

SCIENZA E BENI CULTURALI
XXVIII. 2012

**LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO
ARCHITETTONICO ALL'APERTO**
Superfici, strutture, finiture e contesti

Atti del Convegno di Studi
Bressanone 10 - 13 luglio 2012

Edizioni Arcadia Ricerche

SCIENZA E BENI CULTURALI

XXVIII. 2012

LA CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO ALL'APERTO

Superfici, strutture, finiture e contesti

Atti del convegno di studi
Bressanone 10 - luglio 2012

a cura di Guido Biscontin e Guido Driussi

Organizzazione:

Università degli Studi di Padova, *Dipartimento di Scienze Chimiche;*
Università Cà Foscari di Venezia, *Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica;*

Università degli Studi di Genova, *Dipartimento di Scienze per l'Architettura DSA e Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio;*

Università degli Studi di Brescia, *Centro di Studio e Ricerca per la Conservazione ed il Recupero dei Beni Architettonici ed Ambientali-Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente*

Università Mediterranea degli Studi di Reggio Calabria, *Dipartimento Patrimonio Architettonico ed Urbanistico;*

Politecnico di Milano, *Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito (BEST);*

Ministero per i Beni e le Attività Culturali,

I.N.S.T.M. *Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali*

Enti Patrocinatori: *Ministero per i Beni e le Attività Culturali; Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro; Consiglio Nazionale delle Ricerche; Amministrazione Comunale di Bressanone, Azienda di Cura e Soggiorno di Bressanone.*

Con la collaborazione di: *Dottor Group SpA, Arcadia Ricerche Srl*

ORGANIZING COMMITTEE

Andrea Alberti
Salvatore Alberti
Lorenzo Appolonia
Paolo Bensi
Enzo Bentivoglio
Renzo Bertoncello
Guido Biscontin
Antonietta Boninu
Roberto Bugini
Emanuela Carpani
Roberto Cecchi
Renata Codello
Stefano della Torre
Carla Di Francesco
Guido Driussi

Fabio Fratini
Prisca Giovannini
Giuseppe Longega
Alessandra Marino
Ruggero Martines
Antonia Moropoulou
Stefano Musso
Roberto Parenti
Anna Patera
Serena Pesenti
Daniela Pinna
Antonio Rava
Antonia Pasqua Recchia
Lucia Saccani
Elisabetta Zendri

SCIENTIFIC COMMITTEE

Andrea Alberti
Salvatore Alberti
Giovanna Alessandrini
Lorenzo Appolonia
Pio Baldi
Amedeo Bellini
Enzo Bentivoglio
Renzo Bertoncello
Guido Biscontin
Caterina Bon Valsassina
Antonietta Boninu
Roberto Bugini
Agostino Bureca
Carlo Carraro
Giovanni Carbonara
Roberto Cecchi
Renata Codello
Paola Rafaella David
José Delgado Rodrigues
Stefano Della Torre
Carla Di Francesco
Francesco Doglioni
Guido Driussi
Fabio Fratini
Prisca Giovannini

Stefano Gizzi
Mario Lolli Ghetti
Giuseppe Longega
Alessandra Marino
Ruggero Martines
Guido Meli
Antonia Moropoulou
Stefano Musso
Giorgio Palandri
Roberto Parenti
Anna Patera
Serena Pesenti
Daniela Pinna
Antonio Rava
Antonia Pasqua Recchia
Luca Rinaldi
Lucia Saccani
Antonio Sgamellotti
Franco Tomaselli
Eugenio Tondello
Paolo Torsello
GianPaolo Treccani
Mario Turetta
Alberto Vanelli
Elisabetta Zendri

TESTI DI

C. Achille	269	G. Carcangiu	361,811
E. Albera	615	M. Carlessi	751
M.F. Alberghina	281	P. Carnazzo	597
A. Alberti	205	I. Carocci	525
G. Alessandrini	513	E. Carpani	45
ARI	33	M. Casaburo	257
A. Bakolas	393	N. Casagli	233
V. Balboni	325	A. Casoli	325
E. Balliana	313	F. Castagnetto	605
C. Bartolomucci	101	M. Catalano	13
F. Battaglia	159	G. Cavaglia	549
A. Bellini	159	C. Cavalli	501
D. P. Benedetti	513	M. Cecchin	405
C. Benocci	571	G. Ceniccola	889
E. Bentivoglio	913	O. Chiantore	347
M. Bertoldi	57	V. Cinieri	281
R. Bertoncello	405	O. Cocco	361,811
A.R. Bertorello	549	B. Codacci Pisanelli	69
F. Bevilacqua	325	R. Codello	1
D. Biondelli	205	M. Cofani	763
F. Biondi	881	C. Colla	901
G. Biscontin	313	M. Collepardi	537
E. Boglione	205	S. Collepardi	537
A. Bonazza	361	M.P. Colombini	347,489
F. Bondioli	787	C. Colombo	821
V. Borasi	137	D. Concas	79
A. Borsoi	537	G. Corredig	221
S. Bortolotto	57	E. Croce	537
C. Bortolussi	405	C. Crova	79
G. Botticelli	417	P. d'Orsi	45
A. Brunetto	205	A. Dalla Caneva	675
S. Bruni	741	A. De Hugo Silva	581
F. Buccafurri	581	A. Decri	193
E. Bugli	649	D. Del Curto	513,763
S. Buonomo	171	E.T. Delegou	393
E. Cacciatore	281	S. Della Torre	13
G. Cacudi	171	M. Demmelbauer	615
R. Cadignani	181	A. Dimarzo	171
A. Calia	477	A. Donatelli	101
M. Candela	913	Dottor Group	923
A. Cangelosi	627	G. Driussi	935,949
E. Cantisani	489	S. Enzo	811

