használt *Szerelmey* konzerváló anyagnak már százéves múltja van. Feltalálója, Szerelmey, magyar ember volt. Mint az osztrák hadsereg mérnökkari tisztje, 1829-ben megbízást kapott, hogy Olaszországban a várfalak szárazzáttételét tanulmányozza. Hosszú tanulmány és kísérletezés után 1841-ben visszatérve, munkásságának eredményeképpen magával hozta az azóta neve alatt ismeretes eljárást. Tanulmányait a katonaságnál nedves kazematták szárazzáttételére használták. Oly helyiségek, melyeknek nedvessége folytán a bent lakó katonák állandóan lázas betegek voltak, Szerelmey eljárásának alkalmazásával teljesen egészséges lakóhelyiségekké váltak.

1855-ben Londonban, az akkor még egészen új parlamenti épület kövein erős mállási folyamatot észleltek. Szerelmey (akkor már mérnökkari ezredes) kiment

³ Néhai Nagy Dezső műgyetemi tanárnak 25 évvel ezelőtt felállított azt a tételét, hogy fluatózás által puha, tehát könnyen és így olcsón megfaragható köveket fagyállóná, tehát egyszersmind tartóssá tehetünk, ma teljességgel nem fogadhatjuk el. A fluátsók alkalmazása Budapesten nem vált be. Meglehet, hogyha szigorúan követve utasításait, minden egyes követ e célra szerkesztett, hermetikusan elzárható kazánba helyezve, a fluátsóoldatot légüres tér előállítás után, a kőbe bocsátva csinálnók meg az átitatást, talán jóval nagyobb eredményeket érhetnénk el. Az ily komplikált eljárás keresztülvitelére azonban kétséges teszi azokat a takarékosági előnyöket, amelyeket az idomoknak puha kőbe való faragása nyújthat.

Angliába és tanulmányát felajánlotta az angol kormánynak. Az illetékes hatóságok először tartózkodóan fogadták az idegenből jött feltalálót. A nagyszabású új parlamenti épület köveinek pusztulása felkeltette általános érdeklődés folytán akkoriban nagyszámúban ajánlották a legkülönbözőbb konzerválószerkeket. A közmunkák ügyosztálya erre a legmegfelelőbb szer és eljárás kiválasztására bizottságot küldött ki.

A bizottság tagjai voltak: Sir *Faraday* egyetemi tanár, Sir *Roderick Murchison*, a földrajzi társaság elnöke és Sir *Charles Barry*, a parlament építésze.

A bizottság ezirányú munkássága két évet vett igénybe és eredménye *Szerelmey* szerének elfogadása volt.

Ezek után az épület nagyrészt ezzel a szerrel vették kezelés alá. A munkálatok befejezése után 15 évvel, 1872-ben *Mister Ayrton*, a közmunkák tanácsa nevében jelentette a parlamentben, hogy *Szerelmey* eljárása, minden kétséget kizáróan, a sok ajánlott konzerváló szer között a legjobb volt.

1925-ben a parlament épületén végzett vizsgálatok is igazolták, hogy mindazon részek, melyek *Szerelmey*-vel voltak kezelve, sokkal jobb állapotban vannak, mint a nem kezelt részek. Természetesen az eredmény nem volt mindenütt egyforma és bár a szer használata nem volt teljesen hatástalan, az első 20 év alatt sok szép eredmény mellett voltak oly esetek is, ahol a konzervált kövek állandósága nem volt kielégítő. Ezért kíváncsi volt, hogy további újabb kísérletekkel a készítményt tökéletesítsék. A gyártást egy angol társaság vette a kezébe és az első 20 év tapasztalataira támaszkodva, a tudomány haladásával lépést tartva a konzerváló szert tökéletesítette és 1876-ban *Szerelmey stone liquid 101* (*Szerelmey kőfolyadék 101*) név alatt bocsátotta piacra. A szer kémiai összetételét a *Szerelmey Limited London* részvénytársaság természetesen titokban tartja.

