

“Il processo edilizio supportato dal BIMM: l’approccio InnovANCE”

“BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach”

Vittorio Caffi^(*), Bruno Daniotti^(*), Massimiliano Lo Turco^(),
Davide Madeddu^(***), Marco Muscogiuri^(*), Pina Novello^(**),
Alberto Pavan^(*), Maria Pignataro^(*)**

()Dipartimento di architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruitoABC, Politecnico di Milano*

*(**)Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino*

*(***)OneTeam, Milano*

vittorio.caffi@polimi.it, bruno.daniotti@polimi.it,
massimiliano.loturco@polito.it, davide.madeddu@oneteam.it,
marco.muscogiuri@polimi.it, pina.novello@polito.it, alberto.pavan@polimi.it,
maria.pignataro@polimi.it,

Topic: building information modeling and management.

Abstract

This paper deals with the INNOVANCE BIMM – Building Information Modeling and Management - concept, that has been envisioned within the frame of the national research project INNOVANCE. The INNOVANCE team has at first defined a procedure to define standard BIM objects, useful to deliver proprietary and interoperable BIM libraries – linked to the INNOVANCE database - as a support of BIM enabled construction processes. The INNOVANCE BIM libraries have been conceived in order to embed all the information needed by the various building process actors, and to guarantee a proper information exchange between different actors as well as software platforms, thanks to an architecture relying on the most dependable international standards for interoperability.

During a further phase of the research process, the requirement for operational standards has been highlighted: indeed, the first group of object libraries delivered by the different research units has made evident the need for common modeling procedures, in order to guarantee the consistency of the information within a building model, as well as of its final representation. Such standards, fundamental in order to properly manage a BIM based construction process, refer both to graphical standards, useful for the traditional graphical representation of a building model, as well as to modeling procedures and information content, this being the key point of a BIM based process. The aim of the INNOVANCE team is to provide a set of concepts and requirements addressing both the graphical and modeling issues, referring to national and international standards, interpreted according to the national frame of rules for the building process. The set of references and rules defined by INNOVANCE and here presented, is a first step, in the Italian environment, towards standards procedures useful to properly manage the construction processes using the IT tools.

1. Introduzione

Il progetto InnovANCE ha definito una procedura standard per modellare primitive BIM che siano reale vettore di informazione per le diverse fasi del processo edilizio.

Un processo edilizio gestito con il supporto del BIM può essere tale, infatti, a condizione che il modello BIM sia effettivamente portatore di dati informativi utili nelle diverse fasi e per tutti gli operatori interessati a un intervento edilizio.

La ricerca ha preso atto della impossibilità di associare alle primitive BIM tutte le caratteristiche e gli attributi degli oggetti reali classificati nel database InnovANCE.

La strategia utilizzata dal progetto prevede che le primitive BIM siano associate a un codice univoco, grazie al quale è possibile accedere ai dati contenuti in una scheda tecnica esterna in formato testo, che perciò è aperta e interoperabile.

In questo modo tutte le informazioni necessarie in una qualsiasi fase del processo edilizio sono rese disponibili dalla scheda tecnica associata alla primitiva BIM.

La collaborazione con le associazioni dei produttori, permette alla scheda tecnica sviluppata da InnovANCE di contenere sia dati di carattere generale, sia gli specifici dati del produttore.

Questo modo di operare rende più semplice la manutenzione delle primitive BIM: quando, per un qualsiasi motivo, si renda necessario aggiornare i dati della scheda di un prodotto o di un componente, si può intervenire esclusivamente sulla scheda e sui record del database, senza la necessità di dovere ridefinire gli oggetti BIM relativi.

Il codice univoco vincola infatti gli oggetti alla scheda, perciò ogni aggiornamento dei dati in essa contenuti viene recepito dalla primitiva BIM. In questo modo gli oggetti BIM non necessitano di essere rimodellati e la manutenzione della libreria BIM è molto

1. Introduction

The InnovANCE project defined a standard procedure, useful to model BIM primitives being actual vector of information for the different phases of the building process.

A building process can be said BIM managed, as long as the BIM model is actually carrying the information useful for all the phases and for all the operators involved in a construction initiative.

The research recognised that it is not possible to embed into the BIM primitives, all the attributes and features necessary to describe the real objects as they are recorded into the InnovANCE database.

The strategy used by the project is to associate the BIM primitives to a unique code, linking the object to an external technical paper in a text format, then open and interoperable.

All the info needed during any phase of the building process are then available in the technical paper that is linked to the BIM primitive.

Thanks to the collaboration with the manufacturers organisations, the technical paper InnovANCE contains either generic data, either product-specific data from the manufacturer.

This way, it is easier to maintain the BIM primitives: when, for any reason, there is the need for updating the technical paper of a product or a component needs to be updated or modified, it is possible to update only the technical paper and the related database records, with no need for redefining the BIM objects.

The unique code links the objects to the technical paper, therefore any update is automatically received by the corresponding BIM primitive. This way, the BIM objects do not need to be remodeled, and the maintenance of the BIM library is much

più agevole.

Un ulteriore criterio con cui gli oggetti InnovANCE sono stati sviluppati è quello di rendere disponibile una versione in formato proprietario (quella del software utilizzato per la ricerca) ma anche di mettere a disposizione dell'utente una versione interoperabile in formato IFC [31].

L'impostazione generale del lavoro risponde a tutti i requisiti che autorevoli fonti internazionali [26] reputano essere l'indice di una soluzione di tipo avanzato, se non ideale, per la costruzione di una libreria BIM:

- Dati informativi generici nonché specifici del produttore;
- Utenza basata su tutto il processo industriale (building life cycle);
- Classificazione degli oggetti basata su termini unificati e sulle loro proprietà;
- Oggetti forniti in formato BIM con supporto per l'interoperabilità IFC.

Lo sviluppo delle librerie BIM ha individuato criticità che si sono tradotte in ulteriori sviluppi della ricerca e che qui si presentano.

Il gruppo che si è dedicato a questa fase del lavoro ha visto coinvolti il Politecnico di Milano, il Politecnico di Torino e One Team, distributore e sviluppatore di software.

L'insieme delle criticità rilevate dalla ricerca è stato presentato nel contributo [21] indicato in bibliografia.

Sul versante software, si rileva qui che il componente denominato Add-inn InnovANCE, sviluppato da One Team per stabilire il collegamento univoco tra database e oggetti BIM, è stato aggiornato per funzionare indipendentemente dalla versione del software utilizzato: attualmente Autodesk Revit, nelle release 2013 e 2014.

