

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA



SCUOLA DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA

EDILE-ARCHITETTURA

(Classe 4/S)

Tesi di Laurea

in

Organizzazione del Cantiere

Titolo tesi

***Il BIM come strumento operativo per la progettazione della  
sicurezza in cantiere – un caso di studio***

***Relatore:***

Prof. Ing. Mauro De Luca Picione

***Candidato:***

Manuel Garramone  
matricola: 31735

---

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

*A mia madre, mio padre e mio fratello  
che mi hanno supportato in questi anni  
con pazienza, fiducia e discrezione*

# INDICE

<b>CAPITOLO 1 – Evoluzione delle norme sulla sicurezza</b> .....	2
1.1 Introduzione.....	3
1.2 Grande industria e formazione del capitalismo.....	3
1.3 Unionismo professionale.....	5
1.4 Ispettorato del lavoro.....	6
1.5 Assicurazione contro gli infortuni.....	7
1.6 La normativa nel ventennio.....	7
1.7 La Carta Costituzionale.....	9
1.8 Corpus normativo prevenzionale.....	10
1.9 Direttive dell’UE: sistema di sicurezza globale nei processi produttivi.....	12
1.10 Il nuovo sistema prevenzionale: D. Lgs. n.626/1994.....	13
1.11 Il Testo Unico della sicurezza sul lavoro, D.Lgs. 81/2008.....	16
1.12 Il RSPP e la formazione dei lavoratori.....	34
<b>CAPITOLO 2 – Il BIM</b> .....	39
2.1 Introduzione.....	41
2.2 Prima del BIM.....	41
2.3 Cosa inserire nel contenitore: le aree che compongono il BIM.....	44
2.3.1 I processi e i livelli di maturità del BIM.....	46
2.3.2 Gli strumenti.....	49
2.4 Le norme.....	51
2.4.1 Paesi Europei.....	51
2.4.2 Paesi Extraeuropei.....	55
2.4.3 Italia.....	56
2.5 Il BIM nel concreto: il modello.....	67
<b>CAPITOLO 3 – RSPP e BIM: sinergia possibile?</b> .....	69
3.1 Introduzione.....	71
3.2 Responsabilità penale e civile del RSPP.....	73
3.3 Il BIM come soluzione ai bisogni del RSPP.....	78
3.3.1 Valutazione dei rischi e controlli di sicurezza.....	78

3.3.2 Formazione e informazione dei lavoratori.....	80
<b>CAPITOLO 4 – Caso di studio .....</b>	<b>91</b>
4.1 Inquadramento territoriale e descrizione del progetto.....	93
4.2 Il cantiere.....	99
4.3 Il modello.....	103
4.4 Le fasi critiche.....	107
<b>Conclusioni .....</b>	<b>123</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>125</b>
<b>Riferimenti normativi .....</b>	<b>128</b>
<b>Sitografia.....</b>	<b>129</b>
<b>Ringraziamenti .....</b>	<b>131</b>

## **CAPITOLO 1**

---

### **Evoluzione delle norme sulla sicurezza**



## **1.1 Introduzione**

La tutela della persona nella sua integrità fisica e morale, in tutte le dimensioni in cui essa si esprime, compresa quindi quella dell'ambiente lavorativo, costituisce oggi una delle fondamentali finalità di qualsiasi Stato contemporaneo. Tuttavia, tale esigenza si è affermata molto lentamente e le sue radici vanno ricercate nella rivoluzione industriale. In generale, possiamo individuare tre punti chiave: l'entrata in vigore della Costituzione, l'approvazione delle normative degli anni Cinquanta e la produzione legislativa di derivazione comunitaria. Tutto ciò ha portato all'approvazione, prima, del D.Lgs. 626/1994 e, dopo, del D.Lgs. 81/2008. L'approvazione del Testo Unico è stata possibile grazie a un nuovo sentire, trasversale ai diversi schieramenti politici e alle parti sociali, rispetto al fenomeno delle morti bianche. Evento certamente significativo fu il disastro dell'acciaieria ThyssenKrupp, avvenuto a Torino nel dicembre del 2007, in uno stabilimento industriale caratterizzato da una mancanza di cautele infortunistiche. Anche se, rispetto al passato, l'Italia ha compiuto notevoli passi avanti c'è ancora molto da fare, come dimostrato dai dati sugli infortuni sul lavoro. Nel 2015 sono state registrate circa 637 mila denunce di infortuni (il 4% in meno del 2014, il 22% in meno rispetto al 2011). Nello stesso anno gli infortuni mortali sono stati 694 (un aumento di circa l'1,7% rispetto al 2014 e una riduzione del 20% rispetto al 2011).

## **1.2 Grande industria e formazione del capitalismo**

Il problema della sicurezza sul lavoro, come questione di massa, nasce con la rivoluzione industriale. Questo complesso fenomeno, partito in Inghilterra nel XVIII - XIX secolo, porterà alla fine dei rapporti individuali tra imprenditore e lavoratore e darà il via alla "questione sociale": divisione tra capitale e lavoro. In Italia, come per altri aspetti, la questione sociale si manifestò con notevole ritardo e, solo quando la miseria in cui versava il proletariato divenne tale da costituire un problema per l'assetto politico instaurato, vennero emanati i primi provvedimenti. Il legislatore, però, non intendeva tutelare i lavoratori ma proteggere l'ordine sociale esistente e per questo le prime norme furono del tutto repressive. Dopo l'unificazione nazionale si iniziarono a fare i primi passi:

- nel 1879 l'inchiesta Jasini sull'agricoltura, pur mettendo in evidenza le controversie tra capitale e lavoro in campagna, non produsse nessuna riforma;
- nel 1886 la “Legge di tutela del lavoro dei fanciulli negli opifici industriali, nelle cave e nelle miniere (legge n.3657 del 11/02/1886) può considerarsi la prima norma sia nel campo del lavoro in genere che in quello della protezione dei minori;
- nel 1889 la riforma del codice penale riconosce lo sciopero anche se in via indiretta;
- nel 1893 vennero promulgate la “legge sulla polizia delle miniere”, per tutelare l'incolumità degli operai, e la “legge sui probiviri nell'industria”;
- nel 1898, considerando sia l'aumento degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali sia l'andamento dei Paesi Europei più evoluti, venne emanata la “legge sull'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro (legge n.30 del 12/03/1898), per riparare le conseguenze, ad intervenire sui danni derivanti dall'infortunio;
- nel 1899 con il “Regolamento generale per la prevenzione degli infortuni” (Regio Decreto n.230 del 18/06/1899) veniva assicurata la tutela dell'integrità fisica del prestatore d'opera. Purtroppo restavano esclusi dalla disciplina prevenzionistica tutto il settore del commercio, la maggior parte delle piccole imprese industriali e l'intero settore dell'agricoltura.



*Figura 1.1 Il quarto stato, Giuseppe Pellizza da Volpedo, 1901 (Museo del Novecento, Milano)*



Da queste prime norme si intuisce che l'infortunio veniva visto come una tragica fatalità, e non invece come una precisa conseguenza di una cattiva organizzazione del lavoro imposta da imprenditori alla ricerca del massimo profitto. La convinzione diffusa era dunque quella che considerava il rischio come inevitabile, legato al lavoro stesso e dunque non eliminabile.

### **1.3 Unionismo professionale**

Accanto a queste norme, inizia anche una prima organizzazione da parte dei lavoratori: i primi sindacati nacquero come “coalizioni di mutuo aiuto e difesa”, con lo scopo di regolare la concorrenza tra i lavoratori bisognosi di lavoro alleviando le condizioni di inferiorità degli stessi di fronte ai datori di lavoro. Solo nel 1891 il sindacato, con le sue Camere del Lavoro, grazie all'impulso continuo ricevuto dal movimento socialista si pose come efficace strumento di conquiste sociali. All'inizio del '900, con la costituzione della Confederazione generale del lavoro, il sindacato cominciò a operare per l'elevazione del proletariato, sia attraverso la negoziazione pubblica che facendo pressione sui pubblici poteri per l'emanazione delle leggi di protezione. Così, all'inizio del secolo, mentre i sindacati spingevano dal basso, la classe politica più illuminata (capeggiata da Giolitti) consentì ai lavoratori di conseguire dei miglioramenti che si tradussero in atti di giustizia sociale da una parte e di aumento del benessere e del tenore di vita generale dall'altra. Lo stato, dalla sua posizione di iniziale indifferenza, si avviò verso una più decisa tutela del lavoratore. Tra le principali norme bisogna ricordare quelle dirette a una più efficace tutela sanitaria (1902), alla tutela delle donne (1902) e dei ragazzi (1907), alla difesa degli emigranti (1901 – 1903 – 1913), al miglioramento dell'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro, all'istituzione della Cassa di invalidità e vecchiaia per gli operai, fino all'istituzione nel 1912 del Servizio d'ispezione del lavoro. Successivamente furono creati il sindacato unico obbligatorio, riconosciuto come persona giuridica di diritto pubblico con il potere di stipulare contratti *erga omnes*<sup>1</sup>, e la magistratura del lavoro, competente per tutte le controversie in materia di lavoro. Per avere un cambiamento di prospettiva riguardo al concetto di infortunio bisognerà attendere il R.D. n.262 del 16/03/1942, il quale afferma che: “l'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio

dell'impresa le misure che secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro". Questa norma, che rappresenta il caposaldo civilistico della disciplina della tutela della salute e sicurezza sul lavoro, pone il datore di lavoro come garante dell'incolumità del lavoratore.

#### **1.4 Ispettorato del lavoro**

Nei primi anni del '900, le norme emanate nell'ambito della sicurezza trovarono poco riscontro nella vita reale. Le cause erano due: da un lato l'incompetenza tecnica del personale addetto alle ispezioni, e dall'altro gli industriali mal tolleravano queste ispezioni. La stipula, a Roma il 15 aprile 1904, della Convenzione italo-francese, rappresentò una svolta. Questo accordo era rivolto alla tutela degli operai nazionali occupati all'estero e sancì il principio di organizzare in tutto il Regno un servizio di vigilanza funzionante sotto l'autorità dello Stato che offrisse le stesse garanzie di tutela del servizio d'ispezione francese. Per rispettare l'obbligo internazionale, fu presentato il primo disegno di legge per l'istituzione dell'Ispettorato del Lavoro, che però venne respinto a causa della forte volontà conservatrice presente in parlamento. Nonostante questa battuta d'arresto, la creazione di un organo pubblico specializzato per la tutela del lavoratore non poteva più attendere. Con la legge n.380 del 1906 vennero costituiti i primi tre Circoli di Ispezione di Torino, Milano e Brescia e la valutazione di questo esperimento portò alla stesura del progetto definitivo: la legge n.1361 del 22/12/1912, considerata l'atto ufficiale di nascita dell'Ispettorato del lavoro. Il testo approvato delimitò rigorosamente le funzioni e le suddivise in obbligatorie, di vigilanza sull'applicazione delle leggi del lavoro e di studio dei problemi operai, e in facoltative, di prevenzione e risoluzione pacifica dei conflitti di lavoro. Gli ispettori acquisivano il diritto di multare per le infrazioni accertate e gli imprenditori erano obbligati ad accettare la figura e i compiti dell'ispettore stesso, che poteva controllare i luoghi di lavoro in qualunque momento.

## **1.5 Assicurazione contro gli infortuni**

Come abbiamo visto precedentemente, la nascita delle industrie aveva dato inizio alla questione sociale. Il cambiamento della società con il passaggio delle masse contadine dalle campagne alle città rendeva inevitabile disporre un minimo di indennizzo a favore dei lavoratori che, abbandonando l'agricoltura, cercavano negli opifici i mezzi di sopravvivenza attraverso il compenso per il lavoro salariato. Gli infortuni sul lavoro erano in continuo aumento e ciò lasciava gli operai rimasti invalidi e le famiglie dei deceduti privi dei mezzi di sussistenza. Secondo la vigente disciplina privatistica dell'epoca, era possibile ottenere un indennizzo solo a fronte della colpa del datore di lavoro nell'accadimento dell'infortunio ed andava provata in giudizio dal lavoratore: cosa assai improbabile a causa dei costi del procedimento e della mancanza di prove. Questo modo di vedere la questione cambiò con l'approvazione della legge n.80 del 17/03/1898, che introduceva nel sistema normativo del Regno l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro, e estendeva la copertura assicurativa anche in caso di colpa del lavoratore. Inoltre, invertiva l'onere della prova, ponendo a carico dell'imprenditore la dimostrazione dell'assenza delle proprie responsabilità. Successivamente, con il testo unico n.51 del 31/01/1904 veniva introdotto il concetto di "rischio professionale", con una nuova modalità di gestione impostata su una dinamica triangolare stato-imprenditore-lavoratore. Con l'evoluzione della legislazione sociale di tutela si giungeva finalmente all'unificazione delle Casse infortuni e alla creazione, attraverso la legge n.860 del 22/06/1933, dell'Istituto nazionale contro gli infortuni sul lavoro (INAIL). Con il R.D. n.1765 del 17/08/1935, veniva sancito il carattere pubblicistico dell'assicurazione e introdotti i pilastri dell'attuale sistema normativo: dalla costituzione del rapporto assicurativo per tutti i lavoratori, attraverso la contribuzione delle aziende, all'erogazione delle prestazioni sanitarie di cura e riabilitazione, alla liquidazione delle rendite ai mutilati ed invalidi del lavoro.

## **1.6 La normativa nel ventennio**

Dopo la prima guerra mondiale, la disciplina del rapporto di lavoro si sviluppò notevolmente affermando, quale diritto primario del proletariato, il principio di

tutela dall'indigenza. Prima entrò in vigore la Carta del lavoro fascista, che sancì l'obbligo per gli organi dello Stato di sorvegliare l'osservanza delle leggi sulla prevenzione degli infortuni, poi fu istituito con il R.D. n.1684 del 28/12/1931 l'Ispettorato corporativo, che assumeva la funzione di vigilanza per l'attuazione di tutta la legislazione del lavoro nelle aziende industriali, commerciali, negli uffici, in agricoltura, oltre al controllo sull'esecuzione dei contratti collettivi, sulle attività previdenziali, assistenziali ed igienico-sanitarie che le nuove leggi disponevano a favore dei lavoratori. Vediamo le leggi più importanti approvate:

- R.D. n.998 del 23/07/1913, che approva le misure per assicurare il buon governo igienico nei cantieri delle grandi opere pubbliche;
- R.D. n.692 del 19/03/1923, che limita l'orario di lavoro degli impiegati e degli operai delle aziende industriali, agricole e commerciali (8 ore giornaliere e 48 ore settimanali);
- R.D. n.1422 del 28/08/1924, che adotta i provvedimenti previdenziali sull'assicurazione obbligatoria contro l'invalidità e la vecchiaia;
- R.D. n.1443 del 29/07/1927, che stabilisce le norme per la disciplina della ricerca e la coltivazione delle miniere;
- R.D. n.1398 del 19/10/1930, che introduce la fattispecie del delitto di rimozione od omissione dolosa di cautele contro infortuni sul lavoro. Inoltre sancisce le fattispecie di omicidio colposo e di lesioni personali colpose: reati configurabili nelle ipotesi infortunistiche avvenute in azienda per inosservanza delle disposizioni sulla sicurezza del lavoro o per violazione del principio generale di tutela delle condizioni di lavoro;
- Legge n.653 del 26/04/1934, che ha come tema la protezione delle donne e dei fanciulli, con precise disposizioni sul trasporto e sollevamento pesi. E con il R.D. n.1720 del 07/08/1936 vengono definite le tabelle indicanti i lavori per i quali era vietata l'occupazione di fanciulli e donne.

Con queste disposizioni vennero gettate le basi dell'attuale disciplina vigente sulla tutela penalistica e civilistica.

## 1.7 La Carta Costituzionale



Figura 1.2 Prima pagina della Gazzetta Ufficiale, 27 dicembre 1947

Il 1 gennaio 1948 entra in vigore la Costituzione della Repubblica Italiana. Siamo nel secondo dopoguerra, l'atmosfera è incandescente e piena di contrasti sociali ed economici, e la Costituzione, permeata di spirito sociale, si pone come una risposta ai problemi più profondi del popolo italiano. Nell'art.1 l'Italia si definisce immediatamente in un triplice modo: repubblica, democratica, fondata sul lavoro. L'ultimo attributo ha un significato storico-politico, ma assume anche un carattere programmatico poiché indica che il lavoro viene elevato esplicitamente a nucleo fondamentale della struttura dello Stato. È una trasformazione dell'organizzazione del lavoro attraverso l'introduzione del principio di effettiva libertà e concreta uguaglianza del contraente più debole nel rapporto di lavoro: si afferma il concetto di giustizia sociale. Ciò comporta che il diritto del lavoro deve attuare una tutela preferenziale a favore del lavoratore che si trova, per cause economiche e giuridiche, in una condizione di inferiorità rispetto all'imprenditore in modo da rimuovere gli ostacoli e le disuguaglianze al fine di controbilanciare tale condizione. La disciplina del lavoro, contenuta principalmente nella parte relativa ai rapporti economici (titolo III), si apre dichiarando che "la Repubblica tutela il lavoro in tutte le sue forme ed applicazioni" (art.35). Questa affermazione di

carattere generale costituisce il perno attorno al quale ruota tutto il sistema normativo, che ha come obiettivo la protezione fisica e morale del lavoratore. Le principali garanzie costituzionali a tutela del lavoro sono (art.36-41):

- di realizzazione dell'uguaglianza sociale e di compartecipazione all'indirizzo politico generale;
- di Tutela della personalità del lavoratore nel rapporto di lavoro;
- di Autotutela sindacale;
- previdenziali ed assistenziali

Infine, in merito alle questioni sulla sicurezza, bisogna sottolineare l'art.41. Pur affermando il diritto d'impresa attraverso la libertà dell'iniziativa economica privata, questa "non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale e in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà e alla dignità umana". È questo il cardine dal quale discende la il primo corpus normativo prevenzionale sulla sicurezza del lavoro, e fino all'approvazione del testo unico saranno le basi di riferimento per assicurare la tutela vigente normativa sulla tutela della salute e sicurezza sul lavoro. Nel 1955 vengono emanati i decreti di attuazione della suddetta disposizione, i quali costituiscono dell'integrità fisica dei lavoratori nell'industria, nell'agricoltura, nel terziario e nella pubblica amministrazione.

## **1.8 Corpus normativo prevenzionale**

In attuazione dell'art.41 sulla sicurezza, libertà e dignità umana, e dell'art.2087 del codice civile sulla tutela delle condizioni di lavoro, nel secondo dopoguerra il legislatore repubblicano realizzò un corpus normativo prevenzionale organico, i cui principi base sono stati trasferiti nell'ultimo Testo Unico sulla sicurezza del lavoro (D.Lgs. 81/2008). Il lavoro viene posto come principale mezzo di sostentamento: è l'espressione più alta della capacità dell'uomo a concorrere al benessere della collettività. Esso incide positivamente sullo stato fisico e mentale dell'individuo assicurandone la sua piena realizzazione nella società. Questo è il punto di partenza e la base su cui si fonda il corpus. La legge n.51 del 12/02/1955, delega del Parlamento al Potere esecutivo, è volta ad emanare le norme generali e speciali in materia di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro. I principi della delega

prevedevano che la nuova disciplina normativa definisse i mezzi, i metodi e in genere le condizioni e le cautele atte a prevenire gli infortuni e le malattie professionali, particolarmente per quanto riguarda: le condizioni di lavoro e la sua organizzazione, l'ambiente di lavoro, la costruzione e cessione delle macchine, l'impianto e l'uso delle attrezzature, dei mezzi personali di protezione, le misure di conservazione e di impiego delle materie nocive e dei prodotti pericolosi. In sostanza, viene affermato con forza il valore della tutela della salute, accanto a quello della vita. Nell'emanazione delle norme il Governo avrebbe tenuto conto delle condizioni tecniche della produzione, delle esigenze della sicurezza in relazione ai metodi ed alle esigenze igieniche di lavoro. Il sistema di tutela avrebbe assunto i connotati penalistici: le violazioni sarebbero state sanzionate mediante la pena dell'ammenda o dell'arresto. La delega, però, non fu utilizzata a pieno. Le disposizioni principali che hanno costituito per oltre mezzo secolo i pilastri della tutela fisica dei lavoratori sono:

- DPR 547/1955, norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro. Nacque sulla base di un documento dell'*International Labour Office* (ILO) destinato ai paesi che non avevano ancora una legislazione sulla sicurezza sul lavoro. I contenuti tecnici dell'ILO furono introdotti nel DPR, dove sono rimasti congelati per oltre cinquant'anni, e quindi superati dall'evoluzione tecnologica. Quest'errore è stato evitato nella redazione del Testo Unico, che non stabilisce più regole tecniche ma indica il fine da conseguire;
- DPR 303/1956, norme generali per l'igiene sul lavoro. Indica una serie di obblighi per i datori di lavoro, i dirigenti, i preposti e i lavoratori, riguardo alle condizioni del posto di lavoro;
- DPR 164/1956, norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.

Le principali norme delegate sono state abrogate in modo esplicito dal decreto correttivo, D.Lgs. 106/2009, al Testo unico sulla sicurezza del lavoro.

## 1.9 Direttive dell'UE: sistema di sicurezza globale nei processi produttivi

Come abbiamo appena visto, il corpus normativo emanato negli anni 1955/56 aveva assicurato nel nostro Paese i minimi di tutela della salute dei lavoratori. In ambito europeo, l'esperienza in materia di qualità del lavoro è una storia recente. Dal momento che le preoccupazioni sottese ai Trattati istitutivi della Comunità Europea sono principalmente economiche e riguardano solo indirettamente i problemi del lavoro, l'attenzione verso la dimensione sociale dell'Europa tarda ad assumere un ruolo di primo piano nelle politiche comunitarie. Un salto di qualità viene compiuto con l'attuazione del Trattato di Roma, sottoscritto dai sei Paesi fondatori (Belgio, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo e Paesi Bassi) il 25 marzo 1957. Questo documento ha come contesto la redazione dell'Atto unico europeo, un trattato volto a disciplinare la libera circolazione dei cittadini e delle merci nell'ambito dei confini europei. Proprio la volontà di creare la struttura politica degli Stati Uniti d'Europa ha portato alla scelta della tutela della salute dei lavoratori comunitari nell'ottica dell'organizzazione del grande mercato sovranazionale. L'intervento era dettato anche dalla necessità di assicurare un'applicazione uniforme della legislazione di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro della Comunità.



*Figura 1.3 Firma del trattato di Roma, 25 marzo 1957*

Nello specifico, il trattato prevedeva all'art.117 la necessità di promuovere il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro della mano d'opera per consentirne la pianificazione nel progresso, mentre l'art.118 sosteneva che la



Commissione “ha il compito di promuovere una stretta collaborazione tra gli Stati membri nel campo sociale”, con particolare attenzione ad alcune materie tra cui il diritto al lavoro, le condizioni di lavoro, la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali e l’igiene del lavoro. E infine, l’art.119, impone il principio della parità retributiva tra uomini e donne per uno stesso tipo di lavoro. La motivazione più alta dell’intervento comunitario era finalizzata ad assicurare una più elevata qualità della vita dei cittadini europei, e a ciò si aggiungeva l’interesse di ridurre l’enorme costo sociale degli infortuni e delle malattie professionali. I cardini del nuovo indirizzo riformatore della politica sociale, come detto all’inizio, vengono sanciti dall’Atto unico europeo. L’art.118A, al paragrafo 1, impegna i Paesi membri della Comunità a promuovere il miglioramento dell’ambiente di lavoro e fissa come obiettivo dei singoli Stati l’armonizzazione, in una prospettiva di progresso, delle condizioni di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro. Il paragrafo 2 impegna il Consiglio dei Ministri ad adottare mediante direttive le prescrizioni minime tenendo conto delle condizioni e delle normative tecniche esistenti nei vari Stati. Infine, il paragrafo 3, consente ai singoli Stati di adottare o di mantenere misure di maggiore protezione dei lavoratori rispetto alle prescrizioni minime stabilite dalle direttive comunitarie. L’art.100A sancisce che la Commissione per la realizzazione del mercato interno formuli proposte in materia di sanità, sicurezza, protezione dell’ambiente e dei consumatori, basandosi su un “livello di protezione adeguato”. Lo strumento giuridico impiegato per attuare i principi del Trattato è la direttiva. La più importante è la n.89/391/CEE del Consiglio dei Ministri del 12 giugno 1989, concernente l’attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. Le direttive sulla tutela della salute e sicurezza del lavoro saranno recepite nell’ordinamento nazionale con il D.Lgs n.626 19/09/1994, che trasformerà il sistema di tutela nazionale introducendo il principio dell’organizzazione e gestione in sicurezza dei processi lavorativi.

### **1.10 Il nuovo sistema prevenzionale: D. Lgs. n.626/1994**

Dagli anni '50, dopo l’emanazione dei decreti sulla disciplina della prevenzione degli infortuni e l’igiene del lavoro, si blocca la crescita della legislazione di tutela

della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro. Possiamo però trovare delle eccezioni: il DPR n.128 del 09/04/1959 (norme sulla polizia delle miniere e delle cave), il DPR n.185 del 13/02/1964 (norme sulla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti), e la legge n.300 del 20/05/1970 (lo Statuto dei diritti dei lavoratori, sulla tutela della libertà e dignità dei lavoratori). Per avere una riforma incisiva bisogna attendere il recepimento della legislazione comunitaria che sarà tradotta nel D.Lgs 626/1994. Il decreto si occupa dei seguenti aspetti:

- dà disposizioni generali in materia di igiene e sicurezza del lavoro;
- istituisce il servizio di prevenzione e di protezione dell'azienda;
- fornisce norme per la prevenzione incendi, l'evacuazione dei lavoratori ed il pronto soccorso;
- stabilisce la sorveglianza sanitaria dei lavoratori;
- rende obbligatoria la consultazione e la partecipazione dei lavoratori;
- obbliga l'azienda alla informazione e formazione dei lavoratori;
- contiene, inoltre, disposizioni riguardanti la pubblica amministrazione e stabilisce le modalità con cui gli istituti centrali devono elaborare le statistiche degli infortuni e delle malattie professionali;
- adegua i requisiti dei luoghi di lavoro (attrezzature di lavoro, dispositivi di protezione individuale, movimentazione manuale dei carichi, protezione da agenti cancerogeni e biologici);
- stabilisce le sanzioni alle inadempienze dei singoli obblighi;
- comprende 13 allegati tecnici (elenco degli agenti biologici, elenco dei dispositivi di protezione individuale, aspetti della movimentazione manuale dei carichi, ecc.).

Questo nuovo sistema di sicurezza fissa la nuova frontiera della prevenzione soggettiva affermando il principio dell'autotutela (ciascun lavoratore deve prendersi cura della propria sicurezza). È un cambio di punto di vista: il legislatore passa da un ordinamento basato essenzialmente sulla prevenzione tecnologica a un sistema di sicurezza globale che pone l'uomo, anziché la macchina, al centro della nuova organizzazione della sicurezza in azienda, codificando i doveri giuridici dell'informazione, della formazione e della partecipazione attiva dei lavoratori alla

sicurezza sul lavoro. Si tratta di un salto di qualità rilevante: la tecnica, l'organizzazione e l'uomo, i tre cardini della moderna prevenzione, vengono recepiti dalla normativa europea e inseriti nel decreto legislativo. Di primaria importanza appare l'obbligo per il datore di lavoro di valutare, nella sistemazione dei locali di lavoro, nella scelta delle attrezzature e delle materie impiegate, i rischi per la salute dei lavoratori. Lo scopo della valutazione dei rischi è quello di permettere al datore di lavoro di conoscere quelle situazioni, sostanze, attrezzature, ecc. che, in relazione al modo di lavorare o alle caratteristiche dell'ambiente di lavoro, potrebbero provocare danni ai propri dipendenti. Anche se la legge non definisce ufficialmente come deve essere fatta, esistono schemi che aiutano il datore di lavoro a valutare i rischi, schemi che prevedono: l'individuazione delle fonti potenziali di pericolo, l'identificazione del numero di lavoratori esposti, la verifica delle precauzioni esistenti, la verifica delle possibili soluzioni in caso di scarsità di precauzioni e la definizione delle priorità degli interventi futuri e programmazione degli stessi. Ciascun lavoratore deve prendersi cura della propria sicurezza e della propria salute e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, su cui possono ricadere gli effetti delle sue azioni o omissioni, in conformità alla sua formazione ed alle istruzioni e ai mezzi forniti dal datore di lavoro. È prevista per i lavoratori la possibilità di nominare un loro rappresentante nelle questioni che riguardano la salute e la sicurezza sul lavoro. L'individuazione del rappresentante dipende dal numero di dipendenti presenti in azienda: fino a 15 persone il rappresentante copre più aziende nell'ambito territoriale, fino a 200 persone si sceglie un rappresentante, da 201 a 1000 persone si identificano tre rappresentanti, in tutti gli altri casi se ne eleggono sei. Nonostante il dovere di ciascun lavoratore di prendersi cura della salute e sicurezza propria e delle altre persone, diventano elementi di responsabilità penale le omissioni del datore di lavoro afferenti la formazione e l'istruzione da dare al personale sui processi e sui mezzi impiegati per eseguirli in sicurezza. Accanto agli obblighi dei lavoratori troviamo quelli del datore di lavoro. Deve valutare i rischi per la salute e la sicurezza dei suoi dipendenti per programmare ed effettuare gli interventi necessari volti a prevenire gli effetti dannosi che deriverebbero dal verificarsi di un rischio. Il datore di lavoro, quindi, in relazione alla natura dell'attività dell'azienda, valuta la scelta delle attrezzature

di lavoro e delle sostanze o dei preparati chimici impiegati, nonché la sistemazione dei luoghi di lavoro. A tale scopo si avvale del servizio aziendale di prevenzione e protezione, che può essere interno all'azienda stessa o fornito da un consulente esterno. In alcuni casi è possibile che i compiti di prevenzione siano eseguiti direttamente dallo stesso datore di lavoro. Il servizio di prevenzione e protezione è costituito da una o più persone scelte del datore di lavoro all'interno dell'azienda oppure tra persone e servizi esterni all'azienda, con il compito di svolgere le attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali. I suoi compiti sono: l'individuazione dei fattori di rischio, la valutazione dei rischi, l'individuazione e l'elaborazione delle misure e delle procedure per la sicurezza e l'igiene sul lavoro, e la programmazione e la fornitura di informazione e formazione ai lavoratori. Viene, inoltre, disciplinato il principio del coordinamento da parte del committente-datore di lavoro nell'affidamento all'interno dell'azienda di lavori ad imprese appaltatrici e a lavoratori autonomi, al fine di ridurre il rischio d'interferenza tra le attività svolte nel medesimo sito. Infine, viene introdotta la responsabilità penale per i progettisti, ed è questo un principio tutto nuovo che sovverte l'orientamento giurisprudenziale vigente fino a quel momento.

### **1.11 Il Testo Unico della sicurezza sul lavoro, D.Lgs. 81/2008**

Anche se il D.Lgs. 626/1994 ha introdotto un radicale cambiamento di filosofia nelle problematiche della sicurezza del lavoro, di fatto non operò un coordinamento della normativa dell'epoca in vigore, poiché tutte le varie leggi speciali emanate nel tempo avevano continuato ad esistere. Con il Testo Unico (D.Lgs. 81/2008) si è provveduto, invece, a dare sistematicità alla disciplina della materia, abrogando tutte le norme incompatibili e sono state introdotte numerose innovazioni, anche sulla base dell'esperienza e dei risultati legati al D.Lgs. 626/1994. La formulazione di un testo unico della sicurezza sul lavoro, pur essendo stata prevista fin dalla legge di riforma del sistema sanitario (art. 24 L. 833/1978), era rimasta a lungo un'esigenza disattesa, anche alla luce della difficoltà di coordinare una normativa così ampia e stratificata. Il Testo Unico ha operato un massiccio riordino della normativa in materia di igiene e sicurezza del lavoro, nell'obiettivo di semplificare, coordinare e razionalizzare le disposizioni esistenti (art.1). Da quando è entrato in

vigore, il Testo Unico è stato oggetto di numerose modifiche per permettere l'adeguamento costante della normativa alle nuove esigenze e frontiere della sicurezza sul lavoro, anche grazie all'impulso delle istituzioni europee.



Figura 1.4 Schema riassuntivo dei titoli del Testo Unico

Il Testo Unico è costituito da 306 articoli e 52 allegati ed è strutturato in Titoli e Capi in cui si trova sistematizzata l'intera disciplina della materia. Il Titolo I ha una portata generale, mentre i successivi Titoli sono rivolti alla prevenzione ed alla protezione da rischi specifici. Nel Titolo I (art. 1-61), in particolare:

- sono individuati i soggetti responsabili del sistema di sicurezza, su cui ricadono obblighi previsti dalla normativa;
- sono delineate le procedure, i metodi e gli strumenti per l'attuazione delle prescrizioni di sicurezza all'interno dei luoghi di lavoro;
- è definito l'assetto istituzionale in materia di sicurezza del lavoro, individuando gli enti preposti alla vigilanza e il ruolo dei maggiori enti pubblici nazionali con competenze in materia di sicurezza sul lavoro.

Nei successivi Titoli del T.U. (dal II al XI) sono dettate disposizioni che individuano le misure di prevenzione e protezione da adottare con riferimento a rischi specifici quali quelli del luogo di lavoro, delle attrezzature, della

movimentazione dei carichi ovvero derivanti dalla presenza di agenti nocivi. La normativa è, infine, completata dall'apparato sanzionatorio (Titoli XII), di natura amministrativa e penale, per “fornire di effettività gli obblighi posti dal decreto e operare quindi sia sul piano preventivo che su quello prettamente repressivo e punitivo per i trasgressori” (Relazione al D.Lgs. 8/2008).

Uno dei punti centrali della norma è il concetto di prevenzione, definito come “il complesso delle disposizioni o misure necessarie anche secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, per evitare o diminuire i rischi professionali nel rispetto della salute della popolazione e dell'integrità dell'ambiente esterno” (art. 2 T.U.). Da un punto di vista operativo, la prevenzione si articola in due momenti: l'analisi dei rischi e la predisposizione delle misure per prevenirli. È un approccio basato sulla nuova filosofia della sicurezza di derivazione europea, introdotta per la prima volta in Italia con il D.Lgs. 626/1994. Rispetto al passato, non si guarda più soltanto alla sicurezza prescrittiva o tecnica, ma anche ad aspetti riguardanti l'organizzazione del lavoro e i comportamenti dei lavoratori. I principi che supportano questo nuovo approccio sono:

- realizzare la prevenzione mediante l'eliminazione dei rischi alla fonte;
- la ripartizione delle responsabilità e dei compiti di prevenzione in capo a più soggetti;
- la procedimentalizzazione degli obblighi;
- la consultazione e la partecipazione dei lavoratori alle decisioni attinenti ai problemi di sicurezza del lavoro;
- l'informazione e la formazione dei lavoratori.

La prevenzione viene quindi intesa come un processo continuativo finalizzato ad agire sulla fonte del rischio, eliminando o riducendo la probabilità che si verifichino eventi dannosi. Il T.U., e prima il D.Lgs. 626/1994, in conformità agli orientamenti delle istituzioni europee, individua le corrette modalità di gestione della prevenzione determinando una vera e propria procedimentalizzazione degli obblighi del datore di lavoro in materia di sicurezza.

