

# Valutazione prestazionale di facciate su scala reale: strumenti a supporto della progettazione

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Caterina Claudia Musarella<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-7517-6591>  
Giovanni Cavanna<sup>2</sup>,

caterina.musarella@unirc.it  
cavanna@itc.cnr.it

<sup>1</sup> Dipartimento di Architettura e Territorio, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

<sup>2</sup> Istituto per le Tecnologie della Costruzione ITC-CNR, Milano, Italia

**Abstract.** La ricerca individua un iter innovativo per la valutazione prestazionale di facciate: a partire dalle specifiche tecniche armonizzate definisce un *Method Statement* che considera le risposte ai cambiamenti climatici in atto. Tale documento, redatto sulla base di un *know how* maturato a seguito di sperimentazioni condotte su componenti di facciata, nasce con l'ambizione di essere uno strumento di supporto per l'organismo di Valutazione Tecnica Nazionale-TAB. La metodologia è deduttiva con un approccio interdisciplinare applicato ad attività di test nei suoi aspetti cogenti e sperimentali. La ricerca si basa sull'innovazione di processo, le valutazioni prestazionali e i controlli di qualità del progetto in un'ottica costruttivo-ambientale.

**Parole chiave:** *Certification; Façade; Method Statement; Progetto; Performance.*

## Introduzione

La ricerca, nata dalla collaborazione tra due laboratori del settore delle costruzioni collocati in contesti e realtà differenti con utilizzo di *facilities* complesse e tecnicamente all'avanguardia ed il coinvolgimento di grandi società a livello internazionale riconduce ad uno dei risultati ottenuti dall'AQCNR-RL – Accordo Quadro CNR-Regione Lombardia<sup>1</sup>. Questa cooperazione tra i due laboratori ha consentito di approfondire sia i temi legati all'azione progettuale guidata dalla norma armonizzata<sup>2</sup>, sia quelli di emergenza climatico-ambientale considerando l'effetto di tali fenomeni e le esigenze prestazionali contemporanee ai quali le facciate, oggetto di ricerca, sono chiamate a rispondere. In questa direzione (IPCC, 2023) è cresciuta l'attenzione verso l'applicazione di test che simulano gli eventi estremi (bomba d'acqua, isola di calore, uragano). L'attività interdisciplinare<sup>3</sup> alla base della ricerca ha consentito di operare in sinergia, pur con differenti approcci, rispetto alla problematica individuata.

## Performance evaluation of full-scale façades: design support tools

**Abstract.** The research identifies an innovative process for the performance assessment of façades. Starting from the harmonised technical specifications, it defines a *Method Statement* that considers the responses to climate change in progress. This document, drawn up based on know-how gained as a result of experiments conducted on façade components, was created as a support tool for the National Technical Assessment body-TAB. The methodology is deductive with an interdisciplinary approach applied to testing activities in its obligatory and experimental aspects. The research is based on process innovation, performance evaluations and quality controls of the project from a constructive-environmental perspective.

**Keywords:** *Certification; Façade; Method Statement; Project; Performance.*

La ricerca proposta pone particolare attenzione all'applicazione dei processi non armonizzati, ovvero non regolamentati, che comunque permettono lo sviluppo di un'analisi e verifica progettuale dei sistemi di facciata (Milardi, 2021). Infatti, l'attività progettuale è da sempre legata all'esigenza di definire criteri, misure e parametri utilizzabili nelle varie fasi del progetto.

L'obiettivo, in linea con il concetto di verifica del progetto attraverso la norma, è valutare le prestazioni di sistemi di facciata a scala reale (Rizzo *et al.*, 2020) mediante test basati su standard normativi UE (EN-ISO) sia negli aspetti cogenti per l'immissione del prodotto sul mercato (Antonini *et al.*, 2014), sia applicando norme volontarie sul prodotto attraverso la simulazione di eventi estremi. Queste norme forniscono specifiche tecniche<sup>4</sup> per prodotti, servizi e processi elaborati da organismi di normazione privati per iniziativa propria e/o esigenze contingenti. Ed è proprio questa esigenza, dettata anche dai sempre più repentini cambiamenti climatici, che dimostra come l'applicazione di norme volontarie consenta di raggiungere livelli qualità, sicurezza e affidabilità richiesti maggiori.

La possibilità di misurazione controllo e monitoraggio del comportamento di una facciata a sollecitazioni esterne apre, inoltre, al mercato, attribuendo un plusvalore al prodotto testato che diventa comparabile e competitivo (Caterino *et al.*, 2017).

Il risultato della presente ricerca è un *Method Statement* che consente di determinare ed esplicitare i metodi di prova e i sistemi di classificazione del prodotto testato rappresentando un tool di supporto per la valutazione finale dello stesso e delle sue performance.

## Introduction

The research, initiated by the collaboration between two laboratories in the construction sector located in different contexts and featuring the use of *complex and technically advanced facilities*, besides involving large international companies, leads back to one of the results obtained by the AQCNR-RL – CNR-Lombardy Region Framework Agreement<sup>1</sup>. This cooperation between the two laboratories has made it possible to conduct an in-depth study of both the issues related to the design action guided by the harmonised standard<sup>2</sup>, and those of a climate-environmental emergency, considering the effect of these phenomena and the contemporary performance needs to which the façades, the subject of research, are called upon to respond. In this direction (IPCC, 2023), there has been a growing focus on the ap-

plication of tests that simulate extreme events (water bomb, heat island, hurricane).

The interdisciplinary activity<sup>3</sup> underpinning the research has made it possible to operate in synergy, albeit with different approaches, with respect to the problem identified.

The proposed research pays particular attention to the application of non-harmonised, i.e. unregulated, processes, which in any case allow the development of a design analysis and verification of façade systems (Milardi, 2021). In fact, the design activity has always been linked to the need to define criteria, measures and parameters that can be used in the various phases of the project.

The objective, in line with the concept of design verification through the standard, is to evaluate the performance of full-scale façade systems

## Background

Il *Method Statement* è dunque un documento descrittivo per la classificazione e la valutazione delle performance del prodotto e identifica un iter processuale innovativo come strumento di supporto per gli Organismi di Valutazione Tecnica Nazionali (*Technical Assessment Body* – TABs)<sup>5</sup>. Tali Organismi sono strutture scientifiche che, tra i vari compiti hanno anche quello di redigere le specifiche tecniche armonizzate del prodotto. Queste vengono poi applicate per il rilascio delle Valutazioni Tecniche Europee<sup>6</sup> (ETA) al fine di produrre un Documento per la Valutazione Europea – EAD, così come descritto nella figura 1 (REG.EU CPR – n.305/2011).