R. Faedda	361	K.C. Labropoulos	393
L. Falchi	313	I. Lapi	171
M. Falcone	719	A. Larghi	489
R. Fanti	233	D. Lattanzi	205,405
A. Farci	811	N. Lena Cota	649
V. Fassina	525	M. Leoni	663
G. Fazio	537	M. Lettieri	477
F. Ferrari	731	A. Lo Faro	91
M. Ferrari	489	N. Lombardini	269
V. Fiore	597	G. Longega	935,949
F. Fiorino	537	M. Luppi	465
D. Fontana	281	F. Manca	361
R. Fonti	913	M. Mapelli	405
D. Foppoli	821	F. Marani	901
A. Formia	857	M. Marchetti	45
F. Fratini	23,303	A. Martella	731
M. Frediani	489	G. Massaglia	137
P. Frediani	489,833	L. Matera	477
F. Gabbrielli	45	M. Matteini	417
E. Gabrielli	901	M. Mattone	383
A. Galeone	257	M. Mazza	525
M. Galeotti	325	M. Melchiorre Di Crescenzo	313
A. Gambino	741	G. Meli	281
C. Gardella	149	P. Meloni	361,811
E. Garilli	501	C. Menichelli	1
C. Genovese	627	S. Minghelli	417
F. Gerbelli	159,639	F. Mischiatti	405
V. Geromino	702	R. Moioli	821
M. Giamello	45	N. Montevercchi	489
S. Gigante	881	Z. Morabito	935
G. Gigli	233	M. Morandotti	291
G. Giuntoli	489	S. Morelli	233
M. Giusto	489	M. Moriconi	149
G B.Goffredo	787	A. Moropoulou	393
A. Griletto	513	A. Morselli	775
M.M. Grisoni	159,639	F. Mugnai	233
A. Guarnieri	171,799	P. Munafò	787
S. Iacopini	731	E. Munerato	405
C. Isca	325	A. Murru	361
D. Isola	361	A. Nielsen	303
F. C. Izzo	313	E. Oikonomopoulou	393
A. Jornet	221	P. Pagnin	205
A. Kluzer	751	V. Palleschi	347
E. Ksinopoulou	393	A. Pane	799
A. Küng	205	A. Paneroni	869

R. Parisi	775	B. Scala	685
M. Pasquini	581	S. Schiavone	281
C. Pastor	193	C. Schiraldi	371
E. Pecchioni	233	F. Secchi	811
A. Pedna	489	R. Segattini	663
S. Penoni	775	L. Selbmann	361
L.T. Perusini	113	C.L. Serra	857
E. Petrucci	559	M. Setti	291
A. Pianazza	869	M. Sgobbi	313
C. Piccioli	649	W. Shank	347
M. Picollo	347	G. Signani	489
E. Pietrogrande	675	M. Sileo	477
D. Pinna	325	M. Sita	159,639
D. Pittaluga	23,303	A. Squassina	453
P. Pittaluga	149	N. Sulfaro	845
F. Prestileo	281	D. Tapete	233
M. Pretelli	465	C. Todaro	775
E. Quagliarini	787	F. Todesco	845
C. Quagliotti	489	M. Tonon	935
A. Rabacchin	675	G. Toreno	361
A. Rava	347	E. Tsilimantou	393
M. Realini	821	J.M. Tulliani	857
S. Rescic	303	A. Ugolini	465
L. Riderelli	787	M. Valentini	269
S. Ridolfi	525	F. Valli	181
M. Righetti	405	L. Valli	501
C. Riminesi	775	S. Valtieri	913
L. Rocchi	325	P. Vannocci	233
E. Romoli	205	R. Venturi	731
L. Rosi	489	M.G. Vinardi	125
V. Russo	889	E. Vio	245
B. Sacchi	489,833	F. Vona	171
L. Sala	205	R. Zaccara	697
A. Salemi	91	P. Zannini	417
S. Salvini	833	E. Zendri	313
M. Sangermano	857	M. Zerbinatti	857
A. Sansonetti	205	B. Zilocchi	489
J. Sayas	393	L. Zucconi	361
A. Scala	45		

ATTI DEL CONVEGNO SCIENZA E BENI CULTURALI

- | | | |
|-------|------|---|
| I | 1985 | L'intonaco: storia, cultura e tecnologia |
| II | 1986 | Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione |
| III | 1987 | Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione di sistemi costruttivi tradizionali in muratura |
| IV | 1988 | Le scienze, le Istituzioni, gli operatori alla soglia degli anni '90 |
| V | 1989 | Il cantiere della conoscenza, il cantiere del restauro |
| VI | 1990 | Superfici dell'architettura: le finiture |
| VII | 1991 | Le pietre nell'architettura: struttura e superfici |
| VIII | 1992 | Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti |
| IX | 1993 | Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia |
| X | 1994 | N° 10 - bilancio e prospettive |
| XI | 1995 | La pulitura delle superfici dell'architettura |
| XII | 1996 | Dal sito archeologico alla archeologia del costruito |
| XIII | 1997 | Lacune in architettura: aspetti teorici ed operativi |
| XIV | 1998 | Progettare i restauri. Orientamenti e metodi - indagini e materiali |
| XV | 1999 | Ripensare alla manutenzione. Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito |
| XVI | 2000 | La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito |
| XVII | 2001 | Lo stucco. Cultura, tecnologia, conoscenza |
| XVIII | 2002 | I Mosaici. Cultura, tecnologia, conservazione |
| XIX | 2003 | La reversibilità nel restauro. Riflessioni, esperienze, percorsi di ricerca |
| XX | 2004 | Architettura e materiali del Novecento. Conservazione, restauro, manutenzione |
| XXI | 2005 | Sulle pitture murali. Riflessioni, conoscenze, interventi |
| XXII | 2006 | Pavimentazioni storiche. Uso e conservazione |
| XXIII | 2007 | Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi |
| XXIV | 2008 | Restaurare i restauri. Metodi, compatibilità, cantieri |
| XXV | 2009 | Conservare e restaurare il legno. Conoscenza, esperienze, prospettive |
| XXVI | 2010 | Pensare la prevenzione. Manufatti, usi, ambienti |
| XXVII | 2011 | Governare l'innovazione. Processi, strutture, materiali e tecnologie tra passato e futuro |

ISSN 2039-9790

ISBN 978-88-95409-16-0

"TORNATE ALL'ANTICO E SARÀ UN PROGRESSO". STUDI SUL DEGRADO DA UMIDITÀ DELL'ARENA DI VERONA.

