

Sergio Russo Ermolli, Pasquale De Toro,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

russermo@unina.it

pasquale.detoro@unina.it

Abstract. La finalità del contributo è quella di individuare le potenzialità di integrazione, all'interno dell'approccio BIM, dei metodi di valutazione multicriterio per rendere più efficace il processo di aggiudicazione delle gare d'appalto, definendo un metodo alternativo ai procedimenti più tradizionali. Per raggiungere questo obiettivo sono stati analizzati quattro appalti pubblici per la realizzazione di strutture scolastiche delle Città Metropolitane di Napoli. Successivamente è stata riproposta la procedura di uno dei quattro appalti precedentemente analizzati, attraverso la sinergia del Building Information Modeling e del metodo PROMETHEE. Lo studio ha permesso di individuare interessanti risultati in rapporto agli obiettivi di velocizzazione della fase di valutazione e di redazione della graduatoria finale, nonché di trasparenza di tale fase.

Parole chiave: digitalizzazione, BIM, appalti pubblici, analisi multicriterio.

1. Sulla spinta della legislazione comunitaria, come già avvenuto sui temi del rendimento energetico, il nostro Paese ha finalmente avviato il processo di digitalizzazione del settore delle costruzioni, introducendo nel Nuovo Codice Appalti la metodologia BIM all'interno delle fasi progettuali e realizzative di lavori pubblici. Le esperienze sviluppate in diversi paesi europei stanno dimostrando come tale innovazione rappresenti oramai un processo irreversibile, che non può prevedere ripensamenti, ma che allo stesso tempo richiama, per determinare un effettivo cambio di paradigma, una introduzione di tipo graduale¹. Il contesto nel quale troverà diffusione nei prossimi anni l'approccio digitale è notoriamente caratterizzato da numerose criticità: conflittualità, disconomie, ritardi, incoerenze contraddistinguono infatti ampia parte delle attività di progettazione e costruzione, specialmente in ambito pubblico, ma che, in assenza di dinamiche innovative rilevanti, hanno comunque consentito per lunghi periodi di conseguire elevati margini di profitto. La pressione a conferire a tale

settore un carattere realmente industriale, alla stregua dei settori manifatturieri avanzati, non è recente. Politiche tecniche sviluppate tra gli anni Sessanta e Novanta, orientate a qualificare la filiera delle forniture, i livelli di progettazione e le competenze degli operatori, recepiscono in molti casi gli esiti dell'ampio dibattito sull'industrializzazione edilizia e delle significative esperienze (eroiche per certi versi, fallimentari per altri) condotte in quegli anni alla luce delle grandi sfide quantitative e qualitative poste dal mercato delle costruzioni. Ieri come oggi l'idea di trasformare il settore edilizio sul modello industriale, nel tentativo di conferirgli uno statuto tecnologico di tipo avanzato, si è inteso partire attribuendo centralità alla domanda pubblica. Il tema che appare predominante nella riflessione sullo stato presente del settore delle costruzioni è infatti quello del mutato statuto delle stazioni appaltanti nell'epoca della digitalizzazione, nel momento in cui, in uno scenario polverizzato di attori e responsabilità, solo una pur lenta ma graduale evoluzione di una forte committenza pubblica e della sua funzione sembra poter determinare il cambiamento necessario. Bandi per procedure competitive di lavori e servizi nei quali metodologie digitali vengono espressamente citate, cominciano infatti a diffondersi in diversi paesi europei². Rispetto a tali bandi le Pubbliche Amministrazioni tendono a individuare la formula più adeguata, in rapporto alle risorse e competenze interne, per influenzare in maniera significativa gli esiti progettuali finalizzati alla costruzione e all'esercizio, attraverso:

- lo sviluppo di processi nei quali l'originatore (in questo caso le PA) ne abbia sin dall'inizio il pieno controllo e si ponga alla guida della catena di fornitura;
- la richiesta di progettazioni di tipo collaborativo e sistemico, basate sulla modellazione informativa (BIM), sul paradigma

Process innovations for the digitalization of public procurement: synergies between BIM and multi-criteria analysis

Abstract. The aim of this paper is to identify the potential for integration, within BIM approach, the multi-criteria evaluation methods to improve the effectiveness of the award process of tendering, by defining an alternative method to more traditional procedures. To reach this aim four public procurement have been analyzed for the construction of educational facilities in the Metropolitan City of Naples. It was later represented the procedure of one of the four contracts previously analyzed, through the synergy of building information modeling and PROMETHEE method. The study has identified interesting results in relation to the objectives of speeding up the phase of evaluation and preparation of the final ranking, as well as of the transparency of this phase.

Keywords: digitalization, BIM, public procurement, multi-criteria analysis.

1. In the wake of EU legislation, as was done on the energy efficiency issue, our Country has finally started the digitization process of the construction industry, introducing BIM methodology in the New Procurement Code. The experiences developed in several European countries are showing how this innovation now represents an irreversible process, which cannot be predicted second thoughts, but at the same time requires, to determine an actual paradigm shift, a kind of gradual introduction¹. The context in which will spread over the next few years the digital approach is notoriously characterized by numerous problems: conflicts, inefficiencies, delays, inconsistencies of a large part of design and construction activities, especially in the public sector, that, in absence of relevant innovative dynamic, did however allow for long periods

to achieve higher profit margins. The pressure to give a real industrial character to the sector, like the advanced manufacturing sectors, is not recent. Technical policies developed between the Sixties and Nineties aimed to qualify the supply chain, design levels and operators skills, accepted in many cases the outcomes of the broad debate on industrialization and of significant experiences (heroic in some cases, disastrous for others) developed in those years in the light of the quantity and quality challenges posed by the construction market. Yesterday and today the idea of transforming the building industry on an industrial model, in an attempt to give it an advanced technological status, it is based on the idea of giving centrality to public demand. The main topic of the construction sector is in fact the changed status of contracting authorities in the era of digi-

- della simulazione prestazionale, sulla operazionalità del manufatto, sulla computazionalità digitale dei dati;
- la promozione di progettazioni ed esecuzioni congiunte, prevedendo allo stesso tempo l'affidamento dei servizi di gestione nell'ottica del Life Cycle del manufatto;
- la possibilità di selezionare il progettista non solo sulla qualità del progetto architettonico, ma soprattutto sulla base di come gestirà il rapporto tra i processi che generano il prodotto e il contenitore che ne viene di conseguenza generato;
- il coinvolgimento di costruttori e gestori fin dalle prime fasi progettuali, allo scopo di ridurre l'approccio antagonistico tra gli attori ed evitare la definizione di progetti esecutivi e gestionali inadeguati in rapporto alla costruibilità e operatività del manufatto;
- l'aggiudicazione di appalti e concessioni in maniera trasparente, oggettiva e vincolante, tramite metodologie capaci di valutare le diverse alternative dal punto di vista tecnico ed economico sulla scorta della computazionalità.

