

Fabrizio Cumo, Adriana S. Sferra, Elisa Pennacchia,

Dipartimento PDTA, Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

fabrizio.cumo@uniroma1.it

adriana.sferra@uniroma1.it

elisa.pennacchia@uniroma1.it

Abstract. L'originalità del contributo ha messo a sistema, per un progetto esecutivo, strumentazioni digitali (diverse fra loro). La metodologia ha sviluppato aspetti di *metodo, strumenti, competenze e risultati*: coordinando strumenti (*Mc4energy*[®], *Tally*[®]), predisponendo il BIM *Execution Plan* identificati i BIM *modeler e coordinator*, gestendo le informazioni con *Overview e Detailed BIM Use Map*. Gli esiti della ricerca, finanziata nell'A.A. 2017-18 dalla “Sapienza” in sinergia con il *Piano Energetico*, vanno a vantaggio di tutta la comunità: implementando le strumentazioni digitali si producono metodi e banche dati più efficaci per il progetto e la gestione nel tempo degli interventi per l'efficienza energetico-ambientale e benessere indoor. Il cambio di paradigma avviene con industria 4.0.

Parole chiave: Progetto cantierabile; Sostenibilità; Domotica; HBIM; Facility management.

Premessa

La sostenibilità ambientale in edilizia (che in questo testo si privilegia in riferimento ad una corretta elaborazione di un progetto esecutivo realmente *cantierabile*) ma che si intende correlare *contestualmente* con altri interventi di messa a norma – richiede uno specifico ed articolato impegno nel patrimonio esistente – di particolare rilievo in Italia e in quanto realizzato in assenza di specifiche normative soprattutto ambientali – che, per essere realmente efficace, deve andare oltre il singolo edificio per interessare invece interi comparti urbani, soprattutto se di proprietà pubblica, se anche storici e destinati a servizi per la collettività.

Si riportano qui riflessioni ed esiti concreti desunti da una ricerca di Ateneo sulla riqualificazione energetico-ambientale di parte del patrimonio edilizio storico della Sapienza, verificando in particolare l'efficacia delle normative, il rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), la riduzione *quasi a zero* dei consumi energetici, l'utilizzo di fonti rinnovabili, il benessere indoor, ma

Building heritage of “Sapienza”: integrated digital tools for the executive project

Abstract. The originality of the contribution has put in system, for an executive project, digital instruments (different from each other). The methodology has developed aspects of *method, tools, skills and results*: coordinating tools (*Mc4energy*[®], *Tally*[®]), preparing the BIM *Execution Plan*, identifying the BIM *modeler and coordinator*, managing the information with *Overview and Detailed BIM Use Map*. The results of the research, financed in the A.A. 2017-18 by “Sapienza” in synergy with the *Energy Plan*, benefit the entire community: by implementing digital instruments, more effective methods and databases are produced for the project and the management over time of interventions for energy-environmental efficiency and indoor well-being. The paradigm shift takes place with industry 4.0.

Keywords: Construction project; Sustainability; Home automation; HBIM; Facility management.

soprattutto il controllo della qualità delle prestazioni offerte ed i costi gestionali della *fase di esercizio*.

L'operazione, avrà ricadute su tutto il quadrato piacentiniano in sinergia con il Piano Energetico Sapienza (de Santoli, 2016), con il *UI Green Metric World University Rankings* in corso (ai quali chi scrive sta collaborando), che prevedendo anche iniziative sulla mobilità sostenibile¹ produrrà benefici anche sul quartiere circostante.

Inoltre, si è resa (obbligata) la sinergia con il Piano Edilizio Sapienza nel rispetto dei recenti criteri del Gestore dei Servizi Energetici (GSE) per l'accesso agli incentivi.

In questo particolare caso la progettazione esecutiva si è connotata per una gamma di specificità che l'hanno resa ancor più complessa per una serie di motivi che si cercherà di esporre in funzione di un contesto legislativo, normativo, tecnico, economico, sociale in rapida evoluzione e che peraltro sta facendo varare il comparto edilizio verso industria 4.0².

L'originalità del contributo consiste nell'aver messo a sistema, coordinato ed applicato una serie di strumentazioni digitali (diverse fra loro) facendole interagire fra esse e rendendole disponibili al fine di darne concreta attuazione.

A tal fine, la rigorosa organizzazione del lavoro in ambito digitale prevede la redazione del *Bim Execution Plan*:

- a. identificazione degli obiettivi;
- b. rilievo/analisi dello stato di fatto;
- c. definizione dei LOD;
- d. predisposizione del Capitolato informativo;
- e. identificazione del *bim coordinator* ed il *bim modeler*;
- f. gestione contestuale del processo di progettazione collaborativo.

Preliminary remarks

Environmental sustainability in the building sector (which in this text is favoured with reference to the correct elaboration of a truly buildable executive project) but which is intended to be correlated at the same time with other regulatory interventions – requires a specific and articulated commitment to the existing heritage – of particular importance in Italy and as it is carried out in the absence of specific regulations, especially environmental regulations – which, to be truly effective, must go beyond the single building to involve entire urban fabric, especially if they are public property, even if they are historical and intended for community services.