Marco Cofani*, Davide Del Curto*

* Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Pianificazione, Laboratorio di analisi e diagnostica del costruito

ABSTRACT

The *cavea* of the Verona Amphitheatre is made up of stone steps lying on the underlying structure of walls and vaults, built in *opus caementicium*. The interstices between the steps are sealed with mortar and protect the underlying structures from water infiltration.

The seal of this sort of viable roof made by discontinuous elements is assigned to the slight inclination of the steps, to the overlap between the blocks and the continuity of the joints. The conservation of the *cavea* has been the subject of specific attention in the course of history, after the restoration of the monument started in XVIth century. In the modern era, conservators have often questioned about the improving of the sealing performance of the *cavea*, finding some technical solution still relevant for the current restoration.

The text presents a study on the hydraulic and thermo-hygrometric behavior of the *cavea*, the operating procedures and the test protocol used for the evaluation of water resistance and the results obtained in the first two years of monitoring.

KEY-WORDS: Amphitheatre – Verona – water infiltration – waterproofing techniques – climate monitoring.

Il presente lavoro è parte di un più ampio progetto di ricerca per lo studio e l'approfondimento delle tecniche di conservazione dell'anfiteatro e di consulenza sugli interventi conservativi, istituito attraverso apposita convenzione tra il Comune di Verona, ente proprietario del monumento, e il Politecnico di Milano. Per il Politecnico – DiAP – Laboratorio di Analisi e Diagnostica del Costruito, responsabile scientifico prof. arch. Alberto Grimoldi, hanno partecipato al progetto gli architetti: R. Braggio, G. Castiglioni, M. Cofani, D. Del Curto, G. Frigo, F. Legnaghi, L. Valisi. Per il Comune di Verona, C.d.R. Edilizia Pubblica, oltre all'ing. Sergio Menon, progettista e conservatore dell'Arena, hanno partecipato i geometri S. Bianchi, F. Padovani. Il cantiere pilota sulla *cavea* per la messa a punto delle prassi d'intervento è stato realizzato da R.O.M.A. Consorzio (2009-2010), sotto la direzione operativa di Cristiana Beltrami. Il successivo cantiere di sigillatura dei giunti della *cavea* (2010-2012) è stato affidato a Compagnia della Pietra, sotto la direzione di Marco Quagliardi.

Si specifica inoltre che il presente saggio, pur essendo frutto di ricerche e discussioni comuni ai due autori, va ascritto, per quanto attiene alla stesura dei cap. 1 e 3, al contributo conclusivo (cap. 5) e all'editing delle immagini a Marco Cofani, mentre quelle relative ai cap. 2 e 4 e all'editing del testo a Davide Del Curto.

1. IL 'TETTO' DELL'ANFITEATRO

E' perlomeno a partire dal Settecento che la cavea dell'Arena di Verona svolge nella conformazione attuale le due funzioni fondamentali che ancora oggi le competono: accoglie e ospita i visitatori del monumento e il pubblico che assiste agli spettacoli (uso peraltro mai del tutto abbandonato, nonostante le pessime condizioni in cui versava l'edificio, anche durante il medioevo), e impedisce le infiltrazioni di acqua piovana negli ambienti e nelle strutture sottostanti: *i gradini della cavea costituiscono il tetto dell'Arena [...] e la loro buona tenuta è essenziale per la conservazione delle sottostrutture*".¹

Considerando la struttura da un punto di vista funzionale, potremmo definire la cavea una copertura praticabile ad elementi discontinui la cui tenuta è affidata al buon grado inclinazione e sovrapposizione degli elementi che formano il manto e all'efficienza delle sigillature presenti tra essi.

Giova ricordare come gli "spazi interni" (gli arcovoli, i deambulatori e gli ipogei) e gli "spazi esterni" (la cavea e la piazza ellittica) dell'anfiteatro hanno assunto nel corso tempo ruoli distinti, essendo i primi legati agli spettacoli e agli eventi pubblici, i secondi locati a reddito, un tempo ai privati come spazi abitativi e commerciali, oggi in gran parte destinati a servizio per gli operatori teatrali. La medesima distinzione tra "esterno" e "interno" non pare invece del tutto efficace rispetto al tema della tutela, per il quale è necessario mantenere la visione del monumento come organismo unitario frutto dell'interminabile serie di azioni costruttive, distruzioni, trasformazioni e mutamenti d'uso trascorsi dall'epoca della sua prima edificazione nel I secolo d.C.

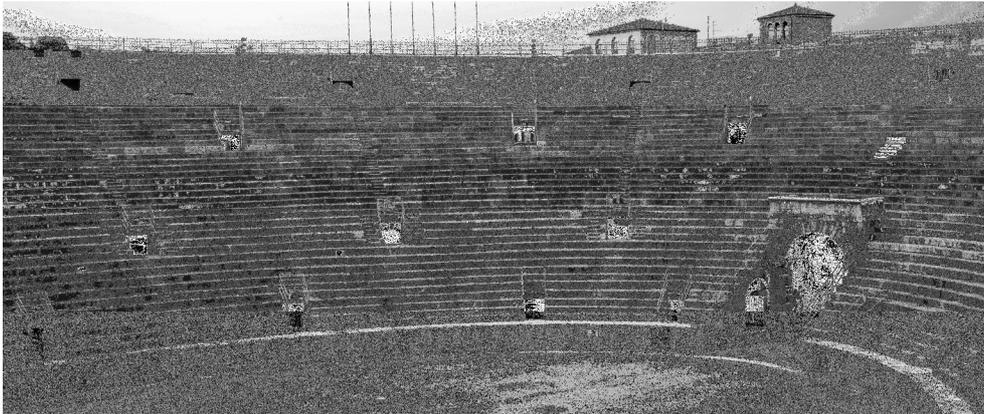


Figura 1 – La cavea dell' Anfiteatro di Verona

La pioggia cade sulla superficie lapidea della cavea costituita da blocchi di calcare veronese diversamente lavorati e giustapposti (caratteristiche queste che sono spesso utili a determinarne una prima datazione) lasciando interstizi verticali, tra i blocchi che giacciono sulla medesima fila, e orizzontali, tra due file successive,

sigillati con malta. In che modo l'acqua piovana che cade sulle gradinate raggiunge il basamento dell'edificio per poi essere canalizzata, più o meno regolarmente, nei condotti sotterranei? Essenzialmente in tre modi:

