



**SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE,
ECONOMIA CIRCOLARE E PRODUZIONE EDILIZIA.**

La ricerca scientifica nel Settore delle Costruzioni nell'era delle nuove sfide
ambientali e digitali.

**ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY,
CIRCULAR ECONOMY AND BUILDING PRODUCTION.**

The scientific research in the Construction Industry in the age of new environmental and
digital challenges.



**SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE,
ECONOMIA CIRCOLARE E PRODUZIONE EDILIZIA.**

La ricerca scientifica nel Settore delle Costruzioni nell'era delle nuove sfide
ambientali e digitali.

**ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY,
CIRCULAR ECONOMY AND BUILDING PRODUCTION.**

The scientific research in the Construction Industry in the age of new environmental and
digital challenges.

A cura di

Giuseppe Alaimo

Pietro Capone

Angelo Ciribini

Bruno Daniotti

Guido R. Dell'Osso

Maurizio Nicoella



ISBN 978-88-916-1222-9

© Copyright 2015 by Maggioli S.p.A.

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, anche ad uso interno e didattico, non autorizzata.

Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.

Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001:2008

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it

e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

L'editore rimane a disposizione degli aventi diritto per eventuali fonti iconografiche non identificate

Il catalogo completo è disponibile su www.maggioli.it area università

Finito di stampare nel mese di settembre 2015

Da Digital Print Service s.r.l. – Segrate (Milano)

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE, ECONOMIA CIRCOLARE E PRODUZIONE EDILIZIA.
La ricerca scientifica nel Settore delle Costruzioni nell'era delle nuove sfide ambientali e digitali
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, CIRCULAR ECONOMY AND BUILDING PRODUCTION.
The scientific research in the Construction Industry in the age of new environmental and digital challenges

Building Information Management

1. <i>Il BIM per la gestione di una gara con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa,</i> G. M. Di Giuda, V. Villa, L. Loreti.....	9
2. <i>Modellazione BIM del patrimonio scolastico esistente per la pianificazione degli investimenti,</i> G. M. Di Giuda, V. Villa, F. Paleari, M. Schievano.....	29
3. <i>Modellazione efficace degli edifici a supporto dei Contratti di Prestazione Energetica,</i> S. Marinelli, S. Ruffini, A. Giretti, M. Lemma.....	49
4. <i>Field BIM per la Gestione Ambientale del Cantiere: un Caso di Studio,</i> A. Ciribini, G. Caratozzolo, S. Mastrolembo Ventura, M. Paneroni, M. Bolpagni.....	64
5. <i>La nuova UNI 11337: gestione digitale del processo delle costruzioni,</i> A. Pavan.....	84
6. <i>Modelli di conoscenza e di simulazione per l'intervento impiantistico sul patrimonio storico,</i> D. Simeone, S. Corsi, G. Carrara.....	104

La fase di programmazione pre-progettuale del processo edile;
La formalizzazione dei modelli per la progettazione e la costruzione

1. <i>360° Energy BIM as a device,</i> B. Angi.....	113
2. <i>Implementazione di un processo BIM-based per la gestione sostenibile di un cantiere edile: la realizzazione di modelli BIM a supporto della fase costruttiva,</i> G. Caratozzolo, M. Bolpagni, S. Mastrolembo Ventura, M. Paneroni, A. Ciribini.....	131
3. <i>Un Modello Integrato di simulazione per la progettazione di un cantiere ospedaliero a basso impatto,</i> U. Maria Coraglia, D. Simeone.....	147
4. <i>Costruibilità e sicurezza: un approccio per la gestione della sicurezza nelle fasi costruttive critiche,</i> T. Giusti, V. Getuli, P. Capone.....	163
5. <i>Schermature solari tensegrali responsive,</i> A. Pizzigoni, G. Ruscica.....	181

Sustainability

1. <i>Caratterizzazione prestazionale del calcestruzzo sottoposto ad incendio in un'ottica di sostenibilità</i> , M. Nicoletta, C. Scognamillo.....	193
2. <i>La sostenibilità economica ed ambientale nella scelta dei materiali per migliorare le prestazioni dell'edilizia esistente</i> , S. Pennisi.....	213
3. <i>I rivestimenti marmorei nelle facciate del dopo guerra: dall'analisi tecnologica alla riqualificazione</i> , S. Bertorotta, S. Pennisi.....	230
4. <i>Produzione edilizia in continuità con il territorio</i> , M. Toni.....	250
5. <i>L'interattività per la riqualificazione ambientale e la valorizzazione del paesaggio</i> , M. Di Marzo, D. Forenza.....	270

Energy; Automation in construction

1. <i>Analisi di fattibilità sulla riqualificazione energetica di ospedali e poliambulatori</i> , M. Lemma, P. Principi, R. Fioretti, A. Carbonari.....	278
2. <i>Attendibilità delle prestazioni energetiche di diversi modelli BIM e BEM</i> , E. De Angelis, F. Re Cecconi, L. C. Tagliabue, S. Maltese, G. Pansa, A. Torricelli, S. Valaguss.....	296
3. <i>Stimare i consumi elettrici di cantiere. Identificazione del load factor delle gru a torre</i> , B. Bossi, M. Cassano, M. L. Trani.....	315
4. <i>Sostenibilità ambientale degli interventi di retrofit energetico</i> , R. Caponetto.....	331
5. <i>Retrofit attraverso Pannelli Prefabbricati: lo Stato dell'Arte</i> , E. Seghezzi, G. Masera.....	349
6. <i>La gestione dei carichi termici estivi mediante sistemi di Building Automation</i> , G.R. Dell'Osso, F. Iannone, A. Pierucci, A. Rinaldi, S. Vacca.....	367