Le altre questioni affrontate dal gruppo di lavoro, fondamentali per il corretto sviluppo degli oggetti InnovANCE ma anche per un utilizzo adeguato del BIM, riguardano le strategie di modellazione e di

easier.

A further guideline for the development of the BIM object, is that they have to be delivered either in a proprietary format, the specific software (the one used for the research) either in an interoperable IFC [31] based format.

The way the work has been addressed, complies with all the requirements that influential international sources [26] have pointed out as the indicator of advanced, if not ideal, solutions for a BIM library:

- Generic and manufacturer product-specific data;
- Users from the industry as a whole (building life cycle);
- Classification based on unified terms and properties;
- BIM, model merging and IFC support.

The development of the BIM libraries, allowed to spot some critical issues that opened new branches of the research and are here presented.

The group that took care of this working phase, has seen the involvement of the Polytechnic of Milan, Polytechnic of Turin and One Team, a software developer/reseller. The critical issues highlighted during the research have been presented in the contribution at point [21] in the references.

On the software side, it is noticeable to say that the component known as Add-inn InnovANCE, developed by One Team in order to establish the unique link between the database and the BIM objects, has been updated in order to work with any release of the software in use: so far Autodesk Revit 2013 and 2014.

The other issues that the working group has been taking care of, being fundamental for a correct development of the InnovANCE objects and for a proper implementation of the BIM process and for a proper use of it,

rappresentazione che, se pure possono essere condizionate dallo specifico software utilizzato, devono comunque fare riferimento a standard comuni che garantiscano la coerenza dei contenuti informativi e della loro restituzione.

Il lavoro riguarda la messa a punto di linee guida e standard generali per la modellazione delle primitive BIM in primo luogo, ma anche di modelli complessi.

Si tratta di dare indicazioni sia sul contenuto informativo del modello 3D, sia sulle modalità di restituzione grafica 2D, ma anche sulle procedure di modellazione.

Tali standard, qui mirati alla definizione delle librerie, sono parte integrante delle linee guida necessarie per indirizzare l'implementazione del BIM, e costituiscono uno strumento per controllare e verificare la qualità dei modelli BIM e per valutare processi e competenze delle aziende che offrono soluzioni basate sul BIM.

Inoltre, gli standard possono costituire un riferimento utile per l'addestramento e la formazione di operatori BIM qualificati e certificati.

2. Gli standard BIM

La ricerca sugli standard e le linee guida per il BIM, ha visto una prima fase di documentazione, gestita dal Politecnico di Milano che ha raccolto e organizzato gli standard internazionali più avanzati da utilizzare come riferimento.

Il team di lavoro successivamente ha formulato delle proposte per la realtà italiana, sulla base della documentazione acquisita e dell'esperienza maturata durante la ricerca.

Le specifiche proposte che sono state avanzate, riguardano i requisiti minimi del contenuto informativo del modello 3D e gli standard di rappresentazione grafica 2D.

are related to the modeling and representation strategies, that must refer to common standards, enabling the consistency of the information contents and their representation, despite the specific issues of the chosen modeling platform.

The work is related to the set-up of general modeling guidelines and standards, either for the BIM primitives, either for complex models.

This is about giving a clear address on the information content of the 3D model, as well as on the 2D output graphics requirements, and also on the modeling procedures.

Such standards, here aiming to the definition of the BIM libraries, are part of the guidelines addressing the implementation of the BIM, and are a tool useful to check and verify the quality of the BIM models, as well as to assess the processes and the competences of the companies that are offering BIM based solutions.

Furthermore, the standards might be a useful reference for educating and training qualified and certified BIM operators.

2. BIM standards

The research on the standard and guidelines for BIM, started from a first phase managed by the Politecnico di Milano that collected and organised the most advanced international standards, to be used as a reference.

The working group, further on, delivered some proposals for the Italian industry, based on the acquired documents as well as on the experience matured during the research.

The specific proposals that have been prepared, are related to the minimum requirements for the 3D information model content, and to the 2D graphical representation standards.

2.1 Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi di cui si è tenuto conto in questa fase della ricerca vanno da quelli di carattere più generale, come le ISO/TS 12911 [30] a quelli più specifici legati alle questioni descritte in precedenza.

Tra le normative di matrice anglosassone, è da menzionare il National BIM Standard [15] (NBIMS) poiché a esso fanno comunque riferimento numerose altre normative, pure presenti in bibliografia. Il NBIMS è un documento di carattere generale, che tiene in considerazione, oltre ai problemi di cui ci si occupa qui, la strategia complessiva di implementazione di un processo BIM.

Un'implementazione corretta deve tenere conto di numerosi fattori, tra i quali

1. il grado di rappresentazione e di approfondimento informativo nel modello;
2. gli utilizzi consentiti dei dati contenuti nel modello, che definisce gli scopi per cui si possono utilizzare le informazioni a un certo grado di rappresentazione;
3. la possibilità di scambiare informazioni tra attori diversi lungo le fasi del processo, senza la necessità di ridefinire il modello, in altri termini l'interoperabilità.

Il terzo punto riguarda requisiti di interoperabilità che, per le librerie InnovANCE, sono legati allo standard IFC.

Gli standard dell'American Institute of Architects - [6] [10] [11] - contribuiscono a chiarire i punti 1 e 2, utilizzando i concetti di LOD e di Usi Consentiti dell'informazione del modello.

L'AIA Document E203™–2013 [6] definisce il LOD come Livello di Sviluppo che descrive “i dati minimi di natura dimensionale, spaziale, quantitativi, qualitativi, e altri, inclusi in un Elemento di Modello” - questo inteso come componente,

2.1 Standard references

The standard references addressed during this phase of the research, are the general ones, such as the ISO/TS 12911 [30], and the specific ones, strictly related to the issues highlighted above.

Among the standards coming from the Anglo-Saxons environment, noteworthy is the National BIM Standard [15] (NBIMS), since it is the reference for many other standards, mentioned as well in the references. The NBIMS is a document general oriented, taking in account, beyond the issues highlighted here, the general strategy needed to implement a BIM process.

A proper implementation has to take in account several factors, such as:

1. the representation degree in terms of information embedded into the model;
2. the authorised uses of the information, defining for what goals the data at a certain representation or modeling detail can be used;
3. it has to be possible to exchange information among different actors of the process, without redefining the model that has to be interoperable.

The third point is related to interoperability requirements, that as far as the InnovANCE library is concerned, are related to the IFC standard.

The standards of the American Institute of Architects - [6] [10] [11] – clarify the points 1 and 2 above, using the concepts of LOD and Authorised Uses of the information contained in the model.

