



**Politecnico  
di Torino**

## Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Edile

A.a. 2020/2021

Sessione di Laurea Novembre/Dicembre 2021

# **Digital Twin: Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione di Torino**

Analisi costi della sicurezza in periodo Covid-19 e approccio alla  
sicurezza in cantiere attraverso il Digital Twin

Relatori:

Anna Osello  
Fabio Manzone

Candidati:

Pasquale Luiso



# Sommario

<b>ABSTRACT - ITALIANO .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT - INGLESE .....</b>	<b>iii</b>
<b>CAPITOLO 1 - DIGITAL TWIN.....</b>	<b>1</b>
1.1 DEFINIZIONE E CARRATTERISTICHE DI UN DIGITAL TWIN.....	1
1.2 APPLICAZIONI PRATICHE DEL DIGITAL TWIN .....	2
1.3 PROSPETTIVE FUTURE .....	4
<b>CAPITOLO 2 - INQUADRAMENTO AREA DI CANTIERE.....</b>	<b>5</b>
2.1 DESCRIZIONE PROGETTO .....	6
2.1.1 COMPENSORIO 1 .....	9
2.1.2 ACCESSIBILITA' E MOBILITA' .....	10
2.2 ANALISI DEL CONTESTO.....	12
2.2.1 VIABILITA'.....	13
2.3 RICOSTRUZIONE STORICA DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE .....	14
2.3.1 USO PRODUTTIVO DELL'AREA.....	14
2.4 STRUTTURE DELL'EX SITO INDUSTRIALE.....	15
2.5 STATO AMBIENTALE DELL'AREA.....	16
2.6 QUADRO DELLE ATTIVITA' DI BONIFICHE EDETTUATE .....	17
<b>CAPITOLO 3 - ATTIVITA' DI CANTIERE.....</b>	<b>19</b>
3.1 SONDAGGIO .....	19
3.1.1 DEFINIZIONE DEI NUOVI PUNTI DI SONDAGGIO.....	19
3.1.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	28
3.2 BONIFICA .....	30
3.2.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE.....	30
3.2.2 FASE FORMAZIONE CUMULI.....	30
3.2.3 TRATTAMENTO ON SITE.....	30
3.2.4 DESCRIZIONE COMPLESSIVA DELLE LAVORAZIONI.....	31
3.2.5 ORGANIZZAZIONE E VIABILITA' DI CANTIERE .....	33
3.3 SCAVO / ATTIVITA' DI SCAVO E CONTROLLO.....	34
<b>CAPITOLO 4 - CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>37</b>

<b>CAPITOLO 5 – ANALISI COSTI DELLA SICUREZZA .....</b>	<b>39</b>
5.1 COVID-19.....	39
5.1.1 SINTOMI.....	39
5.1.2 MODALITA' DI TRASMISSIONE .....	41
5.1.3 SETTORE EDILE IN EMERGENZA COVID-19.....	42
5.1.4 QUADRO LEGISLATIVO E NORMATIVO.....	42
5.1.5 MISURE COVID-19 NEL SETTORE EDILE.....	45
5.2 ANALISI COSTI DELLA SICUREZZA.....	50
5.3 METODO PER LA STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA COVID-19.....	52
5.3.1 APPLICAZIONE METODO.....	57
5.3.2 OSSERVAZIONI.....	60
<b>CAPITOLO 6 – MODELLAZIONE.....</b>	<b>63</b>
6.1 MODELLO SONDAGGI .....	63
6.2 MODELLO SCAVI .....	67
<b>CAPITOLO 7 – MODELLO DIGITAL-TWIN .....</b>	<b>73</b>
<b>CAPITOLO 8 – SICUREZZA IN CANTIERE .....</b>	<b>75</b>
8.1 DIGITAL TWIN E SICUREZZA IN CANTIERE .....	77
8.1.1 DIGITAL TWIN - BIM E CoSIM.....	77
8.1.2 APPLICAZIONI DEL DIGITAL TWIN NELLA SICUREZZA.....	79
<b>CAPITOLO 9 – REALTA' VIRTUALE (VR).....</b>	<b>83</b>
9.1 COME FUNZIONA .....	84
9.2 CAMPO DI UTILIZZO .....	86
9.3 VR E DIGITAL-TWIN .....	90
9.4 LA REALTA' VIRTUALE COME STRUMENTO DI INFORMAZIONE E FORMAZIONE .....	90
9.5 CANTIERE E REALTA' VIRTUALE.....	91
<b>CAPITOLO 10 – CONCLUSIONE.....</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>99</b>
<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>100</b>
<b>NORMATIVA.....</b>	<b>102</b>



## **ABSTRACT – ITALIANO**

Oggetto del presente lavoro è l'acquisizione delle nuove tecnologie e strumentazioni nel settore informatico che rispondono al tema del Digital-Twin e l'applicazione di queste ultime nel campo edile con particolare focus sulla questione della sicurezza sul lavoro.

Oggetto della presente tesi è il caso studio del cantiere del Parco della Salute della Ricerca e dell'Innovazione (PRSI) di Torino.

Nell'ambito della sicurezza, sono stati calcolati i costi della sicurezza di alcune specifiche fasi di cantiere, a questi è stato applicato il costo aggiuntivo della sicurezza dovuto all'emergenza pandemica da SARS-CoV-2 attualmente in corso, ricavando così l'incidenza dei costi della sicurezza dovuti Covid-19 sull'importo totale. Viene, inoltre, elaborato un metodo utile nel fornire un approccio rapido al calcolo dei costi aggiuntivi dovuti all'emergenza Covid-19.

Terminato, lo studio sui costi della sicurezza, si è passato all'analisi della documentazione del bando di gara del PSRI e successivamente alla creazione di un modello 3D che è stato modificato in base alle successive fasi di scavo del cantiere.

Infine, si evidenzia come l'applicazione del Digital Twin e l'utilizzo di strumenti tecnologici può fornire dei vantaggi atti a migliorare la sicurezza sul lavoro. Vengono forniti degli spunti e degli esempi di applicazione.

Concludendo, attraverso la realtà virtuale viene fornito un ulteriore metodo per approcciare alcune tematiche importanti, come ad esempio la sicurezza in cantiere, cercando di definire dei campi di applicazione dove è possibile ridurre o eliminare i problemi di rischio e pericolo dati dal cantiere.



## **ABSTRACT – INGLESE**

The subject of this work is the acquisition of new technologies and tools in the IT sector that respond to the theme of the Digital-Twin and the application in the construction sector with particular focus on the issue of workplace safety.

The subject of this thesis is the case study of the construction site of the Health Research and Innovation Park (PRSI) in Turin.

Remaining in the field of safety, the safety costs of some specific construction phases were calculated, and the additional cost of safety due to the pandemic emergency from SARS-CoV-2 currently underway was applied, in this way it was possible to see the impact of the security costs due to Covid-19 on the total amount, noting that the additional costs due to the pandemic emergency are by no means negligible. A calculation method is also developed, useful for providing a quick approach to calculating the additional costs due to the Covid-19 emergency.

Once the study on safety costs was completed, we moved on to the analysis of the PSRI call for tender documentation and subsequently to the creation of a model that was modified according to the subsequent excavation phases of the construction site.

Finally, it should be noted that the application of the Digital Twin and the use of technological tools can provide advantages aimed at improving workplace safety. Suggestions and application examples are provided.

In conclusion, through virtual reality, a further method is provided to approach some important issues, such as safety on site, trying to define fields of application where it is possible to reduce or eliminate the risk and danger problems given by the construction site.





# CAPITOLO 1 – DIGITAL TWIN

Il digital twin che traduciamo in gemello digitale, è uno dei più moderni strumenti nell'ambito della digital transformation, in cui attraverso delle soluzioni informatiche, un oggetto viene replicato virtualmente, e implementato con sistemi di controllo in tempo reale. Tutto questo porta a una serie di vantaggi nell'analisi e nel calcolo rispetto all'oggetto in replica. Nei paragrafi successivi vengono mostrati e approfonditi gli aspetti appena descritti.

## 1.1 DEFINIZIONE E CARRATTERISTICHE DI UN DIGITAL TWIN

Le definizioni di Digital Twin in letteratura sono molteplici, possiamo però sintetizzare dicendo che:

*"Il Digital Twin integra IoT (Internet of Things), IA (Intelligenza Artificiale), Machine Learning e Analytics con una rappresentazione grafica e/o spaziale per creare dei modelli di simulazioni digitali e viventi che si aggiornano e cambiano quando cambia la loro controparte fisica." <sup>1</sup>*

Un Digital Twin, quindi, potenzialmente può essere in grado di apprendere e aggiornarsi in continuo tramite dati real-time provenienti da sensori sull'asset fisico per rappresentare le condizioni operative, ambientali e di lavoro.

Il Digital Twin è un modello caratterizzato dall'acquisizione di informazioni:

- tramite dati acquisiti
- da esperti dotati di una profonda conoscenza di dominio
- da altri asset simili

Inoltre, è possibile integrare e utilizzare i dati storici per affinare le simulazioni.

---

<sup>1</sup> <https://www.techedgegroup.com/it/blog/digital-twin-un-pilastro-della-trasformazione-digitale>



Figure 1 – Illustrazione degli ambiti di competenza con i quali il modello Digital Twin si relaziona

## 1.2 APPLICAZIONI PRATICHE DEL DIGITAL TWIN

### VIRTUAL METERING: STIME DI GRANDEZZE NON MISURABILI

Attraverso il campo virtuale, avendo a disposizione nello spazio virtuale l'intero campo di misura, possiamo stimare delle misure che non si è in grado di misurare direttamente sull'elemento fisico per motivi economici, di posizionamento, scarsa accuratezza degli strumenti disponibili o altro.

### 3D MODEL: INTERAZIONE DI DATI-REAL TIME SU UN MODELLO 3D

Un modello 3D consente di avere precise informazioni sugli ingombri di impianti e macchinari, potendo pianificare con la massima precisione e senza sopralluoghi modifiche per quel che riguarda l'oggetto nella realtà, ma anche le lavorazioni inerenti a tale oggetto.

Questa visione di operare virtualmente è tanto più efficace quanto più sono le informazioni contenute e processate in tempo reale del modello, ciò è possibile attraverso una modalità di lavoro pienamente integrata nella gestione digitale del ciclo di vita degli asset, e una sempre maggiore integrazione di nuovi sistemi di monitoraggio tra modello virtuale e reale. Quanto appena descritto viene definito con il concetto di *Digital Twin for Maintenance*.

## **RAPPORTO FRA BIM E DIGITAL TWIN**

Il BIM (Building Information Modeling) è una rappresentazione digitale del processo costruttivo che facilita lo scambio e l'interoperabilità delle informazioni. Un modello BIM contiene tutte le caratteristiche fisiche e funzionali di una costruzione. È quindi facilmente intuibile sia sul piano concettuale che su quello pratico, la connessione fra BIM e Digital Twin.

Qualsiasi elemento costruito, dal mattone alla città, può essere rappresentato con un modello digitale che riproduce le geometrie e raccoglie una quantità enorme di informazioni.

Possiamo differenziare il BIM dal Digital Twin secondo tali definizioni: il BIM è focalizzato essenzialmente sulla progettazione e costruzione di un manufatto, mentre il Digital Twin è uno strumento di analisi e modellazione delle interazioni fra le persone e l'ambiente costruito.

Ad oggi il Bim è principalmente una metodologia di progettazione, che in quanto tale è ottimizzata per la collaborazione e la visualizzazione durante la fase di sviluppo e realizzazione dell'opera, non sulla gestione e manutenzione della stessa: il suo scopo è quindi principalmente quello di supportare il professionista a sviluppare e realizzare il progetto attraverso un processo collaborativo incentrato sugli aspetti fisici e funzionali di un edificio e le sue relazioni spaziali, ma non sul suo utilizzo. Una seconda distinzione già accennata, ma che vale la pena di sottolineare meglio, è che a differenza del Building Information Modeling il Digital Twin è un modello progettato per fornire strumenti di analisi e intervento in tempo reale.

Si deduce che il modello Bim rappresenta la base di dati necessaria allo sviluppo di un Digital Twin, il quale successivamente sarà in grado di svolgere specifiche funzioni grazie all'integrazione di altre tecnologie che ne consentano la connessione e il dialogo con l'opera.

Grazie a questa metodologia sin da subito si ha l'esigenza di impostare il lavoro sin dalle fasi di sviluppo, in modo tale che la realizzazione e gestione dell'opera possa implementare il modello già ben strutturato, in modo tale che quest'ultimo fornisca una qualità elevata. Progettazione e costruzione sono infatti momenti ideali per la raccolta di tutti i dati necessari alla costruzione di una replica virtuale del manufatto all'interno del processo Bim.

Si può anticipare che nello svolgimento di tale tesi, e nei lavori precedenti dei colleghi, è emersa la difficoltà nell'impostare un lavoro ben strutturato, a

causa sia dei software non ancora ben integrati tra loro sia a causa dell'impostazione delle carte di progetto svolte nel bando di gara che forniscono una base scarsa per la creazione di un modello soddisfacente, nel breve periodo.

### **1.3 PROSPETTIVE FUTURE**

Il Digital Twin prenderà sempre più piede superando rapidamente la modellazione BIM, consentendo alle principali organizzazioni incentrate sugli asset di far convergere le proprie tecnologie ingegneristiche, operative e informatiche attraverso portali o esperienze immersive. Questo grazie anche alla confluenza di strumenti di visualizzazione 3D, reality modeling, realtà ibrida (AR/VR) e all'ingegneria geotecnica, e offrono una visione immersiva e integrata delle risorse infrastrutturali sotterranee, superficiali e sopra terra.

Creando un Digital Twin, è possibile quindi capire come ottimizzare le operazioni, aumentare l'efficienza e scoprire un problema prima che accada rispetto a quello che si sta duplicando nel mondo reale. In questo modo abbiamo una riduzione del rischio e anche un ritorno sull'investimento molto rilevante.

Tutto ciò descrive pienamente il potenziale del Digital Twin, che combinato alle nuove tecnologie sempre più performanti, ne rende le potenzialità sempre in costante aumento. Artificial Intelligence e Machine Learning, con sistemi di modellistica 3D e Mixed Reality, offrono ogni giorno nuove maniere di integrazione grazie alla combinazione dei sistemi sempre più performanti della rete informatica, dei sistemi di Cloud Computing<sup>2</sup> e dei sistemi di calcolo.

---

<sup>2</sup> In parole semplici, il cloud computing è la distribuzione di servizi di calcolo, come server, risorse di archiviazione, database, rete, software, analisi e intelligence, tramite Internet ("il cloud"), per offrire innovazione rapida, risorse flessibili ed economie di scala. Paghi solo per i servizi cloud che usi e risparmi sui costi operativi, esegui l'infrastruttura in modo più efficiente e ridimensioni le risorse in base all'evoluzione delle esigenze aziendali.

<https://azure.microsoft.com/it-it/overview/what-is-cloud-computing/>

## CAPITOLO 2 - INQUADRAMENTO AREA DI CANTIERE

La realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione della città di Torino è un piano di ampia portata che prevede un progetto di riassetto e riqualificazione della Zona di Trasformazione Urbana (ZUT 12.32) denominata Parco della Salute e sede Regione Piemonte localizzata nel quadrante sud-est della città di Torino, in adiacenza al tracciato ferroviario di attraversamento nord-sud, ed è delimitato dalle vie Nizza, Farigliano, Canelli, Passo Buole, dal sedime ferroviario e dall'area Lingotto Fiere



Figure 2 - Inquadramento del letto (Google Maps - Satellite-map.gosur.com)

## 2.1 DESCRIZIONE PROGETTO

Il progetto del PSRI prevede oltre alla realizzazione del palazzo della regione del parcheggio multipiano e delle residenze, l'accorpamento di strutture ad elevata complessità presenti nei presidi dell'Azienda Ospedaliera Universitaria Città della Salute di Torino (AOU CSS), rappresentati da: Ospedale Molinette, Ospedale Ostetrico Ginecologico Sant'Anna, Ospedale Infantile Regina Margherita e Centro Traumatologico Ortopedico e di Malattie Sociali e del Lavoro (CTO).

Il perimetro della Zona Urbana di Trasformazione insiste su una superficie territoriale (ST) pari a circa 313.725 mq.

Questa superficie viene divisa come da Accordo di Programma in quattro comprensori d'intervento così articolati:

- Comprensorio 1 – Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione
- Comprensorio 2 – Sede della Regione Piemonte e attività di interesse generale
- Comprensorio 3 – Attività complementari al PSRI (area FS Sistemi Urbani)
- Comprensorio 4 – Area Fiera Oval

I comprensori 1 e 2 hanno una superficie di 167.100 mq circa di proprietà della Regione Piemonte già messa in disponibilità con provvedimento regionale all'Azienda ospedaliera e in fase di perfezionamento dell'iter di trasferimento.

Nel Comprensorio 1, oggetto di questa tesi, sono previsti i quattro Poli del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione, per una superficie complessiva di 176.000 mq (slp), oltre a 15.000 mq (slp) destinati ad attività accessorie con i relativi parcheggi; in tale comprensorio non saranno comunque ammesse strutture fisico-funzionali concepite e organizzate unitariamente a destinazione commerciale.

Nel Comprensorio 2 è in fase di completamento la nuova sede unica Regionale (figura 3).



*Figure 3 - Fotografia del PSRI, l'edificio fotografato è il palazzo della regione nel comprensorio 2.*

Il Comprensorio 3 ha una superficie di 42.210 mq circa di proprietà della Società F.S. Sistemi Urbani, nei quali troveranno spazio residenze, attività ricettive, commerciali, etc., per un totale di 62.139 mq (slp).



Il Comprensorio 4 ha una superficie di 104.415 mq circa di pertinenza della "Fiera Oval".



*Figure 4 - Zona urbana di Trasformazione "Ambito 12.32 Parco della Salute e sede Regione Piemonte"*

Nella "Relazione generale R1" della gara di bando vi è inoltre un'ulteriore suddivisione dell'area oggetto di appalto. Questa suddivisione è frutto di precedenti lavori di scavi effettuati nei comprensori, non in modo omogeneo, ma è stata effettuata una ulteriore suddivisione di queste aree.

Nella figura successiva è possibile vedere questa suddivisione, che viene riportata perché nella descrizione delle lavorazioni del bando di gara del comprensorio 1, vengono esplicitate le specifiche lavorazioni per queste aree più specifiche.

Più precisamente per quanto riguarda il comprensorio 1, la suddivisione è quest'ultima:

- Lotto 2 (Sud) – Zona 4
- Lotto 1 (Nord) – Zona 5, zona 3, zona 1b

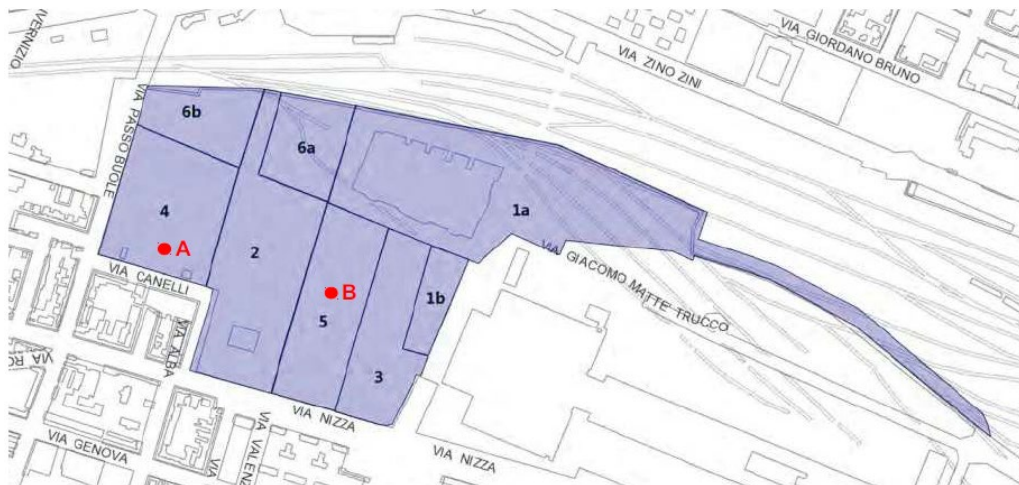


Figure 5 – Suddivisione dei comprensori in base agli scavi già effettuati (Relazione generale R1 pag.50)

## 2.1.1 COMPENSORIO 1

La realizzazione dell'intero PSRI (Compensorio 1) è stata articolata in due lotti funzionali:

- Lotto 1: Polo della sanità e della formazione clinica + Polo della ricerca
- Lotto 2: Polo della didattica + Polo della residenzialità d'ambito (foresteria).

A servizio di queste strutture è prevista una dotazione di parcheggi privati (Legge Tognoli).

A titolo informativo di seguito viene fornita una tabella di analisi dimensionale

Tabella 1 - Dimensionamento dei Poli

		Superficie (SLP)	Parcheggi	Posti letto	Studenti	Utenti
		mq	mq	n	n	n
LOTTO 1	Polo della sanità e della formazione clinica	127.000	44.100	1.040		
	Polo della didattica	10.000	3.400		5.000	
LOTTO 2	Polo della didattica	31.000	10.700			1.000
	Polo della residenzialità d'ambito	8.000	2.800			
Totale		176.000	61.000			
<i>Totale complessivo mq</i>		<i>237.000</i>				

### 2.1.2 ACCESSIBILITA' E MOBILITA'

L'area è assicurata da un elevato grado di accessibilità da tutto il territorio sovraregionale, regionale e metropolitano, sia con i mezzi privati sia con mezzi pubblici. Il sito è agevolmente raggiungibile tramite la rete autostradale attraverso la tangenziale, gli assi stradali urbani, ed è caratterizzata da un sistema di trasporto pubblico molto sviluppato; in particolare quello riguardante la rete ferroviaria, sulla quale è prevista la realizzazione della nuova stazione a ponte Lingotto in sostituzione di quella esistente, della linea metropolitana, attualmente in fase di completamento nonché di numerose linee urbane ed extraurbane di autobus.

Il nuovo sistema di viabilità interrata e superficiale, previsto dal vigente AdP all'interno dell'area, consentirà l'accesso a parcheggi interrati, riservando agli spazi di superficie una viabilità pedonale dedicata (ad eccezione del transito dei mezzi di servizio) con spazi verdi e di sosta pedonale. La realizzazione di questa viabilità superficiale serve a creare una rete atta a collegare la linea metropolitana alla stazione ferroviaria del Lingotto, detta 'promenade est-ouest', ed il prolungamento del sottopasso ferroviario, in fase di realizzazione.

Tutta la zona di trasformazione prevede anche il rafforzamento e connessione dei percorsi ciclo-pedonali che collegano il centro cittadino con il settore sud/est della città.

Inoltre, la trasformazione dell'area ex Avio-Oval offre la possibilità di individuare al suo interno lo spazio per la realizzazione di un terminal delle

autolinee extraurbane che, data la vicinanza con le stazioni Lingotto (ferrovia) e Regione Piemonte-Italia 61 (metropolitana), collocate a distanza pedonale, potrebbe divenire un vero e proprio Hub del trasporto pubblico.