Building performance engineering

1. <i>Modelli di ordine ridotto per il controllo e la gestione degli edifici</i> , B. Naticchia, M. Benedettelli, A. Carbonari, M. Vaccarini.....	387
2. <i>Prospettive nell'invecchiamento accelerato dei materiali e componenti edilizi</i> , R. Paolini.....	410
3. <i>Proprietà ottico e radiative dei tessuti per strutture leggere temporanee: valutazione delle prestazioni e decadimento nel tempo</i> , R. Paolini, A. G. Mainini, T. Poli, A. Speroni, A. Zani.....	429
4. <i>Workflow di interoperabilità verso la gestione energetica dell'edificio</i> , A. Ciribini, E. De Angelis, L.C. Tagliabue, M. Paneroni, S. Mastrolembo Ventura, G. Caratozzolo.....	443
5. <i>Il performance based building design attraverso la modellazione informativa energetica (BEM)</i> , C. Zanchetta, R. Paparella, C. Cecchini.....	462

**Il project construction management ed i sistemi integrati di gestione;
La gestione del ciclo di vita nelle costruzioni**

1. <i>I compiti del coordinatore per la sicurezza in rapporto allo standard del Project Management Body of Knowledge</i> , M. A. Bragadin, T. Giusti.....	482
2. <i>Geometria Qualitativa nel "BIM World". Generazione della Location Breakdown Structure per un processo di costruzione sostenibile</i> , A. Fioravanti, G. Novembri, F. Rossini.....	502
3. <i>Life cycle assessment di pitture commerciali</i> , G. Alaimo, D. Enea.....	522
4. <i>L'analisi dei costi nel ciclo di vita in supporto alla gestione di un'infrastruttura</i> , E. Fossi, M. A. Esposito.....	542
5. <i>Il management del flusso informativo delle costruzioni mediante valutazioni LCA</i> , A. Pierucci, G.R. Dell'Osso, C. Cavalliere.....	553
6. <i>Strumenti a supporto delle scelte strategiche nella gestione dei patrimoni immobiliari</i> , F. Re Cecconi, M.C. Dejaco, S. Maltese.....	572

The Circular and Digital Paradigm Shifts: A Challenge

Angelo Luigi Camillo Ciribini

The Construction Industry is facing a couple of tremendous Change Paradigms dealing with the Circular and Digital Economy.

It means that some Key Drivers for Change, namely Collaboration and Life Cycle Management, would deeply affect, and may be disrupt, a lot of rooted identities, liabilities, products.

The intertwined interactions between the Environmental and the Digital Transitions elicit a sort of transformational process involving, inter alia, some crucial and influential agents:

- the relationship occurring amongst Building Information Modelling, Geographic Information Systems, Building Energy Modelling and Smart Cities;
- the leading and computational role and leadership of the Intelligent Client Organizations;
- the anticipated optioneered design options according to a probabilistic approach;
- the primacy of the Occupancy which causes the need for simulations of the users' behaviours as well as the Virtual Pre-Occupancy Evaluation;
- the improved awareness of the interfaces due to the Clash Detection and Model Checking because of the Duty To Warn;
- the attitude and availability of the Whole Supply Chain to be integrated;
- the central role of the Business Intelligence allowed by the Data-Driven Processes.

Therefore, the ultimate outcome of these phenomena could entail a huge and momentous broadening of the scope of the Construction Industry: Connected Buildings, Grids and Infrastructures, as well as Servitized Assets, should con-fuse, merge, the responsibilities and the products to be offered, provided that an unsiloed dialogue amongst disciplines does not hybridate the core contents but it does change the nature of the outputs.

Consequently, the Scientific Communities are forced to take into account the following issues;

- the way of realizing and understanding the ongoing interactions between Circular and Digital;
- the meanings of the Digitization and Digitalization of the Sustainable Built Environment;
- the extent of the gap occurring between the "unavoidabilities" of the (R)Evolutional Process and the "oppositins" stemming from the traditional mindsets.

This is the reason why ISTeA has been focused upon such topics since several years. This is the reason why the ISTeA Road Map will be more and more centred on the Collaborative and Integrated Approaches, which comprehend Business Models, Contractual Frameworks, Financial Rationales.

The main question to be answered concerns this issue, indeed: how the Traditional Stakeholders of the Construction Industry will cope with the Paradigm Changes and how they will deal with ICT Companies, Public Utilities, Financial Arrangers within the partenarial and relational frameworks?

“Un Modello Integrato di simulazione per la progettazione di un cantiere ospedaliero a basso impatto”

“An Integrated Model of Simulation to Design a Low Impact Development Construction Site in a Healthcare facility”

Ugo Maria Coraglia*¹, Davide Simeone*², Antonio Fioravanti*³, Daniela D’Alessandro*⁴

() Sapienza Università di Roma - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale DICEA*

¹ugomaria.coraglia@uniroma1.it, ²davide.simeone@uniroma1.it, ³antonio.fioravanti@uniroma1.it, ⁴daniela.dalessandro@uniroma1.it.

Topic: la formalizzazione dei modelli per la progettazione e la costruzione

Abstract

The aim of this research is to provide a model to support the design of a low-impact construction site, in a healthcare facility, through an integrated system of modeling and simulation of the built environment, environmental phenomena that occurs within it, and behaviour and activities of the actors involved. The ever-growing necessity to adapt and maintain existing healthcare facilities has brought on an increase in both risk and impact, due to numerous challenges encountered on sites negatively affecting patient well-being and the organisation and management of healthcare activities, which cannot stand to incur any setbacks. Recently research has demonstrated that simulation is one of the most suitable tools for the study of complex problems (e.g. Healthcare facilities) and just how the use of BIM tools allows for interference monitoring and management.

Starting from the elaboration of models developed in the BIM environment, using Revit as a database of geometric information and semantics relating to use, the simulation of the construction process is achieved through the use of a Game Engine (in this specific case Unity 3D), that can provide a simulation of user behaviour, healthcare staff and construction site team, through appropriate A.I. libraries, and energetic-environmental phenomena, through qualitative models.