The AIA Document E203™–2013 [6] states that LOD is meant as Level of Development, describing “the minimum dimensional, spatial, quantitative, qualitative, and other data included in a Model Element” – this representing a component, system or

sistema, o insieme – “per supportare gli usi consentiti” – del modello – “associati a tale LOD”.

Il concetto di “Usi Consentiti” si riferisce agli usi autorizzati dei dati che sono stati definiti quali dati autorizzati nei protocolli che definiscono obiettivi, termini, procedure di implementazione dello specifico modello BIM.

Un altro contributo per la definizione e interpretazione dei LOD è il LOD Specification del BIM Forum [14] che sulla base delle norme AIA e del CSI Uniformat 2010 [9] definisce sei livelli di LOD e fornisce esempi per diversi sottosistemi edilizi e componenti.

I LOD definiti dal BIM Forum sono i seguenti:

- LOD 100 L’Elemento del Modello può essere rappresentato graficamente con un simbolo o una rappresentazione generica, ma non soddisfa i requisiti per il LOD 200. Le informazioni per un Elemento di Modello (p.e. costo per mq., dimensioni degli impianti, ecc.) si possono dedurre da altri Elementi del Modello.
- LOD 200 Un Elemento è rappresentato graficamente nel Modello come sistema, oggetto o insieme generico, con quantità, dimensione, forma, collocazione, orientamento approssimativi. Informazione non grafica può essere associata all’Elemento.
- LOD 300 L’Elemento è rappresentato graficamente nel Modello come specifico sistema, oggetto, insieme in termini di quantità, dimensione, forma, collocazione, orientamento. Informazione non grafica può essere associata all’Elemento.
- LOD 350 L’Elemento è rappresentato graficamente nel Modello come specifico sistema, oggetto, insieme in termini di

assembly within a building – “to support the Authorized Uses associated with such LOD”.

The concept of “Authorized Uses refers to the permitted uses of the Digital Data authorized in the Digital Data and/or building Information protocols”, describing goals, terms and procedures of the specific BIM.

A further contribute for defining and interpreting the concept of LOD, is the BIM Forum LOD Specification [14] that, from the AIA standards and the CSI Uniformat 2010 [9] describes six LOD levels and gives examples, for different building subsystems and elements.

The BIM Forum LODs are as following:

- “LOD 100 The Model Element may be graphically represented in the Model with a symbol or other generic representation, but does not satisfy the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square foot, tonnage of HVAC, etc.) can be derived from other Model Elements.
- LOD 200 The Model Element is graphically represented within the Model as a generic system, object, or assembly with approximate quantities, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.
- LOD 300 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.
- LOD 350 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object, or assembly in

BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach

quantità, dimensione, forma, collocazione, orientamento e interfacce con altri sistemi dell'edificio. Informazione non grafica può essere associata all'Elemento.

terms of quantity, size, shape, orientation, and interfaces with other building systems. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

B1010.10 – Floor Structural Frame (Steel Framing Columns)

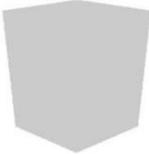
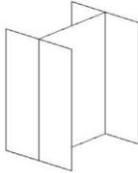
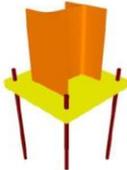
100	Generic column element, See B10 .	
200	See B1010	
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Specific sizes of main vertical structural members modeled per defined structural grid with correct orientation <p>Required non-graphic information associated with model elements includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Structural steel materials defined. • Connection details • Finishes, i.e. painted, galvanized, etc. 	
350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actual elevations and location of member connections • Large elements of typical connections applied to all structural steel connections such as base plates, gusset plates, anchor rods, etc. • Any miscellaneous steel members with correct orientation • Any steel structure reinforcement such as web stiffeners, sleeve penetrations, etc. 	
400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welds • Coping of members • Cap pates • Washers, nuts, etc. • All assembly elements 	

Fig. 1 Examples of BIM Forum LODs, from LOD 100 Up to LOD 400 [14].

BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach

- LOD 400 L'Elemento è rappresentato graficamente nel Modello come specifico sistema, oggetto, insieme in termini di quantità, dimensione, forma, collocazione, orientamento con i dettagli costruttivi e le informazioni per il montaggio. Informazione non grafica può essere associata all'Elemento.
- LOD 500 L'Elemento è la rappresentazione di un oggetto verificato in termini di quantità, dimensione, forma, collocazione, orientamento. Informazione non grafica può essere associata all'Elemento.
- LOD 400 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of size, shape, location, quantity, and orientation with detailing, fabrication, assembly, and installation information. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.
- LOD 500 The Model Element is a field verified representation in terms of size, shape, location, quantity, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Elements.” [14]

La Fig. 1 illustra un esempio di LOD per un elemento strutturale, tratto dalla documentazione BIM Forum.

Accanto ai concetti di LOD e Usi Consentiti, vi è inoltre la matrice Elementi/Oggetti – OEM, Objects/Element Matrix - che mette in relazione gli oggetti con il loro sviluppo e il contenuto informativo a uno specifico LOD. Un buon esempio di OEM si ritrova nelle specifiche australiane NATSPEC [17], di cui si riporta un esempio parziale in Fig. 2.

Fig. 1 shows an example of LOD for a structural element, from the BIM Forum documents.

Beside the concepts of LOD and Authorised Uses, there is also the OEM – Object Element Matrix – that relates the objects to their development degree at a specified LOD.

A good example of OEM can be found in the Australian NATSPEC [17]; a partial example is shown in Fig. 2.