Here are some considerations and concrete results from a research funded by the University on the energetic-environmental requalification of part of the

historical building heritage of “Sapienza”, verifying in particular the effectiveness of the regulations, the respect of the Minimum Environmental Criteria (CAM), the reduction of energy consumption to almost zero, the use of renewable sources, indoor well-being, but above all the control of the quality of the services offered and the management costs of the operating phase.

The operation, will have an impact on the entire square of Piacentini in synergy with the *Sapienza Energy Plan* (De Santoli, 2016), with the *UI Green Metric World University Rankings* in progress (to which the authors are collaborating), which also provides initiatives on sustainable mobility¹ will also produce benefits in the surrounding area.

In addition, the synergy with the *Sapienza Building Plan* has been made (obligatory) in compliance with the recent

Approccio, metodologia e sviluppo della ricerca

Fra le specificità su richiamate, per chiarezza espositiva se ne riprendono alcune suggerite

dalla stessa *call*. In termini di metodo:

1. necessità di una puntuale conoscenza dello stato di fatto del bene edilizio che nel tempo ha subito numerose, rilevanti, incontrollabili modifiche;
2. dover gestire il rapporto, articolato e contestuale, fra committenza, impresa, fruitori (senza i quali si verificherebbero effetti controproducenti quali il *rebound effect*) e quanti poi gestiranno in seguito la fase di esercizio attraverso il *facility management*;
3. operazioni quindi molto complesse nel rilevare esigenze da soddisfare, valutare le decisioni da assumere, selezionare le tecnologie da adottare, controllare costi, tempi e esiti gestionali in termini anche di costi/benefici.

Nella ricerca, qui esposta per necessità sinteticamente, si è riusciti a documentare che la conoscenza dello stato di fatto è stata ottenuta in termini attendibili ma soprattutto operativi.

Si è dovuti partire necessariamente da una fase di accurata ed adeguata programmazione particolarmente complessa.

Primo step: acquisizione dei dati di input che proprio per la specificità del caso deve portare ad una modellazione informatica per garantire in seguito una precisa restituzione della realtà attraverso puntuali dati quali/quantitativi.

Si è ricorsi quindi a strumenti e procedure che garantissero la interoperabilità fra diverse competenze di operatori e differenti strumenti digitali, in tempo reale, per una immediata segnalazione di criticità (interferenze) evitate dalla attenzione posta al funzionamento tecnico dei modelli che connotano ogni disciplina.

criteria of the Energy Services Manager (GSE) for access to incentives.

In this particular case, the executive design has been characterized by a range of specificities which have made it even more complex for a series of reasons which will be tried to expose in function of a legislative, regulatory, technical, economic and social context in rapid evolution and which, moreover, is making the building sector launch towards *industry 4.0*².

The originality of the contribution consists in having systematized, coordinated and applied a series of digital instruments (different from each other) making them interact with each other and making them available in order to give concrete implementation. To this end, the rigorous organization of work in the digital field provides for the drafting of the Bim Execution Plan:

a. identification of goals;

b. survey/analysis of the current situation;

c. definition of the LODs;

d. preparation of the Information Specifications;

e. identification of the bim coordinator and the bim modeller;

f. contextual management of the collaborative design process.

Approach, methodology and development of the research

Among the specificities mentioned above, for clarity of presentation, we take up some suggested by the *call*.

In terms of method:

1. the need for a precise knowledge of the current state of the building that over time has undergone numerous, significant, uncontrollable changes;
2. having to manage the relationship, articulated and contextual, between customers, companies, users (with-

È chiaro che il “classico” BIM che si utilizza sul patrimonio edilizio deve avere altre connotazioni in quanto si tratta di edifici storici (Murphy *et al.*, 2013)³.

Come qualunque fase di programmazione si è resa necessaria la definizione dei LOD (*level object definition*) in funzione degli specifici obiettivi pre-determinati. (UNI 11337).

È stato poi necessario lavorare per *famiglie* nell’obiettivo di rendere omogenee e confrontabili fra esse, creando sinergie, tutta una serie di informazioni e di operazioni che richiedono da un lato la adeguata definizione dei LOD e dall’altro specifiche competenze disciplinari.

«Il committente non può non farsi carico delle ragioni dei gestori e degli utenti, non solo la maintenance (la modellazione e la gestione informativa, oltre alle logiche costruttive, impongono quelle gestionali e fruibili). La casa come servizio e non come un bene» (Ciribini, 2017).

Quindi, il committente definisce le proprie esigenze e relativi requisiti nel Capitolato Informativo (CI), documento contrattuale, includendo il modello informativo sullo stato iniziale dei luoghi e delle eventuali opere preesistenti. La risposta dei soggetti interessati avviene con la formulazione dell’Offerta per la Gestione Informativa.

Secondo step: si è passati a programmare i vari livelli di progettazione e successivamente a predisporre i documenti (in genere digitali) per le fasi di appalto e realizzazione. Sono stati tenuti in specifica considerazione una serie di aspetti: energetico, ambientali e di qualità dell’aria indoor caratterizzati da alcuni passaggi: costruzione dell’inventario, calcolo degli indicatori di prestazione; individuazione degli interventi di miglioramento della prestazione energetica e di riduzione del carico ambientale;

out which there will be counterproductive effects such as the rebound effect) and how many then manage the operation phase through facility management;

3. operations therefore very complex in detecting needs to be met, evaluate the decisions to be taken, select the technologies to be adopted, control costs, time and outcomes in terms of management and also in terms of costs / benefits.