Il T.U. ha un modello di sicurezza a cascata: il responsabile della sicurezza non è solo chi sta al vertice della scala gerarchica ma, in misura diversa, anche tutte le altre figure coinvolte fino ad arrivare ai lavoratori. Ogni soggetto ha obblighi precisati dal T.U. e svolge una funzione di garanzia rispetto agli adempimenti necessari ad assolverli. In questo modo le responsabilità in materia di sicurezza sono ripartite e condivise. Le principali figure sono:

- datore di lavoro: è il principale soggetto responsabile della salute e della sicurezza dei lavoratori. La norma definisce i criteri per la scelta di tale soggetto sia per quanto riguarda il lavoro privato che per quello pubblico. Al di là delle differenze, l'individuazione del soggetto deve comunque rispondere al principio dell'effettività, ovvero la persona scelta come datore di lavoro deve effettivamente esercitare, nella struttura o nell'azienda, compiti e funzioni decisionali, gestionali e organizzative. In conformità a tale principio, le posizioni di garanzia (datore di lavoro, dirigente e preposto) gravano anche su chi esercita di fatto i poteri direttivi propri di ciascuna figura, pur non avendo una nomina formale. Questo aspetto diventa di fondamentale importanza nell'individuazione dei soggetti responsabili e, quindi, punibili, in caso di violazione degli obblighi. Gli obblighi esclusivi del datore di lavoro sono: eseguire la valutazione dei rischi, elaborare il documento di valutazione aziendale (DVR), designare il responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP). Inoltre, il datore di lavoro ha un obbligo generale di vigilanza, ovvero è tenuto a controllare costantemente la corretta esecuzione del lavoro e l'osservanza delle misure di sicurezza.
- dirigente: è la persona che attua le direttive del datore di lavoro organizzando l'attività lavorativa e vigilando su di essa. È colui che svolge in nome e per conto del datore di lavoro alcune delle funzioni più importanti. I principali obblighi del datore di lavoro e del dirigente sono: nominare il medico competente, affidare i compiti ai lavoratori, fornire ai lavoratori i dispositivi di protezione individuale (DPI), richiedere l'osservanza da parte dei singoli lavoratori delle norme vigenti, inviare i lavoratori alla visita medica, adempiere agli obblighi di informazione, formazione e

addestramento dei lavoratori. Ulteriori compiti sono previsti dal T.U. e si riferiscono ad aspetti particolari della prevenzione oppure a rischi specifici.

- preposto: è la persona che sovrintende alla attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori. Il preposto non ha la stessa autonomia del dirigente e svolge un ruolo più operativo dato che si trova fisicamente dove si svolge il lavoro. Si occupa, ad esempio, di verificare che i lavoratori indossino i DPI durante l'esecuzione del lavoro e deve guidare i comportamenti degli addetti in caso di pericolo grave e immediato.
- servizio di prevenzione e protezione (SPP): ha un ruolo di supporto nei confronti del datore di lavoro, svolgendo in suo favore una funzione tecnico-strumentale di supporto e di ausilio, ed è finalizzato all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali per i lavoratori. Il SPP può essere interno, quando il responsabile viene nominato dal datore di lavoro tra i lavoratori in possesso di attitudini e capacità adeguate, o esterno, quando il datore di lavoro affida lo svolgimento dei compiti del SPP a professionisti. Eccetto che in determinate attività di rischio, i compiti del SPP possono essere svolti direttamente dal datore di lavoro, in possesso di apposita formazione. Nell'ambito della sua funzione di ausilio, il SPP ha il compito di (art. 33 T.U.): individuare e valutare i fattori di rischio, elaborare le misure preventive e protettive, elaborare le procedure di sicurezza e proporre i programmi di informazione e formazione dei lavoratori.
- lavoratori: sono i soggetti che beneficiano delle misure di tutela previste dal T.U. e si applica ai lavoratori occupati sia nel settore privato che nella Pubblica Amministrazione. Oltre al tradizionale contratto di lavoro subordinato a tempo pieno e indeterminato, la norma riguarda anche coloro che sono stati assunti con differenti tipologie contrattuali (D.Lgs. 81/2015, decreto di attuazione del *Jobs Act*): contratti a tempo determinato, regime part-time, regime di apprendistato, contratto di lavoro intermittente e regime di somministrazione. Il T.U. (art. 20) disciplina gli obblighi a carico dei lavoratori a cui fondamento vi è il generale dovere di collaborazione e di diligenza del prestatore nell'esecuzione del contratto di lavoro. Il legislatore



punta a ripartire le responsabilità prevenzionistiche tra tutti i soggetti presenti nell'impresa o nell'organizzazione, allo scopo di promuovere la collaborazione attiva. Il lavoratore è il primo fattore di sicurezza, e deve contribuire, insieme alle altre figure prima analizzate, all'adempimento degli obblighi previsti a tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro. Ogni lavoratore "deve prendersi cura della propria sicurezza e della propria salute e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro", cioè ha il dovere di svolgere le attività cui è addetto con diligenza e perizia. Per far sì che ciò accada è necessario che oltre alla serietà del lavoratore debba esserci la giusta formazione e informazione da parte del datore di lavoro. Nello specifico, gli obblighi a carico dei lavoratori sono: osservare le disposizioni e le istruzioni ricevute, utilizzare correttamente le attrezzature di lavoro, usare in modo appropriato i dispositivi di protezione messi a disposizione, segnalare eventuali condizioni di pericolo, non compiere di propria iniziativa operazioni che non sono di loro competenza, sottoporsi ai controlli sanitari previsti, partecipare ai programmi di formazione e addestramento. Accanto a questi obblighi generali, vi sono ulteriori obblighi specifici in relazione a particolari condizioni di rischio. I lavoratori hanno diritto a svolgere la propria attività in un ambiente di lavoro sano e sicuro, il che si declina in diritti più specifici: ricevere un'adeguata informazione, formazione e addestramento, ricevere i necessari DPI, essere opportunamente istruito se il lavoratore deve essere esposto ad un rischio specifico, essere esonerato dalla prestazione in base al parere del medico competente, abbandonare l'attività lavorativa in caso di pericolo grave e immediato.

- rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS): è la figura che si occupa di controllare l'applicazione delle norme per la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali e di promuovere la ricerca, l'elaborazione e l'attuazione di tutte le misure idonee a tutelare la salute e l'integrità fisica dei lavoratori. I criteri e le modalità di individuazione del RLS dipendono dal numero dei dipendenti dell'azienda considerata, ma in ogni caso la nomina è di competenza dei lavoratori. Il T.U. individua le

attribuzioni dei RLS nelle seguenti (art. 50 T.U.): accesso ai luoghi di lavoro, consultazione preventiva e tempestiva in ordine alla valutazione dei rischi, consultazione sulla designazione degli addetti al servizio di prevenzione e del medico competente, consultazione in merito all'organizzazione della formazione dei lavoratori, ricezione delle informazioni e della documentazione inerente la valutazione dei rischi e le misure di prevenzione relative, ricezione delle informazioni provenienti dai servizi di vigilanza, formazione adeguata, promozione dell'attuazione delle misure di prevenzione, accertamento sui rischi individuati nel corso della sua attività, possibilità di ricorso alle autorità competenti in caso di misure di prevenzione e protezione ritenute non idonee. Il RLS ha un unico obbligo, quello di informare il datore di lavoro delle situazioni di rischio di cui viene a conoscenza nello svolgimento delle sue funzioni e di osservare il segreto in merito alle notizie attinenti l'attività produttiva.

- il medico competente: la nomina del medico competente, fatta dal datore di lavoro, è obbligatoria solo nel caso di sorveglianza sanitaria dei lavoratori. La sua attività è fondamentale al fine di monitorare l'efficacia delle misure di protezione e prevenzione adottate, impedendo o controllando le possibili ricadute sulla salute del lavoratore di particolari tipi di lavorazione. Tra i compiti del medico competente, ci sono (art. 25): partecipare all'attività di formazione e informazione nei confronti dei lavoratori e all'organizzazione del servizio di primo soccorso, istituire e aggiornare una cartella sanitaria e di rischio, visitare gli ambienti di lavoro ad intervalli di tempo regolari definiti dalla valutazione dei rischi. La sorveglianza sanitaria deve essere effettuata a cura e spesa del datore di lavoro e il tempo impiegato per sottoporsi alla visita sanitaria deve essere considerato orario di lavoro.
- il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP): è un tecnico e assume un ruolo di monitoraggio e raccordo nella vita di cantiere, all'interno delle imprese affidatarie ed esecutrici, di fondamentale aiuto al datore di lavoro nella valutazione dei rischi, nella stesura del DVR e, in collaborazione con il medico competente, nella pratica della sorveglianza sanitaria. Di questa figura si parlerà più nel dettaglio alla fine del capitolo.

-  
Progettisti, fabbricanti, fornitori e installatori: pur essendo soggetti esterni all'impresa, il T.U. prevede alcuni importanti obblighi anche per loro: i progettisti dei luoghi di lavoro e degli impianti hanno l'obbligo di rispettare i requisiti essenziali di sicurezza previsti dalle disposizioni normative; i produttori, i venditori ed i noleggiatori delle attrezzature di lavoro devono preventivamente assicurarsi che esse siano rispondenti alle normative in materia di sicurezza; gli installatori e i montatori devono attenersi alle norme di sicurezza ed alle istruzioni dei fabbricanti.

Come abbiamo visto in precedenza, il T.U. è basato su una nuova filosofia della sicurezza introdotta per la prima volta in Italia con il D.Lgs. 626/1994. I concetti alla base di questa filosofia sono:

- pericolo: la proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore avente il potenziale di causare danni. Il pericolo può derivare da una pluralità di fattori (macchinari, materiali, ecc.) e acquisire una diversa natura (tagli, schiacciamento, ecc.);
- rischio: è la probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alla loro combinazione. Il rischio non è indeterminato e deriva da uno specifico fattore di pericolo;
- danno: è il tipo di conseguenza che può derivare dal fattore di pericolo, nel momento in cui il rischio non è controllato e si verifica l'evento che si sarebbe dovuto prevenire. Nel concreto, il danno è qualsiasi tipo di compromissione della salute dei lavoratori;
- prevenzione: è l'insieme delle disposizioni o misure necessarie per evitare o diminuire i rischi professionali. Rappresenta il cuore della filosofia della sicurezza del T.U. e deve essere integrata nell'organizzazione del lavoro e andare di pari passo con la vita e l'evoluzione dell'azienda;
- protezione: è l'insieme delle misure in grado di far sì che i lavoratori operino in sicurezza quando non sia stato possibile eliminare i rischi esistenti. L'obiettivo è quello di ridurre al minimo i danni.

La prevenzione si concretizza nella identificazione, riduzione e gestione dei rischi che impongono a tutti i datori di lavoro di procedere alla valutazione dei rischi e, successivamente, all'adozione delle misure di tutela più adatte. La valutazione dei rischi deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, e gli esiti di tale valutazione devono essere formalizzati nel documento di valutazione dei rischi (DVR). Sia la valutazione che il DVR devono avvenire sotto la diretta responsabilità del datore di lavoro, anche se non deve necessariamente essere condotto da lui in persona (potrebbe non avere le giuste competenze). Il processo di valutazione si articola in due fasi: l'identificazione dei fattori di pericolo presenti nell'ambiente di lavoro e la stima dei rischi derivanti dai fattori identificati. La stima è fatta sia riguardo alla probabilità che eventi lesivi possano verificarsi, sia riguardo alla gravità delle conseguenze per i lavoratori. Il T.U. non fornisce alcuna indicazione circa i metodi per eseguire la valutazione dei rischi e questo perché la scelta del metodo deve essere strettamente relazionata all'ambiente di lavoro che si va ad analizzare. Nella prassi, però, sono state sviluppate metodologie ritenute valide dalle principali istituzioni in materia. Il D.Lgs 151/2015, l'ultimo in materia, ha previsto che l'INAIL renda disponibile strumenti tecnici e specialistici per la riduzione dei livelli di rischio. Ogni fattore di pericolo individuato deve essere brevemente descritto e ad esso deve essere assegnato un indice di gravità, con l'indicazione delle misure già adottate per il controllo dello stesso. In questo modo si avranno tante schede di valutazione quanti sono i fattori di rischio individuati e analizzati. Successivamente il rischio deve essere stimato, tramite la formula standard:  $R = P \times D$ , l'entità del rischio (R) è data dalla probabilità (P) di manifestazione di un determinato evento moltiplicato per il danno (D) che ne può conseguire.

P - Probabilità	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		D - Danno			

Figura 1.5 Matrice dei rischi

Una volta individuato il fattore di pericolo e il rischio collegato ci si pone l'obiettivo di ridurlo al minimo e, quando possibile, di eliminarlo attraverso un sistema di prevenzione e protezione. In sostanza, si opera cercando di ridurre la probabilità che dalla presenza di un determinato fattore si generi un danno per le persone. Nello svolgimento della valutazione dei rischi il datore di lavoro deve prendere in considerazione ogni tipo di rischio, ovvero: i rischi legati all'ambiente di lavoro (edificio, scale, corridoi, ascensori, uscite d'emergenza, ecc.), verificando la conformità dell'edificio e degli spazi interni ai requisiti vigenti; i rischi legati all'uso delle attrezzature di lavoro; i rischi derivati da tutte le attività svolte; tutti gli altri rischi particolari (attrezzature di lavoro, videoterminali, movimentazione manuale dei carichi, agenti fisici, rumore, agenti chimici, agenti biologici). Infine, il T.U. prevede l'obbligo di valutazione anche di fattori di pericolo immateriali, tra cui lo stress lavoro-correlato, ovvero "la condizione che può essere accompagnata da disturbi o disfunzioni di natura fisica, psicologica o sociale ed è conseguenza del fatto che taluni individui non si sentono in grado di corrispondere alle richieste o alle aspettative riposte in loro" (accordo europeo UNICE, CEEP e CES 08/10/2004). Se emergono criticità legate allo stress lavoro-correlato, si procede alla pianificazione e all'adozione di opportuni interventi correttivi allo scopo di ridurre al minimo i fattori di rischio. Tutti i risultati ottenuti con la valutazione dei rischi devono essere riportati nel DVR (documento di valutazione dei rischi), che formalizza e pianifica anche gli interventi di prevenzione e protezione attuati e da attuare. Il documento, redatto dal datore di lavoro, deve contenere (art. 28 T.U.): una relazione sulla valutazione dei rischi effettuata, l'indicazione delle misure di prevenzione e di protezione attuate e dei DPI adottati, il programma delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza, l'individuazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare, l'indicazione del nominativo del Rappresentante del servizio di prevenzione e protezione, del Rappresentante dei lavoratori e del medico competente, l'individuazione delle mansioni che eventualmente espongono i lavoratori a rischi specifici. Terminata la redazione del DVR, il datore di lavoro ha l'obbligo di: informare i lavoratori, avvalendosi di appositi programmi, dei rischi, delle misure di protezione e prevenzione, e delle procedure che riguardano il primo soccorso, la

lotta antincendio e l'evacuazione; formare i lavoratori in modo da renderli soggetti attivi della prevenzione; addestrare i lavoratori addetti a mansioni che richiedono esperienza e perizia particolare.

## La gestione delle emergenze

L'emergenza è rappresentata dal verificarsi di eventi non previsti, che non possono essere eliminati con interventi preventivi e che possono provocare danni alle persone, alle cose e/o all'ambiente. La gestione delle emergenze costituisce una misura di protezione, che il datore di lavoro è obbligato ad attivare. Per attuare nel modo giusto il principio di prevenzione, il datore di lavoro deve non solo eliminare o ridurre i pericoli, ma anche porre in essere le misure necessarie a limitarne le conseguenze. È impossibile raggiungere il rischio zero, perciò diventa fondamentale adottare ogni possibile intervento per ridurre al minimo i danni prevedibili che possono scaturire da determinati eventi (infortunio, incendio, ecc.), garantendo il soccorso degli infortunati e l'evacuazione dei lavoratori. A tal fine è necessario agire preventivamente, attraverso la pianificazione e la programmazione degli interventi. L'organizzazione della gestione delle emergenze deriva dai risultati della valutazione dei rischi dalla quale si evince di conseguenza la tipologia di emergenza che può derivare dal verificarsi di un evento critico. Viene quindi elaborato un vero e proprio piano di emergenza in cui devono essere formalizzate tutte le misure di tipo tecnico, organizzativo e procedurale adottate per la gestione dell'evento e per la riduzione al minimo dei danni. Tale documento è parte integrante del DVR, e solitamente è strutturato in base a tre aspetti principali: primo soccorso, lotta antincendio, evacuazione dei lavoratori. Principali adempimenti per la gestione delle emergenze:

- redazione del piano di emergenza;
- designazione delle squadre di emergenza e formazione degli addetti;
- informazione e formazione dei lavoratori;
- organizzazione delle simulazioni di emergenza;
- procedure per la chiamata dei soccorsi e per l'evacuazione dei lavoratori;
- controllo periodico dei mezzi e presidi necessari (allarmi, estintori, ecc.);

- individuazione delle vie ed uscite d'emergenza;
- adozione della segnaletica di sicurezza;
- adozione dei presidi necessari per il primo soccorso.

Nelle situazioni di grave pericolo il lavoratore può allontanarsi dal posto di lavoro e, se è impossibile contattare un superiore competente, può adottare le misure per evitare le conseguenze di tale pericolo. Un elemento molto importante è l'organizzazione delle squadre d'emergenza, attraverso la scelta dei lavoratori incaricati di provvedere, in caso di pericolo grave e immediato, all'evacuazione dei lavoratori e alle misure di primo soccorso. I lavoratori incaricati, che possono essere scelti tra tutto il personale, hanno il compito di segnalare eventuali guasti o situazioni anomale di pericolo in modo da prevenire il verificarsi dell'evento. Le squadre devono formare i lavoratori affinché agiscano nel modo più sicuro possibile. Per quanto riguarda la lotta antincendio si fa riferimento al D.M. 10/03/1998 che obbliga, in generale, i lavoratori addetti alla prevenzione incendi a controllare regolarmente i luoghi di lavoro, come le porte resistenti al fuoco, gli impianti elettrici, l'eventuale presenza di fiamme libere, i rifiuti, ecc. Lo svolgimento dei compiti di gestione delle emergenze può essere svolto dal datore di lavoro, se si è sottoposto ad un'adeguata formazione (art. 34 T.U.).

### Requisiti di sicurezza e di salute nei luoghi di lavoro

Le disposizioni relative ai luoghi di lavoro sono contenute nel Titolo II (art. 62-68) e nell'allegato IV del T.U. Partiamo dalla definizione (art. 62): i luoghi di lavoro sono tutti "i luoghi destinati a ospitare posti di lavoro, ubicati all'interno dell'azienda o dell'attività produttiva, nonché ogni altro luogo di pertinenza dell'azienda o della unità produttiva accessibile al lavoratore nell'ambito del proprio lavoro". La conformità dei luoghi di lavoro ai requisiti di sicurezza consiste nell'osservanza di un insieme di adempimenti e prescrizioni tecniche, riguardanti:

- stabilità e solidità degli edifici che ospitano posti di lavoro. Particolari indicazioni sono poi date per i depositi, i posti elevati e le strutture metalliche;
- l'altezza, la cubatura e la superficie dei locali chiusi. Il principio alla base della definizione dei valori minimi è quello per cui il lavoratore, nel posto

di lavoro, deve potersi muovere normalmente in relazione al lavoro da compiere;

- gli elementi, interni ed esterni, dei luoghi di lavoro (i pavimenti, i muri, i soffitti, le finestre e i lucernari dei locali, le porte e i portoni, le scale e i marciapiedi mobili, le banchine e le rampe di carico);
- le vie di circolazione e le zone di pericolo. Le vie di circolazione devono essere dimensionate in base al numero potenziale di utenti e devono essere situate e calcolate in modo da poter essere usate in piena sicurezza. Se sono presenti zone di pericolo, queste devono essere segnalate e bisogna far in modo che i lavoratori non possano accedervi;
- le vie e le uscite di emergenza. Il numero, la distribuzione e le dimensioni delle vie e delle uscite di emergenza devono essere adeguate alle dimensioni del luogo di lavoro e al numero massimo delle persone presenti. Le vie devono consentire il raggiungimento di luoghi sicuri, devono essere opportunamente segnalate ed aprirsi nel verso dell'esodo, non devono essere chiuse a chiave e non devono essere presenti ostruzioni;
- i posti di lavoro e di passaggio e i luoghi di lavoro esterni. I posti di lavoro e di passaggio devono essere idoneamente difesi contro la caduta o l'investimento di materiali in dipendenza dell'attività lavorativa;
- il microclima e l'illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro. Areazione, temperatura e illuminazione devono essere adeguati al luogo di lavoro e al numero di lavoratori;
- i locali di riposo e refezione, gli spogliatoi e gli armadi, i servizi igienico assistenziali e i dormitori. I luoghi destinati alla pausa dal lavoro devono essere adeguati e appropriati alla destinazione d'uso;
- la segnaletica di sicurezza nei luoghi di lavoro. Il compito della segnaletica è quello di fornire una indicazione o prescrizione in riferimento ad un oggetto, ad un'attività o ad una determinata situazione. Tramite forme, colori e simboli, la segnaletica può esprimere: divieti, ordini, avvertimenti e indicazioni d'emergenza.

Inoltre il T.U. (art. 63) sottolinea l'importanza di adeguare i luoghi di lavoro ai lavoratori disabili, attraverso l'abbattimento delle barriere architettoniche. Questo



concetto vale per i luoghi di lavoro con dipendenti portatori di disabilità e, più in generale, per tutte le attività aperte al pubblico.

### La prevenzione e la protezione nei cantieri temporanei o mobili

La sicurezza sul lavoro, in relazione ai lavori edili o di ingegneria civile, è disciplinata dal Titolo IV (art. 88-160) del T.U. e dai relativi allegati (X-XXIII), e tali disposizioni sono valide anche quando i lavori siano oggetto di appalto pubblico, in base ai criteri contenuti nel D.Lgs. 50/2016 (Codice dei contratti pubblici). La prima cosa da individuare è la definizione di cantiere temporaneo o mobile, ovvero “qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile il cui elenco è riportato nell’allegato X” (art.89). Le attività elencate sono:

- lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento;
- trasformazione, rinnovamento, smantellamento di opere;
- opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche;
- opere di bonifica, sistemazione forestale, sterro;
- scavi, montaggio e smontaggio di elementi prefabbricati.

Nell’applicazione delle disposizioni del T.U. è prevista una graduazione degli obblighi e degli adempimenti per i cantieri di minore entità, misurata in giorni lavorativi, ed i cui lavori non comportano rischi particolari, definiti dall’allegato XI. Un elemento importante da considerare è che, all’interno di un cantiere, sono presenti una pluralità di soggetti coinvolti nella realizzazione delle opere, quali il committente dell’opera, le imprese affidatarie incaricate di eseguire l’opera appaltata, nonché eventuali imprese subappaltatrici e lavoratori autonomi. Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, il T.U. è conforme alle normative europee e perciò è basato sul principio della ripartizione dei compiti e delle responsabilità prevenzionistiche, e di conseguenza definisce il ruolo di ciascun soggetto ed individua con precisione gli obblighi a suo carico. L’obiettivo è la realizzazione della prevenzione a monte, la modalità più efficace per ridurre al minimo il rischio di infortuni sul lavoro. Inoltre, poiché di solito i lavori in cantiere prevedono la presenza simultanea o successiva di più imprese, il T.U. pone lo specifico obbligo

di prevenire e contrastare rischi derivanti dall'interferenza delle varie attività, tramite il coordinamento dei vari operatori.

Nel caso di appalti pubblici, il committente è l'amministrazione per conto della quale viene eseguita l'opera, o più precisamente "il soggetto titolare del potere decisionale e di spesa relativo alla gestione dell'appalto" (art. 89 T.U.). Rispondono alla disciplina del T.U. i committenti privati e tutto i committenti pubblici, ovvero le amministrazioni dello Stato, gli enti pubblici non economici e gli enti pubblici territoriali. Rientrano, quindi, anche gli enti locali. Il committente può assolvere gli obblighi previsti incaricando un responsabile dei lavori, la cui nomina è facoltativa, e, se presente, si sostituisce totalmente al committente prendendone anche tutte le rispettive responsabilità. Nel caso di appalti pubblici, il responsabile dei lavori è il responsabile unico del procedimento (RUP). Il soggetto, nominato dall'amministrazione appaltante, deve essere individuato tra i dipendenti di ruolo dotati delle necessarie competenze professionali. In casi particolari (cantieri molto complessi o necessità di competenze altamente specialistiche) il RUP può essere coadiuvato. Se nel cantiere è prevista la presenza di più imprese esecutrici, il committente deve nominare il coordinatore per la progettazione e, prima dell'affidamento dei lavori, il coordinatore per l'esecuzione dei lavori. Nel caso di appalti pubblici, i compiti del coordinatore per l'esecuzione dei lavori sono svolti dal direttore dei lavori, nominato dall'amministrazione appaltante prima dell'avvio delle procedure per l'affidamento, su proposta del RUP. Gli obblighi del committente (o del responsabile dei lavori) riguardanti la fase progettuale consistono principalmente nell'attenersi alle misure generali di tutela previste nell'art. 15 del T.U. Deve, quindi, pianificare le varie fasi di lavoro e la durata di realizzazione dei vari lavori prendendo in considerazione il piano di sicurezza e coordinamento (PSC) e il fascicolo dell'opera. All'atto dell'affidamento dei lavori, il committente deve verificare l'idoneità tecnico-professionale delle imprese affidatarie, delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi. Le modalità della verifica sono specificate nell'allegato XVII del T.U. e riguarda, in generale, l'acquisizione da parte del committente della documentazione necessaria (iscrizione alla Camera di commercio, DVR, DURC, dichiarazione di non essere oggetto di provvedimenti di sospensione o di interdizione). Infine, prima dell'inizio

dei lavori, il committente deve assolvere ai seguenti adempimenti documentali (art. 90 T.U.): inviare all'organo di vigilanza la notifica preliminare e trasmettere all'amministrazione copia della notifica preliminare, il DURC delle imprese e dei lavoratori autonomi e una dichiarazione attestante l'avvenuta verifica della documentazione prescritta. Durante la progettazione dell'opera il coordinatore per la progettazione deve (art. 91 T.U.): redigere il PSC, predisporre il fascicolo dell'opera, coordinare l'applicazione delle disposizioni date dal committente nelle fasi di progettazione dell'opera, nel rispetto dei principi e delle misure generali di tutela. Durante la realizzazione dell'opera, il coordinatore per l'esecuzione dei lavori deve (art. 92 T.U.): verificare l'applicazione delle disposizioni contenute nel PSC, controllare l'idoneità del piano operativo di sicurezza (POS) ed adeguare il PSC e il fascicolo dell'opera in relazione all'evoluzione dei lavori, organizzare tra i datori di lavoro e i lavoratori la cooperazione e il coordinamento delle attività, verificare l'attuazione di quanto previsto negli accordi tra le parti sociali al fine di realizzare il coordinamento tra i RLS. Questa figura ha, inoltre, un importante ruolo di garanzia relativamente al rispetto da parte di tutti i soggetti che operano nel cantiere delle prescrizioni di sicurezza. Infatti, deve segnalare al committente eventuali inosservanze da parte delle imprese e dei lavoratori. In caso di pericolo grave e imminente, il coordinatore per l'esecuzione dei lavori deve sospendere le singole lavorazioni fino alla verifica degli avvenuti adeguamenti. Successivamente, il T.U. individua specifici obblighi a carico dei soggetti cui è commissionata l'esecuzione dei lavori nel cantiere (art. 94, 96, 97), quali le imprese affidatarie, le imprese esecutrici e i lavoratori autonomi. Il principale obbligo è costituito dalla redazione del piano operativo di sicurezza (POS), e, inoltre, devono accettare il piano di sicurezza e di coordinamento (PSC). In sostanza, nel settore dei cantieri, il POS e il PSC costituiscono la modalità per effettuare la valutazione dei rischi e pianificare le misure di prevenzione e protezione, nonché per effettuare quelle azioni di cooperazione e di coordinamento prescritte dal T.U. Il compito di coordinamento è svolto dal datore di lavoro dell'impresa affidataria, che deve: verificare che i POS delle imprese esecutrici siano congrui rispetto al proprio, controllare che i lavori affidati alle imprese esecutrici si svolgano in condizioni di sicurezza, vigilare sull'osservanza delle prescrizioni del PSC. Inoltre, i datori di

lavoro delle imprese affidatarie ed esecutrici deve occuparsi della logistica di cantiere, ovvero devono:

- predisporre l'accesso e la recinzione del cantiere;
- curare la disposizione o l'accatastamento di materiali o attrezzature;
- curare la protezione dei lavoratori contro le influenze atmosferiche;
- curare le condizioni di rimozione dei materiali pericolosi;
- accertarsi che lo stoccaggio e l'evacuazione dei detriti avvengano in modo corretto.

Notifica preliminare, fascicolo dell'opera e piano di sicurezza

La notifica preliminare deve essere redatta dal committente prima dell'inizio dei lavori in due casi (art. 99 T.U.): nei cantieri in cui è prevista la presenza di più imprese esecutrici o nei cantieri con una sola impresa ma con una notevole entità di lavoro (non inferiore a 200 uomini-giorno). Contenuti:

- data della comunicazione;
- indirizzo del cantiere;
- committente/i;
- natura dell'opera;
- responsabile/i dei lavori;
- coordinatore/i per l'esecuzione dell'opera;
- data presunta inizio dei lavori in cantiere;
- durata presunta dei lavori in cantiere;
- numero massimo presunto dei lavoratori sul cantiere;
- numero previsto di imprese e di lavoratori autonomi sul cantiere;
- identificazione, codice fiscale o partita IVA, delle imprese selezionate;
- ammontare complessivo presunto dei lavori.

Il fascicolo dell'opera è un documento tecnico predisposto dal coordinatore per la progettazione in fase di progettazione dell'opera. Questo documento accompagna l'opera per tutta la sua durata di vita e può essere modificato nella fase esecutiva in funzione dell'evoluzione dei lavori. Il fascicolo è composto da tre capitoli riguardanti:

- la descrizione sintetica dell'opera e l'indicazione dei soggetti coinvolti;

- l'individuazione dei rischi, delle misure preventive e protettive in dotazione;
- i riferimenti alla documentazione di supporto esistente.

Nel caso di cantieri complessi, il T.U. prevede appositi piani di sicurezza, che costituiscono documenti di pianificazione e programmazione funzionali all'individuazione delle procedure e delle misure di prevenzione e protezione. Il primo di questi piani è il PSC, che è specifico per ogni singolo cantiere e deve essere redatto secondo le indicazioni dello stesso T.U. (art. 100 e allegato XV). Il PSC è parte integrante del contratto d'appalto, ed è costituito da una relazione tecnica e da prescrizioni correlate alla complessità dell'opera da realizzare, atte a prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori. Inoltre, deve essere corredato da tavole esplicative di progetto, relative agli aspetti della sicurezza, comprendenti almeno una planimetria sull'organizzazione del cantiere e una tavola tecnica sugli scavi. Una parte molto importante del PSC è la stima dei costi della sicurezza per tutta la durata dei lavori: individuano la parte del costo dell'opera che non può essere assoggettata a ribasso nelle offerte delle imprese esecutrici. A questo riguardo, per gli appalti pubblici, la normativa di riferimento prevede che le stazioni appaltanti debbano valutare, nelle procedure di affidamento, le offerte anormalmente basse anche in base alla congruità degli oneri aziendali relativi alla sicurezza del lavoro (art. 97 del D.Lgs. 50/2016). Inoltre, l'oggetto della contrattazione è la progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori, e per questo quella sui costi della sicurezza è una voce a parte e deve essere ben distinta. Nel PSC devono essere indicati anche eventuali attività che espongono i lavoratori a rischi particolari. La redazione del piano è effettuata dal coordinatore per la sicurezza ed è poi trasmesso dal committente a tutte le imprese invitate a presentare offerte per l'esecuzione dei lavori. Il PSC è vincolante per tutte le imprese esecutrici e per eventuali lavoratori autonomi, che devono attenersi strettamente. La copia del piano deve essere messa a disposizione dei RLS, almeno dieci giorni prima dell'inizio dei lavori, e questi hanno facoltà di formulare proposte al riguardo. Il secondo piano è il POS, piano operativo di sicurezza, redatto dal datore di lavoro dell'impresa esecutrice in riferimento al singolo cantiere interessato. Per ciascuna impresa affidataria e esecutrice, la redazione del POS costituisce la modalità per adempiere l'obbligo generale di valutazione dei rischi previsto dal T.U.,

relativamente alle attività da svolgere nello specifico cantiere. Il POS deve essere trasmesso da ciascuna impresa esecutrice all'impresa affidataria, prima dell'inizio dei rispettivi lavori; l'impresa affidataria, previa verifica della congruenza dei POS ricevuti rispetto al proprio POS, li trasmette al coordinatore per l'esecuzione. Copia del POS deve essere messa a disposizione dei RLS almeno dieci giorni prima dell'inizio dei lavori.

## **1.12 Il RSPP e la formazione dei lavoratori**

Il Servizio di Prevenzione e Protezione dai rischi (SPP) è definito nel Testo Unico come “l'insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dai rischi professionali” (art. 2, co. 1) e svolge un ruolo di supporto nei confronti del datore di lavoro. Il coordinamento del SPP è affidato al Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP), designato direttamente dal datore di lavoro. Il Responsabile è una figura parallela al datore di lavoro quale principale responsabile della sicurezza, svolgendo in suo favore una funzione tecnico-strumentale di supporto e di ausilio. L'istituzione del SPP non incide sulla posizione di garanzia rivestita dal datore di lavoro; egli resta sempre responsabile per gli obblighi a lui riferiti dalla legge e ne risponde anche in sede sanzionatoria. A carico del RSPP non sono previste dal T.U. sanzioni per la violazione dei compiti a suo carico, però può essere accertata la corresponsabilità nel caso di omissione colposa ai doveri di segnalazione e controllo, nel caso in cui dalle situazioni di pericolo cui non si sia fatto fronte sia derivata una malattia professionale o un infortunio. Riguardo alle responsabilità penali e civili si parlerà in seguito. Il SPP deve essere organizzato prioritariamente dal datore di lavoro all'interno dell'azienda. Prevale quindi il modello del SPP interno, costituito dal Responsabile nominato dal datore di lavoro e da addetti individuati tra i lavoratori in possesso di capacità e attitudini adeguate, definite dall'art. 32 del Testo Unico: “è necessario essere in possesso di un titolo di studio non inferiore al diploma di istruzione secondaria superiore nonché di un attestato di frequenza, con verifica dell'apprendimento, a specifici corsi di formazione adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro e relativi alle attività lavorative. Per lo svolgimento della funzione di responsabile del servizio

prevenzione e protezione, oltre ai requisiti di cui al precedente periodo, è necessario possedere un attestato di frequenza, con verifica dell'apprendimento, a specifici corsi di formazione in materia di prevenzione e protezione dei rischi, anche di natura ergonomica e da stress lavoro-correlato, di organizzazione e gestione delle attività tecnico amministrative e di tecniche di comunicazione in azienda e di relazioni sindacali.” Anche nel caso di organizzazione di un SPP interno, il datore di lavoro può decidere di avvalersi di consulenti esterni in possesso delle conoscenze professionali necessarie. In assenza di adeguate capacità interne, il datore di lavoro può avvalersi di un SPP esterno, affidandone i compiti a professionisti esterni. Eccetto che in determinate attività a rischio, i compiti del SPP possono essere svolti direttamente dal datore di lavoro, sempre in possesso di apposita formazione.

L'allegato II del T.U. elenca i casi i cui il datore di lavoro può svolgere i compiti del RSPP:

- aziende artigiane e industriali fino a 30 lavoratori, escluse le aziende a rischio di incidente rilevante;
- aziende agricole e zootecniche fino a 30 lavoratori;
- aziende della pesca fino a 20 lavoratori;
- altre aziende fino a 200 lavoratori.

È obbligatorio istituire un SPP interno nei seguenti casi:

- nelle aziende industriali a rischio di incidente rilevante;
- nelle centrali termoelettriche;
- negli impianti ed installazioni nucleari e a rischio di radiazioni ionizzanti;
- nelle aziende per la fabbricazione e il deposito di esplosivi;
- nelle aziende industriali con oltre 200 lavoratori;
- nelle industrie estrattive con oltre 50 lavoratori;
- nelle strutture di ricovero e cura con oltre 50 lavoratori.