2. Gli affidamenti pubblici rappresentano senza dubbio una importante leva di politica economica e industriale, capace di influire in maniera determinante sulla competitività delle imprese e sulla capacità di innovazione di un paese. Alla luce dello scenario digitale che sta investendo l'intero settore delle costruzioni, il ruolo della committenza pubblica richiede però l'onere di delineare una visione strategica capace di ridurre le condizioni di aleatorietà tipiche del processo edilizio, individuando una *road map* che in tempi medio-lunghi possa permettere di incrementare la produttività e l'efficacia del settore. Una committenza realmente

tization, when, in a wide scenario of actors and responsibilities, only a slow but gradual evolution of a strong public client and its function seems to be able to produce the necessary change. Calls for competitive tenders for works and services in which digital methods are specifically mentioned, in fact, begin to spread in several European countries². Public Administrations tend to find the most appropriate formula, in relation to internal resources and skills, to significantly influence design outcomes for the construction and operation phases, through:

- the development of processes in which the originator (in this case the PA) has full control from the start and is at the head of the supply chain;
- the demand for collaborative and systemic design based on information modeling (BIM), on the paradigm of performance simulation, on build-

ing operationality, on digital data;

- the integration of design and construction phases, providing at the same time the management services in view of the building Life Cycle;
- the possibility to select the designer not only on the quality of architectural design, but especially on the basis of how will manage the relationship between the processes that generate the product;
- the involvement of builders and managers from the earliest design stages, in order to reduce the adversarial approach between the actors and to avoid the definition of executive and managerial projects inadequate to constructability and operability of the building;
- the award of contracts and concessions in a transparent, objective and binding way, using methods able of evaluating the different alternatives

digitale esige infatti nuovi modelli organizzativi, *vision* manageriale profondamente diversa dal passato, l'impiego di metodologie capaci di fornire previsioni progettuali e costruttive accurate e coerenti con le tempistiche attuative e le risorse disponibili. Nel nostro Paese la sfida posta dalla transizione digitale alla committenza pubblica, e a tutti gli attori del mercato, è particolarmente ardua. In un contesto in cui la cultura organizzativa e gestionale è già in partenza notevolmente limitata, il ritardo con il quale stiamo recependo le innovazioni digitali sembra contribuire a rendere ancora più difficile recuperare il divario maturato nei confronti di altri paesi europei. Elementi di innovazione cominciano a delinearsi ma, come messo in evidenza da qualificati osservatori³, il fenomeno di "BIM-washing" rischia di apparire come l'esito, pur se involontario, più probabile, in quanto la capacità delle PA di emulare esperienze altrui senza capitalizzarne gli esiti è particolarmente elevata.

Il recente dibattito sulla digitalizzazione delle procedure previsto dal nuovo Codice degli Appalti (D.Lgs. 50/2016) sta tuttavia ponendo al centro della discussione il potenziamento della digitalizzazione e dei livelli di trasparenza delle procedure competitive anche nel nostro Paese. Seguendo la tradizione di studi relativi al problematico rapporto tra la fase progettuale e quella realizzativa, presso il DiARC, Università degli Studi di Napoli "Federico II", sono in corso studi e ricerche interdisciplinari su diversi aspetti della digitalizzazione del settore delle costruzioni e, in particolare, sulla individuazione di metodi innovativi di aggiudicazione di appalti e concessioni. Un recente lavoro⁴ ha avuto la finalità di individuare le potenzialità di integrazione, all'interno dell'approccio Building Information Modeling, dei metodi di valutazione multicriterio per rendere più efficace il processo delle

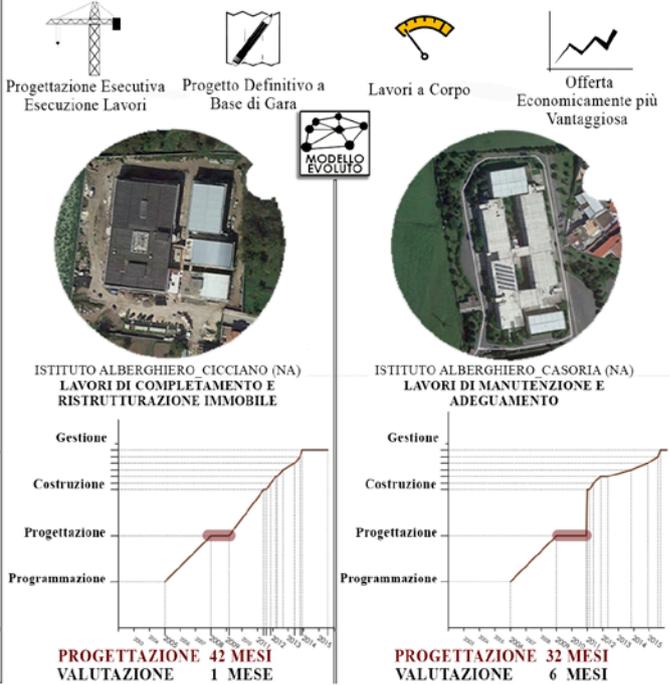
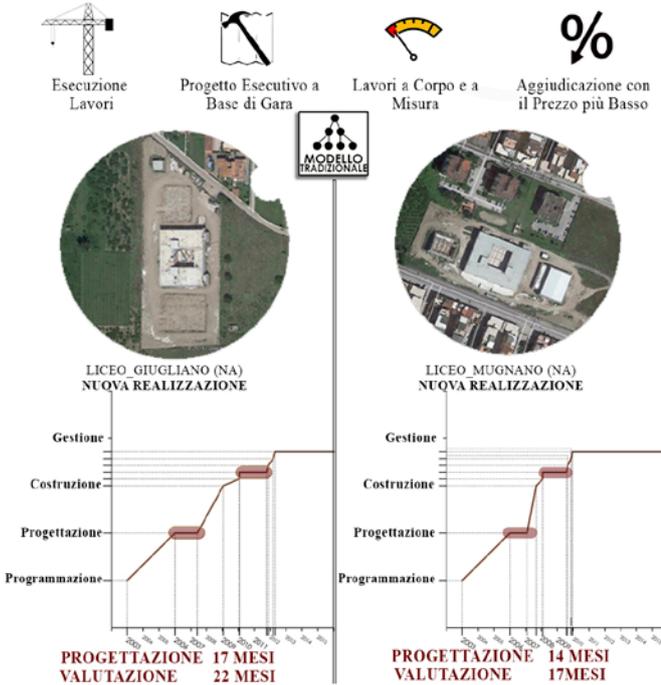
from a technical and economic point of view on the basis of computationally.

