



Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità
Forma urbana e individualità architettonica

Atti del Congresso

Torino, 25-28 settembre 2019

a cura di Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida



**POLITECNICO
DI TORINO**
Dipartimento di Ingegneria
Strutturale, Edile e Geotecnica

artec Associazione Scientifica
per la Promozione dei Rapporti
tra Architettura e Tecniche dell'Edilizia

Edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

**Ingegno e costruzione
nell'epoca della complessità**

atti del congresso
Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di
Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità

atti del congresso

Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

© Politecnico di Torino

ISBN: 978-88-85745-31-5

coordinamento editoriale: Cristiana Chiorino

progetto grafico: Giuliana Di Mari e Antonio Vottari

È vietata la riproduzione anche parziale se non espressamente autorizzata.

I contributi sono stati selezionati con doppia revisione anonima.

Ciascun contributo riflette unicamente il punto di vista degli Autori e

i Curatori non possono essere ritenuti responsabili delle informazioni contenute.

Comitato Scientifico

Rossano ALBATICI

Frida BAZZOCCHI

Carlo CALDERA

Santi Maria CASCONI

Giorgio CROATTO

Marco D'ORAZIO

Enrico DASSORI

Enrico DE ANGELIS

Pierluigi DE BERARDINIS

Flavia FASCIA

Fabio FATIGUSO

Giovanni FATTA

Marina FUMO

Ilaria GAROFOLO

Maria Paola GATTI

Claudio GERMAK

(Presidente SID)

Manuela GRECCHI

Antonella GUIDA

Riccardo GULLI

(Presidente Ar.Tec.)

Tullia IORI

Raffaella LIONE

Maria Teresa LUCARELLI

(Presidente SITdA)

Angelo LUCCHINI

Saverio MECCA

(Presidente ISTeA)

Marco MORANDOTTI

Renato MORGANTI

Stefania MORNATI

Placido MUNAFÒ

Emilio PIZZI

Francesco POLVERINO

Enrico QUAGLIARINI

Angelo SALEMI

Antonello SANNA

Enrico SICIGNANO

Gabriele TAGLIAVENTI

Giunta Ar.Tec.

Riccardo GULLI

Marco D'ORAZIO

Antonella GUIDA

Manuela GRECCHI

Raffaella LIONE

Francesco POLVERINO

(Presidente)

(Vicepresidente)

(Tesoriere)

Comitato Organizzativo

Carlo CALDERA

(Coordinatore)

Sara FASANA

Caterina FRANCHINI

Emilia GARDA

Marika MANGOSIO

Fabio MANZONE

Caterina MELE

Carlo OSTORERO

Paolo PIANTANIDA

Roberto VANCETTI

Valentina VILLA

Marco ZERBINATTI

Segreteria

Emiliano CEREDA

Giuliana DI MARI

Emmanuele IACONO

Umberto MECCA

Alessandra RENZULLI

Alessio SCHEPISI

Federico VECCHIO

Gianvito VENTURA

Antonio VOTTARI

Prefazione

Nel mondo contemporaneo dominato dalla velocità, dalla liquidità, dalla digitalizzazione, dall'impermanenza e dalla trasformazione rapida delle conoscenze, l'ambizioso richiamo all'ingegno del titolo del convegno, riferito alla Costruzione può forse apparire antiquato e per certi versi contraddittorio. Il rimando alla forma urbana e all'individualità architettonica se relazionato alla complessità delle problematiche urbane, all'eterogeneità e alla frammentazione dei tessuti urbani ed edilizi delle città contemporanee può allo stesso modo apparire di primo acchito poco pertinente.

Eppure se questo nostro tempo è dominato dalla complessità e dall'incertezza il riferirsi alla capacità umana primaria, l'ingegno, significa riportare tutte le questioni tecniche e architettoniche alla loro essenza. Sgombrato il campo dal rumore di fondo generato dall'immensa mole di informazioni visive, uditive, materiali e immateriali che assalgono i nostri sensi in ogni momento, restano le testimonianze materiche, gli edifici, i monumenti, i territori, i paesaggi che sono in attesa di essere vivificati, ricomposti, riconnessi in nuove realtà per dare risposta ai problemi complessi del nostro tempo. Porre in evidenza l'ingegno significa anche richiamarsi ai fondamenti della nostra disciplina, l'architettura

tecnica e ridare valore al metodo scientifico saldamente radicato nella cultura tecnica dell'ingegneria. Significa anche rimettere al centro la cultura progettuale, riflettere e interrogarsi sulle prospettive e sulle sfide che come progettisti, costruttori, formatori ci attendono nel prossimo futuro.

La varietà e l'eterogeneità dei contributi presentati nelle tre sessioni tematiche : Construction history and preservation; Construction and building performance, Design and building technologies, con una preponderanza di studi nella prima sessione, fortemente incentrata sugli aspetti conoscitivi storici, tecnologici, della costruzione, nei suoi singoli episodi o nei complessi urbani e territoriali, denota una ricca e vivace articolazione di spunti e interessi dell'ambito disciplinare e la sua attualità malgrado la difficoltà poste dalle continue sfide e trasformazioni della nostra società. Riaffermare la centralità del progetto nell'epoca della complessità significa in ultima analisi la capacità di affrontare le sfide e le opportunità contemporanee attraverso i valori e le competenze provenienti dalle comuni radici dalla cultura progettuale dell'ingegneria e dell'architettura.

Il convegno si configura come spazio privilegiato per l'analisi, la discussione, il confronto (locale e globale) tra tutti gli operatori del settore delle costruzioni, per suggerire soluzioni e percorsi sul solido della tradizione, innovativi, sperimentali per rinnovare e riconfigurare la cultura della Progettazione.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

SOMMARIO GENERALE



A CONSTRUCTION HISTORY
AND PRESERVATION

6



B CONSTRUCTION AND
BUILDING PERFORMANCE

599



C DESIGN AND BUILDING
TECHNOLOGIES

1001



A



**CONSTRUCTION HISTORY
AND PRESERVATION**



Construction history and preservation

Se quella che stiamo vivendo è l'epoca della complessità, la memoria e la conoscenza del nostro passato sono strumenti fondamentali per poter leggere e tentare di interpretare questa complessità. Se questo è vero per la Storia della nostra società, lo è altrettanto e forse ancora di più per quella del Costruito.

Le nostre città, i nostri edifici sono la rappresentazione fisica della somma e delle stratificazioni materiali e relazionali dello sviluppo della nostra civiltà, profondamente incise in vari modi nei territori e nei tessuti urbani ed edilizi. Lo sviluppo che ha caratterizzato la seconda metà del Novecento dei paesi industrializzati ha dato vita alla città contemporanea e in Italia, più che in altri paesi, ha costituito una cesura netta con la cultura costruttiva consolidata. Non è certo questo il luogo per una trattazione esauriente di questi fenomeni ma, pur semplificando molto, si può affermare che la necessità di dare una casa agli italiani dopo le distruzioni della seconda guerra mondiale e il boom economico ed edilizio nelle due decadi tra il 1950 e il 1970, è stato indubbiamente uno dei principali veicoli di trasformazione radicale dei nostri centri urbani grandi e piccoli. Le grandi città si sono dilatate nella campagna spinte dalla costruzione di enormi quartieri periferici, nei quali, dopo la stagione delle realizzazioni della prima INA Casa ancora legata ai metodi costruttivi tradizionali, si sono imposti, per ragioni prevalentemente economiche, i sistemi costruttivi industrializzati, con esiti difficili da valutare ancora oggi, soprattutto per quanto riguarda la qualità complessiva dei manufatti. In ogni caso lo sviluppo edilizio e urbano, rapido e tumultuoso di quegli anni ha comportato uno stravolgimento di assetti ed equilibri secolari nei territori e nelle campagne, ha dato vita alle attuali periferie urbane, ha reso molto spesso irriconoscibili i caratteri peculiari dei luoghi e ha modificato profondamente il paesaggio. Anche dopo, quando la spinta

della crescita economica e demografica si era ormai esaurita, le nostre città hanno continuato ad espandersi dando vita a quel continuum urbanizzato indifferenziato, che gli anglosassoni chiamano urban sprawl e che ha finito per inglobare quanto restava delle testimonianze del passato costruttivo dei luoghi.