In this context, the interaction between the "enriched" model – building and construction site – and the simulation environment represents a possible way of control, in the design stage, of the risks, costs and impact on the healthcare setting and in supporting the professionals of both sectors – Healthcare and Construction – in selecting the best possible management and design solutions.

1. Introduzione

In ambito italiano ed internazionale si guarda sempre più alla salvaguardia dell'esistente ed alla sua ristrutturazione che alla nuova costruzione e, da tale filosofia progettuale, non poteva certo essere escluso il campo ospedaliero. In Italia, ad esempio, ci sono circa 1197 Istituti di cura (ISTAT 2011) e la maggior parte di questi ha bisogno di essere adeguato con impianti sempre più evoluti oppure necessita di continua manutenzione che prevede l'utilizzo di nuove tecnologie. In entrambi i casi è previsto l'obbligo di maestranze con competenze specifiche sempre più elevate.

Tali interventi devono essere previsti senza che le attività ospedaliere vengano sospese. Il cantiere all'interno di un ospedale, quindi, raffigura il caso emblematico di concentrazione di rischi, essendo "caratterizzato da una forte variabilità temporale di risorse, spazi fisici utilizzati ed impatti negativi sull'ambiente, che devono essere controllati e minimizzati per evitare conseguenze negative sulla popolazione esposta" (D'Alessandro, Mura, Vescia, 2007).

Normalmente, chi si occupa di sicurezza del cantiere rivolge le sue attenzioni principalmente ai lavoratori per gli aspetti inerenti alla prevenzione di eventi (incendi, esposizione da agenti chimici e polveri) legati alla fase costruttiva. Diversamente, in ambito ospedaliero, il problema dell'esposizione dei pazienti a fattori di rischio, quali ad esempio le polveri, risulta fondamentale, basti pensare alla presenza di pazienti immunodepressi, suscettibili ad infezioni determinate da agenti patogeni "facoltativi" veicolati dalle polveri.

1. Introduction

Within an Italian – and International – context, effort is geared evermore towards safeguarding what is already in existence, and its subsequent refurbishing and maintenance, instead of new construction. Such an approach would certainly not exclude the Healthcare setting. In Italy there are about 1197 healthcare facilities (ISTAT 2011), the majority needing the implementation of newer-generation systems or requiring constant upgrade-maintenance relying on new technology. In both cases the need for specialised workers with specific skill sets is increasingly high.

These interventions must be devised without suspending daily healthcare activities. Therefore, a construction site within a Healthcare facility is emblematic of a high risk scenario, "characterised by a strong temporal variability of resources, occupied spaces and negative impact on the environment, which must be controlled and mitigated to avoid negative consequences for the exposed population" (D'Alessandro, Mura, Vescia, 2007).

Normally the head of Health&Safety on a construction site focusses predominantly on site workers, adopting an inherent safety approach for event prevention (fire, chemical agents and air pollutant exposure) associated with the construction phase. In healthcare facilities however, exposure to dust particles proves especially significant for patients, primarily those who are immunocompromised, being more susceptible to airborne infection by opportunistic pathogens carried forth by the dust.

An Integrated Model of Simulation to Design a Low Impact Development Construction Site in a Healthcare facility

Inoltre, l'impatto di un cantiere all'interno di un ospedale determina molteplici ricadute operative, le quali devono essere gestite in tempo reale, nella quotidianità e nell'emergenza, in funzione delle mutate condizioni dell'edificio. Si deve quindi prevedere una organizzazione capillare che tenga conto non solo delle problematiche che ricadono sulle attività svolte all'interno dell'ospedale ma anche sulle eventuali situazioni di emergenza che si potranno venire a creare per l'intera durata del cantiere (ad es. evacuazioni, epidemie) sia da parte degli operatori sanitari sia da quelli di cantiere.

Solitamente, la durata di un cantiere è strettamente legata ai costi ed alle scelte progettuali ma, per quanto riguarda l'ambito ospedaliero, a tali problematiche si devono sommare quelle derivanti dall'organizzazione e dalla gestione per il mantenimento della funzionalità delle attività sanitarie e del benessere dei pazienti.

Su queste basi la ricerca si propone di fornire un supporto alla progettazione del cantiere, fin dalle fasi iniziali, attraverso un unico modello per simulare contemporaneamente i tre domini (Uso-Edificio-Ambiente). In questo modo si potranno considerare, attraverso l'ambiente simulativo, le reciproche interferenze che, una volta note, consentiranno di minimizzare l'impatto del funzionamento del cantiere sia sugli utenti (ad es. pazienti, visitatori) sia sulle attività svolte dal personale sanitario.

The impact of a construction site in a healthcare facility brings about multiple setbacks that must be handled, during daily operations and emergencies alike, in real-time, factoring in evolving conditions of the building accommodating the site. Also, a detailed system of organisation with extensive purview - that will consider problems affecting tasks conducted inside the Healthcare facility but also during possible emergency situations that may occur anytime over the course of the site's continuing activity (e.g. evacuations, epidemics) in regards to both the Construction team and the Healthcare staff - is to be put into place.

Ordinarily, construction site duration is strictly tied to cost and design, but, within Healthcare facilities additional challenges transpire, stemming from the organisation and continued-operation-functionality management of the healthcare activities and patient care.

On this basis, the research aim is to support construction site design, right from the initial stages, through a single model to simultaneously simulate the three domains (Use-Build-Environment). This way will permit evaluation of the mutual interference, which, once known, will consent to mitigate the impact to site operations both on the user (e.g. patients, visitors) and on the activities by healthcare staff.