2. Public concessions are undoubtedly a source of economic and industrial policy lever, able to have a substantial effect on the competitiveness of businesses and on a country's capacity for innovation. In the light of the digital scenario that is sweeping the entire construction sector, the role of the public client, however, requires the burden to outline a strategic vision able of reducing the conditions of typical uncertainty of the construction process, identifying a road map that in medium-long term can increase the productivity and effectiveness of the sector. A truly digital client requires in fact new organizational models, a managerial vision very different from the past, the use of methodologies that can provide design

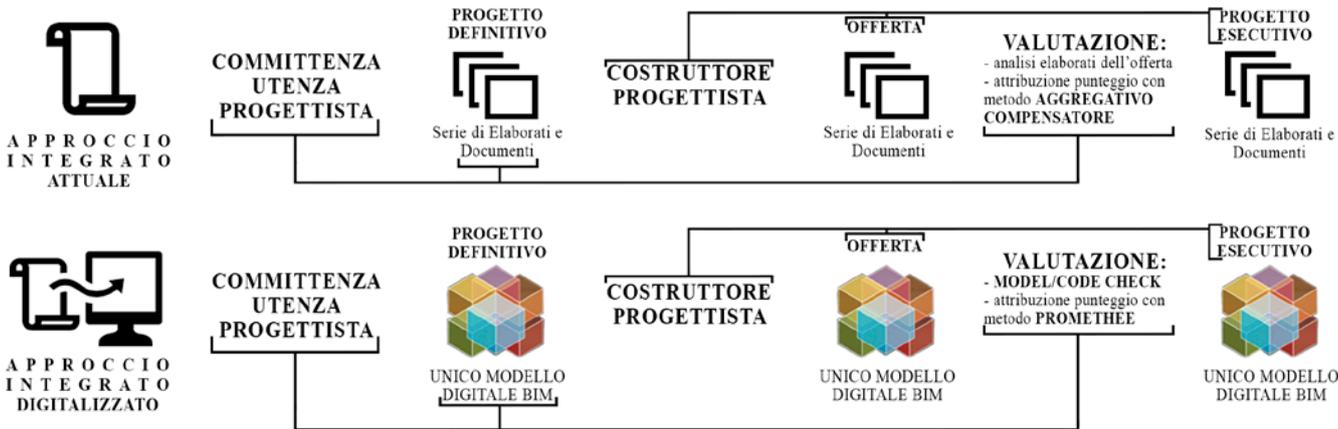
and construction provisions accurate and coherent with the timelines and the available resources. In our Country the challenge posed by the digital transition to public clients and to all actors in building market, is particularly difficult. In a context in which organizational and management culture is already limited from the outset, the delay with which are incorporating the digital innovations seems to make even more difficult to recover the gap with the other European countries. Innovative elements are beginning to emerge but, as pointed out by qualified observers³, the BIM-washing phenomenon is likely to appear as the outcome, even if unintentionally, more likely, because the ability of the PA to emulate the experiences of others, without capitalizing the outcomes, is particularly high. The recent debate on the digitization of the procedures foreseen in the new

MODELLO TRADIZIONALE - APPROCCIO TRADIZIONALE

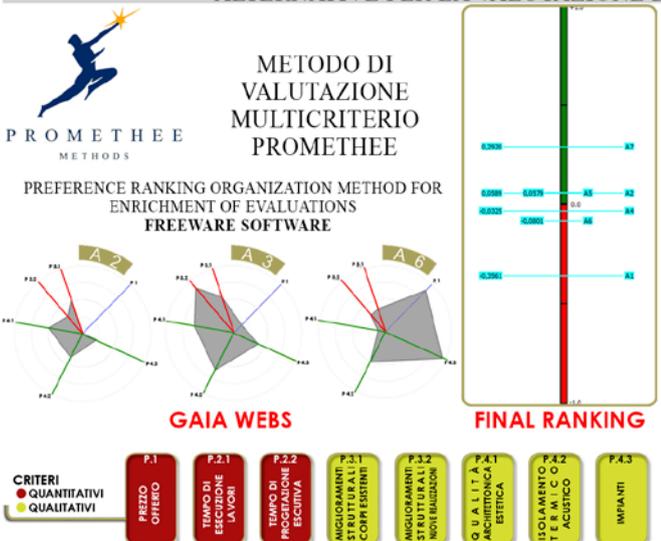
MODELLO EVOLUTO - APPROCCIO INTEGRATO



STRUMENTI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI - IL BIM NELL' APPROCCIO INTEGRATO



ALTERNATIVE PER LA VALUTAZIONE E SCELTA DELLE OFFERTE - PROMETHEE



Commissario 1	P.1	P.2.1	P.2.2	P.3.1	P.3.2	P.4.1	P.4.2	P.4.3
Unit	€	giorni	giorni	9-point	9-point	9-point	9-point	9-point
Cluster/Group	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
Preferences								
Min/Max	min	min	min	max	max	max	max	max
Weight	22,00	5,00	3,00	25,00	25,00	5,00	5,00	10,00
Preference Fm.	Linear	Linear	Linear	Usual	Usual	Usual	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	50.000,00€	20	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	250.000,00€	60	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics								
Minimum	4.387.063,36€	480	70	6,00	7,00	5,00	5,00	6,00
Maximum	5.537.837,90€	480	70	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Average	4.783.680,01€	480	70	6,86	7,29	6,29	6,71	7,14
Standard Dev.	384.296,98€	0	0	0,99	0,70	1,28	1,28	1,12
Evaluations								
A1	5.537.837,90€	480	70	G	G	A-G	A	A-G
A2	5.124.476,76€	480	70	G	VG	A-G	G	G
A3	4.387.063,36€	480	70	A-G	G	A	G-VG	VG
A4	4.499.045,61€	480	70	A-G	G	A	A-G	VG
A5	4.777.253,39€	480	70	G	G	G	A-G	G-VG
A6	4.697.499,01€	480	70	A-G	G	VG	VG	A-G
A7	4.462.584,01€	480	70	VG	G	A-G	A-G	A-G

01 | Scheda sintetica dei principali contenuti qualificanti la ricerca (autore: Angelo Piccolo)
Summary filesheet of the main qualifying contents of the research (author: Angelo Piccolo)

gare d'appalto, definendo un metodo alternativo ai procedimenti tradizionali. Per raggiungere questo obiettivo sono stati analizzati quattro appalti pubblici per la realizzazione di strutture scolastiche nell'area metropolitana di Napoli, con particolare attenzione alle regie di processo utilizzate, ai metodi di aggiudicazione dell'appalto e ai tempi di programmazione, progettazione e costruzione (Fig. 1).