Oggi ci troviamo a dover fare i conti con la necessità di reintrecciare (o ritrovare) un filo conduttore tra la storia e la contemporaneità, per cercare di riannodare tessuti e trame a volte spezzati e spesso molto diversi tra loro, per consistenza materica ed esito architettonico. E dunque diviene necessario ricostruire le memorie dei diversi episodi costruttivi e dei loro contesti urbani e territoriali, le microstorie e i singoli casi di studio, analizzarne gli elementi connotanti fino alla scala del dettaglio, valendosi di tutti gli strumenti conoscitivi che le tecniche e gli strumenti odierni, anche digitali, ci mettono a disposizione. Recupero, riqualificazione, rigenerazione, agopuntura urbana sono alcune delle parole che hanno a che fare con la ricomposizione e la riconnessione delle trame e delle memorie, non per nostalgiche operazioni di ritorno al passato ma per tentare di costruire una diversa e nuova contemporaneità, coniugando la storia con il presente per affrontare un futuro multiforme e caratterizzato a sua volta da nuovi imperativi come la sostenibilità e la resilienza.

In questa sessione la varietà dei casi analizzati alle diverse scale e nei diversi contesti è indice della ricchezza, ma anche del bisogno insito nei diversi apporti disciplinari dell'architettura tecnica, di indagare il fatto costruttivo nei suoi singoli aspetti, materiali, tecnologici, prestazionali o nella sua globalità, dal punto di vista del progetto e della costruzione, con rigore scientifico e visione sistemica e multidisciplinare. Emerge inoltre che, se l'orizzonte conoscitivo dei singoli casi è generalmente finalizzato direttamente o indirettamente all'intervento di recupero o di riqualificazione, considerato prevalentemente nei suoi aspetti e componenti tecnologici, diagnostici e prestazionali, ancor più rilevanti e strategici sono divenuti oggi gli aspetti legati agli strumenti di gestione e valorizzazione del patrimonio e dell'intero processo edilizio.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

- CONOSCERE E CONSERVARE I CARATTERI ARCHITETTONICI DEL SITO UNESCO DI MAIORI (SA)
 NELL'EPOCA DEI CONFLITTI TURISTICI E DELLA FRAMMENTAZIONE**
Knowing and preserving the architectural features of the UNESCO site of Maiori (Sa) in the age of tourist conflicts and fragmentation
Federica Ribera*, **Pasquale Cucco***
 *UNIVERSITÀ DI SALERNO (SALERNO, ITALIA) – FRIBERA@UNISA.IT - PCUCCO@UNISA.IT
- MANUTENZIONE PROGRAMMATA PER IL PATRIMONIO ARCHITETTONICO STORICO. ESPERIENZE IN CORSO
 (DAL RILIEVO 3D AI PROGRAMMI DI INTERVENTO)**
Planned maintenance for architectural heritage. Experiences in progress (from 3D survey to intervention programs)
Marco Zerbinatti*, **Andrea Maria Lingua****, **Francesca Matrone****
 *DISEG **DIATI - POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – MARCO.ZERBINATTI@POLITO.IT – ANDREA.LINGUA@POLITO.IT – FRANCESCA.MATRONE@POLITO.IT
- LEGNO E LATERIZIO NELLA COSTRUZIONE TRADIZIONALE CINESE**
Wood and bricks in traditional Chinese construction
Maria Vittoria Fratini*, **Luca Guardigli***, **Anna Chiara Benedetti***
 *DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA) – MARIA.FRATINI@STUDIO.UNIBO.IT - LUCA.GUARDIGLI@UNIBO.IT – ANNAC.BENEDETTI@UNIBO.IT
- MURATURE IN PARALLELO. PER UN ATLANTE SINOTTICO DELLE TECNICHE COSTRUTTIVE STORICHE
 NELL'AREA DEL SISMA DEL CENTRO ITALIA 2016**
Masonry in parallel: for a synoptic map of the constructive technics in the area of 2016 Central Italy earthquake
Chiara Braucher*, **Edoardo Currà***
 *UNIVERSITÀ LA SAPIENZA DI ROMA (ROMA, ITALIA) – CHIARA.BRAUCHER@UNIROMA1.IT - EDOARDO.CURRA@UNIROMA1.IT
- LE FACCIATE DI PIETRA ARTIFICIALE NELL'AVENIDA SÃO JOÃO, SÃO PAULO-BRASILE**
The facades of artificial stone rendering in the avenida São João, São Paulo-Brazil
Regina Helena Vieira Santos*
 *FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (SÃO PAULO, BRASIL)- DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE; RHVS@USP.BR
- ARCHITETTURE PER LE ACQUE SOTTERRANEE. CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CAVO A PALERMO**
Architectures for the groundwater. Conservation and enhancement of the underground heritage in Palermo
Calogero Vinci*
 *UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO (PALERMO, ITALIA) – CALOGERO.VINCI@UNIPA.IT

- | | | |
|--|-----|----------------------------------|
| <p>■ TORRI ACQUEDOTTO: ARCHITETTURE D'ACQUA/ARCHITETTURE SOCIALI
 <i>Waterworks towers: water Architectures/social Architectures</i>
 Antonella Guida*, Vito Domenico Porcari*, Ida Giulia Presta*
 <small>*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA (MATERA, ITALIA); **POLITECNICO DI BARI (BARI, ITALIA) – ANTONELLA.GUIDA@UNIBAS.IT - VITO.PORCARI@GMAIL.COM
 IDAGIULIA.PRESTA@POLIBA.IT</small></p> | 74 | VAI ALL'ARTICOLO |
| <p>■ MATTONI 'A ZEPPA' NELLA FERRARA DEL XVII SECOLO
 <i>The use of wedge-shaped bricks in the XVII century Ferrara</i>
 Manlio Montuori*
 <small>*LABO.R.A. – LABORATORIO DI RESTAURO ARCHITETTONICO DEL DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA DELL'UNIVERSITÀ DI FERRARA (FERRARA, ITALIA) – MANLIO.MONTUORI@UNIFE.IT</small></p> | 84 | VAI ALL'ARTICOLO |
| <p>■ LA STRUTTURA LIGNEA DI COPERTURA DELLO SCALONE DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA
 <i>The timber roof structure of the grand staircase in the University of Pavia</i>
 Emanuele Zamperini*, Valentina Cinieri*
 <small>*UNIVERSITÀ DI PAVIA (PAVIA, ITALIA) – EMANZAMP@YAHOO.COM - VALENTINA.CINIERI@GMAIL.COM</small></p> | 93 | VAI ALL'ARTICOLO |
| <p>■ LA DIDATTICA DELL'ARCHITETTURA ALLA "REGIA SCUOLA DI APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI" DI ROMA DA ENRICO GUJ A GUSTAVO GIOVANNONI
 <i>Teaching architecture at the "Regia Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri" of Rome. From Enrico Guj to Gustavo Giovannoni</i>
 Edoardo Currà*, Fabrizio Di Marco*
 <small>*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA" (ROMA, ITALIA) – EDOARDO.CURRA@UNIROMA1.IT - FABRIZIO.DIMARCO@UNIROMA1.IT</small></p> | 103 | VAI ALL'ARTICOLO |
| <p>■ SCACCO ALLA CENTINA! LA COSTRUZIONE DELLE INFRASTRUTTURE IN ITALIA (1965-1990)
 <i>The centering is dead! The construction of infrastructures in Italy (1965-1990)</i>
 Gianluca Capurso*, Francesca Martire*
 <small>*UNIVERSITÀ DI ROMA TOR VERGATA (ROMA, ITALIA) – CAPURSO@ING.UNIROMA2.IT – FRANCESCA.MARTIRE@UNIROMA2.IT</small></p> | 113 | VAI ALL'ARTICOLO |
| <p>■ IL MODELLO 59 DEI MOTEL AGIP
 <i>The Model 59 of Agip motels</i>
 Giorgia Predari*, Riccardo Gulli*
 <small>*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA) – GIORGIA.PREDARI@UNIBO.IT - RICCARDO.GULLI@UNIBO.IT</small></p> | 123 | VAI ALL'ARTICOLO |