Foundations	BIM Object or Element		General Information Use			
	Item Category - Foundations	Description: A 2D and 3D element. Elements that make up the structural support system for the base of the building. These may include: walls, footings, slabs, caissons, grade beams, etc.	Basic Tool Features	Derived Data	Selection Agent	Building System
			Structural System	Material Volume, Linear Feet of Material	Primary Creator: Structural Engineer Secondary: Contractor	Item System Category - Uniformal
Level of Development	Information Category for information item (See Master Information Tab)	Information Item (information about the specific object or element)	Model Element Author	Information Classification Origin	Required by Client Data	IFC Support
LOD 100 - Conceptual						
Overall Building Massing Indicative of Area, Height, Volume, Location, and Orientation	Building Program & Project Meta Data	Facility ID			File Properties	RIFooting-#Building Name
	Building Program & Project Meta Data	Facility Description			File Properties	RIFooting-#Building LongName
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Overall Length				RIFooting-#Building Description
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Overall Width				RIFooting-#ICount[Length Name="Length"]
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Overall Height				RIFooting-#ICount[Length Name="Width"]
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Overall Area				RIFooting-#ICount[Length Name="Depth"]
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Overall Volume				RIFooting-#ICount[Area Name="GrossSurfaceArea"]
	GeoSpatial and Spatial Location of Objects & Elements	Position Type				RIFooting-#ICount[Volume Name="GrossVolume"]
	GeoSpatial and Spatial Location of Objects & Elements	Location Constraint				RIFooting-ObjectPlacement
	GeoSpatial and Spatial Location of Objects & Elements	Code Constraint				{class} - #Constraint
	Costing Requirements	Conceptual Cost			X	{class} - #Constraint
	Costing Requirements	Conceptual Unit Cost			X	RIFooting-#ICost[Area Cost] param="Conceptual" + UnitBase
	Costing Requirements	Utility Data				RIFooting-#ICost[Area Cost] param="Whole SB"
	Project Environmental & Site Conditions	Future Cost Assumptions				RIFooting-#ICost[Area Cost] param="Schedule Duration
Phases Time Sequencing & Schedule Requirements	Overall Duration			X	RIFooting-#ICost[Area Cost] param="Schedule Duration" + local LEED	
Phases Time Sequencing & Schedule Requirements	Overall Duration			X	usage RIFooting-#ICost param="RIFooting-#ICost"	
LOD 200 - Approximate Geometry						
Generalized Systems or Assemblies with Approximate Quantities, Size, Shape, Location, and Orientation	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Length				RIFooting-#ICount[Length Name="Length"]
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Width				RIFooting-#ICount[Length Name="Width"]
	Physical Properties of BIM Objects & Elements	Height				RIFooting-#ICount[Length Name="Depth"]

Fig. 2 Partial example of an Object/Element Matrix – OEM – for foundation elements.

I principali riferimenti europei per gli standard BIM sono Gran Bretagna, Finlandia e Germania.

La norma britannica BS/PAS 1192-2 [28], l'AEC (UK) BIM Protocol [1], i COBie Data Drops [7] e il RIBA Plan of Work [5], definiscono chiaramente procedure, protocolli contrattuali e modalità di implementazione del BIM. La normativa britannica utilizza il concetto di Livello di Definizione del Modello, anziché quello di Level of Development, inteso come il livello di dettaglio minimo richiesto per ogni componente del modello, in funzione degli scopi consentiti che il modello nel suo insieme dovrà avere; si introducono inoltre i concetti di Livello di dettaglio del modello, che si riferisce al contenuto grafico, e di Livello di dettaglio dell'informazione, riferito a testi e dati collegati al modello.

In Scandinavia il COBIM [8] Finlandese, che è l'evoluzione dei BIM Requirements di Senate Properties – agenzia RE del governo – è un puntuale riferimento per lo sviluppo del BIM in tutte le fasi del processo. Le norme finlandesi indicano come modellare gli elementi durante le diverse fasi di progetto, e tre livelli diversi di contenuto informativo e di rappresentazione:

L1 Il modello è utilizzato per il lavoro collaborativo tra i progettisti; posizione e geometria del modello sono definite secondo i requisiti; le parti dell'edificio sono denominate in maniera descrittiva.

L2 Il modello, anche in fase pre-progettuale, può essere utilizzato per analisi energetiche e computi metrici in fase di offerta; la posizione e la geometria del modello sono definite in conformità ai requisiti; le parti dell'edificio sono modellate correttamente in modo che le quantità e le informazioni di natura stimativa siano leggibili dal modello.

L3 Il modello è tipicamente utilizzato per la

The main European references are Great Britain, Finland, and Germany.

The British standard BS/PAS 1192-2 [28], the AEC (UK) BIM Protocol [1], the COBie Data Drops [7] and the RIBA Plan of Work [5], are clearly defining procedures, contract protocols and BIM implementation pathways. The British standard is using the concept of Level of Model Definition, instead the Level of Development one, meant as the minimum detail level requested for each component of the model, within the frame of the permitted purpose that the full model would have to satisfy; furthermore, the concepts of Level of model detail, referred to the graphic content, and of Level of model information, referred to the text and to the data linked to the whole model, are introduced

In Scandinavia, the Finnish COBIM [8], being the evolution of the BIM Requirements of Senate Properties – the RE agency of the government – is a very precise reference for the deployment of BIM along all the process phases. The Finnish standards tell how to model the elements during the construction phases, suggesting three different levels of information:

“L1 Typical use of the model is collaboration and communication between the designers; the position and geometry of the model are according to the requirements; building parts are named descriptively.

L2 Typical use of the model is in pre-design and sketch design phases is energy analyses and in bidding phase quantity take-offs; the position and geometry of the model are according to the requirements; building parts and types are named correctly and they are modeled in such way, that the quantities and other essential information for the cost estimations can be read from the model.

L3 Typical use of the model is for

programmazione dei lavori e per la programmazione degli acquisti; posizione e geometria del modello sono definite in conformità ai requisiti; le informazioni relative ai prodotti sono state aggiunte al modello e possono essere elencate direttamente da questo [8].

Anche la Germania, di recente, si è dotata di linee guida per lo sviluppo del BIM: il Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) - Ministero Federale dei Trasporti, dell'Edilizia e dello Sviluppo Urbano - con il programma ZukunftBAU, ha prodotto il rapporto BIM-Leitfaden für Deutschland [3], che riprende la letteratura internazionale in funzione dell'industria delle costruzioni tedesca.

3. Proposte InnovANCE

Come accennato nell'introduzione, il gruppo di lavoro si è occupato di mettere a punto linee guida utili per la modellazione delle primitive BIM, ma anche di modelli complessi.

Per quanto riguarda la modellazione e il suo contenuto informativo, si è ripreso il concetto di LOD dalla normativa internazionale, con il significato di Level of Development di un elemento o di un insieme. Tale interpretazione, secondo la definizione fornita dal BIM Forum, corrisponde al grado di affidabilità che un team di progetto si può attendere dai dati contenuti un modello [14].

Si tenga presente che il concetto di LOD non corrisponde al concetto di scala, né al concetto di rappresentazione grafica di un elemento: una rappresentazione povera in termini grafici può essere molto ricca in termini di contenuto informativo di dati associati a un elemento nel database,

construction scheduling and contractor purchasing; the position and geometry of the model are according to the requirements; the relevant information for contractor purchasing has been added to model objects in such way, that they can be listed (window type, part dimensions, decibel requirements etc.)” [8].

Germany as well recently formulated some guidelines for the BIM development: the Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) – The Federal Ministry For Transportation Building and Urban Development – within the program ZukunftBAU, produced the report BIM-Leitfaden für Deutschland [3], that is looking at the international literature, within the reference of the German building industry.