3. L'analisi dello scenario all'interno del quale si colloca lo studio ha messo in evidenza i consolidati aspetti di opacità, farraginosità e indeterminazione che contraddistinguono le diverse fasi del processo edilizio nel nostro Paese. Tra queste, particolarmente significative in rapporto agli obiettivi del lavoro, sono risultate:

- la mancanza di una strutturata attività di aggiornamento delle figure professionali per il governo dell'intero processo;
- l'inadeguatezza degli attuali modelli organizzativi del processo, in quanto non è più in linea con i nuovi strumenti e le nuove metodologie di organizzazione e gestione finalizzate ad incrementare la sinergia tra committente e *main contractor*;
- lo scarso utilizzo di strumenti informatici per la raccolta e gestione dell'enorme quantità di dati: che viene generata durante le diverse fasi;
- la difficoltà di integrazione e scambio di informazioni tra i vari operatori del processo;
- la non idoneità dei metodi di valutazione delle offerte presentate per la partecipazione alla gara, i quali in molti casi non rispondono appieno ai principi di trasparenza e oggettività richiesti;

Procurement Code (Legislative Decree 50/2016), however, is placing at the center of the discussion the digitization enhancement and the transparency of competitive procedures in our Country. Following the tradition of studies of the problematic relationship between design and construction phase, at the DiARC University of Naples "Federico II" are ongoing studies and interdisciplinary researches on different aspects of the construction industry digitization and, specifically, the identification of award innovative methods of procurement and concessions. A recent work⁴ has been aimed at identifying the potential for integration, into building information modeling approach, the multi-criteria evaluation methods to make more effective the process of tendering, by defining an alternative method to more traditional procedures. To reach this aim four public procure-

ment for the realization of educational facilities in the Naples area, have been analyzed (Fig. 1).

3. The analysis of the scenario put in evidence the known aspects of opaqueness, slowness and uncertainty that characterize the different phases of the construction process in our Country. Among these, particularly significant in relation to the objectives of the work, were:

- the lack of a structured upgrade activities of the professionals;
- the inadequacy of current organizational models of the process, as it is no longer in line with the new tools and new methods of organization and management that aim to improve the synergy between client and main contractor;
- the inadequate use of IT tools for the

- il diffuso utilizzo di criteri di aggiudicazione basati sulla forma del prezzo più basso (che tiene conto prioritariamente dell'aspetto economico, trascurando quello relativo alle scelte progettuali), anziché sull'offerta economicamente più vantaggiosa (OEPV)⁵. Tali criticità sono emerse in maniera evidente in tutti e quattro gli appalti pubblici per la realizzazione di strutture scolastiche commissionate dall'Area di Edilizia Scolastica della Città Metropolitana di Napoli⁶.

Per poter individuare la tipologia delle proposte che potessero permettere di ridurre le inefficienze dei processi, è stato necessario evidenziare le specifiche criticità dei singoli appalti attraverso l'individuazione di aspetti, quali la regia di progetto adottata, la tipologia di appalto, il metodo di valutazione delle offerte e criterio di aggiudicazione utilizzato, i tempi impiegati per la programmazione, progettazione e costruzione. La raccolta dei dati è stata condotta utilizzando come riferimento il Regolamento degli Appalti tuttora vigente (DPR 207/2010)⁷, selezionando i diversi articoli in rapporto alla specifica fase. La lettura dei dati ha permesso l'individuazione delle differenti criticità che hanno caratterizzato ciascun appalto e la redazione di tabelle per ognuna delle fasi del processo. Dai risultati ottenuti si sono ricavati, per i quattro appalti, i grafici cartesiani, aventi sull'asse delle ascisse la variabile temporale e sull'asse delle ordinate le quattro fasi del processo. La lettura dei grafici ha permesso di comprendere la durata totale dell'appalto, dalla programmazione al collaudo, e l'arco temporale di ciascuna fase, in modo tale da facilitare il confronto tra le tipologie di appalto, ma soprattutto per identificare i passaggi processuali che necessitano di supporto⁸.

La fase successiva del lavoro ha previsto la riproposizione della procedura di uno dei quattro appalti precedentemente analizzati

collection and management of the enormous amounts of data generated during the different stages;

- the difficulty of integration and exchange of information between the various actors of the process;
- the unsuitability of the methods of evaluation of tenders submitted for participation in the tender, which in many cases are not fully comply with the principles of transparency and objectivity required;
- the widespread use of award criteria based on lower price (which takes into account primarily the economic aspect, neglecting those relating to design quality), rather than the most economically advantageous tender (MEAT)⁵. These critical issues have emerged in a clear manner in all four public procurement for the construction of educational facilities commissioned from the School

Construction Area of the Metropolitan City of Naples⁶.

In order to identify the type of proposals that could help to reduce the inefficiencies of processes, it was necessary to highlight the specific criticalities of individual procurement by identifying aspects, such as the adopted rules, the type of contract, the method of valuation tenders and award criteria used, the time taken for the organization, design and construction. Data collection was made using as a reference the Rules of contracts still in force (207/2010 DPR)⁷, selecting individual items in relation to the specific phase. The reading of data has allowed the identification of different problems that have characterized each contract and drafting tables for each of the process steps. From the results it has obtained, for the four contracts, Cartesian graphs, with the four stages of the process on the horizontal

(quella relativa all'Istituto Alberghiero del Comune di Cicciano), mediante l'impiego integrato di Building Information Modeling e analisi multicriterio. Il metodo proposto, particolarmente originale rispetto alle attuali metodologie di aggiudicazione, è consistito nella realizzazione di una modellazione e parametrizzazione BIM del progetto definitivo posto a base di gara⁹, che richiede di essere completato da ogni impresa concorrente secondo i requisiti del disciplinare di gara (*rule set*). Rispetto alla procedura tradizionale, nella quale vengono posti a base di gara elaborati grafici e documentazioni cartacee, la proposizione di un unico modello informativo digitale (Fig. 2), basato sulla computazionalità dei dati inseriti, può permettere alla committenza di poter valutare qualitativamente e quantitativamente le diverse offerte in maniera "algoritmica". Il Model Checking tra il modello realizzato dal committente e quelli basati sulle offerte delle imprese ha permesso di verificare la conformità delle proposte rispetto alle esigenze della committenza (Fig. 3), nonché di evidenziare in modo automatico tutte le modifiche apportate facilitando la redazione della graduatoria finale.

4. La parte conclusiva dello studio ha riguardato la proposta di un approccio alla valutazione delle offerte attraverso l'impiego di metodi di valutazione multicriterio, inquadrandola all'interno del contesto legislativo vigente. In Italia negli ultimi anni sono state emanate nuove norme per l'affidamento dei lavori pubblici, a partire dall'istituzione dell'Autorità Nazionale Anticorruzione (ANAC). In particolare, l'approvazione del D.Lgs. 50/2016 ha apportato sostanziali modifiche alla normativa precedentemente in vigore. In ogni caso, continua ad essere utilizzabile il criterio del-

axis the time variable on the ordinate axis. The reading of the graphics has allowed to understand the total duration of the contract, from programming to testing, and the time span of each phase, so as to facilitate comparison between the types of contract, but especially to identify the procedural steps that require support⁸.

The next stage of work involved the re-statement of the procedure of one of the four contracts previously analyzed (that relating to the City of Cicciano), through the use of integrated Building Information Modeling and Multi-criteria Analysis. The method proposed, particularly innovative compared to current award methodology, has included the BIM construction and parameterization of the project used for the competition⁹, which needs to be completed by each competitor according to the requirements of the Ten-

der Regulations (*rule set*). Compared to the traditional procedure, in which are placed in the tender drawings and paper documents, the proposition of a single digital information model (Fig. 2) may allow the client to qualitatively and quantitatively evaluate the different offers in "algorithmic" order. The checking between the model created by the developer and those based on the offerings companies allowed to verify the compliance of proposals with respect to the needs of the client (Fig. 3), as well as to automatically highlight all changes facilitating the drafting of the final ranking.

4. The concluding part of the study examined the proposal of an evaluation approach to tenders through the use of multi-criteria evaluation methods, contextualizing it within the current

l'"offerta economicamente più vantaggiosa" (OEPV) nelle procedure di aggiudicazione degli appalti, così come già prevista dal D.Lgs. 163/2006 (Codice dei contratti pubblici) e specificata dal DPR 107/2010 (Regolamento di esecuzione e attuazione del Codice). Tuttavia l'ANAC, con Delibera 105/2016, ha approvato delle specifiche Linee Guida sulla OEPV, specificando che si tratta di indicazioni di natura prevalentemente tecnico-matematica, finalizzate a fornire indicazioni operative per il calcolo del punteggio dell'offerta, soprattutto per quanto concerne la scelta del criterio di attribuzione dei punteggi per i diversi elementi qualitativi e quantitativi che compongono l'offerta stessa e la successiva aggregazione dei punteggi. Ebbene, per quanto concerne il criterio economico si precisa che il punteggio può essere calcolato tramite una "interpolazione lineare" (dove il punteggio "zero" rappresenta il caso di nessuno ribasso ed il valore "uno" di maggiore sconto) oppure con il "metodo cosiddetto bilineare", secondo il quale il punteggio cresce linearmente fino ad un valore soglia. Relativamente, invece, agli elementi qualitativi si evidenzia che nella prassi applicativa si ricorre a due gruppi di sistemi alternativi:

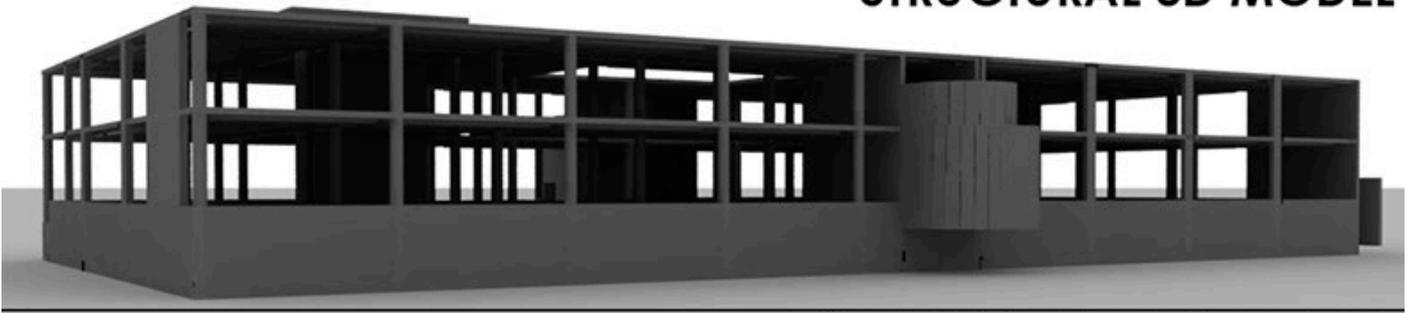
- l'attribuzione discrezionale di un coefficiente (da moltiplicare poi per il punteggio massimo attribuibile in relazione al criterio), variabile tra zero e uno, da parte di ciascun commissario di gara;
- il confronto a coppie tra le offerte presentate, da parte di ciascun commissario di gara.

In entrambi i casi i giudizi di ciascun commissario vengono aggregati con quelli degli altri commissari allo scopo di ottenere un coefficiente complessivo. Per la formazione della graduatoria si ribadisce la necessità di giungere ad un unico parametro nume-

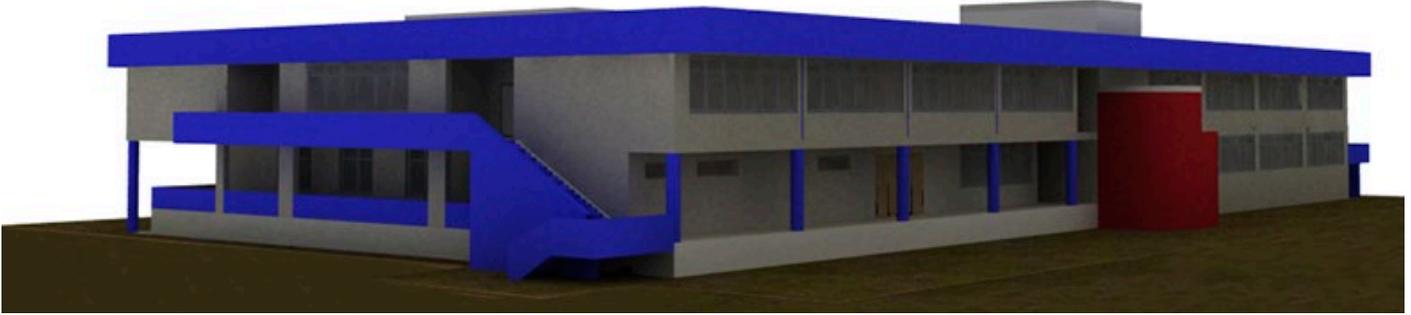
legal framework. In Italy, in recent years, new rules for the public works commitment were issued, since the establishment of the National Anti-Corruption Authority (in Italian "ANAC"). In particular, the approval of the Legislative Decree 50/2016 has produced substantial changes to the previous legislation. In any case, the "most economically advantageous tender" (MEAT) criterion continues to be used in the contract procedures, as already provided by the Legislative Decree 163/2006 (Code of public contracts) and specified by the Presidential Decree no. 107/2010 (Regulation for execution and implementation of the Code). However, by the Resolution 105/2016, ANAC approved additional Guidelines on MEAT, specifying that they represent recommendations having predominantly a technical-mathematical character. They aims at pro-

viding operational guidelines for the offer score calculation, particularly as regards to the choice of the criterion to be used in the scores calculation of the different qualitative and quantitative elements of the tenders and the subsequent scores aggregation. As regards to the economic criterion the Guidelines specifies that the score can be calculated by a "linear interpolation" (where "zero" represents the case of no tender downward and the value "one" of higher discount) or with the "so-called bilinear method", according to which the score increases linearly up to a threshold value. As regards to the only qualitative elements the Guidelines highlight that two groups of alternative systems are used in practice:

- the discretionary assignment by each commissioner of a coefficient (to be then multiplied by the maximum score available for each cri-