- **EDIFICI E FORMA URBANA NELL'ESPERIENZA INA-CASA A CATANIA** 133 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Buildings and urban fabric in the Ina-Casa experience in Catania
Angela Moschella*, **Angelo Salemi***, **Enrico Finocchiaro***, **Attilio Mondello***
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA (CATANIA, ITALIA) – ANGELA.MOSCHELLA@DARC.UNICT.IT – ANGELO.SALEMI@DARC.UNICT.IT – ENRICO.FINOCCHIARO@TATSTUDIO.IT
 AMODELLO@DARC.UNICT.IT
- **LA COSTRUZIONE DELLO SPAZIO APERTO NEL QUARTIERE DI DIAR EL MAHÇOUL DI FERNAND POUILLON AD ALGERI** 143 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The building of the open space in Diar el Mahçoul district of Fernand Pouillon in Algiers
Carlo Atzeni*, **Francesco Marras***, **Silvia Mocci***
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI (CAGLIARI, ITALIA) – CARLO.ATZENI@UNICA.IT – FRANCESCO.MARRAS@UNICA.IT – SMOCCI@UNICA.IT
- **RESIDENZE PREFABBRICATE IN FRANCIA (1960-1970). SISTEMI COSTRUTTIVI, MODELLI E STRUMENTI PER IL RECUPERO** 152 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Prefabricated residential buildings in France (1960-1970). Building systems, models and refurbishment tools
Angelo Bertolazzi*, **Agata Maniero***, **Umberto Turrini***, **Giorgio Croatto***, **Giovanni Santi****
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA (PADOVA, ITALIA); **UNIVERSITÀ DI PISA (PISA, ITALIA) – ANGELO.BERTOLAZZI@UNIPD.IT – AGATA.MANIERO@PHD.UNIPD.IT
 UMBERTO.TURRINI@UNIPD.IT – GIORGIO.CROATTO@UNIPD.IT – GIOVANNI.SANTI@UNIPD.IT – CARLO.ATZENI@UNICA.IT – FRANCESCO.MARRAS@UNICA.IT – SMOCCI@UNICA.IT
- **LE SALE CINEMATOGRAFICHE DI INNOCENZO SABBATINI: IL CINE TEATRO ANIENE** 162 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The cinemas of Innocenzo Sabbatini: the Aniene movie theater
Cesira Paolini*, **Marina Pugnaletto***
*SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ROMA, ITALIA) – CESIRA.PAOLINI@UNIROMA1.IT – MARINA.PUGNALETTO@UNIROMA1.IT
- **GLI EDIFICI IN LEGNO DI VILLAGGIO MANCUSO, PATRIMONIO EDILIZIO STORICO DELLA CALABRIA DEL NOVECENTO** 172 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The wooden buildings of Villaggio Mancuso, historical building heritage of twentieth century Calabria
Alessandro Campolongo*, **Valentina Guagliardi***
*UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA (ARCAVACATA DI RENDE, ITALIA) – ALECAMPO@UNICAL.IT – VALENTINA.GUAGLIARDI@UNICAL.IT
- **LA SPERIMENTAZIONE CON L'ACCIAIO NELL'ARCHITETTURA ITALIANA DEL NOVECENTO: ANALISI DI ALCUNE OPERE PARADIGMATICHE** 181 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The experimentation with steel in the Italian architecture of the twentieth century: analysis of some paradigmatic works
Marcello Zordan*, **Franco Fragnoli***
*UNIVERSITÀ DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE (CASSINO, ITALIA) – M.ZORDAN@UNICAS.IT – F.FRAGNOLI@UNICAS.IT

- **L'INDUSTRIA ITALIANA DELLE COSTRUZIONI DEL PRIMO '900. IL CASO DELLA BANCA D'ITALIA A POTENZA (ITALIA)** 191 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Italian construction industry in '900. The case of "Banca d'Italia" in Potenza (Italy)
Antonello Pagliuca*, **Pier Pasquale Trausi***
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA (MATERA, ITALIA) – ANTONELLO.PAGLIUCA@UNIBAS.IT – PIERPASQUALE.TRAUSI@UNIBAS.IT
- **LA CASA PER UFFICIALI DI MARINA DI G. VIOLA E G. SAMONA' A TRAPANI** 201 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The House for Naval Officers in Trapani designed by G. Viola and G. Samonà
Rossella Corrao*
*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, SCUOLA POLITECNICA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO – ROSSELLA.CORRAO@UNIPA.IT
- **ARCHITETTURE COSTRUITE DI ENRICO CASTIGLIONI NELLA SCUOLA ITALIANA DI INGEGNERIA** 211 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Structural metamorphosis: built architectures by Enrico Castiglioni in the Italian School of Engineering
Ilaria Giannetti*
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA" - DICII (ROMA, ITALIA) – ILARIA.GIANNETTI@UNIROMA2.IT
- **NERVI E LA PREFABBRICAZIONE STRUTTURALE: LO STADIO FLAMINIO A ROMA (1957-59)** 221 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Nervi and the structural prefabrication: the Flaminio Stadium in Rome (1957-59)
Rosalia Vittorini*, **Rinaldo Capomolla***
*UNIVERSITÀ DI ROMA TOR VERGATA (ROMA, ITALIA) – VITTORINI@ING.UNIROMA2.IT - CAPOMOLLA@ING.UNIROMA2.IT
- **TRE PICCOLI CAPOLAVORI DI SERGIO MUSMECI** 231 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Three little masterpieces by Sergio Musmeci
Alessia Sisti*
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA" (ROMA, ITALIA) – ALESSIA.SISTI@SIXXI.EU
- **PROTO-BIOCLIMATICA E MOVIMENTO MODERNO: VERSO UN REPERTORIO DI SOLUZIONI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI** 241 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Proto-Bioclimate and the Modern Movement: Towards a Repertoire of Solutions and Building Elements
Caterina Franchini*, **Caterina Mele***
*POLITECNICO DI TORINO, DISEG, R3C (TORINO, ITALIA) – CATERINA.FRANCHINI@POLITO.IT – CATERINA.MELE@POLITO.IT
- **LE COPERTURE PIANE NELLE SIEDLUNG DI FRANCOFORTE (1926-1927): ANALISI DEL COMPORTAMENTO TERMICO** 252 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Flat Roofs in Frankfurt's Siedlung (1926-1927): Analysis of Thermal Behaviour
Giovanna Saveria Laiola*, **Amedeo Pezzi****
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE (UDINE, ITALIA); **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE (TRIESTE, ITALIA) – LAIOLA.GIOVANNASAVERIA@SPES.UNIUD.IT – AMEDEO.PEZZI@PHD.UNITS.IT

IL POZZO VITTORIO EMANUELE II A MONTEPONI (IGLESIAS). L'ARCHITETTURA DELL'INGEGNERIA NELL'EPOPEA MINERARIA DELL'800.