Az egyes kőkonzerváló szerek értékének és gyakorlati használhatóságának megállapítása céljából a külföldön igen sok helyen, részint már itt nálunk a fluátsókkal 25 évvel ezelőtt Nagy Dezső műegyetemi tanár által végzett mesterséges és gyorsított eljárásokkal, részint természetes mállási kísérletekkel, a szereket és különböző eljárásokat hivatalos vizsgálat alá veszik.

Szászországban még a múlt század végén, a Műemlékeket Gondozó Bizottság kezdeményezésére, a belügyminisztérium annak tanulmányozására, hogy miképpen lehet az építőkövek gyors pusztulását megakadályozni, bizottságot küldött ki. A bizottság elnöke: *Kayser* tanár, az anyagvizsgáló intézet főnöke, tagok: *Diez* tanár, szobrász, *Gurlitt*, *Hempel*, *Heyn*, *Richter* és *Temper* építészek.

Németországban a porosz közmunkaügyi minisztérium által alakított bizottság ellenőrzése mellett 1911 óta többnyire az anyagok gyárosai által impregnált legkülönbözőbb konzerválóanyagokkal 1257 mintaködarab van az ország különböző helyein a légköri behatásoknak kitéve. Így Berlinben, Kölnben, Hamburgban, Schleswigben, Münchenben, Stuttgartban, Karlsruheban, Heidelbergben és a Wartburgban.

A kísérleteket dr. *Rathgen* tanár, a berlini múzeumok vegyészje vezeti, ki a megfigyelésekről időnkint jelentéseket tesz közzé.

A második jelentésben a *Szerelmey*-vel itatott kövekről azt mondja, hogy az impregnálás után sötétedtek, a később már feketedő kövek azonban két év múlva újból világosabbak lettek és négy évvel rá még inkább világosodtak, míg a fluáttal kezelt kövek inkább sötétebbek lettek. *Szerelmey* hatását mészköveknél, a méhviaszemulzióit márványnál igen kielégítőnek találta. De már a harmadik és negyedik évben a márványokon mutatkozó fokozott súlyveszteségek alapján a jelentés igen sürgősnek mondja ki azt, hogy Berlin márványemlékeit minden második évben méhviaszemulzióval kell bevonni.

A negyedik jelentésben már határozottan kiemeli, hogy a *Szerelmey*-átítás mészköveknél feltétlenül be-

vált. *Szerelmey*-vel átitatott kőminták súlyveszteségei sokkal kisebbek a konzerváló anyagokkal nem kezelt mintadarabok súlyveszteségeinél. A testalinnal kezelt daraboknál is észlelt jó hatást, de nem abban a mértékben; a fluátokról nem nyilatkozik.

A kísérleteket 1919-ben még számos újabb konzerválóanyagra kiterjesztették. Így barythydrátra, az angol siasic-kezelésre, mely különösen a mészkövek felületeit kémiai értelemben erősen átalakítja, és a polluxra.

A későbbi jelentések szerint, míg Kölnben a fluátok és a testalin jó eredményeket mutattak fel és a *Szerelmey* kevésbé, addig a Berlinben végzett kísérleteknél a paraffin-kezelések váltak be és a fluátok meg a testalin teljesen hatástalanok voltak. Márványoknál a fluátkezelések határozottan hátrányosak voltak, azoknál leginkább a viaszkezelés mutatott fel jó hatást.

Jó eredményeket adtak még általában alkalmazásukkor a barythydrátok, a pollux és a siasic. Ezek a kísérletek még folytatódnak és a szakörök az összefoglaló jelentéseket érdeklődéssel várják.

Az eddigi eredményekből azt látjuk, hogy feltétlenül előnyös a puha köveknek konzerválóanyaggal való kezelése, arra azonban, hogy nálunk hol, melyik kőnemen, milyen konzerválóanyag a legmegfelelőbb, megbízható kísérletek híján ma még határozottsággal feleletet adni nem lehet.

A kőkonzerválás tárgyában Angliában kifejtett munkásságról *Hans Hörmann* müncheni építész számol be részletesen az 1927. évben az angol műemlékvédelem és építőkővédelem tanulmányozása céljából tett tanulmányútja eredményeiről kiadott jelentésében.

Jelentésének egyik igen érdekes része az, mely az angol parlament épületének szükséges, nagyszabású újabb helyreállítási munkálataival kapcsolatosan foglalkozik az ott alkalmazandó anyag kiválasztásával. A tervbe vett munkálatok költségét 1,062.350 angol fontra, azaz 29,640.000 pengőre becsüli. Ez névértékben körülbelül az eredeti építési költségnek fele. Azokat az indítványokat, melyek műkövet és terrakottát hoztak javaslatba, a leghatározottabban visszautasították. A műkövet, mint oda nem illő, holt, gépiesen előállított tömeget még szobroknál sem engedik alkalmazni. A terrakottát pedig, minthogy anyaga a természetes kő struktúrájától még inkább eltér, szintén elvetették.

Az angol műszaki tudományok ügyosztályának (Departments) épületismereti szakosztálya 1922-ben a kövek mállásának és konzerválásának tanulmányozása céljából bizottságot alakított, melynek feladata az, hogy a szakosztályt az építőkövek tartósságát fokozó, leginkább bevált szerekről és eljárásokról rendszeresen értesítse. E bizottság először kisebb mintafalakat akart felépíteni és azokon az egyes konzerválóanyagokat kipróbálni. Ezt a gondolatot azonban később elejtették s most ott is, úgy, mint Németországban, bár kevesebb tudományos precizitással, kőmintadarabokkal végzik a kísérleteket. Ők függetlenítették magukat az iparszerűen gyártott, összetételeikben titokban tartott preparátumoktól.

Huszonnégy kísérleti ködarabon hatféle anyag hatását vizsgálják. Ezek a

1. paraffinviasz,
2. nátriumszilikát,
3. telített báriumhidroxid-oldat,
4. telített báriumhidroxid-oldat és arzénos sav együttes használva,
5. alkoholban oldott kovasavester,
6. a cink és magnézium szilícium, fluorhidrogénsavas sóinak oldatai.

A mintadarabokat 1926-ban tették ki egyik középület tetején a légköri behatásoknak és azóta figyelik elváltozásukat. A konzerváló anyagokkal 24 órás időközöket tartva, mindenkor háromszor eresztették be a mintadarabokat. Ezekkel a kísérletekkel párhuzamosan azonban laboratóriumban is végeznek ily impregnált mintadarabokkal gyorsított kísérleteket. *Hörmann* ezekre a laboratóriumi kísérletekre azt mondja, hogy legfeljebb a kezdő ellentállóképességre vonatkozóan ad-

nak felvilágosítást, de szerinte nem lehet szó arról, hogy ezen az úton az atmoszfériák évtizedes befolyására következtetni lehessen.

Állítását túlzottnak tartom. A kísérletek eredményeiből azonban minden esetre, ha nem is lehet precíz megállapításokat a légkörben való viselkedésre levonni, de következtetéseket feltétlen igen.

Hörmann ezeken kívül érintkezést keresett a konzerválóanyagok gyárosaival is és bőven beszámol a Szerelmey részvénytársaságnak az építőkömentés (Steinhardtung) terén elért sikereiről.

Felsorolja a Szerelmey-társaság felállította azt a hat feltételt, melyeknek a jó konzerváló szernek meg kell felelnie és melyek mindegyikének, a társaság állítása szerint gyártmányuk meg is felel.

1. A víznek távoltartása legyen állandóan egyforma, tehát a kezelés folytán képződő védőanyag ne legyen oldható, mely követelménynek a fluátok nem felelnek meg teljesen.

2. A védőanyag ne képezhesse a levegővel, vagy a levegő tartalmazta anyagokkal vegyületeket.

3. A szer ne változtassa a kő felületének se színét, se strukturáját.

4. A szernek nem szabad a kövek pórusait teljesen elzárnia.

5. A szernek mélyen kell a kőbe behatolnia, mert tisztán csak a külső felületen lerakodva, hatása nem lehet állandó.

6. A szernek nem szabad sem tűzveszélyesnek, sem pedig nagyon drágának lennie.

Igen érdekes Hörmann jelentésének az a része, melyet *Építészeti gyakorlati tapasztalatai* címen közöl. Ebben első helyen az angol *Műemlékek Fenntartását Célzó Társaságnak* a kővédelem tárgyában szerzett tapasztalatairól ír. Szerinte a társaságban feltétlenül előbbre helyezik a kövek mechanikai, felületi védelmét a kémiai szereknél. Ők a legjobb eredményeket mindenkor mésztejjel érték el. A mésztej a kő színét alig változtatja, de a kő felületének keménységét tetemesen fokozza. Kevés festék hozzáadásával mindenkor a régi színhez lehet alkalmazkodni. A felületet kétszer tiszta mésztejjel és harmadszor színezett oldattal kell átfesteni. A követ azonban előzően egészen egészséges anyagáig le kell tisztítani. Nagy szerepet tulajdonít a társaság a mésztej összetételének és a kezelés gondos keresztülvitelének, miért is az oldat elkészítésére és alkalmazására részletes utasítást ad, melyet nyomtatványban tesz közzé. Ennek az utasításnak magyar fordítása a következő:

A mésztej, mint konzerváló szer.

A Londoni Műemlékvédelmi Társaság szakbizottsága által kiadott útbaigazítás.

A mésznek frissen égetett, nagy darabokból állónak kell lennie. Legmegfelelőbb a Wakeley-mész, mert annak világos kőszíne van, minek folytán a legtöbb esetben feleslegessé válik külön színezése, mely mindenkor csökkenti a beszívódást és a célzott eredményt. A színezést célszerű az utolsó mészréteg felrakása után elvégezni, amikor is az, ha tényleg szükséges, könnyen elérhető száraz festék, vagy festékporbedörzsölésével, avagy kefével.

Wakeley-mészet I. F. Rippon Comp. mészkereskedő cég Queen Street, Petersborough tetszésszerű kis mennyiségekben szállítja. A megrendelésnél célszerű hangsúlyozni, hogy frissen égetett darabok küldendők, mert azok kémiai hatása jobb. Ha a legkisebb mennyiséget el akarjuk készíteni, vegyünk közönséges 3 gallos házi vedret (kb. 12 liter), ebbe tegyünk egy vagy két darab száraz meszet, körülbelül 2 fontot (inkább kevesebbet, mint többet), egy negyed font törött kőszót, erre öntsünk egy negyed vödör (kb. 3 liter) forró vizet. Ha a víz a mészdarabokat feloldotta, egy percig erősen forni fog. Ezután még egy kevés víz hozzáadásával kavargatjuk fel az egészet jól, utána hagyjuk egy percig állni, míg a mész teljesen oltott állapotba kerül, végre töltjük meg egészen a vödört forró vízzel, hogy

az oldat összesen 12 liter legyen. Az oldat így használatra készen körülbelül olyan híg legyen, mint a szedett tej. Az oltáshoz azért kell forró vizet venni, mert ezzel a meleg még fokozódik, ami az oldást teljessé teszi, és a meszelés mélyrehatását fokozza. Ha a mész a vederben nem forr fel, úgy kiöntendő és más két darab veendő.

Az építők első lekefézése után dörzsöljük be a mészoldatot könnyen és huzamosan közönséges súrolókefével. Némelyik kő igen tetemes mennyiség oldatot tud magába venni. Az első bedörzsölésnél igen fontos, hogy a kő tényleg telítve legyen mészvízzel, miért is annak nagyon huzamosnak kell lennie, hogy az oldat a kő minden pórusába behatoljon. Ha az első beeresztés teljesen megszáradt, ismételjük meg még egyszer és utána harmadszor is. A bedörzsölés alaposságának fontosságát nem lehet eléggé hangsúlyozni. Hogy tényleg jó legyen, ahhoz idő kell, türelem, ügyesség és kemény munka. A kő előzőleg átlagosan száraz legyen, mert akkor legnagyobb a felvevőképessége. Igen meleg időben és napsütésben azt fogjuk tapasztalni, hogy a felületi párolgás túlságosan gyors.

Célszerű még néhány szóval rámutatni arra is, hogyan kell régi töredezett falrészeket a mészkezeléshez előkészíteni. Minden kísérlet, mely a laza hámlásokat és a homokos tömegeket eredeti helyükön megkeményíteni és rögzíteni igyekszik, mint ahogy némely kémiai eljárásnál befeccskendezéssel megkísérlik, a bajt még csak fokozza. Szintúgy nem eredményes ily elmállott részeknél a mészoldattal való befeccskendezés sem. Ha attól lehet tartani, hogy egy előző lekefézés folytán oly részek is lesodródhatnak, amelyek még fenntarthatók lettek volna, célszerű az oldatot előzetes lekefézés nélkül közvetlenül igen hígán a jelzett módon bedörzsölni (?). Lényeges gyakorlattal és tapasztalattal oda juthatunk, hogy minden egyes esetben meg tudjuk állapítani, mily mélyre kell az első kefével hatolnunk, mert gyakran porhanyós felületek az első beeresztés után egészen megkeményednek és ha teljesen megszáradtak, a második bedörzsölés már könnyen végezhető. Célravezető módszer a piszok és por lekefézése után a kő felszínét óvatosan kézzel vagy ronggyal ledörzsölni. Ezáltal általában minden eltávolítandó lekerül és amennyire a szóval adott utasítás azt lehetővé teszi, a kő előkészítésének helyes határa a legkönnyebben betartható.

Ha ezzel a mészkezelés mikénti keresztülvitelének lényegesebb részében meg is adtuk, ismételtelen rá kell utalnunk arra, hogy sokszor hosszú ideig tartó, igen keserves dolog, míg ezt a munkát jól el tudjuk végeztetni és sok embert lehetetlen odáig vinni, hogy ezt az egyszerű dolgot a kellő komolysággal és odaadással elvégezze. De a mészkezelés lelkiismeretesen elkészítve sokkal több, mint egy körre rakott védőréteg. A kő a meszet magába szívja, az onnan többé el nem távolítható és a követ keményebbé teszi. Valamely teljesen porhanyóssá vált felületnél, ahol a hámlás már erősen megindult, persze túlsókat nem szabad várni az első kezeléstől. Azonban a másodszori kezelés és egy pár év múlva a harmadszori, a gyógyulás menetét hathatósan elő fogja mozdítani.

Az első kezelés utáni külső képen, különösen ha az nagyobb darabon egyszerre történt, egy kissé meg fogunk akadni; de a tapasztalat mutatja, hogy a kő természetes színe hamarosan keresztülvit megint és az eredeti stuktura, valamint a szabálytalanságok, melyek az anyagnak életet adnak, újból előtűnnek.

Hörmann a társaság titkárának vezetésével egész sor ily mészkezelésnek alávetett műemléket tekintett meg és jelentésében számos igen szép eredményről tanúsító példát sorol fel. Így az Exeteri Guildballt említi, mely 1900-ban igen rossz állapotban volt. Mészköveibe zsebkéssel $\frac{1}{2}$ —1 coll mélységig lehetett beleszúrni. Kétszeri mészoldatkezelés után még szilárd a felület ma is.

A Stratfordi Ham-Church hámlásnak indult homokköveit 1904-ben kezelték így. Azóta állapota kifogás-

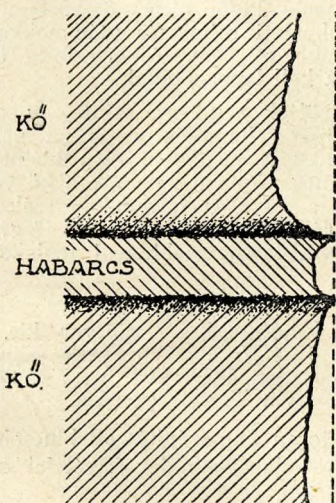
talán. Megállapítást nyert, hogy a középkorban igen sok helyen a köréseket elkészítésük után, az állványok eltávolítása előtt ugyan így híg mészdattal dörzsölték be, minek nyomait számos angol műemléken még ma is látni lehet.

De ezeknek a példának és a társaság meggyőző kiadványainak ellenére még Angliában is ellenzik egyesek ezt az eljárást. Maga Hörmann is beismeri, hogy oly eseteket is látott, melyeknél a kezelés több kárt okozott, mint hasznot. Beismeri azonban, hogy azok valószínűen a szakszerűtlen keresztülvitel eredményei.

Mr. Noel Heaton a mészkezelés alkalmazását nem annyira a régi építmények már mállásnak indult kövein látja helyesnek, mint inkább az új köveken, ahogy azt a középkorban is tették.

Legkívánatosabb az volna, ha a magyar Műemlékek Országos Bizottsága az ország egyik műemlékén, ezt a műemlékek fenntartása szempontjából fontos eljárást minden vonatkozásában kipróbálná, vagy alkalmat és módot adna arra, hogy ez az Angliában, mint látjuk, igen jónak és eredményesnek elismert kezelés a mi építőköveinken, a mi éghajlati viszonyaink mellett végzett kísérletek útján kitapasztalható legyen.

Kis területen magam is végeztem kísérletként ily kezelést, de nagyobb szabású, hosszabb ideig tartó vizs-



23. ábra. Mészhabarcs hatása a kőre.

gálat és tapasztalat nélkül nem merném az Országházat így bemeszelni, mert igen is áll, amit az idézett angol utasításban is elismernek, hogy az így kezelt részek első kinézésén meg lehet akadni; azok olyan fehérek lesznek, mint a bemeszelt fal.

Hogy a kő mésszel érintkezve, illetve mésztejjel átitatva mennyire megkeményszik, arra igen tanulságos példákat láthatunk az Országháza számos helyén. A homokos mészkövek (biai kő) ott igen kövér mészhabarcscsal vannak egymáshoz illesztve. Harmincéves fennállása után a vízszintes hézagokon keresztül elgondolt függőleges metszet a 23. ábrán feltüntetett rajzot adja. A habarcsréteg két oldalán a kő kérge 2—3 mm vastagságban annyira kemény, hogy most, miután mind a kő, mind a habarcs szabad felületei elmállottak és az eredeti felsíkból már szélső anyagrészecskéik lehullása folytán beljebb húzódtak, akkor a köveknek a mésszel érintkezésbe jött kérgei, mintegy a habarcstól közrefogott két lemez, az eredeti falsíkjáig kiállanak a fal mai felületéből. E jelenség oly feltűnő, hogy a szemlélőnek beható vizsgálat nélkül sok helyen az a benyomása, mintha a habarcs két fémlemez között feküdne.

Végül rá akarok mutatni azokra a biztató eredményekre, melyeket Möller István műegyetemi tanár, kőnek a kőkonzerválás terén évtizedes tapasztalatai vannak, legutóbb kipróbált saját készítményű konzerválószerével és eljárásával elért. Alkalmam volt útbaigazí-

tásai mellett teljes részletességgel azokat a kísérleteket, vagyis helyesebben mondva, konzerválási munkálatokat tanulmányozni, melyeket Möller tanár a pécsi székes-egyházon végzett. Az ő szere főképp paraffinból áll. A konzerváló folyadékot permetezőgépből, vagy szivattyúból nagy nyomással egészen közelről a kőre fecskendezi, hogy a szer mentül mélyebben hatoljon be a kőbe. E befecskendezést háromszor is megismétli és pedig mindenkor a teljes száradás után. Az impregnálásnak a nyári hónapokban, száraz időben, kell történnie, olyankor, amikor a kő meleg. Ha a kő nem elég meleg, akkor azt előzően faszéntűzzel, parázssal, vagy forrasztólámpával melegíteni kell; mindenkor a legjobb azonban a ráfűző nap melege. A kőnek amellet teljesen tisztának (tehát jól letisztított) és száraznak kell lennie. A szer hamar megszárad, úgyhogy nyáron, ha az első befecskendezés kora délelőtt történt, a második már aznap délután és a harmadik másnap délelőtt végezhető. A kezelés a kő külső kérgének összes részecskéit finom paraffinréteggel vonja be, anélkül, hogy pórusait elzárná. A paraffin rendkívül állandó anyag, állandósága messze felülmúlja az olajok, kátrányok és más zsíradékok anyagait, amellet a zsíradékok ama tulajdonságaival rendelkezik, hogy a vizet magától távol tartja. A víz, ha paraffinnal érintkezésbe jön, összehúzódik és gyöngyöket képez, elveszíti híg terjedőképeségét és bár nyitott, de paraffinnal körülfogott pórusokba nem tud behatolni.

A kezelés költsége aránylag kevés. A pécsi székes-egyházon végzett munkáknál 1 m² kőfal kezelési költsége jóval két pengőn alul marad. A költségeket magasabb helyeken az állvány készítése némiképp megdrágítja; de a kezelés függőállványról is végezhető.

A Szeremley Rt. állította fel azt a helyes tételt, hogy az ideális konzerválóanyag az, amely a vizet a kőbe nem eresztí, azonban a kőben bent lévő vizet ki-eresztí. Beismeri azt is, hogy még az ő szerük sem tud teljes tökéletességgel megfelelni eme feltételeknek. A víz mindig folyadék alakjában hatol be a kőbe és gőz, vagy gáz alakjában, párolgás útján hagyja el azt. Möller tanár eljárásával impregnált kő felületén a paraffin a cseppfolyós vizet, főképp az esővizet nem bocsátja be, viszont azonban kiengedi a kő belsejéből a vízgőzt, mely a párolgás folytán ott bizonyos nyomás alatt van. Amellet ez a kezelés nem alkot a kő felületén kemény kérget, mi a legtöbb szernek nagy hibája, mert a kő mállását sohasem a külső kéreg keménysége fogja feltartóztatni, ha mögötte a kő nedvességet kap. A pécsi dóm impregnált köveit Möller tanárral kítettük víznek, melegnek, tűznek (forrasztólámpa), a paraffinréteg változatlan maradt. A nagy melegtől legfeljebb még beljebb húzódik a paraffin, de nem illan el a kőről.

Az Országháza helyreállítási munkálatainál a sok tanulmány, kísérletezés és nyert tapasztalatok után ma ezt a konzerválási módozatot alkalmazom. Möller tanár az általa végzett kísérleteket és a szer összeállítására iránti tanulmányait még nem tekinti teljesen befejezettnek. Ezért eljárásának részletes ismertetését még nem tartja időszerűnek. Az Országházán végzett munkák is még csak kísérletnek minősíthetők, de igyekezni fogok néhány év múlva az elért eredményekről a szaköröknek beszámolni.

*

Hogy az ismertetett sokféle kőkonzerválószernek valamilye a mi puha köveink mállását tényleg annyira meggátolni tudná, hogy exponált helyen is feltétlenül kielégítően ellenállának a pusztulásnak, arra vonatkozóan még kellő időre alapított tapasztalat és megfelelő kísérletek híján ma még felelni nem lehet. Azt azonban meg lehet állapítani, hogy nem követünk el hibát, ha függőleges falsíkok (lehetnek tagozottak is) és védettebb helyeken levő részek alakítására jól megválogatva alkalmazzuk a mi úgynevezett közép kemény köveinket. Teljesen szabadon álló és végződésekkal kiképzett épületrészek azonban okvetlenül kemény kőből készítenők.