ARCHITECTURAL 3D MODEL

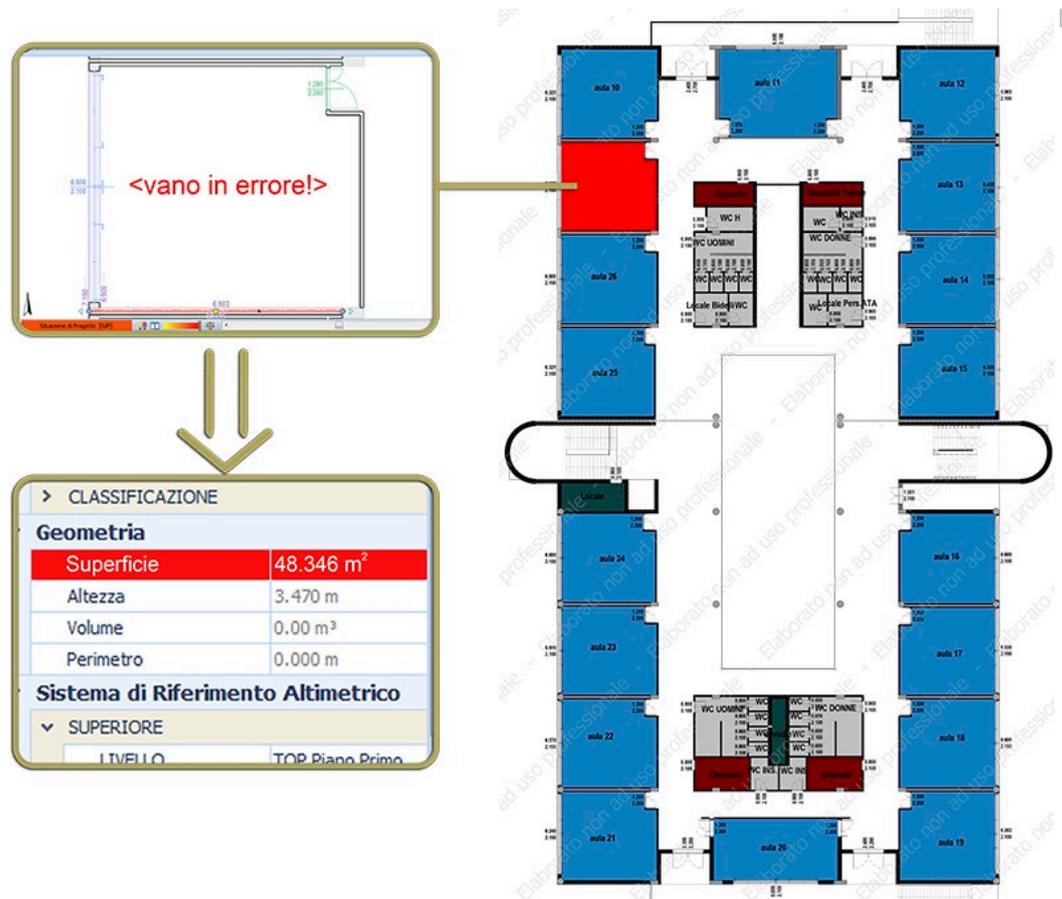


02 | Riproposizione del modello informativo digitale: modello geometrico con struttura analitica e modello architettonico completo (autore: Angelo Piccolo)
The new digital information model: geometric model with analytical structure and complete architectural model (author: Angelo Piccolo)

rico finale facendo riferimento a uno dei metodi multicriterio proposti dalla letteratura, quali il metodo aggregativo compensatore, l'ELECTRE, l'AHP, il TOPSIS. Nelle Linee Guida vengono fornite indicazioni operative per l'utilizzo di tali metodi, evidenziandone anche punti di forza e di debolezza, segnatamente relativi alla necessità di "normalizzazione"

03 | Convalida del progetto (Model check): programmazione di una verifica spaziale tramite inserimento dei limiti di riferimento per le aree con assegnazione dei conflitti (autore: Angelo Piccolo)
Validation of the project (Model check): space test by areas limits with conflicts identification (author: Angelo Piccolo)

terion), variable between zero and one;
 - the pair-wise comparison by each commissioner among the tenders.
 In both cases, the judgments of each commissioner are aggregated with those of the other commissioners in order to obtain an overall coefficient. In order to have the final ranking it is necessary to obtain a single overall numerical parameter referring to one of the multi-criteria methods proposed by literature, such as the compensatory aggregative method, ELECTRE, AHP, TOPSIS. The Guidelines provide operational recommendations for the use of these methods, highlighting also their strengths and weaknesses, particularly related to the needs of scores "normalization" and the possibility or not to "compensate" the scores assigned to the different elements, and therefore - as part of the final score - filling



dei punteggi ed alla possibilità o meno di “compensare” i punteggi attribuiti ai diversi elementi, e quindi di giungere a colmare, nell’ambito del punteggio finale, eventuali profili carenti dell’offerta con quelli più completi tenuto conto dei “pesi” attribuiti ai criteri di valutazione.

Tuttavia, si precisa che la stazione appaltante può applicare il criterio di determinazione del punteggio finale per ciascuna offerta ritenuto più opportuno, purché tale criterio rispetti i seguenti principi:

- avere basi scientifiche;
- essere proporzionale con l’oggetto dell’appalto;
- essere non discriminatorio, ovvero far sì che se un’offerta presenta valori migliori per ciascun coefficiente rispetto ad un’altra anche il punteggio finale deve riflettere queste preferenze;
- essere accuratamente descritto nel bando di gara.

In questa prospettiva, nel presente contributo si è sperimentata l’utilizzazione del metodo di valutazione multicriterio PROMETHEE (Preference Ranking Organisational METHod for Enrichment Evaluation), di cui sono state sviluppate diverse versioni¹⁰ e l’ultima è integrata da un’utile estensione grafica chiamata GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid)¹¹. In particolare, il metodo è stato implementato da un software liberamente scaricabile dal Web e di facile e immediato utilizzo¹².

Nel caso studio del Comune di Cicciano sono state valutate sette alternative (Ai) che rappresentavano le offerte di sette imprese che hanno partecipato alla gara di appalto per la realizzazione dei lavori. La valutazione è stata effettuata sulla base di quattro criteri con relativi sub-criteri (cfr. schema in Fig. 1). Ai diversi criteri e sub-criteri sono stati attribuiti i pesi già previsti nel bando di

some tender insufficient profiles with the most comprehensive ones obtained by taking into account the “weights” assigned to the evaluation criteria.

However, they specify that the contracting authority may apply the criterion considered most suitable to determine the final score of each tender, provided that this criterion includes the following elements:

- to have a scientific basis;
- to be proportional to the tender subject;
- to be non-discriminatory, that is to ensure that if an offer presents best values for each coefficient with respect to another offer the final score should reflect these preferences;
- to be accurately described in the call for bids.