Il Pozzo Vittorio Emanuele II in Monteponi (Iglesias). Architecture of engineering in the mining epic of the 19th century.

Antonello Sanna*, **Giuseppina Monni***,

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE AMBIENTALE ARCHITETTURA – ASANNA@UNICA.IT – GMONNI@UNICA.IT

263 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

LA CONOSCENZA PER LA TRASFORMAZIONE. L'AREA DELL'EX CANTIERE NAVALE ROMA A PALERMO

Knowledge for transformation. The area of the former Shipyard Roma in Palermo

Tiziana Basiricò*, **Antonio Cottone****

*UNIVERSITÀ "KORE" DI ENNA (ITALIA); **UNIVERSITÀ DI PALERMO (ITALIA) – TIZIANA.BASIRICO@UNIKORE.IT – ANTONIO.COTTONE@UNIPA.IT

273 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

GLI EDIFICI PER LA PRODUZIONE DI TORVISCOSA, CITTÀ FABBRICA DEL MODERNO (1938 - 1968)

Buildings for production in Torviscosa, company town of the Modern Movement (1938-1968)

Anna Frangipane*, **Maria Vittoria Santi***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE (UDINE, ITALIA) – ANNA.FRANGIPANE@UNIUD.IT – MARIAVITTORIA.SANTI@UNIUD.IT

283 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

TRIANGULAC[C]IÓN | IL CASO DEL MERCATO LEGAZPI DI MADRID

Triagulac[c]ión | About Legazpi Market in Madrid

Giuliana Di Mari*, **Emilia Garda***, **Roberta Ingaramo***

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – DIMARIGIULIANA@GMAIL.COM - EMILIA.GARDA@POLITO.IT - ROBERTA.INGARAMO@POLITO.IT

293 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

LA STIMA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DELLE MURATURE STORICHE LAPIDEE ATTRAVERSO LA MODELLAZIONE AGLI ELEMENTI FINITI

The assessment of the thermal transmittance of historical stone masonries through finite element modelling

Giuseppe Desogus*

*UNIVERSITÀ DI CAGLIARI – GDESOGUS@UNICA.IT

303 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

L'ECONOMIA CIRCOLARE NEL CANTIERE DI RESTAURO: FORMULAZIONE DI UNA MALTA NATURALE A BASE DI INERTI RICICLATI E DI UN NUOVO LEGANTE IDRAULICO

The circular economy in the restoration site: formulation of a natural mortar based on recycled inerts and a new hydraulic binding

Santi Maria Cascone*, **Matteo Vitale***, **Giuseppe Antonio Longhitano****, **Giuseppe Russo***, **Nicoletta Tomasello***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA (CATANIA, ITALIA) **LIBERO PROFESSIONISTA – SANTIMARIACASCON@GMAIL.COM – MATTEO.VITALE@UNICT.IT

GIUSEPPE.RUSSO@UNICT.IT – NICOLETTATOMASELLO@UNICT.IT – ARCHGALONGHITANO@GMAIL.COM

312 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

- **MALTE E CONGLOMERATI A VISTA. VERSO UN ATLANTE DINAMICO** 318 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
'Exposed' mortars and conglomerates. Design for a dynamic atlas.
Sara Fasana*, **Marco Zerbinatti***, **Alessandro Grazzini***, **Federico Vecchio**
*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – SARA.FASANA@POLITO.IT – MARCO.ZERBINATTI@POLITO.IT – ALESSANDRO.GRAZZINI@POLITO.IT .
- **METODO SPEDITIVO PER LA VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEI CENTRI URBANI** 329 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
A expeditious method for the qualitative evaluation of the seismic vulnerability of urban centers
Grazia Lombardo*
*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA – GLOMBARDO@UNICT.IT
- **APPROCCIO ALLA CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DEGLI EDIFICI IN C.A. CON L'AUSILIO DI TECNICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA** 339 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Approach to the dynamic characterization of reinforced concrete buildings using passive single-station techniques
Davide Prati*, **Lorenzo Badini***, **Giovanni Mochi**, **Silvia Castellaro****
*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA); **DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA)
DAVIDE.PRATI5@UNIBO.IT – LORENZO.BADINI3@UNIBO.IT – GIOVANNI.MOCHI@UNIBO.IT – SILVIA.CASTELLARO@UNIBO.IT
- **ASPETTI COSTRUTTIVI E STRUTTURALI DEL PADIGLIONE IPOGEO DI RICCARDO MORANDI A TORINO** 349 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Constructive and structural aspects of the hypogeum Pavilion of Riccardo Morandi in Turin
Valerio Oliva*, **Erica Lenticchia***, **Rosario Ceravolo***
*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – VALERIO.OLIVA@POLITO.IT – ERICA.LENTICCHIA@POLITO.IT – ROSARIO.CERAVOLO@POLITO.IT
- **LA MODELLAZIONE PARAMETRICA PER L'INTERPRETAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLE CAPRIATE LIGNEE DI SAN SALVATORE** 358 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Parametric modelling for the interpretation of displacements of San Salvatore's wooden trusses
Davide Prati*, **Matteo Curti***, **Giovanni Mochi***
*UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA) – DAVIDE.PRATI5@UNIBO.IT – MATTEO.CURTI2@STUDIO.UNIBO.IT – GIOVANNI.MOCHI@UNIBO.IT
- **STRUMENTI DI CONDIVISIONE DELLE SCELTE NEI PROGETTI DI RECUPERO DEL PATRIMONIO PUBBLICO** 368 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Instruments for sharing choices in projects for the redevelopment of public heritage
Michele Sarnataro*, **Marina Fumo***, **Francesca Torrieri***
*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II (NAPOLI, ITALIA) – MICHELE.SARNAT@GMAIL.COM – MARINA.FUMO@UNINA.IT – FRTORRIE@UNINA.IT

LA GESTIONE DELLA DEMOLIZIONE SELETTIVA E SMALTIMENTO MATERIALI DI RISULTA, IN UN INTERVENTO DI SOSTITUZIONE EDILIZIA IN PROVINCIA DI SALERNO

Selective demolition management and disposal of waste materials, in an intervention of building replacement in Salerno

Giacomo Di Ruocco*, **Danilo Correale***, **Laura Giorgia Sorano***, **Roberta Melella***

*UNIVERSITÀ DI SALERNO – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE (SALERNO, ITALIA) – GDIRUOCCO@UNISA.IT - DANILU.CORREALE96@GMAIL.COM - LALLASORANO@GMAIL.COM
ROBERTA.MELELLA7@GMAIL.COM