## 2.2 ANALISI DEL CONTESTO

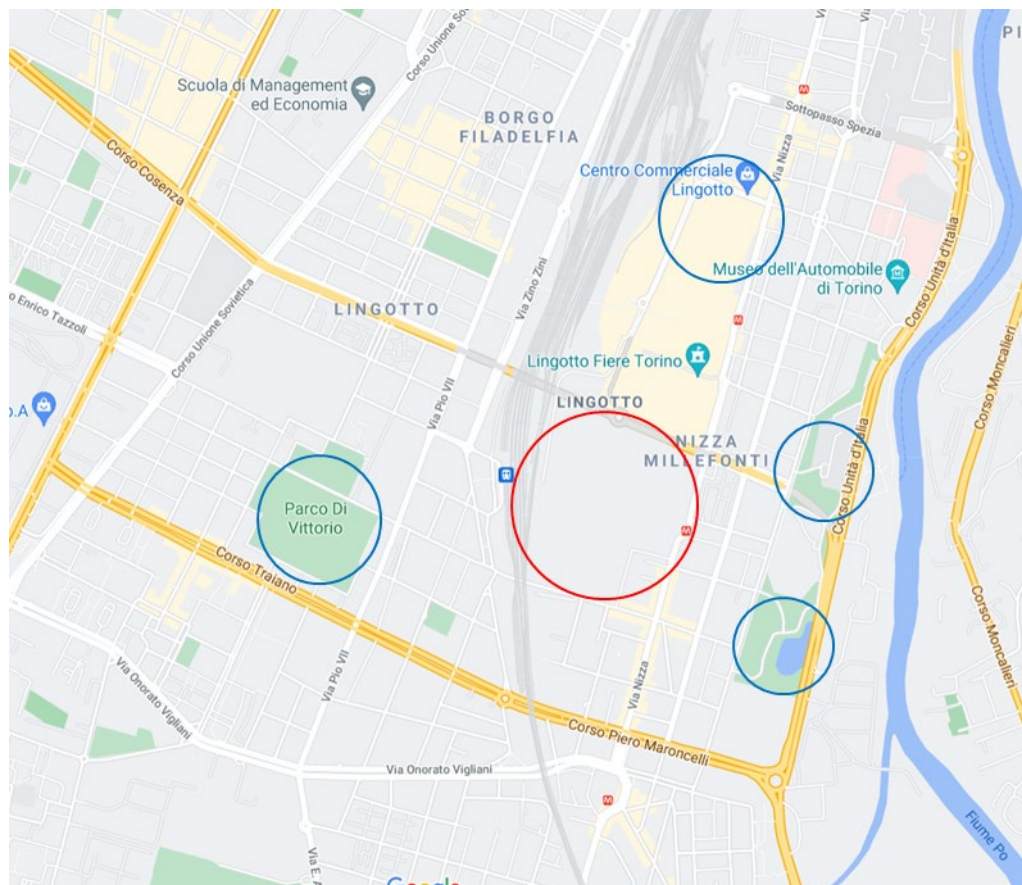


Figure 6 - Principali aree di aggregazione urbana ubicate vicino al cantiere

L'area di cantiere è inserita all'interno del contesto cittadino, in prossimità quindi sono presenti residenze, attività commerciali e fermate di mezzi pubblici. Nell'area quindi abbiamo una densità abitativa non trascurabile. Inoltre, vi sono in prossimità dei punti di interesse come il Centro Commerciale Lingotto, il Parco Di Vittorio e i Giardini: Giuseppe Levi e Corpo Italiano di Liberazione.

Inoltre, l'area a sud-est risulta avere la presenza di società polisportive, che nel corso della giornata, specialmente nell'arco pomeridiano, potranno avere una incidenza sul traffico.

## 2.2.1 VIABILITA'

L'area di cantiere risulta essere ben collegata alle principali arterie stradali, in particolare a strade urbane di scorrimento, le più utili sono Corso Unità d'Italia, Corso Cosenza, Corso Traiano, Corso Unione Sovietica e Corso Trieste. Il cantiere ha due possibili vie di collegamento all'autostrada: una possibilità è quella di percorrere Corso Unione Sovietica che si immette sull'autostrada E70 (la distanza di questo primo percorso dal cantiere è di circa 5 km), l'altra possibilità è quella di immettersi su Corso Trieste che si immette sull'autostrada E55 (la distanza dal cantiere è di circa 3 km).

Il lato ovest del cantiere affianca la rete ferroviaria, dove si trova anche la stazione Torino Lingotto.

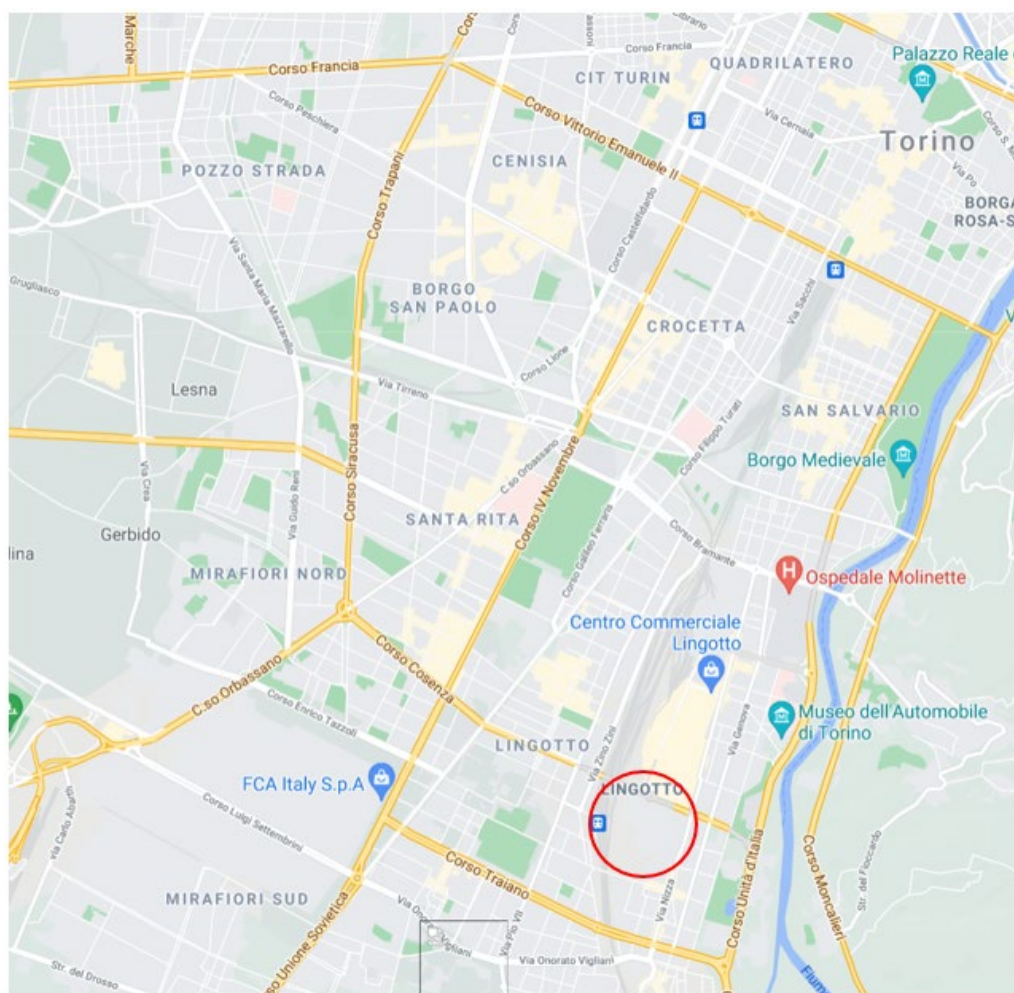


Figure 7 - Principali arterie stradali vicine al cantiere

## **2.3 RICOSTRUZIONE STORICA DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE**

In questo paragrafo viene descritta la storia dell'area e le varie modifiche subite nel corso del tempo. Gli accenni storici sono stati estrapolati dalla documentazione regionale, più precisamente dalla "Relazione Generale R12" del bando di gara<sup>3</sup>.

### **2.3.1 USO PRODUTTIVO DELL'AREA**

Andando a esaminare i dati storici relativi all'area in esame, le prime informazioni reperibili risalgono al 1837-38 con la realizzazione di un impianto chimico di concimi artificiali che rimane invariato, senza sostanziali modifiche, fino alla prima metà del secolo.

Nella seconda metà del secolo, con il processo di industrializzazione iniziò a modificarsi l'aspetto della zona, in particolare con la costruzione dello Stabilimento Lingotto, i cui lavori di costruzione durarono dal 1916 fino al 1930.

Successive informazioni risalgono al 1907 e riguardano la costruzione di un fabbricato destinato al deposito di petrolio e benzina proprietà della SIAP (Società Italo-americana del Petrolio). Il progetto che ha interessato tale area ha visto la realizzazione di un fabbricato ospitante cisterne fuori terra e fusti di petrolio di benzina.

In seguito al secondo conflitto mondiale l'area presentava una serie di danneggiamenti bellici e nel dicembre 1947 la società Fiat-Gestione lubrificanti avviò un progetto di ripristino che identifica le aree denominate "Petrolea" e "Lubrificanti", all'interno di una più vasta porzione del sito di proprietà Fiat contigua al terreno occupato dall'antica tenuta dei Nicolis di Robilant costruita nel 1731.

Nell'attuale area Avio la prima industria insediata fu la Fiat Lubrificanti che vi restò fino al 1952, quando fu spostata al posto dell'ex Villa Robilant.

Una planimetria risalente al 1968 mostra il sito suddiviso in due aree: una di proprietà Fiat S.p.A. Sezione Motori Avio l'altra di proprietà Fiat Lubrificanti.

---

<sup>3</sup> **R12\_Relazione Generale** – Documento pubblicato sul sito della Regione Piemonte

Tale struttura planimetrica rimane invariata fino al 1969, quando l'area subisce un'ulteriore trasformazione che ha riguardato la demolizione di alcuni fabbricati destinati alle aree di pompaggio e stoccaggio lubrificanti, per far spazio a quelle di verniciatura e a quelle di magazzino deposito pneumatici.

Nel settembre del 1976 nacque il complesso aziendale di Fiat Aviazione S.p.A., con una superficie complessiva di 118000 mq, collocato nella zona Nord e confinante con il sottopassaggio del Lingotto, ad Est con Via Nizza e Via Canelli, a Sud con Via Passo Buole e via Farigliano, a Ovest con proprietà Fiat S.p.A.

Nel comprensorio erano svolte diverse attività quali trattamenti superficiali sui particolari aeronautici di natura galvanica, termica e di verniciatura.

Nel dicembre 1982, la Fiat Avio ha esteso le sue attività nell'area Nord-Ovest, e questo ha comportato significative operazioni di ricollocazione delle attività di verniciatura, riporto plasma ed eliminazione della centrale termica.

Dal 2003 in poi sono state eseguite diverse attività di demolizione, e della documentazione fornita emerge che il sito è stato oggetto di altre attività, scavo, bonifica e successivo ritombamento di alcune aree poste a nord.

## **2.4 STRUTTURE DELL'EX SITO INDUSTRIALE**

In questo paragrafo vengono descritti e sintetizzati i lavori svolti nell'area oggetto di studi e che ad oggi sono presenti e rilevabili<sup>4</sup>.

### **RICOSTRUZIONE DEL COMPLESSO INDUSTRIALE EX FIAT AVIO**

L'area industriale ex Fiat Avio occupa una superficie complessiva di 198.700 m<sup>2</sup>, di questi circa 100.000 m<sup>2</sup> erano occupati da edifici.

---

<sup>4</sup> Sintesi dei dati forniti all'interno del documento **RI\_Relazione Generale** – Documento contenuto nella procedura di gara mediante dialogo competitivo per l'affidamento di un contratto di Partenariato Pubblico Privato per la realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione della Città di Torino (Cig 7785490597)



Tendo conto dei confitti originari e di quelli modificati da un successivo sviluppo, si ha:

- a nord-est, sottopasso del Lingotto e area espositiva del Lingotto;
- a sud-est con via Nizza;
- a sud con via Farigliano e via Canelli;
- a sud-ovest con via Passo Buole, zone residenziali e commerciali;
- ad ovest, dal 2006 con le Olimpiadi il settore prossimo alla Stazione del Lingotto è stato sottratto all'area industriale per la realizzazione dell'impianto sportivo per pattinaggio di velocità sul ghiaccio (Oval).

### **STRUTTURE INTERRATE**

Dalla consultazione delle planimetrie predisposte da Fiat Avio nel corso degli anni finalizzate all'ottenimento di titoli autorizzativi, risulta la presenza di locali sotto il piano campagna e di vasche interrato nel ciclo produttivo.

In particolare, risultano piani ribassati lungo via Nizza, sul lato Oval e lungo Via Passo Buole.

Le verifiche effettuate nell'ambito del progetto di bonifica per il PSRI hanno portato a quantificare le volumetrie interessate da attività di demolizione e smaltimento di materiali edili.

## **2.5 STATO AMBIENTALE DELL'AREA**

Nell'area in esame si rinviene sempre uno strato superficiale di terreno di riporto, costituito da resti di demolizione e/o terreno naturale rimaneggiato, il cui spessore varia tra 0,5-4,8 m. Al di sotto del primo strato di terreno di riporto è presente un'unità quaternaria che si estende sino a quote tra 32 - 36 m da p.c.

L'unità è principalmente costituita da sedimenti alluvionati grossolani, alternanze di ghiaie sabbiose, ghiaie sabbioso-limose, sabbie ghiaiose, con o senza ciottoli, che inglobano occasionalmente lenti di sabbie medio-fini limose.

Nella quasi totalità dei sondaggi eseguiti a partire dal 2004 sono stati identificati, a diversa profondità tra 5-20 m circa dal p.c. (ma più frequentemente 7-13 m), orizzonti conglomeratici di potenza decimetrica. Sono stati inoltre individuati all'interno dello stesso intervallo numerosi livelli parzialmente cementati.

Le analisi chimiche di laboratorio condotte sui campioni di terreno, a seguito di indagini effettuate tra il 2004 e il 2018, hanno evidenziato la presenza di concentrazioni superiori alle CSC per i suoli ad uso residenziale, si specifica che gli intervalli di profondità in tali analisi e riportate nelle tabelle sono funzionali ai futuri scavi per la bonifica:

- **0-3 m**, profondità raggiungibile con semplice azione di approfondimento dal p.c. attuale
- **3-7 m**, profondità raggiungibili per abbassamento progressivo del piano di calpestio.

## 2.6 QUADRO DELLE ATTIVITA' DI BONIFICHE EDETTUATE

Nel Comprensorio nel tempo si sono succedute una serie di scavi per bonificare le aree, il Comprensorio 1 quindi risulta suddiviso in sub aree nel quale sono stati effettuati, in maniera puntuale, dei lavori. Per la visione di questa suddivisione si rimanda alla figura 5, precedentemente inserita.

*Tabella 2 - Descrizione degli interventi di bonifica già effettuati nel comprensorio 1*

PERIODO INTERVENTI DI BONIFICA	DESCRIZIONE INTERVENTI
2007 - 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demolizione e rimozione pavimentazioni (Fabbrica Palette – Comprensorio 3, Fabbrica Ingranaggi lato ingresso Via Nizza 312 – Comprensorio 3, Fabbrica Ingranaggi – Comprensorio 5, Magazzino Prodotti Chimici – Comprensorio 1b e Fabbrica Processi – Comprensorio 5)</li> <li>Rimozione fondazioni interrato (Fabbrica Ingranaggi lato Via Nizza – Comprensorio 5, Fabbrica Ingranaggi lato ingresso Via Nizza 312 – Comprensorio 3 e Magazzino Prodotti Chimici – Comprensorio 1b)</li> </ul>
	<b>Totale demolizioni pavimentazioni e fondazioni = 13.950 mc</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Attività di scavo e trattamento terreni in sito (Fabbrica Ingranaggi lato Via Nizza – Comprensorio 3, Magazzino Prodotti Chimici – Comprensorio 1b)</li> </ul>
	<b>Totale scavi e ritombamenti in sito = 50.000 t</b>

2010 - 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rimozione e ritombamento terreni superficiali (2-3 m dal p.c.) per presenza di arsenico (Compensorio 4 lato Via Canelli Rimessa Vetture e Compensorio 5 interno Fabbrica Processi)</li> </ul>
	<b>Totale scavi e ritombamenti = 900 mc</b>
2014 - 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compensorio 5 – rimozione totale sorgente inquinante di Cr VI</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compensorio 3 – Messa in Sicurezza Operativa del Poligono Tedesi (Progetto in approvazione da parte della CdS del 20.06.2018 e successiva realizzazione)</li> </ul>

## **CAPITOLO 3 – ATTIVITA' DI CANTIERE**

L'oggetto di studio di questa tesi prevede, la pianificazione delle seguenti attività:

1. Sondaggio
2. Bonifica
3. Scavo

Nei paragrafi seguenti vengono approfondite le seguenti attività, in particolare per quanto riguarda le attività di bonifica e di scavo, sono state eseguite le direttive contenute nei documenti del bando di gara<sup>5</sup>.

### **3.1 SONDAGGIO**

Oggetto di questa tesi è definire i successivi punti in cui avverranno gli ulteriori sondaggi nel comprensorio 1.

#### **3.1.1 DEFINIZIONE DEI NUOVI PUNTI DI SONDAGGIO**

Per l'individuazione dei punti di sondaggio, nei due lotti, si è scelto di procedere attraverso l'individuazione di punti strategici che permettano di acquisire nuovi dati, i quali vadano a definire più dettagliatamente i modelli, anche quelli precedentemente ottenuti, e nei quali, proprio per l'insufficienza di dati ottenuti, si sono riscontrate delle anomalie.

#### **Sondaggi pregressi**

Dalle immagini seguenti è possibile vedere il collocamento dei fori di sondaggio nei due lotti e che hanno permesso successivamente al laboratorio "drawing to the future" di definire i modelli dei due lotti.

---

<sup>5</sup> Procedura di gara mediante dialogo competitivo per l'affidamento di un contratto di Partenariato Pubblico Privato per la realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione della Città di Torino (Cig 7785490597)

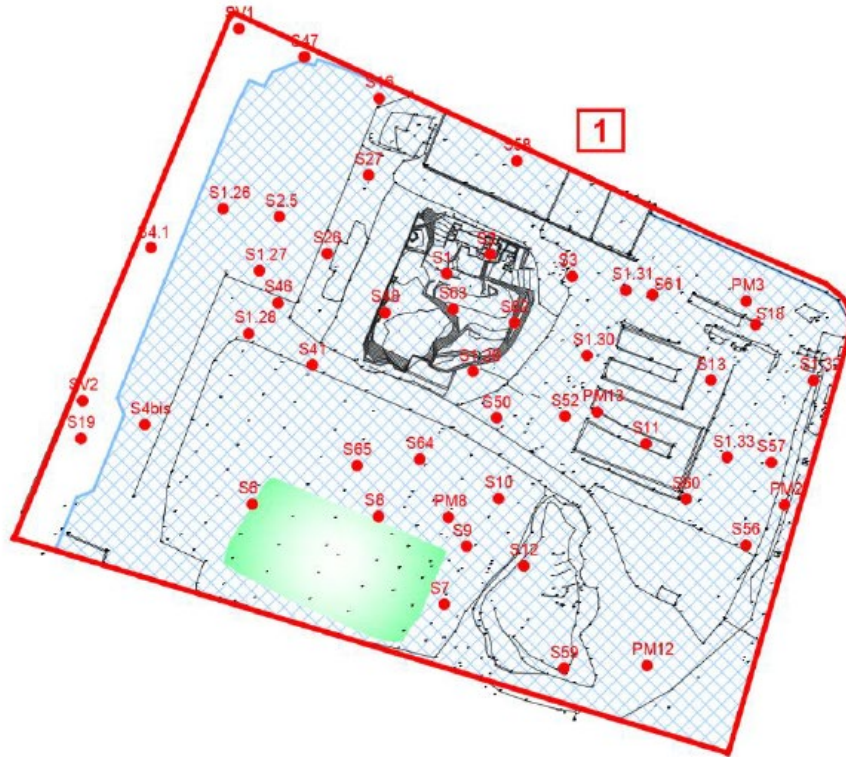


Figure 8 - Lotto 1 (Nord), punti di campionamento estratto dalla tavola T2-A, inserita nel bando di gara.

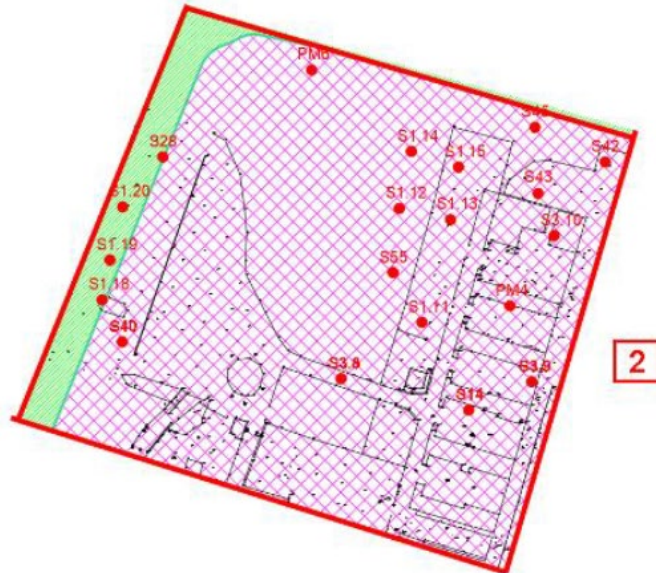


Figure 9 - Lotto 2 (Sud), punti di campionamento estratto dalla tavola T2-A, inserita nel bando di gara.

## **Modello Geotecnico**

Successivamente attraverso l'utilizzo del plug-in Geotechnical Module del software AutoCAD Civil3D, della software house. L'applicativo è stato scelto per la sua capacità di gestire informazioni georeferite sia relative alla creazione e gestione delle superfici TIN<sup>6</sup> del piano campagna sia quelle relative al rilievo e fori di sondaggio. Nella fattispecie in ambiente Civil 3D sono stati importati e gestiti tutte le informazioni georeferenziate quali punti e curve di livello che hanno consentito la creazione del piano di calpestio dell'area.

Dalle informazioni caricate successivamente sono stati generati grazie all'applicativo Geotechnical Module i volumi di terreno inerente al sito in esame. La generazione delle masse stratigrafiche ha comportato dei problemi, causati dalla formazione errata di vuoti tra gli strati, si è pertanto dovuto procedere alla modellazione manuale andando a rimuovere le anomalie. Nelle figure seguenti vengono mostrati i modelli finali ottenuti dal lavoro precedentemente svolto dal laboratorio "Drawing to the future" tramite l'utilizzo del plug-in Geotechnical Module.