Nel caso di SPP interno, il datore di lavoro, dopo aver consultato il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza provvede a:

- nominare il Responsabile del Servizio (RSPP), individuando, tra i lavoratori, la persona con le attitudini e le capacità adeguate. Il RSPP risponde al datore di lavoro e ha il compito di coordinare le attività del SPP. La mancata nomina del RSPP, compito non delegabile dal datore di lavoro, rientra tra le violazioni più gravi del T.U., punite con la sanzione più severa;
- designare gli addetti al servizio di prevenzione (ASPP), individuandoli valutando le attitudini e le capacità dei singoli lavoratori. I lavoratori devono essere soggetti presenti sul luogo di lavoro, e in numero variabile in base alle concrete caratteristiche del luogo di lavoro.

Come detto, i requisiti per ricoprire il ruolo di ASPP e RSPP sono il possesso del titolo di studio e la partecipazione ai corsi di formazione e di aggiornamento. La nomina di soggetti privi dei necessari requisiti equivale a mancata nomina. Le caratteristiche della formazione sono state definite dall'accordo concluso in sede di Conferenza permanente Stato-Regioni del 26/01/2006, da ultimo modificato ed integrato dal nuovo Accordo Stato-Regioni del 07/07/2016. La formazione è articolata in tre distinti moduli: A, B e C, quest'ultimo obbligatorio solo per coloro che ricoprono il ruolo di RSPP, poiché comprende la formazione anche in relazione a rischi di natura ergonomica e psico-sociale. Gli aggiornamenti, da effettuarsi nel quinquennio, sono pari a 20 ore per gli ASPP e a 40 ore per i RSPP. Nell'ambito della sua funzione di ausilio, il Responsabile ha il compito di (art. 33 del T.U.):

- individuare e valutare i fattori di rischio (collabora con il datore di lavoro alla stesura del DVR);
- elaborare le misure preventive e protettive e i sistemi di valutazione e di controllo di tali misure (controlla il POS e più in generale l'attività dell'impresa. Per questi motivi il RSPP non può essere il CSE, altrimenti si troverebbe a dover verificare le attività della sua stessa impresa);
- elaborare le procedure di sicurezza per le varie attività;
- proporre i programmi di informazione e formazione dei lavoratori;
- partecipare alle consultazioni in materia di tutela della salute e di sicurezza e alla riunione periodica;
- fornire ai lavoratori tutte le necessarie informazioni.



La formazione dei lavoratori, che ricade tra i compiti del datore di lavoro e del RSPP, è sancita dall'art 37 "Formazione dei lavoratori e dei loro rappresentanti" del T.U., in particolare:

- co. 1) Il datore di lavoro assicura che ciascun lavoratore riceva una formazione sufficiente ed adeguata in materia di salute e sicurezza, anche rispetto alle conoscenze linguistiche, con particolare riferimento a:
  - a) concetti di rischio, danno, prevenzione, protezione, organizzazione della prevenzione aziendale, diritti e doveri dei vari soggetti aziendali, organi di vigilanza, controlli e vigilanza;
  - b) rischi riferiti alle mansioni e ai possibili danni e alle conseguenti misure e procedure di prevenzione e protezione caratteristici del settore o comparto di appartenenza dell'azienda.
- co. 3) Il datore di lavoro assicura, altresì, che ciascun lavoratore riceva una formazione sufficiente ed adeguata in merito ai rischi specifici di cui ai titoli del presente decreto successivi al I.

La formazione, quindi, deve passare attraverso un primo livello che è quello legato alle situazioni e ai rischi generali, e successivamente attraverso un secondo livello che riguarda il caso specifico in cui si trova ad operare, ovvero bisogna indicare ai lavoratori le specificità del cantiere in cui si trovano, in termini di rischi e quindi di sicurezza.

Dunque, al termine di questo excursus riguardante la normativa sulla sicurezza sul lavoro, possiamo affermare che, nonostante ci siano voluti circa due secoli, la prevenzione e la protezione del lavoratore sono state sancite come principio imprescindibile. L'evoluzione normativa e quella culturale si influenzano a vicenda, in ogni ambito: gli infortuni e le morti sul posto di lavoro hanno portato a sviluppare una maggiore sensibilità che si è concretizzata con l'approvazione del D.Lgs 81/2008. Ed è proprio il Testo Unico a sottolineare la necessità di integrare nel processo di progettazione dell'opera anche l'organizzazione del cantiere con l'obiettivo di gestire nei modi e nei tempi le varie fasi e lavorazioni e per poter eliminare eventuali problemi che potrebbero verificarsi con l'avanzamento dei lavori. Accanto alla gestione del lavoro diventa, inoltre, fondamentale, il ruolo del

RSPP per la formazione e l'informazione dei lavoratori soprattutto riguardo alle caratteristiche specifiche del cantiere in cui si andrà a lavorare.

<sup>1</sup>*erga omnes*: espressione usata nel diritto del lavoro italiano per i contratti di lavoro che trovano applicazione nei confronti di tutti i datori di lavoro e di tutti i lavoratori.

## **CAPITOLO 2**

---

### **II BIM**



## 2.1 Introduzione

Il BIM, acronimo di *Building Information Modeling* (Modello di Informazioni di un Edificio) è un metodo di approccio alla pianificazione, realizzazione e gestione di una costruzione relativamente nuovo e sicuramente rivoluzionario. Proprio a causa di queste sue caratteristiche è difficile trovare una definizione univoca, anche se tutte sottolineano il suo essere un contenitore di informazioni sull'edificio. Queste le principali definizioni:

- “il BIM descrive i mezzi attraverso i quali chiunque può comprendere un edificio attraverso l'uso di un modello digitale che attinge ad un set di dati assemblati in modo collaborativo prima, durante e dopo la sua costruzione” (*National British Standard Institute*);
- “il BIM è un set di tecnologie, processi e norme che consentono a numerose parti in causa di progettare, costruire e gestire una struttura in modo collaborativo, all'interno di uno spazio virtuale” (Bilal Succar);
- “il BIM è la rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto” (*National Institute of Building Science*).

Il termine, coniato dal professor Charles M. Eastman alla fine degli anni settanta del Novecento, è divenuto di uso comune solo dopo la prima completa implementazione di BIM con l'idea di edificio virtuale di ArchiCAD della Graphisoft, nel 1987. Fu, poi, Jerry Laiserin a divulgare ampiamente il termine all'interno delle sue pubblicazioni negli USA, dal 2002.

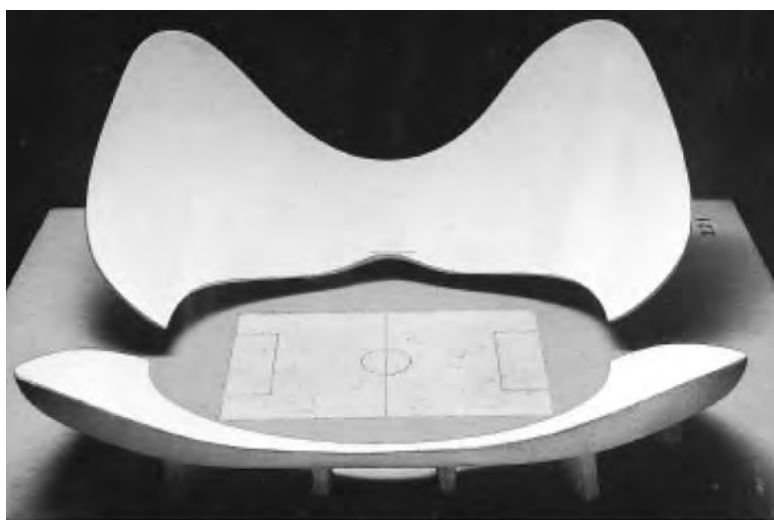
Prima di capire con cosa riempire questo contenitore, o *framework*, è necessario delineare la strada che ha portato alla sua nascita ed evoluzione.

## 2.2 Prima del BIM

Douglas C. Englebart, pioniere dell'informatica e inventore del mouse, scrisse nel 1962 un saggio intitolato *Augmenting Human Intellect*, nel quale teorizzava un sistema attraverso il quale l'architetto avrebbe potuto iniziare la sua progettazione a partire da una serie di specifiche e di dati, anziché da una forma. Una sorta di cyber funzionalismo, un sistema con le seguenti caratteristiche: la presenza di

oggetti autonomi da assemblare durante la progettazione; la possibilità di manipolare questi oggetti tramite l'inserimento e la modifica di valori detti parametri; la presenza di un database che metta in relazione questi oggetti nel sistema. Agli inizi degli anni '70 Ian McHarg e Jack Dandermond applicarono questi principi al rilievo del territorio, realizzando un sistema che anni dopo avrebbe preso il nome di GIS (*Geographical Information System*). Per un'applicazione in ambito architettonico, bisognerà attendere la nascita di un interesse alla tracciabilità dei componenti e la possibilità di collegare direttamente la progettazione al computer per la produzione tramite macchine a controllo numerico, rispettivamente CAD (*Computer Aided Drawing*), e CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Elemento fondamentale dello schema pensato da Englebart era la possibilità di utilizzare i parametri per modificare gli oggetti, e proprio la progettazione parametrica può essere considerata l'antenata del BIM. Possiamo definire architettura parametrica quel fenomeno originato dalla manipolazione delle formule parametriche per ottenere dei risultati formali. Prima dell'avvento dei computer la realizzazione di elementi in serie non era tecnologicamente immaginabile e, mentre da un punto di vista pratico si dava maggiore attenzione alle regole di costruzione delle forme lasciando l'aspetto decorativo agli scalpellini, da un punto di vista teorico era necessario scrivere trattati che potessero essere comprensibili indipendentemente dalla presenza di illustrazioni, quindi bisognava basarsi solo su istruzioni di tipo descrittivo. Nei loro scritti, da Vitruvio a Roriczer, gli elementi descritti non sono trattati come un singolo oggetto, ma come una classe di oggetti identificabili a patto che vengano rispettate alcune regole matematiche e geometriche. In questo modo nasce il concetto di variazione parametrica, che sarà poi alla base della progettazione digitale. Successivamente, con l'utilizzo dei modelli, si accentuò maggiormente il concetto di architettura parametrica: l'esempio più eclatante è l'uso della catenaria, una curva piana iperbolica, che consente di creare modelli con strumenti semplici dato che si tratta di una fune, vincolata ai due estremi e soggetta solo al proprio peso. Basti pensare ai modelli di Gaudì per la Sagrada Família o al Gateway Arch di Saarinen. Nel 1960 Luigi Moretti entrerà in possesso di un IBM 610, uno dei primi calcolatori utilizzabile senza particolare esperienza in informatica, e, insieme al matematico Bruno de

Finetti, riesce a realizzare alcuni modellini di stadi che esibirà alla XII Triennale di Milano. Il più celebre è il modellino per gli spalti di uno stadio basato su parametri di “equiappetibilità visiva”, ovvero la possibilità di offrire lo stesso tipo di vista a tutti gli spettatori (cosa che ancora oggi non avviene, e lo si intuisce dal diverso prezzo del biglietto). Accanto all’approccio teorico di Moretti, troviamo quello più pratico di Musmeci che, nel 1969, realizza il ponte di Potenza. La sua idea è quella di sviluppare una teoria delle forme basata sulla capacità dei calcolatori elettronici di trattare le informazioni. A quei tempi aveva a disposizione un IBM 7090, del quale critica la scarsa potenza, progettato per “applicazioni scientifiche e tecnologiche su larga scala”, che tuttavia necessitava di una squadra di ingegneri per essere messo in funzione. I parametri, nel suo progetto, riguardavano fenomeni prestazionali di costruzione: ricercare la forma più efficiente che consentisse di raggiungere lo stesso risultato con meno sprechi. L’approccio di Moretti e Musmeci è rivoluzionario non tanto per la sperimentazione delle tecniche digitali dell’epoca quanto per aver intuito che il parametro non è necessariamente descrittivo di una geometria ma può essere un concetto che porterà alla realizzazione della forma: la forma come incognita, come risultato di un calcolo.



*Figura 2.1*

Luigi Moretti, modellino in gesso per gli spalti di uno stadio basato sui parametri di “equiappetibilità visiva”



Sergio Musmeci, ponte di Potenza

L'estremizzazione di questo concetto porta all'architettura generativa, che esplora la possibilità di limitare l'apporto progettuale alla definizione dei parametri, lasciando al *software* il compito di generare forme. La cosa sorprendente è scoprire che, con l'evolvere dei materiali e delle tecniche costruttive, le forme tradizionali possono non rivelarsi le più efficienti. Un processo di *generative design*, invece di basarsi su un input formale, parte dagli obiettivi di progetto ed esplora le varie soluzioni possibili, fino a raggiungere l'opzione che offre la migliore prestazione. Un sistema di architettura generativa, per essere tale, deve possedere alcune caratteristiche: uno schema predefinito, all'interno del quale muoversi; la possibilità di generare variazioni; la possibilità di selezionare la variazione che ha dato i risultati migliori. Si può giungere al *generative design* attraverso diversi modelli, solitamente ispirati a ciò che accade in natura, e i principali sono: lo *swarm modeling*, che prende ispirazione dal comportamento degli sciame e si basa su principi di auto-organizzazione, e l'*automa cellulare*, che esprime il concetto secondo il quale data una griglia di celle e un numero di condizioni finite per ogni cella è possibile impostare una regola che cambi contemporaneamente e all'infinito lo stato di ogni cella in relazione alle sue celle vicine. Da questo excursus temporale risulta evidente che la necessità di gestire progetti sempre più complessi ha portato all'elaborazione di nuovi metodi e sistemi, ed è proprio questa esigenza, unita al crescente bisogno di collaborazione di professionisti diversi, ad aver portato alla nascita del BIM.

### **2.3 Cosa inserire nel contenitore: le aree che compongono il BIM**

L'aspetto rivoluzionario del BIM sta nel voler generare una virtualizzazione dell'edificio, più che una sua rappresentazione, come avviene con gli altri metodi di modellazione. Tutti gli elementi del modello sono suddivisi in specifiche categorie univoche, corredati da una serie di informazioni alfanumeriche che ne consentono l'individuazione e la gestione anche nelle fasi di appalto, di cantiere e di manutenzione. Il vantaggio immediato è quello di avere un'unica fonte per i propri elaborati di progetto riducendo il tasso di errore e il tempo impiegato a riportare manualmente le informazioni da un elaborato all'altro. D'altro canto, questo metodo ha delle difficoltà legate prima di tutto alla necessità di investire



nell'innovazione del processo, un investimento mentale ed economico, e in secondo luogo al carico di lavoro aumentato nelle prime fasi. Come abbiamo visto all'inizio del capitolo, non è possibile trovare una definizione unica di BIM ma, a prescindere da questo, la sua diffusione è spinta soprattutto da due diverse categorie: i costruttori, che ne traggono grandi benefici durante la fase di cantiere, e i clienti, che hanno la possibilità di “vedere” il progetto, le eventuali modifiche e l'avanzamento dei lavori in tempo reale. È proprio il progettista a restare un po' in disparte e ancorato alla tradizione, da un punto di vista sia concettuale che metodologico. I metodi tradizionali, però, risultano poco efficienti se relazionati alla crescente complessità, alle nuove norme, alle nuove sfide tecnologiche e sociali, e alla necessità di dover produrre per un pubblico di massa. Inoltre, svolgere in BIM anche la parte creativa porta a un doppio vantaggio: da un lato i clienti, pur non parlando lo stesso linguaggio dei progettisti, possono apprezzarne la proposta grazie a strumenti di rappresentazione più potenti, e dall'altro il progettista ha un miglior controllo del progetto, da un punto di vista spaziale, funzionale, dei costi e dei tempi, che si traduce in una maggiore possibilità di realizzarlo. L'efficienza è la parola chiave. Possiamo considerare un esempio legato proprio al mondo dei cantieri. Nel 2015 un'indagine dell'NBS ha rilevato che tra le motivazioni percepite come principale causa di ritardo dei cantieri grande rilevanza viene data alla mancanza di informazioni e all'introduzione di varianti richieste dal cliente. Si tratta di problematiche che l'adozione di un processo più efficiente può aiutare a limitare.

Cosa possiamo inserire nella cornice di lavoro chiamata BIM? Si possono individuare due macro categorie: i processi, ovvero la parte teorica di un metodo, e gli strumenti, cioè i *software* da utilizzare. Tra i processi e gli strumenti vi sono le norme, che possono essere declinate in entrambe le categorie, di cui ci occuperemo alla fine del capitolo perché in Italia la normativa su questo argomento è in itinere perciò ci sarà un aggiornamento costante.

### **2.3.1 I processi e i livelli di maturità del BIM**

Un processo è l'insieme delle procedure e delle convenzioni metodologiche seguite nello svolgimento del lavoro. Per entrare di più nel merito della questione si può far riferimento al documento N544R di ISO/TC176/SC2 che aiuta a comprendere i concetti e le finalità dell'approccio per processi nell'ambito dei sistemi di gestione di qualità. La definizione di processo data nel documento è la seguente: un insieme di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in ingresso (input) in elementi in uscita (output) che rispettino le specifiche iniziali. Il risultato del processo deve avere due caratteristiche fondamentali: efficacia, la capacità di raggiungere i risultati desiderati, e l'efficienza, il rapporto tra i risultati ottenuti e le risorse utilizzate. Fatte queste precisazioni, è evidente che l'utilizzo del BIM richieda la revisione dell'intero impianto dei processi, sia a livello di produzione che a livello di gestione e controllo, rispetto ai metodi tradizionali. Questo richiede una rivoluzione profonda in ogni sfera: un'adozione parziale del nuovo metodo porterebbe a un peggioramento del processo. Bisogna puntare all'implementazione, ovvero quel processo che porta all'adozione del metodo da parte dell'intera struttura presa in esame. Durante questo iter gli obiettivi restano sempre gli stessi: l'efficacia nel conseguire un risultato aderente alle specifiche, e l'efficienza prima che terminino le risorse economiche messe a disposizione. Il passaggio più complicato all'interno di questo processo è la transizione dalla rappresentazione simbolica, tipica dei modelli tradizionali, alla virtualizzazione, transizione che necessita proprio di un cambio di prospettiva sull'intero modo di comunicare l'edificio. È solo grazie alla convenzione se un simbolo viene interpretato come un oggetto e esso rappresenta contemporaneamente sia la sua fisicità che il suo comportamento. Il punto di vista del BIM è opposta in quanto la virtualizzazione, più che la rappresentazione, fa sì che il singolo oggetto non venga realizzato per una specifica vista e non necessita di essere interpretato. Questo porta a diversi vantaggi: il singolo oggetto così pensato funziona in ogni elaborato grafico e ad ogni scala, anche negli elaborati bidimensionali nei quali ci si continua a confrontare con i simboli della rappresentazione; l'oggetto non è più equivocabile, non è più soggetto alle diverse convenzioni e al tessuto sociale, non è più un simbolo.

La strada per l'utilizzo del BIM spesso attraversa fasi graduali, dall' utilizzo in solitaria al BIM condiviso, vero obiettivo verso cui tendere. Si possono distinguere quattro diversi livelli:

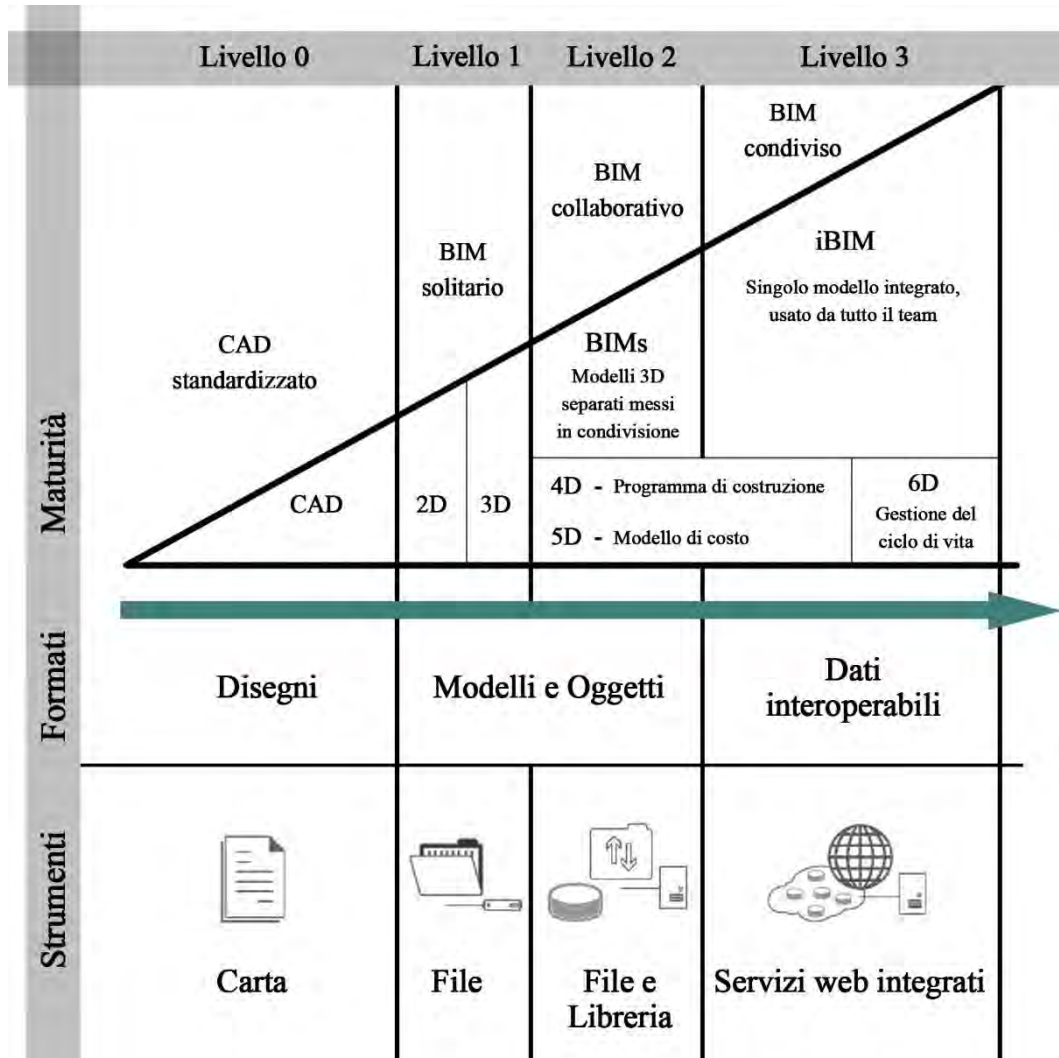


Figura 2.2 I livelli di maturità del BIM, secondo lo schema Bew-Richards

- Livello 0: CAD standardizzato. Richiede l'organizzazione di un lavoro tradizionale intorno a un sistema di standard, che in Italia sono definiti dalla ISO 128-20. Il BIM non disattende questi standard, ma li utilizza come base;
- Livello 1: BIM non collaborativo (o solitario). È il primo passaggio durante il quale si prende familiarità con la progettazione parametrica e la gestione dei dati all'interno del proprio lavoro ma non si instaura nessun contatto di tipo collaborativo con gli altri professionisti;

- Livello 2: BIM collaborativo. È lo stadio nel quale avviene una collaborazione tra figure professionali che lavorano tutte in BIM e che vengono coinvolte nel processo decisionale fin dalle prime fasi. Solitamente il processo di condivisione e confronto dei modelli è organizzato da una figura di coordinamento che si occupa di riunire i vari modelli in uno singolo. Ad oggi rappresenta il massimo grado di maturità raggiunto;
- Livello 3: BIM condiviso. Quest'ultimo livello prevede la possibilità da parte di tutti i professionisti di lavorare contemporaneamente allo stesso modello, in modo da recepire gli aggiornamenti in tempo reale. La Gran Bretagna, che è uno dei paesi pionieri in questo settore, sta investendo molto per cercare di superare i problemi legati a questo tipo di condivisione, problemi di natura tecnologica (la connettività) e problemi di natura legale (condivisione a più figure di dati sensibili).

L'introduzione dei protocolli collaborativi porta, necessariamente, a dover modificare i normali processi di sviluppo di un progetto. Il metodo tradizionale prevede tre fasi ben distinte, *Design-Bid-Build*, Progettazione-Appalto-Costruzione vengono trattate separatamente, con figure professionali diverse che non interagiscono tra loro. Già da diverso tempo questo sistema viene considerato obsoleto e si stanno cercando soluzioni migliori. Una prima soluzione è il *Lean Project Management*, che si basa sui principi dell'*Agile Development*. Questo sistema promuove un approccio meno strutturato, una maggior attenzione al prodotto (non sviluppare parti di progetto non richieste, concentrarsi sulla qualità e consegnare sempre puntualmente) e al cliente (dimostrare di avere sempre il controllo completo del progetto), una collaborazione più stretta e frequente tra le parti in causa. Una seconda soluzione è l'utilizzo, in BIM, della progettazione integrata che viene definita dall'*American Institute of Architects* come "un approccio alla consegna del progetto che mira a integrare le persone, i sistemi e le strutture coinvolte all'interno di un processo che ne imbriglia il talento e gli apporti all'interno di un'unica struttura collaborativa, in modo da ottimizzare i risultati del progetto, aumentarne il valore per il committente, ridurre gli sprechi e massimizzare l'efficienza attraverso le fasi di progettazione, fabbricazione e costruzione". Per parlare davvero di progettazione integrale è necessario che

vengano rispettate alcune condizioni base: la squadra operativa deve essere composta nelle prime fasi del progetto; le informazioni devono essere condivise a tutti i livelli; la gestione del progetto dev'essere collettiva; responsabilità, ricompense e rischi vanno condivisi all'interno della squadra. È possibile notare che molte, se non tutte, delle condizioni appena esposte sono comuni anche al BIM collaborativo, di conseguenza un processo di questo tipo, realizzato in BIM, può considerarsi un approccio molto valido. In questo modo si cercano di limitare fenomeni quali lo spreco (la movimentazione non necessaria di prodotti o persone e lo stoccaggio di materie prime), l'incoerenza (l'utilizzo non necessario di mezzi di trasporto e la condizione in cui i prodotti non sono né in stoccaggio né in lavorazione) e il sovraccarico (l'elaborazione eccessiva, la sovrapproduzione e la produzione difettosa). Tutto ciò può essere mitigato dall'utilizzo della progettazione integrata in BIM, puntando sempre alla comunicazione tra le parti e alla condivisione.

### **2.3.2 Gli strumenti**

Come può essere definito uno strumento e perché lo realizziamo? Uno strumento, a differenza di un semplice utensile, non ci permette soltanto di compiere in modo più efficiente un'azione che già veniva svolta prima, ma apre prospettive completamente nuove, rappresenta quasi l'incarnazione del pensiero. La correlazione con il pensiero è l'aspetto più importante: non abbiamo scoperto di poter progettare digitalmente perché è stato sviluppato un *software*, ma sono stati sviluppati *software* perché avevamo bisogno di gestire in modo migliore i progetti. È il pensiero, l'esigenza, che porta a sviluppare uno strumento. Nell'ambito del BIM esistono una serie di *software*, ma quelli più utilizzati sono *Revit*, *Archicad* e *Vectorworks*. *Revit* è la piattaforma *Autodesk* per la progettazione in BIM di architettura, struttura e impianti, e consente: la modellazione parametrica e informativa degli elementi, la condivisione in tempo reale del progetto e il coordinamento con le altre parti coinvolte. Il *software* è composto da vari ambienti di lavoro, tra cui i principali sono l'ambiente di creazione dei componenti (famiglie), l'ambiente di modellazione relativo al progetto e l'ambiente per la creazione di elementi bidimensionali simili a quelli che venivano realizzati con il

CAD tradizionale. Ovviamente uno dei focus di questo strumento è quello che riguarda il lavoro collaborativo. Ci sono diversi comandi e funzionalità che puntano al coordinamento spaziale e al controllo di coerenza tra modelli diversi, tra cui il *worksharing*, che consente a più professionisti di lavorare contemporaneamente sullo stesso file. Data la centralità della collaborazione, diventa fondamentale porre l'accento sul concetto di interoperabilità, ovvero la capacità di un prodotto di scambiare dati con un altro prodotto, cosa che in ambiente BIM trova ancora parecchie difficoltà. Bisogna fare una distinzione tra formato comune, un formato che di prassi viene utilizzato come formato di interoperabilità (formati aperti, *open-source*, come il jpeg e il txt), e formato di interscambio, un formato che nasce esclusivamente come risultato di una esportazione (dxf, sviluppato da *Autodesk* come formato di interscambio per i dwg). La particolarità del formato di interscambio è quella di essere strettamente correlata al concetto di esportazione, nessun *software* utilizza quel formato come estensione dei propri documenti nativi. La norma ISO 16739:2013, che regolamenta l'interscambio in un processo BIM, delinea uno schema concettuale di dati e un formato di interscambio per il modello. Lo schema utilizzato è quello dell' *Industry Foundation Classes*, IFC, ed è un modello di struttura per i dati, di una serie di categorie e classi, in cui gli elementi devono essere organizzati. Si tratta di un modello entità-relazione: le entità rappresentano classi di oggetti e le relazioni creano legami tra due o più entità, gli attributi sono descrittivi delle entità. Questo vuol dire che l'IFC fornisce uno schema di organizzazione univoco all'interno del quale devono essere mappati gli oggetti del modello, in modo da poter essere riconosciuti nella stessa categoria da qualunque *software* compatibile. Il limite del sistema IFC per i processi di progettazione sta nel fatto che non consente di trasferire parametri che rimangano collegati alla geometria, rimangono sotto forma di attributi ma non sono collegati da vincoli alla geometria. Perciò scambiare geometrie funzionanti è ancora relativamente difficile. Una via parallela, per l'interscambio di oggetti che mantengano le proprie caratteristiche, è quella dello scambio di dati piuttosto che di modelli. Ci sono due punti favorevoli: il primo è che la maggior parte dei *software* BIM consente di realizzare tabelle e esportarle in Excel, e questo permette uno scambio più facile; il secondo è che alcune parti del progetto, anche se

generalmente espresse in forma grafica, possono essere trasformate in tabelle numeriche (ad esempio i costi o la resistenza al fuoco di un set di elementi). In questo modo è possibile esportare oggetti con i giusti parametri e in un formato generalmente supportato da tutti i *software* considerati. Tirando le somme sui metodi di interoperabilità, da un lato lo scambio di modelli è più semplice ed è una scelta consigliabile se si è nelle prime fasi dell'implementazione, quando cioè si sta passando dai metodi tradizionali al BIM; d'altro canto lo scambio di dati è un processo più preciso ma anche più complesso e richiede un livello di maturità maggiore nell'uso del BIM. L'ultimo aspetto da considerare è il modo e lo spazio di condivisione. Nell'elencare i livelli di maturità del BIM, una delle difficoltà di attuazione del livello 3 sta nei problemi di connettività: la quantità di dati da scambiare aumenta e il modo più ovvio per scambiarli è tramite internet. È necessario quindi che lo stato investa per risolvere le carenze infrastrutturali e permettere, così, l'accesso alla fibra ottica e/o alla banda ultralarga. Per quanto riguarda lo spazio virtuale di condivisione, denominato solitamente *Common Data Environment*, deve permettere la raccolta, la gestione e la condivisione sia dei modelli che dei set di dati. Deve essere concepito come uno spazio condiviso e accessibile a tutti, però con gradi e privilegi diversi: mentre il cliente potrà visualizzare solo i documenti definitivi, i progettisti avranno accesso anche a tutta la sezione work in progress.

## **2.4 Le norme**

Tra gli strumenti e i processi si pongono le norme, che possono diventare sia strumenti (modelli o piattaforme digitali) che regole atte a regolamentare il processo. Prima di analizzare cosa accade, da questo punto di vista in Italia, cerchiamo di sintetizzare come si stanno muovendo gli altri paesi più o meno distanti da noi.

### **2.4.1 Paesi Europei**

Il Parlamento Europeo il 15 gennaio 2014 ha approvato la EUPPD (*European Union Public Procurement Directive*), la direttiva che introduce il metodo BIM negli appalti pubblici, almeno al di sopra di una certa soglia. Gli stati membri

possono incoraggiare, specificare o imporre l'utilizzo del BIM per i progetti finanziati con i fondi pubblici dell'Unione Europea. È un grande cambiamento, poiché gli stati che avevano già adottato delle linee guida in materia le hanno aggiornate in base alla direttiva, gli altri paesi, invece, hanno per la maggior parte recepito la direttiva e l'hanno declinata in progetto di legge.

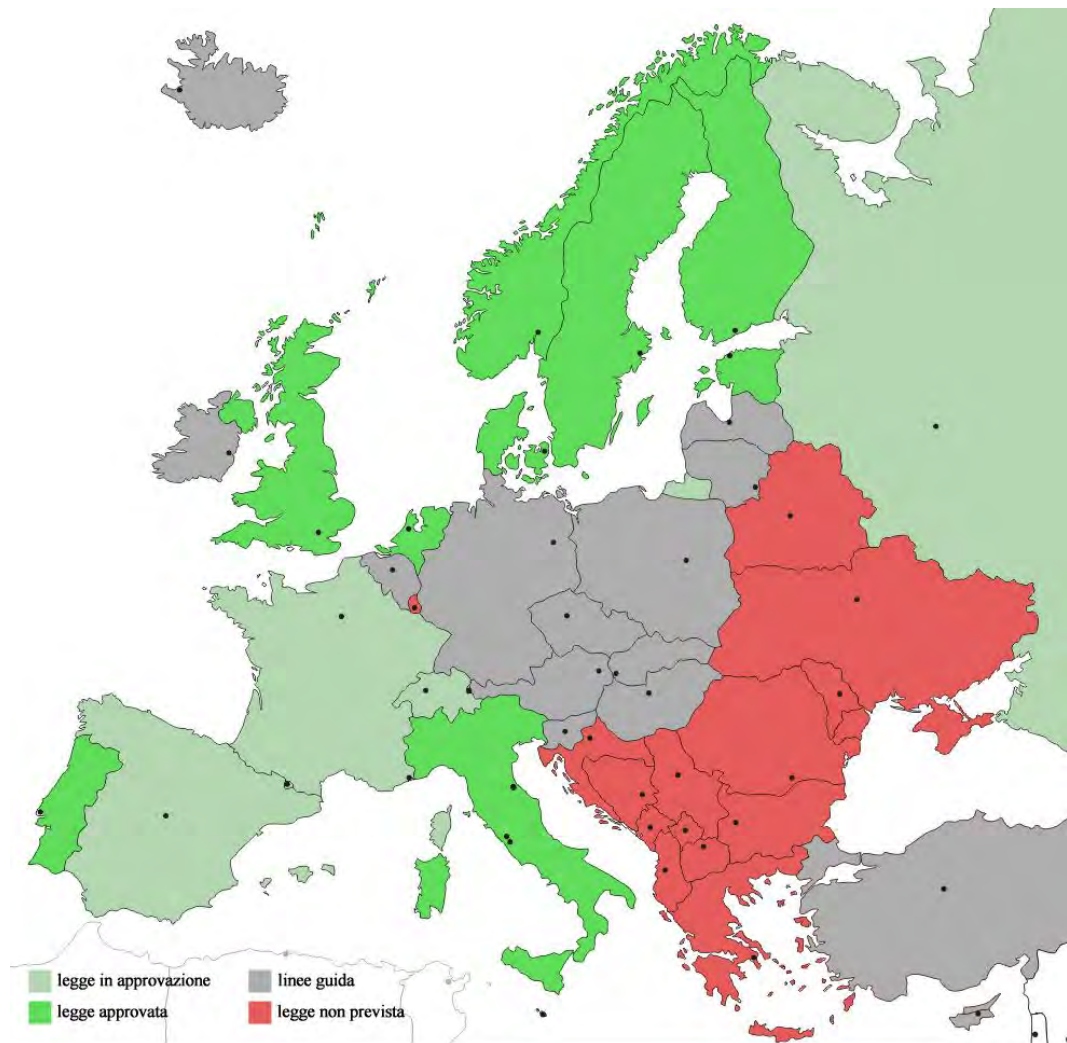


Figura 2.3 La mappa mostra la situazione normativa degli Stati Europei rispetto all'introduzione del BIM.