I TABs devono possedere specifiche competenze relativamente alle seguenti questioni e non possono operare in maniera indipendente gli uni dagli altri (ITC, 2020):

- capacità nell'individuazione di rischi e benefici collegati all'uso dei prodotti da costruzione innovativi una volta installati nelle opere da costruzione, in mancanza di informazioni tecniche consolidate riguardo alle prestazioni;
- determinare i criteri tecnici e i metodi di valutazione di questi prodotti;
- comprendere e valutare il processo di fabbricazione del prodotto per individuare il piano di controllo del processo produttivo al fine di garantire la costanza di qualità del prodotto durante il processo di fabbricazione;
- relativamente alle caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione, deve valutarne le prestazioni in base a metodi e a criteri armonizzati;
- garantire coerenza, affidabilità, obiettività e tracciabilità, applicando adeguati metodi gestionali.

(Rizzo *et al.*, 2020) by means of tests based on EU regulatory standards (EN-ISO) both concerning the obligatory aspects of placing the product on the market (Antonini *et al.*, 2014), and of applying voluntary standards on the product through the simulation of extreme events. These standards provide technical specifications<sup>4</sup> for products, services and processes developed by private standardisation bodies on their own initiative and/or contingent needs. It is precisely this need, also dictated by increasingly rapid climate change, that demonstrates how the application of voluntary standards makes it possible to achieve higher levels of quality, safety and reliability.

The possibility of measuring, controlling and monitoring the behaviour of a façade to external stresses also opens to the market, attributing an added value to the tested product, which

becomes comparable and competitive (Caterino *et al.*, 2017).

The result of this research is a *Method Statement* that allows to determine and explain the test methods and classification systems of the tested product; hence, a support tool for the final evaluation of the same and its performance.

### Background

The *Method Statement* is, therefore, a descriptive document for the classification and evaluation of product performance. It identifies an innovative process as a support tool for the National Technical Assessment Body (TABs)<sup>5</sup>. These bodies are scientific structures which, among other tasks, are also called upon to draw up harmonised technical specifications for the product. These are then applied for the release of the European Technical

Tuttavia, se da un lato vi sono requisiti tecnici necessari per l'immissione nel mercato di un determinato prodotto così come definiti dalle normative cogenti armonizzate, dall'altro presentano alcune criticità legate ai cambiamenti climatici e alle sue conseguenze sui sistemi di facciata (ARUP, 2021). Lo stesso rapporto IPCC 2022, inerente ai diversi temi di efficienza energetica e qualità ambientale degli edifici, ha in merito evidenziato la necessità di adeguare i livelli prestazionali degli involucri. Nello specifico della ricerca si considerano i sistemi di facciata in relazione all'evoluzione climatica. Ad esempio, si considerano i fenomeni climatici maggiormente impattanti relativi all'*Urban Heat Island*, *Heat Wave* e *Pluvial Flooding* (European Agenda, 2020) applicati su facciate, soprattutto vetrate, che diventando esse stesse causa dell'incremento dei suddetti fenomeni.

La Commissione europea ha pubblicato la "Guida blu all'attuazione della normativa UE sui prodotti 2022" per migliorare la comprensione delle norme UE in merito al sistema europeo di valutazione della conformità, all'accreditamento dei laboratori, alla marcatura CE (COM/2022/C 247/01).

Pertanto, a sostegno della necessità di un *Method Statement* e in riferimento al REG.EU CPR – n.305/2011<sup>7</sup>, in particolare nei punti 10 e 11, si afferma che [...] sarà possibile eliminare gli ostacoli tecnici nel settore delle costruzioni solo se si introdurranno specifiche tecniche armonizzate al fine di valutare le prestazioni dei prodotti da costruzione. Tali specifiche armonizzate dovrebbero comprendere prove, calcoli e altri mezzi di cui alle norme armonizzate e ai documenti per la valutazione europea atti a valutare le prestazioni in relazione alle caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione.

Assessments<sup>6</sup> (ETA) in order to produce a European Assessment Document – EAD, as described in figure 1 (REG.EU CPR n.305/2011).

TABs must have specific expertise in the following issues, and cannot operate independently of each other (ITC, 2020):

- identify risks and benefits related to the use of innovative construction products once installed in construction works, in the absence of consolidated technical information on performance;
- determine the technical criteria and methods of evaluation of these products;
- understand and evaluate the manufacturing process of the product to identify the control plan of the production process in order to ensure the consistency of product quality during the manufacturing process;

– regarding the essential characteristics of construction products, it must assess their performance on the basis of harmonised methods and criteria;

– ensure consistency, reliability, objectivity and traceability, applying appropriate management methods.