3. InnovANCE proposals

As stated in the introduction, the working group has been dealing with the set-up of general modeling guidelines useful either for the BIM primitives, either for complex models.

As far as the modeling procedure and the information content is concerned, the LOD concept has been taken from the international references, with the meaning of Level of Development of an element, or of an assembly. Such an interpretation, according to the BIM Forum definition, corresponds to “the degree to which project team members may rely on the information when using the model” [14].

It has to be reminded that the LOD concept has no direct relationship with the traditional concepts of graphic scale, nor with the graphic representation of an element: a representation can be very poor in terms of graphics, though still full of content in terms of information data linked to the element,

viceversa una rappresentazione graficamente molto dettagliata può essere priva di attributi informativi direttamente collegati al modello. Per questo motivo, per quanto riguarda la rappresentazione grafica degli elementi, si è introdotto il concetto di Grade, pure analogo a concetti espressi dalla letteratura internazionale, per esplicitare il livello di dettaglio grafico richiesto dalla rappresentazione 2D in funzione dei diversi LOD e del tipo di rappresentazione richiesta in funzione delle diverse fasi di approfondimento di un intervento.

Tutto questo è stato messo in relazione con la normativa italiana sui lavori pubblici, così da contestualizzare i concetti già espressi rispetto alle esigenze dell'industria nazionale delle costruzioni.

3.1 I LOD InnovANCE

InnovANCE ha interpretato il concetto di LOD in otto differenti livelli:

- LOD 000 Corrisponde al livello NM (Not Modeled) che si ritrova nella normativa AIA. Si tratta di elementi inseriti nel modello, ma che sono privi di usi consentiti.
- LOD 100 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde a quello dello studio di fattibilità.
- LOD 200 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde a quello del progetto preliminare.
- LOD 300 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde al progetto definitivo.

vice versa a very detailed graphical representation might completely lack of information attributes linked to the model.

That's why, in terms of graphical representation of the elements, the concept of Grade has been introduced, in analogy with certain concepts expressed as well by the international literature, in order to make explicit the level of graphic details required to the 2D representations according to the different LODs and to the different drawings needed according to the specific deepness of an intervention phases.

This has been related to the Italian law for the public procurement, so that the outcome of the research would be referred to the actual needs of the national building industry.

3.1 InnovANCE LODs

InnovANCE interpreted the concept of LOD defining eight different levels:

- LOD 000 Corresponding to the level NM (Not Modeled) from the AIA standard. It refers to elements into the model that do not have any Authorised Use.
- LOD 100 The content and the authorized uses come from the BIM Forum definition. The level correspond to the Feasibility Study.
- LOD 200 The content and the authorized uses come from the BIM Forum definition. The level correspond to the Preliminary Design.
- LOD 300 The content and the authorized uses come from the BIM Forum definition. The level is corresponding to the Final Plan.

BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach

- LOD 350 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde a quello del progetto esecutivo.
 - LOD 400 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde a quello del progetto costruttivo.
 - LOD 500 I contenuti e gli usi consentiti sono ripresi dalle definizioni del BIM Forum. Il livello corrisponde a quello del As Built.
 - LOD 550 Questo livello contiene tutti i dettagli del LOD 500. È utilizzato per la gestione e manutenzione dell'opera.
- LOD 350 The content and the authorized uses come from the BIM Forum definition. The level corresponds to the Executive Plan.
 - LOD 400 The content and the authorized uses come from the BIM Forum definition. The level corresponds to the Construction Project.
 - LOD 500 The content and the authorized uses do come from the BIM Forum definition. This level is corresponding to the As Built.
 - LOD 550 This level contains all the details of the LOD 500 FORUM definition. It is used for the Facility Management.

È opportuno rilevare che il concetto di LOD, come interpretato da InnovANCE, non è direttamente riferito ai singoli oggetti del modello di un edificio: perciò in uno stesso modello, possono essere presenti oggetti con LOD differenti.

La Fig. 3 esemplifica alcuni LOD:

il LOD 000 è uno schizzo renderizzato, che non è associato ad alcun uso consentito e che perciò non è portatore di informazioni.

Il LOD 100 dà un dimensionamento di massima delle volumetrie, altri dati quali le superfici possono dedursi facilmente.

Il LOD 200 fornisce un'indicazione più precisa su dimensioni e layout interno.

Il LOD 300 definisce con una certa precisione le tipologie costruttive di involucro e partizioni.

It has to be said that, in the LOD interpretation of InnovANCE, the concept is referred to the single object and not to the whole construction, therefore in a building model it is possible to have objects with a different LOD.

Fig. 3 gives a sample of some LODs:

the LOD 000 is a render sketch, not necessarily corresponding to any authorised use, then it does not carry any information.

The LOD 100 allows to get an approximate value of the volume dimensions, other data such surfaces can be easy deducted.

The LOD 200 is better defining overall dimensions and interiors layout.

the LOD 300 is defining the construction solutions adopted for the enclosures and for the internal walls.