Vediamo una panoramica dei singoli casi:

- Belgio: non dispone di una normativa in fatto di BIM. Nell'ottobre 2015 è stato pubblicato un "*generic protocol*", una guida destinata a tutte le parti in causa dell'industria delle costruzioni. L'approccio sembra essere ancora cauto;



- Francia: non dispone di una normativa in fatto di BIM, prevista invece per la fine del 2017. Nel 2015 è stato avviato un BIM task group con l'obiettivo di costruire in BIM circa 500.000 abitazioni entro fine 2017 e da quel punto, grazie a questo precedente, il metodo dovrebbe diventare obbligatorio per tutte le aree pubbliche. Anche se non esiste un vero obbligo, da un paio di anni molti appalti francesi richiedono già l'utilizzo del BIM, sia per la progettazione che per la gestione del cantiere;
- Germania: non dispone di una normativa in fatto di BIM, prevista per fine 2020. Nel 2015 è stata lanciata una piattaforma digitale per le costruzioni con l'obiettivo di raccogliere esperienze e contributi in modo da delineare una strategia nazionale per l'adozione del BIM a partire dai casi studio;
- Lussemburgo: non dispone di una normativa in fatto di BIM. Anche in questo caso è stato istituito un *task group* per la sua l'adozione;
- Paesi Bassi: ha una norma sul BIM dal 2013. Si tratta di un documento che rende il BIM obbligatorio nei contratti di tipo DBFMO (*Design-Build-Finance-Maintain-Operate*) ma un piano per la sua obbligatorietà negli appalti pubblici è ancora in lavorazione;
- Danimarca: ha una norma sul BIM a partire dal 2013. È uno dei paesi in cui il ragionamento sul BIM è maggiormente sviluppato, infatti la sperimentazione di questo metodo risale già al 2001. La progettazione in BIM è obbligatoria per appalti pubblici al di sopra dei 700.000 € e per progetti a finanziamento pubblico che superino i 2,7 milioni di euro;
- Irlanda: non ha una normativa in fatto di BIM. Ha varato recentemente un proprio piano di implementazione, con la formazione di un gruppo e la sperimentazione di un progetto, che dovrebbe portare all'introduzione del BIM in un paio d'anni;
- Regno Unito: è considerato il punto di riferimento europeo (al momento è ancora uno stato membro) per l'adozione del BIM. Come è successo per gli altri paesi, anche in questo caso il processo è iniziato con una ricerca che ha portato all'adozione del *BIM Protocol v2.1* nel 2015, un documento in continuo aggiornamento. È forse il paese che ha investito maggiormente in

questo processo, per cercare di raggiungere il complicato livello 3, la piena collaborazione;

- Portogallo: la progettazione in BIM per gli appalti pubblici è obbligatoria dal 2009;
- Spagna: non ha una normativa in fatto di BIM, prevista per il 2018. L'idea è quella di iniziare ad utilizzare il BIM per opere pubbliche di nuova costruzione con budget superiore a 2 milioni di euro;
- Austria: dispone di un set di standard dal 2013 che non costituiscono normativa, ma linea guida. Anche se il metodo risulta abbastanza affermato, non vi è alcun obbligo del BIM per gli appalti pubblici;
- Finlandia: ha reso obbligatorio l'uso del BIM già nel 2008, e gli standard sono stati revisionati nel 2012. Il loro obiettivo è di estendere l'uso del BIM all'intero ciclo di vita dell'edificio, anche se si è riscontrata poca sensibilità al tema da parte di progettisti e investitori;
- Svezia: dispone di un obbligo normativo in merito al BIM dal 2012, che ne incentiva l'utilizzo a livello collaborativo;
- Cipro: non dispone di un obbligo normativo in fatto di BIM, anche se stanno iniziando a svolgere le prime sperimentazioni sul tema;
- Estonia: non dispone di una normativa nazionale, ma si stanno occupando della redazione di linee guida nello specifico per gli standard di modellazione e le modalità di condivisione;
- Lettonia: non dispone di una normativa in fatto di BIM, ma sprona le piccole e medie imprese ad utilizzare il BIM al fine di ottenere un maggiore impatto sul mercato;
- Lituania: è attivo nella ricerca sul BIM dal 2002, dispone di un gruppo di lavoro ma non di una normativa finita;
- Polonia: non dispone di una normativa in fatto di BIM, prevista per fine 2017. Nella nuova legge sugli appalti pubblici si parla di BIM, sulla necessità di evitare che l'introduzione dell'obbligo generi irregolarità concorrenziali, e su uno stanziamento di fondi per l'implementazione fino al 2020;

- Repubblica Ceca: non dispone di una normativa in fatto di BIM, ma nel 2015 è nato un *task group* per mettere in atto una serie di operazioni di monitoraggio circa l'adozione del metodo nel Paese;
- Ungheria: ha norme in lavorazione ma non sono ancora state pubblicate;
- Slovacchia, Grecia, Slovenia, Malta, Bulgaria, Romania e Croazia non presentano significative azioni atte allo sviluppo di standard nazionali.

## 2.4.2 Paesi Extraeuropei

Vediamo i paesi che stanno attuando le politiche più incisive con l'obiettivo di adottare il BIM:

- Norvegia: le prime prese di posizione in favore del BIM risalgono al 2000, una prima direttiva è stata redatta nel 2005, riveduta poi nel 2013 ed attualmente in uso. Con questo documento viene richiesto l'utilizzo del BIM nei progetti dal 2016;
- Islanda: ha fondato il comitato per l'implementazione nel 2007 ma l'introduzione del metodo è stata decisamente lenta, soprattutto a causa della mancanza di progetti pilota che abbiano davvero sfruttato le potenzialità del metodo;
- Russia: nel 2014 è stata resa pubblica la decisione di introdurre il BIM negli appalti pubblici. Da allora sono stati realizzati 25 progetti pilota e si attendono sviluppi entro due anni;
- Canada: non dispone ancora di una normativa nazionale in materia di BIM, anche se si è registrato un atteggiamento favorevole nei confronti della sua adozione;
- Stati Uniti: con la pubblicazione di un programma nazionale nel 2003, si può affermare che il BIM sia nato qui. Al momento, il BIM di matrice statunitense è improntato ai processi di *clash detection* (controllo delle interferenze tra i modelli, ovvero verifica della coerente progettazione) e *time planning*, mentre i processi collaborativi sono poco sviluppati;
- Giappone: le sperimentazioni sul BIM sono iniziate nel 2010, mentre nel 2012 sono state rilasciate le linee guida. Attualmente si sta lavorando per lo sviluppo di standard di modellazione nazionale.

### 2.4.3 Italia

Il 18 aprile 2016 è stato approvato il decreto legislativo n.50, noto come Codice Appalti, che regolamenta “l’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” A un anno di distanza dall’approvazione del decreto, a causa delle difficoltà riscontrate nei primi mesi di applicazione delle nuove regole è stato emanato un testo correttivo entrato in vigore il 19 aprile 2017. Queste le novità principali:

- Clausola sociale obbligatoria: la clausola sociale, resa obbligatoria per gli appalti “ad alta intensità di manodopera”, è una norma che prevede che la società affidataria dell’appalto assuma il personale già utilizzato dalla precedente impresa e garantisca il rispetto delle condizioni contrattuali già in essere, ove queste siano le più favorevoli;
- Criterio del prezzo più basso e i piccoli cantieri: la soglia di utilizzo del criterio del prezzo più basso per assegnare lavori è portata da uno a due milioni di euro, ma l’appalto può essere assegnato solo sulla base di un progetto esecutivo. Il criterio del prezzo più basso è inoltre subordinato all’adozione del “metodo antiturbativa”, che dovrebbe evitare la formazione di cartelli;
- Le misure anticrisi e i requisiti di qualificazione: per permettere alle aziende di lasciarsi alle spalle la stagione di crisi, nell’ambito della dimostrazione dei requisiti per l’appalto, i costruttori possono scegliere come riferimento 5 anni a scelta durante l’ultimo decennio di attività. Per i requisiti previsti per gli appalti oltre 20 milioni, i costruttori potranno scegliere tra i migliori esercizi degli ultimi 5 anni;
- Il rating di impresa: il rating, un sistema di valutazione delle aziende che aderiscono a contratti pubblici, su proposta dell’ANAC (l’ente anticorruzione) diventa volontario e viene usato come criterio premiante;

- Modifiche al subappalto: la quota di subappalto non può superare il 30% del valore complessivo delle opere. Per tutti i lavori superiori a 5,2 milioni di euro è obbligatorio indicare insieme all'offerta tre subappaltatori disponibili;
- Appalto integrato: è consentita l'assegnazione degli appalti integrati anche alle imprese che presentano il solo progetto definitivo e non anche quello esecutivo;
- Aiuti alle piccole e medie imprese e il saldo delle fatture: è previsto che negli appalti inferiori a un milione di euro siano riservati dei posti alle Pmi locali. La pubblica amministrazione è obbligata a emettere i certificati di pagamento entro 45 giorni dall'approvazione dello stato di avanzamento lavori.

In particolare, l'articolo 23 comma 13 stabilisce che un decreto del MIT (Ministero delle Infrastrutture) dovrà decidere le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà del BIM sia per le amministrazioni sia per le imprese. Come prescritto dall'articolo appena citato, è stata elaborata una bozza di decreto, il cosiddetto "Decreto BIM", nel quale sono indicate le modalità di applicazione della metodologia BIM. Il decreto è stato messo a punto dalla Commissione presieduta da Pietro Baratonò, pioniere di questo sistema nella pubblica amministrazione e provveditore alle opere pubbliche della Lombardia e dell'Emilia-Romagna, e composta da rappresentanti delle amministrazioni pubbliche, del mondo accademico e delle professioni tecnico-scientifiche. La Commissione ha avviato prima una fase di raccolta di opinioni attraverso la predisposizione di un apposito questionario e l'ascolto degli *stakeholder* (portatori di interesse), che ha portato alla costruzione di una proposta finalizzata all'adozione del decreto. La bozza del decreto è composta da nove articoli:

1. Finalità: ovvero l'obiettivo del decreto è di indicare modalità e tempi di introduzione del BIM;
2. Definizioni: è da sottolineare quella di "ambiente di condivisione dei dati", cioè un ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un'opera;

3. Adempimenti preliminare delle stazioni appaltanti: adozione di un piano di formazione del personale, di un piano di acquisizione o di manutenzione degli strumenti hardware e *software* di gestione digitale;
4. Interoperabilità: le stazioni appaltanti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari. Tutte le informazioni prodotte e condivise devono essere accessibili senza l'uso di strumenti tecnologici specifici;
5. Utilizzo facoltativo di metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture: le stazioni appaltanti possono richiedere l'uso dei metodi e degli strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture al fine di razionalizzare l'attività di progettazione e verifica;
6. Tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture:
  - 01/01/2019, per i lavori complessi di importo maggiore o uguale a 100 milioni di euro;
  - 01/01/2020, per i lavori complessi di importo maggiore o uguale a 50 milioni di euro;
  - 01/01/2021, per i lavori complessi di importo maggiore o uguale a 15 milioni di euro;
  - 01/01/2022, per le opere di importo pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici;
  - 01/01/2023, per le opere di importo maggiore o uguale a 1 milione di euro;
  - 01/01/2025, per le opere di importo minore a 1 milione di euro;
7. Capitolato: indica i contenuti del capitolato da allegare alla documentazione di gara;
8. Commissione di monitoraggio: espone le modalità per la nomina di una commissione finalizzata al monitoraggio in fase di applicazione del decreto;
9. Entrata in vigore: le disposizioni del decreto si applicano a opere i cui bandi di gara siano pubblicati successivamente alla data della sua entrata in vigore.

Dall'analisi della bozza del decreto risulta evidente che l'idea del legislatore sia quella di puntare sui concetti di trasparenza, condivisione e rintracciabilità attraverso l'introduzione del concetto, inedito per il codice dei contratti pubblici, dell'ambiente di condivisione dei dati: un ecosistema digitale, dove tutti i dati sono prodotti, raccolti e condivisi in base a criteri contrattuali, a principi giuridici sulla tutela della proprietà intellettuale, nonché tutelati da dispositivi di protezione della sicurezza dei dati. La trasparenza e la tracciabilità dei soggetti coinvolti dovrebbe, in qualche modo, riuscire anche a contrastare i fenomeni corruttivi. L'altro elemento da sottolineare è l'obbligatorietà progressiva. Da un lato il BIM rappresenta un vantaggio per tutti gli attori della progettazione, ma i costi relativi alla formazione dei professionisti e all'acquisto dei *software* richiede necessariamente un avvio graduale. Soprattutto per quanto riguarda la formazione le problematiche sono legate sia ai costi, come detto, ma anche ai tempi, infatti a causa dell'incessante evoluzione tecnologica è richiesta una formazione continua ed efficiente. Tra i vari soggetti ascoltati dal MIT c'è stato anche l'ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili) che ha redatto delle proprie linee guida, i cui punti principali riguardano proprio la gradualità nell'applicazione della metodologia, il monitoraggio delle stazioni appaltanti che applicano volontariamente l'ICT (*Information & Communication Technology*) nei bandi, e la formazione necessaria alla diffusione della conoscenza della materia da parte dei soggetti coinvolti (che dovrebbe iniziare nelle università). Quindi, in sostanza, anche se alla fine l'adozione del BIM porterà a una semplificazione del processo, la fase di implementazione sarà graduale, costosa e complessa.

Per aumentare il numero dei soggetti coinvolti nel processo partecipativo, il MIT ha aperto una consultazione pubblica online al fine di raccogliere tutti i contributi di chi è coinvolto nell'utilizzo dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, prima della pubblicazione del decreto attuativo. La consultazione, disponibile dal 19 giugno al 3 luglio 2017, permetteva agli utenti di commentare i testi dei singoli articoli della bozza del decreto attuativo, e inoltre ogni commento era a sua volta commentabile. Tutti gli input sono stati raccolti attraverso uno strumento volto a favorire la collaborazione istituzionale e la partecipazione civica online. Ora che la

consultazione è terminata, i risultati saranno presi in considerazione dal MIT nella stesura del documento definitivo del decreto.

Oltre al “Decreto BIM”, è anche in fase di redazione la norma volontaria denominata UNI 11337. La norma tratta di gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni e, nello specifico, si occupa rispettivamente di modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi, evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti, flussi informativi nei processi digitalizzati. La suddivisione dovrebbe essere la seguente:

1. Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi;
2. Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi;
3. Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell’informazione tecnica per i prodotti da costruzione;
4. Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti;
5. Flussi informativi nei processi digitalizzati;
6. Esempificazione di capitolato informativo;
7. Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi;
8. Organizzazione delle figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi.

Ad oggi, soltanto le parti 1, 4 e 5 sono state approvate e pubblicate. Vediamole più nel dettaglio.

La parte 1 della norma si occupa di precisare definizioni e concetti, e in particolare riguarda: modalità di trasmissione delle informazioni (elaborati e modelli), significato di oggetti digitali, e strutture informative dei prodotti e dei processi. Poiché il processo delle costruzioni genera una gran quantità di dati, la norma li classifica in base al grado di densità in: dato (singolo elemento conoscitivo), informazione (insieme di dati organizzati) e contenuto informativo (insieme di informazioni organizzate). Successivamente, i dati vengono condivisi tra gli operatori e con la committenza attraverso i veicoli informativi, ovvero gli elaborati (veicoli di rappresentazione) e i modelli (veicoli di virtualizzazione). Mentre gli elaborati possono essere digitali, non digitali o copie digitali di elaborati digitali e, di



conseguenza, possono essere gestiti con o senza l’ausilio di strumenti elettronici, i modelli sono esclusivamente digitali e possono essere utilizzati solo tramite apparecchiature elettroniche. Il prodotto risultante del settore delle costruzioni è un’opera o un complesso di opere tra loro correlate e possono essere edifici, infrastrutture o modifiche dell’ambiente naturale.

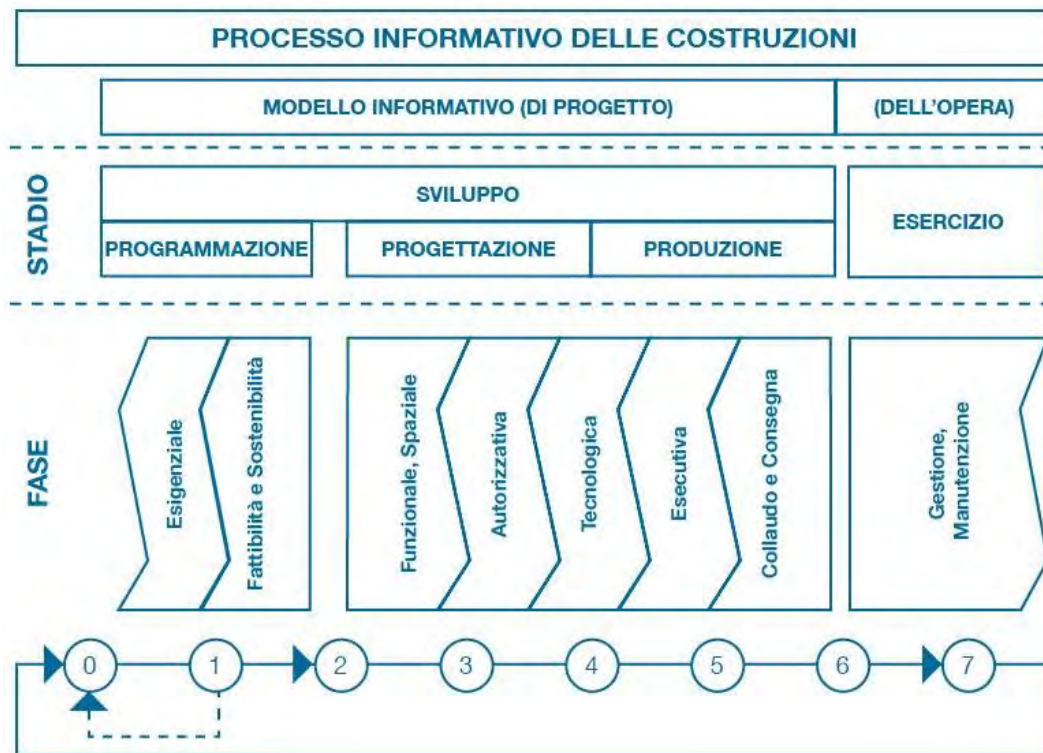


Figura 2.4 Processo informativo delle costruzioni (fonte: progetto di norma U87007271)

La norma descrive la struttura informativa del “prodotto risultante delle costruzioni” come una struttura che comprende sia elementi fisici (ad es. terreno e attrezzature) che concettuali (ad es. i processi). I principali punti da considerare di questa struttura sono:

- Processo, i cui contenuti informativi riguardano le attività svolte durante le fasi di progettazione ed esecuzione e le risorse usate in tali attività;
- Spazio, dove le informazioni sono attinenti a superfici e volumi individuati e aggregati in base alla funzione e/o destinazione d’uso;
- Sito, i cui contenuti informativi riguardano l’ambiente destinato ad accogliere le opere e le modifiche introdotte su di esso;

- Edificio/Infrastrutture, dove le informazioni sono relative alle opere realizzate, suddivise nei relativi sistemi, sottosistemi e componenti.

A questo punto la norma pone una grande attenzione proprio al processo, puntualizzandole la composizione, definendo la “struttura informativa del processo”. Viene proposta una sequenza strutturata di stadi, a loro volta costituiti da fasi, che riguardano la produzione e la gestione dei contenuti informativi. Nello specifico, al raggruppamento di stadi costituenti lo sviluppo corrisponde un modello informativo del progetto, mentre allo stadio di esercizio corrisponde il modello informativo dell’opera. Gli stadi rispondono a una concezione fine-inizio, cioè uno stadio non può iniziare se quello precedente non è stato concluso e approvato; cosa diversa accade per una fase che, all’interno di uno stesso stadio, può iniziare anche se quella precedente ancora non risulta conclusa. Gli stadi e le fasi rispondono a valutazioni tecnico-funzionali e non hanno diretta rispondenza con i livelli di progettazione previsti nell’ordinamento delle opere pubbliche vigenti. Nonostante ciò, tali livelli devono essere comunque all’interno della strutturazione prevista:

- La fase informativa funzionale spaziale includerà i contenuti informativi dello studio di fattibilità tecnico-economica e del documento preliminare alla progettazione;
- La fase informativa autorizzativa includerà i contenuti informativi del progetto definitivo;
- La fase informativa tecnologica includerà i contenuti informativi del progetto esecutivo.

Infine, la modalità di individuazione delle fasi e la conseguente denominazione loro assegnata non dipende da un predefinito livello di sviluppo della progettazione, bensì dagli obiettivi che nel processo dovranno progressivamente essere raggiunti ai fini del completamento della progettazione/realizzazione/gestione dell’opera. Nella parte 4 della norma viene affrontata l’evoluzione e lo sviluppo informativo dei modelli, elaborati e oggetti, con l’introduzione dei LOD (*Level of Development*, o Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali). Il punto di partenza è la necessità di precisare gli obiettivi delle fasi di ciascun processo, cosa che il committente fa nel “Capitolato Informativo” e, come conseguenza, definisce anche gli obiettivi informativi di ciascun modello e i relativi usi specifici. Dagli usi del modello,

infine, discende la necessità di precisazione del LOD di ciascun oggetto costituente il modello stesso.

A questo punto è necessario vedere come vengono caratterizzati i LOD nella normativa:

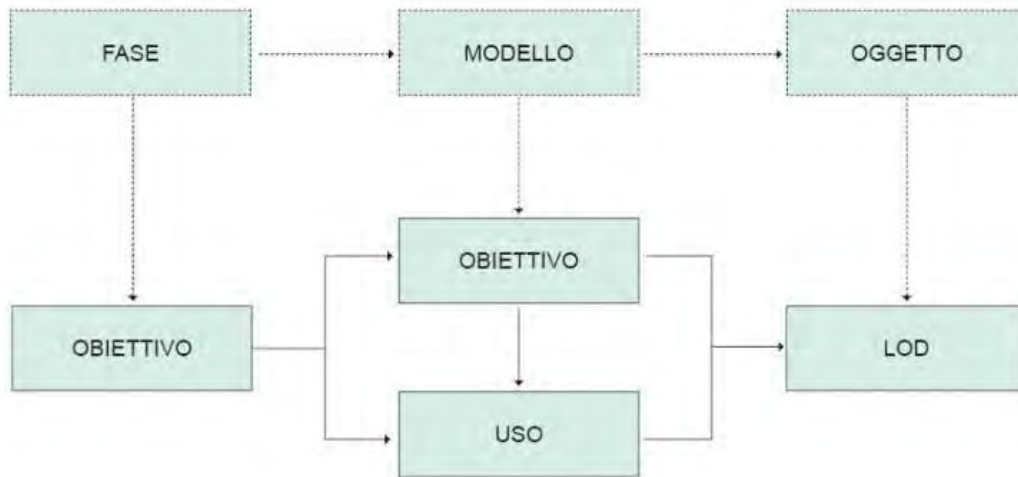


Figura 2.5 Usi e obiettivi del modello e delle fasi (fonte: progetto di norma U87007274)

- In analogia con la normativa di riferimento britannica e statunitense, i LOD sono definiti come valutazione sia dei livelli di sviluppo degli attributi grafici che di quelli non grafici;
- Il livello di sviluppo di un oggetto digitale è definito dalla natura, quantità, qualità e stabilità dei dati e delle informazioni costituenti l'oggetto;
- Non esiste un'unica classificazione di LOD, ma si preferisce introdurre quattro diverse scale:
  1. Scala generale di LOD, per edifici e interventi di nuova costruzione;
  2. Scala di LOD per gli interventi di restauro;
  3. Scala di LOD per interventi territoriali e le infrastrutture;
  4. Scala di LOD per mezzi e attrezzature;
- A differenza di quanto avviene con la classificazione numerata USA e UK, la norma italiana utilizza le lettere dell'alfabeto:
  1. LOD A: oggetto simbolico;
  2. LOD B: oggetto generico;

3. LOD C: oggetto definito;
4. LOD D: oggetto dettagliato;
5. LOD E: oggetto specifico;
6. LOD F: oggetto eseguito;
7. LOD G: oggetto aggiornato;

Allo scopo di consentire un consapevole utilizzo dei dati e delle informazioni tra gli attori del processo, la norma introduce e definisce lo stato di lavorazione e lo stato di approvazione dei modelli e degli elaborati. Lo stato di lavorazione individua il grado di progressione operativo (dall'elaborazione all'archiviazione) mentre lo stato di approvazione definisce il grado di affidabilità formale del contenuto informativo.

La parte 5 è finalizzata alla descrizione e definizione dei ruoli, requisiti e flussi informativi propri del processo di digitalizzazione del comparto delle costruzioni. Prima di tutto viene introdotta e chiarita una nuova terminologia, fino ad ora sconosciuta al settore, di diretta derivazione dalle norme tecniche inglesi: *BIM Coordinator* (coordinatore delle informazioni), *BIM Manager* (gestore delle informazioni), *BIM Modeller* (modellatore delle informazioni), CI (capitolato informativo), oGI (offerta per la gestione informativa), pGI (piano per la gestione informativa), *Code Checking* (analisi delle incoerenze), *Clash Detection* (analisi delle interferenze geometriche).

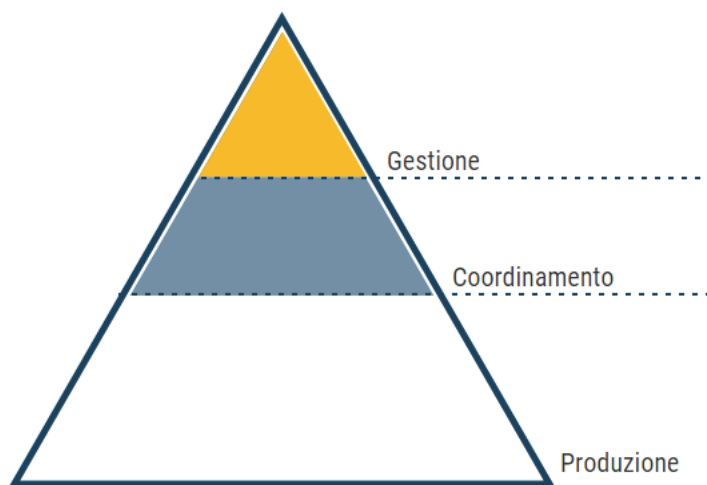


Figura 2.6 BIM pyramid

La gestione dei requisiti informativi secondo la norma italiana avviene mediante l'elaborazione dei seguenti documenti: CI, oGI e pGI. Nel Capitolato Informativo, redatto a cura del committente prima della procedura di affidamento, vengono precisate tutte le esigenze informative e i relativi requisiti del committente stesso. I soggetti interessati all'affidamento, provvedono a redigere ciascuno una propria oGI in cui viene documentata l'offerta per il soddisfacimento delle esigenze della committenza. L'affidatario individuato si occupa di redigere il pGI, in cui dovrà essere approfondita e precisata l'originaria offerta per la gestione informativa. La norma affronta, poi, l'aspetto della gestione dei contenuti informativi, rivolgendo l'attenzione verso i modelli, gli elaborati, le schede e gli oggetti: la finalità è garantire la completezza, la trasmissibilità e la congruenza delle informazioni in essi contenuti. Nella gestione dei modelli la possibilità di automazione del loro coordinamento ha da sempre suscitato forte interesse tra gli operatori, e la norma ne definisce tre differenti livelli: il coordinamento di dati e informazioni effettuato all'interno di un solo modello singolo, il coordinamento tra differenti modelli singoli e il coordinamento da effettuarsi tra i contenuti informativi generati da modelli grafici e quelli non derivanti da modelli grafici.

Per ciascuno stadio e relativamente alla specifica fase del processo sono previsti momenti di verifica delle informazioni veicolate. La norma prevede tre livelli di verifica: una verifica interna e formale (corretta modalità di produzione, consegna e gestione delle informazioni), una verifica interna ma di tipo sostanziale (accerta la leggibilità, tracciabilità e coerenza delle informazioni contenute nei vari modelli), e una verifica da effettuarsi a carico del committente ed è sia di tipo formale che sostanziale. Infine, quasi a voler chiudere il cerchio, la norma riprende uno dei punti fondamentali del Decreto BIM: l'Ambiente di Condivisione Dati, equivalente del *Common Data Environment*, sottolineandone la necessità della sua creazione e i requisiti principali per la sua utilizzazione. L'organicità della concezione della norma, insieme ad altri aspetti innovativi rispetto alle norme di altri paesi, le fanno assumere una posizione di spicco tale da poter influenzare le norme tecniche sia europee che internazionali

Assegnazione

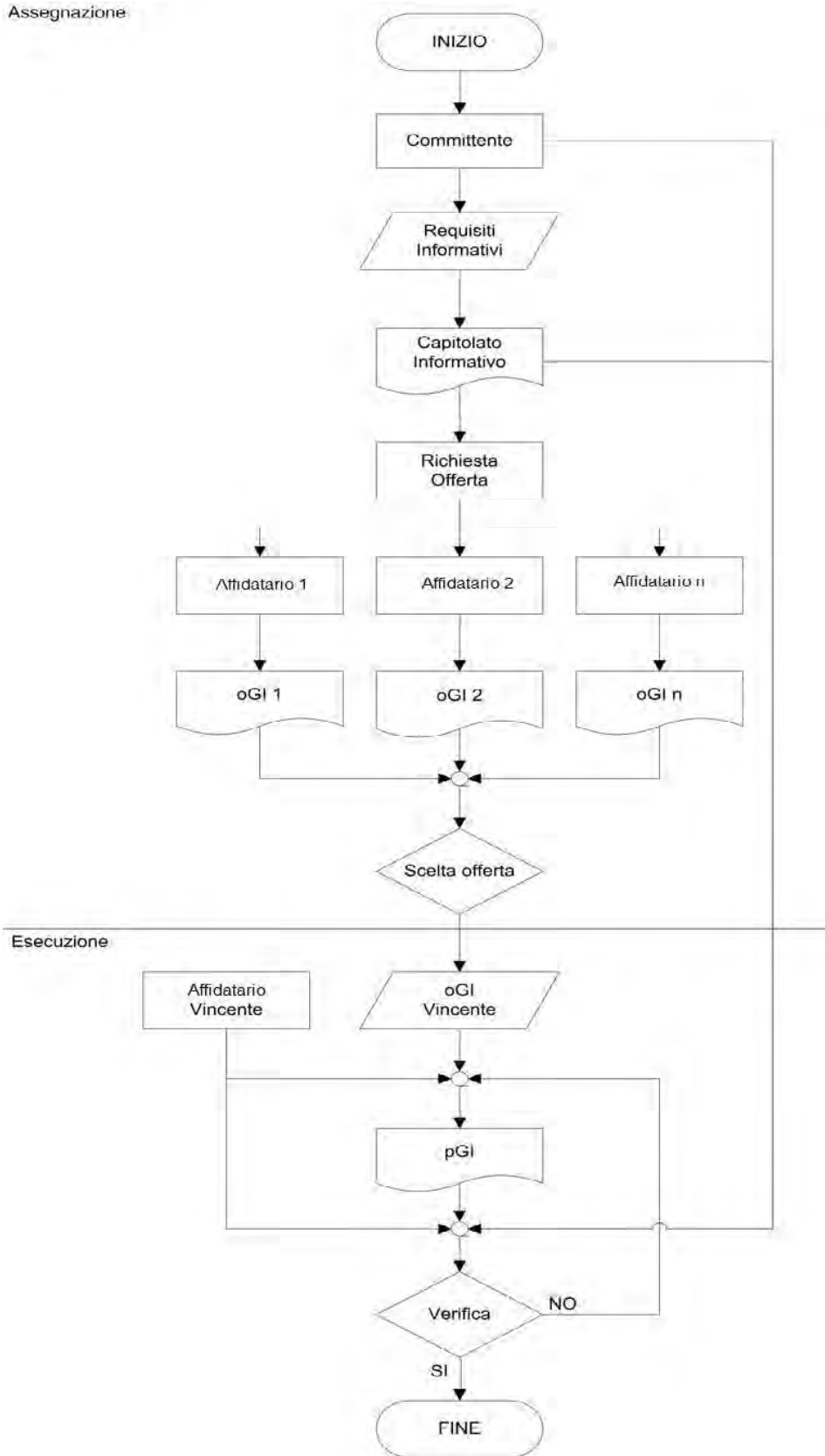


Figura 2.7 Flusso informativo (fonte: progetto di norma U87007275)

## 2.5 Il BIM nel concreto: il modello

Da un punto di vista teorico nei paragrafi precedenti si è visto che le aree che compongono il metodo BIM sono molteplici e in continua evoluzione, ma com'è fatto un modello e quali informazioni può contenere? La quantità di informazioni che si possono inserire all'interno di un modello è enorme e potenzialmente controproducente se non si sta attenti a selezionare quelle che realmente sono necessarie all'obiettivo da raggiungere, cioè la progettazione integrata. Le informazioni più comunemente raccolte in un modello BIM riguardano la localizzazione geografica, la geometria, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione e le operazioni di manutenzione; inoltre può facilmente computare le quantità caratterizzanti un singolo elemento tecnico.

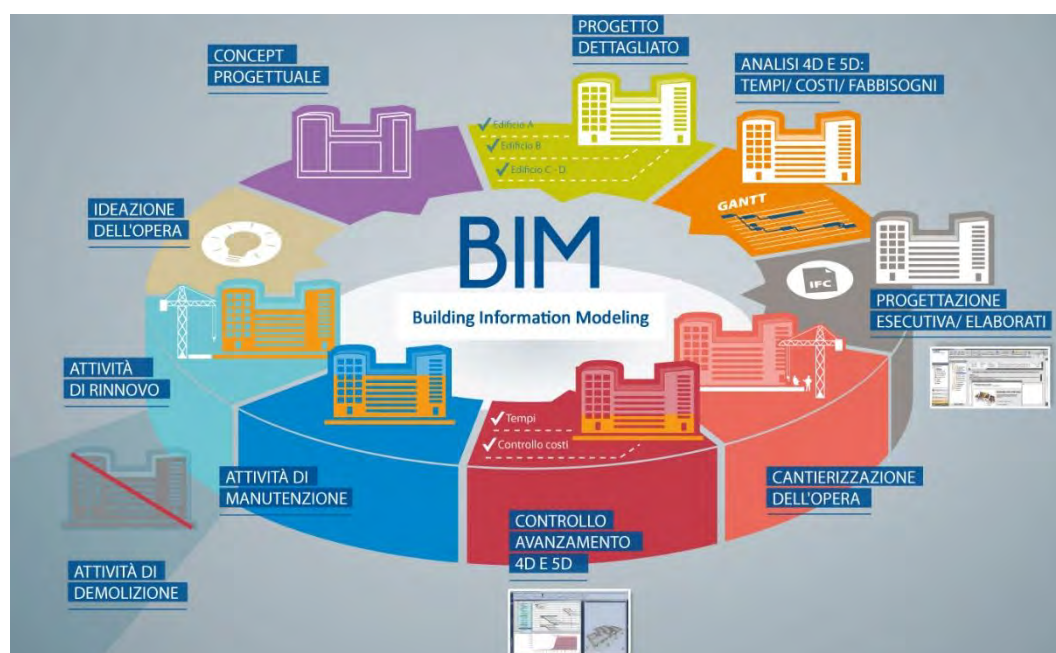


Figura 2.8 Schema delle informazioni inseribili in un modello BIM

L'obiettivo ideale è quello di utilizzare il modello in BIM per la gestione di un oggetto architettonico, dalla progettazione passando per la manutenzione e fino all'eventuale demolizione. Abbiamo già visto che la possibilità di avere diversi elaborati e diverse viste permette di condividere il progetto con tutti gli operatori interessati. Perciò, la capacità di utilizzare il BIM, di scegliere le giuste informazioni e di saper interrogare il modello in modo specifico permette di

ottenere risultati impensabili utilizzando un *software* CAD, che oggi resta ancora il programma più utilizzato per la progettazione. Questo dipende sia dal fatto che approcciarsi al BIM richiede una certa quantità di risorse, in termini di tempo e di costo, sia perché si considera la progettazione ancora un aspetto a sé stante rispetto alle altre fasi di vita di un edificio, soprattutto rispetto alla fase di esecuzione. In questo senso, una spinta significativa per aumentare l'uso del BIM può venire dalle imprese che, attraverso un unico modello, possono avere sia le informazioni architettoniche che quelle esecutive. I vantaggi e le potenzialità sono numerosi: processi più veloci ed efficienti, incremento di produttività, controllo e riduzione dei costi dell'intero ciclo di vita dell'opera, eliminazione dei costi di re-work, sovrapposizione dei modelli per individuare eventuali errori di progettazione e controllo correttezza dei modelli in base alle normative. Tutto questo in un unico contenitore: il BIM.