In the research, presented here for the sake of brevity, it was possible to document that the knowledge of the current situation was obtained in reliable but above all operational terms.

It was necessary to start from a particularly complex phase of accurate and adequate planning.

First step: acquisition of input data which, due to the specificity of the case, must lead to an information

modeling to ensure a precise return of reality through precise qualitative/quantitative data.

Therefore, tools and procedures were used to guarantee interoperability between the different skills of operators and different digital tools, in real time, for immediate reporting of critical issues (*interferences*) avoided by the attention paid to the technical functioning of the models that characterize each discipline.

It is clear that the “classic” BIM that is used on the building heritage must have other connotations as these are historical buildings (Murphy *et al.*, 2013)³.

Like any programming phase, the definition of LOD (level object definition) was necessary according to the specific pre-determined objectives (see UNI 11337).

It was then necessary to work for

simulazioni del comportamento del sistema edificio-impianto (anche in termini di qualità dell'aria indoor); analisi costi-benefici (ENEA, 2019). Inoltre, per le costruzioni esistenti e la scelta dei materiali sono stati utilizzati i CAM e sono in fase di revisione alcune scelte - come sottolineano le recentissime norme tecniche - per quanto riguarda la sicurezza e prestazioni attese e la vita nominale di progetto⁴.

In questa fase - ai fini dell'elaborazione del progetto *cantierabile* - si sono esaminate in dettaglio, correlandole fra esse, tutte una serie di specificità.

In quanto a competenze: non è stato semplice coniugare le competenze di chi si occupa di aspetti edilizi, di articolati aspetti impiantistici strettamente relazionati con la oggi purtroppo ancora sottovalutata domotica che invece garantisce la piena fruizione degli spazi intesi come servizio⁵. In *edilizia 4.0* l'edificio non è ormai considerato più come un bene (patrimoniale) da possedere, quanto piuttosto in funzione dei servizi che riesce ad erogare durante il suo ciclo di vita; inoltre, individuate e correlate fra esse tali competenze si sono dovute coniugare con quelle sul BIM e quelle sul *facility management* che acquista oggi il significato di *sustainable facility management*.

Nella ricerca, si è riusciti a raggiungere risultati positivi utilizzando il *Bim Execution Plan* (BEP) consentendo così di gestire il processo di progettazione collaborativo, identificare le figure responsabili, i loro compiti, ruolo e gli oneri (ivi compresi gli stakeholders). Identificare il *bim coordinator* ed il *bim modeler* correlando, nella loro attività aspetti energetici, ambientali, impiantistici, domotici per ottimizzare costi ed interventi di manutenzione e coinvolgendo, altresì, lo stesso Ufficio Tecnico nelle operazioni di rilievo, analisi, modellazione, flusso dati. Si sono

così ridotte le incongruenze tra i diversi livelli progettuali, i tempi ed i costi, impostando infine un database per gli interventi programmati.

Attraverso la realizzazione di una mappatura del processo, si è garantito al team la conoscenza di tutte le fasi che lo compongono, identificato le informazioni da inserire nel modello e quelle da scambiare con gli altri "partecipanti" al progetto.

Si è adottato quindi un approccio su due livelli: *Overview map* (mappa generale) con tutto il processo di implementazione BIM e *Detailed BIM Use Map* (mappa di dettaglio) in cui è stata descritta ogni singola fase del processo.

*In termini di strumenti*⁶: la sperimentazione, l'utilizzo, e coordinamento di specifiche, nuove e complesse, strumentazioni digitali quali i Sistemi Informativi Georeferenziati (GIS), BIM e loro declinazioni Energy ed Heritage, che hanno consentito di approdare poi a certificazioni ambientali. Le risultanze ottenute testimoniano che l'utilizzo del BIM non è limitato alla sola fase di progettazione, ma si articola come un processo, lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio. È stato impiegato Mc4energy for Revit, un applicativo Mc4Software finalizzato al calcolo energetico degli edifici in ambiente Revit[®] di Autodesk[™] (in prova gratuita per 15 gg). Il software è certificato dal CTI per l'applicazione delle specifiche tecniche UNITS 11300 parti 1, 2, 3, 4, 5, 6, dotato di garanzia di conformità al DM 26/06/2015; consente di incrementare le informazioni relative agli aspetti energetici e di effettuare le verifiche di legge, la certificazione energetica, il calcolo delle potenze di punta estive e invernali e delle ripartizioni per i servizi di riscaldamento centralizzato (secondo la norma UNI10200) ed infine la diagnosi per l'individuazione degli interventi di riqualificazione energetica dell'edificio.

"families" in order to make homogeneous and comparable between them, creating synergies, a whole series of information and operations that require on the one hand the appropriate definition of LOD and on the other hand specific disciplinary skills.

«The client cannot fail to take care of the reasons of the managers and users, not only maintenance (modelling and information management, in addition to the construction logic, impose management and user requirements). The house as a service and not as a good» (Ciribini, 2017).

Therefore, the client defines his own requirements and relative requirements in the Informative Specifications, contractual document, including the information model on the initial state of the places and of any pre-existing buildings. The response of the interested parties takes place with

the formulation of the offer for the Information Management.

Second step: it has been moved on to plan the various levels of design and then to prepare the documents (usually digital) for the phases of tendering and construction. Specific consideration was given to a series of aspects: energy, environmental and indoor air quality, characterised by a number of steps: elaboration of the inventory, calculation of performance indicators; identification of measures to improve energy performance and reduce the environmental load; simulations of the behaviour of the building-plant system (also in terms of indoor air quality); cost-benefit analysis. (ENEA, 2019). In addition, for existing buildings and the choice of materials, CAM has been used and some choices - as underlined by the very recent technical standards - regarding safety and expected per-

formance and the nominal life of the project are being reviewed⁴.

In this phase - for the purpose of the elaboration of the buildable executive project - a series of specificities have been examined in detail, correlating them with each other.

In terms of skills: it was not easy to combine the skills of those who deal with building aspects, articulated aspects of plant engineering closely related with the today unfortunately still underestimated home automation that instead ensures the full enjoyment of the spaces intended as a service⁵. In building 4.0, the building is no longer considered as a (patrimonial) asset to be possessed, but rather as a function of the services that it is able to provide during its life cycle; moreover, identified and correlated between them, these skills had to be combined with those on BIM and those on facil-

ity management that now acquires the meaning of *sustainable facility management*.

In the research, positive results were achieved by using the Bim Execution Plan (BEP), thus enabling the management of the collaborative design process, identifying responsible figures, their tasks, role and burdens (including stakeholders). Identify the bim coordinator and the bim modeler by correlating, in their activities, energy, environmental, plant engineering and home automation aspects in order to optimize costs and maintenance operations and by involving the Technical Office itself in surveying, analysis, modelling and data flow operations. In this way, inconsistencies between the different design levels, times and costs have been reduced, and a database for the planned interventions has been set up.

L'impiego di tecnologie di rilievo *laser scanner 3D* ha consentito di ottenere un livello "alto" di dettaglio di restituzione grafica, l'acquisizione contemporanea di foto a colori e nuvole di punti 3D con una notevole riduzione dei tempi e dei costi ed infine l'integrazione con sistemi diversi quali CAD, 3D e BIM. Ciò consente di importare i dati rilevati tramite laser scanner 3D e di poter elaborare, partendo dalla nuvola di punti 3D, diverse viste progettuali.

Per la valutazione degli impatti ambientali è stato utilizzato Tally® Environmental Impact Tool, un'applicazione di Autodesk® Revit® (in prova per 10 gg) lavorando su un modello progettuale in grado di definire relazioni tra elementi BIM e i materiali da costruzione presenti nel database.

In termini di originalità: la metodologia consente di porre a sistema i diversi obiettivi di intervento sul costruito e svolgere un confronto tra interventi anche di pregio; consente poi l'interoperabilità tra due software ancora oggi non dialoganti tra loro (Revit e GIS).

Inoltre, sono in fase di test due procedure per la *Life Cycle Assessment* (LCA) finalizzate alla certificazione ambientale; la prima (Tally®) e la seconda, importando da un file excel, elaborato durante la ricerca, i dati estrapolati dalle *Environmental Product Declaration* (EPD) dei materiali. Entrambe le strade al momento consentono analisi solo parziali; potranno essere validate solo quando saranno implementate le banche dati.

In termini di risultati: la ricerca ha testimoniato la validità (e la flessibilità operativa) di una metodologia che utilizza strumenti digitali: dalla programmazione degli interventi, dal rilievo al reperimento delle informazioni sull'edificio con tutte le caratteristiche economiche, geomorfologiche, costruttive, strutturali

ed impiantistiche, domotiche; rispondendo anche ad esigenze di una rinnovata domanda sociale espressa anche dagli attuali fruitori.

Questo si è potuto realizzare attraverso la redazione del BEP che definisce gli obiettivi programmatori, del rilievo e le direttive di restituzione grafica per ogni fase di progettazione (fino a quella esecutiva) monitorando ogni fase del processo edilizio fino alla gara d'appalto (lasciando peraltro del tutto immutate le operazioni di verifica e controllo da effettuarsi sulle fasi successive a queste: collaudi, *Post Occupancy Evaluation* (POE), ecc.

Un inciso, ma non di secondaria importanza: dovendo intervenire ad es. sulla messa a norma solamente ambientale, per economia di scala si sono invece create le condizioni per una messa a norma complessiva degli edifici: statica, funzionale.

Per concludere: la valutazione finale si potrà avere solo alla fine dei lavori quando sarà tecnicamente possibile svolgere una POE e il conseguente aggiornamento dati in tempo reale.

Quindi, se si comprende (e si condivide) il tutto, la subarticolazione (a fini scientifici ed operativi) è la stessa suggerita dalla *call*. Il lavoro si è incentrato sul progetto esecutivo e utilizzo corretto delle risorse/sostenibilità ambientale; va però sottolineato che un progetto realmente cantierabile deve tenere compresenti tutti gli aspetti della *call* se vuole pervenire ai risultati che la stessa *call* (giustamente) si prefigge soprattutto se si vogliono perseguire gli obiettivi fissati (almeno 3 dei 17 obiettivi dell'ONU e quelli ESG (*Environment/Social/Governance*)).

A titolo esemplificativo, l'illustrazione di uno dei casi studio, l'edificio della Facoltà di Lettere e Filosofia-CU003: articolato in spazi e funzioni con esigenze e consumi energetici molto diversificati.

By mapping the process, the team was guaranteed knowledge of all the phases that make it up, identified the information to be included in the model and those to be exchanged with the other "participants" in the project.

A two-level approach was adopted: Overview map with the whole BIM implementation process and Detailed BIM Use Map, in which every single step of the process was described.

In terms of tools: experimentation, use, and coordination of new and complex specifications, digital tools such as Georeferenced Information Systems (GIS), BIM and their Energy and Heritage declensions, which allowed to arrive at environmental certifications. The results obtained show that the use of BIM is not limited to the design phase alone, but is articulated as a process, throughout the entire life cycle of the building. Mc-

4energy for Revit, a Mc4Software application for the energy calculation of buildings in a Revit® environment by Autodesk TM (free trial for 15 days), was used. The software is certified by the CTI for the application of the technical specifications UNITS 11300 parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, with a guarantee of compliance with DM 26/06/2015; it allows to increase the information on energy aspects and to carry out legal checks, energy certification, the calculation of peak summer and winter heating power and allocations for central heating services (according to UNI 10200) and finally the diagnosis for the identification of energy efficiency upgrading of the building.

The use of 3D laser scanner technologies has allowed to obtain a "high" level of detail of graphic restitution, the simultaneous acquisition of colour photos and clouds of 3D points with a

significant reduction in time and costs and finally the integration with different systems such as CAD, 3D and BIM. This allows to import the data collected by 3D laser scanner and to process, starting from the cloud of 3D points, different design views.

Tally® Environmental Impact Tool, an Autodesk® Revit® application (tested for 10 days) was used to assess environmental impacts, working on a design model capable of defining relationships between BIM elements and building materials in the database.

In terms of originality: the methodology allows to set up a system of the different objectives of intervention on the built and to carry out a comparison between interventions even of value, then allows the interoperability between two software still not dialoguing with each other (Revit and GIS).

Moreover, two procedures for the Life

Cycle Assessment (LCA) aimed at environmental certification are currently being tested; the first (Tally®) and the second, importing the data extracted from the Environmental Product Declaration (EPD) of the materials from an excel file, elaborated during the research. At the moment, both paths allow only partial analyses; they can be validated only when the databases will be implemented.

In terms of results: the research has demonstrated the validity (and operational flexibility) of a methodology that uses digital tools: from the planning of interventions, from the survey to the retrieval of information on the building with all its economic, geomorphological, construction, structural and plant-system, domotic characteristics; also responding to the needs of a renewed social demand also expressed by current users.

I primi dati per il modello in BIM provengono dalle piante in CAD fornite dall'Area Gestione Edilizia; integrati con le informazioni geometriche ottenute con il laser scanner 3D in seguito arricchite di dettagli.

Nello specifico il modello è stato predisposto per garantire il raggiungimento del LOD G per gli infissi, i rivestimenti esterni e gli impianti, e il LOD B per il modello generico e le strutture.

Successivamente si è utilizzato il Bim Objects Models, per predisporre un database che inciderà sul *facility management* e programmare gli interventi di manutenzione.

È stata poi elaborata l'APE (edificio in classe energetica C con indice di prestazione globale non rinnovabile (EP_{gl,nren}) di 160,4 kWh/m²anno) risultato che trova riscontro nel confronto con i dati sui consumi ottenuti dalle bollette.

Gli interventi proposti in seguito alle analisi costi-benefici e alle soluzioni possibili in edifici vincolati: sostituzione dei vetri singoli con doppi, installazione di 200 m² di collettori solari pari al 50% del fabbisogno, 300 m² di pannelli fotovoltaici da 30 kW, una caldaia a condensazione e un gruppo frigo ad alta efficienza; consentono di passare alla classe energetica A1 con EP_{gl,nren} di 107,5 kWh/m² anno, con riduzione del consumo del 25% di energia elettrica e 66,2% di energia termica e conseguente diminuzione delle emissioni di CO₂ del 33,4%.

L'investimento iniziale: un milione di euro, ritorno in 15 anni e riduzione dei costi di esercizio a 64.000,00 euro l'anno. Il conto termico GSE, che finanzia per la PA fino al 65% delle spese sostenute per gli interventi sull'involucro e sugli impianti, consentirebbe di ridurre l'investimento iniziale a 350.000,00 euro con un ritorno a 5,4 anni.

This could be achieved through the drafting of the BEP, which defines the programmers objectives, the survey and the directives of graphic restitution for each design phase (up to the executive phase), monitoring each phase of the building process up to the tender (leaving unchanged, however, the verification and control operations to be carried out on the phases following these: testing, Post Occupancy Evaluation (POE), etc.

An aside, but not of secondary importance: having to intervene, for example, on the only environmental compliance, the economy of scale has instead created the conditions for an overall compliance of the buildings: static, functional.

To conclude: the final evaluation can only be made at the end of the work when it is technically possible to carry out a POE and the consequent updat-

ing of the data in real time.

Therefore, understood (and shared) everything, the subarticulation (for scientific and operational purposes) is the same as suggested by the *call*.

The work has focused on the executive project and the correct use of resources/environmental sustainability; however, it should be stressed that a truly buildable executive project must keep all the aspects of the *call* present if it is to achieve the results that the *call* itself (rightly) sets itself, especially if it is to pursue the objectives set (at least 3 of the 17 UN objectives and those of ESG (*Environment/Social/Governance*)).

For an example, the illustration of one of the case studies, the building of the Faculty of Letters and Philosophy-CU003: divided into spaces and functions with very different energy needs and consumption.

The first data for the BIM model come

I soggetti coinvolti e finanziamenti

I soggetti coinvolti sono al momento tutti pubblici, anche se in funzione delle risultanze ottenute si spera di coinvolgere – per loro stesso interesse – anche il mercato privato.

La ricerca è stata finanziata nell'A.A. 2017-2018 (come prima tranche con possibilità di reiterazione in funzione dei risultati raggiunti) dallo stesso Ateneo sulla base di una proposta presentata nell'ambito dei bandi di ricerca di Ateneo.

Essa comunque si coniuga con il Piano Edilizia e con il Piano Energetico dell'Ateneo attualmente in atto.

Questo è un ulteriore servizio reso agli Uffici Tecnici della Sa-pienza: l'economia di scala.

Come già riportato, si sono create le condizioni per una messa a norma complessiva degli edifici: statica, funzionale pur privilegiando, a seconda dei casi, la riqualificazione energetico-ambientale⁷.

In questa logica si sono intrattenuti rapporti con gli Uffici Tecnici preposti e, inoltre, le risultanze della ricerca – sia pure con qualche limite – testimoniano altri rapporti con il circostante Municipio II che intenderebbe avvalersi della documentazione prodotta⁸.

Non è da escludere infine un certo interessamento di condomini privati visto che per la riqualificazione energetica è possibile fruire di agevolazioni fiscali insieme ad altri interventi suddivisi per singole unità abitative e parti condominiali (cfr. Legge di Bilancio 2019).

Infine, è in corso un programma di Start-up universitaria STAR.t.BIM (coordinato da chi scrive) con l'obiettivo di affiancare i tecnici delle stazioni appaltanti della PA nella prima fase di approccio al BIM estendendo tale collaborazione anche all'u-

from the CAD plants provided by the Building Management Area; integrated with the geometric information obtained with the 3D laser scanner, later enriched with details.

Specifically, the model has been prepared to ensure the achievement of LOD G for windows, external cladding and systems, and LOD B for the generic model and structures.

Subsequently, the Bim Objects Models were used to prepare a database that will affect facility management and schedule maintenance operations.

The APE (energy class C building with an overall non-renewable performance index (EP_{gl,nren}) of 160.4 kWh/m² per year) was then processed and compared with the consumption data obtained from bills.

The interventions proposed following cost-benefit analyses and possible solutions in historical buildings:

replacement of single glazing with double glazing, installation of 200 m² of solar collectors equal to 50% of requirements, 300 m² of 30 kW photovoltaic panels, a condensing boiler and a high-efficiency refrigeration unit; they allow to move to energy class A1 with EP_{gl,nren} of 107.5 kWh/m² per year, with a reduction in consumption of 25% of electrical energy and 66.2% of thermal energy and a consequent reduction in CO₂ emissions of 33.4%.

The initial investment: one million euros, return in 15 years and reduction of operating costs to 64.000.00 euros per year. The GSE thermal account, which finances up to 65% of the expenses incurred for the PA for the interventions on the envelope and on the plants, would allow to reduce the initial investment to 350.000.00 euros with a return to 5,4 years.

utilizzo di altre applicazioni quali GIS e software di diagnosi energetica.

Implicazioni culturali, pratiche e socio-economiche

Le risultanze, qualora collaudate, sono del tutto positive e vanno a vantaggio di tutta indistintamente la comunità.

Per gli aspetti ambientali costituiscono inoltre un supporto per l'implementazione dell'analisi LCA direttamente in BIM sia attraverso l'interoperabilità con il software Tally sia attraverso la parametrizzazione delle informazioni contenute nelle EPD di tipo III.

La ricerca pur rivolta ad enti pubblici, ha connotazioni che la rendono fruibile anche ad aziende private, per migliorare la gestione del patrimonio immobiliare sotto una pluralità di ottiche. Implicazioni culturali: la sostenibilità ambientale non si risolve in termini normativi: è, e rimane, un fatto culturale. È solo attraverso una corretta ed efficace comunicazione (oppure con esperienze valide e tangibili come questa) che si può raggiungere questo obiettivo.

Prescindendo da leggi e regolamenti, non basta intervenire tecnicamente: green economy, eco design, sostenibilità, sono enunciati vuoti, dichiarazioni sterili di principio, se non vengono applicati nella realtà dei fatti.

Questo è, anche, una delle finalità di questa pubblicazione: creare una sensibilità ambientale diffusa attraverso una comunicazione che individui sempre più adeguate forme per essere maggiormente efficace.

Implicazioni pratiche: diretto ed immediato utilizzo delle risultanze da parte degli Uffici Tecnici della Sapienza; estensione di

Actors involved and funding

At the moment, all the actors involved are public, even if, according to the results obtained, it is hoped to involve – for their own interest – the private market as well.

The research was funded in the academic year 2017-2018 (as the first tranche with the possibility of repetition depending on the results achieved) by the University itself on the basis of a proposal submitted in the context of calls for research at the University.

However, it is combined with the Building Plan and with the University's Energy Plan currently underway.

This is a further service rendered to the Technical Offices of Sapienza: the economy of scale.

As already mentioned, the conditions have been created for the buildings to be brought into compliance with the

overall regulations: static, functional, while favouring, depending on the case, the energy-environmental requalification.⁷

In this logic, relations have been maintained with the competent Technical Offices and, moreover, the results of the research – albeit with some limitations – testify to other relations with the surrounding Municipality II, which intends to make use of the documentation produced.⁸

Finally, a certain interest of private condominiums cannot be excluded, given that for energy requalification it is possible to benefit from tax relief together with other interventions divided into individual housing units and condominium parts (see Budget Law 2019).

Finally, a STAR.t.BIM university start-up programme (coordinated by the writer) is underway with the aim of

queste e collaborazione con gli Uffici Tecnici del Municipio II circostante.

Implicazioni socio-economiche: per chi adotta questo metodo migliorano le condizioni di fruizione del bene e si limitano i costi di gestione.

Risultati, limiti della ricerca, conclusioni, ulteriori sviluppi

Alcuni aspetti analitici, compatibili con la obbligata lunghezza di questo testo, sono già stati riportati e si spera esaurientemente.

Oltre a quanto fin qui riportato, un ulteriore risultato è raggiungibile, la qualità dell'aria indoor: se è possibile dimensionarne la temperatura, sarà altrettanto possibile dimensionarne la qualità in una più ampia interpretazione dell'acronimo ESG Environment/Social/Governance.

Oltre ai condivisibili quindi risultati "tecnici" il lavoro svolto obbliga i progettisti che hanno formulato le previsioni a confrontarsi nel tempo con gli esiti effettivi nelle opere progettate.

Pur circoscritta ad un campione del patrimonio edilizio della Sapienza di Roma la metodologia si può estendere all'intera proprietà dell'Ateneo (anche a quella al di fuori del quadrato piacentiniano) e consente una applicazione su un intero quartiere (Municipio II di Roma).

In sintesi, si è riusciti a creare le condizioni per produrre documenti ed elaborati progettuali correttamente ed adeguatamente cantierabili che, in linea con quanto fin qui sottolineato, consentono di procedere garantendo la qualità dei risultati programmati.

Se le risultanze saranno valide non sarà difficile implementare le strumentazioni digitali e produrre metodi sempre più efficienti.

supporting the technicians of the PA contracting stations in the first phase of their approach to BIM, extending this collaboration to the use of other applications such as GIS and energy diagnosis software.

Cultural, practical and socio-economic implications

The results, if tested, are completely positive and benefit the whole community without distinction.

For the environmental aspects they are also a support for the implementation of the LCA analysis directly in BIM both through the interoperability with the Tally software and through the parameterization of the information contained in EPD type III.

The research, although addressed to public bodies, has connotations that make it usable also to private companies, to improve the management of

real estate assets under a plurality of optics.

Cultural implications: environmental sustainability is not resolved in regulatory terms: it is, and remains, a cultural fact. It is only through correct and effective communication (or with valid and tangible experiences like this one) that this objective can be achieved.

Regardless of laws and regulations, it is not enough to intervene technically: green economy, eco design, sustainability, are empty statements, sterile declarations of principle, if they are not applied in practice.

This is also one of the aims of this publication: to create a widespread environmental awareness through a communication that identifies more and more appropriate ways to be more effective.

Practical implications: direct and immediate use of the results by the Tech-

Per concludere: si è già detto che con una corretta applicazione del Codice degli appalti, una adeguata utilizzazione di strumenti digitali, una sensibilizzazione maggiore degli utenti attraverso una corretta ed adeguata comunicazione si può sperare di risolvere un problema che investe la gran parte del patrimonio edilizio esistente (pubblico e privato).

Il cambio di paradigma (e quindi gli sviluppi auspicati) non può avvenire che attraverso il passaggio ad industria 4.0 (coinvolgendo anche le PMI) l'unica modalità per affrontare adeguatamente questi ed altri aspetti edilizi finora non citati (ad esempio il PPP, il ruolo dell'ANAC, la prefabbricazione, il riutilizzo dei rifiuti, il calo delle morti (cosiddette eufemisticamente bianche), il *debat publique*, la casa come servizio e non più come un bene rifugio; problemi non più rinviabili.

Altrimenti, quanto detto in apertura «La sostenibilità ambientale in edilizia (che in questa ricerca si privilegia – per una corretta elaborazione di un progetto esecutivo realmente cantierabile – ma che si intende correlare contestualmente con altre iniziative» si limita ad una semplice (e vuota) affermazione.

NOTE

¹ Fra le attività del *Piano della mobilità sostenibile (Sump)*: il «Rapporto sul modello di spostamento attuale della comunità Sapienza».

² Dal 01/01/2019 è obbligatorio l'utilizzo del BIM per la modellazione nell'edilizia di tutte le opere pubbliche di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni. Dal 2025 sarà richiesto per tutti i lavori.

³ Gli oggetti modellati nel progetto basati su dati desunti dalla ricerca storica sono più numerosi rispetto agli oggetti «di sistema» ed a quelli «caricabili».

⁴ Circolare 21/01/2019 n. 7 CSLP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggior-

nical Offices of Sapienza; extension of these and collaboration with the Technical Offices of the surrounding Municipality II.

Socio-economic implications: for those who adopt this method, the conditions of use of the good are improved and management costs are limited.

Results, research limits, conclusions, further developments

Some analytical aspects, compatible with the obligatory length of this text, have already been reported and hopefully exhaustively.

In addition to what has been reported so far, a further result is achievable, the quality of indoor air: if it is possible to size the temperature, it will also be possible to size the quality in a broader interpretation of the acronym ESG (Environment/Social/Governance).

In addition to the «technical» results

that can be shared, the work carried out obliges the designers who have formulated the forecasts to compare themselves over time with the actual results of the planned works.

Although limited to a sample of the building heritage of Sapienza University of Rome, the methodology can be extended to the entire property of the University (including that outside the square of Piacentini) and allows an application on an entire neighborhood (Municipality II of Rome).

In short, it has been possible to create the conditions to produce documents and design documents that can be properly and adequately built on site, in line with what has been emphasized so far, allow to proceed while guaranteeing the quality of the planned results.

If the results are valid, it will not be difficult to implement digital instruments

and produce increasingly efficient methods.

To conclude: it has already been said that with a correct application of the Procurement Code, an adequate use of digital tools, a greater awareness of users through a correct and adequate communication we can hope to solve a problem that affects most of the existing building stock (public and private). The paradigm shift (and therefore the desired developments) can only take place through the transition to industry 4.0 (also involving SMEs), the only way to adequately address these and other building aspects not mentioned so far (for example, the PPP, the role of ANAC prefabrication, the reuse of waste, the fall in deaths (so-called euphemistically white), the *debat publique*, the house as a service and no longer as a safe haven; problems that can no longer be postponed.

namamento delle Norme tecniche per le costruzioni in GU n. 35 11/02/2019: Capitoli 2 e 8.

⁵ La domotica si integra con gli *Smart construction object* (SCO) che, sensorizzati e fra essi collegati, misurano – anche all'interno di un edificio – le prestazioni erogate, avvertono l'utenza di eventuali disservizi favorendo così il *facility management*: in altri termini *Internet of Things* (IoT) e domotica generano così concreti e tangibili servizi alla persona.

⁶ I *model file type*: l'elenco di tutti i software e le applicazioni (con relative versioni) che vengono utilizzati per lo sviluppo di ogni BIM *use* per garantire l'interoperabilità del processo.

⁷ «Le analisi stimano benefici economici della digitalizzazione dei processi di progettazione, costruzione e gestione compresi tra il 10% e il 20% delle spese in conto capitale dei progetti» (EUBIM, 2017).

⁸ La documentazione sarà utile ad es. per gare europee per selezionare operatori economici – attraverso un accordo quadro – per servizi di conduzione, gestione, manutenzione e presidio di impianti termici, di condizionamento e trattamento aria della Città Universitaria e delle Sedi Esterne.

REFERENCES

Ciribini, A. (2017), «Digitale e Analogico: un Connubio Rivelatore», *Ingenio*, available at: <https://www.ingenio-web.it/6895-digitale-e-analogico-un-connubio-rivelatore>.

De Santoli, L. (2017), «Piano Energetico Sapienza», available at: <https://www.uniroma1.it/it/pagina/pes-sapienza>.

DM MIT 560/2017 (2017), *Modalità e tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei metodi degli strumenti elettronici specifici*.

Calabrese, N., Carderi, A., Lavinia, C., Cašari, F. and Passafaro (Eds.) (2019), *Energia e sostenibilità per la PA*, ENEA, Roma.

EUBIM Task Group (2017), «Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector», available at: <http://www.eubim.eu/handbook/>.

Otherwise, what was said in the opening words «Environmental sustainability in construction (which in this research is favoured – for the correct elaboration of a truly buildable executive project – but which is intended to be correlated at the same time with other initiatives» is limited to a simple (and empty) statement.

NOTES

¹ Among the activities of the *Sustainable Mobility Plan (Sump)*: the «Report on the current model of displacement of the Wisdom community».

² As from 01/01/2019, the use of the BIM is mandatory for the modelling of all public works in the building sector for a bidding amount equal to or greater than 100 million. From 2025 it will be required for all works.

³ The number of objects modelled in the project based on historical research

Murphy, M., McGovern, E. and Pavia, S. (2013), "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, pp. 89-102.

UNI 11337:2017 (2017), "Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni".

data is greater than the number of "system" and "loadable" objects.

⁴ Circular n. 7 of 21.01.2019 CSLP: Instructions for the application of the Updating of Technical Regulations for Construction in *Gazzetta Ufficiale* n. 35 of 11.02.2019: Chapters 2 and 8.

⁵ Home automation is integrated with Smart Construction Objects (SCOs) which, sensorized and connected to each other, measure – even inside a building – the services provided, warn users of any inefficiencies and thus promote facility management: in other words, Internet of Things (IoT) and home automation thus generate concrete and tangible services to the person.

⁶ The model file type: the list of all the software and applications (with relative versions) that are used for the development of each BIM use to guarantee the interoperability of the process.

⁷ «Analyses estimate the economic benefits of digitising design, construction and management processes at between 10% and 20% of project capital expenditure» (EUBIM, 2017).

⁸ The documentation will be useful, for example, for European tenders to select economic operators – through a framework agreement – for services of operation, management, maintenance and supervision of heating, air conditioning and air treatment systems in the University Campus and in external locations.