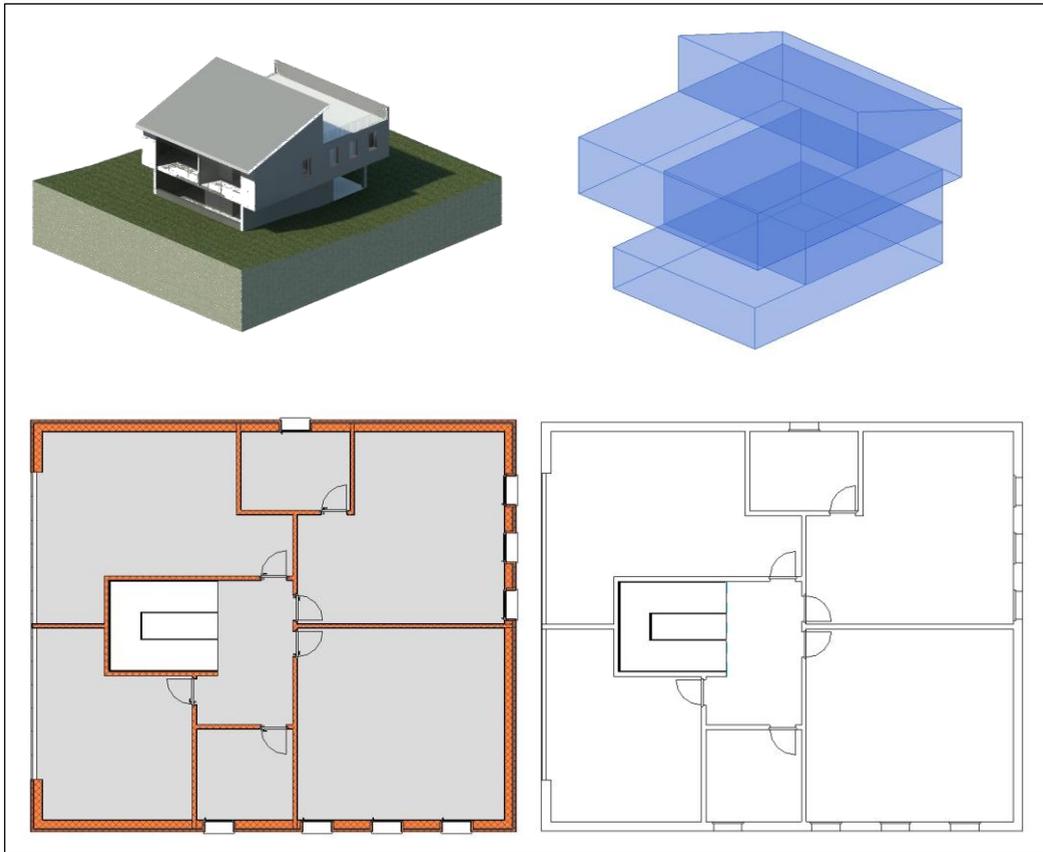


Fig. 3 From top left, clockwise: LOD 000, LOD 100, LOD 200, LOD 300 (InnovANCE reference model).

3.2 Il concetto di Grade

Come richiamato sopra, InnovANCE ha deciso di introdurre il concetto di Grade - che si ritrova nell'AEC (UK) BIM Protocol [1] - con il significato di Livello di accuratezza, per definire il grado minimo di accuratezza grafica e di modellazione richiesta a secondo dei diversi LOD e della rappresentazione necessaria per le diverse fasi di un intervento

I Grades di InnovANCE sono stati definiti secondo un elenco provvisorio, a seguire:

- Grade 0 (G0) – Disegno schematico - Disegno simbolico, segna-posto, che può

3.2 The Grade concept

As mentioned above, InnovANCE introduced the concept of Grade – that is mentioned also in the AEC (UK) BIM Protocol [1] – meant as the Level of Accuracy, in order to define the minimum required level of graphical and modeling accuracy required according to the LODs and the representations requirements for the phases of an intervention.

The InnovANCE Grades have been defined in a provisional list, that is following:

- “Grade 0 (G0) – Schematic - Symbolic place-holder representing an object which

BIMM enabled construction processes: the InnovANCE approach

essere fuori scala, o non avere dimensioni specifiche. È il caso della simbologia elettrica, che può non avere corrispondente 3D [1]. Le dimensioni minime degli oggetti non dovrebbero essere inferiori a 10 o 5 cm.

- Grade 1 (G1) – Concept – Modello 3D con il minimo livello di dettaglio possibile. Utile per rappresentazioni in scala 1:100 o 1:200.
- Grade 2 (G2) – Disegni definitivi - Modello 3D con dettaglio grafico sufficiente per identificare le principali caratteristiche dell'oggetto: tipo, forma, dimensioni e anche materiali. Può includere disegni di dettaglio 2D. Le dimensioni minime degli oggetti non dovrebbero essere inferiori a 1 cm. Utile per rappresentazioni fino alla scala 1:50. Per la rappresentazione di oggetti fino a 0.5 cm si consiglia lo sviluppo di disegni 2D anziché 3D, stampabili in scala 1:20.
- Grade 3 (G3) – Disegni esecutivi/costruttivi - Modelli 3D eseguiti con Grade 2, completi di disegni 2D più dettagliati, stampabili in scala 1:10, 1:5, 1:2, 1:1. Alcune parti possono essere realizzate in 3D, se necessario.

3.3 LOD, Grade, fasi di progetto

Al fine di rendere esplicito il rapporto tra LOD, Grade e fasi di progetto, InnovANCE ha proposto una matrice che mette tali concetti in relazione agli elementi costruttivi del sistema edilizio in funzione delle fasi previste dalla normativa sui lavori pubblici. Nella tabella, il LOD indica l'affidabilità e l'utilizzo consentito delle informazioni, e il Grade definisce i requisiti di accuratezza grafica e di modellazione dell'elemento.

may not be to scale or have any dimensional values. This is particularly relevant to electrical symbols which may never exist as a 3D object” [1]. The minimum dimensions of the modeled objects shouldn't be lower than 10 or 5 cm.

- Grade 1 (G1) – Concept – 3D model with as minimum detail as possible. Useful to be represented at 1:100 or 1:200 scale.
- Grade 2 (G2) – Final drawings – 3D Model with a graphic detail good enough to identify the main features of the object: type, shape, dimensions, and materials too. It might include 2D detail drawings. The minimum dimensions of the objects should not be smaller than 1 cm. Useful for prints up to 1:50 scale. For the representation of smaller objects, up to 0.5 cm, it is advised to develop 2D details printable up to 1:20 scale, rather than 3D models that would be too demanding to manage.
- Grade 3 (G3) – Final and construction drawings – 3D models at Grade 2, completed by 2D drawings printable at the scales 1:10, 1:5, 1:2, 1:1. Certain parts might be modeled in 3D, when needed.

3.3 LOD Grade, design phases

In order to make explicit the relationship between LOD, Grade and design phases, InnovANCE proposed a matrix that shows such concepts in relationship to the construction elements of a building system, according to the phases described by the public procurements law. In the table, the LOD is the indicator for the reliability of the information, the Grade defines the accuracy requirements for the graphic and modeling

BIM enabled construction processes: the InnovANCE approach

Se compilata in fase contrattuale, la matrice, per le diverse fasi del progetto, rende esplicite le richieste della committenza in termini di sviluppo e utilizzo del modello BIM in ciascuna delle fasi del processo di costruzione.

La Tab. 1 riporta un esempio di tale matrice.

representation of an element.

The matrix, when properly filled in for the tender phase, makes the customer's request evident, and shows the requirements in terms of development and uses of the BIM models in each phase of the construction process.

The Tab. 1 shows an example of such a matrix.