1. L'acqua piovana scorre verso il basso sulla superficie dei gradoni assecondando la cadente dei piani di pedata (o seduta). Considerando la sezione trasversale dell'intero monumento, ne deriva un ideale schema di convogliamento "ad imbuto", tendente cioè a concentrare le acque piovane verso la *ima* cavea e la platea ellittica. Per favorirne il funzionamento, allorquando la pendenza dei gradoni risultasse insufficiente o laddove, per naturale assestamento dei blocchi, si formassero ristagni, ancora all'inizio del Novecento si incidevano piccole canaline nei gradoni, che favorivano il deflusso. Un sistema più impegnativo consisteva nel sollevare e riposizionare il gradone secondo la pendenza corretta. Una terza operazione, estesamente condotta dall'ingegnere Luigi Trezza all'inizio dell'Ottocento sulla *ima* cavea, prevedeva dapprima l'asportazione dei gradoni: quelli rotti o irrecuperabili andavano sostituiti con altri di nuova realizzazione; quelli che presentavano solo un forte degrado della faccia orizzontale, venivano ripianati, levigati e infine ricollocati sottoponendovi lastre di pietra dello spessore necessario – dai 2 ai 5 cm circa – a mantenere la quota della seduta.
2. L'acqua scende dalla superficie della cavea fino a terra seguendo un secondo percorso che inizia passando attraverso i 64 vomitori che danno accesso alla cavea. Ve ne sono 16 per ciascun ordine e sono, di fatto, un'area scoperta, un incavo nel tetto dell'Arena in corrispondenza degli sbarchi delle scale, senza alcuna protezione dagli agenti atmosferici. La pioggia vi penetra direttamente dal cielo e a questa occorre aggiungere quella relativa alla porzione di cavea soprastante ciascun vomitorio, che vi penetra dopo essere scesa per gravità lungo la cedente dei gradoni come già descritto. All'interno del vomitorio, un articolato sistema di canaline disposte ai lati delle scalinate e di discendenti all'interno dei muri e dei voltati (condotti realizzati tutti sotto traccia, ossia rompendo la muratura romana), raccoglie e canalizza l'acqua piovana verso i condotti ipogei. Occorre notare come questi sistemi di captazione e scolo delle acque siano coevi alla costruzione delle singole scale interne: quasi tutte quelle del secondo ordine di vomitori furono ricostruite da Trezza tra il 1805 e il 1808, mentre quelle maggiori che conducono al terzo ordine di vomitori della *summa* cavea furono realizzate all'inizio del XVIII secolo (una), intorno alla metà del XIX secolo (due), e nel corso del Novecento (nove). Tutti i condotti, esterni e interni alle murature sono di origine quantomeno moderna, se non addirittura recentissima, e hanno evidentemente poche relazioni con il sistema idraulico più antico dell'anfiteatro di cui, negli elevati, rimangono scarsissime tracce.
3. L'acqua piovana, infine, cade sulla superficie della cavea e vi penetra attraverso le imperfezioni dei giunti di malta che sigillano gli interstizi tra un gradone e l'altro; scorre attraverso le strutture murarie e voltate seguendo percorsi non

sempre immediatamente comprensibili e infradiciandone le superfici, circostanza ben rilevabile soprattutto sugli intradossi delle volte di deambulatori e arcovoli. Questa modalità di discesa e penetrazione dell'acqua piovana è senza dubbio la più critica per quanto riguarda il degrado dell'Anfiteatro e quella attorno alla quale si concentrano le ragioni di questo studio e delle ricerche sulla manutenzione della cavea.

Per definire le dimensioni del problema, bisogna tener presente che:

1. l'estensione dei giunti stuccati con malta, calcolata nell'Ottocento dall'ingegnere Giuseppe Barbieri, supera i 25.000 metri lineari a fronte di una superficie complessiva della cavea pari a circa 12.500 metri quadri.
2. la quantità d'acqua che penetra nei giunti degradati, misurata empiricamente nel 2009 grazie ad alcune prove di "pioggia simulata" realizzate in Arena dal Comune di Verona: in alcune porzioni di gradinata, ove il degrado dei giunti in malta era mediamente grave e diffuso, la quantità di pioggia che risultò addentrarsi in essi raggiunse la soglia del 60-70% rispetto al totale, mentre solamente il 30-40% arrivò alla *ima* cavea ruscellando sui gradoni.

In occasione di un temporale estivo, o di giornate di pioggia successive e ravvicinate, migliaia di litri d'acqua confluiscono al di sotto del piano della gradinata e attraversano, nell'arco di alcuni giorni, i voltati e le pareti sottostanti innescando un continuo stillicidio e tutti i fenomeni di degrado conseguenti alla presenza d'acqua all'interno della muratura (erosione, dilavamento delle superfici, solubilizzazione e cristallizzazione salina, gelo e disgelo, etc...). Il problema attiene direttamente l'*opus caementicium* delle strutture, la cui matrice carbonatica viene lentamente disgregata mentre si diffondono estesi attacchi biologici, quali muffe, muschi e vegetali superiori che, accanto al ruscellamento superficiale, palesano l'estensione e l'intensità del problema. Già nel corso dell'Ottocento, frequenti allarmi seguivano il distacco di grossi ciotoli dai voltati che metteva a rischio anche l'incolumità delle persone che attraversavano i deambulatori nel corso degli spettacoli e fu correttamente attribuito alla lenta disgregazione del conglomerato infradiciato dalle infiltrazioni.

Per definire compiutamente la consistenza dei fenomeni di degrado e proporre soluzioni e strategie progettuali coerenti con il fine della tutela, il Politecnico di Milano ha eseguito per il Comune di Verona, proprietario e manutentore del Monumento, una campagna di rilievi mirati tra il 2008 e il 2011 nel corso della quale sono stati misurati i due lati del problema: il "sopra", ovvero la superficie esterna della cavea, mappandone e caratterizzandone lo stato di degrado (e descrivendo i fenomeni di degrado pregressi o in atto attinenti soprattutto lo stato di conservazione ed efficienza delle sigillature in malta tra un gradone e l'altro); il "sotto", ossia le superfici murarie dei vani interni e gli intradossi delle volte, mappando la distribuzione delle infiltrazioni e monitorandone l'estensione secondo l'andamento della piovosità.

I dati relativi ai “due lati” del problema sono stati confrontati al fine di valutare come l’entità e la distribuzione del degrado all’estradosso siano correlabili con la distribuzione delle infiltrazioni all’intradosso e come una loro significativa riduzione possa essere ottenuta attraverso la manutenzione delle sigillature fra un gradone e l’altro della cavea. I rilievi sono stati accompagnati da un approfondimento analitico sui metodi, i materiali, le tecniche esecutive e le procedure per intervenire sulla cavea, anche attraverso l’esperienza di appositi cantieri pilota. La ricerca storica è stata approfondita nella medesima direzione, documentando i passati analoghi restauri, soprattutto quelli ottocenteschi, dei quali l’archivio custodisce ancora un’eccellente documentazione tecnica. La struttura è stata inoltre equipaggiata con un sistema di monitoraggio automatico delle condizioni ambientali, registrando in particolare:

1. La temperatura e l’umidità relativa ambientale
2. La temperatura a contatto della superficie intradossale dei voltati, in modo da avere un dato utile per quantificare il contributo della condensa, soprattutto nelle condizioni stagionali più critiche
3. La temperatura a contatto della superficie della cavea per controllare le condizioni nominali di stress termico cui è sottoposta questa struttura e per monitorare, nel corso dei cantieri pilota intrapresi per mettere a punto un idoneo procedimento esecutivo, le condizioni ambientali in cui le lavorazioni (a umido, con malta) vengono eseguite².

2. SOPRA: LO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA CAVEA

La porzione di cavea compresa tra gli arcovoli IV e VIII, presso il quarto a Sud Ovest e in prossimità dell’ingresso attuale al monumento, è stata oggetto di uno studio pilota, finalizzato a mettere a punto una strategia di valutazione e di intervento estendibile all’intero monumento. Per quanto le trasformazioni, l’uso e il degrado abbiano, nel tempo, fatto di ogni arcovolo dell’Arena un episodio a sé stante, il settore esaminato può considerarsi mediamente danneggiato e presenta caratteristiche costruttive e tipologie di degrado in qualche misura rappresentative di quelle presenti nel resto dell’anfiteatro, sia considerandolo in superficie, sia considerandone le strutture in sezione, e ha per questo garantito risultati in qualche misura generalizzabili. Oltre a descrivere e mappare le forme di alterazione e degrado, il rilievo ha garantito ai restauratori uno strumento di continuo riscontro, sulla base del quale graduare l’intensità dell’intervento.

Le descrizioni delle forme di alterazione e degrado è stata eseguita sulla base della UNI Normal 11182 (ex Nor.Mal. 1/88) e del lessico specificamente messo a punto per rilevare lo stato di conservazione del paramento murario esterno dell’anfiteatro, nel corso delle più recenti campagne di restauro³, selezionando e adattando le voci di lessico proposte dalla norma alle casistiche effettivamente ricorrenti presso l’Arena e disponendo strumenti *ad hoc* per caratterizzare le particolari forme di degrado del calcare veronese, della muratura romana e dell’*opus caementicium*, qui

impiegati, nonché dei più recenti elementi di riparazione e integrazione. Si è convenuto di mantenere lo stesso criterio per la cavea, presentando essa due sole categorie di materiali: la pietra dei gradoni e le malte da sigillatura. Le due più frequenti tipologie di degrado rilevate sono quelle caratteristiche del calcare veronese: la forma meno grave – la presenza delle diaclasi argillose aperte – che comporta la messa in evidenza delle diaclasi sulla superficie esterna del concio di pietra; e la forma più grave – il degrado dei livelli argillosi – che, a partire dalle diaclasi, coinvolge un'estesa area del concio comportando una profonda disgregazione del materiale e la progressiva perdita di funzionalità dell'elemento (planarità, integrità della seduta...). In genere, inoltre, un gradone che presenta diaclasi verticali, perpendicolari al piano della seduta, è spesso attraversato da profonde fratture verticali, che possono causare una sua completa rottura. Al contrario, se le diaclasi sono orizzontali, cioè parallele al piano della seduta, il gradone presenta un degrado dei livelli argillosi più avanzato sul piano della seduta, ma difficilmente si riscontrano fratture nell'intero spessore.

Soprattutto sulle fronti dei gradoni è presente una consistente patina biologica, uno strato sottile, omogeneo, costituito prevalentemente da microrganismi, variabile per consistenza, colore e adesione al substrato che, sovente, insiste su una sottostante superficie calcarea ricristallizzata. La patina, di colore grigio scuro/nero e consistenza filamentosa, si asporta facilmente ma occorre prestare attenzione all'alone grigio aderente che durante la rimozione si polverizza assieme allo strato più superficiale della pietra. Questo tipo di patina si presenta maggiormente aggressiva nei settori inferiori della cavea, ove si ha un maggiore ristagno d'acqua e presenza persistente di umidità sulla superficie dei gradoni in ragione di due diversi fattori: il naturale deflusso delle piogge che coinvolge più a lungo le aree inferiori della cavea, una minore ventilazione ed esposizione ai raggi solari e, non ultima, la presenza durante la stagione estiva delle poltroncine metalliche su cui siedono gli spettatori (assenti nella metà superiore della cavea), che realizzano una sorta di "schermatura continua" per la luce solare favorendo il ristagno dell'umidità e lo sviluppo di colonie vegetali.