Questo plug-in è dedicato alla modellazione geologica/geotecnica della matrice suolo a partire dalle informazioni reperibili dai fori di sondaggio. L'integrazione dei due applicativi ha permesso di ottenere i volumi di terreno inerenti al sito in esame, caratterizzandoli delle informazioni stratigrafiche

In dettaglio, il Geotechnical Module, sviluppato dalla Keynetix, mette a disposizione un recor-set di strumenti per la catalogazione dei dati di sondaggio e delle analisi geologiche. A partire da queste informazioni è possibile: i) ricostruire la stratigrafia in ambiente tridimensionale; ii) generare sezioni e profili geologici; iii) calcolare volumi; iv) modellare la geologia del sito.

---

<sup>6</sup> Superfici TIN (Triangulated Irregular Network)

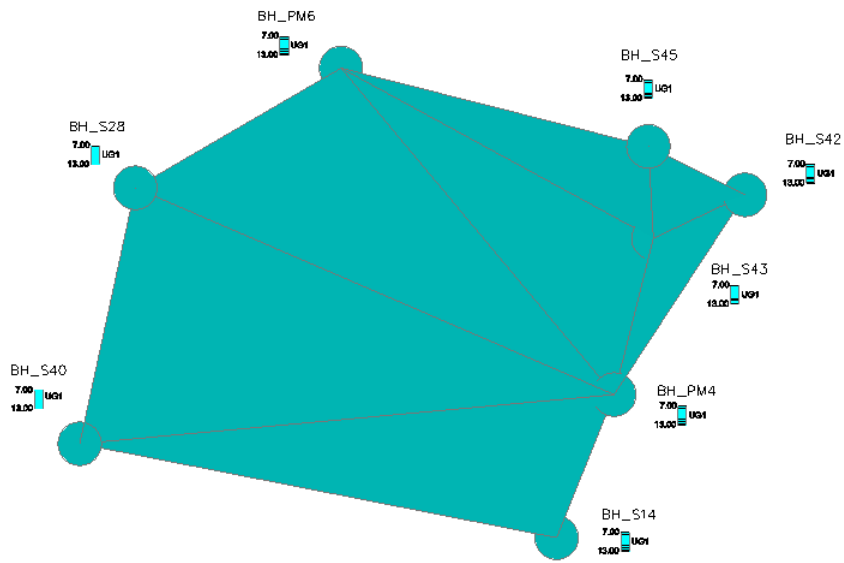


Figure 10 - Modello stratigrafico 3D Lotto 2

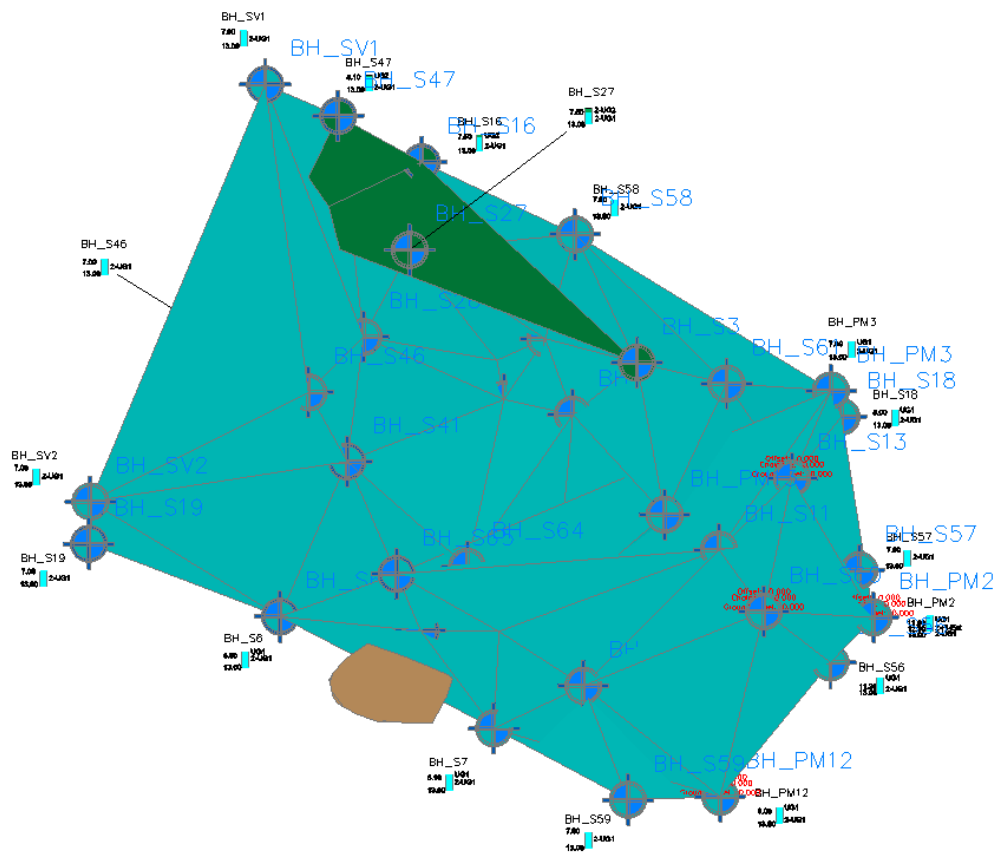
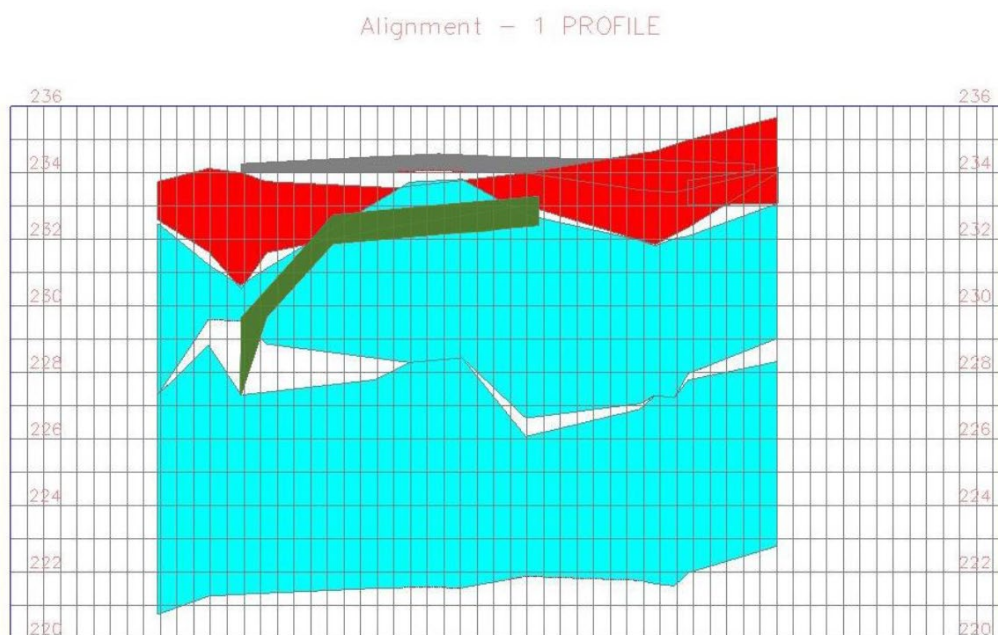


Figure 11 - Modello stratigrafico 3D Lotto 1

## Correzione del modello

Il modello geologico di massima, presenta delle criticità. Il plug-in (Geotechnical Module) è in grado di elaborare delle superfici stratigrafiche, ma risultano parallele tra di loro solo nel caso in cui ogni borehole abbia la medesima sequenza di strati. Data la marcata variabilità sequenziale delle unità geologiche, le superfici generate dal modello di massima si intersecano tra loro portando alla formazione di vuoti che risultano essere vere e proprie discontinuità del modello, come si evince dalla figura seguente:



*Figure 12 - Cross Section Lotto 1, problema riscontrato nella creazione del modello creato precedentemente nel laboratorio "Drawing to the future"*

Posto tale limite, la soluzione adottata è stata quella di trasformazione dei solidi 3D in elementi massa (oggetti in cui è possibile intervenire nella modellazione attraverso lo spostamento dei singoli vertici) andando così ad eliminare le discontinuità presenti tra strato e strato.

Con l'obiettivo di effettuare una restituzione più realistica, risulta essenziale modellare le intersezioni tra i solidi attraverso il comando "Booleana" che consente di sottrarre, intersecare e unire solidi tridimensionali. Al Solido di una specifica unità geologica, precedentemente convertito in elemento massa, si va a sottrarre la porzione di sovrapposizione generata dall'intersezione con il solido di una seconda unità.



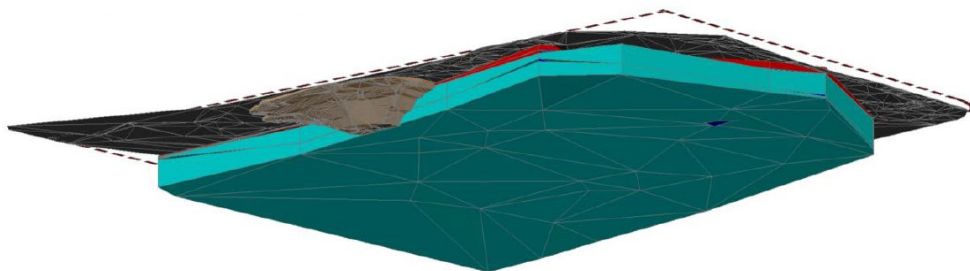
In questo modo è possibile ottenere un esploso dei volumi senza sovrapposizioni.

### **Nuovi punti di sondaggio**

In base alle considerazioni precedenti, si è scelto quindi di individuare i nuovi punti di sondaggio secondo due elementi:

- Sondaggi nei punti esterni al modello ma ricadenti nel perimetro del lotto
- Sondaggi nei punti dove si sono riscontrate criticità nel modello dovuto anche alla mancanza di informazioni

I modelli creati precedentemente sono modelli geotecnici che non coprono l'intera superficie del lotto, come si evince dalla figura sottostante:



*Figure 13 - Sovrapposizione della superficie del lotto 1 al modello geologico.*

Quindi una parte dei nuovi punti saranno punti perimetrali ai lotti, permettendo di avere dati che forniscano la stratigrafia delle aree non ancora definite e che vadano a completare il modello geotecnico.

Mentre i restanti punti, strategicamente collocati, possono fornire dati aggiuntivi al perfezionamento del modello precedentemente ottenuto.

Si è partiti dalla considerazione che, i modelli 3D, sono stati ottenuti da delle triangolazioni di punti con i relativi dati, e ogni triangolo è stato messo in relazione a triangoli adiacenti ai punti considerati, fino ad ottenere l'intero modello. Come detto precedentemente questo metodo non è esente da errori, che ha prodotto dei vuoti che nella realtà non esistono. Per ovviare a

questa problematica, come succede nella computer grafica, maggiore è la qualità di dettaglio o di fedeltà che si vuole ottenere da un modello, maggiore dovrà essere il numero di triangolazioni del modello, e questo si traduce in più punti con il quale il software dovrà effettuare delle triangolazioni. Questi punti nel nostro caso corrispondono ai fori di sondaggio.

Collegando i vari punti attraverso delle semplici linee è possibile ottenere varie triangoli, questi ultime differiscono tra di loro per angolazione e dimensione. Nel nostro caso i triangoli più grandi rappresentano i punti di sondaggio più distanti tra loro e di conseguenza i dati ricavati per quei punti non sono sufficienti per definire con precisione l'intera area. Proprio in questi punti si è proceduto con l'inserimento dei nuovi punti per i futuri sondaggi, andando a definire con maggiore dettaglio le aree.

Un'ulteriore distinzione è stata fatta a livello grafico, separando i punti di sondaggio esterni al perimetro del modello (**rosso**) e i punti interni al perimetro (**arancione**).

Di seguito sono riportate le due tabelle riferite ai due lotti 1 e 2:

*Tabella 3 - Tabella con coordinate dei nuovi punti di sondaggio del Lotto 1.*

CODICE		LATITUDINE (E)	LONGITUDINE (W)
NB1_01		7°39'51"	45°01'31,5"
NB1_02		7°39'47"	45°01'32"
NB1_03		7°39'44"	45°01'33"
NB1_04		7°39'41"	45°01'33,5"
NB1_05		7°39'38"	45°01'34"
NB1_06		7°39'40"	45°01'37,5"
NB1_07		7°39'41"	45°01'39,5"
NB1_08		7°39'42,5"	45°01'39"
NB1_09		7°39'41,5"	45°01'35,5"
NB1_10		7°39'46"	45°01'36"
NB1_11		7°39'49,5"	45°01'36,5"
NB1_12		7°39'50"	45°01'33,5"

Tabella 4 - Tabella con coordinate dei nuovi punti di sondaggio del Lotto 2.

CODICE		LATITUDINE (E)	LONGITUDINE (W)
NB2_01		7°39'40"	45°01'22"
NB2_02		7°39'36,5"	45°01'23"
NB2_03		7°39'33"	45°01'23,5"
NB2_04		7°39'35,5"	45°01'28"
NB2_05		7°39'37,5"	45°01'24,5"
NB2_06		7°39'36"	45°01'25,5"
NB2_07		7°39'39"	45°01'25,5"
NB2_08		7°39'38"	45°01'27"

Successivamente per ogni lotto vengono fornite due illustrazioni, nella prima abbiamo tutti i punti di sondaggio, mentre nella seconda vengono illustrati solo i nuovi punti.

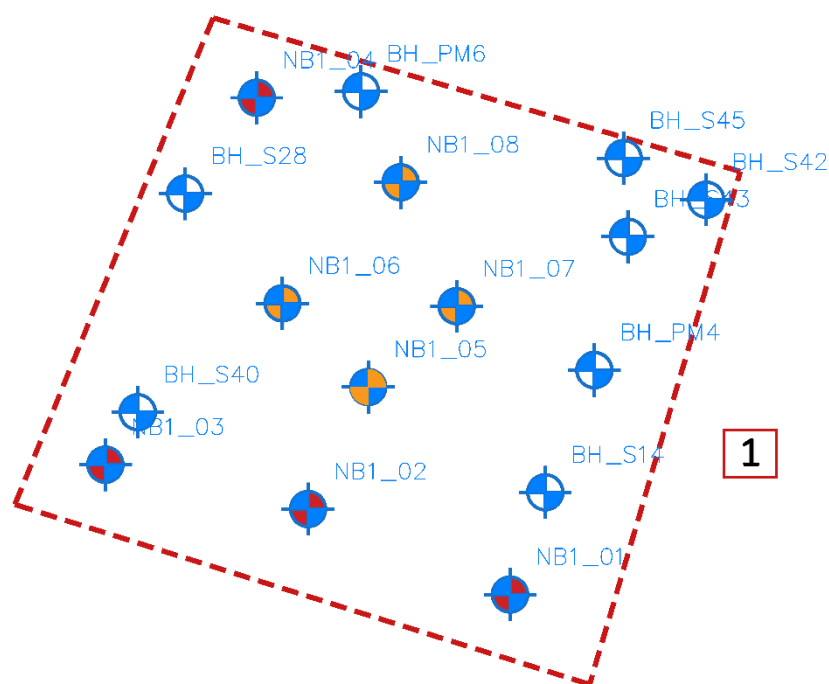


Figure 14 - Punti di sondaggio pregressi e futuri Lotto 2.

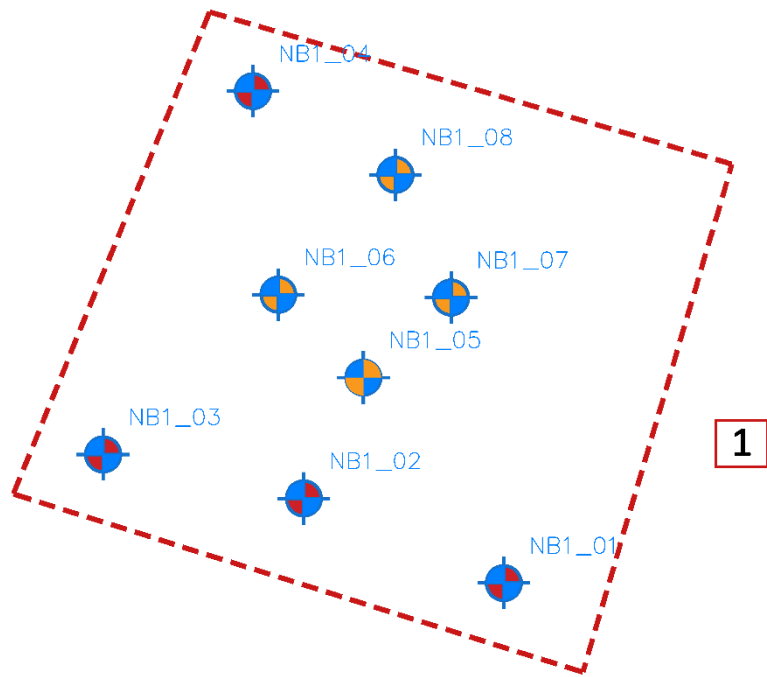


Figure 15 - Punti di sondaggio da realizzare Lotto 2.

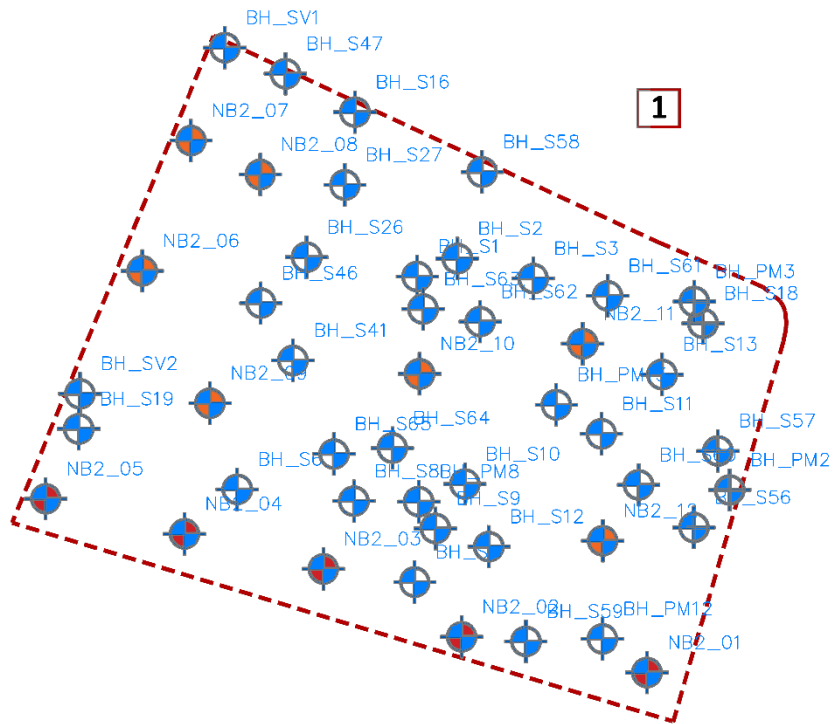


Figure 16 - Punti di sondaggio pregressi e futuri Lotto 1.

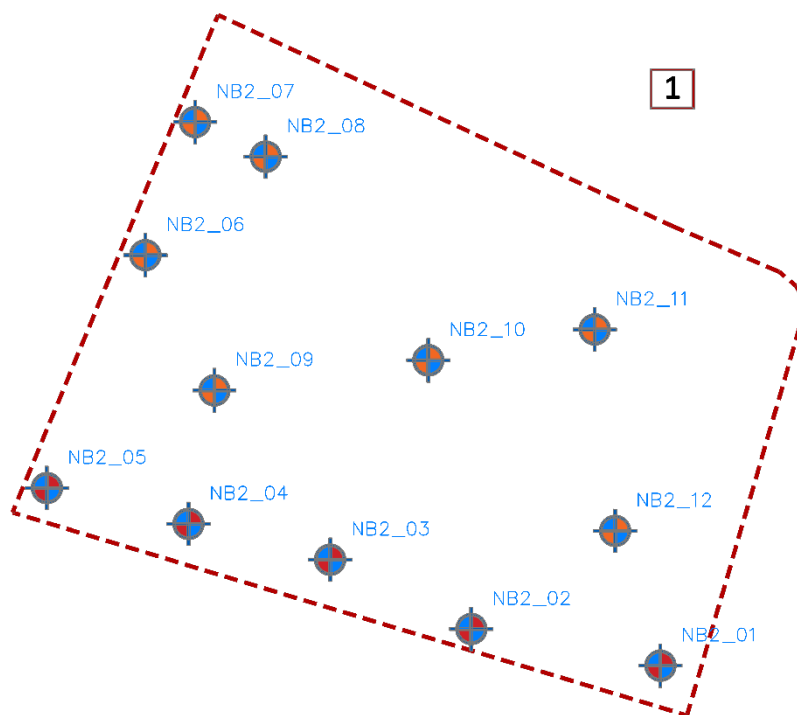


Figure 17 - Punti di sondaggio da realizzare Lotto 1.

### 3.1.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Per quanto riguarda lo svolgimento delle attività di sondaggio si è pensato di procedere in simultanea nei due lotti.

La squadra tipo e le attrezzature di seguito riportate che vengono di seguito definite sono identiche per ambo i lotti.

Per l'esecuzione dei sondaggi geognostici si ipotizza l'utilizzo di una unità di perforazione che non presenta un grosso ingombro in quanto le profondità da raggiungere non sono eccessive, con un massimo di 10 metri.

La possibilità di montare rapidamente un apparato a percussione consente di soddisfare le più recenti normative in campo ambientale.

Questo tipo di macchinario è disponibile anche su carro gommato, in questo modo è possibile far fronte alle diverse esigenze logistiche che si possono presentare in cantiere.

Il carotaggio avviene mediante l'impegno di un carotiere di tipo semplice del diametro di 101 mm della lunghezza di 3 m.



*Figure 18 - Carotiere di tipo semplice*

Il materiale estratto dal carotiere viene alloggiato in apposite cassette catalogatrici, in PVC dotate di coperchio, della lunghezza di 1m e suddivise in 5 settori, per cui ogni singola cassetta contiene 5 m di materiale estratto dalla perforazione.

Nel caso ci siano delle profondità non carotate, si procederà a lasciare vuoto l'intervallo relativo a queste ultime profondità.



*Figure 19 - Cassette catalogatrici*

Sul cantiere durante l'utilizzo dell'attrezzatura e macchinari precedentemente accennati è prevista la presenza di personale specializzato, nel campo della geognostica nonché della presenza di un geologo durante tutte le fasi di cantiere, per la verifica delle operazioni di cantiere necessarie e propedeutiche per ottimizzare i dati rilevati.

Il personale presente durante l'attività di sondaggio è quindi calcolato in 4 persone.

## **3.2 BONIFICA**

Come già anticipato precedentemente, le attività sono ben definite e sono già contenute nelle relazioni del bando di gara, vengono sintetizzate le informazioni necessarie, indispensabili alla comprensione delle attività e del lavoro successivamente svolto.