Technical elements	Concept/Feasibility study			Preliminary design			Final Plan			Executive Plan			Construction Project			As Built		
	LOD	Grade	Note	LOD	Grade	Note	LOD	Grade	Note	LOD	Grade	Note	LOD	Grade	Note	LOD	Grade	Note
Foundation	100			100	1		300	2		350	3		400		2D Details	400	3	2D Details
Superstructure	100			100	1		300	2		350	3		400		2D Details	400	3	2D Details
Exterior Vertical Enclosures	100			200	1		350	3		350	3		400		2D Details	500	3	2D Details
Transparent vertical enclosures (curtain wall)	100			200	1		300	2		350	3		400		2D Details	500	3	2D Details
Slabs-On-Grade Enclosure	100			100	1		350	3		350	3		400		2D Details	400	3	2D Details
Roofing	100			200	1		300	3		350	3		400		2D Details	500	3	2D Details
Roof Accessories /windows	100			100	1		300	2		350	3		400		2D Details	500	3	2D Details
Interior Partitions	100			200	1		300	3		350	3		350		2D Details	500	3	2D Details
Interior Doors	100			100	1		200	2		350	3		400		2D Details	400	3	2D Details
Partizioni interne orizzontali / solai	100			200	1		350	3		350	3		350		2D Details	400	3	2D Details
Stairs	100			200	1		300	2		350	3		350		2D Details	400	3	2D Details
....																		
Ventilation system	100			200	0		300	1	3D scheme	350	2		400			500	3	
Plumbing	100			200	0		300	1		350	2/3		400			500	3	
....																		
Sewer	100			200	0		300	1	3D scheme	350	2		400			400	3	
Electrical plant	100			200	0		300	2		350	2		400			400	3	
....																		
Furniture				100	1	Only layout	100	1	Only layout	100	2	Only layout	0					Not in the tender
Lighting devices				100	0		200	1		350	2	Devices selection and path	400					Added operational instructions

Tab. 1 Sample of LOD-Grade-Project phase Matrix (Muscogiuri-Pignataro)

3.4 Convenzioni grafiche

La rappresentazione grafica 2D, in termini di simboleggiature, tratteggi, convenzioni grafiche in generale, completa la questione dei LOD e dei Grade per la modellazione.

La letteratura internazionale, soprattutto quella anglosassone, ha una consolidata tradizione che fa ampio riferimento agli standard CAD sviluppati per il disegno bidimensionale. In ambito italiano non sono presenti documenti analoghi.

L'unità di ricerca del Politecnico di Torino si è occupata quindi di produrre una serie di documenti per la redazione dei documenti 2D relativi agli oggetti BIM InnovANCE.

I risultati di questo lavoro sono riassunti in

3.4 Graphical conventions

The 2D graphical representation, in terms of symbols, patterns, and general graphic conventions, is the other side of the LOD and Grades for modeling.

The international literature, mainly the Anglo-Saxon one, has a strong tradition widely referring to the CAD standards developed for the 2D drawing.

In the Italian contest, there are no similar documents.

The research unit of the Politecnico di Torino, did produce the documents useful for preparing the 2D documents for the InnovANCE BIM objects.

The results of such a job are summarised in

BIM enabled construction processes: the InnovANCE approach

numerosi rapporti interni di ricerca, tra cui le “Linee guida per la redazione dei progetti in ambiente BIM” [23] e nelle “Linee guida per la modellizzazione dei componenti in ambiente BIM” [24].

I documenti indicano i principali riferimenti per l’unificazione della rappresentazione in ambito BIM.

Le componenti principali di cui tenere conto sono le scale grafiche, le annotazioni - testi e quote - i modelli e gli spessori di linea, simboli e campiture.

Non si entra qui nel merito delle soluzioni proposte, tuttavia è importante notare che le strategie adottate devono essere riportate al software utilizzato per la modellazione: l’ambiente BIM deve essere opportunamente preparato per essere conforme agli standard di rappresentazione utilizzati. Ciò si può ottenere grazie all’adozione di modelli standard che contengano le specifiche utilizzate per il progetto. È da notare come l’AEC (UK) BIM Protocol presenti una specifica declinazione per Revit [2], così come per altri software, a dimostrare la necessità di implementare gli standard più generali in funzione degli strumenti specifici.

Il concetto è espresso chiaramente nella ISO/TS 12911 [30] che consiglia circa la necessità di sviluppo di linee guida per il BIM a diversi livelli.

many internal reports of the research, such as the Guidelines for preparing projects in a BIM environment” [23] and the Guidelines for modeling the components in a BIM environment [24].

The papers present the main references to take in account in order to unify the representation in a BIM system.

The main features to be taken in account are the graphic scales, the annotations – text and dimensions – the line models and thicknesses, symbols and patterns.

The proposed solutions are not discussed here, though it is important noticing that the adopted strategies have to refer to the software used for modeling:

the BIM environment has to be properly prepared, in order to comply with the drawing and representation standard used for a project. This can be obtained thanks to the adoption of standard project templates containing the specifics for the design.

It is noteworthy that, the AEC (UK) BIM Protocol prepared a specific release for Revit [2] as well as for other softwares, as a demonstration that the general standards must be implemented according to the specific software tools.

The concept, is clearly stated by ISO/TS 12911 [30] that advises about the need for developing the BIM guidelines at different levels.

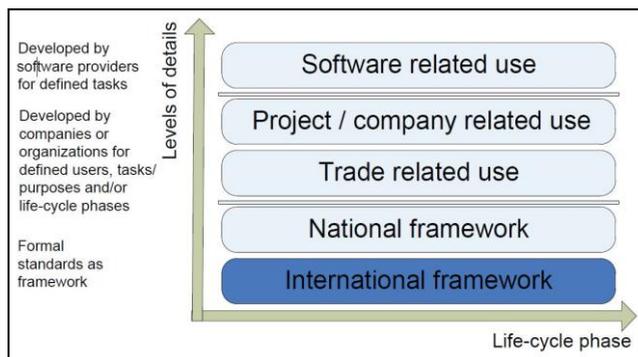


Fig. 4 ISO/TS 12911 – Different level of detail of the BIM guidelines.

4. Conclusioni e prospettive future

Come si è indicato nell'introduzione, le librerie InnovANCE sono concepite secondo una metodologia avanzata, se non ideale, per la realizzazione di oggetti BIM: i requisiti che la letteratura internazionale [26] pone come indice di riferimento, sono tutti rispettati. La scelta di definire linee guida per i LOD, l'introduzione dei Grade, la messa in relazione di questi con la normativa italiana sui lavori pubblici, nonché la definizione di standard per la rappresentazione grafica 2D, collocano l'esperienza delle librerie InnovANCE nel solco delle esperienze internazionali.