378 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

DAL RIUSO ALL'AUTOCOSTRUZIONE: UN'ESPERIENZA DIDATTICA E SPERIMENTALE

From reuse to self-construction: an educational and experimental experience

Stefania De Gregorio*, **Pierluigi De Berardinis***, **Luis Palmero****

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA (L'AQUILA, ITALIA); **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (VALENCIA, SPAGNA) – DEGREGORIOSTEFANIA@GMAIL.COM
PIERLUIGI.DEBERARDINIS@UNIVAQ.IT - LPALMERO@CSA.UPV.ES

389 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

ZERO-WINDOWS PER INTERVENTI DI SOSTITUZIONE: L'ABBATTIMENTO DI RISORSE, ENERGIA, RIFIUTI

Zero-Windows for substitution: the reduction of resources, energy, waste

Ornella Fiandaca*

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA (MESSINA, ITALIA) – OFIANDACA@UNIME.IT

399 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

CRITERI DI RECUPERO PER CONSENTIRE NUOVI USI PER GLI EDIFICI STORICI

Fixing criteria to allow new uses for historical buildings

Michela Dalprà*, **Andrea Donelli***, **Massimo Bertoldi***, **Massimo Maccani***, **Antonio Frattari***

*UNIVERSITÀ DI TRENTO (TRENTO, ITALIA); – MICHELA.DALPRA@UNITN.IT - ANDREA.DONELLI@UNITN.IT - MASSIMO.BERTOLDI@VIRGILO.IT -
MASSIMO.MACCANI@TIN.IT - ANTONIO.FRATTARI@UNITN.IT

409 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

IL CASTELLO DI ROCCAMANDOLFI TRA CONSERVAZIONE E INNOVAZIONE

The Roccamandolfi's castle between conservation and innovation

Francesco Monni*, **Enrico Quagliarini***, **Gianluigi Mondaini***, **Alessandra Cardamone***, **Chiara Della Sciucca***, **Ilaria Pagliardini***

*UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE (ANCONA, ITALIA) – F.MONNI@UNIVPM.IT - E.QUAGLIARINI@UNIVPM.IT - G.MONDAINI@UNIVPM.IT

422 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

L'INTERVENTO SUL PATRIMONIO ARCHITETTONICO NELL'OPERA DI CARLO SCARPA

Intervention on Architectural heritage in the work of Carlo Scarpa

Claudia María Sacristán Pérez*

*UNIVERSIDAD DE SEVILLA (SPAGNA) / SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ITALIA) – CLAUDIA.SACRISTAN@UNIROMA1.IT

432 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

ARCHITETTURE RELIGIOSE IN DISUSO: UN PATRIMONIO DA RECUPERARE

Disused religious architectures: a heritage to be recovered

Alessandro Lo Faro*, **Attilio Mondello***, **Angelo Salemi***, **Flavia Anastasi****, **Valentina Nipitella****

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA (CATANIA, ITALIA); **LIBERI PROFESSIONISTI – ALESSANDRO.LOFARO@DARC.UNICT.IT – AMONDELLO@DARC.UNICT.IT – ANGELO.SALEMI@DARC.UNICT.IT –

FLAVIA.ANASTASI@OUTLOOK.COM – VALENTINA.NIPITELLA@GMAIL.COM

440 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

LA RICOSTRUZIONE DEL TEATRO GALLI DI RIMINI. TECNICHE E USO DEI MATERIALI NELLA TUTELA DEI VALORI IDEATIVI E DELLA INDIVIDUALITÀ ARCHITETTONICA

The reconstruction of the Galli theater in Rimini. Techniques and use of materials in the protection of ideal values and architectural individuality

Francesco Chinellato*, **Livio Petriccione****,

*/**DIPARTIMENTO POLITECNICO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA (UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE) – FRANCESCO.CHINELLATO@UNIUD.COM – LIVIO.PETRICCIONE@UNIUD.IT

450 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

LA RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO "ISTITUTO SACRO CUORE DI VERCELLI " AD USO CAMPUS UNIVERSITARIO

The conversion of building "Istituto Sacro Cuore di Vercelli" to a new università campus

Roberto Vancetti*, **Elena Filippi****, **Francesca Gialdi****

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); **REV ENGINEERING S.R.L.(VERCELLI, ITALIA) – ROBERTO.VANCETTI@POLITO.COM – EFILIPPI@REV-ENGINEERING.IT – FRANCESCA.GIALDI@GMAIL.COM

460 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

STRATEGIE PROGETTUALI PER IL RIUSO DELL'ARCHITETTURA

Project design strategies for re-using architecture

Daniela Besana*

*UNIVERSITÀ DI PAVIA (PAVIA, ITALIA) – DANIELA.BESANA@UNIPV.IT

470 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

TESTIMONIANZE DI ARCHITETTURA INDUSTRIALE A RESISTENCIA (CHACO): IL CASO DELL'EX OLEIFICIO "LA FABRIL FINANCIERA"

Testimonies of industrial architecture in Resistencia (Chaco): the case of the former oil mill "La Fabril Financiera"

Daniel E. Vedoya*, **Claudia A. Pilar***, **Caterina Mele****, **Paolo Piantanida****

*UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE (CORRIENTES, ARGENTINA); **POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – DEVEDOYA@GMAIL.COM, CAPILAR@YAHOO.COM

CATERINA.MELE@POLITO.IT, PAOLO.PIANTANIDA@POLITO.IT

480 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

IL RECUPERO DELLA MEMORIA ATTRAVERSO LA RISTRUTTURAZIONE DEGLI EDIFICI INDUSTRIALI ABBANDONATI DI PELOTAS, BR

The recovery of memory through the revitalization of abandoned industrial buildings of Pelotas, BR

Rita Patron*, **Fernando Sincero Jr.****

*UNIVERSITÀ PRESBITERIANA MACKENZIE (SAN PAOLO, BRASILE); **UNIVERSITÀ POSITIVO (CURITIBA, BRASILE) – RMPATRON@GMAIL.COM – FERNANDOSINCEROJUNIOR@GMAIL.COM