### **3.2.1 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE**

Il modello concettuale del sito e la logica con cui è stato predisposto il progetto di bonifica si basano su tre presupposti tecnici:

- Definizione di aree e volumi ambientalmente omogenei
- Esclusione della possibilità di trattare allo stesso modo l'intero volume interessato, evitando la miscelazione di terreni a diverso grado di contaminazione
- Trattamento mirato al recupero di tipo specifico, quindi basato su aree e volumi ambientalmente omogenei
- Stoccaggio separato tra volumi inquinati da conferire in discariche autorizzate e volumi soggetti a recupero (es. aggregati per calcestruzzi, ritombamenti e rilevati, ecc...)

### **3.2.2 FASE FORMAZIONE CUMULI**

L'esecuzione degli scavi determinerà una fase di stoccaggio provvisoria in attesa di vagliatura. Lo stoccaggio sarà effettuato in cumuli di circa 1.000 m.c. Sono previsti un massimo di 750 cumuli da sottoporre a vaglio e analisi.

### **3.2.3 TRATTAMENTO ON SITE**

La soluzione di trattamento on site delle terre da bonificare viene esplicitato nel bando di gara e di seguito se ne elencano le caratteristiche:

- Il fine del trattamento per vagliatura meccanica è separare la frazione fine (sopravaglio – non inquinata, in quanto tendenzialmente perde le sue

caratteristiche di materiale contaminato dato che il contaminante si trasferisce nella frazione fine)

- Le fonti consultate (pubbliche e private) indicano trattasi di:
  - Tecnica particolarmente efficiente dal punto di vista tecnico che consente un notevole risparmio economico in tema di bonifiche in quanto consente di minimizzare la volumetria del materiale contaminato da avviare a smaltimento a vantaggio del riutilizzo
  - Tecnica particolarmente adatta per suoli contaminati da sostanze inorganiche (es. metalli pesanti)
- Lo stoccaggio avverrà su piazzole attrezzate (4.000 mq per il Lotto 1 e 4.500 mq per il Lotto 2) costituite da pavimentazione in cemento armato e sistema di canaline per la raccolta dell'eventuale percolato o delle acque di prima pioggia.
- Il suddetto sistema è completato da serbatoi di accumulo che verranno svuotati periodicamente.

### **3.2.4 DESCRIZIONE COMPLESSIVA DELLE LAVORAZIONI**

L'impianto di vagliatura prevede il riutilizzo di aree attrezzate ed impermeabilizzate collocate lateralmente al cantiere complessivo (in continuità delle piazzole esistenti lato sottopasso del Lingotto)<sup>7</sup>, e sarà articolato in:

- Area di ricevimento
- Impianto mobile di vagliatura per la produzione delle frazioni da riutilizzare e quelle presumibilmente da smaltire presso impianti esterni
- Sezione di stoccaggio finale per il controllo preventivo

Alcune delle aree sopra elencate sono già presenti in cantiere e preventivamente autorizzate dagli Enti proposti al controllo (ARPA e ASL),

---

<sup>7</sup> così come è indicato nelle tavole T7 e T9 tavole contenute all'interno della documentazione di gara per l'affidamento di un contratto di Partenariato Pubblico Privato per la realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione della Città di Torino (Cig 7785490597)



mentre quelle da realizzare ex-novo conformate a quelle esistenti e saranno da autorizzare da parte degli enti suddetti.

Lo schema dell'attività lavorativa è pertanto il seguente:



Si precisa inoltre che:

- Prima della vagliatura, il materiale sarà abbandonato nell'area prospiciente il vaglio
- Il vaglio opererà in modo da scaricare il materiale nelle due rispettive aree di accumulo
- Nelle due aree di accumulo il materiale verrà ripreso con una pala caricatrice e trasferito con automezzo in uno dei piazzali di stoccaggio per il successivo controllo analitico
- Lo stoccaggio dei materiali vagliati sarà effettuato in due subaree, la prima dedicata al sopravaglio la seconda al sottovaglio
- La caratterizzazione sarà effettuata su cumuli da 1.000 m<sup>3</sup> circa.

### 3.2.5 ORGANIZZAZIONE E VIABILITA' DI CANTIERE

Come esplicitato sulle tavole progettuali del bando di gara, sono previste due aree distinte per il trattamento a seconda che il progetto di bonifica riguardi il Lotto 1 o il Lotto 2.

- **Lotto 1** – le aree adibite all'attività di trattamento e smistamento del materiale trattato sono poste lungo il lato confinante con il sottopasso del Lingotto. Saranno costituite da una piazzola esistente, già autorizzata dagli Enti, e da nuove piazzole a lato della stessa da realizzarsi prima dell'avvio dell'attività di trattamento (da autorizzare da parte degli Enti) per potenziare la superficie complessiva (da 2.500 mq a 4.000 mq).  
La viabilità di cantiere si sviluppa lungo il perimetro del lotto 1 prevede ingresso/uscita su via Nizza.
- **Lotto 2** – le aree adibite all'attività di trattamento e smistamento del materiale trattato sono tra il Compensorio 1 (lato via Passo Buole) e il Compensorio 3. Saranno costituite da una piazzola esistente, già autorizzata dagli Enti, avente superficie di 4.500 mq.  
La viabilità di cantiere principale si sviluppa lungo il perimetro del Lotto 2 e prevede ingresso/uscita su via Passo Buole.

### **3.3 SCAVO / ATTIVITA' DI SCAVO E CONTROLLO**

Si è proceduto anche per la definizione della fase di scavi, alla lettura dei documenti, e alla sintesi delle informazioni utili successivamente a definire una pianificazione dei modelli 3D successivamente creati.

#### **Aree escluse dalla bonifica**

Le aree escluse dalla bonifica sono distinte in: aree totalmente escluse, aree temporaneamente escluse e aree tuttora in bonifica.

1. Alla prima categoria appartengono i settori interessati dalla nuova viabilità e le aree già bonificate.
2. Alla seconda categoria appartengono i settori interessati dalla presenza degli impianti di trattamento utilizzati per la bonifica delle aree destinate a PSRI che a fine lavori andranno esse stesse bonificate.
3. Alla terza categoria appartengono gli impianti destinati alla bonifica della falda, al cui permanenza nell'area è soggetta alle decisioni della CdS. In caso di raggiunta bonifica della falda potranno essere smantellati a favore di un recupero di superficie per il PSRI, mentre in caso di non raggiungimento dell'obiettivo di bonifica, gli impianti dovranno rimanere in funzione.

#### **Aree con presenza di manufatti sotterranei da demolire**

L'area interessata dal PSRI è significativamente interessata da manufatti sotterranei che costituivano, al tempo dell'attività industriale, depositi, vasche, locali tecnici e locali per specifiche lavorazioni. Tali manufatti andranno totalmente rimossi dai volumi da bonificare.

#### **Suddivisione delle aree di scavo: Criteri di progetto**

Le aree di scavo sono state definite in base ai seguenti criteri progettuali:

- Classe di inquinanti
- Profondità di scavo

Nella tabella seguente sono indicate le profondità di scavo definite sulla base dei seguenti fattori: distribuzione spaziale degli inquinanti e ottimizzazione delle fasi di approfondimento.

TIPO	PROFONDITA'	MOTIVAZIONI
1	0 – 3 m	Maggiore concentrazione di inquinanti e maggiore facilità di scavo
2	0 – 7 m	Minore concentrazione di inquinanti e minore facilità di scavo

*Table 1 – Quantità di inquinanti in base alla profondità dello scavo*

### **Metodo di scavo**

A seguito del completamento delle operazioni di bonifica bellica si procede alla demolizione delle pavimentazioni dei sottoservizi e fondazioni interrato, se presenti. Gli interventi di demolizione sono effettuati mediante mezzi meccanici (escavatori dotati di martello demolitore e/o pinze idrauliche frantumatrici).

Lo scavo è eseguito da macchine operatrici (escavatori a benna rovescia o pale gommate). Le operazioni sono condotte dal piano campagna attuale fino ad una profondità massima indicativa di 10 m salvo presenza di evidenze di contaminazione macroscopiche e/o analitiche. Lo scavo implica la creazione di scarpate con pendenze non superiori a 45°.

### **Strumentazione e allestimento delle strutture mobili**

Per far fronte all'elevato numero di preparazione campioni e relative analisi sono previsti 3 container, rispettivamente destinati a:

1. Area personale addetto al laboratorio
2. Area per il trattamento campioni
3. Area per il stoccaggio di campioni e materiali

Vengono inoltre fornite le dimensioni tipo di un container

**6 m (Lunghezza) x 2,5 (Larghezza) x 2,7 (Altezza)**

Vengono forniti anche i numeri del personale addetto che dovrà garantire il rispetto dei tempi del cronoprogramma lavori pertanto dovrà essere strutturato come di seguito indicato:

PROFESSIONISTA	UNITA'
Geologo abilitato	3
Tecnico laboratorio	3

Si tiene conto di tre squadre composte da due tecnici ciascuna (un addetto al campionamento e un tecnico di laboratorio in attività costante) in grado di assicurare la presenza continua in cantiere per l'intera durata dello stesso.

### **Identificazione dell'area di stoccaggio e sua predisposizione**

Lo stoccaggio del materiale di scavo è previsto in un'area dedicata all'interno del comprensorio 1 e comprensorio 3 per quanto riguarda il lotto 2.

Tale materiale deve essere stoccato in cumuli di volumetria prevista previa posa di telo in HDPE e geotessuto. Ogni cumulo è quindi coperto con telo in HDPE ed identificato con i dati di provenienza per garantirne la rintracciabilità.

### **Metodo di caratterizzazione dei cumuli**

Lo stoccaggio dovrà essere suddiviso in 3 tipologie di cumuli, identificate come A (materiali riutilizzabili), B (rifiuti non pericolosi) e C (rifiuti pericolosi).

### **Gestione dei cumuli**

In funzione degli esiti della caratterizzazione analitica i cumuli verranno avviati a smaltimento/recupero fuori sito presso impianto autorizzato. Il materiale sarà allontanato usufruendo delle apposite piste identificate in fase di allestimento cantiere

## CAPITOLO 4 – CRONOPROGRAMMA

Considerando le indicazioni delle lavorazioni da svolgere, indicate nel paragrafo precedente, di seguito viene riportato il cronoprogramma delle lavorazioni. Vengono allegati due cronoprogrammi separati, il primo cronoprogramma, è stato calcolato e riguarda l’allestimento del cantiere e la fase dei sondaggi, mentre per il cronoprogramma degli scavi e della bonifica si è utilizzato quello contenuto nella documentazione del bando di gara e chiamato elaborato R9.

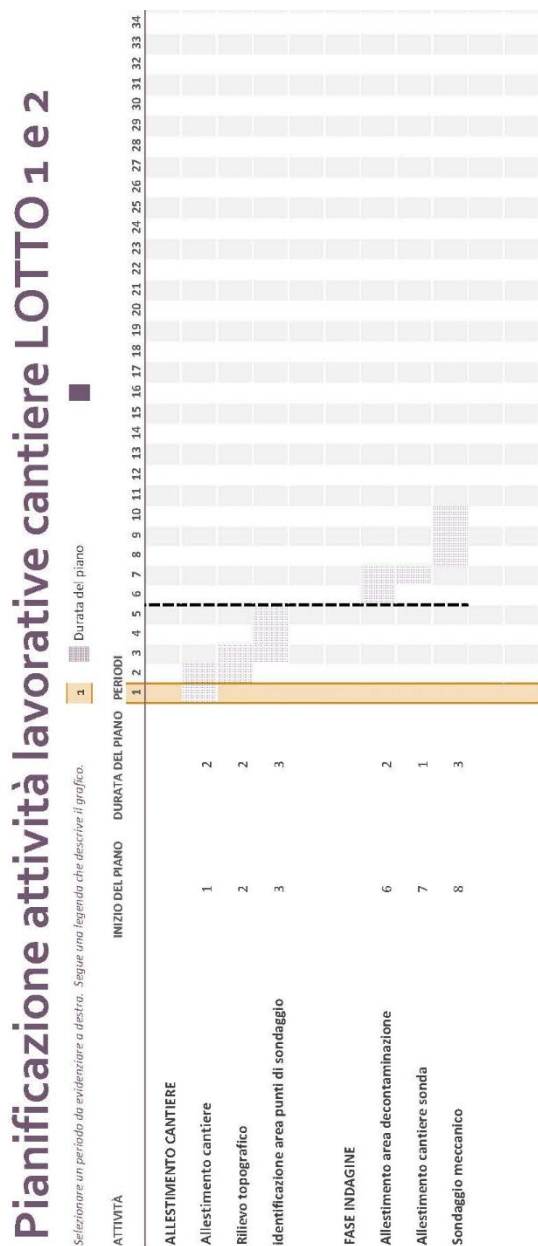


Figure 20 – Cronoprogramma della fase di inizio cantiere e sondaggi

**CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI DI BONIFICA - PARCO DELLA SALUTE, DELLA RICERCA E DELL'INNOVAZIONE**



Figure 21 – Cronoprogramma delle fasi di Bonifica e Scavo, fornito nel bando di gara

## **CAPITOLO 5 – ANALISI COSTI DELLA SICUREZZA**

Ulteriore oggetto di studio è l'analisi dei costi della sicurezza per le attività sopra descritte (sondaggi, scavi e bonifica). Lo scopo di questa analisi è ottenere un indice di incidenza sui costi della sicurezza, dovuto alla assunzione dei nuovi protocolli per la gestione dell'emergenza Covid-19, e successivamente fornire una formula che permetta di calcolare rapidamente il dato ottenuto.

Come abbiamo visto, l'emergenza sanitaria ci ha accolto impreparati, e la mancanza di protocolli ben definiti e di misure economiche atte a mantenere operativi i comparti lavorativi, ha fatto sì che venissero bloccati per molti mesi tutti i lavoratori e le imprese che non sono state comprese nella categoria definita di "prima necessità".

Prima di giungere al risultato e alla comparazione dei costi della sicurezza, viene successivamente a titolo esaustivo svolta una descrizione dell'emergenza non ancora terminata dovuta al virus Covid-19.

### **5.1 COVID-19**

Il COVID-19 è il nome dato alla malattia derivante dalla diffusione del virus che ha la nomenclatura di Coronavirus-2 (SARS-CoV-2), che abbiamo imparato a conoscere nel 2019.

Al fine di poter riuscire a adottare misure di prevenzione e contenimento del virus occorre studiarne i sintomi e le misure di trasmissione.

#### **5.1.1 SINTOMI**

I sintomi di COVID-19 variano in base al soggetto, e di conseguenza la malattia può avere una sintomatologia differente con differente gravità, partendo dall'assenza di sintomi (asintomatici) e dai sintomi più comuni:



- Febbre e brividi;
- Tosse;
- mal di testa;
- mal di gola;
- naso che cola;
- difficoltà respiratoria;
- perdita improvvisa dell'olfatto (anosmia) o diminuzione dell'olfatto (iposmia), perdita del gusto (ageusia) o alterazione del gusto (disgeusia);
- diarrea (soprattutto nei bambini);
- affaticamento e dolore muscolare;

fino ad arrivare ai casi più gravi dove abbiamo l'insorgere di:

- polmonite;
- insufficienza respiratoria;
- sepsi e shock settico;

gli ultimi appena descritti, potenzialmente portano alla morte.

Alcune persone sono più a rischio di altre e sono le persone anziane di età superiore a 70 anni e quelle con patologie preesistenti, che quindi hanno maggiori probabilità di sviluppare forme gravi di malattia. Le patologie aggravanti sono:

- ipertensione arteriosa;
- problemi cardiaci;
- diabete;
- malattie respiratorie croniche;
- cancro;
- pazienti immunodepressi (per patologia congenita o acquisita, trapianti o in trattamento con farmaci immunosoppressori).

## 5.1.2 MODALITA' DI TRASMISSIONE

La trasmissione del COVID-19 avviene con due differenti modalità, le attuali evidenze ormai ci dicono che il SARS-CoV-2 si diffonde da persona a persona:

- in modo diretto
- in modo indiretto (attraverso oggetti o superfici contaminati)
- per contatto stretto con persone infette attraverso secrezioni della bocca e del naso (saliva, secrezioni respiratorie o goccioline droplet).

La trasmissione e la sua probabilità di contagio dipendono anche dalla distanza tra i soggetti, questo perché le persone infette possono rilasciare goccioline contaminate su oggetti e superfici, quando starnutiscono, tossiscono o toccano superfici.

Le misure preventive sono pertanto quelle di mantenere una distanza di almeno un metro, lavarsi frequentemente le mani con acqua e sapone o con un prodotto a base alcolica e indossare la mascherina.

Per quanto riguarda la contagiosità di una persona, il periodo infettivo può avere inizio uno o due giorni prima della comparsa dei sintomi, ma la contagiosità aumenterà con il periodo anche se i sintomi sono lievi e molto aspecifici<sup>8</sup>. Il periodo infettivo dura all'incirca 7-12 giorni nei casi moderati e in media fino a due settimane nei casi gravi.

Queste sono indicazioni generali fornite dal governo italiano e che definiscono appunto una base di partenza, con la quale definire delle prassi da adottare comportamento generale ma anche nelle diverse attività. Insieme vengono fornite anche attraverso i decreti e le linee guida altre indicazioni per fronteggiare questa pandemia e che fanno riferimento con più puntualità ai diversi settori lavorativi.

---

<sup>8</sup> **aspecifico** agg. [comp. di *a-* priv. e *specifico*] (pl. m. *-ci*). – Non specifico; nel linguaggio medico, *infiammazione a*, ogni infiammazione sostenuta da germi banali e che non è quindi né di natura tubercolare, né luetica, né ascrivibile a microrganismi responsabili di malattie particolari e ben definite.

### **5.1.3 SETTORE EDILE IN EMERGENZA COVID-19**

L'emergenza dovuta alla propagazione del virus SARS-CoV-2 insieme alle misure di contenimento attuate per arginare il problema, il lockdown, hanno piegato interi settori lavorativi, non risparmiando il settore edile.

La chiusura delle attività produttive non essenziali prima e le restrizioni dopo, ha bloccato l'intero settore lavorativo nazionale e provocato una grossa perdita economica, portando conseguentemente alla chiusura di molte imprese.

La natura eccezionale e generalizzata dell'emergenza epidemiologica ha coinvolto in maniera concomitante e simultanea tutte le attività produttive del territorio nazionale, comprese anche quelle del settore cantieristico, tale da coinvolgere ogni soggetto, sia pubblico che privato, facendoli trovare in breve tempo in una condizione grave di esposizione finanziaria, insistendo essa su tutto il novero delle proprie commesse.

Il COVID-19 ha fatto emergere molte criticità nel sistema di prevenzione e gestione delle emergenze, sia a livello nazionale che territoriale, ed' è ormai chiaro come nei prossimi anni ci sarà bisogno di piani pandemici più strategici più efficaci, dove tenere conto preventivamente della gestione di risorse e infrastrutture.

### **5.1.4 QUADRO LEGISLATIVO E NORMATIVO**

Ai fini della prevenzione e protezione dal contagio da COVID-19 e alla ripresa dei lavori, in riferimento al settore edile, sono stati emanate dal 2020 differenti decreti e linee guida. Si fa inoltre riferimento che al momento della stesura e della progettazione alla legislazione e normativa in vigore, di seguito elencata:

- *D.P.C.M. 2 marzo 2021<sup>9</sup>  
ALLEGATO 13 – Protocollo di regolamentazione per il contenimento della diffusione del COVID-19 nei cantieri*
- *Conferenza delle regioni e delle provincie autonome<sup>10</sup>  
Linee di indirizzo sicurezza e salute nei cantieri di opere pubbliche in emergenza COVID-19 – Prime indicazioni operative*
- *REGIONE PIEMONTE – Deliberazione della Giunta Regionale 8 maggio 2020<sup>11</sup>  
Riavvio dei cantieri nell'ambito degli appalti pubblici di lavori. Approvazioni linee di indirizzo per l'attuazione delle misure di sicurezza anti-Covid-19.*

Questi documenti sono frutto del prezioso contributo e collaborazione tra esperti delle varie regioni, delle istituzioni pubbliche competenti e degli ordini e colleghi professionali e delle parti sociali.

Questi documenti sono frutto del prezioso contributo e collaborazione tra esperti delle varie regioni, delle istituzioni pubbliche competenti e degli ordini e colleghi professionali e delle parti sociali.

Le indicazioni fornite dai vari documenti sono finalizzate soprattutto a coadiuvare il committente nella gestione del cantiere, tenendo conto dello stato di emergenza dovuta al COVID-19, con l'obiettivo di garantire la sicurezza delle figure coinvolte in cantiere, tenendo sempre conto della legislazione di settore.

Le tematiche principali di questi provvedimenti normativi, delle circolari e dei protocolli siglati durante l'emergenza COVID-19, riguardano i costi connessi all'adeguamento e all'integrazione del PSC, in ragione delle misure di

---

<sup>9</sup> D.P.C.M. 2 marzo 2021, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/03/02/21A01331/sg>

<sup>10</sup> Linee di indirizzo sicurezza e salute nei cantieri di opere pubbliche in emergenza COVID-19, <http://www.regioni.it/newsletter/n-3873/del-02-07-2020/emergenza-covid-19-sicurezza-e-salute-nei-cantieri-le-linee-guida-21405/>

<sup>11</sup> Riavvio dei cantieri nell'ambito degli appalti pubblici di lavori, <http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2020/20/suppo3/00000017.htm>

contenimento e prevenzione del COVID-19, i costi e gli oneri aziendali della sicurezza.

L'attuale assetto normativo per i cantieri temporanei o mobili<sup>12</sup>, previsto dal Testo Unico del D.lgs. 81/08, in particolare il Titolo IV, enfatizza la centralità del ruolo del committente, pubblico e privato, essendo il principale il soggetto avente il maggiore interesse per il quale l'opera edile viene realizzata, e di conseguenza sarà il primo a doversi interessare delle ricadute sulla salute e sicurezza dei soggetti presenti in cantiere, sia in fase progettuale che esecutiva e nell'organizzazione di cantiere, attenendosi ai principi e alle misure generali di tutela previste dall'art.15 del D.lgs. 81/2008.

Nelle opere o lavori pubblici, il responsabile del procedimento, deve provvedere a creare le condizioni affinché l'intero processo realizzativo dell'intervento risulti condotto in modo unitario non soltanto con riferimento ai tempi ed ai costi preventivati, alla manutenzione programmata, alla qualità richiesta ma anche alla sicurezza e alla salute dei lavoratori, non potendo derogare, tra l'altro, all'obbligo morale, oltre che giuridico, della corretta ed efficace selezione delle imprese e dei lavoratori autonomi.

Il D.lgs. 81/08 fornisce le indicazioni e gli strumenti in materia di sicurezza e salute sul lavoro attraverso i quali, effettuare un'analisi dei rischi, andando preventivamente ad operare misure di tutela verso i lavoratori, attraverso l'eliminazione dei rischi e dove non sia possibile, ridurre al minimo i rischi in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

Nel Titolo IV del D.lgs. 81/08 troviamo diversi documenti, facenti parte dell'ambito della gestione del cantiere, ma due sono i principali, dove troviamo al loro interno rispettivamente i costi e oneri della sicurezza, il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) e Piano Operativo di Sicurezza (POS).