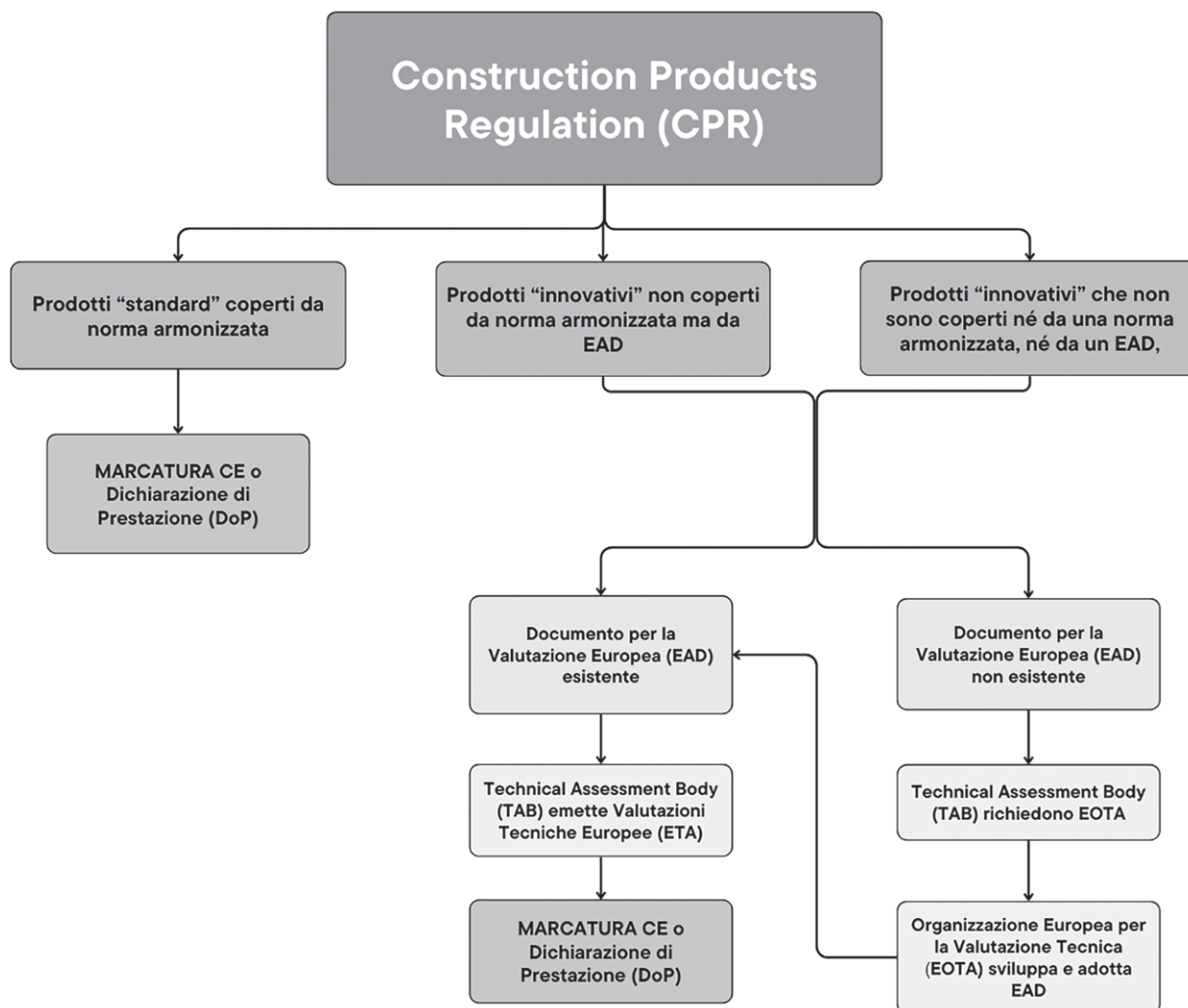
However, while there are necessary technical requirements for placing a given product on the market, as defined by harmonised obligatory regulations, they also present some critical issues related to climate change and its consequences on façade systems (ARUP, 2021). The IPCC 2022 report concerning the various issues of energy efficiency and environmental quality of buildings highlighted the need to adapt the performance levels of the envelopes. Specifically, the research considers façade systems in relation to climate change. For example, we

L'iter di certificazione per la marcatura CE dipende dalla tipologia del prodotto:

- prodotti coperti da una norma armonizzata (hEN)<sup>8</sup>, dove la dichiarazione di prestazione (DoP) e la marcatura CE sono obbligatorie;
- prodotti non interamente coperti da una norma armonizzata, ovvero quando esiste una norma armonizzata ma il metodo di valutazione non è appropriato o non previsto;
- prodotti che non rientrano nel campo di applicazione di alcuna norma armonizzata esistente;

Per la certificazione di questi ultimi prodotti è possibile da parte del fabbricante fare richiesta ad un TAB per il rilascio di un ETA, sviluppando un nuovo EAD in collaborazione con i TAB europei (Porro *et al.*, 2013), secondo la procedura riportata nello schema in figura 1.

Nello specifico si fa riferimento proprio a quei prodotti rientranti nelle ultime due categorie sopra indicate, prodotti per i quali è necessario predisporre delle metodologie di prova, da condividere a livello europeo e che vadano ad indagare maggiormente le azioni legate ai cambiamenti climatici (COM/2020/950). Se prima questi fenomeni potevano essere considerati trascurabili per i lunghi tempi di ritorno, oggi a causa di una sempre maggior frequenza di questi eventi, si richiede la massima attenzione, come confermato dallo stesso IPCC 2023. Questo porta ad analizzare le relazioni che intercorrono tra edifici e fenomeni climatici che, a loro volta, incidono sulla norma<sup>9</sup> e sull'innovazione tecnologica. Infatti, le sollecitazioni causate dagli eventi estremi del cambiamento climatico gravano sui sistemi di facciata che richiedono requisiti prestazionali sempre più mirati e adattabili alle situazioni di contesto (Trombetta and Cavanna, 2019).



| 01

A tal fine l'applicazione normativa attraverso test di laboratorio risulta un modo efficace per valutare le prestazioni del sistema innovato e ridurre il rischio di malfunzionamenti ai cambiamenti climatici (Lucarelli *et al.*, 2021). Ciò grazie alla possibilità di simulazione del comportamento delle facciate a scala reale e di una verifica misurabile in risposta alle sollecitazioni estreme climatiche quantificabili (Ciampa and Musarella, 2023). A seguire, nelle figure 2, 3, 4 e 5, si riportano alcune esperienze di test e simulazione di eventi estremi effettuati in laboratorio e applicati su facciate riprodotte in scala reale che hanno contribuito alla formazione e stesura del modello di *Method Statement* presentato in questo paper.

### Methodology and elaboration

La metodologia adottata, di tipo deduttivo, si articola attraverso una collaborazione strutturata tra diverse discipline (architettura, ingegneria e informa-

tica), applicata all'attività laboratoriale di *testing* al fine di individuare un iter processuale innovativo per lo sviluppo del già citato *Method Statement*. Tale strumento considera in particolare gli aspetti non trattati dalla norma armonizzata, comunque di grande rilevanza per la valutazione delle performance e del comportamento del sistema di facciata sollecitato da eventi estremi (bomba d'acqua, isola di calore, uragano).

Il *Method Statement* porta con sé una doppia valenza: consente la determinazione delle prestazioni del componente al tempo  $T=0$  e il controllo del loro decremento a seguito delle sollecitazioni indotte.