2. Contesto e Stato dell'arte

La normativa italiana, prima con i D.Lgs 626/94 e 494/96 e dopo con il D.Lgs 81/08, inquadra la prevenzione e protezione del luogo di lavoro nei cantieri di qualsiasi contesto, senza alcuna specificazione, e demanda ogni responsabilità del rispetto delle norme ai singoli professionisti. Tale generalizzazione risulta decisamente deficitaria poiché nel cantiere generico viene coinvolta solamente una categoria (gli Addetti di cantiere e, in alcuni casi specifici, anche gli Operatori che si trovano ad interagire nei pressi della stessa area) mentre, in ambito ospedaliero, le categorie coinvolte sono quadruplicate (Pazienti, Addetti di cantiere, Operatori sanitari e Visitatori).

Le linee guida internazionali prevedono un approccio, detto proattivo, per la gestione del rischio, ICRA (Infection Control Risk Assessment), il quale valuta il potenziale rischio di trasmissibilità degli agenti patogeni all'interno di un ospedale, supportando la progettazione architettonica ed impiantistica, in modo tale da limitare le sorgenti ambientali di rischio. Queste linee guida si traducono in checklist basate sulla tipologizzazione delle situazioni e dei rischi che si possono venire a creare in funzione delle lavorazioni in corso.

L'American Institute of Architects (A.I.A., 2001) (F.G.I., 2014) ed il CCDR – Canada Communicable Disease Report dal 2001, poi ripresa da molti altri enti internazionali, si avvalgono di una matrice attraverso la quale è possibile mettere in relazione la classificazione delle lavorazioni in base al rischio con quella delle condizioni di

2. Context and State of art

Italian law, through acts D.Lgs-626/94, 494/96 and D.Lgs-81/08, frames prevention and protection of the work environment on any and all construction sites, without specification, delegating full responsibility to the sole professional. This universally-generic type of approach proves inadequate, on any given site only one category is in fact protected (the construction site workers, and in specific instances the operators that happen to be nearby or on site) while on a Healthcare facility Construction Site the categories have actually quadrupled (Patients, Site workers, Healthcare staff and Visitors).

International guidelines embrace a 'proactive' approach towards risk management, via ICRA (Infection Control Risk Assessment), which evaluates risk potential of communicable pathogens within Healthcare facilities to limit the environmental sources of risk, while supporting the architectural and plant design. These guidelines translate into checklists based on identifying the type of situations and risks which could occur during site operations.

Since 2001, The American Institute of Architects (A.I.A., 2001) (F.G.I., 2014) and the Canada Communicable Disease Report (CCDR) – and subsequently many other international bodies – use a matrix that enables comparison between the operational risk-assessment classification and that of risk conditions to the patient/healthcare worker

<p>rischio del paziente/operatore sanitario (Auxilia, 2007).</p>	<p>(Auxilia, 2007).</p>
<p>La classificazione dei cantieri, quindi, avviene in base alla tipologia delle lavorazioni:</p>	<p>Construction site classification, then, is based on the type of work:</p>
<p>Tipo A – Attività non invasive e d’ispezione (es. attività che non generano polveri o richiedono abbattimento di pareti, con interruzione dei rifornimenti idrici non superiore alle due stanze di ricovero);</p>	<p>Type A – Non-invasive and inspection operations (e.g. activities that do not generate dust or require removal of walls, with interruption of water supply limited to involving under two hospital rooms);</p>
<p>Tipo B – Attività a piccola scala e di breve durata (es. attività in cui la diffusione delle polveri generate può essere controllata, con interruzione dei rifornimenti idrici superiore alle due stanze di ricovero per meno di 30 min);</p>	<p>Type B – Small-scale and short-lived operations (e.g. activities where the spread of dust generated can be controlled, with water supply interruption affecting more than two hospital rooms but less than 30 min);</p>
<p>Tipo C – Lavori che generano un livello medio-alto di polveri (es. attività che possono comportare demolizione di parti di edificio, con interruzione dei rifornimenti idrici superiore alle due stanze di ricovero per oltre 30 min, ma meno di 1h);</p>	<p>Type C – Works generating a medium-to-high level of dust (e.g. activities that could result in demolition of parts of the building, with water supply interruption affecting more than two hospital rooms and exceeding 30 min but less than 1h in duration);</p>
<p>Tipo D – Grandi opere di costruzione e/o demolizione (es. attività che richiedono diversi turni consecutivi di lavoro, con interruzione dei rifornimenti idrici superiore alle due stanze di ricovero per oltre 1h).</p>	<p>Type D – Construction and/or demolition works (e.g. activities that require several consecutive work shifts, where water supply interruption influences more than two hospital rooms, lasting more than 1h).</p>

An Integrated Model of Simulation to Design a Low Impact Development Construction Site in a Healthcare facility

La classificazione dei reparti, invece, avviene in base al livello di vulnerabilità dei pazienti:

- Basso Rischio** (es. uffici, etc.);
- Medio Rischio** (es. cardiologia, medicina nucleare, etc.);
- Alto Rischio** (es. pronto soccorso, sala parto, etc.);
- Altissimo Rischio** (es. aree con pazienti immunocompromessi, terapia intensiva, etc.).

La matrice, risultante dall'intersezione delle classificazioni considerate, permette di stilare un elenco ragionato di *classi di precauzioni*.

Conversely, Ward classification is based on the level of vulnerability of the patients:

- Low Risk** (e.g. office, etc.);
- Medium Risk** (e.g. cardiology, nuclear medicine, etc.);
- High Risk** (e.g. A&E department, delivery room, etc.);
- Critical Risk** (e.g. immunocompromised patient area, ICU, etc.).

The matrix, resulting from the intersection of classifications considered, allows to produce a reasoned list of *classes of precautions*.