---

<sup>12</sup> **Art. 89 D.lgs. 81/08** – Definizioni. Agli effetti delle disposizioni di cui al presente capo si intendono per: cantiere temporaneo o mobile, di seguito denominato "cantiere": qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile il cui elenco è riportato nell'allegato X.

## 5.1.5 MISURE COVID-19 NEL SETTORE EDILE

Le misure covid-19 nel settore edile seguono le misure generali di protezione e riduzione del rischio di trasmissione che troviamo principalmente anche in altri settori.

Segnaletica, DPI e DPC e regole di buona prassi sono ormai state definite dalla legislazione, e anche le regioni, per quanto riguarda il settore edile, hanno stilato i rispettivi prezzari aggiornati con un apposito capitolo inerente al Covid-19.

Di seguito vengono elencate riportate le informazioni utili al contenimento della diffusione del virus covid-19 nei cantieri edili<sup>13</sup> pubblicati sul sito [www.can-to.it](http://www.can-to.it)<sup>15</sup>.

*Tabella 5 – Comportamenti igienicamente corretti - Informazioni utili al contenimento della diffusione del virus Covid-19 nei cantieri edili (www.can-to.it)*

COMPORAMENTI IGIENICAMENTE CORRETTI	
1	LAVARSI ACCURATAMENTE LE MANI CON ACQUA E SAPONE E/O UTILIZZARE DEL GEL
2	NON TOCCARSI OCCHI, NASO E BOCCA CON LE MANI
3	COPRIRE BOCCA E NASO CON FAZZOLETTI MONOUSO QUANDO SI STARNUTISCE O TOSSISCE (SE NON SI HA FAZZOLETTO SI USA LA PIEGA DEL GOMITO)
4	PULIRE LE SUPERFICI CON DISINFETTANTI A BASE DI CLORO O ALCOL
5	EVITARE LE STRETTE DI MANO
6	MANTENERE LA DISTANZA DI SICUREZZA INTERPERSONALE DI ALMENO 1 METRO
7	EVITARE L'USO PROMISCUO DI BOTTIGLIE E BICCHIERI

<sup>13</sup> Nel rispetto del Protocollo condiviso dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con

ANAS S.p.A., RFI, ANCE, Feneal -UIL, Filca -CISL, Fillea CGIL, del 19 marzo 2020 per i cantieri edili e del Protocollo di regolamentazione per il settore edile, sottoscritto da ANCE, ACI-PL, ANAEPa CONFARTIGIANATO, CNA COSTRUZIONI, FIAE CASARTIGIANI, CLAAI – Dipartimento edilizia, CONFAPI ANIEM, FENEAL UIL, FILCA CISL, FILLEA CGIL, stipulato il 24 marzo 2020.

<sup>14</sup> [www.can-to.it](http://www.can-to.it) - (Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa Città Metropolitana di Torino)

<sup>15</sup> [www.can-to.it](http://www.can-to.it) - (Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa Città Metropolitana di Torino)

Tabella 6 – Controlli e sintomatologia - Informazioni utili al contenimento della diffusione del virus Covid-19 nei cantieri edili (www.can-to.it)

<b>CONTROLLI E SINTOMATOLOGIA</b>	
<b>1</b>	<b>SOTTOPORSI ALLA MISURAZIONE DELLA TEMPERATURA</b> ESEGUITA DALL'OPERATORE INCARICATO ALL'INGRESSO DEL CANTIERE
<b>2</b>	<b>SE LA TEMPERATURA E' SUPERIORE A 37,5°:</b> 1. NON RECARSÌ NEI LUOGHI DI LAVORO 2. AVVIARSI NELLO SPAZIO DI MOMENTANEO ISOLAMENTO E INDOSSARE LA MASCHERINA 3. CONTATTARE IL PROPRIO MEDICO, O IL 112, SEGUENDONE LE ISTRUZIONI
<b>3</b>	<b>SE SI HANNO SINTOMI INFLUENZALI GIÀ ALL'INGRESSO IN CANTIERE,</b> INFORMARE L'OPERATORE INCARICATO E ATTENERSI ALLE INDICAZIONI DEL PUNTO 2 PRECEDENTE
<b>4</b>	<b>SE INSORGONO I SINTOMI INFLUENZALI DURANTE L'ATTIVITÀ LAVORATIVA:</b> 1. INFORMARE IMMEDIATAMENTE IL PROPRIO DATORE DI LAVORO 2. RESTARE AD ADEGUATA DISTANZA DI SICUREZZA DALLE PERSONE PRESENTI E SEGUIRE LE INDICAZIONI FORNITE DAL DATORE DI LAVORO O DAL SUO INCARICATO
<b>5</b>	<b>SE SI È STATI IN CONTATTO CON PERSONE POSITIVE NEI 14 GIORNI PRECEDENTI O SI PROVIENE DA ZONE A RISCHIO: <u>NON È POSSIBILE L'INGRESSO IN CANTIERE</u></b>
<b>6</b>	<b>IN PRESENZA DI FEBBRE (OLTRE 37,5°) O ALTRI SINTOMI INFLUENZALI</b> È OBBLIGATORIO RIMANERE AL PROPRIO DOMICILIO E CHIAMARE IL PROPRIO MEDICO DI FAMIGLIA O L'AUTORITÀ SANITARIA (NUMERO 1500 O IL NUMERO 112, SEGUENDONE LE INDICAZIONI)

Tabella 7 – Precauzioni durante il lavoro - Informazioni utili al contenimento della diffusione del virus Covid-19 nei cantieri edili (www.can-to.it)

<b>A - PRECAUZIONI DURANTE IL LAVORO</b>	
<b>1</b>	<b>MANTENERE LA DISTANZA DI SICUREZZA INTERPERSONALE DI ALMENO 1 METRO</b>
<b>2</b>	<b>INDOSSARE I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE</b> QUALORA NON SIA POSSIBILE RISPETTARE LA DISTANZA DI SICUREZZA DI ALMENO 1 METRO
<b>3</b>	<b>TENERE COMPORAMENTI IGENICAMENTE CORRETTI, IN PARTICOLARE LAVANDO ACCURATAMENTE LE MANI CON ACQUA E SAPONE E/O UTILIZZANDO GEL A BASE ALCOLICA</b>
<b>4</b>	<b>GETTARE IN APPOSITI CONTENITORI I DPI (ES. MASCHERINE, TUTE, GUANTI) POTENZIALMENTE INFETTI</b>
<b>5</b>	<b>NON SCAMBIARE CON ALTRI LAVORATORI GLI ATTREZZI MANUALI E PROVVEDERE ALLA LORO PULIZIA/DISINFEZIONE PRIMA, DURANTE E ALLA FINE DEL LAVORO</b>
<b>6</b>	<b>IN BASE ALLE DISPOSIZIONI DEL DATORE DI LAVORO, IGIENIZZARE:</b> - CABINE DI GUIDA E DI PILOTAGGIO DEI MEZZI D'OPERA - MANOPOLE, IMPUGNATURE E PULSANTIERE DI MACCHINE E UTENSILI

Tabella 8 – Precauzioni per l'uso degli spazi comuni – Informazioni utili al contenimento della diffusione del virus Covid-19 nei cantieri edili ([www.can-to.it](http://www.can-to.it))

<b>B - PRECAUZIONI PER L'USO DEGLI SPAZI COMUNI</b>	
<b>1</b>	<b>ACCEDERE A PICCOLI GRUPPI NEI LOCALI MENSA, REFETTORIO, SPOGLIATOIO E SERVIZI IGIENICI SECONDO LE DISPOSIZIONI DEL DATORE DI LAVORO</b>
<b>2</b>	<b>MANTENERE LA DISTANZA DI SICUREZZA INTERPERSONALE DI ALMENO 1 METRO</b>
<b>3</b>	<b>SOSTARE ALL'INTERNO DEI LOCALI IL MINOR TEMPO POSSIBILE</b>
<b>4</b>	<b>MANTENERE COSTANTE LA VENTILAZIONE DEI LOCALI</b>
<b>5</b>	<b>TENERE COMPORTAMENTI IGIENICAMENTE CORRETTI</b>

Tabella 9 – Prescrizioni per i fornitori, trasportatori o altro personale esterno – Informazioni utili al contenimento della diffusione del virus Covid-19 nei cantieri edili ([www.can-to.it](http://www.can-to.it))

<b>PRESCRIZIONI PER I FORNITORI, TRASPORTATORI O ALTRO PERSONALE ESTERNO</b>	
<b>1</b>	<b>RISPETTARE LE PROCEDURE ANTICONTAGIO DI DETTAGLIO INDICATE DAL COORDINATORE PER LA SICUREZZA E DAL DATORE DI LAVORO DELL'IMPRESA DESTINATARIA DELLA FORNITURA, E SEGUIRE I PERCORSI E LE TEMPISTICHE PREDEFINITE, PER:</b> - ACCEDERE - TRANSITARE - USCIRE
<b>2</b>	<b>RIMANERE A BORDO DEL PROPRIO MEZZO, SE POSSIBILE, ALTRIMENTI RISPETTARE LA DISTANZA DI SICUREZZA INTERPERSONALE DI ALMENO 1 METRO DALLE ALTRE PERSONE</b>
<b>3</b>	<b>UTILIZZARE I SERVIZI IGIENICI APPOSITAMENTE DESTINATI AI SOGGETTI ESTERNI</b>
<b>4</b>	<b>AL FINE DI RIDURRE LE OCCASIONI DI CONTATTO CON IL PERSONALE DI CANTIERE UTILIZZARE GUNATI E MASCHERINE ANCHE PER L'EVENTUALE SCAMBIO DI DOCUMENTI</b>
<b>5</b>	<b>NON ACCEDERE AI LOCALI COMUNI AL CHIUSO DEL CANTIERE</b>

Queste informazioni sono anche accompagnate da dei disegni illustrativi che consentono rapidamente di capire le precauzioni e le nuove istruzioni da seguire a seguito dell'emergenza pandemica.



Alla pagina seguente sono allegati dei fogli illustrativi forniti dai seguenti enti:



# REGOLE PER IL CANTIERE COVID-19

## Le norme e i controlli in cantiere

### Verifiche e informazioni nell'interesse di tutti

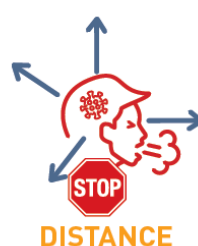
Divieto di accesso in cantiere in presenza di sintomi influenzali

Prima dell'ingresso in cantiere sarà effettuato il controllo della temperatura corporea ad ogni lavoratore

Informare immediatamente il datore di lavoro o il preposto di sintomi influenzali sopraggiunti dopo l'ingresso in cantiere

In caso di sintomi influenzali rimanere a distanza adeguata dalle altre persone presenti in cantiere

Dichiarare al proprio datore di lavoro o al preposto l'eventuale contatto con persone positive al Virus



## Le attenzioni condivise in cantiere e in ogni luogo

### Come comportarsi con i colleghi e con le altre persone

Niente strette di mano

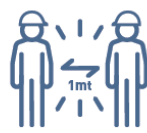
Niente abbracci

Mantenersi sempre alla distanza di almeno un metro gli uni dagli altri

Usare correttamente le mascherine

Non scambiare o condividere bottiglie e bicchieri

Osservare le regole sull'igiene delle mani



## Le regole base per tutti

Piccoli gesti di grande importanza per tenere lontano il virus

**OK**



Lavarsi spesso le mani con acqua e sapone oppure con soluzioni idroalcoliche

**NO**



Non toccarsi occhi, naso e bocca

**NO**



Starnutire dentro un fazzoletto o nella piega del gomito e non sulle mani

**OK**



Tossire dentro ad un fazzoletto o nella piega del gomito e non sulle mani

**OK**



Pulire le superfici con disinfettanti a base di alcool oppure cloro

**OK**



Usare correttamente le mascherine

## I comportamenti sanitari a casa

Cosa fare in caso di sintomi

**HOME**

**1**



È obbligatorio rimanere a casa in presenza di febbre, con temperatura corporea di almeno 37,5° o altri sintomi influenzali

**CALL DOCTOR 1500**

**2**



In caso di sintomi influenzali o malessere persistenti stare a casa e telefonare al proprio medico di base/famiglia, oppure al numero 1500.

**112**

**3**



In caso di emergenza o aggravamento delle condizioni di salute telefonare al 112

**OK**



Non prendere farmaci antivirali o antibiotici se non prescritti dal medico

## 5.2 ANALISI COSTI DELLA SICUREZZA

Come anticipato i costi della sicurezza sono stati calcolati sulle attività principali quali:

- Sondaggi
- Scavi e bonifica

Per quanto riguarda i costi della sicurezza della attività di scavi e bonifica questi ultimi sono contenuti nel bando di gara e pertanto vengono forniti. Procedendo con il calcolo dei costi della sicurezza inerente all'allestimento del cantiere e ai sondaggi, il valore ottenuto, derivando da un calcolo di massima, per lo svolgimento della tesi è stato arrotondato per eccesso.

*Tabella 10 – Costi della sicurezza per le 3 fasi di cantiere*

COSTI DELLA SICUREZZA		
ATTIVITA'	COSTO	TOTALE
ALLESTIMENTO CANTIERE	143.000,00 €	14.954.581,84 €
SONDAGGIO		
SCAVO E BONIFICA	14.811.581,84 €	

Successivamente sono stati calcolati i costi della sicurezza relativi alle misure di emergenza pandemica, utilizzando i prezziari della Regione Piemonte.

Si specifica che i calcoli seguono indicativamente le attività di cantiere descritte precedentemente, ma non costituiscono un valore dettagliato.

*Tabella 11 – Costi della sicurezza per quanto riguarda la sola emergenza covid-19*

COSTI DELLA SICUREZZA – COVID-19	
TOTALE	926.005,08 €

Ottenuti i costi della sicurezza è possibile tramite foglio Excel ottenere un grafico che permetta di prendere direttamente visione delle grandezze in gioco.



*Grafico 1 – Costi della sicurezza (Arancione – per quanto riguarda le precauzioni Covid-19; Blu – Tutti gli altri costi della sicurezza).*

Da tali dati successivamente è possibile ricavare un indice di incidenza dei costi dovuti alla fase di emergenza covid-19, tale indice è ricavato dividendo i costi della sicurezza aggiuntivi dovuti alla gestione del covid-19 ai costi della sicurezza in situazione non pandemica.

Quello che otteniamo è:

#### **INCIDENZA COSTI EMERGENZA COVID-19**

**6,19%**

Possiamo notare come i costi di sicurezza che le imprese dovranno assumere in condizione di emergenza non sono trascurabili.

## **5.3 METODO PER LA STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA COVID-19**

Ricavato l'indice dei costi della sicurezza da un calcolo approssimato, successivamente si è proceduto nel trovare una metodologia di calcolo che permetta in maniera rapida e preventiva di andare a calcolare i costi della sicurezza che a causa del rischio Covid-19 vengono a crearsi, andando a gravare sui costi della sicurezza.

Affinché questo metodo di calcolo sia più generale possibile, sono stati definiti dei punti chiave di seguito elencati, e pertanto la formula dovrà essere:

### **a. Applicabile a tutti i casi progettuali di cantiere.**

Deve quindi essere slegata da parametri specifici, che possano definire solo un insieme di casi.

Come risaputo i cantieri edili/civili variano e generalmente non sono mai una la copia dell'altro. La localizzazione geografica del cantiere e quindi tutte le variabili dovute ad esse (clima, morfologia del cantiere, collocazione dell'opera), la grandezza del cantiere, l'opera in esame e la manodopera, sono tutte variabili che difficilmente possono essere messe in relazione per definire una relazione univoca.

### **b. Semplice nel calcolo.**

Deve essere facilmente eseguibile in tempi brevi, così facendo è possibile velocemente e a grandi linee definire i costi. Perché essendo dei calcoli che andranno a gravare solo in condizioni di emergenza (in questo caso pandemica), devono essere stime che possono presentarsi anche in corso d'opera.

Partendo da questi due punti chiave, il passo successivo è stato individuare dei parametri del quale si avrà un sicuro riscontro in tutte le tipologie di cantiere.

Prima di definire nel dettaglio i parametri che rispettano i criteri definiti precedentemente, sono state effettuate delle considerazioni:

- occorre definire un parametro che si rapporti ai lavoratori, che costituiscono e sono elemento fondamentale di un cantiere, per altro costituiscono i soggetti cardine per il quale occorre effettuare misure di prevenzione e protezione, e per il quale dover calcolare i nuovi costi dovuti proprio alla protezione da emergenza Covid-19.
- oltre ai soggetti coinvolti nel cantiere, un altro elemento utile nell'andare a definire i costi dovuti all'emergenza da Covid-19, è sicuramente un elemento che prenda in considerazione la pulizia e la igienizzazione degli ambienti di lavoro e dei veicoli, compresa la pulizia di macchinari e attrezzature, e altre precauzioni da prendere per la protezione collettiva dei lavoratori.

Descritti e analizzati i punti che andranno a caratterizzare i parametri essenziali del calcolo, sono stati definiti:

#### **C<sub>op</sub> – Costo medio per operaio [€]**

esprime il costo medio che deve essere sostenuto per garantire la protezione del soggetto dal rischio Sars-CoV-2.

Medio perché i costi possono variare a seconda dell'andamento del mercato per l'acquisto di sistemi di protezione, inoltre dipenderà dalle protezioni che dovranno esse prese, che potranno variare in previsione di future emergenze per il quale andranno a variare sia gli oggetti e conseguentemente anche i relativi prezzi.

#### **C<sub>ig</sub> – Costo medio giornaliero igienizzazione spazi, macchinari e attrezzature [€]**

esprime il costo medio che deve essere sostenuto dall'impresa per sanificare e igienizzare i luoghi di lavoro, i macchinari e le attrezzature. Inoltre, In questo costo sono compresi anche i costi derivanti dall'acquisto per quanto riguarda apparati di strumentazione per la

misurazione e il controllo dei lavoratori nei luoghi di lavoro.

Medio perché i costi possono variare a seconda dell'andamento del mercato per l'acquisto di prodotti e attrezzature e per la variazione del prezzo dovuto alla fornitura quale la igienizzazione, inoltre dipenderà dalle protezioni che dovranno esse prese, che potranno variare in previsione di future emergenze per il quale andranno a variare sia gli oggetti e conseguentemente anche i relativi prezzi.

Il motivo per il quale questi valori sono considerati medi è dovuto al fatto di voler fornire dei valori di massima, che possono essere utilizzati per un calcolo rapido e immediato. Viene da sé che nel momento in cui ho bisogno di calcolarmi un valore esatto che faccia riferimento a precisi costi di fornitura il parametro e il conseguente calcolo può essere comunque svolto, ma invece di utilizzare un costo medio quello che avrò sarà un costo effettivo.

Dopo aver definito questi due parametri (Cop, Cig), una volta calcolati forniranno un valore generico da applicare alla maggioranza dei casi, indiscriminatamente dalle variabili definite in precedenza, quindi, di conseguenza, occorre definire almeno un altro parametro che vari al variare del caso in esame e che sia tale da poter essere messo in relazione ai due parametri appena descritti.

In questo caso il parametro preso in considerazione è già utilizzato nella pratica per altri scopi, si tratta del valore di uomini-giorno. Di seguito ne viene descritto l'utilizzo e successivamente viene fornita la spiegazione dell'impiego nella nostra formula di tale valore.

### **UOMINI-GIORNO**

La definizione di "uomini-giorno" è riportata nel Titolo IV del Testo unico salute e sicurezza nei luoghi di lavoro del Decreto Legislativo n.81 del 2008, e aggiornata a novembre 2020, riguardante i cantieri temporanei o mobili, nel quale è indicato che per "uomini-giorno" si intende:

*"l'entità presunta dei lavoratori, anche autonomi previste per la realizzazione*

*dell'opera*.<sup>16</sup>

In base a quanto prescritto dalla norma, per stabilire se in un cantiere è obbligatorio l'invio della notifica preliminare all'ASL e alla Direzione Provinciale del Lavoro (un adempimento per la sicurezza fondamentale in un cantiere edile), questa notifica è obbligatoria in alcuni casi, uno di questi casi è il caso nel quale bisogna calcolare gli uomini-giorno. La notifica sarà obbligatoria per i cantieri in cui opera una sola impresa la cui durata presunta non sia inferiore a 200 uomini-giorno.

Il calcolo degli uomini-giorno viene utilizzato per stabilire la "durata presunta dei lavori" come riferito nell'allegato XII del D. Lgs. 81/08.

Il calcolo degli uomini-giorno è quindi un calcolo approssimato.

Il metodo per il calcolo degli uomini-giorno prevede di partire dall'importo stimato dei lavori e applicarvi una incidenza forfettaria della manodopera pari al 40%. Dividendo il valore ottenuto per 216 euro, costo giornaliero di un operaio qualificato, si otterrà il numero di uomini-giorno.

Si ricorda che il valore di 216 euro si ottiene moltiplicando il costo medio di un operaio (27 euro) per un totale di 8 ore lavorative. Il valore esatto del costo orario di un operaio varia però in base alla zona in cui avviene l'intervento ed è mediamente pari a:

- 29 euro per operaio specializzato;
- 27 euro per operaio qualificato;
- 25 euro per operaio comune.

Dividendo infine per un valore probabile di operai che potrebbero essere impiegati giornalmente in cantiere otteniamo la durata temporale che dovrebbe avere il nostro cantiere.

---

<sup>16</sup> **Testo unico salute e sicurezza nei luoghi di lavoro** - D. Lgs. n.81/2008.  
Titolo IV art.89 comma1 lettera g.



## **U<sub>g</sub> UOMINI-GIORNO**

Per il metodo proposto, ci interessa sia il valore degli **uomini-giorno U<sub>g</sub>**, non andando a dividere tale valore per il numero presunto di lavoratori giornalieri, sia la durata presunta dei lavori, che sarà quindi il risultato ottenuto dalla divisione degli uomini-giorno per il numero di operai giornalieri presunti nel cantiere.

Ricapitolando i parametri che utilizziamo nel calcolo della stima dei costi della sicurezza Covid-19 sono:

**C<sub>op</sub>** - Costo medio per operaio [€]

**C<sub>ig</sub>** - Costo medio giornaliero igienizzazione spazi, macchinari e attrezzature [€]

**U<sub>g</sub>** - uomini-giorno [-]

**n<sub>g</sub>** - operai giornalieri presunti nel cantiere [-]

**D=( U<sub>g</sub>/ n<sub>g</sub>)** - durata presunta dei lavori [-]

La formula proposta per questo studio è la seguente:

$$\mathbf{Costi\ sicurezza\ CoV - 19 = (U_g \cdot C_{op}) + \left[ \left( \frac{U_g}{n_{op}} \right) \cdot C_{ig} \right] \quad [€]}$$

Ricapitolando, la prima parte della formula mette in relazione gli uomini-giorno al costo medio del singolo operaio, mentre la seconda parte mette in relazione le giornate lavorative al costo medio giornaliero per l'igienizzazione di spazi, macchinari e attrezzature.

### 5.3.1 APPLICAZIONE METODO

In questo paragrafo applichiamo la formula proposta per la stima dei costi della sicurezza dovuti al Covid-19 per le fasi di cantiere oggetto di questa tesi (fase di sondaggio, bonifica e scavi).

#### **C<sub>op</sub> - COSTO MEDIO PER OPERAIO**

Per ricavare questo costo, facciamo riferimento in particolare ai dispositivi di protezione di seguito elencati, anche se sappiamo che questi non saranno mai costanti e possono variare (ad esempio le mascherine di protezione che variano per tipologia e prezzo).

C <sub>op</sub> - COSTO MEDIO PER OPERAIO	
8,74	€

Sez.	Codice	Descrizione	U.M.	Euro
31	31.A10.A10.010	COSTO DELLA SICUREZZA - di competenza del CSP/CSE ove nominato - Dotazione del fornitore esterno di adeguati DPI (mascherina, guanti in lattice, verifica della igienizzazione delle mani con uso di gel a base alcolica).	cad	8,74

#### **C<sub>ig</sub> - COSTO MEDIO GIORNALIERO IGIENIZZAZIONE SPAZI, MACCHINARI E ATTREZZATURE**

In questo costo, vengono inseriti tutti i prezzi dei dispositivi di igienizzazione. Si specifica che questi prezzi sono cadauno, ciò significa che si dovrà procedere con il frazionamento del costo (ad esempio per l'acquisto di un termoscan all'ingresso dell'area di lavoro, il costo per essere sommato ai restanti dovrà essere diviso per l'intera durata del cantiere).

C <sub>ig</sub> - COSTO MEDIO GIORNALIERO IGIENIZZAZIONE SPAZI, MACCHINARI E ATTREZZATURE	
48,47	€

### **U<sub>g</sub> – UOMINI-GIORNO**

Partendo dall'importo dei lavori che risulta essere di 18.480.000€, questo valore viene diviso per 216€. Così facendo otteniamo gli uomini-giorno

<b>U<sub>g</sub> – UOMINI-GIORNO</b>	
85.555,55	[-]

### **n<sub>g</sub> – OPERAI GIORNALIERI PRESUNTI NEL CANTIERE**

Come si intuisce in questo caso andiamo a definire la quantità di operai che giornalmente sarà presente in cantiere

<b>n<sub>g</sub> – OPERAI GIORNALIERI PRESUNTI NEL CANTIERE</b>	
32	[-]

### **D=( U<sub>g</sub>/ n<sub>g</sub>) – DURATA PRESUNTA DEI LAVORI**

<b>D=( U<sub>g</sub>/ n<sub>g</sub>) – DURATA PRESUNTA DEI LAVORI</b>	
2.673	[-]

Applicando la formula:

$$\text{Costi sicurezza CoV} - 19 = (U_g \cdot C_{op}) + \left[ \left( \frac{U_g}{n_{op}} \right) \cdot C_{ig} \right] \text{ [€]}$$

Otteniamo:

$$\text{Costi sicurezza CoV} - 19 = (85.555,55 \cdot 8,74) + (2.673 \cdot 48,47) =$$

$$= 747.755,5 + 129.560,31 = 877.315,81 \text{ €}$$

Otteniamo un valore che si avvicina molto al valore calcolato in precedenza (tabella inferiore).

COSTI DELLA SICUREZZA – COVID-19	
TOTALE	926.005,08 €

Abbiamo ottenuto uno scarto tra i due valori del 1,05%, quindi non si ha una completa corrispondenza.

Tutto sommato la formula risulta valida e sicuramente può essere perfezionata.

Il punto di forza risulta essere l'intuitività e la rapidità, attraverso pochi valori e informazioni di partenza, possiamo essere in grado di stabilire indicativamente delle cifre economiche che richiederanno gli ulteriori interventi in ambito emergenziale.

### 5.3.2 OSSERVAZIONI

Questa formula presenta delle imperfezioni, queste imperfezioni sono dovute a diversi punti di seguito elencati:

- Conviene prendere la formula e applicarla alle diverse fasi lavorative, per svolgere al meglio l'analisi dei prezzi e successivamente sommare i risultati.
- occorrono molti casi, con il quale fare dei riscontri, potendo così definire ad esempio degli indici numerici, che vadano a migliorare la precisione del valore finale.
- la definizione degli uomini-giorno e la durata presunta dei lavori sono valori approssimati che quindi presentano imperfezioni
- e presumibile che all'aumentare della complessità del cantiere aumenta l'imprecisione della formula, questo perché non tiene conto di alcune variabili, che in cantieri più grandi abbiamo (ad esempio in un cantiere di molto complesso il numero di operai giornalieri non sarà mai costante, perché abbiamo differenti lavorazioni e differenti squadre, sarà il coordinatore della sicurezza che in base al caso in esame deciderà come gestire le presenze in cantiere andando a modificare di conseguenza anche i giorni lavorativi).
- il cronoprogramma può essere soggetto a modifiche, in particolare si ha un aumento del tempo a causa delle restrizioni dovute alle precauzioni da prendere in caso di positività sul luogo di lavoro, in quanto si dovrà procedere alla sospensione dei lavori e alla igienizzazione dei luoghi di lavoro in cui si presume sia avvenuta la contaminazione, e simultaneamente si procederà al momentaneo isolamento fiduciario dei lavoratori e al controllo tramite test molecolari di questi ultimi.

È possibile comunque andare a migliorare la precisione del calcolo e correggere gli eventuali errori con le soluzioni di seguito fornite:

- Utilizzo di una variabile forfettaria. Dopo il confronto con una mole di calcoli eseguiti in differenti casi, se la stima finale della formula si discosta sempre di un valore costante dal valore esatto, allora è possibile ricavare lo scostamento e conseguentemente inserirlo come valore costante nella

formula.

- Utilizzo di tabelle. Attraverso le tabelle possiamo migliorare i parametri introdotti nelle formule.

Fornendo un esempio e possibile ipotizzare la correzione del parametro del costo medio giornaliero per l'igienizzazione degli spazi, macchinari e attrezzature ( $C_{ig}$ ), questo parametro varierà al variare della dimensione del cantiere. Possiamo quindi ipotizzare di proporre tre differenti costi medi in relazione a tre differenti intervalli nel quale varia il valore di uomini-giorno. All'intervallo con un numero di uomini-giorno inferiore corrisponderà un costo medio giornaliero per l'igienizzazione ( $C_{ig}$ ) che risulterà il più basso tra i tre, viceversa sarà per l'intervallo con un numero di uomini-giorno superiore.



## **CAPITOLO 6 – MODELLAZIONE**

Nel capitolo 3, sono state inserite tutte le informazioni e i dati tecnici necessari a comprendere le operazioni di cantiere che verranno svolte.

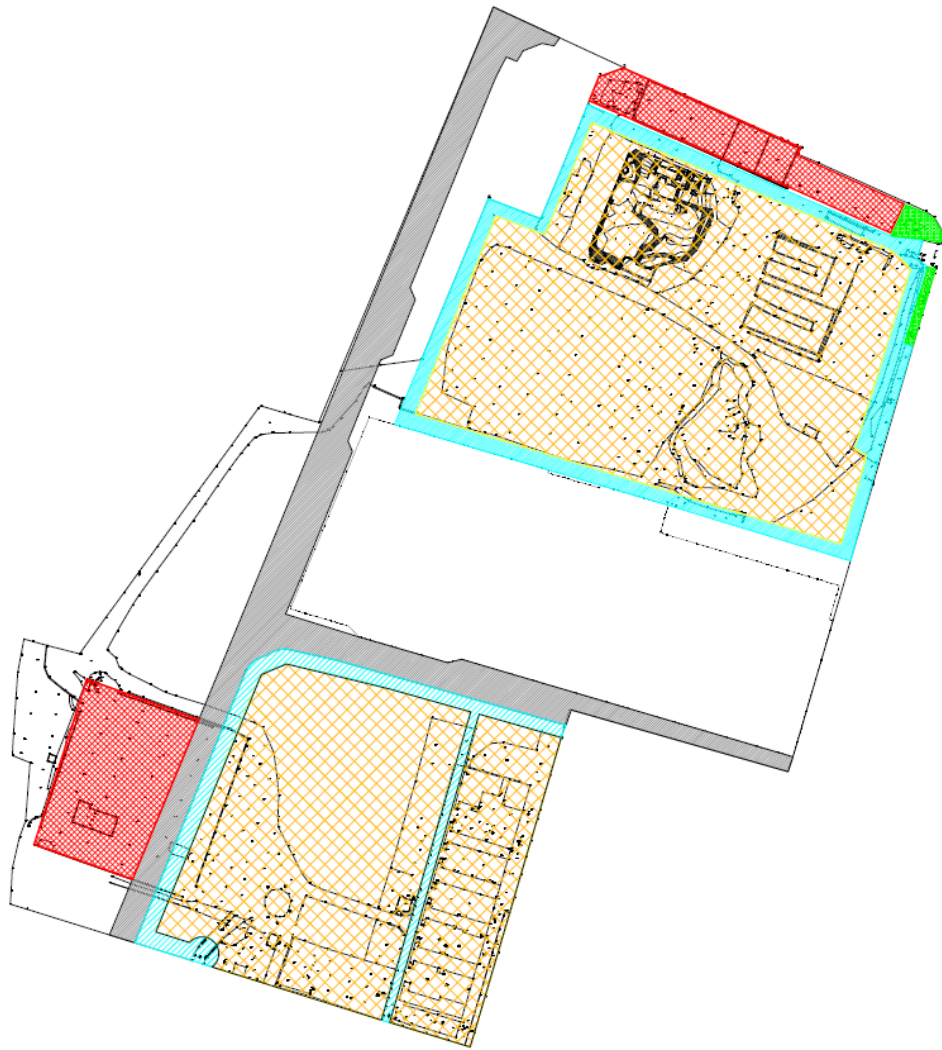
Per la modellazione oltre alle informazioni precedentemente descritte sono state utilizzate le tavole fornite dalla procedura di gara mediante dialogo competitivo per l'affidamento di un contratto di Partenariato Pubblico Privato per la realizzazione del Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione della Città di Torino (Cig 7785490597), e che saranno successivamente indicate.

### **6.1 MODELLO SONDAGGI**

Per quanto riguarda la modellazione della superficie dei due lotti per la fase di sondaggio, è stata presa in considerazione la tavola T9 dove è illustrata la planimetria di cantierizzazione (Figura 23).

Successivamente attraverso i dati di rilievo in dwg è stato possibile attraverso il software di Autodesk Revit caricare il file dwg e attraverso i comandi per la modellazione di superfici è stata creata una superficie, successivamente partendo da questa superficie si è proceduto alla divisione della superficie in diverse aree di cantiere, per poi assegnare alle diverse aree caratteristiche e texture diverse.

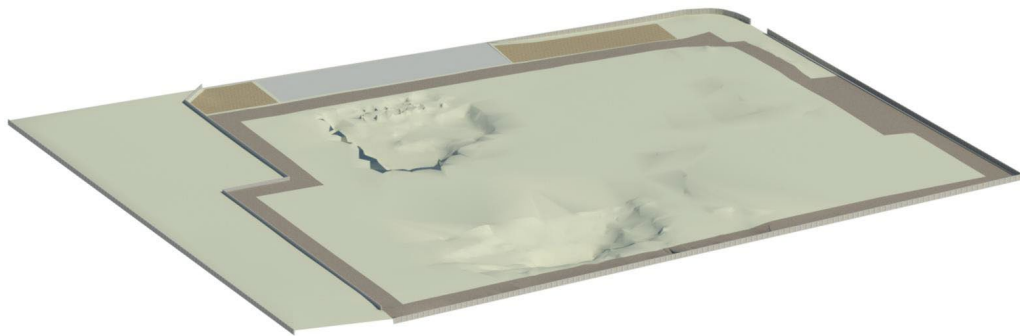




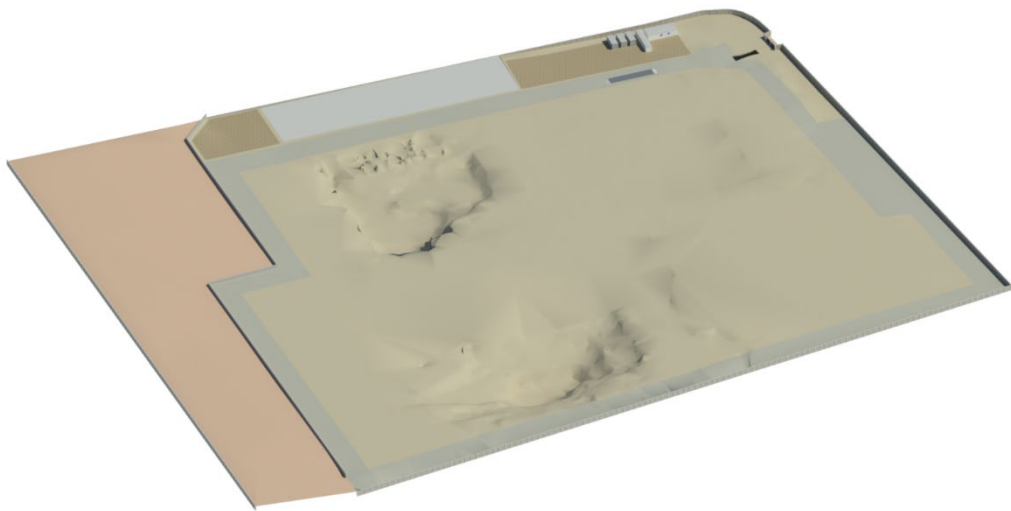
*Figure 22 – Planimetria di cantierizzazione, Tavola T9*

Di seguito vengono riportati prima i due render ottenuti dalla modellazione delle superfici dei due lotti (Figure 24, 27). Successivamente alla modellazione della superficie si è proceduto nella modellazione del cantiere, più precisamente si è proceduto alla creazione delle viabilità di cantiere, principale e secondaria, e alla creazione delle aree di stoccaggio dei futuri cumuli per la bonifica.

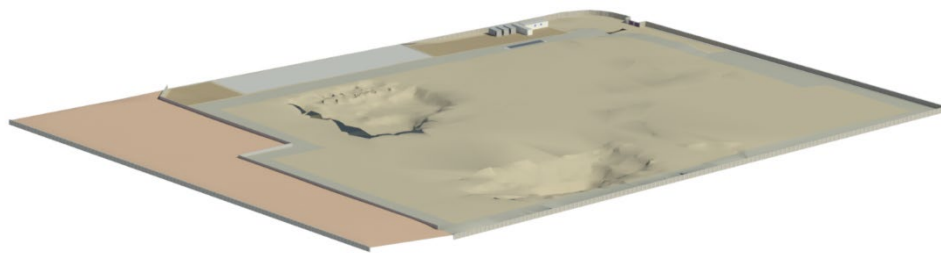
Si anticipa che dai render organizzativi di cantiere ottenuti, risulta graficamente difficile la visione organizzativa di cantiere, a causa della vasta area di cantiere che rende difficile la visione dei dettagli.



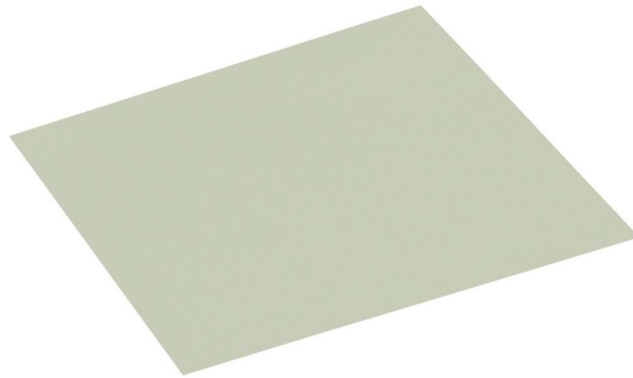
*Figure 23 – Lotto 1, Modello 3D della superficie*



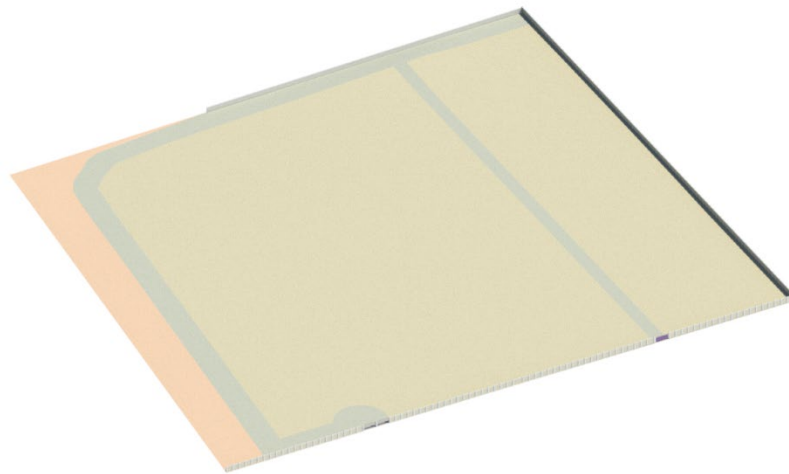
*Figure 24 – Lotto 1, Modello 3D rappresentante la fase temporale dell'esecuzione sondaggi - Vista 1*



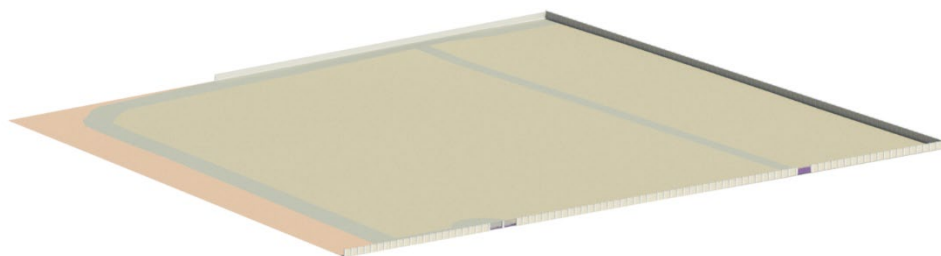
*Figure 25 – Lotto 1, Modello 3D rappresentante la fase temporale dell'esecuzione sondaggi - Vista 2*



*Figure 26 – Lotto 2, Modello 3D della superficie*



*Figure 27 – Lotto 2, Modello 3D rappresentante la fase temporale dell'esecuzione sondaggi – Vista 1*



*Figure 28 – Lotto 2, Modello 3D rappresentante la fase temporale dell'esecuzione sondaggi – Vista 2*

## 6.2 MODELLO SCAVI

Per la modellazione dei lotti nella fase degli scavi, partendo sempre dai dati topografici e utilizzando il software Revit sono stati modellati per ogni lotto, 2 modelli:

- Modello 0-3 m: mostra l'area scavata fino a una quota di 3m.
- Modello 0-7 m: mostra l'area scava fino alla quota definitiva di progetto di 7m.

Per la creazione di questi modelli sono state consultate le tavole elencate:

- T4-A \_ Planimetria attività di bonifica (0-3 m)
- T4-B \_ Planimetria attività di bonifica (0-7 m)
- T5-A \_ Planimetria sequenza scavi (Compensorio 1, Lotto 2)
- T5-B \_ Planimetria sequenza scavi (Compensorio 1, Lotto 1)
- T10 \_ Sezioni di progetto e particolari costruttivi

Di seguito vengono mostrate le tavole, e infine i modelli.

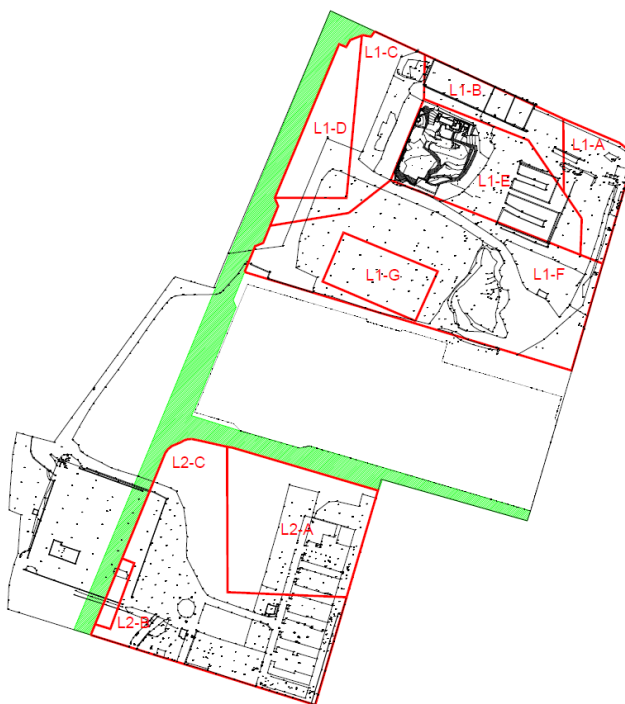


Figure 29 – Tavola T4-A, planimetria attività di bonifica (quota 0-3 m)

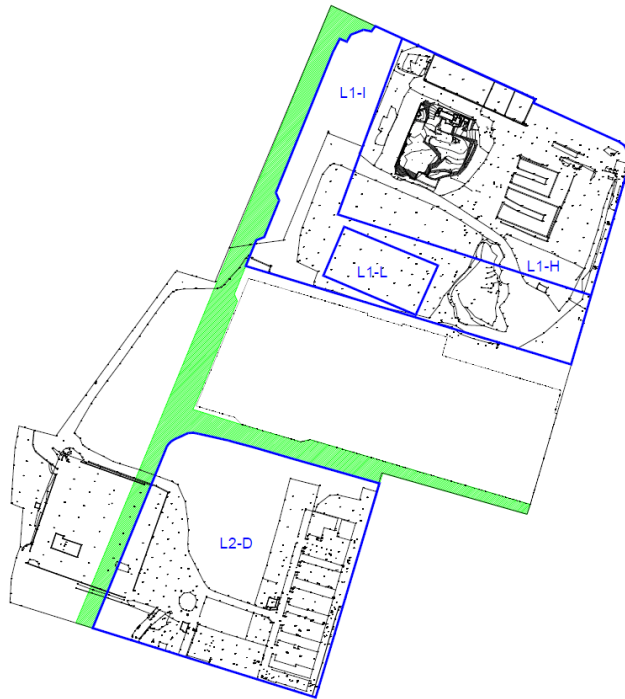


Figure 30 - Tavola T4-B, planimetria attività di bonifica (quota 0-7)

Le aree di scavo individuate hanno una codifica che si riferisce alle diverse fasi temporali con il quale queste aree verranno scavate. Questa timeline è ben visibile nell'elaborato T5 A e B.

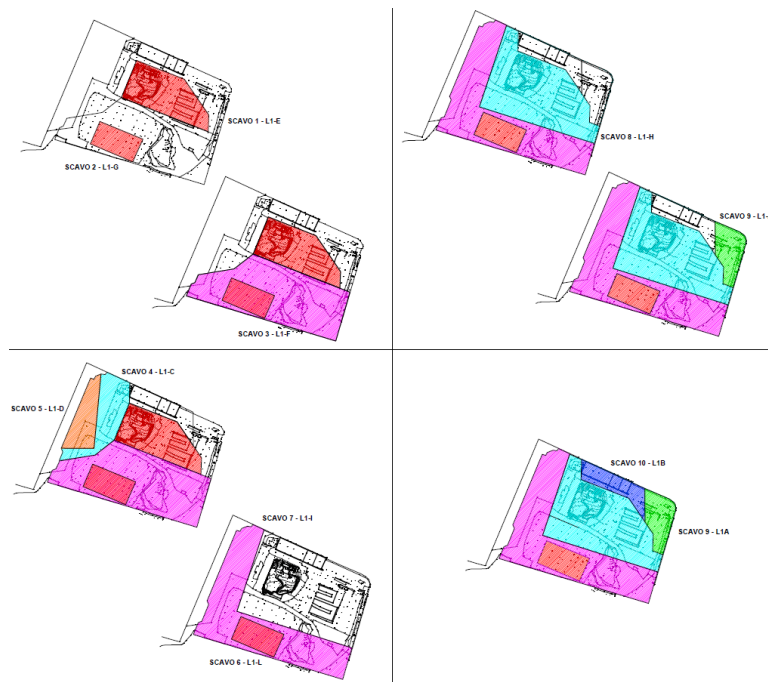


Figure 31 - Tavola T5-A, Planimetria sequenza scavi Lotto 1

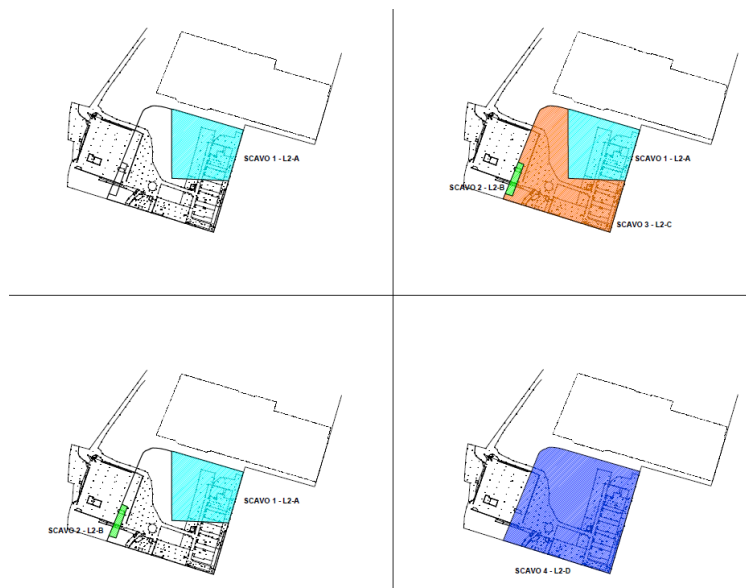


Figure 32 - Tavola T5-B, Planimetria sequenza scavi Lotto 2

Infine, nella tavola T10 sezioni di progetto e particolari costruttivi si può vedere con precisione il modo con il quale dovrà essere caratterizzato lo scavo.

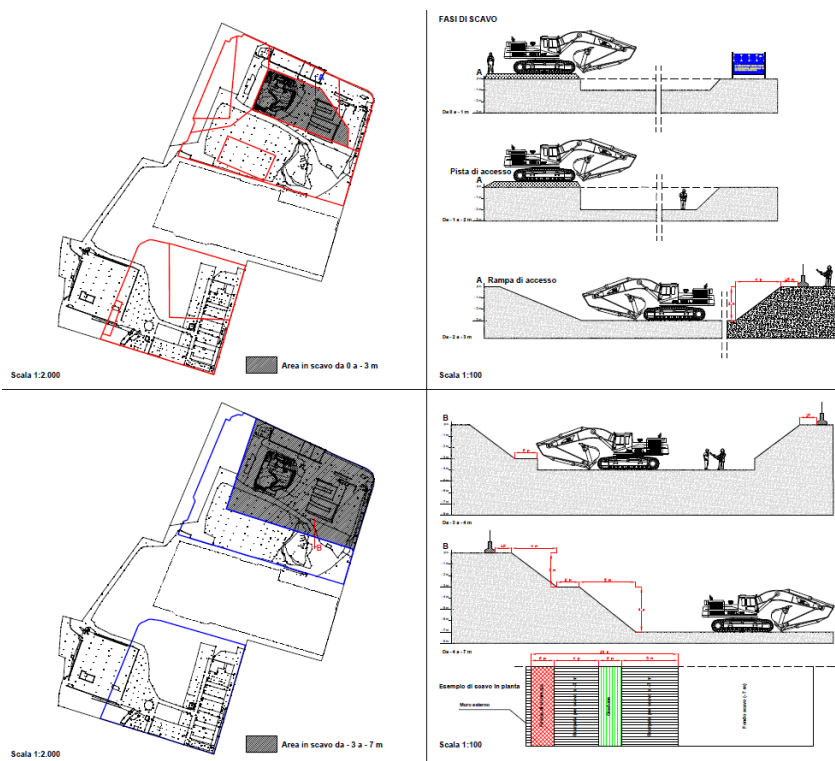
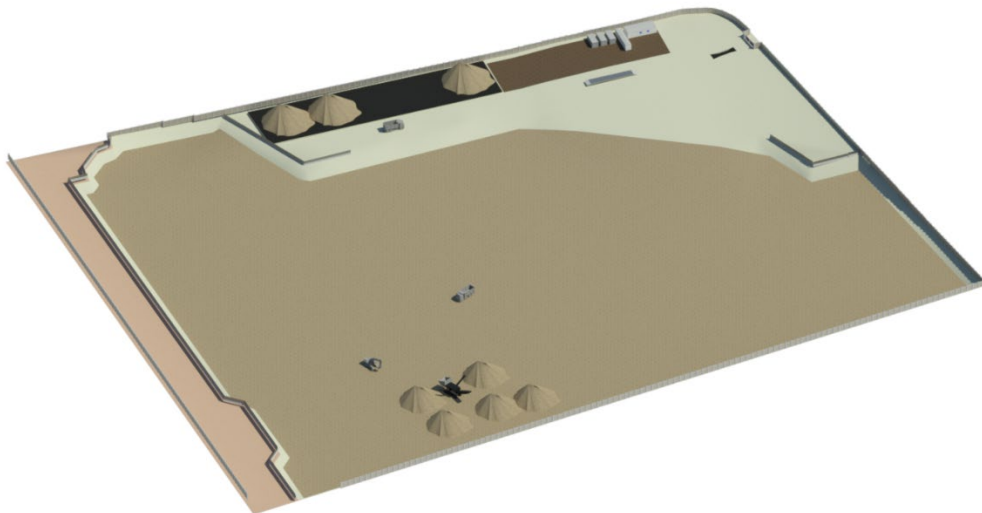


Figure 33 - Tavola T10. Sezioni di progetto e particolari costruttivi, Lotto 1-2 con profondità da 0-3 m e 0-7 m

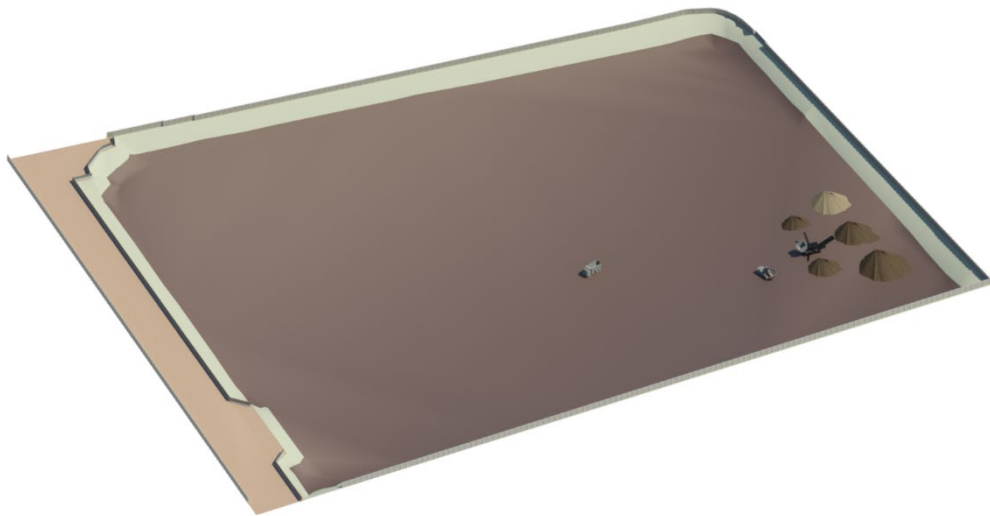
Grazie a queste informazioni è stato possibile procedere alla modellazione dei due lotti. Come detto in precedenza non si sono modellate tutte le fasi di scavo ma solo due fasi, quella di completamento della quota a -3m di profondità e successivamente quella a completamento del raggiungimento della quota a -7m.

Attraverso le sezioni fornite nell'elaborato T10 sono state definite le pendenze dello scavo, inserendo in primo luogo le linee delle variazioni di quota nelle piante di cantiere 2D nei file dwg e importandole successivamente in Revit dove sono stati inseriti i punti quotati su queste nuove linee.

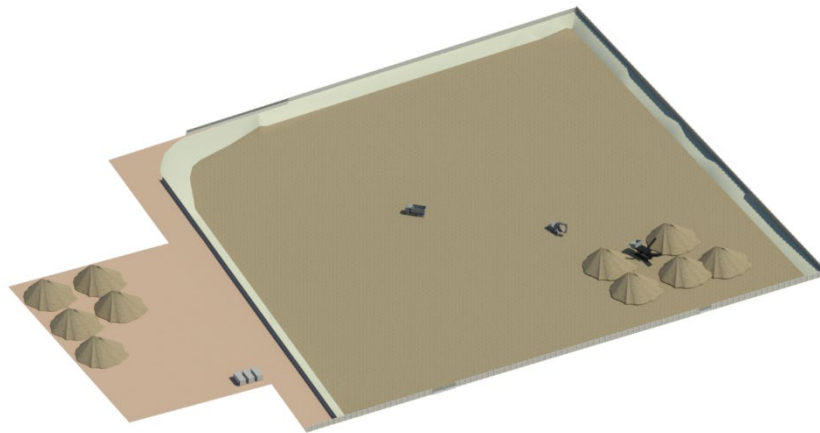
I render ottenuti in Revit, purtroppo non sono soddisfacenti, in quanto il motore grafico di renderizzazione non eccelle, e non è stato utilizzato il plugin di V-Ray che avrebbe permesso una maggiore qualità grafica del render. Inoltre, si aggiunge il problema dato da una vasta area di cantiere con l'aggiunta di colori omogenei, in questo contesto, risulta difficile riuscire a cogliere le differenze date dai cambi di quota motivo per cui si è accentuato con i contrasti di colorazione della superficie.



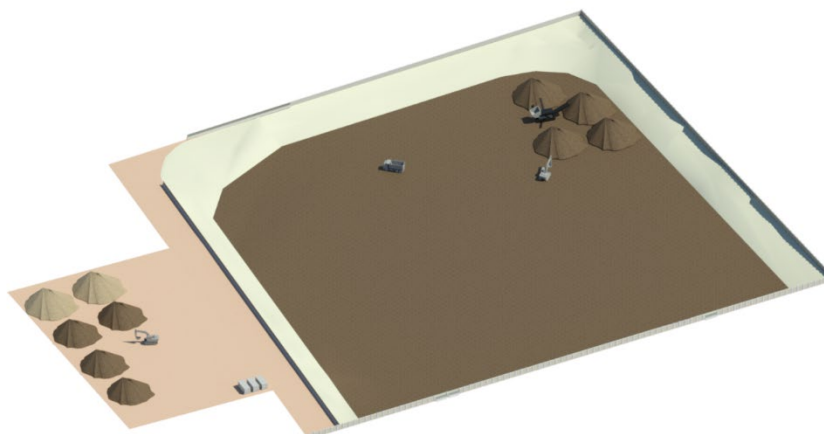
*Figure 34 – Lotto 1, modello 3D rappresentante la fase temporale di scavo da 0-3m.*



*Figure 35 - Lotto 1, modello 3D rappresentante la fase temporale di scavo da 0-7m*



*Figure 36 - Lotto 2, modello 3D rappresentante la fase temporale di scavo da 0-3m.*



*Figure 37 - Lotto 2, modello 3D rappresentante la fase temporale di scavo da 0-7m.*



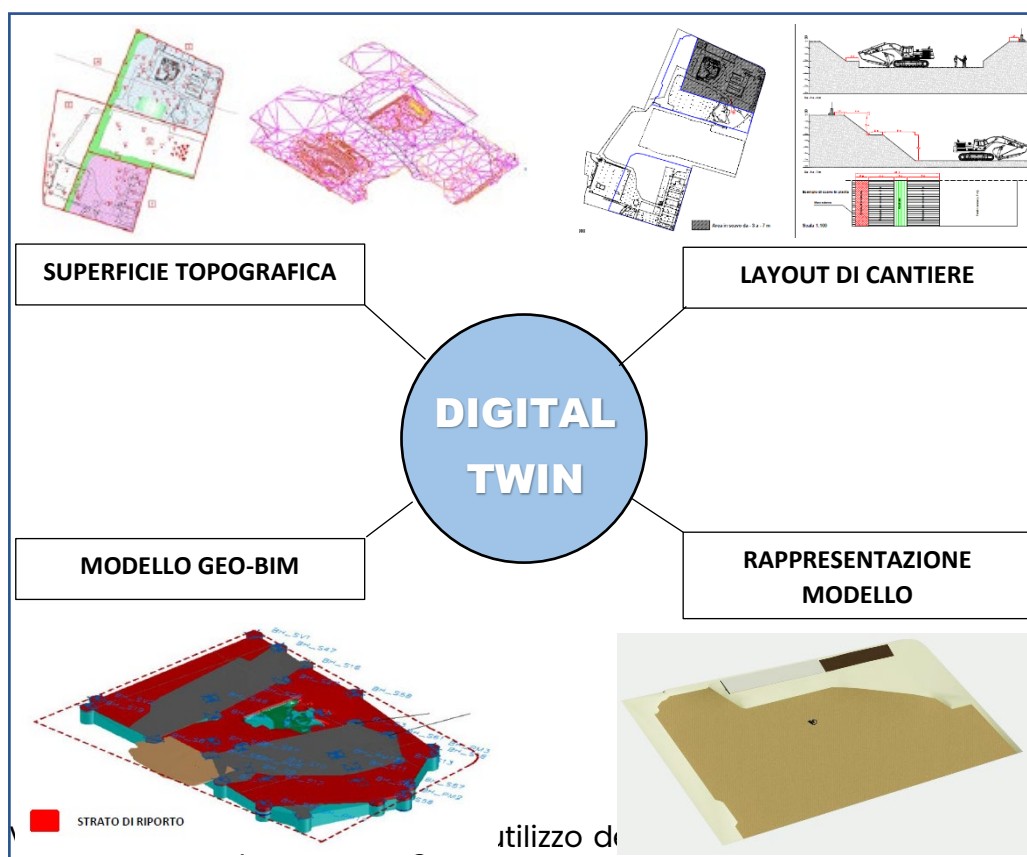


## CAPITOLO 7 – MODELLO DIGITAL-TWIN

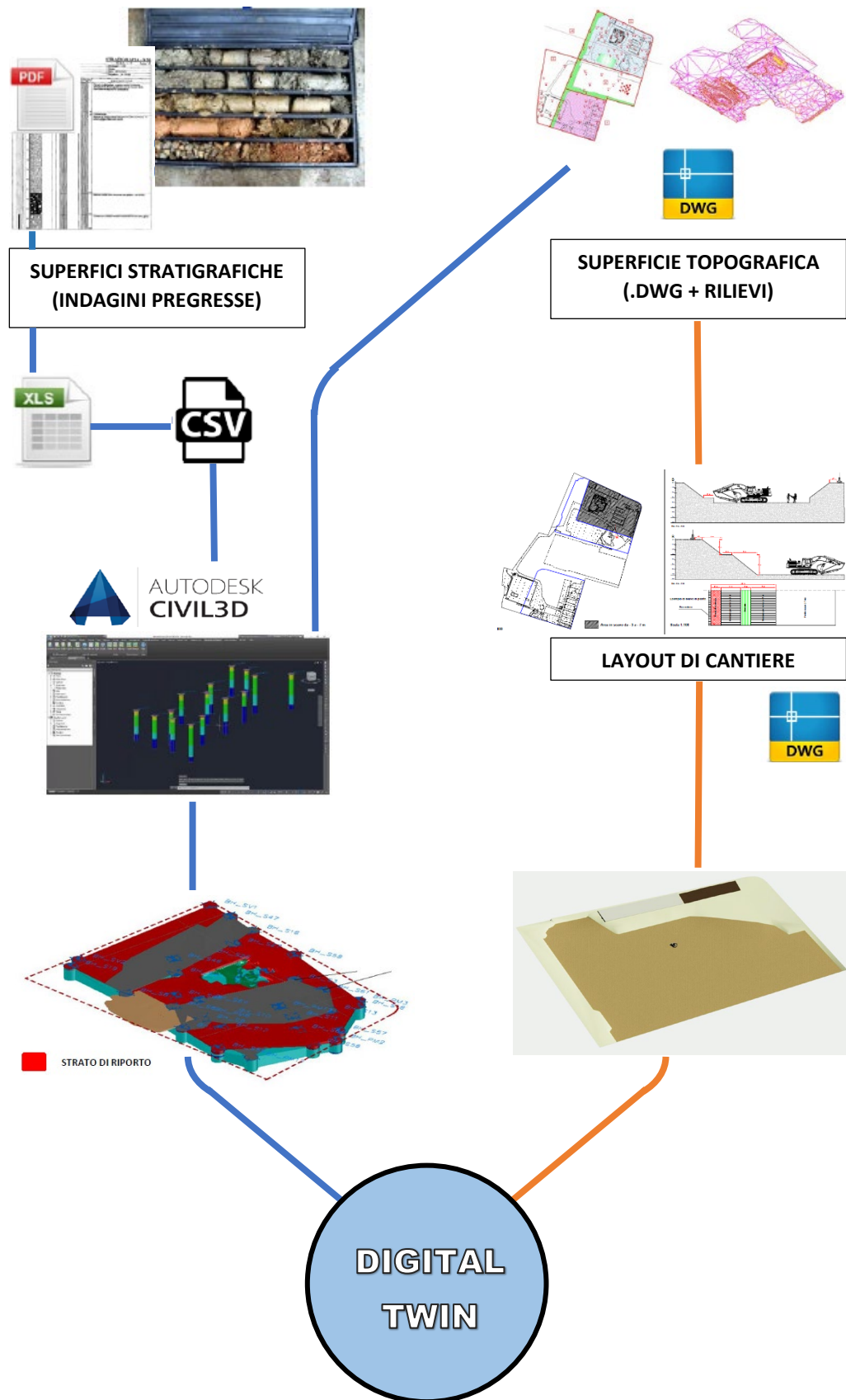
Anche se nello svolgimento degli elaborati 3D si sono avuti dei problemi dovuti alla compatibilità tra i formati di file e software, anche della stessa casa madre, è chiaro come con il passare del tempo questa metodologia progettuale e organizzativa prenderà sempre più piede. Con il passare del tempo l'aumentare della digitalizzazione in tutti i campi offre sempre di più una opportunità di collegare tra loro informazioni che possono essere utilizzate più facilmente ottimizzando la produzione di modelli Digital Twin.

In particolare, per questo progetto, si è riscontrata una certa difficoltà nella compatibilità del modello stratigrafico Geo-BIM dei due lotti elaborati precedentemente dal laboratorio "drawing to the future" e i software per la modellazione 3D e il software Revit.

Viene fornita una rappresentazione dei file che contribuiscono alla creazione del Digital-Twin del PSRI di Torino.



del modello digital twin inerente al Compensorio in esame.



## CAPITOLO 8 – SICUREZZA IN CANTIERE

In questo periodo, più di altri, si è parlato di sicurezza sul lavoro. Questo purtroppo a causa delle frequenti morti sul lavoro che ci sono state in questo anno, e purtroppo il settore civile ogni anno è particolarmente colpito.

Un riferimento normativo fondamentale è rappresentato dal Testo Unico in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro (Decreto Legislativo 81/2008, aggiornato a novembre 2020). Nonostante l'Italia abbia una normativa sulla sicurezza molto articolata, rispetto ad altri paesi, anche con l'aumento della sicurezza dovuta anche ai dispositivi individuali e collettivi sempre più performanti, risulta particolarmente difficile eliminare il rischio intrinseco ad alcune operazioni e lavorazioni.

Il rischio per definizione del D.Lgs. 81/08:

*"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"*

Esistono diverse definizioni del rischio ma sono tutte simili, e questo rischio è intrinsecamente legato all'interazione di un evento con un soggetto. Proprio per questo la normativa impone l'obbligo di informazione, formazione e addestramento che i datori di lavoro devono far ottemperare e ai quali i lavoratori devono obbligatoriamente prendere parte.

I concetti di informazione, formazione e addestramento sono particolarmente importanti per cercare di ridurre il rischio, andando ad agire sul rischio di errore umano. Le differenze tra informazione, formazione e addestramento possono essere esemplificate nell'elenco che segue:

- **informazione:** complesso delle attività dirette a fornire conoscenze utili alla identificazione, alla riduzione e alla gestione dei rischi nell'ambiente di lavoro;
- **formazione:** processo educativo attraverso il quale trasferire alle lavoratrici ed ai lavoratori ed agli altri soggetti del sistema di prevenzione e protezione conoscenze e procedure utili alla acquisizione di competenze per lo svolgimento in sicurezza dei rispettivi compiti in

*azienda e identificazione, riduzione e gestione dei rischi. La formazione deve avvenire in occasione, ad esempio dell'introduzione di nuove attrezzature di lavoro o di nuove tecnologie e deve essere periodicamente ripetuta in relazione all'evoluzione dei rischi oppure all'insorgenza di nuovi rischi;*

- **addestramento:** *complesso delle attività dirette a fare apprendere ai lavoratori l'uso corretto di attrezzature, macchine, impianti, sostanze, dispositivi, anche di protezione individuale, e le procedure di lavoro. L'addestramento viene effettuato da persona esperta, sul luogo di lavoro e durante l'orario di lavoro. Esso non può comportare oneri economici a carico dei lavoratori.*<sup>17</sup>

Quindi si capisce bene come l'educazione della sicurezza sia un punto molto importante nell'attuazione della sicurezza sul lavoro, e ancora oggi occorrono soluzioni che riducano al minimo qualsiasi probabilità di incidente e danno a persone e beni.

Oltre però all'informazione, formazione e addestramento, un altro strumento utile alla riduzione del rischio nel campo civile è dato da una buona progettazione. Con progettazione si intendono una serie di azioni che portano a definire una organizzazione che attraverso elaborati grafici e documenti tecnici vada ad analizzare in dettaglio l'ambiente di lavoro definendo strategie attuative, che siano le più efficaci, nella riduzione e eliminazione di rischi a beni e persone.