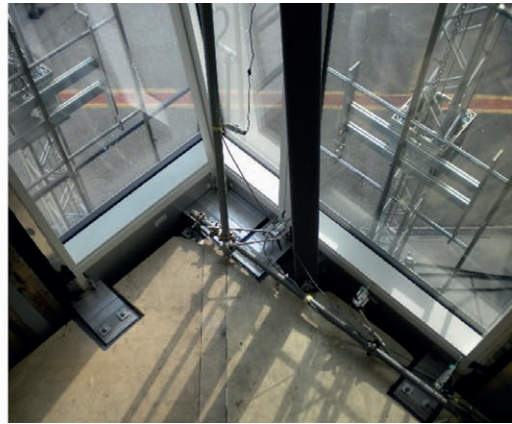
Per la costruzione del suddetto strumento, a partire dai dettami della normativa cogente per il soddisfacimento dei requisiti tecnici obbligatori e individuati i principali fenomeni da riprodurre, sono state utilizzate le informazioni derivate da test di simulazione in laboratorio<sup>10</sup> effettuati su facciate a scala reale consentendo un confronto immediato sia dei dati

02 |



03 | Campione testato presso ICT-CNR, foto di Giovanni Cavanna  
Sample tested at ICT-CNR, photo by Giovanni Cavanna

04 | Campione testato alla tenuta all'acqua sotto pressione statica e in condizione dinamica dell'aria e di proiezione d'acqua presso ICT-CNR, foto di Giovanni Cavanna  
Sample subjected to the water tightness test under static pressure, and under conditions of dynamic air pressure and water projection at ICT-CNR, photo by Giovanni Cavanna



| 03



| 04



05 |



ricavati dai test, sia del comportamento delle facciate alle sollecitazioni applicate.

*The Method Statement* si configura quindi come un valido supporto per i TAB al fine di una implementazione/definizione di

consider the most impactful climatic phenomena related to the *Urban Heat Island, Heat Wave and Pluvial Flooding (European Agenda, 2020) applied to façades, especially glazing, which becomes the cause of the increase in the aforementioned phenomena.*

The European Commission has published the 'Blue Guide to the Implementation of EU Product Law 2022' to improve understanding of EU rules on the European conformity assessment system, laboratory accreditation, CE marking (COM/2022/C 247/01).

Therefore, in support of the need for a *Method Statement* and with reference to REG.EU CPR –n.305/2011<sup>7</sup>; in particular, paragraphs 10 and 11 state that [...] Technical barriers in the construction sector can only be removed if harmonised technical specifications are introduced in order to assess the performance of construction prod-

ucts. Those harmonised specifications should include tests, calculations and other means referred to in harmonised standards and European assessment documents for assessing performance in relation to the essential characteristics of construction products.

The certification process for CE marking depends on the type of product:

- products covered by a harmonised standard (hEN)<sup>8</sup>, where Declaration of Performance (DoP) and CE marking are obligatory;
- products not fully covered by a harmonised standard, i.e. when a harmonised standard exists but the assessment method is not appropriate or not provided for;
- products that do not fall within the scope of any existing harmonised standard.

For the certification of the latter products, the manufacturer may apply

nuovi EAD fornendo un iter processuale innovativo che non interferisce, ma rafforza i criteri essenziali per la certificazione del prodotto e la sua immissione nel mercato, indagando gli aspetti legati al clima sempre di maggiore attualità.

to a TAB for the issuance of an ETA, developing a new EAD in collaboration with the European TABs (Porro *et al.*, 2013), according to the procedure shown in the diagram in figure 1.

Specifically, reference is made to those products falling into the last two categories indicated above, products for which it is necessary to prepare test methodologies to be shared at European level, and which lead to further investigations on climate change (COM/2020/950). If these phenomena could once be considered negligible due to the long return times, today the utmost attention is required due to an increasing frequency of these events, as confirmed by the IPCC 2023 itself. This leads to the analysis of the relationships between buildings and climatic phenomena which, in turn, affect the regulation<sup>9</sup> and technological innovation. In fact, the stresses caused

by the extreme events of climate change weigh on façade systems that require performance requirements, which are increasingly targeted and adaptable to context situations (Trombetta and Cavanna, 2019).

To this end, regulatory application through laboratory tests is an effective way to assess the innovated system's performance and reduce the risk of climate change malfunctions (Lucarelli *et al.*, 2021). This is thanks to the possibility of simulating the behaviour of façades at full scale and of conducting a measurable verification in response to quantifiable extreme climatic stresses (Ciampa and Musarella, 2023). Below, in figures 2, 3, 4 and 5, we report some experiences of testing and simulation of extreme events carried out in the laboratory and applied on full-scale façades that contributed to the formation and drafting of the

Di seguito ed in figura 5 si riporta la struttura del modello di riferimento, suddiviso in 4 sezioni:

1. Sezione 01 – informazioni tecniche, nella quale vengono riportate tutte le informazioni relative al campione (PMU – *Project Mock-Up*) disegni tecnici, descrizione tecnica, dettagli costruttivi, sequenza dei test, nominativi/ruoli delle figure professionali che assistono ai test, riferimenti dell'ente terzo accreditato che esegue i test o che supervisiona all'esecuzione degli stessi.
2. Sezione 02 – descrizione del laboratorio, viene riportata la descrizione dell'impianto di collaudo, vengono fornite le specifiche delle strumentazioni utilizzate e del loro posizionamento (ad esempio i trasduttori/sensori di rilevamento sia termico che di movimento, griglia *sprinkler*, ventilatore, ...) e su richiesta campo di misura degli strumenti e certificati di taratura.
3. Sezione 03 – metodi di prova/classificazione, rappresenta il cuore del documento, ovvero la procedura per lo svolgimento dei test, l'analisi dei risultati e la classificazione del campione.
4. Sezione 04 – conclusioni, nella quale viene riportato il modello di una scheda sinottica sintetica (semplificato in Fig. 1) che riporta indicazioni sul metodo di prova, sul sistema di classificazione, le classi ottenute, le richieste di capitolato e analisi dei risultati con verifica del raggiungimento degli obiettivi prefissati. Infine, sono indicate le relative limitazioni di utilizzo del documento.

Non di minore importanza è anche l'introduzione, nell'iter processuale, di una *check list*, come indicata nel modello in tab. 1, nella quale inserire le verifiche di volta in volta appor-

*Method Statement* model presented in this paper.

#### Methodology and elaboration

The deductive methodology adopted is articulated through a structured collaboration between different disciplines (architecture, engineering and computer science), which is applied to the laboratory testing activity in order to identify an innovative process for the development of the aforementioned *Method Statement*. This tool particularly considers aspects not covered by the harmonised standard, which are, in any case, important for the evaluation of the performance and behaviour of the façade system stressed by extreme events (water bomb, heat island, hurricane).