491 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

- **IL CEMENTIFICIO DI PIEDICASTELLO A TRENTO: LA DEMOLIZIONE PER LA RIGENERAZIONE?** 501 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The Piedicastello cement works in Trento: demolition for regeneration?
Maria Paola Gatti*, **Deanna Dalla Serra***
 *UNIVERSITÀ DI TRENTO – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA – MARIAPAOLA.GATTI@UNITN.IT – DEANNA.DALLASERRA@UNITN.IT
- **VERTICAL FARMING. VERSO UN NUOVO SCENARIO DI AGRICOLTURA URBANA PER LA CITTÀ DI TRENTO** 510 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Vertical farming. Towards a new scenario of urban agriculture for the city of Trento
Sara Dal Ri*, **Sara Favargiotti***, **Rossano Albatici***
 *UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO (TRENTO, ITALIA) – SARA.DALRI@LIBERO.IT – SARA.FAVARGIOTTI@UNITN.IT – ROSSANO.ALBATICI@UNITN.IT
- **L'IMPIEGO DEI RIVESTIMENTI LAPIDEI APUANI NEGLI EDIFICI DEGLI ANNI '30 E '40 A ROMA: IL PALAZZO DEI RICEVIMENTI E CONGRESSI ALL'E42** 520 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
The use of the Lapidei Apuani in the edifici on of the years and 40 to Rome: the palace of receptions and congresss in E42
Nicola Vannucchi*
 *PHD STUDENT 33° CICLO DICEA INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA" – NICOLA.VANNUCCHI@UNIROMA1.IT
- **L'USO DI SISTEMI A ORIGAMI E STRUTTURE TENSEGRALI PER LA RIQUALIFICAZIONE DI EDIFICI ESISTENTI** 530 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
On the use of origami and tensegrity systems for rehabilitation of existing buildings
Attilio Pizzigoni*, **Andrea Micheletti****, **Giuseppe Ruscica***, **Vittorio Paris***
 *UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO (BERGAMO, ITALIA); **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA" (ROMA, ITALIA) – ATTILIO.PIZZIGONI@UNIBG.IT
 MICHELETTI@ING.UNIROMA2.IT – GIUSEPPE.RUSCICA@UNIBG.IT – VITTORIO.PARIS@UNIBG.IT
- **UN APPROCCIO ENERGETICO INNOVATIVO PER IL RECUPERO DELL'ARCHITETTURA RURALE** 540 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
An innovative energetic approach to recovery rural architecture
Gigliola Ausiello*, **Adriana Cipolletti***, **Luca Di Girolamo***
 *DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE (NAPOLI, ITALIA) – AUSIELLO@UNINA.IT – ADRIANACIPOLLETTI90@GMAIL.COM – LUCA.DIGIROLAMO@UNINA.IT
- **LA VALORIZZAZIONE DEI CENTRI MINORI NELLE AREE INTERNE: DEFINIZIONI, ANALISI E PROPOSTE METODOLOGICHE** 549 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Valorization of small towns in the inland areas: definitions, analysis and methodological proposals
Emanuela D'Andria*, **Enrico Sicignano***, **Pierfrancesco Fiore***, **Giuseppe Donnarumma***
 *UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO (SALERNO, ITALIA) – EMDANDRIA@UNISA.IT – E.SICIGNANO@UNISA.IT – PFIORE@UNISA.IT – GIDONNARUMMA@UNISA.IT

STORIA E PROGETTO SOSTENIBILE PER LA RIQUALIFICAZIONE DI UN PERCORSO STRADALE IN CAMPANIA (ITALIA)*History and Sustainable Design for the Requalification of a Road Route in Campania (Italy)***Carolina De Falco***, **Pietro Ferrara***, **Renata Valente***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA LUIGI VANVITELLI (AVERSA, ITALIA) – CAROLINA.DEFALCO@UNICAMPANIA.IT – PIETRO.FERRARA1@LIBERO.IT – RENATA.VALENTE@UNICAMPANIA.IT

558

[VAI ALL'ARTICOLO](#)**IDENTITÀ CONTEMPORANEE: UNA DIMENSIONE ETEROTOPICA PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA INTEGRATA IN ITALIA***Contemporary Identities: a heterotopic dimension for integrated architectural design in Italy***Barbara Angi***, **Barbara Badiani***, **Angelo Luigi Camillo Ciribini***, **Lavinia Chiara Tagliabue***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA (BRESCIA, ITALIA) – BARBARA.ANGI@UNIBS.IT – BARBARA.BADIANI@UNIBS.IT – ANGELO.CIRIBINI@UNIBS.IT – LAVINIA.TAGLIABUE@UNIBS.IT

569

[VAI ALL'ARTICOLO](#)**IL RECUPERO E LA VALORIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI SPORTIVI NEL PROCESSO DELLA RIQUALIFICAZIONE URBANA***Restoration and promotion of sports facilities: a project of urban renewal***Stefano Bertocci***, **Silvia La Placa***, **Marco Ricciarini***

*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – STEFANO.BERTOCCI@UNIFI.IT – SILVIA.LAPLACA@STUD.UNIFI.IT – MARCO.RICCIARINI@UNIFI.IT

579

[VAI ALL'ARTICOLO](#)**OLTRE L'APARTHEID. RIMARGINARE LE CICATRICI DI UNA CITTÀ FERITA***Beyond apartheid. Healing the scars of a wounded city***Alice Borsari***, **Emilia Garda***, **Marika Mangosio***, **Johnny Miller*****POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); **FOTOGRAFO REGISTA (CAPE TOWN, SUDAFRICA) – ALICE.BORSARI@GMAIL.COM – EMILIA.GARDA@POLITO.IT – MARIKA.MANGOSIO@POLITO.IT
JOHNNY@MILLEFOTO.COM

589

[VAI ALL'ARTICOLO](#)

L'ECONOMIA CIRCOLARE NEL CANTIERE DI RESTAURO: FORMULAZIONE DI UNA MALTA NATURALE A BASE DI INERTI RICICLATI E DI UN NUOVO LEGANTE IDRAULICO

*The circular economy in the restoration site:
formulation of a natural mortar based on recycled inerts
and a new hydraulic binding*

Santi Maria Cascone*, Matteo Vitale*, Giuseppe Antonio Longhitano**, Giuseppe Russo*, Nicoletta Tomasello*

* Università degli Studi di Catania (Catania, Italia) ** Libero professionista

santimariacascone@gmail.com - matteo.vitale@unict.it - giuseppe.russo@unict.it
nicolettatomasello@unict.it - archgalonghitano@gmail.com

Keywords: circular economy, mortar, binding, restoration site

Riassunto

Nella cosiddetta "economia circolare", i.e. un'economia in grado di autorigenerarsi, il rifiuto non viene smaltito come nella naturale evoluzione operativa dell'opera, bensì riutilizzato. Questo comporta una diminuzione dell'impatto nell'ambiente del manufatto che lo adopera e un aumento, seppur ideologico, del suo valore. Rispettando i principi propri

dell'economia circolare, il presente studio ha come oggetto la formulazione di malte naturali a comportamento idraulico che prevedono il riuso del materiale proveniente dal cantiere di restauro. Alla base di tali malte vi è un nuovo legante idraulico ottenuto dalla combinazione "completa" tra calce e cocciopesto, reazione che non consente lo sviluppo di calce libera residua. Grazie a questa caratteristica, tali malte possono essere usate per il recupero delle murature dei manufatti storici aventi anche interesse artistico.

Abstract

In the "circular economy", i.e. an economy able to regenerate itself, the waste is not disposed as usual, but reused. This leads to a reduction of the building impact in the environment and an increase, even if ideological, of its value. By respecting the principles of the circular economy, the study focuses on a natural mortar with hydraulic behavior for whose formulation the material coming from the restoration site is used. These mortars are based on a new hydraulic binding obtained from the "complete" combination between lime and cocciopesto, a reaction that does not allow the development of residual free lime. Thanks to this characteristic, these mortars can be used for the recovery of the walls of historical buildings, also having artistic interest.

Introduzione

La presente ricerca si incentra sulla formulazione di malte naturali a comportamento idraulico che possono essere adoperate per il recupero delle murature dei manufatti storici aventi anche interesse archeologico e artistico. Lo studio deriva dall'osservazione dei manufatti storici che, sebbene realizzati con i medesimi materiali (i.e. calce e aggregati pozzolanici reagenti sulla calce impiegata), non presentano ad oggi il medesimo stato di conservazione, avendo resistito in maniera differente al trascorrere del tempo.

Un'ulteriore esigenza ha condotto la ricerca ai risultati esposti nel presente contributo, riscontrabile nel volere - e dovere - applicare negli interventi in fabbriche storiche malte naturali, dunque prive di cemento portland e di altre sostanze industriali artificiali che potrebbero non essere compatibili con l'esistente e comportare patologie (e.g., l'ettringite). Le malte da adoperare negli interventi in edifici storici devono inoltre garantire prestazioni di tipo estetico, conformi alle esigenze proprie di un cantiere di restauro. Da un punto di vista pratico e ambientale, in accordo con i principi propri del Life Cycle Assessment (LCA), è inoltre da favorire un processo di produzione che possa essere istruito anche direttamente presso il cantiere, secondo principi di sostenibilità e impatto sull'ambiente circostante prossimo allo zero.

La finalità della ricerca qui riportata - coperta da brevetto - riguarda dunque la messa a punto di un procedimento destinato alla realizzazione di un nuovo legante idraulico naturale che risulta basato sulla combinazione "completa" tra calce e cocciopesto impiegati, fattore che determina la resistenza nel tempo del manufatto storico. Dal punto di vista chimico, i principali composti, quali ossido di calcio e biossido di silicio, combinandosi nella "fase di malta umida", si trasformano in silicati di calcio e saranno stabili ad "indurimento completato". Tale legante è realizzato mediante materie prime esenti da additivi correttivi e coloranti, fattore che permette una programmazione di fine vita che potrà prevedere il riciclo integrale dei mix formulati con tale procedimento. Il prodotto finale, dunque, sarà fondato sull'utilizzo di materiale riciclato.

Il riutilizzo dei componenti il mix, derivanti dallo stesso cantiere di restauro, rispetta i principi propri della cosiddetta "economia circolare". Tale economia, in opposizione a quella di tipo "lineare", è definibile come "economia in grado di "auto-rigenerarsi" [1, 2, 3, 4], in quanto il rifiuto (ovvero ciò che andrebbe smaltito nella naturale evoluzione operativa dell'opera) è nullo, i.e. la materia di scarto viene totalmente riutilizzata

umentando, seppur ideologicamente, il valore dell'opera [5]. Al fine di ottenere un'economia definibile "circolare", essa deve essere basata sul principio di sostenibilità [6] e sull'utilizzo di materiale rispondenti a specifici requisiti di qualità e mantenimento nel tempo [7, 8].

Stato dell'arte e della tecnica

Nella pratica corrente, il legante naturale per il confezionamento di malte deriva dal carbonato di calcio sapientemente cotto che, opportunamente lavorato, è stato usato nel corso dei secoli come grassello di calce, latte di calce o, recentemente, calce in polvere. Come constatabile negli stessi manufatti che si sono mantenuti in un buono stato di conservazione fino ai giorni nostri, la malta a base di calce - per natura basica - è stata sovente accompagnata dall'aggiunta di prodotto pozzolanico (principalmente cocciopesto proveniente da macinazione di cotto ottenuto, preferibilmente, attraverso la cottura di argille azzurre) che includesse, dal punto di vista mineralogico, sufficiente biossido di silicio.

La combinazione del biossido di silicio e dell'ossido di calcio di cui è composto il calcare genera silicati di calcio, definiti fino ad oggi sempre in maniera imprecise, quindi in modo empirico. Il motivo per il quale alcuni manufatti storici si sono conservati ed altri si sono deperiti, sebbene le malte presentassero un legante idraulico naturale, è da ricercare in queste variabili, date dal cocciopesto e dalla calce, che combinate per l'appunto in maniera casuale fornivano differenti rese, soddisfacenti o meno. L'equilibrio ottimale di tali elementi, oggetto di numerosi studi, non era stato ancora raggiunto prima della ricerca qui esposta. Detta circostanza è anche dimostrata dalla formulazione dei cementi portland che, pur partendo inizialmente dallo stesso composto a base di argilla/calce, con la cottura fino ed oltre i 1500 °C si sono spinti fino alla formazione di silicati tricalcici che hanno evidenziato gravi problematiche sia sui manufatti di nuova costruzione sia in quelli storici, in cui la patologia di degrado di ettringite

risulta evidente proprio per la combinazione della calce residua con i solfati ed infine con gli alluminati tricalcici. Tale tipo di degrado è causato prevalentemente dagli alluminati tricalcici presenti in abbondanza nel cemento portland, che, combinandosi con il gesso (calce e solfati) presente anche come ritardante di presa, degenera come sopra definito. La stessa calce aerea, di natura basica, non può essere da sola adoperata come legante: trasformandosi a contatto con l'acqua in bicarbonato di calcio, provoca la formazione di gesso a seguito della reazione con i solfati, presenti di norma nelle piogge acide.

L'innovazione della ricerca qui esposta risiede nell'utilizzo di un legante composto da calce che contenga fino al 98% di CaO e materiale pozzolanico reagente sulla calce impiegata, che abbia comportamento idraulico e non contenga calce libera residua (e/o prodotti solubili in genere). Il mix così composto è durevole nel tempo e caratterizzato da una maggiore resistenza a compressione e durabilità.

Il procedimento per la formulazione di leganti da adoperare per ottenere malte naturali e di adeguata cromia

La problematica irrisolta prima della presente opera brevettuale risiedeva nell'impossibilità di stabilire quali fossero le quantità ottimali dei composti argilla/calce, specie in relazione alla natura mineralogica dei composti, variabili nel caso dell'argilla.

Qualitativamente, ciò che migliora un legante naturale è l'assenza di calce libera residua. In generale, più è alta la percentuale di calce libera residua sulla massa del composto, più è bassa la capacità idraulica dello stesso mix ed ancora più complesse risulteranno le patologie di decadimento dovute a formazione di acidi deboli fino alla ettringite. Un legante di qualità è dunque composto da calce idrata integralmente combinata con materiali

pozzolanici e/o cocciopesto. Tale legante sarà caratterizzato, in fase conclusiva d'essiccazione, dall'assenza assoluta di elementi residui liberi non integralmente combinati.

Per l'ottenimento di un siffatto legante, è necessario partire dall'equazione di Vicat, secondo la quale il rapporto tra calce e argilla, ovvero l'indice di idraulicità ottenibile, appartiene ad un range pari a $0.1 \div 0.5$, dove 0.5 comporta l'idraulicità massima del composto (i.e. "calce eminentemente idraulica"). Esso risulta dunque essere un valore incerto, il cui ottenimento – sebbene ricada in un intervallo definito – non scongiura



Fig. 1. Campione di malta naturale idraulicamente attiva priva di pigmenti artificiali

L'assenza di calce libera residua, quindi di parti solubili. Il procedimento proposto nella presente ricerca prevede che nella formula di Vicat, al posto di un valore incerto appartenente a un range di valori, venga invece imposto un risultato del rapporto argilla/calce ottimale e pari a 1. Tale imposizione rispetta, in parte, anche il principio di Avogadro, per il quale in uno stesso volume, prescindendo dalla massa, esistono e insistono gli stessi numeri di atomi “combinabili” tra elementi di diversa natura. Tali elementi sono nel nostro caso rappresentati dall'ossido di calcio e dal biossido di silicio che si trasformano in silicati di calcio, unico composto che garantisce idraulicità naturale alle malte.

La densità, definita come il rapporto della massa sul volume, è un valore unico per ogni elemento che compone la calce e l'argilla. Se nella calce pura al 98% la densità può essere assunta come valore fisso, ciò non accade per l'argilla, composta da quote parti variabili. Se la densità può essere definita fissa per la calce, e per scelta utilizzata pura al 98%, anche la sua MVA può essere identificata come unica; essa risulta invece variabile nel caso dell'argilla in base al suo assortimento granulometrico e alle sue caratteristiche mineralogiche. Sfortunatamente, le varianti necessarie per stabilire l'esatta MVA attraverso la pesatura in laboratorio sono fortemente dipendenti dal tasso di umidità relativa di ogni singola materia prima e dalla mano dell'operatore, nonché sovente complesse e imprecise. Considerando un volume pari a 1 m³, e confrontando gli elementi dal punto di vista non del peso bensì della MVA, è possibile stabilire – una volta calcolata la densità e la MVA dell'argilla – la MVA del nuovo composto.

Sulla scorta del procedimento sopra esposto, l'utilizzo di specifiche matrici facenti parte del procedimento brevettato permette – partendo dalle densità dei singoli elementi impiegati, derivate dalla specifica natura mineralogica del cocchiopesto di volta in volta impiegato – di ottenere un nuovo legante idraulico dato dall'utilizzo di calce idrata (sempre pura 98% di CaO) e cocchiopesto perfettamente bilanciati. In tali matrici vengono per

prima cosa riportati i valori di densità del Ca e dei componenti il cocchiopesto impiegato, tutti funzione dei prodotti adoperati (i cui valori vengono riportati nelle relative schede tecniche). Se, una volta stabiliti i componenti, tali valori di densità si mantengono invariati, non è possibile dire lo stesso della loro sommatoria: variando la quota percentuale degli elementi, varia conseguenzialmente anche la densità dell'argilla, che è di fatto variabile.

Il rapporto tra la densità data dal Ca presente nella calce idrata utilizzata e dalla densità media degli elementi principali del cocchiopesto Ca+Si+Al+Fe fornirà la percentuale da impiegare per formulare il nuovo legante idraulico naturale ottenuto a cottura dolce (quindi con materie prime lavorate a temperatura inferiore ai 1000°C) e con energia di prima ionizzazione. Poiché l'ossido di calcio presente nella calce impiegata e gli elementi presenti nel cocchiopesto (a carattere pozzolanico) risultano completamente combinati, non vi sarà calce libera residua.

L'oggetto del brevetto definisce quindi nella sua integrità un “procedimento codificato” per la formulazione di malte naturali con l'uso di un nuovo legante naturale idraulico ottenuto a cottura dolce. Il procedimento è applicabile sia a scala industriale che artigianale, nonché a bassissimo impatto naturale essendo basato su sole materie prime naturali. Il suo fulcro risiede nella possibilità – partendo dai volumi di aggregati e leganti impiegati che stabiliscono i singoli progetti – di creare una malta universale, in quanto impiegabile indipendentemente dal contesto, ed esente da quelle patologie caratterizzanti il cemento portland. Fondamentale per l'utilizzo del procedimento è la conoscenza delle caratteristiche mineralogiche degli aggregati naturali scelti che, preventivamente, andrebbero miscelati a secco con le percentuali volumetriche di progetto, definite dalle matrici di calcolo oggetto di brevetto. Il cocchiopesto impiegato avrà, preferibilmente, una curva granulometrica compresa tra 0-500 micron. Gli aggregati inerti utilizzati per la composizione di tali malte saranno il più puri possibili, in modo di ridurre al minimo le parti solubili “incontrollate”,

che potrebbero essere futura causa di patologie di degrado per l'intonaco, di tipo sia chimico che meccanico. Il legante formulato e composto da calce idrata e cocciopesto utilizzerà esclusivamente calce calcica CL90 superventilata e cocciopesto a carattere pozzolanico come composto naturale idraulicizzante: questo garantirà, in funzione delle sue caratteristiche mineralogiche, sufficiente presenza di biossido di silicio, a



Fig. 2. Chiesa della Purità di Catania, prospetto principale

garanzia certa di formazione sufficiente di silicati di calcio e assenza di calce libera residua. L'eventuale variazione percentuale tra aggregati e leganti, se voluta, sarà comunque controllabile e inciderà solamente sul modulo elastico, permettendo una possibile variazione di rigidità che a vario titolo potrà essere modulata per scopi e prescrizioni specifiche e conformi alle murature storiche.

Nel mix utilizzato in progetto, realizzato a freddo, vengono scelte cromie di primari sottrattivi (ciano, giallo e magenta), ovvero cromie che vengono restituite nelle zone di contatto quando vengono applicati i colori primari additivi. Con il loro utilizzo nelle appropriate quantità di volume, si ottengono i mix di progetto ricercati, che restituiscono da una distanza ravvicinata singole cromie mentre da lontano una cromia prevalente. La mancanza di pigmenti artificiali colorati nel composto nasce dalla volontà di finalizzare ed evidenziare gli aggregati adoperati all'interno del mix.

Conclusioni

Tramite il procedimento illustrato è possibile produrre malte naturali a base di calce, idraulicamente attive e ottenibili senza l'aggiunta di sostanze industriali. L'adoperare tali malte consente di rispettare le caratteristiche morfologiche dei manufatti storici che necessitano di Restauro Conservativo. Il procedimento garantisce l'assenza di residui non combinati, che saranno sempre uguali a zero nella malta formulata e composta. La sua applicazione consente dunque di ottenere una malta essiccata non solubile che garantisce un'elevata resistenza meccanica (raggiunta in tempi brevi e sempre con classe superiore alla CS2) e una lunga durabilità, evitando allo stesso tempo la stracottura dei composti e l'aggiunta nella malta storica di additivi e/o prodotti industriali che sostituivano e/o compensavano l'assenza di resistenza propria dei soli composti base calce.

La malta finale progettata - la cui cromia sarà ottenuta senza l'uso di additivi coloranti, con un risultato che non impatta dal punto di vista estetico - potrà essere utilizzata anche senza preliminari prove di laboratorio. Il procedimento proposto è infatti verificabile attraverso le prove post-opera di tipo chimico e meccaniche.

La metodologia illustrata potrà essere utilizzata anche da utenti non esperti nel campo del Restauro Conservativo, i quali avranno la possibilità di realizzare - anche direttamente in cantiere e grazie all'uso di formulari basati sul procedimento illustrato - formulati in cui i rapporti tra aggregati e legante sono definiti in maniera fissa, a garanzia di qualità prestazionali elevate e non ricercate con approssimazione empirica. I composti ottenuti presenteranno sempre alta traspirabilità e alta capacità idraulica e igroscopica, vantaggio che garantirà alla malta applicata in ambienti chiusi la possibilità di termoregolare l'umidità relativa dello stesso ambiente, nonché l'adeguatezza della stessa all'applicazione in murature storiche che sovente risentono del problema dell'umidità di risalita.

Bibliografia

www.ellenmacarthurfoundation.org

www.product-life.org

Coste-Maniere I, Croizet K, Sette E, Fanien A, Guezguez H, Lafforgue H (2019) Circular economy: A necessary (r)evolution. In: The Textile Institute Book Series, Circular Economy in Textiles and Apparel, pp 123-148

Zhijun F, Nailing, Y (2007) "Putting a circular economy into practice in China" Sustainability Science 2:95-101

Nakamura S, Kondo Y, Nakajiman K, Ohno H, Pauliuk S (2017), Quantifying recycling and losses of Cr and Ni in steel throughout multiple life cycles using MaTrace-alloy, Environmental Science & Technology, 51:9469-9476

Goodland R (1995), The concept of environmental sustainability, Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 26: 1-24

Gardetti M.A (2019) Introduction and the concept of circular economy. In: The Textile Institute Book Series, Circular Economy in Textiles and Apparel, pp 1-11

Iacovidou E, Velis C.A., Purnell P, Zwirner O, Brown A, Hahladakis J, Hopkins J.M, Williams P.T (2017), Metrics for optimizing the multi-dimensional value of resources recovered from waste in a circular economy: a critical review, Journal of Cleaner Production 166:910-938.