Il lavoro realizzato fino a qui costituisce una solida base, sia in termini di conoscenza del contesto internazionale sia in termini di esperienza concreta, per definire e implementare linee guida più ampie, che indirizzino l'industria delle costruzioni italiana verso procedure standard utili per gestire correttamente il processo edilizio con le Information Technologies. I passi successivi possono, o più probabilmente devono intraprendere due direzioni diverse: da un lato, anche secondo le indicazioni della ISO/TS 12911 [30] schematizzate in Fig. 4, è opportuno approfondire le regole di modellazione 2D e 3D con la definizione di linee guida e template specifici per ambiti disciplinari, tipologie di progetto e business practice, nonché per le specifiche piattaforme software disponibili sul mercato.

D'altro canto, è desiderabile che le regole specifiche legate al contenuto informativo dei modelli 2D e 3D, siano ampliate a un livello più generale, con la definizione di standard nazionali per l'intero processo basato sul BIM, che tengano conto di tutti gli aspetti coinvolti in un processo edilizio basato sul BIM, tra cui le competenze

4. Conclusions and future perspectives

As it has been mentioned in the introduction, the InnovANCE libraries are conceived according to an advanced methodology, if not to say ideal, for realizing BIM objects: the requirements that the international literature [26] set as a benchmark, are all met. The choice of defining guidelines for the LODs, the introduction of the concept of Grade, the relationship established among them and the Italian law on public procurement, as well as the definition of standards for the 2D graphic representation, do indicate that the experience of the InnovANCE libraries is well settled in the international stream.

The work that so far has been done, is a strong basis, in terms of knowledge of the international context as well as in terms of direct experience, in order to define and implement wider guidelines, useful to address the Italian building industry towards standards procedures useful to properly manage the construction processes using the IT tools.

The consequent steps can, or probably must, take two different directions:

on one side, also according to what stated by the ISO/TS 12911 [30] as schematised in Fig. 4, it is desirable to expand the 2D and 3D modeling rules, defining guidelines and templates being discipline, project and business practice oriented, as well as vertical standards for the specific software platforms available on the market.

On the other hand, it is desirable that the specific rules defining the information content of the 2D and 3D models, are extended to a more general level, with the establishment of national standards for the entire process based on BIM, taking in account all the aspects involved in a BIM based process, f.i. the competences requested to the operators, or the

richieste agli operatori, le responsabilità contrattuali e legali, per citarne solo alcuni tra molti.

È opportuno notare che la richiesta, da parte delle imprese, di figure qualificate in ambito BIM, è in continuo aumento:

la disponibilità di normative e linee guida su processi, ruoli, capacità, responsabilità, è un passo obbligato per un'industria che voglia dotarsi di strumenti di controllo per valutare nuove competenze e per implementare e ottimizzare nuovi strumenti, metodi e processi produttivi.

Analogamente a quanto hanno fatto altri paesi, come per esempio la Germania, l'auspicio è che anche l'Italia si doti di direttive nazionali per l'implementazione del BIM. Il futuro sviluppo degli standard InnovANCE dovrà guardare a questa direzione.

contract and legal responsibilities, just to mention a couple among many.

It has to be noted that the construction companies are demanding more and more BIM qualified professionals:

the availability of standards and guidelines on the processes, abilities, roles and responsibilities, it's definitely a must for an industry wishing to adopt clear benchmarks in order to assess the new competences and to implement and optimise new tools, methods and production processes.

As well as other countries, such as Germany, have already done, the wish is that Italy too would prepare national directives in order to address the implementation of BIM.

The future developments of the InnovANCE standards will have to look at this direction.

5. References

1. AAVV, (2012) AEC (UK) BIM Protocol V2.0
2. AAVV, (2012) AEC (UK) BIM Protocol for Autodesk Revit V2.0
3. AAVV, (2013) BIM-Leitfaden für Deutschland, Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
4. AAVV, (2011) BIM Project Execution Planning Guide – V2.1, Pennsylvania State University
5. AAVV, (2012) BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work, RIBA
6. AAVV, (2013) Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, American Institute of Architects, AIA Document E203™– 2013
7. AAVV, (2012) COBie Data Drops, UK Cabinet Office
8. AAVV, (2012) Common BIM Requirements 2012 Volumes 1-12, COBIM V1.0 Finland
9. AAVV, (2010) CSI Unifomat 2010, CSI and Construction Specifications Canada
10. AAVV, (2013) Project Digital Data Protocol Form, American Institute of Architects, AIA Document G201™–2013
11. AAVV, (2013) Project Building Information Modeling Protocol Form, American Institute of Architects, AIA Document G202™– 2013
12. AAVV, (2012) The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM), US Army Corps of Engineers

BIM enabled construction processes: the InnovANCE approach

13. AAVV, (2013) GSFIC BIM Guide, V. 5.0, Georgia State Financing and Investment Commission
14. AAVV, (2013) Level of Development Specification 2013, BIM Forum
15. AAVV, (2012) National BIM Standard - United States™ Version 2, National Institute of Building Sciences
16. AAVV, (2009) National Guidelines for Digital Modelling, Cooperative Research Centre for Construction Innovation, Australia
17. AAVV, (2010) NATSPEC National BIM Guide, Natspec, www.natspec.com.au
18. AAVV, (2010) VA BIM GUIDE v1.0, U.S. Department of Veterans Affairs
19. Bloomberg M.R., Burney D.J., Resnick D., (2012) BIM guidelines, NYC Department of Design + Construction, New York
20. Caffi, V., (2010) CAD, BIM, Interoperabilità: tecnologie informatiche per il progetto e la sua rappresentazione, in Progetto di Architettura e Interoperabilità, , Edizioni Capitolo Italiano I.A.I., Milano.
21. Caffi, V. Re Cecconi F., (2013) InnovANCE BIM objects for the Italian building industry, Convegno ISTeA 2013, Milano
22. Daniotti B., Pavan A., Re Cecconi F., (2013) InnovANCE: an Italian database to manage the building process, Convegno ISTeA 2013, Milano
23. Lo Turco M., Novello G., (2014) Linee guida per la redazione dei progetti in ambiente BIM, Politecnico di Torino
24. Lo Turco M., Novello G., (2014) Linee guida per la modellizzazione dei componenti in ambiente BIM, Politecnico di Torino
25. Lupica S., Pavan A., Re Cecconi F., (2013) The unambiguous language for construction, Convegno ISTeA 2013, Milano
26. Palos S., Kiviniemi A., Kuusisto J., (2014) Future perspectives on product data management in building information modeling, in Construction Innovation: Information, Process, Management, Vol. 14 Iss: 1, pp.52 – 68, Emerald Group Publishing Limited
27. Steinmann R., (2014) bSI- Certifications: The Way Forward, bSI Ex-Com
28. BS/PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
29. ISO/DIS 16757-1:2013 Product Data for Building Services System Models
30. ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance
31. ISO/PAS 16739:2005 Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform)