

MARCO DEL MONTE
Geologo, Bologna

Il degrado dei monumenti di Bologna in arenaria



Originariamente questo documentatissimo pezzo era nato come esaustiva risposta di Marco Del Monte ad una lettera curiosa. Ma lo sviluppo assunto e la profondità delle argomentazioni lo rende elevabile (eccome!) alla dignità di articolo.

F.C.

Il termine smog deriva dalla contrazione delle parole anglosassoni smoke [fumo] e fog [nebbia]: lo smog era un fenomeno meteorologico caratteristico delle città inglesi, prima fra tutte Londra, soprattutto nell'800 e nella prima metà del '900. Le miriade di particelle immesse in atmosfera dalla combustione indiscriminata del carbone, rappresentando nuclei ideali di condensazione per l'umidità atmosferica, portava alla formazione di fitte nebbie così ben descritte nei romanzi di Charles Dickens o da Arthur Conan Doyle. Queste nebbie ebbero fine solo con le prime leggi sull' "Aria pulita" i famosi Clean Air Act il primo dei quali venne emanato dal Parlamento Inglese nel 1956, dopo il terribile smog del 1952 che oscurò completamente Londra per giorni e causò alcune migliaia di morti. Da allora questo fenomeno, in Inghilterra, è scomparso. A Bologna ovviamente lo smog

non c'è mai stato: questo termine viene utilizzato erroneamente sui quotidiani come sinonimo di inquinamento atmosferico.

Quindi se ci si chiede se sia tutta colpa dell'inquinamento atmosferico, la risposta è NO: il degrado dei monumenti in pietra c'è sempre stato anche se – occorre sottolinearlo - gas e particelle inquinanti aereodisperse hanno fortemente accelerato nei centri urbani delle città industrializzate la velocità di degrado sia dei monumenti in pietra, sia dei loro corollari [affreschi, mosaici, stucchi...]. In passato quando l'aria era pulita il principale fattore di danno era il biodegrado [colonizzazione delle superfici delle pietre da parte di organismi vegetali pionieri, vale a dire licheni, muschi, felci, e conseguenti fenomeni pre-pedogenetici]. Ma cosa s'intende per inquinamento atmosferico? Col nome di inquinanti atmosferici si indicano tutte quelle sostanze [solide,



Fig. 1 – Particolare portale Palazzo Bolognini.

liquide e gassose] che normalmente non fanno parte dell'atmosfera "pulita" del pianeta e che vengono immesse in atmosfera [dove restano per periodi diversi a seconda della loro natura] dalle sorgenti inquinanti. Le sorgenti inquinanti sono numerosissime. In città le principali sono però due:

1. i bruciatori per il riscaldamento domestico invernale [ed estivo per l'acqua calda]. Il loro effetto sull'ambiente città è ovviamente molto diverso a seconda del tipo di combustibile usato.
2. i motori delle auto, sia a benzina che Diesel, degli bus e altri grossi veicoli e dei motorini.

Queste sorgenti producono sia gas inquinanti, sia particelle. I principali gas inquinanti sono l' SO_2 che si trasforma facilmente in acido solforico e gli NO_x [ossidi di azoto] che si trasformano, meno facilmente, in acido nitrico ma che concorrono potenziare l'azione distruttiva dell' SO_2 , specie in ambiente umido. Tralascio CO_2 , CO , O_3 e altri che non riguardano direttamente il degrado dei monumenti.

Oltre ai gas i processi di combustione [tutti] producono anche particelle carboniose. Le moderne benzine senza piombo generano particelle finissime [soot: con diametro compreso tra 0,001 micron e 0,1 micron] che penetrano profondamente nei bronchi e bronchioli dei polmoni senza più uscirne; Anche la combustione della nafta e del gasolio [per riscaldamento domestico o per motori] e il carbone producono particelle: si tratta di sferette costituite principalmente di carbonio, bucherellate, a bassissima densità, con diametro compreso tra 1 micron e 60 micron. A queste particelle se ne aggiungono poi numerose altre. Ad esempio la polvere sollevata dal suolo [il *soil dust* degli anglosassoni]: si tratta di minerali quali gli argillosi, il quarzo, i feldspati [e localmente altri] che hanno da sempre fatto parte – in modo non permanen-