## **CAPITOLO 3**

---

### **RSPP e BIM: sinergia possibile?**



### 3.1 Introduzione

Nei primi due capitoli sono stati individuati e delineati due macro temi: da un lato l'evoluzione normativa e dall'altro le potenzialità del BIM. Il punto di incontro è la sicurezza sul luogo di lavoro e chi si occupa di sicurezza in cantiere, insieme al datore di lavoro, è il RSPP, figura tanto importante quanto complicata a causa delle numerose responsabilità e impegni legati al suo ruolo. La seguente analisi è stata fatta cercando di individuare i bisogni e, quindi, le possibili soluzioni attuabili. Inoltre, per andare a delineare in modo più concreto i compiti e le esigenze del RSPP, è stato formulato un questionario al quale hanno risposto due professionisti: il signor R. Mancusi, della Mancusi Group Srl e l'ingegner P. Saluzzi, che si occupa di sicurezza.

Ciò che emerge dal Testo Unico è che il Responsabile, nominato dal datore di lavoro, ha una serie di compiti complessi all'interno dell'organizzazione e della gestione del cantiere. L'elenco dei compiti, però, lascia un largo margine d'interpretazione perché la norma non va ad indicare nello specifico il modo in cui gli obblighi devono essere svolti, riguardo soprattutto la sicurezza e la formazione dei lavoratori, e questo ha dato luogo a una fase di sperimentazione.

#### Questionario

D: Il Testo Unico elenca in modo generale i molti compiti del RSPP. Ma, in realtà, come si approccia un RSPP a un cantiere? È possibile stabilire una scala di priorità delle cose da fare?

- R1: Le attività del RSPP in cantiere sono tante, ma la priorità resta sempre la sicurezza dei lavoratori che si traduce nel cercare di prevenire gli infortuni. Tutti i suoi compiti sono importanti in tal senso, dall'iniziale valutazione dei rischi, fondamentale per individuare i presidi di sicurezza, alla formazione, necessaria per far conoscere agli operai le lavorazioni da effettuare, i rischi ad esse correlati e il modo migliore per effettuarle.
- R2: È difficile suddividere i compiti del RSPP per priorità, poiché tutti concorrono a ridurre il rischio in cantiere e a ottenere la miglior prevenzione possibile. Il RSPP è un tecnico con un'adeguata formazione, nominato dal

datore di lavoro. Ha un grande impatto in cantiere perché oltre a svolgere la sua funzione di consulente per il datore di lavoro, si relaziona con molte altre figure, sia interne, come il medico competente e il responsabile dei lavoratori per la sicurezza, sia esterne, ovvero gli organi di vigilanza (ispettorato del lavoro e servizio di sicurezza dell'azienda sanitaria) che periodicamente fanno visita al cantiere. Inoltre, ha rapporti con progettisti, fabbricanti, installatori, appaltatori e lavoratori autonomi e dovrebbe essere coinvolto anche in fase di progettazione.

D: Il RSPP è nominato dal datore di lavoro, che resta comunque il principale responsabile riguardo alla sicurezza. Qual è il rapporto tra le due figure?

- R1: Il datore di lavoro, secondo la normativa, nomina il RSPP con il quale si occupa dei diversi aspetti della sicurezza. Sicuramente deve esserci un rapporto di fiducia, dato che la nomina del RSPP non implica una delega di responsabilità penale e civile in caso di infortunio. Da un lato il datore di lavoro, una volta nominato il Responsabile, deve lasciargli la possibilità di lavorare in tranquillità e accettare le sue disposizioni, dall'altro, il RSPP deve svolgere le sue numerose attività nel miglior modo possibile.
- R2: Anche se la legge prevede la possibilità di nominare il RSPP, spesso nelle piccole realtà è lo stesso datore di lavoro a svolgere tale funzione, se è in possesso delle competenze richieste. Quando sono presenti entrambe le figure, il datore di lavoro mantiene il ruolo di responsabilità per quanto riguarda la sicurezza e il RSPP ha una funzione esclusivamente consultiva: affianca il datore di lavoro nella valutazione dei rischi e verifica la presenza di eventuali criticità (ad esempio, sistemare un'impalcatura) e le segnala al datore di lavoro che provvede agli adempimenti. Il RSPP non può intervenire direttamente, non ha capacità di spesa, può solo comunicare al datore di lavoro gli interventi necessari.

### **3.2 Responsabilità penale e civile del RSPP**

Il senso di incertezza legato ai compiti del RSPP si è avuto anche da un punto di vista giuridico: come è stato detto nel primo capitolo, infatti, il Testo Unico non prevede sanzioni per il RSPP il che non significa che egli non possa incorrere in una responsabilità penale, anche per reati piuttosto gravi. Infatti, secondo la Cassazione, il RSPP “risponde, insieme al datore di lavoro, per il verificarsi di un infortunio ogni qual volta questo sia oggettivamente riconducibile ad una situazione pericolosa che egli avrebbe avuto l’obbligo di conoscere e segnalare” (Cass. Pen. Sez. IV 27.01.2011 n. 2814). Tale impostazione è piuttosto recente, infatti fino alla fine degli anni ‘90 la Giurisprudenza considerava tale figura come integrativa e strumentale rispetto a quella del datore di lavoro, come riportato esplicitamente nella Sentenza 25/01/1999 della Pretura di Trento dove si affermava che il RSPP avesse un “mero obbligo nei confronti del datore di lavoro di segnalare la presenza di omissioni in materia, dovendo poi il datore di lavoro stesso provvedere all’applicazione delle prescrizioni del caso”. Tale andamento venne stroncato dalla condanna del governo italiano da parte della Corte di Giustizia della Comunità Europea con la sentenza C-49/00 del 15/11/2001 che, valutando la normativa contenuta nell’originaria versione del D.Lgs. 626/94, dichiarava che “non avendo prescritto che il datore di lavoro debba valutare tutti i rischi per la salute e la sicurezza esistenti sul luogo di lavoro, avendo consentito al datore di lavoro di decidere se fare o meno ricorso a servizi esterni di protezione e di prevenzione quando le competenze interne all’impresa sono insufficienti, e non avendo definito le capacità e le attitudini di cui devono essere in possesso le persone responsabili delle attività di protezione e di prevenzione dei rischi professionali per la salute e la sicurezza dei lavoratori, la Repubblica italiana è venuta meno agli obblighi che ad essa incombono in forza degli artt. 6, n. 3, lett. a), e 7, nn. 3, 5 e 8, della direttiva del Consiglio 12 giugno 1989, 89/391/CEE, concernente l’attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro”. A questo punto il governo non poteva far altro che recepire la direttiva e modificare la normativa: viene emanato il D.Lgs. 23/06/2003 n.195 (detto “Decreto RSPP”) che andava a definire e rafforzare il ruolo e le responsabilità

del RSPP, con una disciplina che oggi si è mantenuta inalterata nel D.Lgs. 81/2008. Con l'entrata in vigore della riforma, non è stata più messa in dubbio l'esistenza della responsabilità penale del RSPP, nei casi in cui fosse possibile dimostrare una mancanza del medesimo. Il datore di lavoro, che resta sempre il titolare della posizione di garanzia e, quindi, il responsabile in caso di infortunio sul lavoro, ha l'obbligo di effettuare la valutazione dei rischi e di elaborare il documento di prevenzione e protezione. Queste attività vengono svolte con l'ausilio di un professionista, il RSPP, sul quale può ricadere una parte o tutta la responsabilità penale. In quali casi? Prima di tutto bisogna distinguere il piano delle responsabilità prevenzionali, derivanti dalla violazione di norme di puro pericolo, e di responsabilità per reati colposi di evento, quando cioè si siano verificati infortuni sul lavoro o malattie professionali. Per quanto riguarda la prima tematica, il datore di lavoro risulta unico responsabile, nonostante l'errore di valutazione commesso dal RSPP, dal momento che tale errore non si sarebbe verificato se vi fosse stata una maggiore attenzione nella scelta (*culpa in eligendo*) o nel controllo dell'attività di consulente (*culpa in vigilando*). Riguardo alla seconda tematica, invece, se la condotta del RSPP ha determinato un evento lesivo, egli non può essere esonerato da un'eventuale responsabilità per colpa professionale. Perciò, nel caso in cui un RSPP abbia violato i doveri a lui imposti dal decreto e abbia indotto il datore di lavoro a non utilizzare un'adeguata misura prevenzionale, lo stesso soggetto potrebbe risultare responsabile, insieme al datore di lavoro o in modo esclusivo, dell'evento di danno derivato. In sostanza vi è corresponsabilità del RSPP con il datore di lavoro, nel caso si verifichi un evento lesivo, tutte le volte che l'inosservanza dei compiti di prevenzione attribuiti al RSPP dalla legge si configura come una delle concause dell'evento lesivo. In ogni caso, per affermare la responsabilità del RSPP devono essere presenti due elementi: la colpa (negligenza, imprudenza o imperizia del RSPP) e il nesso causale (collegamento tra l'errata condotta del RSPP e l'evento infortunistico). Se uno dei due elementi manca non vi è responsabilità. Alla base della responsabilità penale del RSPP ci sono due articoli del Codice Penale:

- Art. 40 "Rapporto di causalità", ovvero non impedire un evento, che si ha l'obbligo giuridico di impedire, equivale a cagionarlo;

- Art. 41 “Concorso di cause”, ovvero la concorrenza di più cause, anche indipendenti dall’azione o omissione del colpevole, non esclude il nesso di causalità fra quell’azione o omissione e l’evento, anche se consistono in fatti illeciti commessi da altri; l’esclusione di responsabilità interviene solo se tali con-cause sono da sole sufficienti per causare l’evento (nel nostro caso l’infortunio sul lavoro).

Quali sono i reati che possono configurarsi in capo al RSPP? I più gravi sono: omicidio colposo e lesioni personali colpose. Accanto a questi ve ne sono altri, reati contro la pubblica incolumità, che potremmo definire collaterali all’attività del RSPP. Riconsideriamo l’esempio citato all’inizio, il disastro dell’acciaieria ThyssenKrupp di Torino, in cui il RSPP è stato condannato in primo grado alla pena di 13 anni e 6 mesi di reclusione per omicidio colposo plurimo aggravato, nonché per incendio colposo, poiché con il suo comportamento negligente aveva colposamente accettato il rischio che si verificasse un incendio nella “Linea 5” mettendo così in pericolo un numero indeterminato di persone.

L’ambito delle responsabilità del RSPP non si esaurisce con la responsabilità penale, ma riguarda anche la responsabilità civile. Se dalla sua consulenza derivano danni a qualcuno, il RSPP deve provvedere al risarcimento. Si possono individuare due macro aree:

- Responsabilità extracontrattuale, che trova fondamento nell’articolo 2043 del Codice Civile (“Qualunque fatto, doloso o colposo che cagiona ad altri un danno ingiusto, obbliga colui che ha commesso il fatto a risarcire il danno”). Per fatto doloso o colposo si intende qualsiasi azione, volontaria o involontaria, ma posta in essere per negligenza, imprudenza o imperizia, che causi un danno a qualcuno. Ad esempio, la mancata adozione di misure preventive di un rischio o la mancata informazione dei lavoratori sono azioni che, in caso di infortunio, obbligano il RSPP a risarcire gli oggetti lesi. Inoltre, a differenza della responsabilità penale, l’obbligo di risarcire sopravvive alla prescrizione e il danno può non riguardare solo il lavoratore infortunato, ma può estendersi anche al danno subito dagli enti previdenziali o assistenziali, al danno subito dai coniugi dell’infortunato e ai danni alla salute pubblica;

- Responsabilità contrattuale, legata all'obbligo da parte del RSPP di svolgere i compiti propri a tale figura, a fronte di un compenso da parte del datore di lavoro. Il datore di lavoro che subisce un danno a causa di un'errata consulenza del RSPP può contestare l'inadempimento contrattuale e, eventualmente, richiedere i danni. In caso di responsabilità contrattuale, la cosa è legata solo ai soggetti che sono parte del contratto (datore di lavoro e RSPP) e il risarcimento, solitamente, riguarda i soli danni patrimoniali.

Perché la giurisprudenza si è orientata in questo modo, cambiando direzione dopo l'approvazione del "Decreto RSPP"? Nel Decreto e, successivamente, nel Testo Unico vengono ben elencati i requisiti che deve avere un professionista per ricoprire tale ruolo: titolo di studio, formazione adeguata e aggiornamento. Tutto ciò implica che il soggetto designato abbia tutte le competenze per svolgere al meglio il proprio ruolo e, di conseguenza, si vanno a punire comportamenti negligenti e superficiali. Tutto ciò, quindi, non deve far pensare al RSPP come a un tecnico che compila in automatico la valutazione dei rischi, ma bisogna guardare alla sostanza delle cose. La sicurezza sul lavoro non può essere considerata una formalità o un adempimento documentale, deve diventare un aspetto culturale ed etico al fine di migliorare il benessere dei lavoratori.

## Questionario

D: Il Testo Unico non fornisce indicazioni su come valutare e prevedere i rischi e, d'altro canto, l'elenco dei requisiti necessari a ricoprire il ruolo di RSPP implica che egli sia in grado di riconoscerli tutti. Fino a che punto può essere spinto il concetto di previsione quando si parla di rischi?

- R1: Il rischio zero non esiste, si può però cercare di ridurre al minimo il tasso di rischio e, di conseguenza, far lavorare gli operai ai massimi livelli di sicurezza. È necessario considerare l'evoluzione del cantiere, evitando le interferenze tra le lavorazioni e allo stesso tempo bisogna pensare ai rischi specifici, come ad esempio il problema del rumore, sia in termini di esposizione del lavoratore interessato sia per quanto riguarda i disagi che potrebbe provocare ai lavoratori intorno. In sostanza, tutto ciò che in



cantiere viene usato, trasformato e messo in opera deve essere valutato in base ai rischi e, di conseguenza, bisogna valutarne la sicurezza.

- R2: Il Testo Unico non fornisce delle informazioni specifiche per la valutazione dei rischi. Per questo motivo, negli anni successivi, sono stati pubblicati diversi modelli, come quelli rilasciati dalle ASL, da poter seguire per effettuare la valutazione. Si cerca di valutare tutte le possibili criticità legate alle varie fasi e lavorazioni in cantiere, ma il problema principale resta l'impossibilità di prevedere il comportamento umano, le attività dei singoli.

D: La Giurisprudenza sta dando un ruolo sempre maggiore al RSPP in termini di responsabilità penale e civile. In questo modo non si corre il rischio di pensare prima all'autotutela e poi alla sicurezza dei lavoratori?

- R1: La sicurezza dei lavoratori è la cosa fondamentale. Il datore di lavoro è in ogni caso il garante della sicurezza e, accanto a lui, anche la figura del RSPP, occupandosi in prima persona di sicurezza, ha assunto un maggior peso di fronte alla legge. Nella maggior parte dei casi risultano entrambi responsabili, e dunque la tutela del datore di lavoro e del RSPP passa attraverso la tutela del lavoratore. Nessuno metterebbe volontariamente un lavoratore in una situazione di rischio.
- R2: Con la nomina del RSPP il datore di lavoro non cede la sua responsabilità in termini di sicurezza, anzi, è l'unico a rispondere di fronte alla legge in due casi specifici: responsabile in *eligendo*, deve fare attenzione alla scelta del RSPP perché deve verificare che sia adeguato a svolgere il compito assegnato, controllando gli attestati di frequenza ai corsi obbligatori e assicurandosi che abbia esperienza nel settore di cui si deve occupare; responsabile in *vigilando*, il delegante (datore di lavoro) mantiene l'obbligo di sorveglianza sull'operato del delegato (RSPP), cioè deve fare attenzione che svolga effettivamente il suo lavoro. In tutti gli altri casi anche il RSPP può essere considerato responsabile e l'unico modo che ha per tutelarsi è quello di controllare che tutto venga svolto secondo le indicazioni date dalla legge.

### 3.3 Il BIM come soluzione ai bisogni del RSPP

I compiti e gli obblighi del RSPP sono molteplici e complessi. Le due grandi aree di intervento sono: la valutazione dei rischi con i relativi controlli di sicurezza e la formazione dei lavoratori. L'obiettivo però è unico: ottimizzare tempo e risorse al fine di garantire sempre una maggiore sicurezza sul posto di lavoro. Un obiettivo che sembra teorico ma che si trasforma nel concreto in un minor numero di infortuni e in una maggior velocità di esecuzione dei lavori. E volendo andare ancora di più nel concreto, tutto questo diventa un risparmio economico per le imprese.



Figura 3.1 Schema dei principali obiettivi

#### 3.3.1 Valutazione dei rischi e controlli di sicurezza

Sicuramente uno dei compiti principali del RSPP e anche uno dei più complessi riguarda i controlli di sicurezza in cantiere. In pratica, il Responsabile si occupa di verificare se siano state rispettate le indicazioni contenute nel Piano Operativo di Sicurezza (POS), un'operazione complicata perché si va dall'analisi delle attrezzature e dei macchinari alla verifica dei dispositivi di protezione individuali (DPI).



Figura 3.2 Es. di cantiere in BIM: individuazione degli spazi per la movimentazione dei materiali (infobuild.it)

Come sappiamo, il cantiere evolve e si trasforma in base alle lavorazioni da effettuare e di conseguenza ci sarà un certo cambio di attrezzature, una serie di rischi diversi e, quindi, diverse misure di sicurezza da adottare. Tutto ciò, come abbiamo detto in precedenza, non può essere racchiuso in una semplice planimetria di cantiere in 2D, che non fa altro che fotografare un singolo momento di una serie di lavorazioni. È come voler riassumere e rappresentare un intero film con un singolo *screenshot*! Il BIM ci viene in aiuto e ci permette di guardare al sistema cantiere in un modo del tutto diverso, grazie all'introduzione della quarta dimensione: il tempo. La potenza dei progetti realizzati con un *software* come *Revit*, è quella di poter visualizzare tutto lo sviluppo delle lavorazioni in un unico modello, è una simulazione degli scenari possibili. Si ragiona per fasi, estrapolate dal cronoprogramma, e ad ognuna di esse viene associata una lavorazione. In questo modo si ottiene un modello di cantiere dinamico, che permette di avere facilmente sotto controllo l'andamento teorico delle varie lavorazioni. I benefici sono molteplici:

- è possibile focalizzare l'attenzione su momenti particolarmente sensibili, analizzarli sul modello da diverse angolazioni e capire così quali possono essere i fattori di rischio presenti;
- facilita i controlli di sicurezza perché deve esserci congruenza tra ciò che è indicato nel modello e ciò che si attua nella realtà;

- permette di valutare con maggiore facilità l'andamento dei lavori in relazione alla programmazione effettuata. Siamo in un determinato giorno, si guarda il modello e poi la realtà e si traggono le dovute conclusioni. I risultati possono poi essere condivisi con tutti gli attori coinvolti nel processo.



Figura 3.3 Es. di cantiere in BIM: analisi delle interferenze (infobuild.it)

In sostanza, questo sistema ci permette di visualizzare e valutare tutte le fasi del cantiere, dall'inserimento della recinzione allo smontaggio finale.

### 3.3.2 Formazione e informazione dei lavoratori

L'altra grande sfida del RSPP è individuare metodi sempre più efficienti ed efficaci per la formazione dei lavoratori. I lavoratori devono conoscere e saper affrontare i rischi presenti in cantiere in relazione al proprio ruolo, una conoscenza che solitamente è teorica e lascia comunque molti gradi di incertezza, riguardo all'approccio reale che avrà il lavoratore nello spazio a lui designato e con le attrezzature di sua competenza, riguardo agli effettivi rischi presenti (se sono state considerate tutte le possibili casistiche) e riguardo alla reazione che avrà il lavoratore nel caso di evento imprevisto. Appare evidente il limite della sola

formazione teorica che non contestualizza il lavoratore nell'ambiente in cui si andrà a trovare ma piuttosto fornisce concetti generici. Anche in questo caso la tecnologia ci viene in aiuto e, grazie alla realtà virtuale, apre una nuova strada, proprio un nuovo modo di concepire la formazione degli operatori. Anche se il concetto di realtà virtuale è nato solo tra gli anni '60 – '70, in poco tempo si è avuto uno sviluppo esponenziale di questa tecnologia che ne ha permesso un utilizzo in campi diversi.

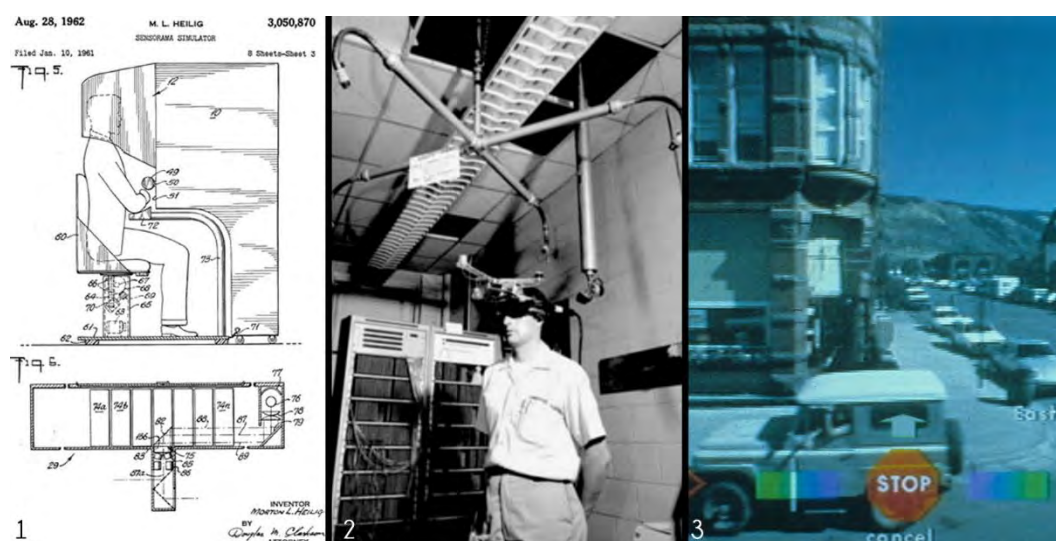


Figura 3.4 Prime tappe della realtà virtuale:

1 \_ Sensorama, di M. Heilig, 1962;

2 \_ Spada di Damocle, di I. Sutherland, 1968;

3 \_ Aspen Movie Map, realizzato dal MIT, 1977.

La diffusione di massa si è avuta grazie ai videogames che, utilizzando grafiche a sempre più alta risoluzione, hanno permesso e continuano a permettere ai giocatori un'esperienza sempre più realistica e totale. Da ciò si è capito che la realtà virtuale poteva essere utilizzata anche in altri ambiti in cui una simulazione della realtà poteva fare la differenza: ad esempio i simulatori di guida per formare i driver e le simulazioni delle sale operatorie per mettere a punto procedure chirurgiche. Dunque, non solo si vanno ad individuare le caratteristiche dei macchinari o dell'ambiente, ma si lascia interagire l'uomo così da capire quali possano essere i suoi comportamenti e le sue reazioni in determinate situazioni. Date queste premesse, non possiamo fare a meno di chiederci: è possibile applicare questa

tecnologia per migliorare la formazione degli operai di un cantiere? La risposta è affermativa, e già Phil Bernstein, *Vice President for Strategic Industry Relations* per *Autodesk*, durante la Biennale di Venezia del 2014 ipotizzava la possibilità di sfruttare le caratteristiche dei giochi per realizzare un cantiere virtuale: “cosa succederebbe se invece di avere zombies, carri armati e fucili... avessimo gru, bulldozers e operai edilizi impegnati a realizzare una struttura in acciaio? Da qui è nata l’idea di creare un modello di simulazione, in un certo senso, di un cantiere, una riproduzione di quel che succede quando si vuole realizzare una struttura in acciaio.” Il cantiere diventa poi ancora più realistico perchè all’interno della simulazione viene inserito il modello realizzato con il BIM, perciò l’oggetto da realizzare avrà tutte le caratteristiche decise in sede progettuale. Già solo la proiezione su desktop, laptop o grande schermo della simulazione e l’analisi critica permetterebbe agli operai di avere un’idea molto più chiara delle lavorazioni che dovranno eseguire e degli spazi che andranno a occupare. Ma si può andare oltre.



Figura 3.5 Alcuni degli strumenti VR di ultima generazione:

1 \_ Oculus Rift, di Facebook; 2 \_ Gear VR, di Samsung; 3 \_ HoloLens, di Microsoft.

La realtà virtuale può essere utilizzata con alcune periferiche che rendono l'esperienza sempre più immersiva:

- auricolari, che trasferiscono i suoni all'utente;
- visore, un casco o dei semplici occhiali in cui gli schermi vicini agli occhi annullano il mondo reale dalla visuale dell'utente. Il visore può inoltre contenere dei sistemi per la rilevazione dei movimenti, in modo che girando la testa da un lato, ad esempio, si ottenga la stessa azione anche nell'ambiente virtuale;
- *cybergloves* (guanti), che sostituiscono mouse, tastiera, joystick, trackball e gli altri sistemi manuali di input. Possono essere utilizzati per i movimenti, per impartire comandi, digitare su tastiere virtuali, ecc.

Immaginiamo di utilizzare questi strumenti per la formazione dei lavoratori. Abbiamo già realizzato una simulazione importando il modello BIM nell'ambientazione e quindi all'interno dell'area di lavoro. Con un visore l'operaio si immerge visivamente nel cantiere, lo può attraversare e raggiungere la sua postazione di lavoro, sperimentare la lavorazione da effettuare e individuare i passaggi più complessi. Aggiungendo gli auricolari è possibile migliorare l'esperienza inserendo i rumori del cantiere: attrezzature utilizzate, macchinari nei dintorni, altri lavoratori presenti. Già così, ogni lavoratore, ha una visione a 360 gradi dell'ambiente in cui si trova e delle sue criticità. A questa esperienza manca il senso del tatto e non è una mancanza da poco dato il tipo di lavoro che stiamo considerando. Qui entrano in gioco i *cybergloves*, che permettono di toccare l'ambiente in cui ci si sta muovendo e l'utilizzo nell'ambito della formazione può essere quello di permettere agli addetti di prendere confidenza con i macchinari da utilizzare. La simulazione in prima persona permette di capire il comportamento umano in determinate situazioni, le sue reazioni e le sue abilità. Per usare questi macchinari è necessario avere abilità sia motorie che cognitive poiché si tratta di gestire attrezzature interagendo con altri elementi presenti sul luogo di lavoro. In che modo è possibile valutare queste abilità? Con metodi oggettivi come la valutazione del tempo di esecuzione o l'accuratezza e con metodi soggettivi come l'adattabilità al cambiamento dell'ambiente o la reazione in situazioni improvvise. La risposta dei lavoratori è fondamentale per costruire un database di feedback che

servirà poi a migliorare sia il sistema di simulazione che le eventuali criticità presenti in cantiere. In tal senso è interessante analizzare lo studio fatto in questo ambito dalla *University of New South Wales* (Australia) in collaborazione con la *Purdue University* (USA). Primo elemento, la scelta del *software* utilizzato per elaborare la simulazione: Unity3D, una piattaforma nata per lo sviluppo dei giochi, scelta per la sua versatilità, la facilità di programmazione e numerosi strumenti di destinazione (cellulari, web, Windows/Mac). Gli utenti possono già recuperare un gran numero di script open-source e adattarli alle proprie esigenze grazie alle linee guida contenute sul sito ufficiale del *software*.

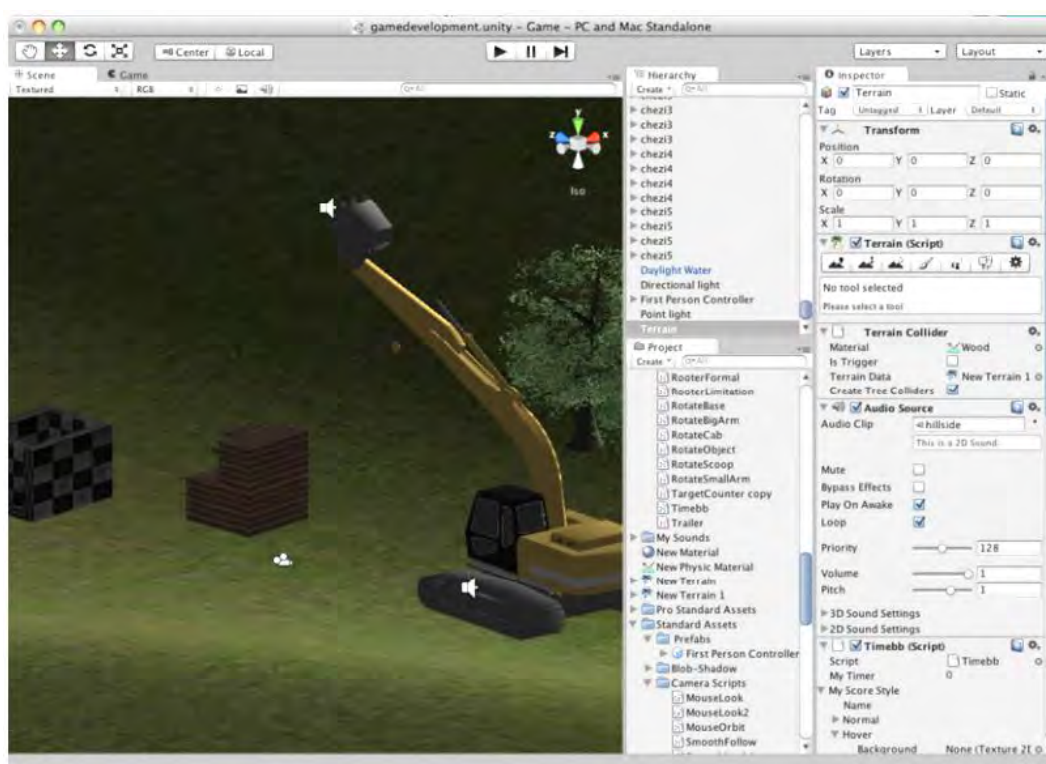


Figura 3.6 Interfaccia di sviluppo di un escavatore (iaarc.org)

Il sito di costruzione è stato realizzato con il “*terrain editor*” che permette di modificare le caratteristiche fisiche del terreno e di inserire e modellare la vegetazione, e per avere un’ambientazione ancora più realistica si possono inserire altri fattori ambientali, come luci, ombre e vento. Successivamente sono stati inseriti sul sito sia il modello dell’edificio che il prototipo dell’escavatore.



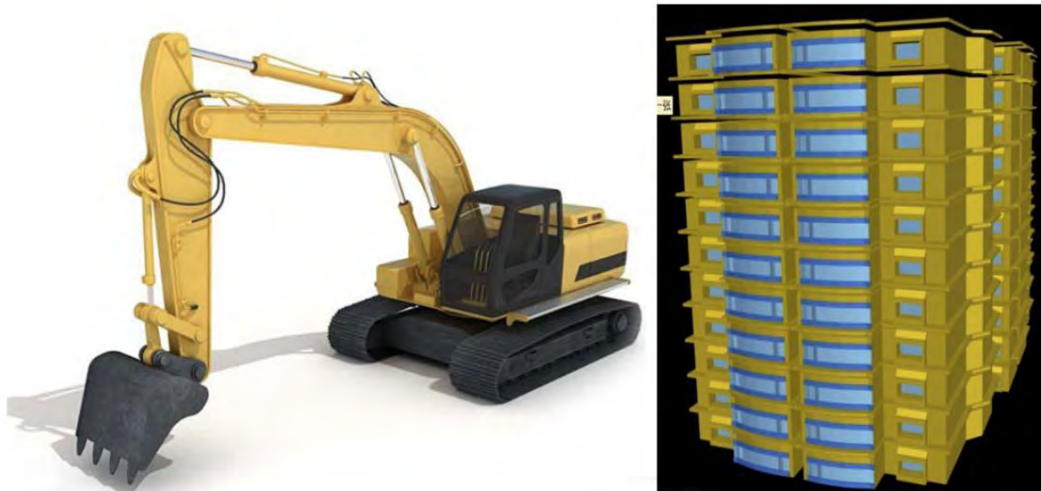


Figura 3.7 Prototipo dell'escavatore e modello dell'edificio (iaarc.org)

Un processo critico durante la costruzione della simulazione è lo *scripting*, che assegna le funzioni di ciascun componente dell'apparecchiatura. Poiché le apparecchiature sono molto complesse e dotate di movimenti individuali, si è effettuata una semplificazione racchiudendo le azioni in cinque moduli modificabili singolarmente: la benna (caricare/scaricare), lo swing (destra/sinistra), il braccio (sollevamento/abbassamento), la cabina (rotazione destra/sinistra) e la base (rotazione/movimento).



Figura 3.8 Punti di vista: dall'alto e dall'interno della cabina (iaarc.org)

Una volta terminata la simulazione è fondamentale impostare i punti di vista: una telecamera fissa è posizionata in corrispondenza del lavoratore presente in cabina, mentre altre due viste potrebbero essere quella dall'alto per avere una visione generale dell'area di lavoro e quella di profilo per analizzare l'interazione tra l'escavatore e il terreno. La simulazione è completa, l'ultima cosa da fare è affidare le periferiche al lavoratore e lasciargli così modo di prendere confidenza con il mezzo che poi andrà ad utilizzare nel cantiere reale. In sostanza, avremo una simulazione in grado di fornire suoni realistici e sensazioni tattili in modo da far sentire l'operatore all'interno dell'area di lavoro.

È molto forte oggi la ricerca in questo settore e un contributo importante lo sta fornendo il team di *3D Repo* che, unendo il BIM alla realtà virtuale, sta ottenendo risultati molto interessanti. Insieme a *Balfour Beatty*, *Vinci* and *Highways England* hanno sviluppato una simulazione completamente immersiva, grazie all'uso di un visore VR, per rendere il luogo di lavoro un posto più sicuro, cercando di prevenire gli incidenti. L'esperienza virtuale è programmata per dare all'utente diversi punti di vista dello stesso scenario così da individuare le situazioni di pericolo in modo da realizzare zone di lavoro sicure.