From this point of view, in this paper we have tested the use of the PROMETHEE (Preference Ranking Organisational

Method for Enrichment Evaluation) multi-criteria evaluation method, of which different versions have been developed¹⁰, and the last one is integrated with a useful graphical extension called GAIA (Graphical Analysis for Interactive Aid)¹¹. In particular, the method has been implemented by a free downloadable software from the Web, characterized by easy and immediate use¹².

In the case study of the City of Cicciano seven alternatives were evaluated (Ai) representing the tenders from seven enterprises that participated in the tender for the works construction. The evaluation was carried out with reference to four criteria and related sub-criteria (see scheme in Fig. 1). The weights to be assigned to the different criteria and sub-criteria were already provided in the call for bids and their sum had to be equal to 100. Each com-

missioner (three in this case) attributed their own scores (using a nine points scale from “bad” to “very good”) for the qualitative elements independently and the individual assessments were automatically aggregated by the software to obtain a total score.

As regards the quantitative elements it was possible to directly input data in their original units of measurement, specifying whether the value must be maximized (i.e. a higher number indicates the preferability of an alternative with respect to another) or vice versa minimized. Moreover, it was possible to insert some thresholds (of preference or indifference) and the software is integrated with a simple “tool” for aiding the selection and structuring of the “preference functions” between the six possible types, including the possibility to do not enter any threshold. The final ranking is easy to read by me-

ans of numerical and graphical results where the GAIA extension also allows to generate suitable diagrams to understand strengths and weaknesses of each tender (see Fig. 1). Therefore, the use of PROMETHEE shown the following advantages:

- it was not necessary to provide in advance for data normalization to the elements of quantitative assessment as they can be used in their own units of measurement;
- it was not shown the danger of “compensation” among criteria as the method belong to the “outranking” family;
- the judgments expressed by each commissioner are results that can be easily integrated;
- the procedure is simple and the obtained results are easy to be read. Definitively, the proposed approach seems to reflect the recommendations

– la procedura è semplice e gli esiti ottenuti di facile lettura. In definitiva, l'approccio proposto sembra riflettere le raccomandazioni contenute nelle Linee Guida dell'ANAC secondo le quali «si raccomanda alle stazioni appaltanti di definire in maniera chiara e precisa il criterio di aggiudicazione nonché i criteri di valutazione, i metodi e le formule per l'attribuzione dei punteggi e il metodo per la formazione della graduatoria, finalizzati all'individuazione della OEPV; devono, pertanto, essere evitate formulazioni oscure o ambigue, assicurando la trasparenza dell'attività e la consapevolezza della partecipazione. Si raccomanda altresì di elaborare modelli, anche in formato elettronico, che agevolino la predisposizione e la presentazione delle offerte, tecniche ed economiche da parte dei concorrenti»¹³.

5. In questa occasione di ricerca le metodologie digitali sono state declinate, come sta accadendo in molti altri paesi, soprattutto come metodi per ottimizzare la spesa pubblica e ridurre, al contempo, la soggettività delle decisioni all'interno delle procedure di gara per l'aggiudicazione di contratti pubblici: tematiche che individuano significative traiettorie di sviluppo, anche alla luce delle disposizioni in materia di digitalizzazione contenute nel nuovo Codice di Contratti (D.Lgs. 50/2016). In particolare, l'approccio di valutazione proposto cerca di superare le criticità che spesso si riscontrano nell'applicazione del Regolamento di esecuzione e attuazione dei contratti pubblici (DPR 207/2010) nel momento in cui si intenda aggiudicare l'appalto con il criterio della OEPV attraverso l'utilizzo di metodi multicriterio presenti nella letteratura scientifica e da indicarsi nel bando di gara. Al di là di una proposta innovativa incentrata sull'utilizzo delle potenzialità

contained in the ANAC Guidelines according to which «it is recommended that contracting authorities to clearly and precisely define the award and evaluation criteria, the methods and formulas for scores attribution and for the ranking formation, aimed at MEAT identification; therefore, unclear or ambiguous formulations have to be avoided, ensuring the activity transparency and the participation awareness. It is also recommended the development of models, including the electronic format, to facilitate the preparation and submission of technical and economic tender by competitors»¹³.

5. On this work the digital methods have been expressed primarily, like in many other countries, as a method of optimizing public spending and reduce, at the same time, the subjectivity of judg-

ments within the tendering procedures for public award: issues which identify significant development direction, especially in light of the digitization aspects included in the new Contracts Code (Legislative Decree 50/2016). In particular, the proposed evaluation approach seeks to overcome the problems often met in the application of the Regulations and implementation of public contracts (DPR 207/2010) when intends to award the contract by the criterion of MEAT through the use of multi-criteria methods from the scientific literature and to be indicated in the contract notice. Beyond an innovative proposal focused on the use of computational potential of digital systems to introduce advanced mechanisms of investigation of competitive procedures and legitimacy of the bid evaluation, the study made it possible to develop two considerations: the need to launch

computazionali dei sistemi digitali per introdurre meccanismi avanzati di istruttoria delle procedure competitive e di legittimazione della valutazione delle offerte, lo studio effettuato ha permesso di sviluppare due considerazioni. In primis la necessità di avviare una significativa azione di acculturamento delle committenze in materia digitale all'interno di una strategia governativa di medio-lungo periodo. E che la profonda trasformazione richiesta a tutto il settore delle costruzioni non può essere limitata ad una questione di strumenti e di dispositivi, bensì riferita alla capacità di governare, da parte di domanda e offerta, i contenuti innovativi e gli obiettivi operazionali delle realizzazioni.

Sergio Russo Ermolli è autore dei paragrafi 1-3 e 5, Pasquale De Toro del paragrafo 4.

NOTE

¹ Emblematico il caso del Regno Unito, in cui nel 2011, per iniziativa governativa viene costituito il UK BIM Task Group con l'obiettivo di introdurre il BIM, attraverso differenti fasi di applicazione, in un arco di cinque anni. In Italia, attendendo la pubblicazione di decreti attuativi e linee guida del decreto 50/2016 da parte del Governo, le indicazioni dell'ANCE presentate alla Commissione del Ministero delle Infrastrutture nel settembre 2016, prevedono che le stazioni appaltanti introducano per step successivi i loro obiettivi/usi di gestione digitale, secondo standard definiti dal Ministero anche sulla base delle norme UNI in via di approvazione.

² Uno dei paesi più avanzati in termini di appalti digitali risulta la Norvegia, in particolare per quanto riguarda l'edilizia ospedaliera e universitaria. In Italia un esempio recente per il quale la committenza ha richiesto progetti BIM-based, è la ristrutturazione dell'ospedale di Cattinara e la realizzazione del nuovo IRCCS dell'Azienda Ospedaliera di Trieste.

a significant action of acculturation of public clients in digital matter within a government strategy of medium-long term; the deep transformation request to the entire construction industry cannot be limited to a question of instruments and devices, but refers to the ability to rule the innovative content and operational objectives of buildings.

Sergio Russo Ermolli is the author of paragraphs 1-3 and 5, Pasquale De Toro of paragraph 4.

NOTES

¹ Emblematic is the case of the United Kingdom, where in 2011 the Government formed the UK BIM Task Group with the aim of introducing BIM, through different implementation stages, in a span of five years. In Italy, waiting for the publication of guidelines of the Government Decree 50/2016, the rec-

ommendation of the National Builders Association submitted to the Commission of the Ministry of Infrastructure in September 2016, provide that the contracting authority introduce in consecutive steps their digital management goals/uses, according to standards set by the Ministry also on the basis of UNI norms in final approval.

² One of the most advanced countries in terms of digital contracts is Norway, in particular with regard to hospitals and university buildings. In Italy a recent example, for which the client has requested BIM-based projects, is the Cattinara hospital's refurbishment and the construction of the new Hospital in Trieste.

³ Ciribini, A.L.C. (Ed.) (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo, p. 120.

⁴ The study has been developed by Di-ARC professors Sergio Russo Ermolli

³ Cfr. Ciribini, A. L. C., a cura di (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo, p. 120.

⁴ Lo studio è stato condotto dai docenti del DiARC Sergio Russo Ermolli e Pasquale De Toro, e dall'arch. Angelo Piccolo, con la collaborazione dell'ing. Vincenzo Brandi dell'Area Edilizia Scolastica della Città Metropolitana di Napoli e dell'ing. Claudio Manzo, settore Ricerca ACCA software S.p.A.

⁵ Nel corso dello studio sono state approvate (settembre 2016) dall'Autorità Nazionale Anticorruzione le prime sei linee guida previste dal D.Lgs. 50/2016, tra le quali quella sull'OEPV, che individua, anche in riferimento ai contenuti della Direttiva 2014/24/UE, i parametri per la scelta del criterio più adeguato in relazione alla procedura da avviare, all'oggetto, all'importo e alle sue caratteristiche, affinché possa essere garantita la possibilità di una effettiva concorrenza. In particolare, viene stabilito (comma 3) che possono essere aggiudicati esclusivamente sulla base del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa i contratti relativi ai servizi sociali e di ristorazione ospedaliera, assistenziale e scolastica, nonché quelli relativi all'affidamento dei servizi di ingegneria e architettura di importo superiore a 40.000 euro.

⁶ I bandi riguardavano: la realizzazione di due edifici scolastici, da destinarsi a liceo, rispettivamente nel Comune di Giugliano (NA) e nel Comune di Mugnano (NA); l'affidamento della progettazione esecutiva e realizzazione dei lavori di completamento e ristrutturazione dell'Istituto Alberghiero in via G. Bruno nel Comune di Cicciano (NA); l'appalto integrato per l'affidamento dei lavori di manutenzione straordinaria e adeguamento dell'ISIS "A. Torrente" in via Duca d'Aosta nel Comune di Casoria (NA).

⁷ Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».

⁸ Nell'economia di tale contributo, i contenuti qualificanti della fase di ricerca descritta sono stati sintetizzati nella scheda in Fig. 1, curata dall'arch. Angelo Piccolo.

⁹ La modellazione informativa è stata condotta utilizzando il software Edificius della società ACCA.

and Pasquale De Toro and by the architect Angelo Piccolo, with the collaboration of engineer Vincenzo Brandi, School Construction Area of the Metropolitan City of Naples, and the engineer Claudio Manzo, ACCA software industry research.

⁵ During the study were approved by the National Anti-Corruption Authority (September 2016) the first six guidelines of the Legislative Decree 50/2016, which identifies, in reference to the content of 2014/24/EU Directive, the criteria for choosing the most appropriate standards in relation to the process, the object, the amount and its characteristics, so to guarantee the possibility of effective competition. In particular, it is established (paragraph 3) that may be awarded solely on the basis of the most economically advantageous offer the contracts for social services and hospital catering, welfare and edu-

cation, as well as those relating to engineering and architecture services of an amount exceeding 40,000 Euros.

⁶ The calls were: the construction of two school buildings in the Municipality of Giugliano (NA) and in the City of Mugnano (NA); contracting for the design-construction and refurbishment of the State Vocational School for Tourism and Catering in the City of Cicciano (NA); the integrated contract for the assignment of the work of maintenance of the State Institute in the Municipality of Casoria (NA).

⁷ Implementing Regulation of the legislative decree 12 April 2006 n. 163, containing the "Code of public contracts for works, services and supplies in implementation of 2004/17/EC and 2004/18/EC".

⁸ The main content of this research phase have been summarized by Angelo Piccolo (Fig. 1).

¹⁰ Brans, J.P., Vinke, P.H. (1985), "A preference ranking organization method", *Management Science*, Vol. 31, pp. 647-656.

¹¹ Cfr. Brans, J.P., Mareschal, B. (2005), "PROMETHEE Methods", in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds), *Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys*, Springer Science Business Media, pp. 163-196.

¹² VP Solutions, (2013), *PROMETHEE Methods. Visual PROMETHEE 1.4 Manual*, www.promethee-gaia.net.

¹³ Delibera 21 settembre 2016, n. 1005 - Linee guida n. 2 di attuazione del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, recanti «Offerta economicamente più vantaggiosa».

REFERENCES

Brans, J.P., Vinke, P.H. (1985), "A preference ranking organization method", *Management Science*, No. 31, pp. 647-656

Brans, J.P., Mareschal, B. (2005), "PROMETHEE Methods", in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds.), *Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys*, Springer Science Business Media, pp. 163-196

Caffi, V. et al. (2017), *Il processo edilizio supportato dal BIM: l'approccio INNOVance*, EdilStampa, Roma

Caputi, M., Odorizzi P. and Stefani, M. (2015) *Il Building Information Modeling. Valore, gestione e soluzioni operative*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna

Ciribini, A.L.C. (2016), *BIM e digitalizzazione dell'ambiente costruito*, Grafill, Palermo

Vegezzi, S.R.V. (2014), *Innovare il processo edilizio italiano attraverso il BIM*, Tesi di Laurea, Relatore: prof. A. Pavan, Politecnico di Milano

⁹ The information modeling was developed using Edificius by ACCA software company.

¹⁰ Brans, J.P., Vinke, P.H. (1985), "A preference ranking organization method", *Management Science*, Vol. 31, pp. 647-656.

¹¹ Cfr. Brans, J.P., Mareschal, B. (2005), "PROMETHEE Methods", in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds), *Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys*, Springer Science Business Media, pp. 163-196.

¹² VP Solutions, (2013), *PROMETHEE Methods. Visual PROMETHEE 1.4 Manual*, www.promethee-gaia.net.

¹³ Resolution 21 September 2016, no. 1005 - Guideline no. 2 of implementation of Legislative Decree 18 April 2016, no. 50, about «Most Economically Advantageous Tender».