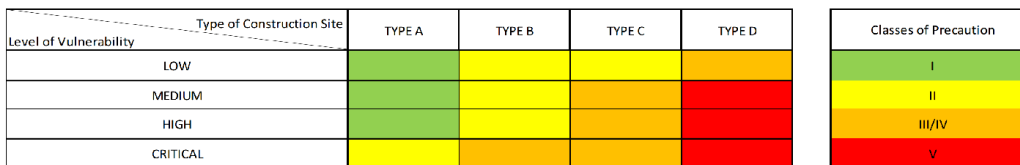


Fig. 1 Risk Matrix.

Nell'analisi del livello di rischio proposta invece dai francesi, la tipologia di cantiere è classificata secondo il grado di pericolosità ed in funzione della sua localizzazione.

- Tipo I** – Grandi opere in esterno (livello di rischio 1-3);
- Tipo II** – Grandi opere all'interno (livello di rischio 4-5);
- Tipo III** – Lavori interni di sistemazione e riparazione (livello di rischio 2-4-5).

Le linee guida francesi definiscono precise misure di prevenzione non solo per il cantiere, ma anche per il reparto

The Risk assessment evaluation proposed by the French, however, classifies the construction site in terms of the degree of hazard and in function of its localisation.

- Type I** – Outside Construction Work (risk level 1-3);
- Type II** – Inside Construction Work (risk level 4-5);
- Type III** – Inside Maintenance Work (risk level 2-4-5).

The French guidelines define precise preventive measures not only for the construction site, but also for the hospital

ospedaliero.

E' giusto ricordare che i francesi nel loro approccio prendono in esame solamente le sale operatorie ed i reparti con degenti ad alto rischio per Aspergilloso invasiva (D'Alessandro, Mura, Vescia, 2007).

ward.

It is worth remembering that the French approach considers only the operating theatres and wards with patients at high risk for invasive Aspergillosis (D'Alessandro, Mura, Vescia, 2007).

Type of Construction Site	Localisation	Risk level
I - Outside Construction Works	in proximity	3
	under prevailing winds	3
	remote	1
II - Inside Construction Works	inside hospital ward	4
	same floor	4 - 5
	another floor	5
III - Inside Maintenance Works	inside hospital ward - not compartmentalized	5
	inside hospital ward - compartmentalized	4
	same floor	4
	another floor	2

Fig. 2 Definition of risk level by type of construction site and localisation.

La Ricerca ha dimostrato, già da diversi anni, come la simulazione sia un ottimo strumento per studiare i problemi complessi, ad es. quelli relativi all'ambiente ospedaliero, ed ottenere dei risultati da poter usare per il miglioramento della qualità delle attività (Simeone, Toldo, Cursi, 2014).

Research has demonstrated for years now that simulation is an excellent tool to examine complex problems, e.g. healthcare environment, and a way to obtain results that can be applied to improve quality of activities (Simeone, Toldo, Cursi, 2014).

I Game Engine vengono utilizzati, nell'ambito ludico e nei serious game, per offrire all'utente un'esperienza immersiva ed interattività con l'ambiente virtuale, sia in prima sia in terza persona, in tempo reale. Ciò rende possibile la

Whether used in serious game or recreationally, Game Engine offers the User an intensive and interactive virtual reality experience, as both First and Third person player, in real-time. This makes it possible to visualise almost instantly the

visualizzazione, pressoché istantanea, della simulazione del comportamento degli utenti (Yan, Culp, Graf, 2011).

La simulazione integrata attraverso l'uso di Game Engine permette di simulare, in modo più accurato, fenomeni fisici e comportamentali in tempo reale (ad es. flussi e comportamenti delle persone, parametri energetici).

Negli ultimi anni la Ricerca ha affrontato la gestione della logistica della sicurezza nei cantieri attraverso l'uso di piattaforme BIM (Building Information Model) e BIM4D in modo da ottenere un approccio visivo per un controllo diretto e capillare delle interferenze. La scelta dell'uso dei colori semaforici (verde, giallo e rosso) ha permesso una gestione ed un confronto facilitato delle informazioni inerenti a risorse, mezzi ed operai presenti in cantiere (Ciribini, Vanossi, Mastrolembo Ventura, Paneroni, Bolpagni, Caratozzolo, 2014).

3. Struttura concettuale

Per affrontare il modello integrato di simulazione è fondamentale la scomposizione del problema in variabili (vedere Fig. 3).

In questo caso, l'Ambiente (ed i suoi parametri) è definito nella prima macro area attraverso la somma di due variabili: l'Ospedale o Reparto ospedaliero e il Cantiere.

Queste due variabili si ripercuotono sulla seconda macro area, ovvero quella relativa agli Attori che intervengono negli ambienti sopra citati. Analizzando l'ambito ospedaliero si ottengono tre variabili: Pazienti, Visitatori e Operatori sanitari. Dal cantiere, invece, deriva la variabile dei Lavoratori.

simulation of the Users' behaviour (Yan, Culp, Graf, 2011).

The integrated simulation employed via Game Engine enables a more accurate reproduction of physical and behavioural phenomena in real-time (e.g. user behaviour and movement, energetic parameters).

In recent years, Research has tackled the management of on-site construction safety logistics through the use of BIM and BIM4D platforms, which have provided a visual approach to allow for direct and detailed monitoring of interferences. The choice for using the traffic-light colour-scheme has allowed for easier management and comparison of information pertaining to the on-site resources, e.g. vehicles, workers (Ciribini, Vanossi, Mastrolembo Ventura, Paneroni, Bolpagni, Caratozzolo, 2014).

3. Conceptual Framework

To tackle the integrated model simulation it's crucial to breakdown the problem into variables (see Fig. 3).

In this case, the Environment (and its parameters) is defined in the first macro area by the sum of two variables: the Healthcare facilities or Healthcare ward and the Construction site.

These two variables are reflected on the second macro area, define by the Actors involved in the abovementioned environments. Upon analysis of the Healthcare sector, three variables are obtained: Patients, Visitors and Healthcare staff. From the construction site, instead, the variable of Construction team is deduced.

An Integrated Model of Simulation to Design a Low Impact Development Construction Site in a Healthcare facility

Analizzando la terza macro area, ovvero quella relativa all'Operatività, si ottengono quattro variabili dall'ambito ospedaliero (Salvaguardia del Paziente, dei Visitatori, del Personale sanitario e le Attività ospedaliere) e due da quello del cantiere (Salvaguardia dei Lavoratori e le Attività del cantiere).

Analysing the third macro area, relating to Operations, four variables emerge from the healthcare sector (Patient care, Visitor care, Healthcare staff care and Healthcare staff Activities) and two from the construction site (Construction team care and Construction site Activities).

Enviroment	Actors	Operations
Hospital or Hospital Ward	Patients	Patients care
	Visitors	Visitors care
	Healthcare staff	Healthcare staff care
		Healthcare staff Activities
Construction site	Construction team	Construction team care
		Construction site Activities

Fig. 3 Variable Integrated System.

La definizione delle variabili del problema secondo le tre macro aree ci permette di valutare l'Impatto che il cantiere opera sull'ospedale e sulle figure presenti, soprattutto i pazienti (vedere Fig. 4).

The definition of the problem variables according to the three macro areas allows for the evaluation of the Impact that the construction site is having on the healthcare facilities and the actors involved, especially patients (see Fig. 4).

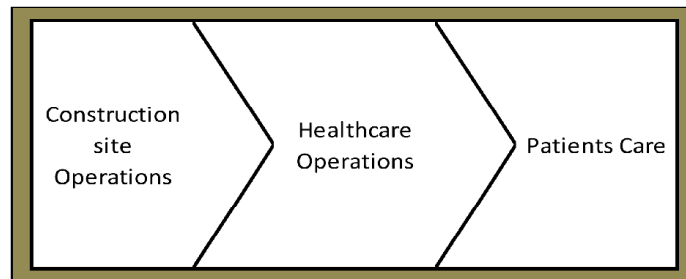


Fig. 4 Impact evaluation at operational level.

L'insieme di parametri, legati tra loro da mutue interferenze, rappresenta un sistema

The set of parameters, linked by mutual interference, is a variable integrated system,

integrato di variabili, scomponibile ed affrontabile attraverso le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale, della modellazione e della Simulazione.

L'utilizzo di un modello di BIM "arricchito" permette di associare alle varie parti del modello la semantica relativa all'Uso ed alla Costruzione.

Il modello virtuale comprende sia l'Edificio sia il Cantiere, definiti nelle loro singole parti. Componenti, Attrezzature e Spazi per l'ambito ospedaliero ed Attrezzature, Apprestamenti e Spazi per quello di cantiere (Carrara, Kalay, Novembri, 1986).

Come illustrato in Fig. 5, la sottocategoria degli Spazi è in comunicazione tra le due categorie principali, ma con una presenza maggiore nell'ambito ospedaliero, visto che lo spazio del cantiere è ricavato all'interno di quest'ultimo.

disassemblable and feasible through the technologies of A.I., Modeling and Simulation.

The use of an 'enriched' BIM model allows to associate to the various parts of the model the semantics relating to Use and Construction.

The virtual model includes both the Building and the Construction site, defined in each individual item. Components, Equipment and Spaces for the healthcare sector, and Equipment, Developments and Spaces for the construction site (Carrara, Kalay, Novembri, 1986).

As illustrated in Fig. 5, the subcategory of Spaces interfaces between the two main categories, but with an increased presence in the healthcare sector, since the space of the construction site is obtained inside the latter.

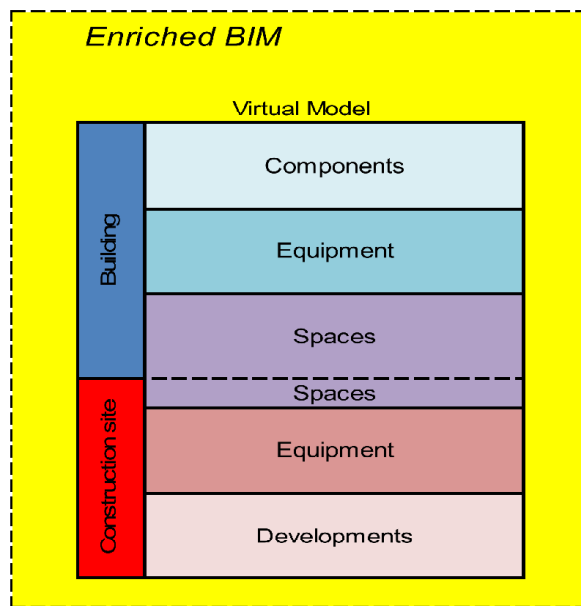


Fig. 5 Enriched BIM.

Dopo aver modellato il dominio relativo all'Edificio ed al Cantiere, bisogna modellare i Processi d'Uso, ovvero le

After modeling the domain relative to the Building and the Construction site, the Use processes must be monitored that is to say

strutture di attività e le librerie comportamentali degli attori presenti.

Distinguere tra Attività e Comportamenti è necessario poiché le prime riguardano i processi di tutte le Attività che vengono svolte (es. le procedure pre, durante e post operatorie per l'ambito ospedaliero e quelle di stoccaggio del cemento nei silos per l'ambito del cantiere) mentre le seconde riguardano solamente il singolo individuo (es. il paziente che dorme o l'operaio che si concede una pausa caffè).

Le librerie dei comportamenti, anche se non risultano essere delle attività strutturate dal punto di vista operativo, influiscono comunque sul fenomeno (ad es. i pazienti ogni tot ore devono recarsi in bagno, ma se il bagno è posto centralmente ed il cantiere preclude l'accesso ad alcuni di essi, emerge una problematica di comfort).