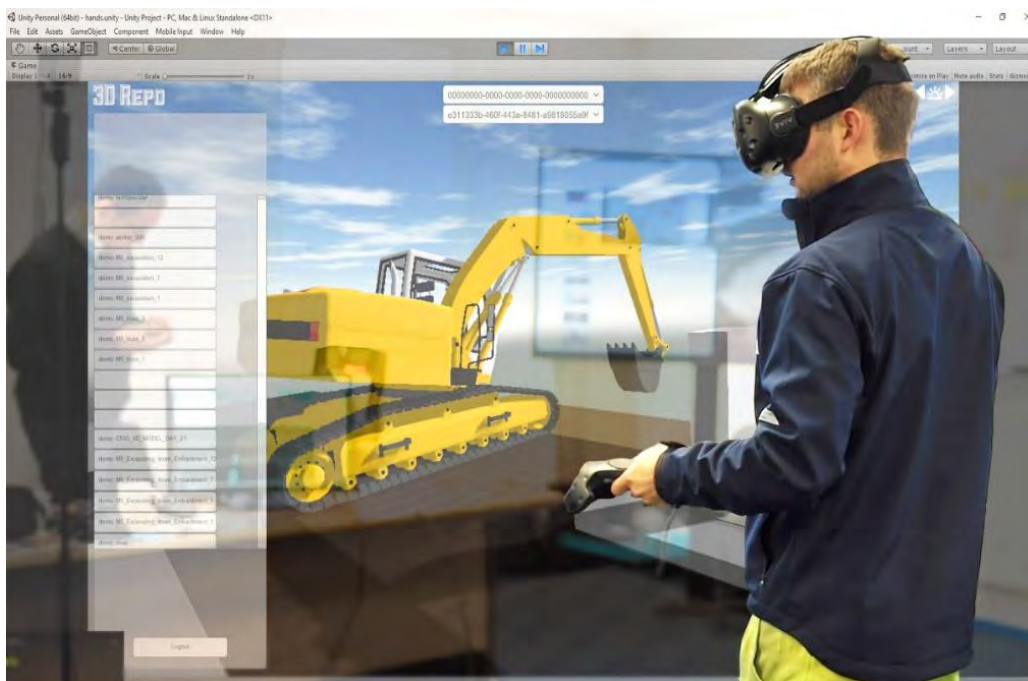


Figura 3.9 Simulazione di 3D Repo

La simulazione permette all'utente di analizzare le lavorazioni nello specifico, considerando ad esempio l'attività di scavo il lavoratore può assumere il punto di vista sia di chi manovra l'escavatore e sia di chi si trova nei dintorni e così nel primo caso può sperimentare la lavorazione in prima persona, e nel secondo può capire dove posizionarsi per mettersi in sicurezza. La possibilità di sperimentare ambienti dal vivo e potenzialmente pericolosi all'interno di un ufficio o di una *training room* senza la necessità di lunghi manuali, sessioni di formazione o personale specializzato, rende, insieme al fatto di poter configurare il sistema ovunque grazie a internet, il tutto ancora più immediato e di facile utilizzo. Questo metodo permette di mettere la sicurezza del lavoratore al centro e di concepire la formazione in modo nuovo e sicuramente più stimolante, anche se è ancora in fase di sperimentazione.

I principali temi da centrare sono: 1) capire come le tecniche di formazione virtuale possano supportare al meglio lo sviluppo e il trasferimento delle competenze fondamentali e 2) sviluppare un VTS (*Virtual Training System*) valido a formare praticamente gli operatori. Il primo tema stabilirà i principi scientifici che permetteranno di relazionare la tecnologia del mondo virtuale alle caratteristiche della realtà. Successivamente, verranno effettuati degli esperimenti per valutare l'acquisizione e il trasferimento delle abilità. Quindi, i risultati degli esperimenti serviranno a migliorare il VTS attraverso una migliore rappresentazione delle informazioni, dei dispositivi di calcolo, dei dispositivi di feedback, degli strumenti di interazione, dei processori di movimento e dei dispositivi di comunicazione.

Il modo migliore di prevenire gli incidenti è quello di conoscere i pericoli, e la realtà virtuale e quindi la formazione remota permette non solo di conoscere ma anche di sperimentare ed affrontare le situazioni di rischio.

## Questionario

D: Come avvengono oggi i controlli di sicurezza in cantiere? L'utilizzo del BIM, che offre la possibilità di realizzare una modellazione dinamica del cantiere, può ottimizzare tali controlli?

- R1: L'operaio deve essere monitorato. Il RSPP, insieme al Rappresentante dei Lavoratori (nominato dai lavoratori), controlla il corretto utilizzo dei

dispositivi di sicurezza. La tecnologia può essere uno strumento utilissimo, sia per visualizzare l'evoluzione del cantiere in generale (il riscontro tra il modello e la realtà permetterebbe un controllo immediato dell'avanzamento dei lavori), sia per controllare elementi particolari. Ad esempio, un ponteggio più alto di 20 m necessita di una progettazione specifica (D.Lgs. 81/2008, allegato XIX, parte 2, primo punto), e la possibilità di avere un modello 3D di riferimento permetterebbe di effettuare un controllo più immediato.

- R2: Il cantiere è un luogo di lavoro in continua evoluzione, ogni giorno cambia e in funzione delle lavorazioni cambiano le caratteristiche della sicurezza. Per questa ragione l'utilizzo del BIM può essere molto utile, poiché modificando la situazione del cantiere in automatico valuta se sono intervenuti nuovi rischi e, di conseguenza, facilita i controlli. Possiamo considerare l'esempio del rischio di elettrocuzione: si può controllare che l'impianto sia a norma e abbia tutte le certificazioni possibili, ma questi sono documenti probabilmente riferiti alla fase iniziale del cantiere e se, per una qualunque esigenza, alcuni cavi vengono spostati, l'impianto di fatto è cambiato. Inserendo questo cambiamento nel BIM, immediatamente si riescono ad individuare eventuali interferenze o nuovi rischi.

D: È fondamentale che la formazione dei lavoratori sia efficiente ed efficace e rivolta, sostanzialmente, a evitare gli infortuni. La tecnologia, e in questo caso la pre-visualizzazione del cantiere attraverso la realtà virtuale, può essere un valido strumento in tal senso?

- R1: Il RSPP si occupa della formazione dei lavoratori, esponendo quali sono i rischi legati alle lavorazioni e dando indicazioni su come poterli evitare. Se il RSPP potesse utilizzare come strumento per la formazione una simulazione del cantiere e, in particolare, dei rischi specifici, il lavoratore ne trarrebbe vantaggio perché avrebbe molto più chiaro il contesto in cui andrà ad operare. Potrebbe essere utile anche andare a simulare eventuali situazioni critiche, come incidenti o situazioni d'emergenza, sia per sottolineare l'importanza delle misure di sicurezza, sia per far capire agli

operai come devono comportarsi in determinate situazioni. La simulazione può essere uno strumento davvero potente e innovativo.

- R2: La formazione è un momento molto importante perché si mostra ai lavoratori quali sono i rischi legati alle lavorazioni che andranno a svolgere e si insegna loro come poterli evitare. La simulazione del cantiere, e quindi l'utilizzo della tecnologia, può essere uno strumento molto utile perché possiede un carattere di immediatezza che altri mezzi non hanno.

D: Oltre ai requisiti richiesti dal Testo Unico, quali caratteristiche cercano le imprese in un RSPP?

- R1: Non si può prescindere dai requisiti richiesti dalla legge, la formazione e l'aggiornamento oltre ad essere obbligatori sono necessari per svolgere al meglio l'incarico di RSPP. Un altro elemento importante è l'esperienza, il RSPP è un tecnico e come tale deve saper prevedere i rischi, prevenirli tramite le disposizioni di sicurezza e deve essere in grado di gestire le situazioni d'emergenza.
- R2: È fondamentale che il RSPP abbia esperienza nel settore specifico di cui deve occuparsi, ad esempio un cantiere di edilizia ha criticità diverse rispetto a un cantiere di lavori stradali. Alcuni problemi di sicurezza possono essere anche simili, però ci sono tanti aspetti che sono specifici di un determinato ambito. Se è una persona competente riguardo a quel particolare settore, sarà in grado di valutare con maggiore precisione i rischi connessi e, di conseguenza, può essere più efficace nel prevenirli.



## **CAPITOLO 4**

---

### **Caso di studio**





## 4.1 Inquadramento territoriale e descrizione del progetto

Il caso di studio analizzato si trova a Potenza, a Poggio Tre Galli, un rione periferico ma con forti relazioni all'interno della struttura urbana. Si trova nella zona ovest della città a stretto contatto con Cocuzzo, Gallitello e Zona G e grazie alla presenza del ponte attrezzato di Santa Lucia ha un collegamento diretto con il centro storico.

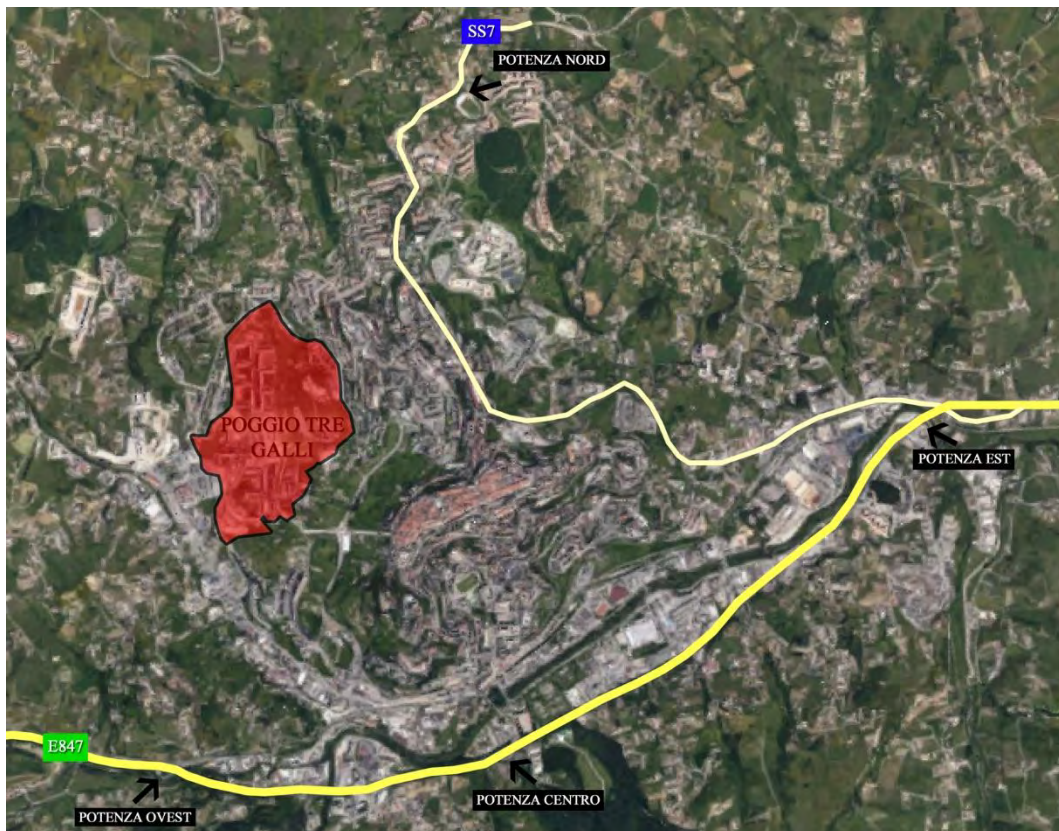


Figura 4.1 Inquadramento a scala territoriale con l'individuazione del rione e della viabilità d'accesso alla città

Il quartiere si è sviluppato in seguito a un piano di edilizia economica popolare approvato nel 1972 che ha dato vita a una serie di edifici esclusivamente residenziali, con tutte le problematiche connesse. Con il passare degli anni si sono sviluppate funzioni diverse all'interno del rione e oggi è diventato una polarità per la presenza di attrezzature di livello urbano e territoriale: scuole di livello superiore, uffici regionali, parco dell'Europa Unita e un nuovo centro direzionale (all'interno del quale è presente il cantiere oggetto di studio). La presenza di queste funzioni e le loro connessioni hanno dato una nuova spinta al quartiere ma, come conseguenza, anche un carico veicolare importante che ha portato alla necessità di rivedere

l'assetto della viabilità. Le varie funzioni garantiscono un uso eterogeneo dell'area e la fa diventare una probabile zona di aggregazione.

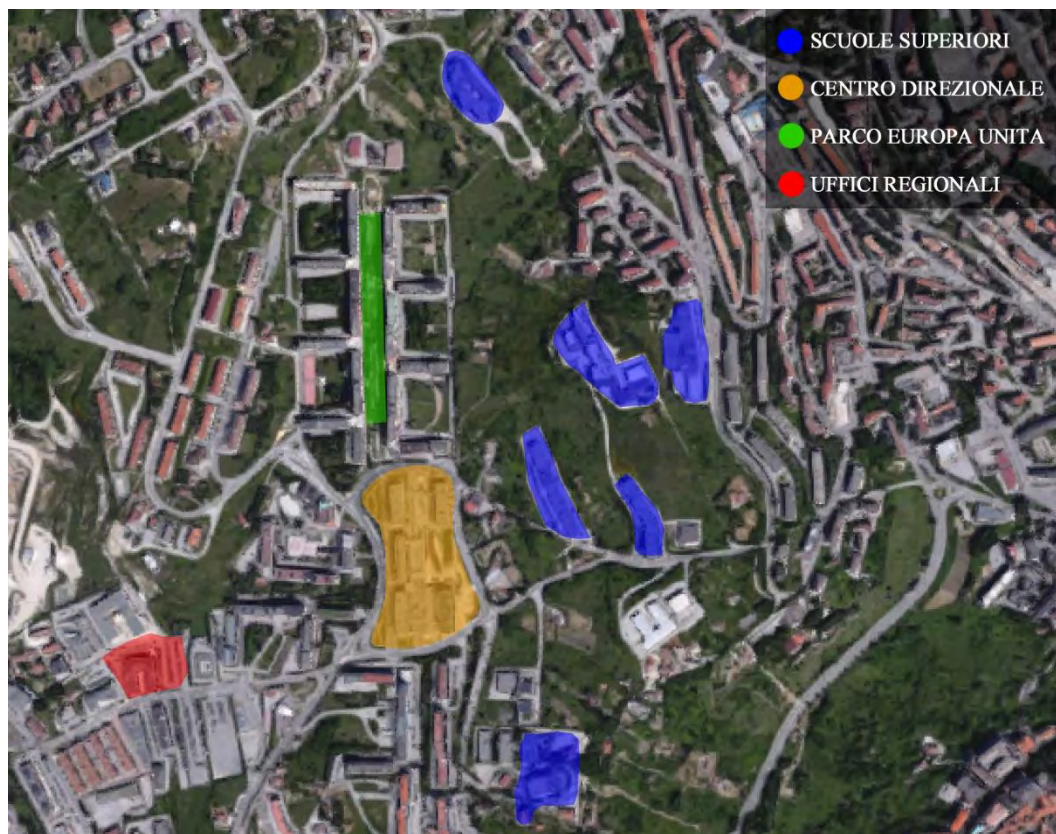


Figura 4.2 Individuazione delle funzioni presenti nel quartiere

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione di un edificio ad uso misto, residenziale e commerciale, ubicato nel Lotto 5 del complesso edilizio denominato "Il Centro Direzionale" (Zona F2A di PRG e successiva variante PRUSST del 2002). Le norme urbanistiche generali riguardo all'intero Centro prevedono la realizzazione di una cubatura di 140700 m<sup>3</sup> di cui massimo il 50% da destinare a residenze, con un'altezza limite di 35 m e la progettazione di un lotto direzionale di 40000 m<sup>3</sup> da destinare ad edifici pubblici e da cedere gratuitamente all'amministrazione. Inoltre, tutti gli edifici affacciano su una piazza pubblica attrezzata che funge da fulcro centrale dell'intero complesso.

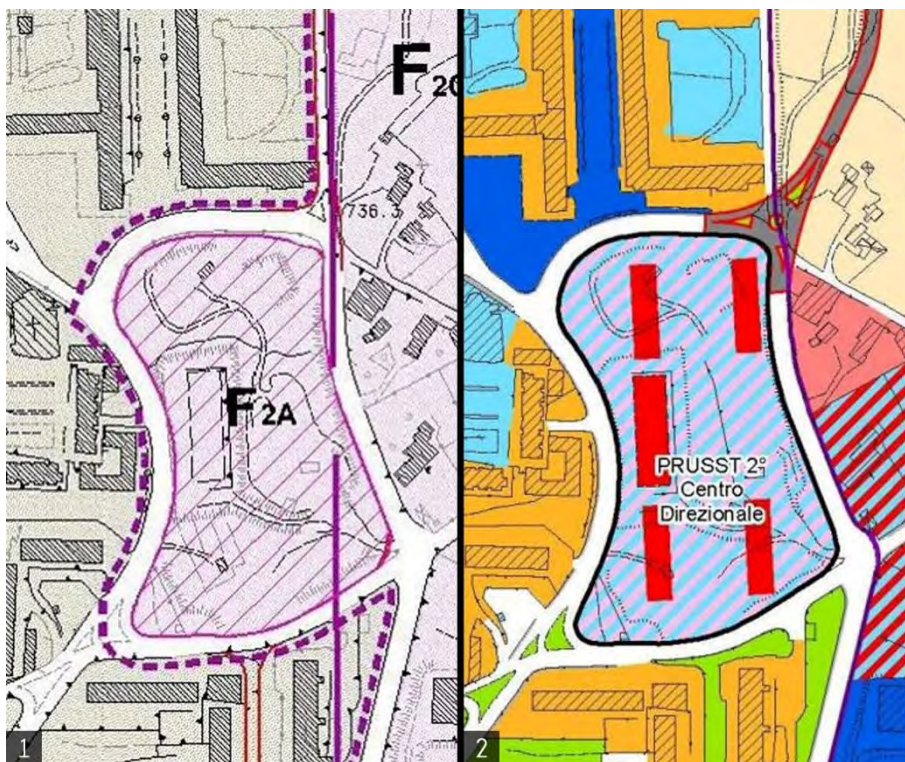


Figura 4.3: 1\_ stralcio PRG; 2\_ variante PRUSST

Scendendo ancora più di scala, possiamo vedere come l'idea del centro direzionale si è trasformata in progetto: sono state pensate due serie di edifici in linea, con al centro una piazza-corridoio che si connette idealmente al parco dell'Europa Unita, concepito anch'esso come uno spazio lineare tra edifici.

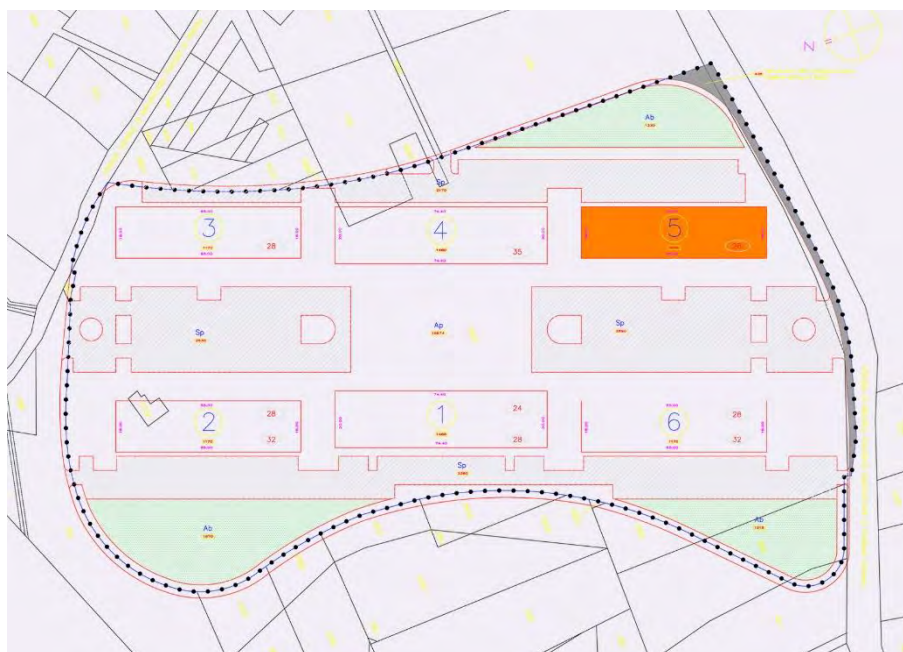


Figura 4.4 Individuazione del lotto sulla tavola "lottizzazione" di Piano Particolareggiato

Così com'è stato fatto alla scala urbana, è importante ai fini della logistica individuare la viabilità intorno all'area considerata.



*Figura 4.5 Viabilità principale e secondaria*

Il progetto è in fase di attuazione e degli edifici previsti sono stati realizzati tutti tranne l'ultimo che è in costruzione in questo momento ed è proprio l'oggetto di studio.



*Figura 4.6 Foto di Piazza della Costituzione italiana con gli edifici realizzati e quello in fase di costruzione*

In realtà non si tratta di un unico edificio ma di due parti separate al centro, anche se l'effetto visivo è unitario.

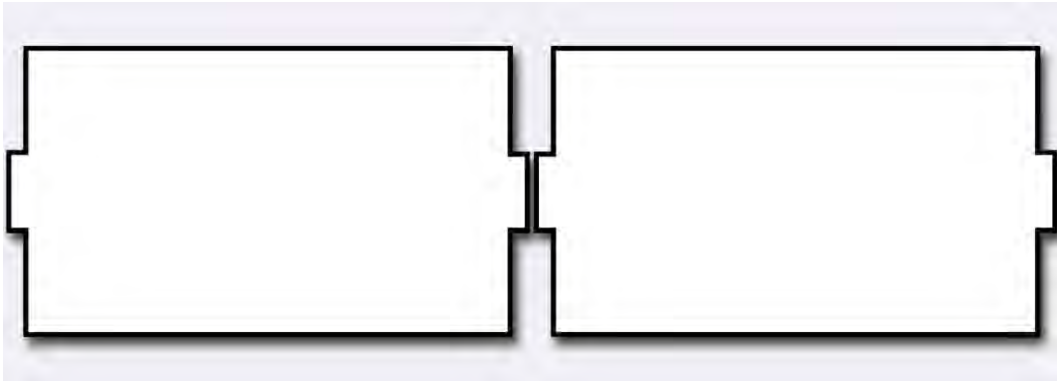


Figura 4.7 La sagoma degli edifici evidenzia la separazione centrale

Gli edifici presentano un piano interrato destinato ai parcheggi, un piano seminterrato (a causa del dislivello del lotto) e sei piani fuori terra. Le destinazioni d'uso sono miste: oltre ai box del piano interrato, il piano seminterrato e il piano terra sono ad uso commerciale e gli altri piani sono residenziali.



Figura 4.8 Sezione tipo, con lo schema delle destinazioni d'uso

Nello specifico, gli edifici svilupperanno una cubatura di circa 30.000 m<sup>3</sup> e gli appartamenti avranno una metratura variabile, dai 60 m<sup>2</sup> ai 100m<sup>2</sup>.

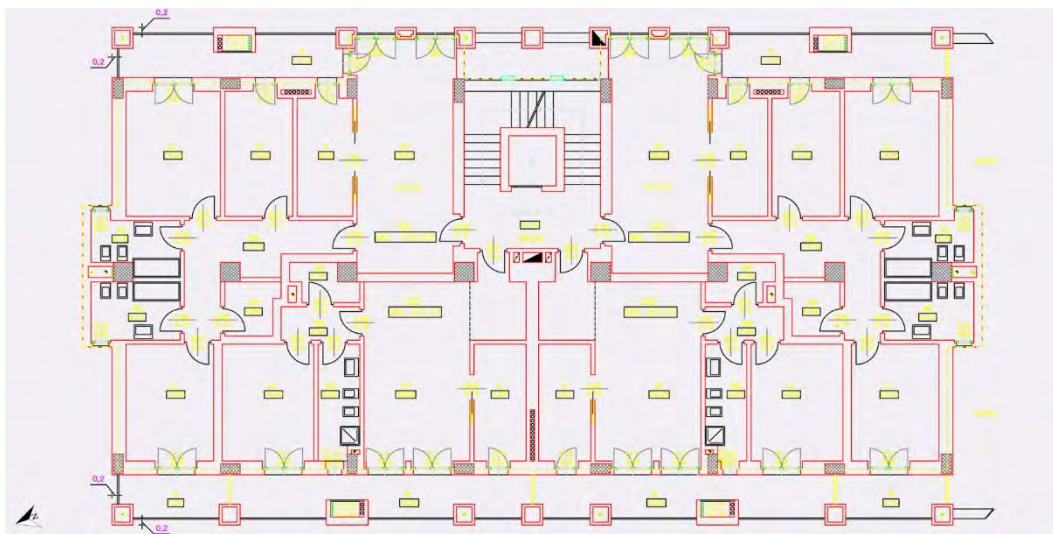


Figura 4.9 Pianta tipo delle unità residenziali

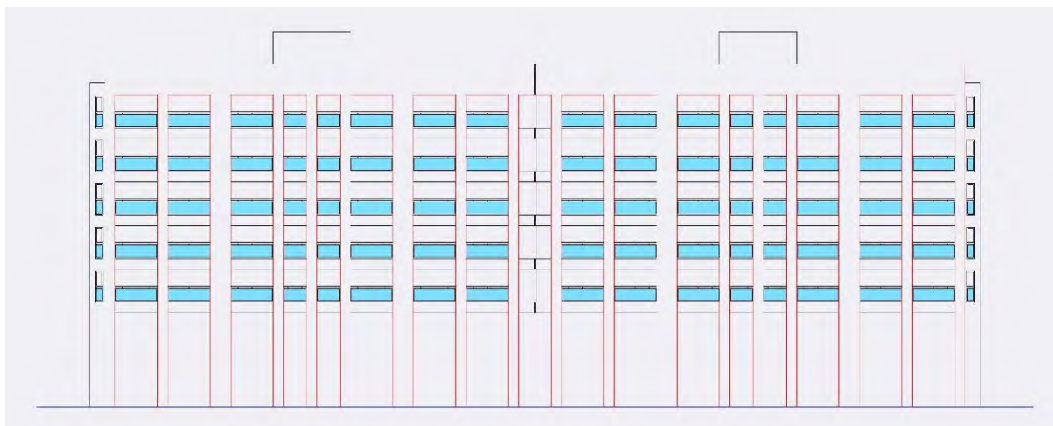


Figura 4.10 Prospetto ovest

## 4.2 Il cantiere

La conoscenza del cantiere analizzato è avvenuta per fasi successive che hanno restituiscono informazioni differenti a seconda del tipo di indagine messa in atto. Il primo approccio è stato, come appena visto, l'inquadratura territoriale a diverse scale per capire sia il luogo in cui verrà costruito l'edificio sia per individuare la viabilità urbana e di quartiere, elemento fondamentale per l'accesso al cantiere. Successivamente si è passati alla descrizione più nel dettaglio dell'oggetto architettonico, analizzandone le caratteristiche dimensionali e l'inserimento nel lotto. Il passo successivo è stato il sopralluogo *in situ* e la possibilità di accedere al cantiere, con alle spalle la conoscenza teorica dell'intervento, mi ha permesso nell'immediato di vedere lo stato di avanzamento reale dei lavori.



Figura 4.11 Prospetto ovest \_ stato di fatto

Ad oggi è stata realizzata tutta la parte strutturale e le murature di tamponamento, e si sta procedendo con la realizzazione degli impianti. Di seguito si passerà agli elementi di finitura, ai pavimenti e agli infissi.

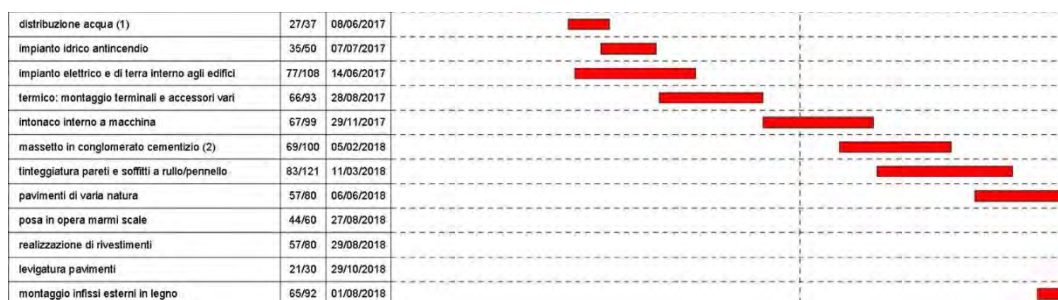


Figura 4.12 Stralcio del cronoprogramma

Accanto al sopralluogo, è stato fondamentale il dialogo con le due principali figure presenti in cantiere, l'impresa e il RSPP, per capire il loro approccio riguardo al tema della sicurezza, un punto di vista pratico che coniuga gli obblighi di legge alla realtà. Si inizia con la logistica, ovvero il modo in cui il cantiere deve essere organizzato. Prima di organizzarlo, però, si deve capire come accedervi e lo si fa analizzando la viabilità circostante. Nel paragrafo precedente sono stati indicati i percorsi carrabili che circondano l'area, ma considerando l'intervento specifico, soltanto via Anzio e via della Cittadinanza Attiva affiancano il cantiere, e tra le due si è scelto di inserire l'accesso carrabile dalla seconda.



Figura 4.13 Viabilità: 1 \_ Via della Cittadinanza Attiva (accesso al cantiere); 2 \_ Via Anzio

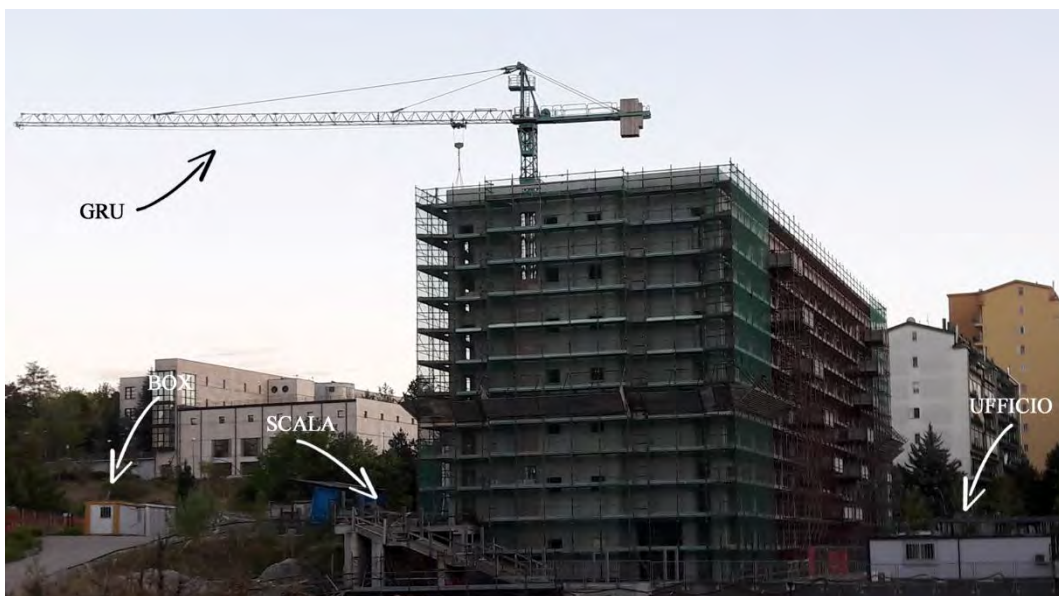


L'altro aspetto da considerare è la dimensione e l'orografia del lotto per poter pianificare la tipologia di mezzi che vi può accedere e la quantità di materiale stoccabile. I mezzi, utilizzati per lo scambio dei materiali e attrezzature con l'esterno e per la movimentazione dei carichi all'interno, si spostano su una viabilità apposita realizzata con caratteristiche geometriche e strutturali idonee al particolare transito su di essi previsto.



*Figura 4.14 Materiale stoccato*

L'ingresso porta alla zona più alta del lotto, dove sono stati inseriti i box (servizi igienico – assistenziali a disposizione dei lavoratori), il deposito dei materiali e la gru. Nella parte bassa, che affaccia sulla piazza, abbiamo due accessi pedonali e gli uffici. Il dislivello è superato tramite rampe e scale.



*Figura 4.15 Indicazione di alcuni elementi del cantiere*

Com'è emerso anche dal questionario, il vero punto critico della gestione del cantiere è la sicurezza dei lavoratori, che passa sia attraverso l'adozione degli adeguati dispositivi di sicurezza sia attraverso una efficace formazione e informazione. Tutti questi compiti sono a carico del datore di lavoro, che può servirsi dell'aiuto del RSPP, che svolge un ruolo di consulenza. Il problema iniziale è individuare i rischi, ed è un problema per due ragioni: il primo è che il cantiere per sua natura è soggetto a continua trasformazione perciò possono sempre sorgere nuovi rischi non presenti in precedenza, sia perché bisogna riuscire ad avere una buona capacità di previsione dei rischi collaterali. L'altro punto fondamentale è la formazione del lavoratore, che dovrebbe affiancare a quella generale una formazione specifica delle criticità del cantiere in cui si trova. Se si riuscisse a pensare ad uno strumento per rendere più concreto il processo di formazione specifica, sicuramente le maestranze ne trarrebbero beneficio. E proprio il modello in BIM dell'edificio può essere una risposta a questo problema, perché la simulazione del cantiere e la pre-visualizzazione delle attività lavorative da svolgere renderebbe i lavoratori più consapevoli dei rischi e delle difficoltà di esecuzione.

FORMAZIONE E INFORMAZIONE			
Mansioni coinvolte	Contenuti della formazione	Modalità d'erogazione	Modalità di verifica
Tutti i lavoratori	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ i lavoratori sono stati informati e formati ai sensi degli artt. 36 e 37</li> <li>▪ i preposti sono stati informati e formati ai sensi degli artt. 36 e 37</li> <li>▪ gli addetti all'utilizzo di attrezzature di lavoro che richiedano per il loro impiego conoscenze o responsabilità particolari in relazione ai loro rischi specifici, ai sensi dell'art. 71, c.7 a)</li> <li>▪ i lavoratori sono stati formati all'uso dei DPI e, qualora previsto, addestrati ai sensi dell'art. 77 c. 4 lettera h) e c.5.</li> </ul>	Incontri formativi tenuti in proprio dal datore di lavoro con la collaborazione di un docente qualificato	Test finale

Figura 4.16 Stralcio del POS

### 4.3 Il modello

Come avviene nella maggior parte dei cantieri, anche in questo la sicurezza viene affrontata come diretta conseguenza della fase esecutiva dei lavori e la programmazione e la progettazione della sicurezza si è concretizzata nella redazione degli elaborati obbligatori, compresa la planimetria di cantiere in 2D, realizzata con il CAD, che restituisce un solo istante della reale durata dei lavori. Il passo in avanti fatto con questo studio è stato quello di realizzare un modello unico, sia dell'edificio che del cantiere, con il metodo BIM. Da un punto di vista operativo, il *software* utilizzato per la realizzazione del modello è *Revit*, di *Autodesk*.

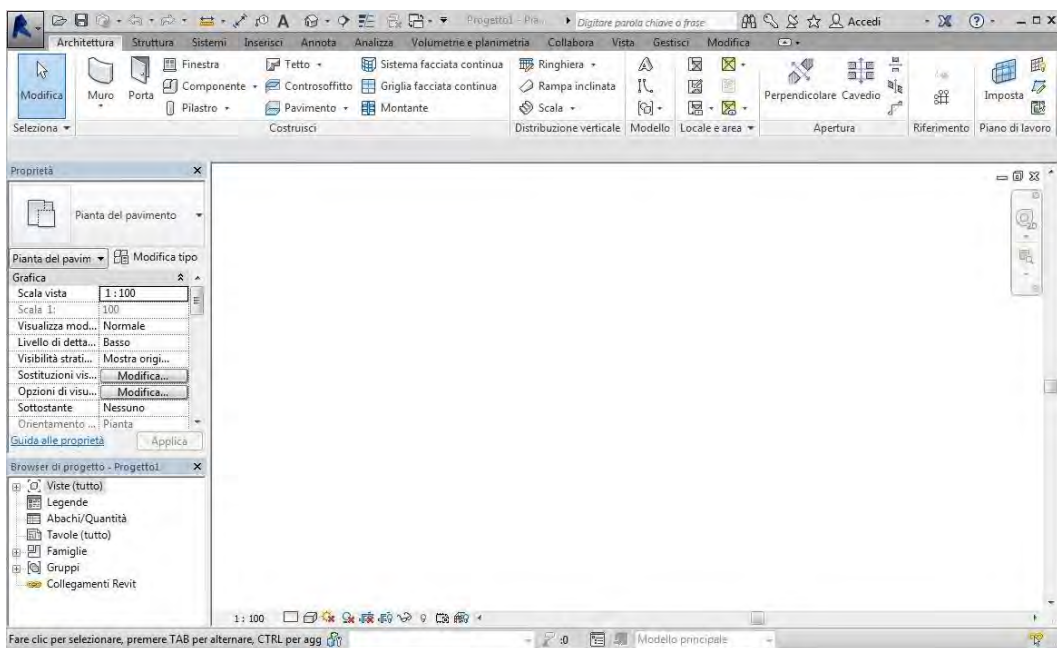


Figura 4.17 Revit 2014 \_ schermata iniziale

Sulla base delle informazioni acquisite tramite i documenti di cantiere, gli elaborati in 2D del progetto e il confronto diretto con l'impresa e il responsabile, si è proceduto alla realizzazione del modello. Poiché esso simula le attività e l'evoluzione del cantiere, con l'introduzione della variabile tempo, è stato necessario destrutturare le lavorazioni, come viene fatto con il cronoprogramma, che sono state inserite nel *software* con il comando "fasi". Assegnare le giuste fasi temporali permette di poter interrogare il modello e di ottenere le informazioni sotto forma di rappresentazione grafica, ovvero il disegno è l'elaborazione dei dati inseriti.

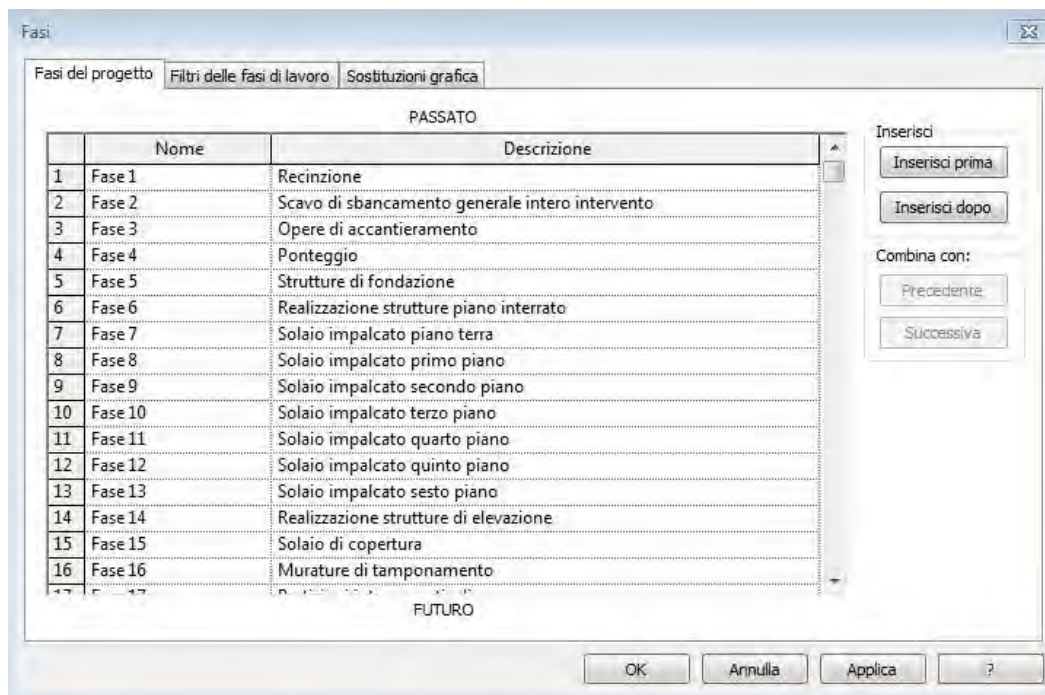


Figura 4.18 Revit 2014 \_ fasi di lavoro

La caratteristica fondamentale di *Revit* è la possibilità di disegnare elementi tridimensionali già a partire da viste in due dimensioni. Il programma genera in autonomia la vista tridimensionale grazie all'utilizzo di oggetti parametrici che, per loro natura, hanno con se una serie di informazioni dimensionali e tipologiche, tra cui l'altezza. Ad esempio, nel disegnare un muro in pianta non stiamo semplicemente tracciando una linea come avviene in un ambiente CAD tradizionale, ma stiamo posizionando un intero oggetto. Proprio a causa di tutte le informazioni digitali contenute, ogni oggetto in *Revit* appartiene a una "famiglia", e anche se ve ne sono molte predefinite (finestre, pilastri, porte, ecc.) nella progettazione del cantiere può essere necessario realizzarne alcune da zero. Il modulo di generazione delle famiglie proposto soddisfa questa esigenza grazie alla possibilità di disegnare ogni oggetto a partire dalle sue caratteristiche geometriche. Nel modello è stato necessario realizzare la famiglia del ponteggio: partendo dalle caratteristiche dimensionali, e successivamente assegnando i materiali, si è ottenuta una famiglia parametrica specifica per questo determinato cantiere. Anche al ponteggio, come agli altri elementi, sono state assegnate le fasi in termini di montaggio e smontaggio dello stesso.

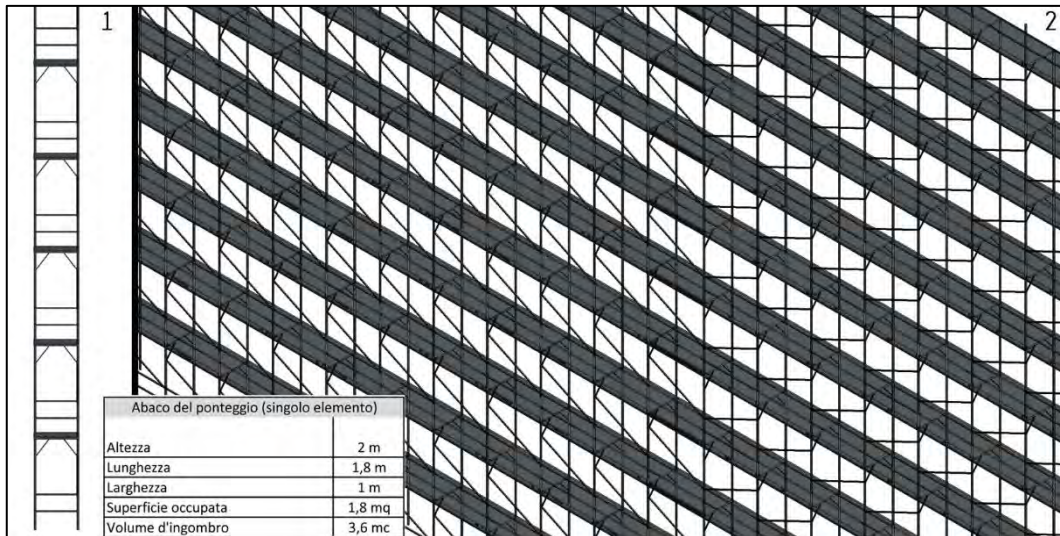


Figura 4.19 Dettaglio del ponteggio parametrico (con abaco): 1 \_ vista laterale; 2 \_ assonometria

Bisogna sempre sottolineare che il modello così realizzato non è fine a se stesso ma la sua analisi permette sia di vedere l'evoluzione del cantiere sia di individuare in modo immediato le situazioni di maggior rischio. A questo punto sorgono due domande: quali elementi indicano se una fase può essere considerata critica? Com'è possibile utilizzare nel concreto il modello realizzato? Non c'è una risposta unica e definitiva alla prima domanda, perché ogni lavorazione porta con sé una certa quantità di rischi e, inoltre, a parità di lavorazione ogni cantiere può avere delle criticità specifiche. Non tutti i rischi, però, hanno lo stesso peso e, com'è stato già detto, nel DVR la sua entità è relazionata alla probabilità e al danno. Accanto a questo si deve considerare che una simulazione indistinta di tutte le fasi risulterebbe controproducente perché non si andrebbe a porre l'accento sulle situazioni realmente a rischio.

Preparazione cantiere			
Categoria	Impresa edile generica		
Rischi individuati nella fase			
Caduta dall'alto	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta dall'alto da opera provvisoria	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta di materiali dall'alto	Probabile	Grave	Molto alto
Caduta di materiali dall'alto da opere provvisorie	Poco probabile	Grave	Alto
Investimento	Poco probabile	Grave	Alto
Polveri inerti	Probabile	Moderata	Alto

Figura 4.20 Stralcio del DVR: alcuni dei rischi più alti connessi alla preparazione del cantiere

Scavo di sbancamento/fondazione			
Categoria	Impresa edile generica		
Rischi individuati nella fase			
Elettrocuzione	Improbabile	Grave	Medio
Incidenti stradali	Improbabile	Grave	Medio
Investimento	Poco probabile	Grave	Alto
Investimento di persone	Improbabile	Grave	Medio
Polveri inerti	Probabile	Moderata	Alto
Ribaltamento	Poco probabile	Grave	Alto

Figura 4.21 Stralcio del DVR: alcuni dei rischi più alti connessi alla fase di scavo

Formazione fondazioni/pilastrini in cls			
Categoria	Impresa edile generica		
Rischi individuati nella fase			
Caduta di materiali dall'alto nella movimentazione	Poco probabile	Grave	Alto
Contatto con organi in moto	Poco probabile	Moderata	Medio
Contatto con organi in movimento	Improbabile	Grave	Medio
Elettrocuzione	Improbabile	Grave	Medio
Presenza di altre persone nella zona pericolosa	Poco probabile	Grave	Alto
Schiacciamento per caduta di materiale da apparecchio di sollevamento	Poco probabile	Grave	Alto

Figura 4.22 Stralcio del DVR: alcuni dei rischi più alti della formazione dei pilastrini

Formazione travi e solai in cemento armato			
Categoria	Impresa edile generica		
Rischi individuati nella fase			
Caduta dall'alto	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta dall'alto da opera provvisoria	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta di materiali dall'alto	Probabile	Grave	Malto alto
Caduta di materiali dall'alto da opere provvisorie	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta di materiali dall'alto nella movimentazione	Poco probabile	Grave	Alto
Presenza di altre persone nella zona pericolosa	Poco probabile	Grave	Alto
Punture, tagli, abrasioni, ferite	Poco probabile	Grave	Alto
Ribaltamento	Poco probabile	Grave	Alto
Schiacciamento per caduta di materiale da	Poco probabile	Grave	Alto

Figura 4.23 Stralcio del DVR: alcuni dei rischi più alti della formazione di travi e solaio in cemento armato

Tamponature esterne e pareti interne			
Categoria	Impresa edile generica		
Rischi individuati nella fase			
Caduta di materiali dall'alto nella movimentazione	Poco probabile	Grave	Alto
Presenza di altre persone nella zona pericolosa	Poco probabile	Grave	Alto
Schiacciamento per caduta di materiale da apparecchio di sollevamento	Poco probabile	Grave	Alto

Figura 4.24 Stralcio del DVR: alcuni dei rischi più alti della realizzazione delle tamponature

Ponteggio metallico prefabbricato			
Categoria	Ponteggi e scale		
Rischi individuati			
Caduta dall'alto	Poco probabile	Grave	Alto
Caduta di materiali dall'alto	Probabile	Grave	Molto alto
Punture, tagli, abrasioni, ferite	Poco probabile	Lieve	Basso

Figura 4.25 Stralcio del DVR: rischi legati al montaggio/smontaggio del ponteggio

La risposta alla seconda domanda è più decisa: lo scopo della realizzazione del modello digitale è quello di formare gli operai attraverso la pre-visualizzazione del cantiere. La possibilità di attraversare il cantiere dalla prima all'ultima fase, di poter vedere la trasformazione del territorio e la realizzazione dell'oggetto edilizio rende palese la natura stessa del cantiere, la sua dinamicità, e il BIM permette di far comprendere tutto ciò ai lavoratori (e in generale a tutti gli operatori interessati) che avranno così un'idea molto più chiara riguardo alle cose da fare e a come devono essere fatte.

#### 4.4 Le fasi critiche

Dopo aver realizzato il modello sono state estrapolate e rappresentate alcune fasi critiche, individuate secondo due criteri: l'entità del rischio e la presenza di interferenze. Di ogni fase sono state riportate tre viste diverse (planimetria, prospetto e assonometria), con l'obiettivo di sottolineare le diverse relazioni individuabili all'interno dell'area, di far pre-visualizzare agli operai la lavorazione esaminata e di facilitare anche i controlli da parte degli operatori che devono accertarsi della correttezza dello svolgimento dei lavori. Ad ogni fase sono state aggiunte note, abachi e quote, tutte quelle informazioni destinate alla formazione del lavoratore.

## Fase di scavo

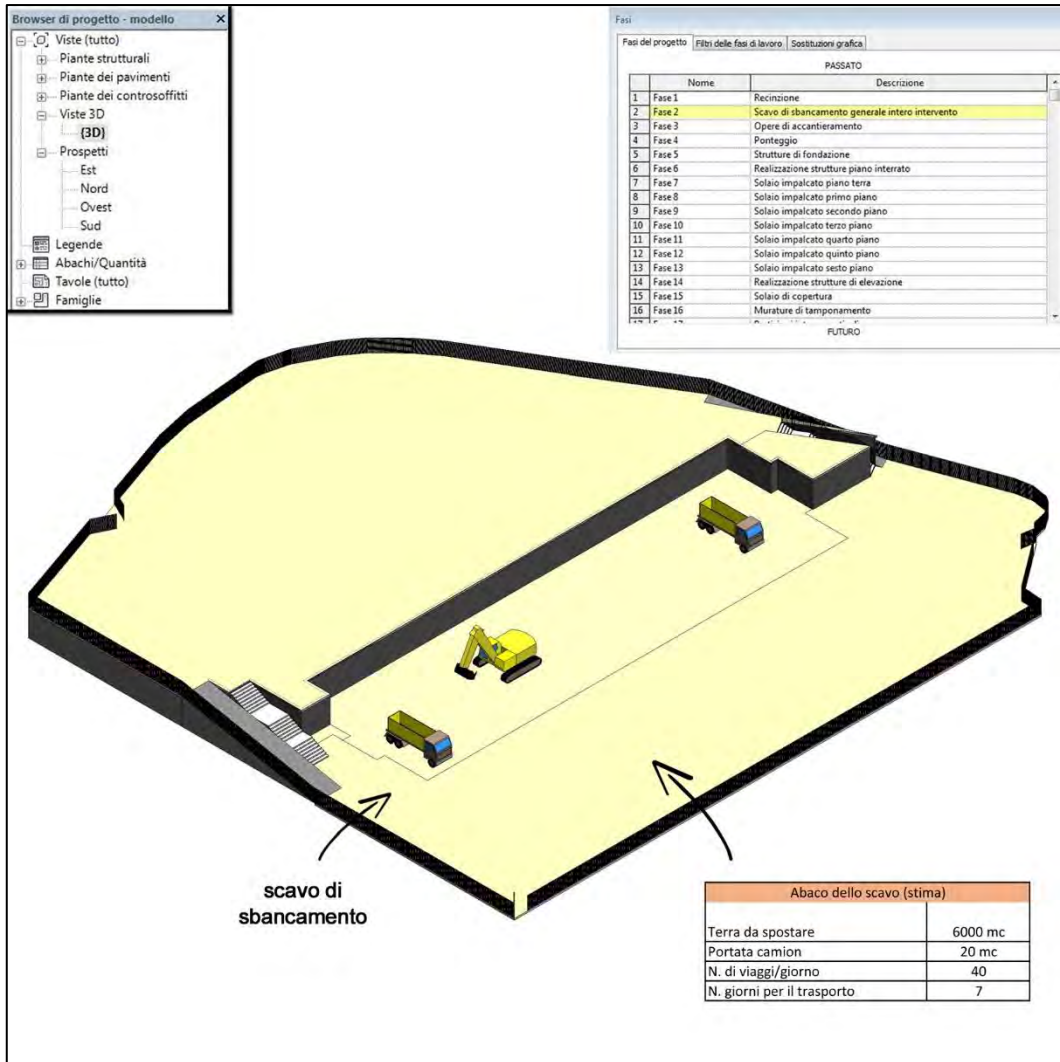


Figura 4.26 Assonometria della fase iniziale di scavo

La rappresentazione delle prime fasi di lavorazione, scavo e recinzione del cantiere, permette ai lavoratori di iniziare a confrontarsi con il luogo in cui dovranno operare, le dimensioni dell'area, il tipo di terreno e la presenza di eventuali dislivelli. Inoltre si inizia a far confrontare gli operai con le prime lavorazioni da effettuare attraverso l'inserimento di un abaco dello scavo in cui vi è una stima della quantità di terra da dover scavare e spostare. Nelle altre due viste sono state inserite le quote dello scavo per indicare gli spazi di lavoro.



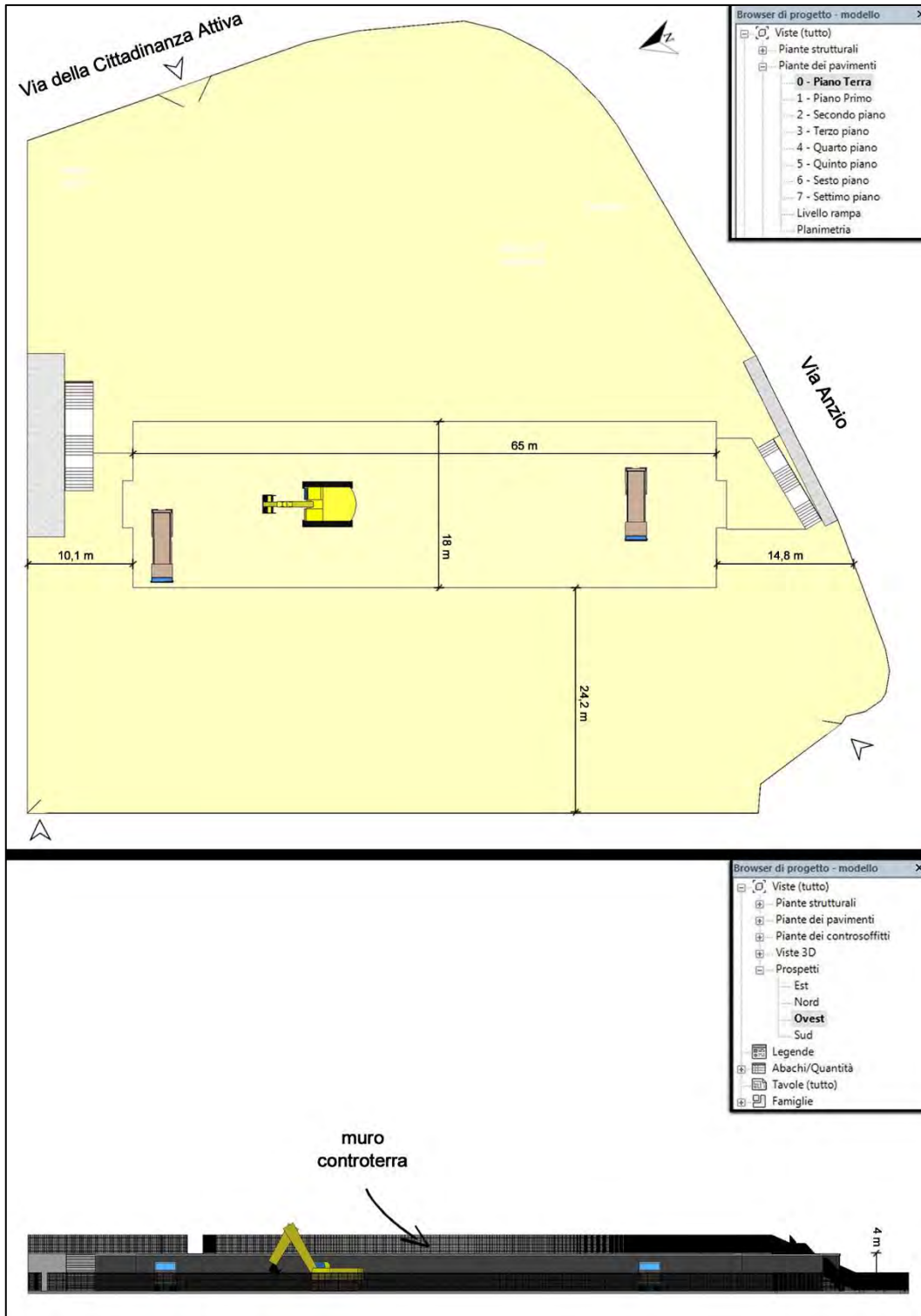


Figura 4.27 Planimetria e prospetto della fase iniziale di scavo

## Allestimento cantiere

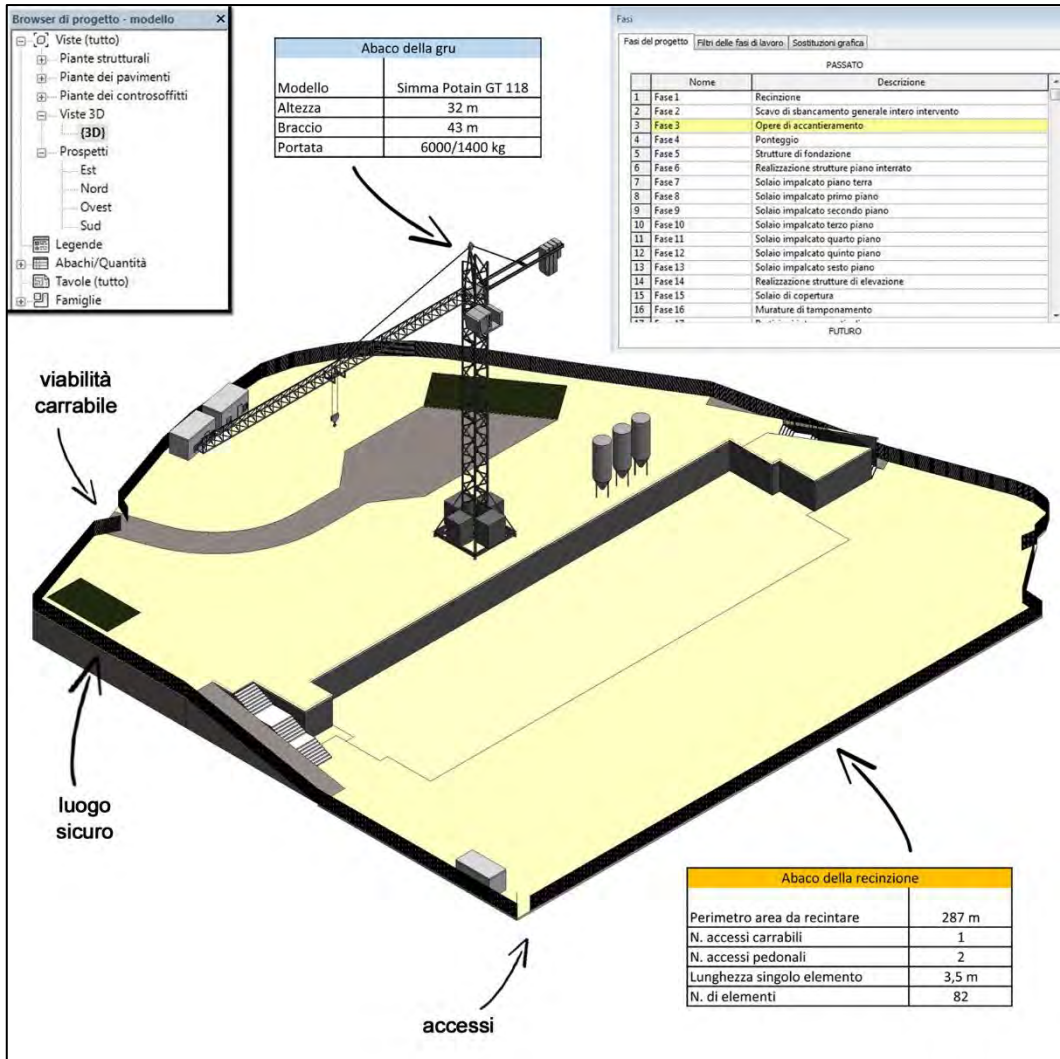


Figura 4.28 Assonometria della fase di allestimento del cantiere

Nelle tre rappresentazioni vediamo come viene organizzato il cantiere: viabilità, sistemazione box per i servizi e per l'ufficio, delimitazione dell'area deposito e del luogo sicuro e montaggio gru (con il relativo ingombro). È stato poi inserito l'abaco della recinzione e l'indicazione degli accessi, carrabile e pedonali. In questo caso, il modello tridimensionale permette di individuare eventuali interferenze sia degli oggetti presenti all'interno del sistema cantiere sia del cantiere con il contesto esterno.

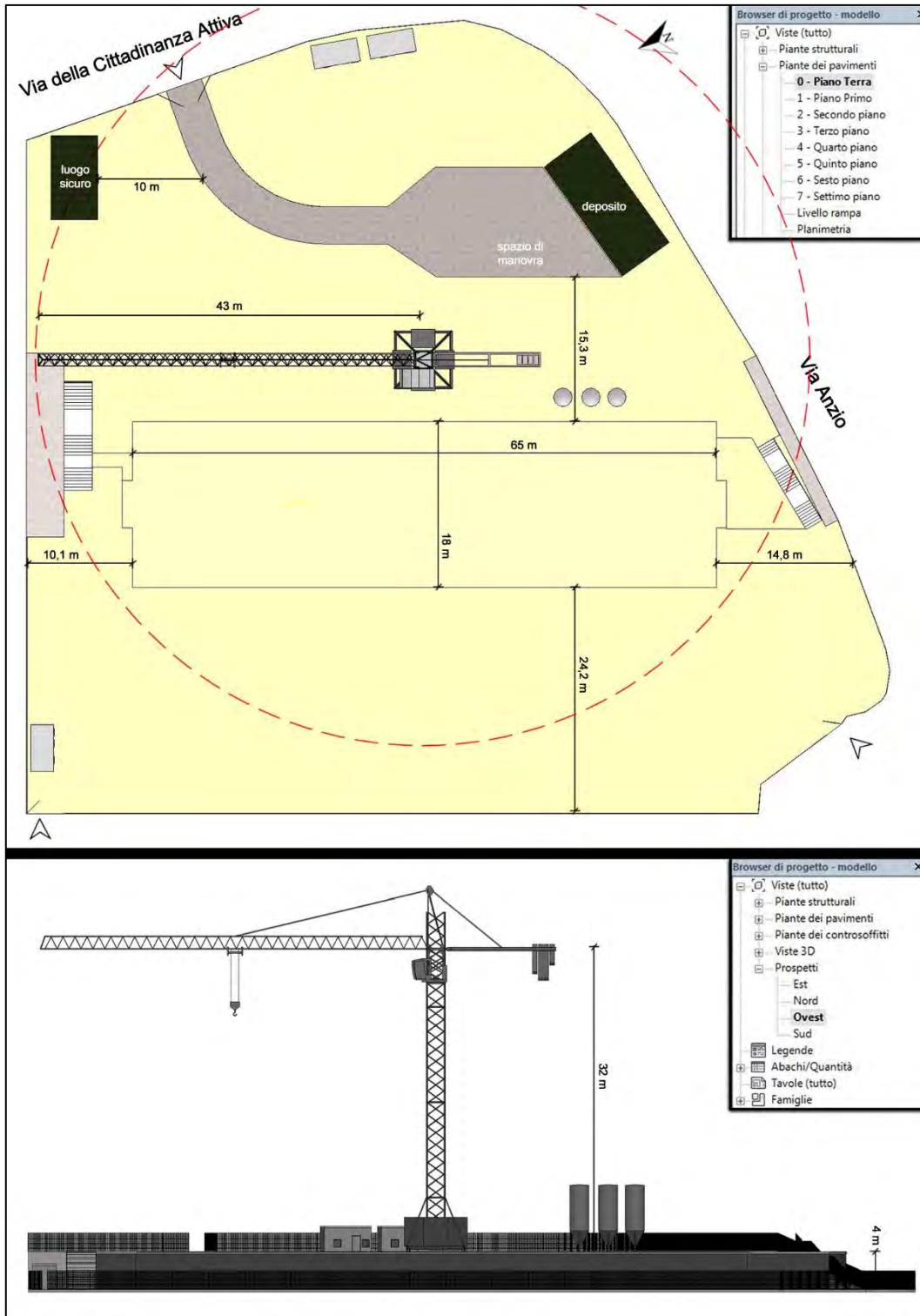


Figura 4.29 Planimetria e prospetto della fase di allestimento del cantiere

## Allestimento del secondo impalcato

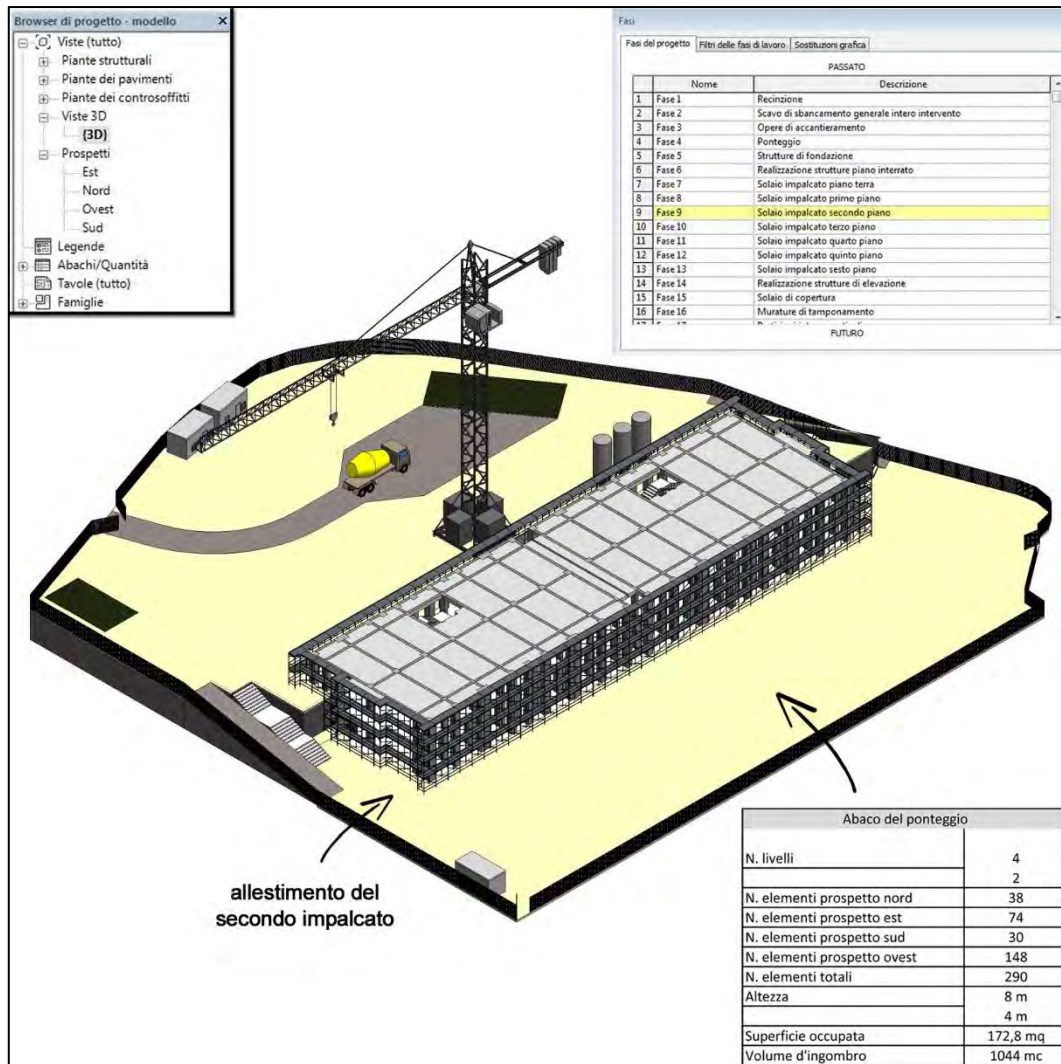


Figura 4.30 Assonometria della fase di allestimento del secondo impalcato

Proseguendo con le fasi, iniziamo a veder crescere l'edificio. In questa fase si considera la realizzazione del solaio del secondo piano. Insieme all'edificio vediamo lo sviluppo del ponteggio che è stato realizzato con lo strumento "famiglie" di Revit. Questo significa che anche il ponteggio è un elemento parametrico, e quindi risponde alle esigenze del caso specifico e della situazione reale e, in generale, alle disposizioni normative.

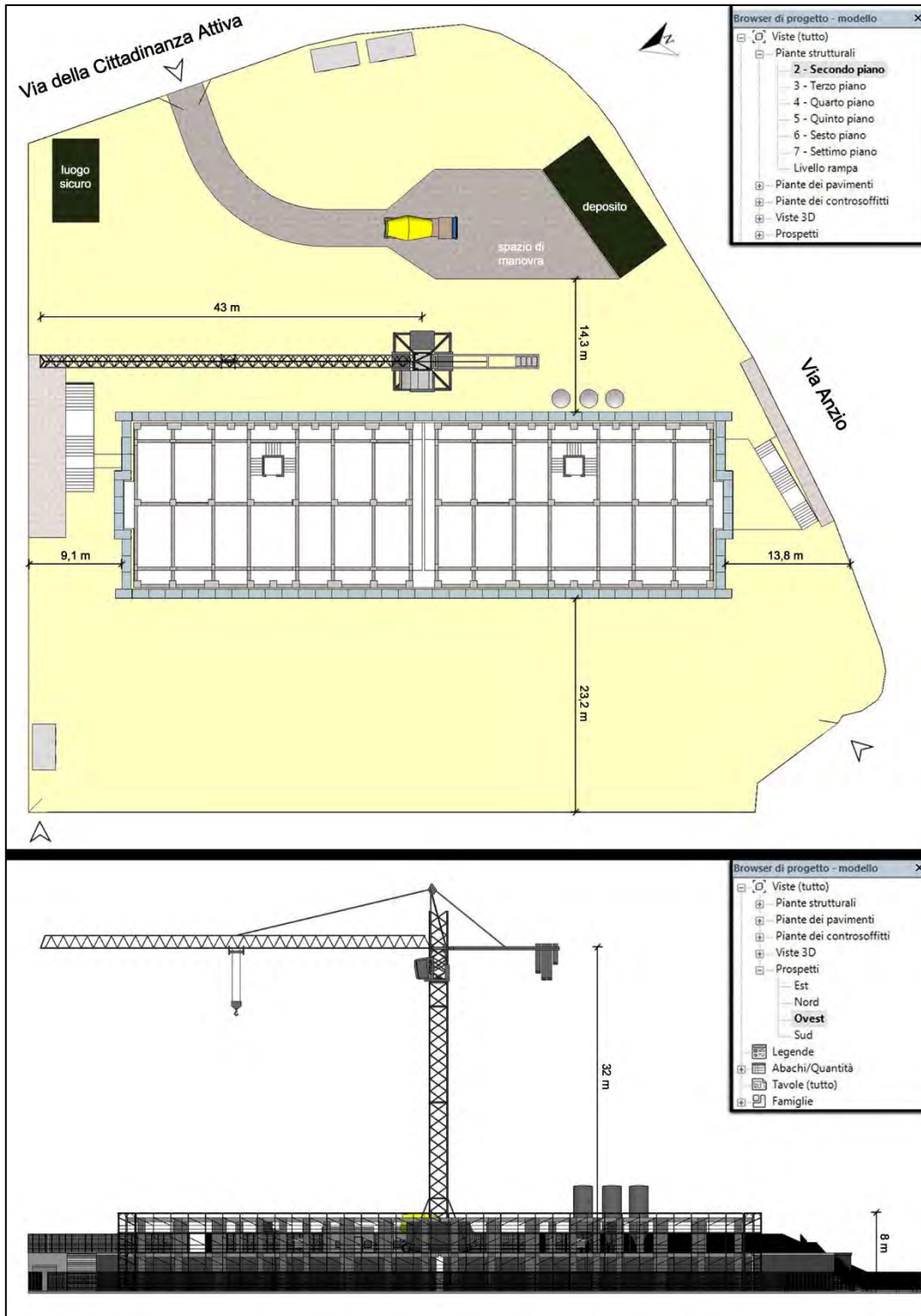


Figura 4.31 Planimetria e prospetto della fase di allestimento del secondo impalcato

## Realizzazione dei pilastri dell'ultimo livello

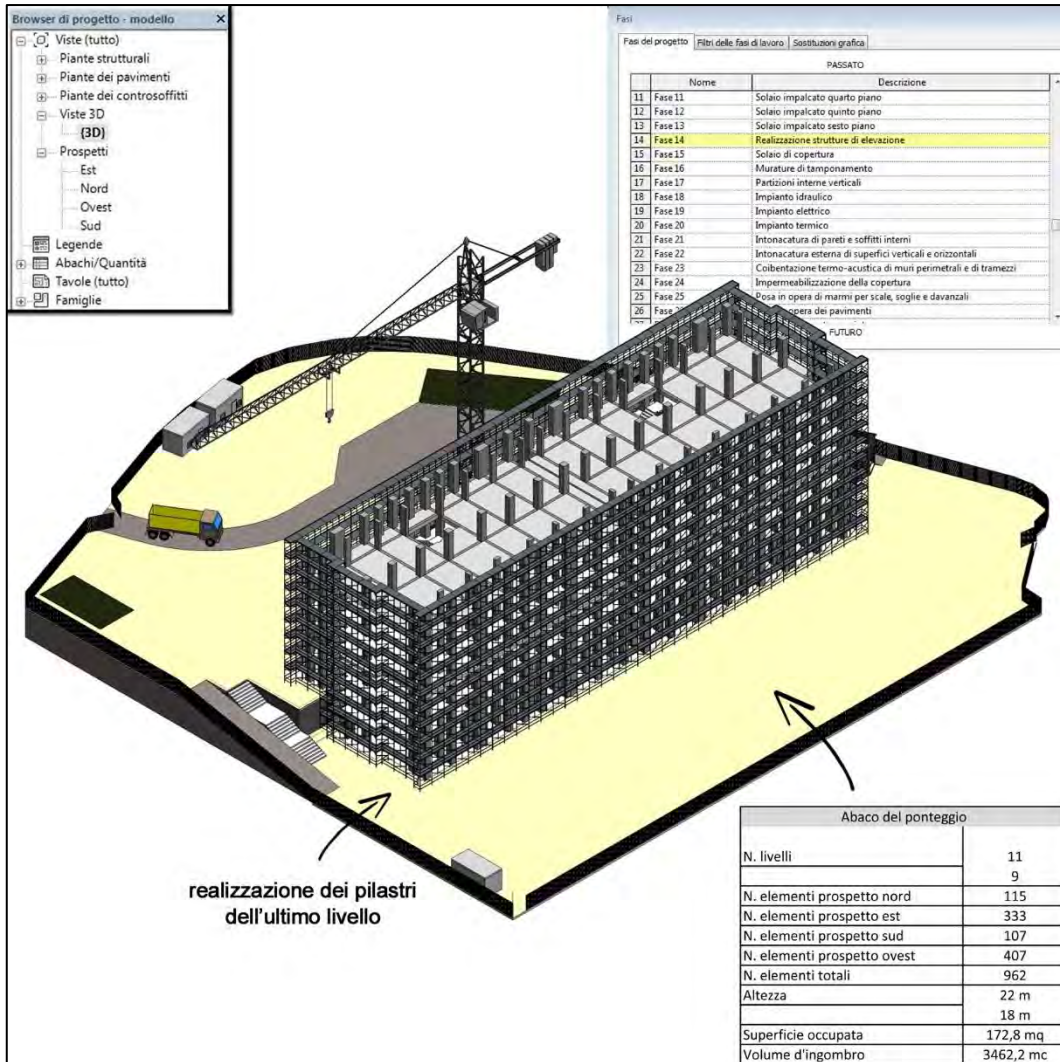


Figura 4.32 Assonometria della fase di realizzazione dei pilastri dell'ultimo livello

Vediamo che con l'avanzare delle fasi viene ripetuta la stessa attività ma a quote sempre più elevate, il che rende più pericoloso e potenzialmente dannoso il rischio di caduta dall'alto. Di pari passo all'edificio, continua anche a venir su il ponteggio di cui è stato inserito, come nella fase precedente, l'abaco. *Revit*, infatti, permette di conoscere le caratteristiche del ponteggio (e di tutti gli altri oggetti) nella fase che si sta analizzando.