te – delle atmosfere sia urbane che rurali. Oppure quelle rilasciate dagli intonaci dei palazzi [noti agli specialisti come "superfici a perdere"]. O ancora, il battistrada dei pneumatici dei veicoli che si consuma lentamente rilasciando particelle di caucciù che entrano a far parte dell'aerosol atmosferico. Lo stesso accade ai dischi dei freni che rilasciano in aria particelle di *ferodo* o per i dischi della frizione. Anche i condizionatori - e qualunque altra macchina in movimento - usurandosi, divengono sorgenti di particelle.

Il problema è complesso e richiederebbe pagine e pagine.

Se ci si sposta dalla città alla campagna le cose cambiano: spaventose sorgenti di gas e particelle sono le centrali di potenza [a carbone, a gasolio e a metano] per la produzione dell'energia elettrica, i cementifici, gli inceneritori e ogni tipo di fabbrica con particolare riferimento a quelle metallurgiche che lavorano i minerali di ferro, rame, zinco, piombo e altri metalli che stanno alla base dell'evoluzione di tutte le società industrializzate.

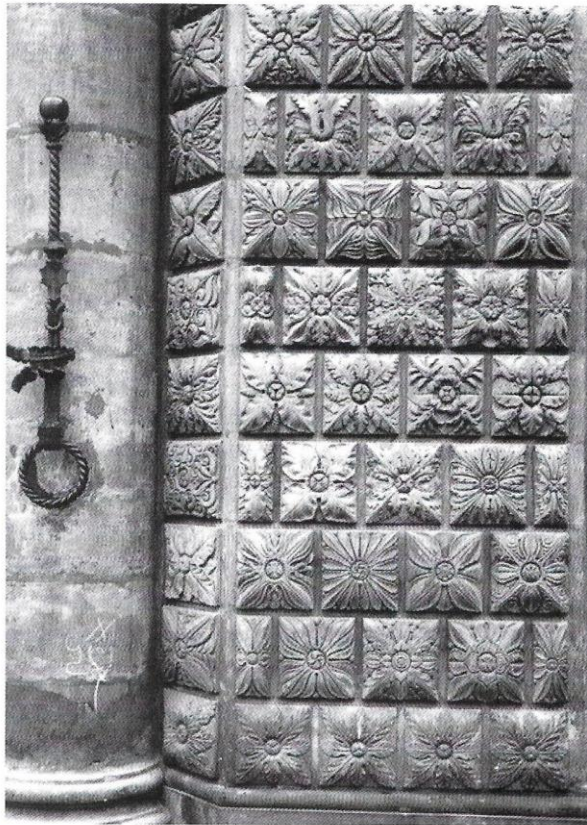
Ma restiamo alla città e ai monumenti. Che rapporto c'è tra inquinamento atmosferico e degrado dei monumenti in pietra?

La risposta sta in una grandezza che negli articoli da te citati non compare nemmeno: il pH.

Con questa sigla si indica in chimica, l'acidità di una soluzione: il limone è acido e lo è anche l'aceto; al contrario il bicarbonato di soda è basico. Quando lo stomaco brucia è possibile contrastare l'effetto ingerendo un po' di bicarbonato di sodio sciolto nell'acqua. Dunque una soluzione troppo acida può essere contrastata [basificata] da una basica e viceversa. Inoltre un acido forte [solforico, nitrico] sposta da i suoi sali gli acidi deboli sciogliendoli. L'acido citrico presente nel succo del limone, l'acido acetico dell'aceto o i succhi gastrici



Fig. 2 – Particolare - stemma del comune sul portale monumentale di Palazzo D'Accursio.



del vomito del gatto intaccano [sciolgono] in modo permanente i pavimenti o i ripiani di marmo o di calcare [due rocce formate al 100% da carbonato di calcio, vale a dire CaCO_3 , ovvero calcite] delle nostre case spostando per l'appunto l'acido carbonico dal suo sale.

Il problema dell'accentuato degrado delle arenarie [sono numerosissimi tipi con durevolezza molto diversa l'uno dall'altro! Non si può fare d'ogni erba un fascio!] che ha caratterizzato, soprattutto nei decenni passati, i monumenti bolognesi sta nell'acidità ambientale vale a dire nei bassi valori di pH sia delle piogge [acide] sia dal contenuto ionico delle deposizioni secche [acide]. Il punto debole di molte arenarie bolognesi è dato dal "cemento" che tiene uniti i granuli sabbiosi costituiti in gran parte da quarzo. Questo "cemento" è formato da carbonato di calcio una sostanza che, come appena detto, si scioglie facilmente in acido.

Concludendo: è l'acqua di pioggia acidificata dall'acido solforico e in minor misura dall'acido nitrico che sciogliendo il cemento delle arenarie ne provoca l'arenizzazione: queste pietre erano arena prima della diagenesi [trasformazione della sabbia in pietra] e arena ridiventano.

Anche le particelle carboniose, aderendo alle superfici, non solo le anneriscono ma interagendo con il substrato [ancora in presenza d'acqua liqui-

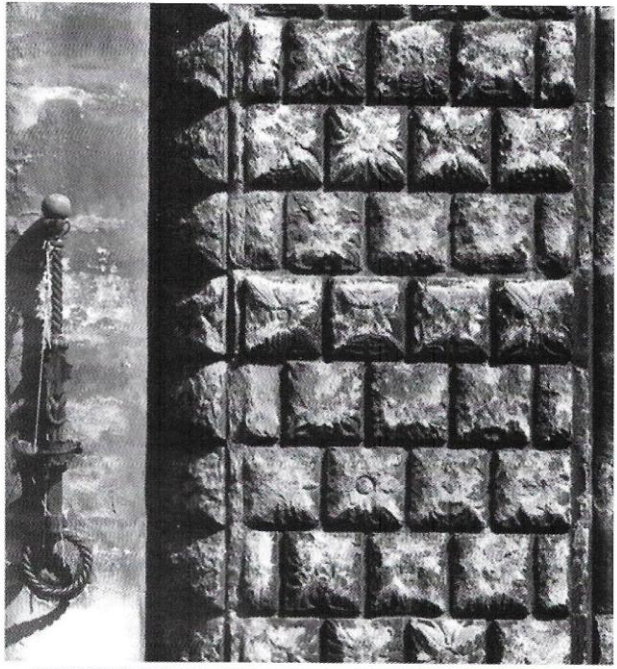


Fig. 3 – Formelle del Palazzo del Podestà.

da di pioggia e causa dell'acido solforico in esse contenuto] lo intaccano.

Si può quindi concludere asserendo che l'inquinamento atmosferico ha accelerato sensibilmente, specie nei decenni passati – vedi a questo proposito la risposta alla domanda che segue – il degrado delle pietre messe in opera, tra cui le arenarie. La causa principale di questa accelerazione avvenuta tra gli anni '50 e '90 del secolo scorso è stata la cresciuta acidità ambientale legata alla crescita esponenziale dei veicoli in circolazione e al *boom* edilizio e quindi al moltiplicarsi dei bruciatori per il riscaldamento. Acidità indicata comunemente – ma come ho detto erroneamente – col termine *smog*. So di essere stato un po' prolisso ma un fenomeno fisico-chimico, oltre che descritto, va spiegato. Non ci si può limitare a dire: "Santo cielo, ma qui va tutto in briciole!"

In tutte le città del nord Italia l'acidità è notevolmente diminuita negli ultimi anni e la tipologia delle particelle aereodisperse è mutata.

Ciò è dovuto principalmente a due fattori. La metanizzazione degli impianti di riscaldamento e l'utilizzo di gasolio per trazione a minor contenuto di zolfo.

L'uso massiccio del metano in città ha dato, momentaneamente, un attimo di tregua al deterioramento dell'ambiente urbano poiché il metano – almeno in teoria – non contiene zolfo.

Al contrario gli oli e il carbone contengono rilevanti quantità di zolfo che bruciando, come detto subito sopra, si trasforma in SO_2 [poi acido solforico].

Il metano invece, bruciando produce, oltre all'ener-

gia, solo anidride carbonica ed acqua [$\text{CH}_4 + \text{O}_2 = \text{energia} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$]. Questo però ancora solo in teoria; in pratica la combustione del metano, come dirò meglio tra un attimo, genera anche NO_x e, a causa delle impurezze contenute in questo idrocarburo gassoso e alla combustione imperfetta, viene anche generata anche una miriade di particelle carboniose, sferiche, submicroniche [vale a dire con diametro molto inferiore al millesimo di millimetro] che viaggiano nell'ambiente riunite in catene o in grappoli assai simili, morfologicamente, a quelle prodotte dalla benzina verde.

Le grandi particelle carboniose [con diametro da 100 a 1000 volte maggiore, dette cenosfere] prodotte in passato dalla combustione degli oli e del carbone [oggi o poco o per niente usati in città] sono diminuite drasticamente nelle atmosfere urbane.

Anche l'introduzione di combustibili per autotrazione [specie il gasolio per i motori a ciclo Diesel] con minor contenuto in zolfo [poi, dopo la combustione, SO_2 e successivamente, entrando nelle goccioline d'acqua aereodisperse, acido solforico] ha contribuito a un modesto miglioramento della qualità dell'ambiente.

Il discorso è diverso per l'acido nitrico: tutti i processi di combustione, indipendentemente dal combustibile usato, avvengono ad alta temperatura. Questo porta all'inevitabile ossidazione dell'azoto [$\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_x$] che, come ricorderai è il principale componente dell'aria pulita [78 % in volume]. Fortunatamente, semplificando, questo si trasferisce meno facilmente in acqua e quindi l'effetto finale dell'acido nitrico sulle pietre risulta modesto.

Con parole più semplici – e sempre che non mutino in futuro tipi di combustibile e numero delle sorgenti – si può affermare che essendo diminuita l'acidità ambientale a partire dai primi anni '90 del secolo scorso ed essendo sostanzialmente mutata la tipologia del particolato carbonioso [ma non la quantità complessiva!]:

I – il degrado delle arenarie e più in generale di ogni altro tipo di materiale da costruzione [incluso il cemento armato] ha subito e continua a subire, oramai da oltre un decennio, una modesta decelerazione.

II – le spesse croste nere che si formavano nei sottosquadri dei materiali messi in opera, tra cui le arenarie, sino all'ultimo decennio del secolo scorso, oggi non si formano più.

Prima di qualunque intervento di recupero o di restauro dei monumenti – a cui si dovrebbe sempre e comunque preferire la manutenzione ordinaria – occorrerebbe intervenire sui fattori di danno. I Francesi, parlando del degrado delle pietre messe in opera, usano l'espressione *maladie de la pierre* vale a dire malattia della pietra. Questa similitudine tra uomo o animali o piante e pietra è tutt'altro che

ardita. Se un uomo ha la cirrosi epatica all'ultimo stadio non si può procedere al trapianto di fegato senza prima avergli vietato di bere due litri di birra al giorno. Se un uomo ha il cancro al polmone è bene che da subito eviti di fumare quaranta sigarette al giorno. E ancora – e con ciò termino – se un uomo [o una donna] ha una dermatite da raggi ultravioletti prima di procedere all'applicazione di creme o quant'altro sarà bene che eviti di esporsi dalle 9 alle 18 di ogni giorno al sole d'Agosto.

Allora prima di pensare a interventi di recupero dei monumenti sarebbe altamente consigliato procedere a interventi di recupero dell'ambiente – con cui i monumenti si relazionano e dovranno relazionarsi nei decenni futuri – con particolare riferimento alla qualità dell'aria. In altre parole prima di restaurare un monumento in pietra sarebbe opportuno cercare di attenuare, là dove è possibile, i principali fattori di danno. Occorre considerare che il restauro se da un lato rende più fruibile l'opera d'arte e ne procrastina nel tempo l'inevitabile scomparsa è comunque un'operazione chirurgica che rimodella le superfici dei rilievi falsando l'invenzione dell'artista. Restauri ripetuti sulla stessa opera risultano alla fine deleteri. Un restauro, equivale in tutto per tutto, lo ripeto, a una operazione chirurgica. Talvolta risulta inevitabile ma tutti ne farebbero volentieri a meno. Inoltre è ovvio che nessuno esce indenne da numerose operazioni ripetute e ravvicinate nel tempo.

I rilievi di Jacopo della Quercia – in pietra d'Istria – in opera sul portale principale della basilica di San Petronio furono restaurati non molti decenni fa. Oggi in tutte le parti aggettanti appaiono coperte da uno spesso strato di particelle grigie. Mi riferisco sia alla statua della Vergine col Bambino sia – ad esempio – ai cinque altorilievi dell'architrave rappresentanti il Presepio, l'Epifania, la presentazione di Gesù al Tempio, la strage degli Innocenti e la fuga in Egitto. Ora questi rilievi sono ben protetti da una mensola sovrastante fortemente sporgente che li tiene lontani dall'acqua di pioggia. Chi può escludere però che in seguito a un "evento pioggia" eccezionale in presenza di forte vento, oppure per la rottura del tettuccio non vengano raggiunti dall'acqua? Chi si occupa di restauro o di salvaguardia delle opere d'arte in pietra sa cosa sono gli "shock acidi" o le "ondate" o i "flussi acidi improvvisi"? Sarebbe così difficile prendere un normale aspirapolvere e una volta al mese, come di regola si fa ogni giorno nelle nostre case, tenerli puliti?

Naturalmente, queste sono domande retoriche. Il fatto è che le Istituzioni invocate in uno degli articoli da te citati [Soprintendenze, Fondazioni bancarie, Enti locali, Ateneo] non daranno mai 50-100 euro a un operaio per innalzarsi con una scala o

calarsi in un paniere con una corda [come si faceva un tempo per diserbare le facciate dei monumenti] per tenere con un aspirapolvere o con una spugna pulite le superfici dei rilievi! Si preferisce di gran lunga stanziare centinaia di migliaia di euro per restauri plateali [seguiti da mostre e inaugurazioni] con un'importante ricaduta d'immagine, spesso purtroppo a danno avvenuto.

La città di Bologna è disgraziatamente tutta un punto critico. Consideriamo come fattore di danno – per semplificare – il solo inquinamento atmosferico. A un fondo diffuso [e assolutamente inaccettabile] di inquinanti aereodispersi si sovrappongono picchi locali che coincidono con gli incroci a grande scorrimento, con semafori “lenti”: i trivi-quadrivi Ugo Bassi-Marconi-San Felice-Lame-piazza Malpighi oppure Indipendenza-Ugo Bassi-Rizzoli oppure Rizzoli-Zamboni-San Vitale-Maggiore-S. Stefano-Castiglione oppure le sei strade che convergono a porta Zamboni. Tutti questi sono esempi di siti ad alto rischio. Altro esempio è dato da strade strette ad altissimo – e insensato – scorrimento veicolare. La via San Vitale è un esempio di sorgente lineare di inquinanti che supera [in concentrazione per m³ d'aria] ogni altro sito a Bologna e rappresenta un insulto al buon senso e alla più elementare cura non tanto e non solo dei monumenti ma soprattutto della salute dei cittadini. Qui oltre alla concentrazione di inquinanti che sarebbe davvero difficile chiamare aria [in realtà è una dispersione colloidale concentrata!] anche l'inquinamento acustico e quello “da vibrazioni” raggiunge valori allucinanti. Inoltre la risospensione delle particelle inquinanti depositate al suolo – dovuto al transito continuo di bus, automobili e motorini - aggrava notevolmente il problema [non mi risulta che la strada venga mai lavata: da verificare!]. D'altronde, per ritornare alla tua domanda, non c'è una grande differenza nel degrado dei fregi di palazzo Albergati [via Saragozza], di palazzo Vizzani-Sanguinetti [via S. Stefano], di palazzo Fantuzzi [via S. Vitale], del Palazzo del Podestà [piazza Maggiore], di palazzo Bentivoglio [via delle Belle Arti], di palazzo Sannuti-Campeggi-Bevilacqua [via Massimo D'Azeglio], di palazzo Bocchi [via Goito] e così via. La diversa entità del degrado, tra monumento e monumento, va ricercata, oltre che in eventuali picchi delle concentrazioni degli inquinanti aereodispersi, nel diverso microclima e nel tipo di arenaria a suo tempo utilizzato. A Bologna in passato vennero impiegate arenarie di provenienza diversa [ad esempio quelle della cave di Varignana, in pianura, non sono la stessa cosa di quelle della Madonna del Ponte alla Porretta] e con durezza dissimile l'una dall'altra. La facciata della Madonna di Galliera, in via Manzoni, oggi fatiscente era già praticamente così pochi anni dopo che i rilievi

erano stati messi in opera [1491]: quindi ben prima che l'inquinamento atmosferico raggiungesse i valori preoccupanti di oggi costituendo – comunque - un grosso problema. Vorrei anche ricordarti che gli inquinanti aereodispersi sono rigorosamente stratificati: a un metro dal suolo la concentrazione è mediamente da 10 a 100 volte maggiore che a 50 metri. I punti più alti della città, ad esempio il rilievo di S. Giovanni in Monte citato nell'articolo, sono certamente favoriti – limitatamente all'effetto qualità dell'aria – rispetto alle molte altre aree a quota più bassa.

I disastri sono dovuti ai terremoti, agli incendi, ai bombardamenti aerei. Il catastrofismo è finito con Darwin. Non si può certo parlare di disastro se una persona di 110 anni muore o se una sequoia dopo 10.000 anni si secca e poi scompare. Noi assistiamo da sempre a periodi in cui, per mutate situazioni ambientali, la velocità con cui i monumenti in pietra si degradano accelera e altri in cui questa velocità diminuisce. È molto difficile, per chi si occupa di questi problemi, fare ragionevoli previsioni sulla sorte dei monumenti in quanto nessuno può dire con certezza come muteranno nei decenni futuri i parametri ambientali.

La qualità dell'aria migliorerà? Oppure peggiorerà? Le bizzarre variazioni climatiche degli ultimi anni diverranno permanenti?

Non c'è dubbio tuttavia che i monumenti in pietra oggi come in passato si deteriorano [la stragrande maggioranza di quelli del passato sono scomparsi del tutto] e tendono, come ogni altra cosa in questo mondo, a morire più o meno velocemente. La nostra attenzione, se amiamo i monumenti, e desideriamo che vengano fruiti anche dalle generazioni future, deve spostarsi dal monumento in particolare all'ambiente in generale. Sarebbe importantissimo che nelle nostre città venissero ripristinate condizioni ambientali più umane: ne guadagnerebbero così in salute, oltre ai cittadini, i cittadini a quattro zampe, gli alberi e anche i monumenti in pietra!

I migliori esperti di restauro provengono dall'Alma Mater di Ravenna e spesso si richiede l'intervento dell'opificio delle pietre dure di Firenze, senza dimenticare l'Istituto Centrale del Restauro a Roma. Il parere di persone competenti e con una lunga esperienza nel campo del restauro è sempre auspicabile, tuttavia non è questo il problema. Il problema è politico e non scientifico. Permettetemi a questo punto, di sognare per un attimo! Nel centro storico della città di Bologna dovrebbe essere vietato l'uso di autovetture e soprattutto di motorini. Il servizio pubblico attuale non dovrebbe interessare strade come San Vitale, strada Maggiore, strada San Felice, via Sant' Isaia che per diverse ore del giorno si trasformano in veri tunnel della

morte. All'interno della vecchia *Circla* dovrebbero muoversi solo veicoli a trazione elettrica, numerosi, silenziosi e frequenti. Penso al Pollicino della linea 117 nella città di Roma o ai *domuz*, taxi multipli a costo bassissimo in circolazione p.e. a Istanbul. Sarebbe anche auspicabile la reintroduzione delle carrozzelle trainate dai cavalli. Lo sterco dei cavalli è uno straordinario concime per i gerani e altre piante: si potrebbe pensare così a una città fiorita invece che a una città che ogni giorno che passa diventa sempre più squallida, sporca e invivibile. Per andare dalla stazione centrale in piazza Maggiore una carrozzella trainata da un cavallo impiegherebbe al massimo 2 o 3 minuti in più rispetto all'attuale mezzo pubblico. A suo tempo venne fatto a Bologna un referendum i cui risultati furono disattesi clamorosamente dall'amministrazione comunale: le paranoie di qualche centinaio di negozianti prevalsero – e continua ancor'oggi a prevalere – sulla qualità della vita di decine di migliaia [centinaia di migliaia] di cittadini. E s'intende, per restare il tema, sulla qualità dell'ambiente con cui devono rapportarsi i monumenti in arenaria e in altri tipi di pietre. Molti commercianti [e con loro gli amministratori della cosa pubblica] sembrano non rendersi conto che una città diversa, modernissima perché antica, pulita, con l'aria respirabile, piena di fiori sarebbe un'attrazione formidabile per i cittadini della periferia e per i forestieri e io credo che anche i loro incassi – che comunque non dovrebbero in un paese civile essere messi allo stesso livello della salute degli abitanti - aumenterebbero giorno dopo giorno. Vorrei concludere, dato che ho parlato di sognare, che non sto pensando alla Città di Dio di Agostino o alla Repubblica di Cristo del Savonarola ma ad una città possibile, auspicabile, proiettata verso la vita, verso il futuro e non, come purtroppo accade oggi, verso il continuo degrado e la morte. Ovviamente il clima ha rilevanti responsabilità sul degrado dei monumenti in arenaria. Il clima del sito in cui si trova il monumento è importantissimo.

Altrettanto importante è il microclima vale a dire il clima come è visto dalle superfici del monumento nelle sue immediate vicinanze [detto grossolanamente: qualche centimetro]. Il clima di un sito è dato da numerosissimi fattori e sarebbe davvero troppo lungo parlare qui degli effetti di questi fattori quali la crioclastia [rottura – nelle pietre dette gelive – provocata dalla cristallizzazione dell'acqua quando la T scende di alcuni gradi sotto lo 0 termico], la termoclastia [rotture dovute ai cicli termici giorno-notte] e altri ancora. Tra questi fattori vi è l'acqua di pioggia [intendi: entità delle precipitazioni, distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno]. In assenza di acqua liquida la maggior parte delle reazioni chimiche non ha luogo. Inoltre sottrarre la superficie di un rilievo al ruscellamento dell'acqua di pioggia significa allungarne di molto la vita. Ergo: in molti casi basterebbe un tettuccio o una mensola, dimensionati in modo tale da evitare che le superfici di un rilievo si bagnino, per decelerare il degrado dell'opera sottostante. Nel caso di rilievi prestigiosi [soprattutto a tutto tondo, vale a dire statue] risulterà indispensabile trasferirli al chiuso, vale a dire in luoghi quali le raccolte museali [a clima e microclima controllato], così da allungarne moltissimo la vita, sostituendo, eventualmente, gli originali con delle repliche. La decontestualizzazione delle opere d'arte crea tuttavia seri problemi teorici e urta la sensibilità di molti esperti del settore. La complessità di questo aspetto del problema mi costringe a tralasciarlo qui completamente.

Concluderò dicendo che non è la stessa cosa se un obelisco, sia pure in granito – pietra di per sé molto durevole – viene messo in opera nel deserto orientale Egiziano [ambiente climatico altamente conservativo] ovvero a Bologna, la più "continentale" delle città italiane, dove il clima è pessimo e quindi, al contrario, pochissimo favorevole dal punto di vista conservativo. Per contrastare questo fattore di danno, a parte le precauzioni di cui ho appena detto e poche altre, non è possibile fare di più.