Per pianificare correttamente le attività e risolvere i problemi che possono sorgere bisogna modellare entrambe poiché si influenzano reciprocamente (vedere Fig. 6).

the activities' structures and the behavioural libraries of actors involved.

Distinguishing between activities and behaviours is necessary because the former relate to the processes of all activities that are carried out (e.g. Pre, during and post-operative procedures in healthcare facilities and those for cement storage in silos in construction site) while the latter concerns only the individual (e.g. the sleeping patient or the worker going on coffee break).

Behavioural libraries, even if they are not structured activities from an operational perspective, do affect this phenomenon (e.g. every few hours patients will go to the bathroom, however, if it's centrally located and the construction precludes access, an issue of comfort will emerge).

To correctly plan and solve problems that may arise, both activities and behaviour need to be modeled because they affect each other (see Fig. 6).

Actors		Operations		Behaviours
Patients	➔	Healthcare Activities	↔	Healthcare Behaviours
Visitors	➔		↔	
Healthcare staff	➔		↔	
Construction team	➔	Construction site Activities	↔	Construction site Behaviours

Fig. 6 Operational and Behavioural Simulation.

Un altro elemento da modellare per la simulazione è quello relativo ai parametri ed ai fenomeni Energetico-Ambientali. Questo dominio è strettamente legato al Comfort ed alla Salute e Benessere dei pazienti e degli altri attori coinvolti (vedere Fig. 7).

Another element to be modeled for the simulation is related to Energetic-Environmental phenomena and parameters. This domain is closely related to the Well-being and Health&Safety of patients and other actors involved (see Fig. 7).

Per esempio, quando si tratta di comfort e benessere, il rumore può essere un problema di disturbo per il riposo dei pazienti, e potrebbe in particolare essere pericoloso per la salute e la sicurezza nel momento in cui potrebbe potenzialmente coprire i segnali di emergenza, come ad esempio quello che allerta il personale per un problema con un paziente malato colto da una improvvisa complicazione di salute.

For instance, when it comes to comfort and well-being, noise can be a problem by disturbing patients' sleep, and it could especially be dangerous to health and safety the moment it could potentially drown out emergency sounds like those alerting staff to a problem with a sick patient who may be experiencing a sudden health complication.

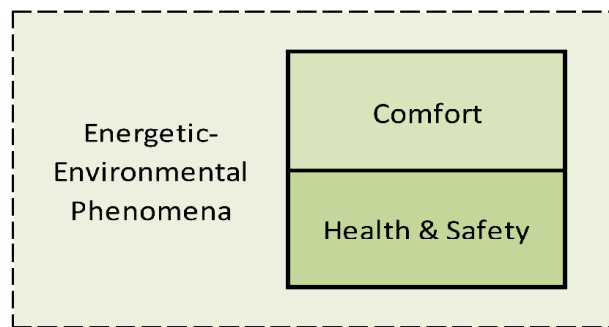


Fig. 7 Energetic-Environmental Phenomena.

Nella Fig. 8 è riportato lo schema del Framework concettuale basato su tre punti fondamentali:

1. **Base di Conoscenza (piano statico):**
racchiude il modello dell'edificio, del cantiere e le ipotesi relative alla modellazione.
2. **Simulazione (box dinamico/ Game Engine):**
 - a. Recepisce gli input inviati dalla base di conoscenza e li somma alle librerie di comportamento degli attori, ai processi di attività (dell'ospedale e del cantiere) ed ai fenomeni Energetico-Ambientali;
 - b. Computing, elabora il modello integrato di simulazione attraverso l'interazione degli input.

Fig. 8 shows the diagram of the conceptual framework based on three key points:

1. **Knowledge base (static level):**
includes the model of the building, the construction site and the assumptions relating to modeling.
2. **Simulation (dynamic box/ Game Engine):**
 - a. Recognises the inputs sent from the knowledge base and adds them to the behavioural libraries of actors, processes activities (healthcare facilities and construction site) and Energetic-Environmental phenomena;
 - b. Computing, processes the integrated model of simulation through the interaction of inputs.

3. Visualizzazione del modello 3D in real time (Game Engine):

permette la visualizzazione e misurazione, in tempo reale, del Modello Integrato ottenuto attraverso il computing della simulazione, consentendo all'utente di verificare e modificare all'istante le sue soluzioni progettuali.

3. Visualisation of the 3D model in real time (Game Engine):

allows visualisation and measuring, in real-time, of the Integrated Model obtained through computing of the simulation, allowing the user to check and instantly modify his design solutions.

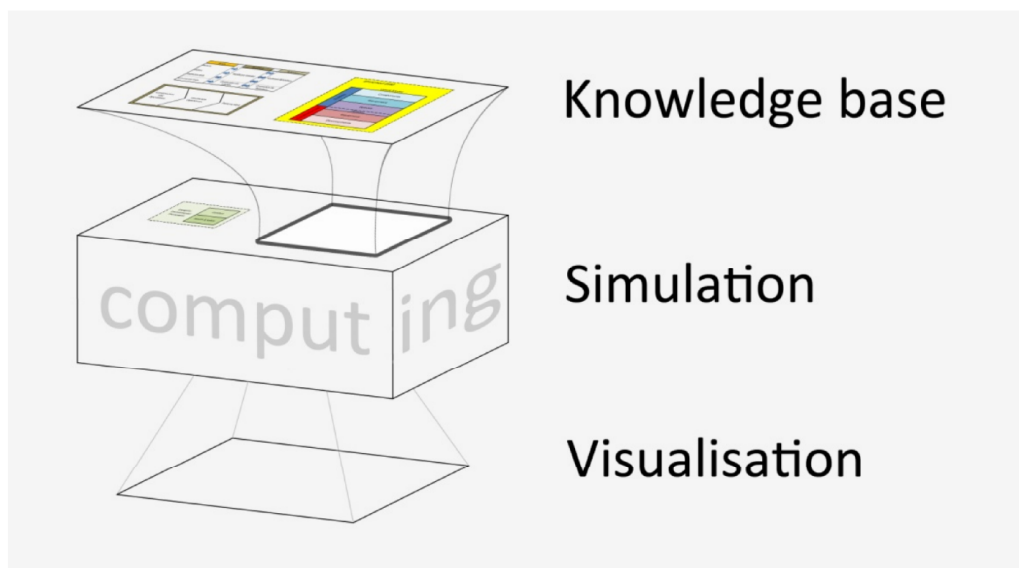


Fig. 8 Conceptual Framework.

4. Scenari applicativi

Anche se la struttura del modello avrà una valenza generale, in linea di massima, dovrà prescindere dal tipo di applicazione e sarà validata da simulazioni su casi studio di ospedali e/o reparti ospedalieri relativi a:

1. Tipologie di cantiere (I-IV classe);

4. Scenarios

The model structure will have a general value, therefore it would have to disregard the application type however it will be validated by simulated study models of Hospital and/or Hospital ward relating to:

1. Type of Construction site (classes I-IV);

2. Eventi accaduti con ricostruzione della catena infettiva (es. epidemie in reparti ad alto rischio);
3. Eventi accaduti di contaminazione ambientale in base alle barriere utilizzate.

Il confronto tra le linee guida americane (Stati Uniti e Canada) ed europee (Francia) permette di definire gli scenari, dei quali si ipotizza la seguente classificazione:

1. Cantiere Indoor:
 - 1.1. Ospedale o Reparto senza la sospensione delle attività sanitarie.
2. Cantieri Outdoor:
 - 2.1. Norme ed accorgimenti per l'allestimento di cantieri nei pressi di Ospedali.
3. Organizzazione delle Emergenze in Ospedale.

In questi modelli di studio, la simulazione integrata tra BIM e Game Engine si prefigge un duplice obiettivo: da una parte essere uno strumento di supporto per i progettisti nel prevedere le misure da dover attuare per attivare un cantiere ospedaliero, dall'altra uno strumento di previsione delle ricadute nella gestione delle attività, quotidiane e/o di emergenza, per coloro che devono gestire il reparto o l'ospedale.

5. Conclusioni

Attraverso questa ricerca si pensa di definire un Modello Integrato di simulazione che possa permettere un costante abbattimento dei rischi, dei costi, degli errori di progettazione e dell'impatto

2. Events that occurred during the reenactment of the infectious chain (e.g. epidemics in high-risk wards);
3. Events occurring due to environmental contamination depending on the barriers used.

The comparison of the American (US and Canada) and European (France) guidelines, allows to define the scenarios according to the following classification:

1. Indoor Construction Site:
 - 1.1. Hospital or Hospital ward without suspension of healthcare activities.
2. Outdoor Construction Site:
 - 2.1. Regulations and Precautions for site preparation nearby Hospitals.
3. Hospital Emergency Organisation.

In these case studies, the simulated integration between BIM and Game Engine accomplishes a dual purpose: as a support tool for Designers, to predict the actions to be carried out in order to commission a Hospital Site, and as a device to predict fall-out interference in daily activities and emergency service management for Healthcare administrators.

5. Conclusions

The aim of this research is to define an Integrated Model of simulation that permits constant reduction of risk, cost, design error and impact within a healthcare setting while supporting the professionals of both sectors

An Integrated Model of Simulation to Design a Low Impact Development Construction Site in a Healthcare facility

in ambito ospedaliero, supportando i professionisti di entrambi i settori, ospedaliero ed edile, nella scelta delle migliori soluzioni organizzative e progettuali.	– Healthcare and Construction – in selecting the best possible management and design solutions.
---	---

5. References

1. ISTAT – Istituto nazionale di Statistica, (2011) Italia in cifre 2011, Italia.
2. D’Alessandro, D., Mura, I., Vescia, N., “Recommendations for the risk management of hospital yard: international guidelines”, Proceedings of the 34th Course – Building Yards in Hospital, Sanitary and technical aspects of refurbishing of hospital buildings, vol. 19 suppl.1 al N.5 Settembre-Ottobre, pp 107-123, (2007).
3. A.I.A. – American Institute of Architects, (2001) Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Health Care Facilities, 3rd Ed, Washington DC – USA.
4. F.G.I. – Facilities Guidelines Institute, (2014) Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Outpatient Facilities, Dallas – USA.
5. Auxilia, F., “A brief overview of hygienic and managerial problems due to hospital refurbishing”, Proceedings of the 34th Course – Building Yards in Hospital, Sanitary and technical aspects of refurbishing of hospital buildings, vol. 19 suppl.1 al N.5 Settembre-Ottobre, pp 11-17, (2007).
6. Simeone, D., Toldo, I., Cursi, S., “Operational scenarios simulation to support building design: a hospital design case study”, Lecture Notes in Computer Science, (2014).
7. Yan, W., Culp, C., Graf, R., “Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization”, Automation in Construction, 20, pp 446-458, (2011).
8. Ciribini, A. L. C., Vanossi, A., Mastrolemba Ventura, S., Paneroni, M., Bolpagni, M., Caratozzolo, G., “Building Information Modelling and Large Construction Site Health and Safety Management”, Proceedings of ISTeA Conference – Energy, Sustainability and Building Information Modeling and Management, pp 129-153, (2014).
9. Carrara, G., Kalay, Y.E., Novembri, G., “KAAD – Knowledge-based Assistance for Architectural Design – Teaching and Research Experience with CAAD”, Proceedings of the 4th eCAADe Conference, pp 202-212, (1986).



€ 38,00



CD-ROM allegato