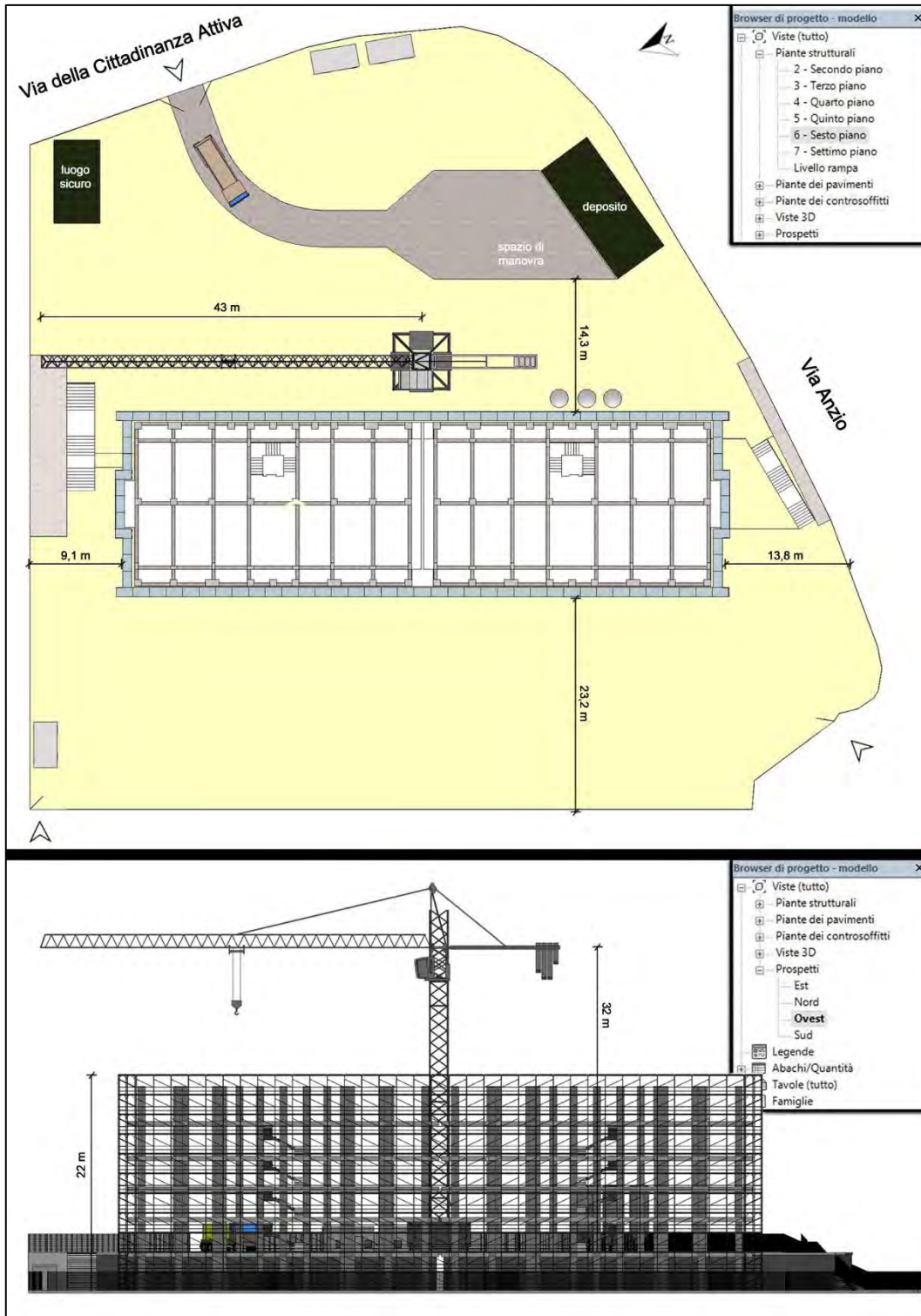


Figura 4.33 Planimetria e prospetto della fase di realizzazione dei pilastri dell'ultimo livello

## Realizzazione delle tompagnature

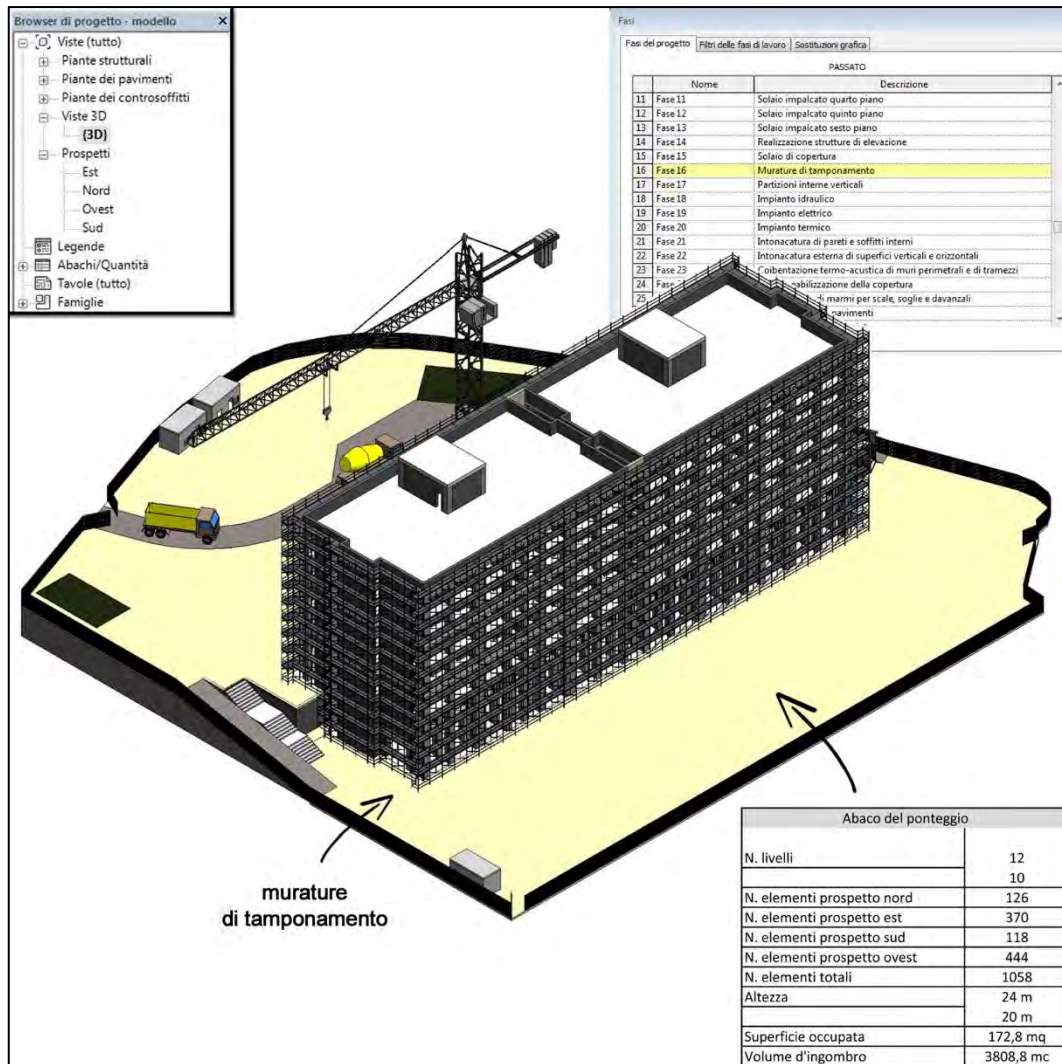


Figura 4.34 Assonometria della fase di realizzazione delle tompagnature

L'ossatura dell'edificio è terminata, e si passa alla realizzazione delle tompagnature e successivamente alla fase di finitura. Questo momento è importante perché bisogna trasportare il materiale necessario ai piani superiori, cosa che deve essere fatta con attenzione e in sicurezza, e inoltre bisogna evitare le eventuali interferenze tra i lavoratori. Anche in questo caso è stato inserito l'abaco del ponteggio che è completo, così possiamo conoscere in modo preventivo le caratteristiche che esso avrà, sia le dimensioni che il numero di elementi.



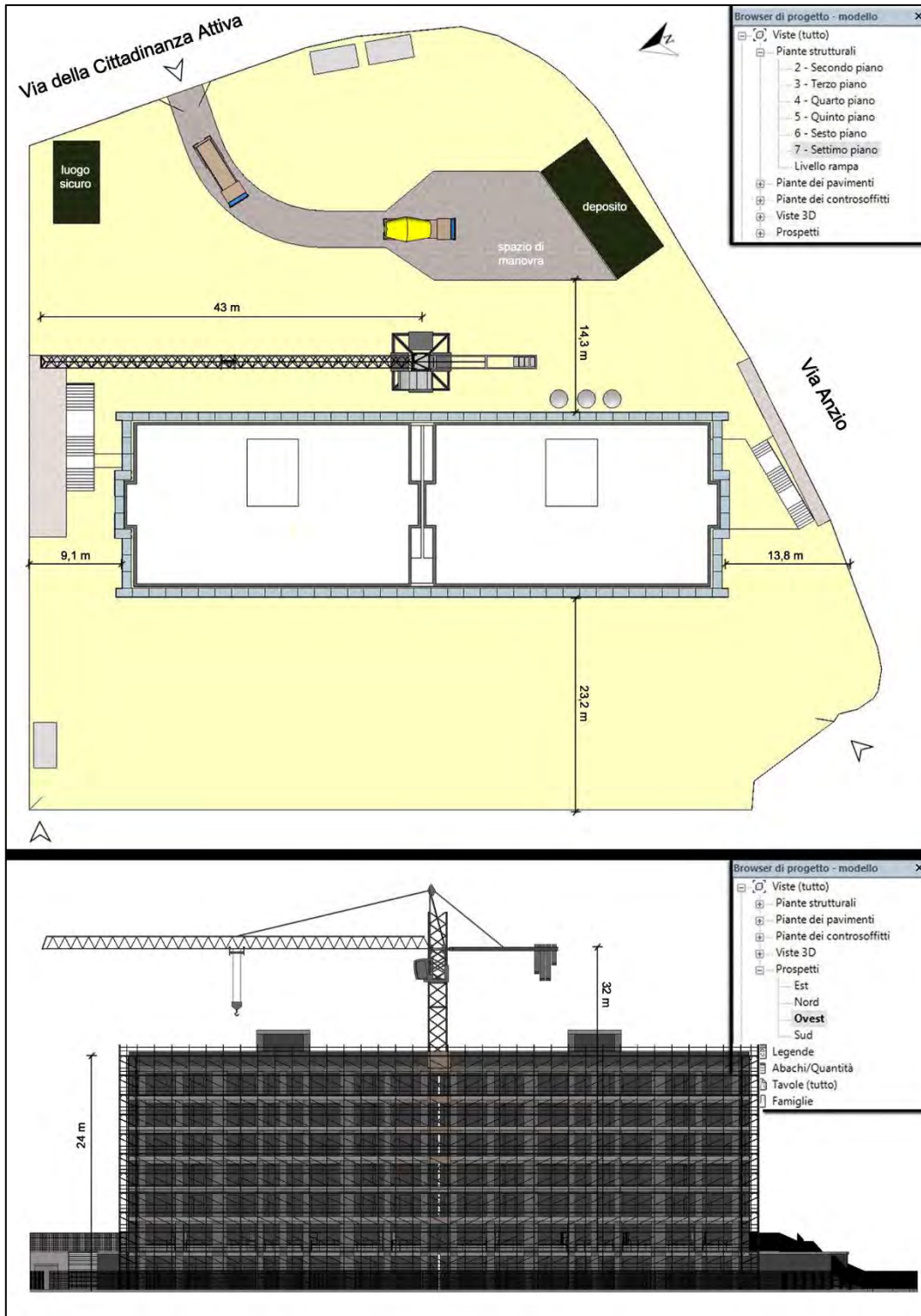


Figura 4.35 Planimetria e assonometria della fase di realizzazione delle tempagnature

## Smontaggio del ponteggio

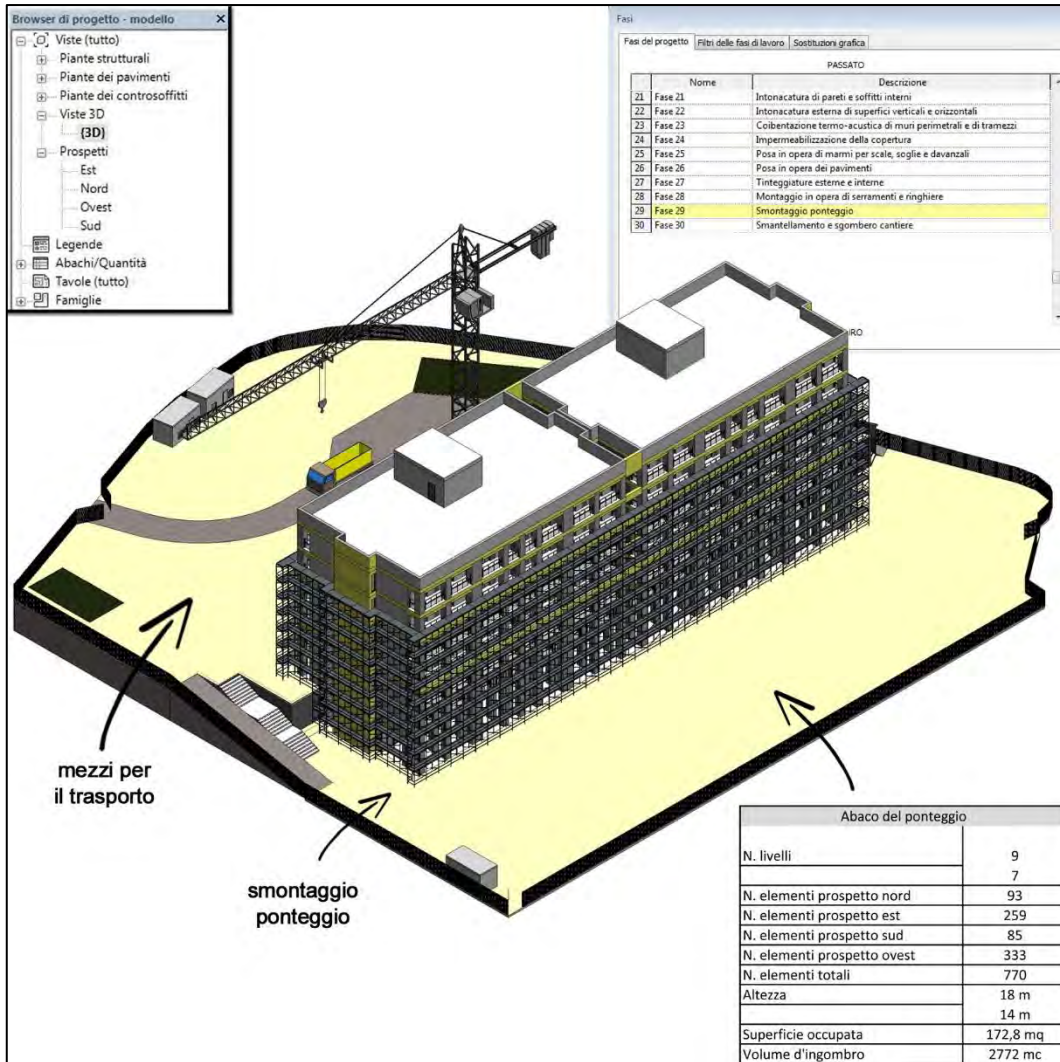


Figura 4.36 Assonometria della fase di smontaggio del ponteggio

Lo smontaggio del ponteggio è un'operazione delicata perché bisogna trasferire i materiali che lo compongono verso il piano terra e successivamente portarli via dall'area di lavoro. La rappresentazione tridimensionale permette di valutare l'operazione da svolgere e le misure di sicurezza da attuare. Inoltre, sono stati indicati i mezzi per il trasporto del ponteggio smontato verso l'esterno del cantiere. Con questa fase ci si avvia al termine dei lavori sugli edifici e si va verso il risultato finale, come indicato nel prospetto.

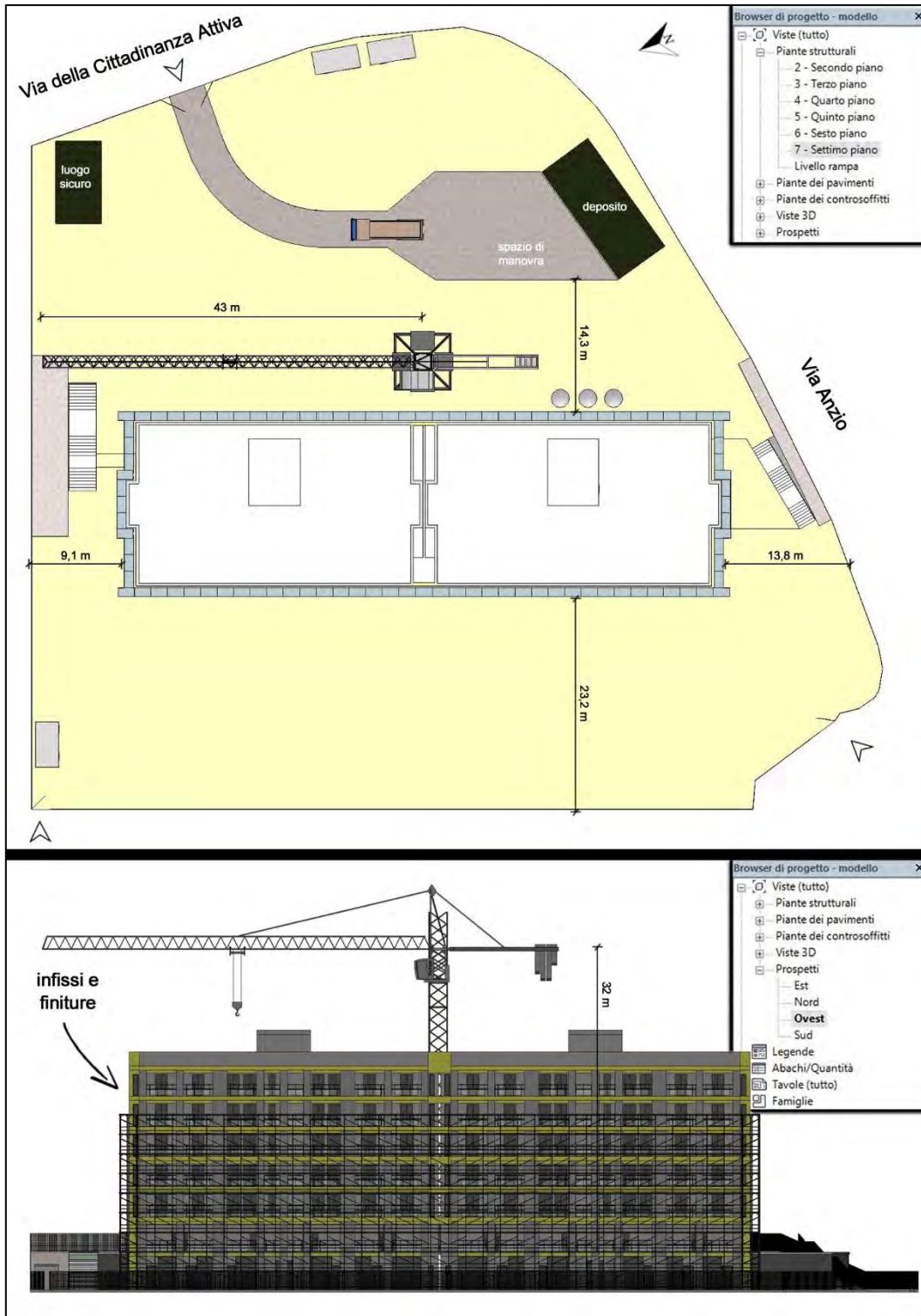


Figura 4.37 Planimetria e prospetto della fase di smontaggio del ponteggio

## Risultato finale

Dato che l'edificio in costruzione è inserito in un contesto quasi del tutto realizzato, è stato ipotizzato un risultato, quale obiettivo finale del processo, guardando ai prospetti esistenti.



*Figura 4.38 Foto dell'edificio di fronte a quello in costruzione*



*Figura 4.39 Assonometria dell'ipotetico risultato finale*

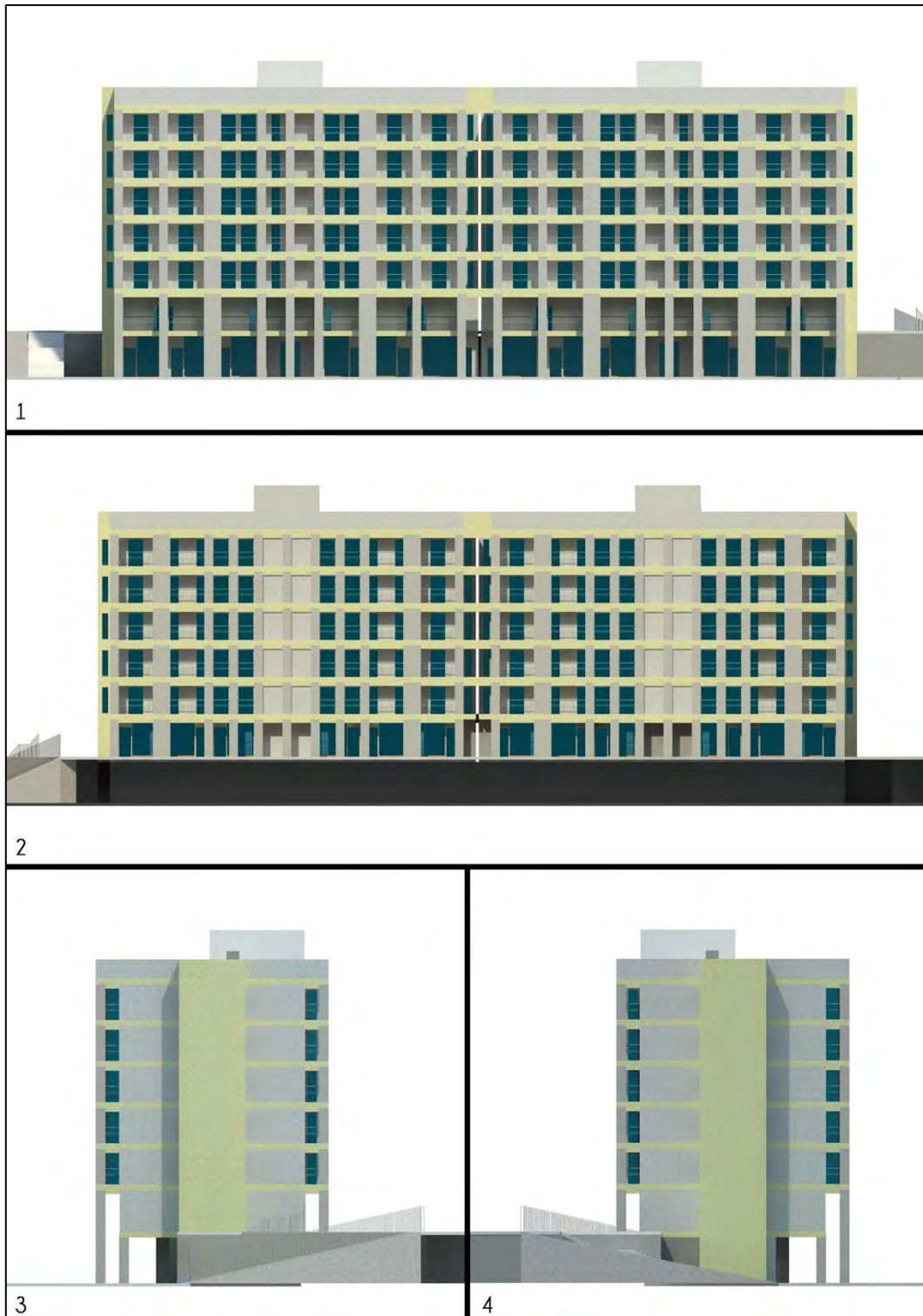
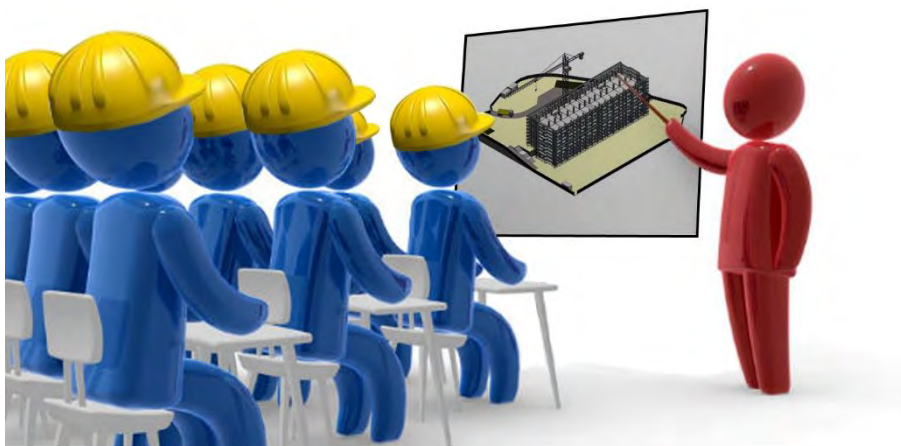


Figura 4.40 Prospetti: 1\_ ovest; 2\_ est; 3\_ sud; 4\_ nord



## Conclusioni

Con questo lavoro si è cercato di dimostrare la validità del BIM come metodo per la progettazione della sicurezza in cantiere, e nello specifico l'utilizzo del modello digitale come strumento formativo e didattico. Il punto di partenza è stata l'analisi della normativa sulla sicurezza e l'evoluzione che essa ha avuto con il passare degli anni: attraversando il '900 abbiamo assistito al cambiamento del concetto di infortunio, che da responsabilità esclusiva del lavoratore all'inizio del secolo si è trasformato in responsabilità del datore di lavoro, che deve occuparsi non solo della sicurezza in termini di progettazione ma anche in termini di formazione. Questo trova fondamento nell'art. 37 del Testo Unico (D.Lgs. 81/2008) che stabilisce l'obbligo della formazione dei lavoratori, compito del datore di lavoro spesso affiancato dal RSPP. Una formazione che però si deve sviluppare su un doppio binario: quella generica, che istruisce gli operatori sulla casistica comune, e quella specifica legata alle caratteristiche esclusive, alle peculiarità, del singolo cantiere (in tal senso si consideri anche l'accordo Stato-Regioni del 2016). La seconda parte è stata incentrata sull'analisi del BIM, un metodo progettuale che permette di ideare, realizzare e gestire gli oggetti architettonici in modo nuovo e diverso rispetto alla progettazione tradizionale grazie all'uso di famiglie parametriche e all'inserimento della variabile tempo (modellazione 4d). Il punto di contatto tra le due tematiche? La possibilità di utilizzare il modello dinamico del sistema cantiere realizzato con il BIM per la formazione delle maestranze.



*Simulazione di una training room*

Per dimostrare ciò si è passati allo studio di un caso reale, alla modellazione del cantiere con *Revit* e all'analisi delle fasi critiche. La possibilità di avere un modello tridimensionale navigabile permette ai lavoratori di pre-visualizzare le varie lavorazioni e, quindi, di ricevere una formazione specifica e puntuale delle attività che andranno a svolgere, il che risponde agli obblighi riportati nel Testo Unico. Questo evidenzia anche l'importanza di consultare un professionista, un ingegnere, per ricoprire il ruolo del Responsabile della sicurezza, una figura fondamentale che, insieme al datore di lavoro, può organizzare le attività del cantiere e formare i lavoratori, puntando al massimo della sicurezza.



## Bibliografia

- C. ARGIOLAS - R. PRENZA - E. QUAQUERO, *BIM 3.0 Dal progetto alla simulazione: nuovo paradigma per il progetto e la produzione edilizia*, Roma, Gangemi Editore, 2015
- D. CAMPBELL, *Virtual Reality in AEC: An Idea Whose Time Has Come*, in *Beyond Design*, 2016
- M. DE LUCA PICIONE, *Il Building Information Model*, «Il nuovo cantiere» 2 (2016), pp. 32-35
- M. DE LUCA PICIONE – V. MOTTOLA, *Dal disegno al modello di cantiere*, «Il nuovo cantiere» 3 (2014), pp. 28-31
- M. DE LUCA PICIONE - V. MOTTOLA, *Il progetto dinamico del cantiere edile*, Milano, Gruppo 24 Ore, 2009
- T. HILFERT - J. TEIZER - M. KONIG, *First Person Virtual Reality for Evaluation and Learning of Construction Site Safety*, 33<sup>rd</sup> International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2016
- P. MASCIOCCHI, *La nuova formazione sulla sicurezza per RSPP e ASPP*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2016
- C. MASSIMIANI, *La qualità del lavoro nell'esperienza dell'OIL e nelle politiche sociali europee*, Lulu Press, 2010
- I. PAOLETTI, *L'innovazione consapevole. Nuovi percorsi per la tecnologia dell'architettura*, Milano, Maggioli Editore, 2012
- C. C. RIZZARDA – G. GALLO, *La sfida del BIM: un percorso di adozione per progettisti e imprese*, Milano, Tecniche Nuove, 2017
- M. R. SOLOMBRINO, *Compendio di Sicurezza sul Lavoro*, Napoli, Gruppo Editoriale Simone, 2017
- X. WANG - P. S. DUNSTON - R. PROCTOR - L. HOU - J. SO, *Reflections on using a game engine to develop a virtual training system for construction excavator operators*, Proceedings to 28<sup>th</sup> International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2011



## Riferimenti normativi

- Accordo Europeo sullo stress sul lavoro, Bruxelles, 08/10/2014
- Accordo Stato-Regioni, 2006
- Atto Unico Europeo, 1986
- Cassazione Penale, Sez. 4, 27 gennaio 2011, n. 2814 - RSPP e Omessa segnalazione dei fattori di rischio
- Costituzione della Repubblica Italiana, 1948
- Decreto legislativo 14 settembre 2015, n.151 (decreto attuativo del Jobs Act)
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n.50
- Decreto legislativo 19 aprile 2017, n.56 (disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n.50, noto come Codice Appalti)
- Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626
- Decreto legislativo 23 giugno 2003, n. 195
- Decreto legislativo 30 aprile 2008, n.81
- Decreto ministeriale 10 marzo 1998
- Documento N544R di ISO/TC176/SC2
- EUPPD, European Union Public Procurement Directive, approvata il 15 gennaio 2014
- ISO 16739:2013
- Linee guida dell'ANCE sull'applicazione del BIM
- Proposta di decreto finalizzata all'adozione della modellazione informativa nelle opere pubbliche (Decreto BIM)
- Trattati di Roma, 1957
- UNI 11337



## Sitografia

- 3dcadbrowser.com
- 3drepo.com
- Acca.it
- Aifos.it
- Altalex.com
- Ambientesicurezzaweb.it
- Appuntidigitali.it
- Araundu.it
- Architetto.info
- Autodesk.com
- Biblus.acca.it
- Bimandco.com
- Bimcomponents.com
- Bimdictionary.com
- Bimportale.com
- Bimthinkspace.com
- Bsigroup.com
- CodiceAppalti.it
- Diritto.it
- Edilportale.com
- Ediltecnico.it
- Gazzettaufficiale.it
- Gisinfrastrutture.it
- Harpaceas.it
- Ilsole24ore.it
- Inail.it
- Infobuild.it
- Ingegneri.cc
- Iso.org
- Lavoripubblici.it
- Lavoro.gov.it
- Microsoft.com
- Mit.gov.it
- Mondodiritto.it
- Nibs.org
- Oculus.com
- Penalecontemporaneo.it
- Processinnovation.wordpress.com
- Puntosicuro.it
- Quotidianosicurezza.it
- Repubblica.it
- Revitcity.com
- Roveremichelis.it
- Samsung.com
- Sba.unifi.it
- Sicurezzaincantiere.it
- Tracepartsonline.net
- Vegaengineering.com
- Wikipedia.org
- Youtube.com



## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare in primis il mio relatore, l'ing. Mauro De Luca Picione, che oltre ad avermi guidato nell'elaborazione della tesi mi ha permesso di ampliare lo sguardo grazie al suo punto di vista esperto.

Ringrazio inoltre il signor R. Mancusi per la grande disponibilità dimostrata in questi mesi, e l'ing. P. Saluzzi che non ha esitato a rispondere alle domande del questionario.

Un pensiero speciale va alla mia famiglia acquisita, un ristretto gruppo di persone eterogenee, ognuna delle quali ha dato un contributo essenziale durante questo lungo arco temporale: la consapevolezza di Fede, la gioia di Lu, il romanticismo di Terry, la complicità di Lory e il supporto incondizionato di Rob. Grazie.