The *Method Statement* carries with it a double value; precisely, it allows to determine the performance of the com-

ponent at time  $T=0$  and the control of their decrease as a result of induced stresses.

To create the above tool, having assumed the standards of the obligatory legislation for compliance with obligatory technical requirements, and having identified the main phenomena to be reproduced, the information derived from simulation tests in the laboratory was used<sup>10</sup>. It was carried out on full-scale façades, allowing an immediate comparison of both the data obtained from the tests and the behaviour of the façades to the applied stresses.

The *Method Statement* is, therefore, a valid support for TABs in order to implement/define new EADs, providing an innovative process that does not interfere but, instead, reinforces the essential criteria for the certification of the product and its placing on the market, investigating the increasingly

te, rendendo il *Method Statement* anche dinamico e flessibile, adatto alle diverse esigenze e richieste della committenza.

L'innovazione che la ricerca apporta non è solo collegare i fenomeni del *climate change* alle normative armonizzate – in questo caso in riferimento alla UNI EN 13830:2005, – ma di restituire un metodo dinamico e univoco di lettura e confronto.

A sottolineare la necessità di uno strumento come il *Method Statement* è stato proprio l'aggiornamento effettuato della suddetta norma nel 2022, nella quale il Comitato Europeo di Normazione – CEN ha predisposto una visione più ampia.

Se, infatti, la norma secondo UNI specifica i requisiti delle facciate continue, utilizzate come involucro edilizio, al fine di consentire resistenza agli agenti atmosferici, sicurezza d'esercizio, antincendio, benessere acustico, risparmio energetico e ritenzione del calore oltre che fornire metodi di prova/valutazione/calcolo e utilizzo degli Eurocodici per la verifica della resistenza meccanica. Inoltre, l'aggiornamento della suddetta norma definisce anche i requisiti dei *kit* di facciate continue<sup>11</sup> catalogandoli come parte integrante dell'involucro. Tuttavia, anche questo aggiornamento, come quello già effettuato nel 2015 non è stato ancora pubblicato nella Gazzetta Ufficiale Europea ed è ancora oggi su base volontaria.

#### Conclusioni e sviluppi futuri

Negli ultimi anni esigenze di sostenibilità ambientale (ARUP, 2021) e necessità di maggiori garanzie sui prodotti da costruzione, hanno indirizzato la ricerca tecnico-scientifica verso obiettivi prestazionali sempre più avanzati. La ricerca nel settore spinge, infatti, verso componenti innovativi, capaci di garantire prestazioni superiori e/o aggiuntive all'involucro edilizio, mentre le ragioni di or-

current climate-related issues.

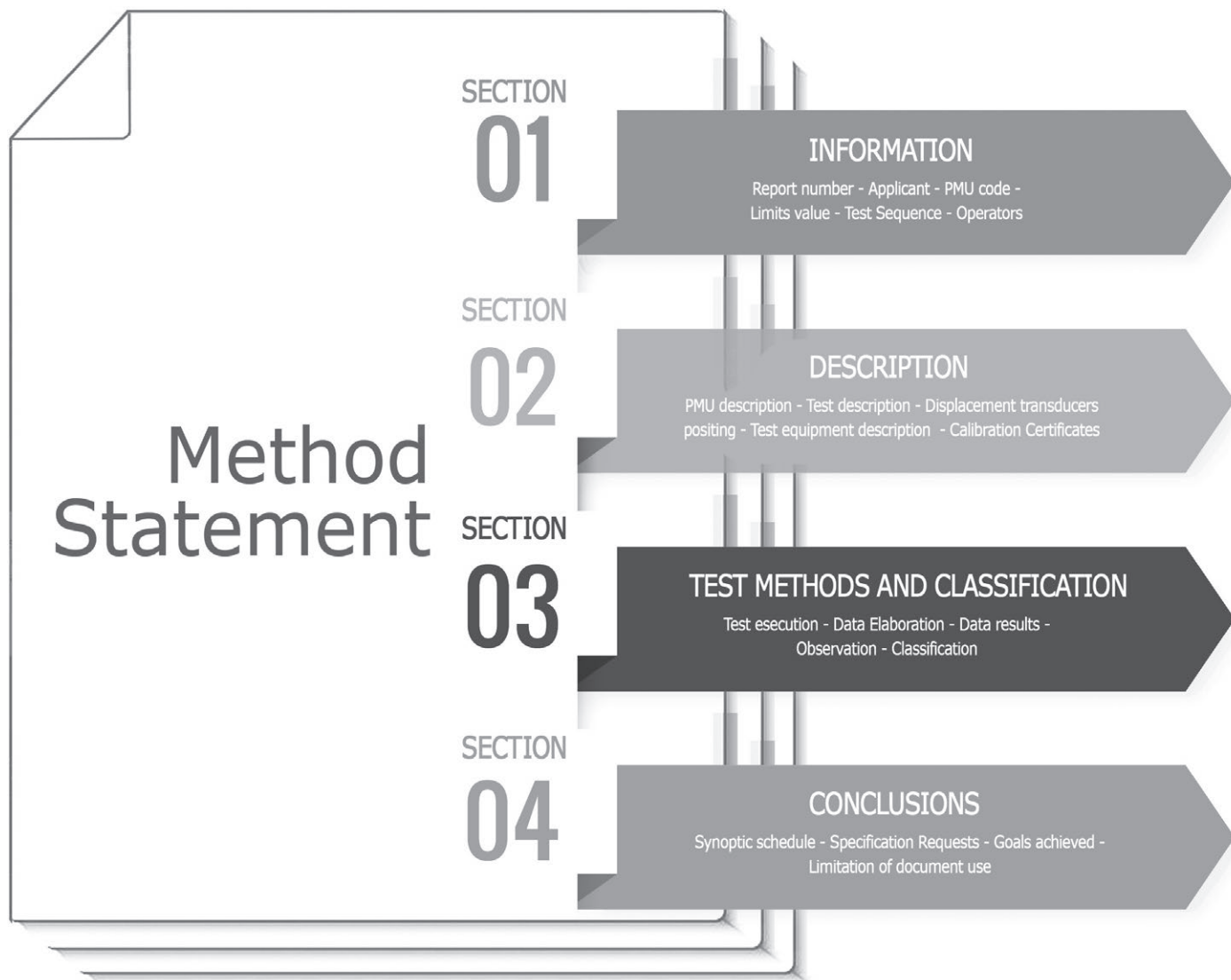
The structure of the reference model is given below and in figure 5, divided into 4 sections:

1. Section 01 – technical information, which contains all the information relating to the sample (PMU – *Project Mock-Up*), technical drawings, technical description, construction details, sequence of tests, names/roles of the professionals who assist in the tests, references of the accredited third-party body that performs the tests or supervises their execution.
2. Section 02 – description of the laboratory, the description of the testing facility is given; the specifications of the instruments used and their positioning are provided (e.g. transducers/sensors for both thermal and motion detection, *sprinkler grille*, fan, ...) and, on

request, also the measuring range of the instruments and calibration certificates.

3. Section 03 – test methods/classification is the heart of the document, i.e. the procedure for conducting the tests, the analysis of the results and the classification of the sample.
4. Section 04 – conclusions, which provides a model of a summary synoptic sheet (simplified in Fig. 7), which contains information about the test method, the classification system, the classes obtained, the requests for specifications and analysis of the results with verification of the achievement of the set objectives. Finally, the relative limitations on the use of the document are indicated.

No less important is also the introduction, in the procedural process, of a



*checklist*, as indicated in the model in table 1, in which to enter the checks performed from time to time, making the *Method Statement* also dynamic and flexible, suitable for the different needs and requests of the client.

The innovation proposed by the research is not only to link the phenomena of *climate change* to harmonised standards – in this case with reference to standard UNI EN 13830:2005 – but to return a dynamic and unambiguous method of reading and comparison.

The need for a tool such as the *Method Statement* was underlined by the update of the aforementioned standard in 2022, in which the European Committee for Standardisation – CEN prepared a broader vision.

In fact, the standard according to UNI specifies the requirements of curtain walls, used as a building envelope, in order to allow resistance to atmos-

pheric agents, operational safety, fire protection, acoustic well-being, energy saving and heat retention, as well as providing test/evaluation/calculation methods and use of Eurocodes for the verification of mechanical strength. In addition, the update of the aforementioned standard also defines the requirements of curtain wall kits<sup>11</sup>, cataloguing them as an integral part of the enclosure. However, this update, like the one already carried out in 2015, has not yet been published in the Official Journal of the European Union, and is still on a voluntary basis.

#### **Conclusions and future developments**

In recent years, the need for environmental sustainability (ARUP, 2021) and the need for greater guarantees on construction products have directed technical-scientific research towards

increasingly advanced performance objectives. Indeed, research in the sector pushes towards innovative components, capable of guaranteeing superior and/or additional performance to the building envelope, while technical and economic reasons look at the rules imposed by technical regulations (obligatory) and/or provided for by technical specifications (voluntary). Hence, the set of scientific, technical and economic requirements constitute a valid basis for universities, research centres and the world of production to intertwine their respective skills to obtain advantageous results on three different levels. The interdisciplinary collaboration was based on these premises and common objectives, which produced and identified an essential innovative process to evaluate façade system performance in order to analyse its behaviour following extreme events, without

interfering with the essential criteria for product certification and placing on the market.

The *Method Statement* was, therefore, created to support the European TABs coordinated by the EOTA<sup>12</sup> in drafting the EADs (EOTA, 2022), the result of a collegial work that, once published, shall apply to all MS. This tool not only allows to enter essential information on the product, related to *climate change* phenomena – characteristics currently not provided for by the harmonised standard EN 13830:2005 – but also optimises the *R&D* sector of companies, since its application identifies improvements to projects.

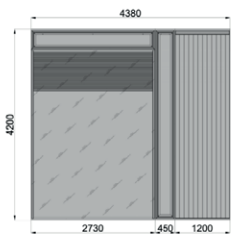
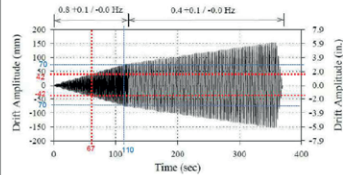
In addition, its application cascades onto the design phases of other products in the construction chain, meeting the requirements of regulations and becoming a tool to be used for the optimisation of mass production and



dine tecnico ed economico guardano alle regole imposte dalla normativa tecnica (obbligatorie) e/o previste da specifiche tecniche (volontarie). L'insieme delle esigenze di ordine scientifico, tecnico ed economico costituiscono quindi una base valida perché università, centri di ricerca e mondo produttivo intreccino le rispettive competenze per ottenere risultati vantaggiosi sui tre differenti piani. Su queste premesse e comuni obiettivi si è fondata la collaborazione interdisciplinare che ha prodotto e individuato un iter processuale innovativo, fondamentale per la valutazione delle performance del sistema di facciata al fine di analizzarne il comportamento a seguito di eventi estremi, senza interferire con quelli che sono i criteri essenziali per la certificazione del prodotto e la sua immissione nel mercato. Il *Method Statement* nasce quindi con l'ambizione di essere sup-

porto ai TAB europei coordinati dall'EOTA<sup>12</sup> nella redazione degli EAD (EOTA, 2022), frutto di un lavoro collegiale che, una volta pubblicati, hanno valore in tutti gli Stati Membri. Questo strumento non solo consente di inserire informazioni essenziali sul prodotto, legate ai fenomeni del *climate change* – caratteristiche attualmente non previste dalla norma armonizzata EN 13830:2005 – ma ottimizza anche il settore *R&D* delle aziende, poiché la sua applicazione identifica migliorie ai progetti. Inoltre, la sua applicazione ricade a cascata, anche sulle fasi di progettazione di altri prodotti della filiera costruttiva andando a

Document verifications						
Rev.	Date	Description	Prepared by	Checked by	Approved by	Authorized by
0						
1						
2						
3						

SAMPLE UNDER TEST	TEST METHOD (brief description/standard references)	CLASSIFICATION (brief description/standard references)	OBSERVATIONS
<p>Façade type C1a – C3</p> 	<p>Procedure:</p> <p>a) three CW panels will be mounted side by side in the test rig; the panels support brackets will be fixed on the sliding steel beam;</p> <p>b) take pictures of the assembled test sample (inside and outside);</p> <p>c) start the test applying a horizontal (in plane) racking motions up to <math>\pm 42</math> mm (H/100);</p> <p>d) the upper anchorage points will be moved back and forth in sinusoidal motions at progressively higher racking amplitudes (see Figure 1), with frequencies of 0,8 Hz. The bottom anchorage points remain fixed, thereby imparting a dynamic in-plane story drift on the test specimen;</p>  <p>Figure 1 – Schematic of displacement Time History for Dynamic Crescendo Test</p> <p>e) in approximately 67 seconds the test will be stopped with 84 mm of displacement amplitude (<math>\pm 42</math> mm);</p> <p>f) take pictures of the tested sample (inside and outside) and record any anomaly.</p>	<p>For the samples the applied racking displacement of <math>\pm 42</math> mm (H/100) must not cause the glass fallout. Glass fallout is considered to have occurred when an individual glass fragment larger than <math>650\text{mm}^2</math> falls in any direction from the test panel.</p> <p>[<math>\Delta</math>fallout is the safety limit state of glass]</p>	<p>Additional observation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- report <math>\Delta</math>cracking [<math>\Delta</math>cracking is the drift in which the glass breaks];</li> <li>- report <math>\Delta</math>non-glass fallout [<math>\Delta</math>non-glass fallout is the drift of any non-glass fallout observed]</li> </ul>
...	...	...	...

soddisfare i requisiti richiesti dalle normative e divenendo uno strumento da utilizzare per l'ottimizzazione della produzione di serie e la progettazione di sistemi sempre più performanti.

L'applicazione normativa effettuata attraverso test di laboratorio è dunque un approccio consolidato e riconosciuto che dà delle risposte tanto più accurate quanto più la metodologia di prova è in grado di riprodurre un evento reale (Giglio et al., 2022). Le risposte hanno una duplice valenza: da un lato consente agli addetti ai lavori – in primis ai progettisti – di studiare sistemi sempre più avanzati; dall'altro l'immissione sul mercato nazionale/europeo di prodotti in grado di rispondere alle nuove esigenze riducendone il rischio di malfunzionamenti dovuti proprio ai cambiamenti climatici.

In relazione all'obiettivo già citato, la ricerca vuole anche mettere a sistema competenze interdisciplinari in un approccio integrato ecosostenibile volto a fornire al mercato la filiera completa delle attività di *R&D*: dall'individuazione della soluzione innovativa e delle specifiche di prodotto – desumibile da esigenze poste dal mercato dell'involucro edilizio – alla prototipazione industriale della soluzione adottata.

A tal fine questo strumento può essere applicato sia nel settore digitale del Building Information Modelling – BIM, quale gestione dei flussi informativi di progetto, basato sulla condivisione delle informazioni e sull'utilizzo di modelli; sia nel settore della produzione di materiali e componenti dedicati all'involucro edilizio, nel quale la tecnologia entra a far parte della tecnica di produzione industriale. Per questo diventa ancora più importante il concetto di simulazione che permette ai progettisti l'ottimizzazione e la verifica delle scelte progettuali.

Il *Method Statement* è da ritenersi, quindi, un interessante stru-

mento di supporto decisionale che analizza e valuta anche differenti scenari riprodotti attraverso test misurabili e verificabili.

## NOTES

<sup>1</sup> Accordo Quadro CNR – Regione Lombardia dal titolo: INTEGRATE: INNOVAZIONI TECNOLOGICHE per una Gestione RAZIONALE del Tessuto Edilizio Area tematica: Tecnologie per le Smart Communities con 5 partner: ITC; IENI; IRSA; IMATI; CERIS.

<sup>2</sup> Le norme armonizzate sono una categoria specifica delle norme europee elaborate da una OEN – Organizzazione Europea di Normazione – su mandato della Commissione europea. Stabiliscono specifiche tecniche ritenute adatte o sufficienti per conformarsi ai requisiti tecnici previsti dalla legislazione dell'UE e nella maggior parte dei casi l'utilizzo è facoltativo.

<sup>3</sup> La ricerca è stata condotta con ricercatori nel settore dell'architettura e dell'ingegneria edile.

<sup>4</sup> I requisiti tecnici indicati nella legislazione dell'UE sono obbligatori, mentre l'utilizzo di norme armonizzate avviene di solito su base volontaria.

<sup>5</sup> I TAB sono organizzazioni i cui requisiti sono definiti nell'allegato IV del CPR e designati dai rispettivi Stati Membri come competenti a produrre documenti per la valutazione europea e rilasciare ETA. Il nome e l'indirizzo di ogni TAB e le aree di prodotto per le quali è designato sono comunicati alla Commissione europea e agli altri SM.

<sup>6</sup> Il CPR 305/2011 definisce la Valutazione Tecnica Europea-ETA come «la valutazione documentata delle prestazioni di un prodotto da costruzione, in relazione alle sue caratteristiche essenziali, in accordo con il rispettivo Documento per la Valutazione Europea».

<sup>7</sup> Lo scopo principale del REG.EU n.305/2011 – CPR è la libera circolazione dei prodotti da costruzione all'interno del mercato europeo.

<sup>8</sup> Le norme europee armonizzate forniscono una base tecnica per valutare le prestazioni dei prodotti da costruzione. Consentono ai produttori di redigere la dichiarazione di prestazione e di apporre la marcatura CE.

the design of increasingly high performance systems.

The regulatory application carried out through laboratory tests is, therefore, a consolidated and recognised approach that gives answers, which are all the more accurate the more the test methodology is able to reproduce a real event (Giglio et al., 2022). The answers have a double value. Indeed, they allow professionals – first and foremost designers – to study increasingly advanced systems, and they introduce, on the national/European market, products capable of responding to new needs by reducing the risk of malfunctions due to climate change.

In relation to the aforementioned objective, the research also aims to systematise interdisciplinary skills in an integrated eco-sustainable approach aimed at providing the market with the complete chain of *R&D* activities,

from the identification of the innovative solution and product specifications – which can be deduced from the needs posed by the building envelope market – to the industrial prototyping of the solution adopted.

To this end, this tool can be applied both in the digital sector of Building Information Modelling – BIM, as management of project information flows, based on information sharing and the use of models; and in the production of materials and components dedicated to the building envelope, in which technology becomes part of the industrial production technique. For this reason, the concept of simulation becomes even more important as it allows designers to optimise and verify design choices.

Hence, the *Method Statement* must be considered an interesting decision support tool that also analyses and evalu-

ates different scenarios reproduced through measurable and verifiable tests.

## NOTES

<sup>1</sup> CNR – Lombardy Region Framework Agreement entitled: INTEGRATE: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS for a Rational Management of the Building Fabric Thematic Area: Technologies for Smart Communities with 5 partners: ITC; IENI; IRSA; IMATI; CERIS.

<sup>2</sup> Harmonised standards are a specific category of European standards developed by an OEN – European Organisation for Standardisation – on behalf of the European Commission. They set out technical specifications that are deemed suitable or sufficient to comply with the technical requirements of EU legislation and, in most cases, their use is optional.

<sup>3</sup> The research was conducted with

researchers in the field of architecture and construction engineering.

<sup>4</sup> The technical requirements set out in EU legislation are obligatory, while the use of harmonised standards is usually done on a voluntary basis.

<sup>5</sup> TABs are organisations, whose requirements are defined in Annex IV of the CPR. They are designated by their respective Member States as competent to produce documents for the European assessment and issue ETAs. The name and address of each TAB and the product areas for which it is designated shall be communicated to the European Commission and the other MS.

<sup>6</sup> CPR 305/2011 defines the European Technical Assessment (ETA) as «the documented evaluation of the performance of a construction product, in relation to its essential characteristics, in accordance with the respective European Assessment Document».

<sup>9</sup> La norma è intesa come una verifica di specifici indicatori dettati dagli stessi standard e garantiti attraverso la certificazione del prodotto.

<sup>10</sup> I test sono stati svolti presso il laboratorio dell'ITC-CNR a Milano, Resp. Scien. ing. Giovanni Cavanna e presso il TCLab Envelope Testing dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, Resp. Scien. prof. M. Milardi.

<sup>11</sup> Tale norma non comprende i kit "Patent glazing" (tetti inclinati vetrati); le Costruzioni vetrate del tetto; le Facciate realizzate con pannelli prefabbricati in calcestruzzo (EN 14992).

<sup>12</sup> L'EOTA è un documento rilasciato su base volontaria che fornisce informazioni sulle prestazioni di un prodotto che non rientra nel campo della norma armonizzata e si basa sull'EAD.

## REFERENCES

Antonini E., Boeri A., Gaspari L. and Longo D. (2014), "Innovazione di prodotto: esperienze e prospettive di collaborazione tra Università e PMI/ Product innovation: lessons learned from some experiences of collaboration between University and SMEs", *Techne*, Vol. 7, pp. 186-193.

ARUP (2021), *Annual Report 2021 Creating Sustainable Futures*, ARUP Deutschland Publisher GmbH. Available at: <https://www.arup.com/annual-report-2021> (Accessed on 21/07/2023).

Caterino N., Del Zoppo M., Maddaloni G., Bonati A., Cavanna G. and Occhiuzzi A. (2017), "Seismic Assessment and Finite Element Modelling of Glazed Curtain Walls", *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 61, No. 1, pp. 77-90.

Ciampa, F. and Musarella, C.C. (2023), "A new information tool as an enabling technology: application and simulation", *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, (25), 225-232.

COM/2020/950 *Relazione 2020 sullo stato dell'Unione dell'energia in applicazione del regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=COM:2020:950:FIN> (Accessed on 19/07/2023)

<sup>7</sup> The main purpose of REG.EU n.305/2011 – CPR *Construction Products Regulation* is the free movement of construction products within the European market.

<sup>8</sup> Harmonised European standards provide a technical basis for assessing the performance of construction products. They allow manufacturers to draw up the declaration of performance and affix the CE marking.

<sup>9</sup> The standard is intended as a verification of specific indicators dictated by the same standards and guaranteed through product certification.

<sup>10</sup> The tests were carried out at the ITC-CNR laboratory in Milan, Scientific Director Eng. Giovanni Cavanna, and at the TCLab Envelope Testing of the Mediterranean University of Reggio Calabria, Scientific Director prof. M. Milardi.

<sup>11</sup> This standard does not include "Patent glazing" kits; Glazed roof construc-

tions; Façades made of prefabricated concrete panels (EN 14992).

<sup>12</sup> The EOTA is a document issued on a voluntary basis that provides information on the performance of a product that does not fall within the scope of the harmonised standard, and is based on the EAD.

COM/2022/C 247/01 *La guida blu all'attuazione della normativa UE sui prodotti* 2022.

CPR/305/2011 – *Construction Products Regulation* – Regolamento Europeo sui prodotti da costruzione

EOTA (2022), *EOTA Annual Report*. Available at: <https://www.eota.eu/news/eota-annual-report-2022> (Accessed on 28/08/2023).

European Agenda (2020), *N.U. Habitat III New Urban Agenda: Quito Declaration on Sustainable Cities and Human Settlements for All*, Habitat III Conf. Bruxelles (Accessed on 27/07/2023).

Giglio F., Milardi M. and Sansotta S. (2022), "Advanced and emerging materials for testing a curtain wall connection element for improved seismic performance". *Journal of Physics*, Institute of Physics IOP Publishing, Vol. 2315.

IPCC (2022), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Accessed on 28/07/2023).

IPCC (2023), *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (Accessed on 26/07/2023).

ITC/CNR – Istituto Italiano per le Tecnologie della Costruzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche (2020) *ETA-Valutazione Tecnica Europea*.

Lucarelli, M.T., Milardi, M., Mandaglio, M. and Musarella, C.C. (2021), "Controllo prestazionale del rapporto edificio-contesto. Esperienze di testing avanzato", in Bologna, R.; Losasso, M.; Mussinelli, E. and Tucci, F. (Ed.), *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico*, Maggioli Editore, Rimini, pp. 294-334.

Milardi M. (2021), "Test, simulazioni, protocolli, attività on site e in laboratorio", in Bologna, R.; Losasso, M.; Mussinelli, E. and Tucci, F. (Ed.), *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico*, Maggioli Editore, Rimini, Italia.

Porro L., Cavanna G. and Montagna F. (2013), "Elementi innovativi di facciate continue. Indagini sperimentali e soluzioni strutturali a vincoli architettonici", *Ricerca e Sperimentazione*, Vol. 177, pp. 12-17.

Rizzo F., Ricciardelli F., Maddaloni G., Bonati A. and Occhiuzzi A. (2020), "Experimental error analysis of dynamic properties for a reduced-scale high-rise building model and implications on full-scale behavior", *Journal of Building Engineering*, Vol. 28.

Trombetta, C. and Cavanna, G. (2019), "Regenerative Design as a Contribution to Understanding Resilience to Climate Change", *Supplemento di ArcHistoR*, Vol. 12, pp. 787-794.