La scagliatura è molto diffusa sui gradoni lapidei, generalmente in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originario, per esempio in corrispondenza degli spigoli dei conci. La presenza di scagliature è naturalmente favorita dal degrado dei livelli argillosi, che determina una sensibile diminuzione differenziale della resistenza meccanica della superficie esposta. È estremamente diffusa e favorita dagli urti e dallo stress meccanico dovuto al calpestio.

Il sistematico rilievo eseguito in loco, gradone per gradone, ha inoltre evidenziato le tracce delle manutenzioni e riparazioni già eseguite sui blocchi della cavea, realizzate soprattutto con l'impiego di tasselli lapidei o, più raramente, con malta, a colmare le mancanze dovute al degrado della pietra. Sul piano di seduta di molti gradoni, soprattutto attorno ai vomitori, sono inoltre presenti canaline incise

direttamente nella pietra per allontanare l'acqua piovana dai vomitori stessi e indirizzarla più speditamente verso il basso.

Considerando l'altro materiale che forma la superficie lapidea della cavea, cioè la malta che sigilla gli interstizi fra un gradone e l'altro, occorre prima di tutto notare come siano molto numerosi i tratti in cui i giunti di malta si presentano disgregati e/o mancanti, in altre parole non più in grado di assicurare la tenuta all'acqua. Questa circostanza è più frequente laddove i giunti presentano spessore consistente (quando l'altezza della malta sul fronte supera i 3-4 cm) e dove il corpo della sigillatura è realizzato interamente con la malta. Laddove invece la sigillatura è realizzata utilizzando malta con scaglie, cunei o tasselli in pietra a limitare la quantità e lo spessore della malta, la consistenza, la durata e la tenuta della sigillatura sono maggiori. Nel corso del Novecento, l'unico episodio di rifacimento delle stucature esteso all'intera cavea e condotto in modo omogeneo per quanto riguarda materiali e tecniche, risale agli anni 1953-1955, allorché venne colata nei giunti una malta di cemento confezionata con molta acqua a mo' di boiaccia. Da quel momento, l'archivio e le tracce sul monumento testimoniano solo opere di manutenzione dei giunti relative a settori limitati della gradonata ed eseguiti impiegando materiali diversi e disomogenei, frutto di scelte sperimentali, se non estemporanee, adottate caso per caso e prive di una logica comune. In alcuni punti si ritrovano giunti riempiti con gommapiuma o silicone e stuccati con malte cementizie colorate o resine di varia natura, tutti egualmente degradati e ormai inefficaci per la tenuta all'acqua.

Rilievo e ricerca storica hanno fornito indicazioni preziose per determinare i modi e la misura dell'intervento sui giunti della cavea, a partire dalle tecniche per la rimozione dei giunti degradati, sino alla decisione di limitare il più possibile lo spessore della malta all'interno del giunto ricostituito, utilizzando attentamente tasselli e cunei in pietra utili a ridurre la porosità e controllare il ritiro, lasciati in parte a vista sulla superficie del giunto per diminuire l'impatto visivo determinato da un troppo elevato spessore della malta. Tale accorgimento è fondamentale per i giunti orizzontali fra due file successive di gradoni, che sono più soggetti al degrado e che spesso individuano un punto critico in corrispondenza dell'appoggio del gradone superiore su quello inferiore. Ove possibile, all'interno di questi giunti sono state inserite scaglie e zeppe lapidee in grado di regolarizzare (se non aumentare) la superficie di contatto tra i gradoni. Determinando un appoggio più stabile, si ottiene una maggiore resistenza del giunto stesso rispetto ai piccoli movimenti dei gradoni dovuti alla dilatazione termica o alle sollecitazioni del carico.

Per la riparazione dei gradoni con superficie profondamente degradata, è previsto di proseguire con la tassellatura di reintegro, avendo cura di ben eseguire sia la lavorazione del tassello sia il fissaggio, eventualmente ricorrendo a perni a vite, soprattutto per gli elementi più consistenti e per gli spigoli, anche secondo le indicazioni che potranno venire dalla sperimentazione in cantiere.

3. SOTTO: LE INFILTRAZIONI NELLE STRUTTURE MURARIE E VOLTATE

Parallelamente al rilievo dello stato di degrado delle sigillature della cavea, sono state mappate le infiltrazioni all'intradosso nel medesimo settore del monumento e ne è stato monitorato l'andamento in relazione alla piovosità⁴.

La mappatura delle aree umide è stata eseguita fotograficamente e termograficamente, con l'obiettivo di determinare come e in che tempi l'acqua caduta sulla cavea penetra nelle strutture, le attraversa e raggiunge la superficie intradosso delle volte. Le riprese sono state eseguite in più occasioni durante e dopo piogge moderate ma prolungate, ovvero piogge abbondanti e di breve durata. È evidente la relazione tra il degrado dei giunti di malta all'estradosso e la localizzazione delle infiltrazioni, spesso sin dalle prime ore successive all'inizio delle piogge, per esempio nelle volte più prossime ai vomitori d'ingresso alla cavea, ove i giunti superiori risultano particolarmente degradati. Questa situazione è favorita anche dal fatto che lo spessore dei voltati in *opus caementicium* raggiunge il valore minimo (circa 20 cm) in prossimità dei vomitori. La pioggia che penetra attraverso i voltati e quella che cade, direttamente o indirettamente, all'interno dei vomitori in parte si raccoglie ai piedi della scaletta di accesso alla cavea, in parte si infila nei sottostanti voltati del primo livello, in parte minore viene raccolta e canalizzata nei sistemi di scolo paralleli alle scale i quali, per di più intasati e in cattivo stato di conservazione, disperdono parte dell'acqua raccolta nelle murature e nelle volte che attraversano.

Le zone dell'anfiteatro corrispondenti ai vomitori sono pertanto quelle più esposte al degrado da umidità perché all'acqua che si infila attraverso le discontinuità dei giunti di malta si aggiunge quella che vi ruscella dalle corrispondenti porzioni di *media* e *summa* cavea, in quantità assai rilevanti che, si può ipotizzare, potrebbero essere addirittura maggiori se i giunti assicurassero perfetta tenuta. La protezione dei 64 vomitori rappresenta pertanto un primo e determinante aspetto del problema. Il nesso tra degrado delle sigillature e localizzazione delle infiltrazioni è meno evidente negli arcovoli che non corrispondono ai vomitori. Laddove le strutture murarie che sostengono la gradinata sono più consistenti e stratificate, le infiltrazioni compaiono all'intradosso solo alcuni giorni dopo l'inizio delle piogge e si distribuiscono in aree non perfettamente corrispondenti alle lacune dei giunti fra i gradoni. Talvolta le percolazioni sono più evidenti dopo piogge abbondanti e concentrate in una o due giornate, piuttosto che dopo piogge moderate ma prolungate nel tempo. Nel primo caso, inoltre, lo stillicidio prosegue per giorni dopo che le piogge sono cessate, come se la struttura si comportasse a mo' di "spugna", assorbendo rapidamente grandi quantità d'acqua e rilasciandola un poco alla volta per gravità. I temporali estivi, scaricando in poche ore decine di millimetri di pioggia, sono probabilmente i maggiori responsabili delle infiltrazioni, mentre le precipitazioni invernali, specie se corrispondenti a basse temperature, danneggiano soprattutto i giunti di malta tra i gradoni, la cui porosità

favorisce i fenomeni di degrado legati ai cambiamenti di stato dell'acqua (erosione, cristallizzazione, gelo-disgelo etc.).

Questi riscontri mostrano come l'acqua attraversi la sezione della struttura in modi diversi e non sempre prevedibili, soprattutto in corrispondenza del deambulatorio e degli arcovoli mediani, dove le volte in *opus caementicium* hanno sezione più consistente (superiore a 40-50 cm). Si tratta, in altri termini, di percorsi preferenziali corrispondenti, resi evidenti dal fatto che all'intradosso i fenomeni di degrado si concentrano attorno ai punti in cui le infiltrazioni si palesano.

4. IL COMPORTAMENTO TERMICO E IGROMETRICO DELLA STRUTTURA

Il settore di anfiteatro compreso tra gli arcovoli IV e VIII è stato ulteriormente caratterizzato mediante il monitoraggio in continuo dei parametri ambientali. Lungo punti caratteristici della sezione tipo, vengono monitorati la T e l'UR ambientali insieme alla temperatura delle superfici. In questo modo è possibile controllare l'entità e la ricorrenza dei fenomeni di condensazione superficiale e interstiziale che, soprattutto nella tarda primavera, contribuiscono al degrado delle superfici murarie interne. Misurando la temperatura superficiale della cavea è possibile controllare le condizioni di esercizio di questa superficie, valutando lo stress termico cui è sottoposto l'interfaccia malta-gradone soprattutto nei mesi più caldi, quando la temperatura superficiale si avvicina ai 50°C nelle ore più calde del pomeriggio, con processi e tempi di riscaldamento e raffreddamento differenti sulle sedute e sulla superficie della alzate.

Nei mesi più freddi, quando la stagione operistica è sospesa e si svolge la manutenzione, è invece possibile controllare che la temperatura non scenda eccessivamente durante le lavorazioni ad umido come quelle che prevedono l'impiego di malte⁵. A titolo esemplificativo: nel primo anno di monitoraggio la massima temperatura è stata registrata sulla seduta del gradone il 4 luglio alle ore 14:00, pari a 49.17°C. La temperatura minima è stata registrata sull'alzata il 1° febbraio alle ore 8:00, pari -6.35°C. L'escursione annuale è quindi pari a 55.52°C. Durante l'estate l'esposizione solare determina i picchi del riscaldamento e la temperatura della pedata supera ampiamente quella dell'alzata nei valori massimi, con differenze nell'ordine di 5-6°C. Le superfici verticale, tendono però a riscaldarsi più rapidamente, raggiungendo temperature superiori a 40°C già nella tarda mattinata e mantenendole più a lungo rispetto alla pedata (v. grafico del 18 agosto, pagina a colori). I valori minimi presentano analogo andamento (v. tavola a colori). Con l'autunno l'andamento termico rilevato sull'alzata e sulla seduta tende a coincidere, con brevi e minime escursioni.

5. LA MANUTENZIONE DEL "TETTO" DELL'ARENA FRA DIAGNOSI E MODALITÀ DI INTERVENTO: NUOVI STRUMENTI PER UN PROBLEMA ANTICO

Volgendo infine lo sguardo alle pratiche storiche di conservazione dell'Arena di Verona, riguardo alle quali sono state sviluppate negli ultimi anni due tesi di

Dottorato⁶, è stato possibile indagare le modalità con le quali in passato sono state affrontate, nella maggior parte dei casi, le medesime problematiche di manutenzione e conservazione. Si è compreso, in questo modo, che il sistema di tenuta all'acqua della cavea e di protezione delle strutture sottostanti fu tra i principali interessi degli studi sui caratteri costruttivi dell'edificio avviati nel Cinquecento da diversi studiosi e architetti, fra cui Giovanni Caroto, Antonio da Sangallo, Baldassarre Peruzzi, Andrea Palladio e Sebastiano Serlio.

I restauri avviati per volontà del Consiglio cittadino nel 1568, basati in parte su quegli studi, si preoccuparono anch'essi di come smaltire le grandi quantità d'acqua presenti nell'anfiteatro, demandando però tale funzione solamente ai caratteri morfologici, geometrici e costruttivi della cavea, ovvero alla forma ad imbuto della struttura, alla leggera pendenza imposta al piano orizzontale dei gradoni e alla resistenza e durabilità dei materiali utilizzati per i giunti in malta e per i gradoni stessi.

Le successive ricerche, a partire dal Settecento, e la messa in luce dei primi tratti del complesso sistema idraulico dell'anfiteatro romano attraverso lo scavo degli ipogei, permisero agli studiosi veronesi – in primis al marchese Scipione Maffei – di comprendere che, nei restauri sino ad allora operati, non si era tenuto conto del funzionamento di questo articolato apparato, senza la cui perfetta conoscenza, oltretutto, non sarebbe stato possibile migliorare la gestione globale delle acque in Arena nemmeno nei futuri interventi. Maffei inserì nella sua analisi anche alcuni “errori” costruttivi attribuiti ai restauri moderni, sempre determinati da una scarsa conoscenza del dato storico e tecnologico: ad esempio, per restare sulla cavea, la funzione di tenuta all'acqua attribuita ad un manto costituito da elementi discontinui (i gradoni lapidei) e di dimensioni variabili, in certi casi non perfettamente sagomati sui bordi, che difficilmente avrebbero potuto costituire un efficace ostacolo alle infiltrazioni d'acqua, in particolare lungo i giunti.⁷

La riflessione di Maffei, ripresa e ampliata un secolo più tardi dall'altro grande studioso dell'anfiteatro veronese, il conte architetto Bartolomeo Giuliani, servì non solo a spiegare in maniera puntuale le principali problematiche conservative, ma anche ad indirizzare gli interventi sull'edificio verso una prassi che oggi potremmo definire di “conservazione programmata”: Maffei e Giuliani si resero conto, infatti, che la modalità più efficace e sostenibile, anche dal punto di vista economico, per preservare l'edificio dai danni dovuti larga misura alle infiltrazioni dalla cavea e all'umidità delle strutture era quella di istituire un piano di interventi minuti ma costanti e ripetuti su tutte le parti della fabbrica, dalla manutenzione dei gradoni alla stuccatura dei giunti, dalla riparazione dei piccoli dissesti sui voltati alla pulizia e alla cura del sistema di raccolta e scolo delle acque. Questa prassi, adottata fin dal Settecento, fu resa pressoché stabile e scientificamente verificata nell'Ottocento sino ai primi anni post-unitari, con la costante supervisione di un architetto “conservatore” e l'impiego di una squadra fissa di operatori costituiti da un capomastro esperto e da uno o due operai, a seconda delle necessità.

Nel corso del Novecento contrario, questo insieme di buone pratiche e di costanti cure per l'edificio fu inspiegabilmente abbandonato per periodi molto lunghi, nei quali la programmazione della tutela assunse un ruolo subalterno rispetto a quella degli spettacoli lirici. In questo contesto non mancarono operazioni di più ampio respiro, come i restauri condotti tra il 1954 e il 1957, diretti dai Soprintendenti Forlati e Gazzola, con la felice soluzione adottata per il consolidamento dell'Ala. Nei decenni successivi, sulla cavea, si procedette in maniera spesso confusa, con materiali non idonei e soprattutto senza conoscere, in moltissimi casi, la storia delle manutenzioni e gli studi anche più recenti.

Note

¹ Così Bianca Maria Scarfi, funzionario della Soprintendenza ai Beni Archeologici del Veneto: B. M. Scarfi, *L'Arena: problemi d'uso e di conservazione*, in "Atti e Memorie dell'Accademia di Agr. Sc. Lett. VR", a.a. 1983-84, Serie VI, Vol. XXXV, pp. 320-329.

² Le lavorazioni sulla cavea si eseguono tra ottobre e maggio, quando il monumento non viene utilizzato per gli spettacoli e le gradonate sono sgombre di persone e sedute metalliche.

³ Il rilievo, la legenda e la descrizione delle forme di alterazione del paramento murario esterno è stata curata da: arch. Raffaella Braggio, Giovanni Castiglioni, Genziana Frigo, Filippo Legnaghi.

⁴ I dati sono quelli della stazione di Verona Saval, disponibili al web <http://www.arpav.it/>

⁵ L'irraggiamento notturno della volta celeste contribuisce a far scendere sotto i 5°C la temperatura superficiale delle sedute già nella seconda metà di ottobre. Cfr. UNI 10829 – APPENDICE A (INFORMATIVA) - VALORI DI RIFERIMENTO CONSIGLIATI, IN CONDIZIONI DI CLIMA STABILE ED IN MANCANZA DI INDICAZIONI SPECIFICHE DIVERSE, AI FINI DELLA PROGETTAZIONE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE PER AMBIENTI CHE CONTENGONO BENI DI INTERESSE CULTURALE

⁶ G. Castiglioni, *Nel mito dell'antico. L'Arena di Verona: vicende della manutenzione nei secoli XIX e XX*, Tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, Politecnico di Milano, 2009, rel. prof. A. Grimoldi; M. Cofani, *Pro instaurando Amphitheatro. Pratiche storiche di restauro e conservazione dell'Arena di Verona (1450-1866)*, Tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, Politecnico di Milano, 2011, rel. prof. A. Grimoldi.

⁷ S. Maffei, *Degli Anfiteatri e singolarmente del Veronese*, Verona, 1728, II, pp. 252-254 e 331-335.

Riferimenti bibliografici

S. Maffei, *Degli Anfiteatri e singolarmente del Veronese*, Verona, 1728

B. Giuliani, *L'Anfiteatro di Verona. Relazione sui lavori fatti negli anni 1820-1821*, in "Archivio storico Veronese", 1879-1880, vol. III fasc. VII, pp. 46-96, fasc. VIII, pp. 129-176, fasc. IX, pp. 231-291, vol. IV, fasc. X, pp. 17-68, fasc. XI, pp. 129-185.

F. Coarelli – L. Franzoni, *L'Arena di Verona. Venti secoli di storia*, Verona, 1972.

G. Castiglioni, *Nel mito dell'antico. L'Arena di Verona: vicende della manutenzione nei secoli XIX e XX*, tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, Politecnico di Milano, 2009, rel. A. Grimoldi.

G. Castiglioni, M. Cofani, *Pratiche storiche di prevenzione nell'Arena di Verona: il caso del restauro temporario della cavea di Alessandro Perez (1879-1882)*, "Atti del XXVI convegno Scienza e beni culturali – Pensare la Prevenzione – Bressanone 14-16 luglio 2010", pp. 849-860.

M. Cofani, *Pro instaurando Amphitheatro. Pratiche storiche di uso e manutenzione dell'Arena di Verona (1450-1866)*, tesi di Dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, Politecnico di Milano, 2011, rel. A. Grimoldi.