---

<sup>17</sup> Definizione INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

## **8.1 DIGITAL TWIN E SICUREZZA IN CANTIERE**

Abbiamo visto che la sicurezza in cantiere dipende da molti fattori, l'evoluzione tecnologica che inizialmente sembrava avere solo come riferimento la parte progettuale e grafica, senza avere grosso impatto nel settore edile, negli ultimi anni ha preso piede nell'intera attività edilizia.

Questo salto è dovuto prevalentemente all'introduzione di software che, passando dall'uso di semplici calcoli e pochi elementi di disegno vettoriale, col passare degli ha acquisito tutti gli strumenti indispensabili al calcolo, progettazione ed esecuzione, mettendoli a strumento del progettista. Comportando una ulteriore implementazione di nuove funzionalità, con un ampliamento delle funzionalità data dal mettere in relazione le diverse informazioni contenute nei dati dei diversi software, generando così un miglioramento nella gestione e integrazione delle diverse discipline coinvolte nel progetto.

### **8.1.1 DIGITAL TWIN - BIM E CoSIM**

Indiscutibilmente il Digital Twin ha un grande punto di forza, costituito dal fornire tutti gli strumenti possibili per l'interazione tra le parti, dove per parti si intendono (hardware, software, professionisti e data).

In questo ambito possiamo individuare due principali metodologie nell'ambito dell'evoluzione digitale e della progettazione ergotecnica, che possono essere incluse nel modello Digital Twin e che hanno un ruolo fondamentale per la sicurezza. BIM (Building Information Modeling) e CoSIM (Costruction Site Information Modeling).

Per quanto riguarda la descrizione generale della metodologia BIM, questa è trattata ampiamente nel primo capitolo 1 (si rimanda a pagina 3).

Di seguito analizziamo i vantaggi, prendendo in considerazione l'ambito specifico del cantiere e della sicurezza sul luogo di lavoro.

#### **BIM**

Il principale vantaggio della metodologia BIM è la possibilità di sviluppare in forma integrata e coordinata con altre discipline, un modello ergonomico

dell'opera, fornendo una simulazione dell'opera a livello progettuale e di produzione come richiesto dalla norma Uni 11337-4<sup>18</sup>.

In riferimento alla sicurezza in cantiere, grazie al BIM possiamo integrare la pianificazione dell'organizzazione di cantiere, dialogando tramite l'utilizzo di piattaforme, con altre figure professionali. Attraverso l'interazione riusciamo a far emergere le interferenze e le sovrapposizioni spazio-temporali delle lavorazioni, riuscendo a ripianificare in maniera efficiente tutti i dati inerenti. Attraverso il BIM possiamo aggiornare direttamente la documentazione PSC (Piano di Sicurezza e Coordinamento), POS (Piano Operativo di Sicurezza) e il diagramma di Gantt.

### **CoSIM**

Il CoSIM, modello informativo del cantiere e della sicurezza, usa la metodologia BIM in ambito prettamente di cantiere, contestualizzando con più chiarezza l'ambito in cui il modello viene analizzato, e presenta due livelli principali di sviluppo, connessi alle macrofasi temporali del processo edilizio:

- modello ergotecnico allo stato di progettazione
- modello ergotecnico allo stato di produzione

La norma UNI 11337-4 introduce i processi di digitalizzazione attraverso le quali definire modelli tridimensionali, questi devono interfacciarsi con le fasi di cantiere per consentire la creazione di simulazioni anche in fase progettuale, tanto più spinte quanto maggiori sono le informazioni del contesto ambientale in cui il cantiere si va ad inserire.

Il dettaglio cresce nella fase di esecuzione dove il modello rappresenta la progettazione ergotecnica del cantiere con riferimento alle scelte delle attrezzature, dei macchinari e delle opere provvisorie più idonei a svolgere in sicurezza le lavorazioni in relazione agli effettivi spazi operativi.

Una volta definiti gli elaborati, i modelli la documentazione inerente e aver introdotto il contributo di tutti i professionisti nella definizione delle informazioni, è possibile realizzare delle simulazioni 3D interattive, dove ad

---

<sup>18</sup> **UNI 11337-4: 2017** - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti.

esempio è possibile rilevare le attività ad alto rischio.

L'ulteriore vantaggio di poter eseguire queste attività su delle piattaforme che riesco a far interagire tutte queste informazioni, riesce a fornire delle soluzioni tempestive, fornendo la possibilità di ricercare le migliori soluzioni in ambito della sicurezza in cantiere, tenendo sotto controllo simultaneamente costi, tempistiche, lavorazioni e loro collocamento in relazione all'organizzazione di cantiere.

Quindi un modello Digital Twin nel quale il BIM e CoSIM vengono a integrarsi, rendere più fluidi i processi di progettazione di un'opera cantieristica.

### **8.1.2 APPLICAZIONI DEL DIGITAL TWIN NELLA SICUREZZA**

Le applicazioni nell'ambito della sicurezza in cantiere attraverso il Digital Twin sono state già anticipate nel paragrafo precedente.

Tuttavia, in questo paragrafo si vuole scendere nel dettaglio andando ad esplicitare le soluzioni, direttamente applicabili, ma anche spunti per possibili sviluppi futuri.

#### **CLOUD DATA**

L'accesso facilitato alla documentazione inerente alla fase progettuale ed esecutiva di un modello Digital Twin in un data cloud permette una gestione e un controllo più efficace sulle informazioni.

Fornendo un esempio, attraverso una interfaccia grafica è possibile controllare se la documentazione da parte delle imprese che dovranno andare a operare in cantiere è stata fornita, possiamo tenere traccia delle informazioni inerenti al singolo lavoratore, in merito ai requisiti formativi e alle scadenze. In questo modo è possibile ridurre il rischio di incorrere a sviste che conseguentemente possono recare inconvenienti in fase esecutiva.

#### **DEEP LEARNING**

Attraverso il deep learning, una branca dell'AI (Intelligenza Artificiale).

*"Nel deep learning, grandi reti neurali artificiali ricevono algoritmi e quantità crescenti di dati, potenziando costantemente la capacità di "pensare" e*



*apprendere". L'aggettivo "deep" (profondo) si riferisce ai molti livelli che la rete neurale accumula nel tempo, migliorando le prestazioni proporzionalmente alla profondità della rete. Anche se la maggior parte del deep learning attuale viene eseguito con supervisione umana, l'obiettivo è la creazione di reti neurali in grado di autoaddestrarsi e di "apprendere" in modo autonomo."*<sup>19</sup>

Possiamo pensare che in un futuro prossimo, raccogliendo le informazioni inerenti al cantiere e alle possibili interferenze che potrebbero venirsi a creare in cantiere, attraverso la raccolta di una enorme quantità di informazioni da dare in pasto a queste intelligenze artificiali, si potrà raggiungere un livello per il quale, autonomamente, attraverso l'intelligenza artificiale sarà possibile in base al caso specifico in esame avviare una simulazione e riuscire a trovare la migliore soluzione gestionale e sicura in pochi secondi, escludendo tutte le possibili varianti, e comunque riuscendo sempre in corso d'opera a elaborare le soluzioni ottimali nel minor tempo possibile.

Fornendo un esempio, se abbiamo un cantiere con molteplici imprese appaltatrici che si troveranno in alcune fasi di esecuzione contemporaneamente in cantiere, immaginando di avere un cronoprogramma avente una durata rilevante, la gestione e le previsioni delle attività dipenderanno in un caso normale senza AI dal singolo soggetto, abbiamo comunque una visione soggettiva che varia al variare delle esperienze pregresse del professionista, ma la soggettività si porta con sé un errore che è frutto dell'interpretazione dell'individuo. Attraverso il deep learning la "macchina" può assorbire le esperienze fornite da migliaia di casi studio e dalle soluzioni che i professionisti forniranno nel tempo, ma allo stesso tempo la "macchina" rimane oggettiva eliminando la quota di soggettività.

## **VR – VIRTUAL REALITY**

Attraverso la realtà virtuale riusciamo a virtualizzare il nostro cantiere, in questo contesto riusciamo a ottenere uno strumento migliore per apprendere delle informazioni che in altri modi non riusciamo a cogliere.

Attraverso un approccio che viene definito "learning by virtually doing" permettiamo ad esempio ai lavoratori di conoscere i rischi e saperli gestire preventivamente prima che essi si ritrovino realmente a svolgere

---

<sup>19</sup> <https://www.hpe.com/it/it/what-is/deep-learning.html>

determinate mansioni.

Nel capitolo successivo viene approfondita la tematica della realtà virtuale.



## CAPITOLO 9 – REALTA' VIRTUALE (VR)

Il termine realtà virtuale (Virtual reality – VR) indica un ambiente digitale tri-dimensionale, dove attraverso un dispositivo di output (visore) una persona può interagire. La persona diventa parte del mondo virtuale ed in esso può compiere una serie di azioni. All'interno di questo "mondo virtuale" e interattivo gli oggetti hanno una posizione indipendente dalla posizione della persona che lo osserva.

La realtà virtuale non è poi da confondere con il termine realtà aumentata (Augmented Reality – AR), quest'ultima è l'unione tra realtà virtuale e vita reale. La persona che la sperimenta può interagire con contenuti virtuali nel mondo reale attraverso diversi dispositivi (visore, smartphone, tablet e computer) e rimane in grado di distinguere tra reale e virtuale. I contenuti generati dal computer vengono sovrapposti alla realtà. Essi possono essere oggetti, filmati, sensazioni tattili ed olfattive, suoni.



*Figure 38 - Ragazzo con visore e controller (Foto di dlohner da Pixabay)*

I primi esperimenti di realtà virtuale possono essere datati alla metà degli anni Sessanta con i simulatori di volo realizzati al M.I.T. Tuttavia, è negli anni

Ottanta che si verifica il grande boom con la nascita nel 1982 della Silicon Graphics, azienda leader nel settore.

Uno dei primi progetti di applicazione della Virtual Reality al settore dell'assemblaggio e dell'ergonomia, venne realizzato nel 1981 ad opera dell'Aeronautica Militare degli Stati Uniti e riguardava la realizzazione di un simulacro di cabina di pilotaggio e di un casco virtuale, per visualizzare uno spazio grafico tridimensionale, nel quale i piloti avrebbero imparato a volare e a combattere. Il simulatore riscosse grande successo, ma gli elevati costi di produzione e gestione imposero lo sviluppo successivo, stavolta ad opera della NASA, di modelli più efficienti.

Non è un caso che questa tecnologia sia approdata e disponibile solo da poco all'utenza comune, l'avanzamento tecnologico che ha riguardato i display led e la capacità computazionale dell'hardware ha fatto sì che questa tecnologia sia ritornata in spolvero, consentendo la diffusione e l'applicazione di questa periferica in altri settori. Questa volta però il tempo sembra maturo, e per quanto riguarda la realtà virtuale si intravede sempre di più un ampio margine di utilizzo, e la ricerca, nei prossimi anni andrà a definire nuove soluzioni e proposte.

## **9.1 COME FUNZIONA**

Per ottenere quello che viene definito un ambiente virtuale, c'è bisogno della combinazione di software e dispositivi hardware, insieme, permettono di ottenere uno spazio virtuale, all'interno del quale un utente può muoversi e interagire con gli oggetti.

Per quanto riguarda i principali componenti hardware, li possiamo dividere in:

- Elaboratore (Computer o Processore integrato all'interno del visore)
- Visore
- Controller

L'elaboratore definisce quella che è la potenza di calcolo con la quale verranno simulati gli ambienti e le interazioni virtuali; andando a influire sulla qualità dell'esperienza virtuale.

Il visore (figura 43) è quel componente che permette di visualizzare attraverso due lenti, che non sono altro che dei display, la scena che il nostro computer elabora, offrendo una visione stereoscopica all'utente che permette di percepire il senso di profondità che caratterizza la tridimensionalità dell'ambiente virtuale.



*Figure 39 – Visore e relativi controller (Photo by Vinicius "amnx" Amano on Unsplash)*

Ci sono dei componenti hardware contenuti all'interno del visore che permettono di rendere l'esperienza il più reale possibile.

Tramite l'head tracking, il tracciamento del capo, viene rilevata la direzione dei movimenti della testa dell'utente che indossa il visore VR determinando la scena che verrà visualizzata sui due display.

All'inizio l'head tracking era una tecnologia basata solo sull'orientamento, rilevando semplicemente la direzione delle rotazioni del capo dell'utente (ad esempio da sinistra verso destra o dall'altro verso il basso); successivamente grazie all'implemento di videocamere a infrarossi, le quali leggono i dati provenienti da alcuni sensori come il giroscopio, hanno permesso di avere un head tracking basato sulla posizione, in questo caso i movimenti della testa vengono associati anche agli spostamenti effettuati dal corpo, rilevando anche movimenti quali l'oscillazione del busto in avanti o all'indietro.

I controller o guanti rendono l'esperienza reale e immersiva perché permettono di interagire con l'ambiente virtuale. Sono strumenti di input per seguire movimenti, impartire comandi, digitare su tastiere virtuale e altro ancora.

Ci sono anche gli auricolari, che trasferiscono i suoni all'utente, e esistono anche delle tute VR e dei tapis roulant omni direzionali, questi ultimi

permettono di muoversi nella realtà virtuale rimanendo in un punto fisso nella realtà.

## 9.2 CAMPO DI UTILIZZO

In questo capitolo vengono fornite delle informazioni sulle possibilità offerte dalla tecnologia della realtà virtuale per lo sviluppo e l'uso di esperienze di apprendimento.

Il mondo virtuale è un mondo fittizio con il quale gli esseri umani sono in grado di interagire creando nuove forme di comunicazione. La realtà virtuale viene anche descritta come una realtà immersiva, in grado di coinvolgere direttamente i sensi del soggetto che interagisce, e quest'ultimo, isolato da stimoli dell'ambiente reale, fa leva sulle proprie risorse cognitive.

Per questo motivo negli ultimi anni questa tecnologia sta prendendo sempre più piede in ambito educativo. Fornendo un nuovo strumento a disposizione degli educatori ai fini di un apprendimento che si può definire "incentivato". Questo perché le esperienze di apprendimento dovrebbero essere attive, significative, integrative e diversificate.

*"Si definiscono esperienze di apprendimento attivo quelle in cui lo studente ha il ruolo principale nel processo di apprendimento, che forniscono conoscenze e abilità atte a favorire il passaggio dal mondo della scuola a quello del lavoro. Pertanto, insegnamento e apprendimento sono più che semplici processi di acquisizione di contenuti".<sup>20</sup>*

Le esperienze di apprendimento per essere efficaci devono essere in grado di motivare i soggetti nell'affrontare le sfide che si incontreranno anche nella realtà di tutti i giorni, creando anche una forma di apprendimento inconscia attraverso l'imprinting<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> TEACHER'S GUIDE ON VIRTUAL REALITY IN SCHOOL EDUCATION

[https://www.vr-school.eu/uploads/io2/IT/Modulo%203\\_Realt%C3%96%20virtuale.pdf](https://www.vr-school.eu/uploads/io2/IT/Modulo%203_Realt%C3%96%20virtuale.pdf)

<sup>21</sup> Poiché l'adattamento sociale di una persona è strettamente connesso con il successo di sopravvivenza come quello fisiologico, a una persona è consentito avere impronte comportamentali senza una chiara limitazione delle condizioni di età.

L'imprinting nell'uomo ha una natura più complessa. Ciò può essere dovuto alle crisi dell'età classica, ai cambiamenti nell'ambiente sociale e allo status dovuti alla

Le esperienze di apprendimento inoltre devono essere in grado di motivare il soggetto nell'affrontare le sfide e i problemi che incontra, e la diversità dei modi in cui si può imparare e interagire favorisce la libertà dell'interazione e quindi il livello di indipendenza durante l'apprendimento.

La realtà virtuale è in grado di fornire e supportare questa diversità e permette la fruizione di diverse esperienze di apprendimento in uno spettro di complessità crescente.



*Figure 40 - Photo by Billetto Editorial on Unsplash*

I benefici dell'utilizzo di applicazioni di realtà virtuale nell'e-learning sono molteplici:

---

ricollocazione, all'ammissione alle istituzioni educative, all'inizio e al cambiamento del lavoro. Più giovane è il corpo e più nuova è la situazione, maggiore è la possibilità di imprinting psicologico. Più stressante è lo stato, migliore è l'apprendimento subcorticale ed è praticamente impossibile analizzarli e modificarli in modo indipendente.

L'imprinting nell'uomo è un modo per acquisire esperienza che occupa una posizione intermedia tra i riflessi incondizionati, come esempio di riflessi completamente inconsci e apprendimento basato sulla memorizzazione cosciente.

[http://it.housepsych.com/imprinting\\_default.htm](http://it.housepsych.com/imprinting_default.htm)



- l'esperienza dell'utente è sempre attiva e il coinvolgimento è immediato
- le esperienze immersive facilitano la concentrazione e alzano il livello di attenzione
- l'esplorazione fisica di spazi e tempi simulati facilita l'apprendimento, la conoscenza e la memorizzazione
- la pratica sperimentale aiuta a comprendere tematiche, concetti e teorie complesse
- **l'apprendimento avviene in spazi controllati, sicuri e protetti**
- gli scenari virtuali possono essere molto realistici e possono essere sperimentati e vissuti da remoto
- l'esperienza della realtà virtuale è innovativa e in genere viene percepita come piacevole (gamification)
- rende possibili cose che nella realtà non lo sarebbero, permettendo processi di apprendimento durante il fare (learning by-doing) e sperimentando in prima persona cosa significhi essere qualcosa o qualcuno.

Questi vantaggi sono anche confermati da dati reali, i ricercatori hanno scoperto che le persone ricordano meglio quello che viene presentato in un mondo virtuale, fino ad un miglioramento del 9% nel richiamare alla memoria quanto appreso attraverso i visori VR<sup>22</sup>.

La realtà virtuale, quindi, aiuta l'innovazione nella formazione, facendo aumentare l'efficacia rispetto alla maggior parte delle esperienze formative, grazie all'impatto emotivo e all'immersione completa della persona nell'ambiente di addestramento. Ormai esistono tante applicazioni per la realtà virtuale facili da usare, e consentono a chi le usa per scopi educativi di attirare pienamente l'attenzione e di essere di grande effetto.

Il range di settori nel quale viene utilizzata questa nuova tecnologia è sempre più ampio, si va dalla didattica delle scuole elementari fino al perfezionamento medico degli specializzandi in ospedale.

Con l'avvento dell'industria 4.0 la VR è diventato una tecnologia potenziale per vari settori, elencando i più importanti abbiamo il settore medico-chirurgico, automotive, costruzioni, videoludico, culturale (mostre, esposizioni e musei) e etc.

---

<sup>22</sup> <https://www.pmf-research.eu/la-realta-virtuale-nellapprendimento/>

In questa pagina vengono mostrate delle immagini che chiariscono meglio il ruolo della VR nei più svariati settori.



Figure 42 - Photo by Stem T4L on Unsplash



Figure 41 - Photo by Laurens Derks on Unsplash



Figure 44 - Photo by Bermix Studio on Unsplash



Figure 43 - Photo by XR Expo on Unsplash



Figure 46 - Photo by XR Expo on Unsplash



Figure 45 - Photo by Jimi Malmber on Unsplash

### **9.3 VR E DIGITAL-TWIN**

La VR come abbiamo visto è uno strumento in grado di creare degli ambienti virtuali e immersivi, e nel quale un soggetto può essere in grado di interagire con l'ambiente virtuale. Quindi nella VR possiamo sia esplorare dei modelli che interagire con loro, il Digital Twin introdotto in un ambiente virtuale permette di fornire al soggetto l'esperienza o delle sensazioni che un modello 3D visibile su un qualsiasi display non può fornire.

Questo step è molto importante, possiamo vedere la VR come un ponte, per anni abbiamo conquistato attraverso il calcolatore la possibilità di creare realtà virtuali fruibili solo attraverso un display, la VR invece fornisce, anche se solo apparentemente, la possibilità di entrare a far parte di questo mondo virtuale, e come sappiamo al giorno d'oggi con il progressivo aumento della potenza dei calcolatori le possibilità di gestire e interagire con il mondo virtuale aumentano di anno in anno.

La VR tecnicamente costituisce l'hardware di output con il quale possiamo visualizzare il nostro modello, ma contemporaneamente possiamo interagire e gestire il modello, questa combinazione attiva l'uso dei sensi fornendo una esperienza ben precisa.

In un settore ingegneristico e nel nostro caso delle costruzioni, è chiaro come una esperienza e un'interazione con modelli basata sulle proporzioni e dimensioni sia un punto di svolta.

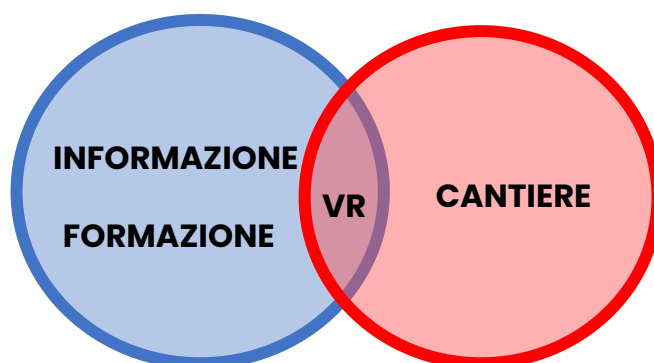
### **9.4 LA REALTA' VIRTUALE COME STRUMENTO DI INFORMAZIONE E FORMAZIONE**

Come descritto nel capitolo precedente, il processo educativo può anche avvenire attraverso la VR, con alcuni vantaggi. Nel nostro caso ci si vuole soffermare in particolar modo sul fatto che l'apprendimento avviene in spazi controllati, sicuri e protetti.

Un cantiere civile o edile nella realtà è una fonte di pericoli, macchinari, attrezzature, prodotti, lavorazioni e interferenze sono intrinsecamente pericolosi. Attraverso la documentazione di cantiere PSC<sup>23</sup> e POS<sup>24</sup> le figure professionali competenti cercano di ridurre al minimo i danni che persone e beni possono subire.

Un cantiere nella realtà virtuale diventa accessibile a chiunque, questo perché non necessita di una reale supervisione, e quindi diventa logisticamente semplice da gestire, anche in virtù del fatto che nella VR il rischio di interferenze che il soggetto avrebbe con il contesto sarebbe praticamente nullo.

Se dovessimo immaginare l'effettivo collocamento di un mezzo come la realtà virtuale, potremmo collocarla immaginandola a ponte tra l'informazione, formazione e l'esperienza effettiva nell'ambiente di cantiere.



## **9.5 CANTIERE E REALTA' VIRTUALE**

Rispetto ad un tradizionale luogo di lavoro, sul cantiere le condizioni di rischio di sicurezza sul lavoro sono costantemente aggravate da alcuni fattori che normalmente non si manifestano in altri luoghi di lavoro.

---

<sup>23</sup> PSC – Piano Sicurezza e Coordinamento

<sup>24</sup> POS – Piano Sicurezza Operativo

Al di là degli aspetti del rischio più strettamente connessi con il tipo di lavorazioni propria di un cantiere edile, in generale più pericolose di quelle che normalmente possono ritrovarsi in una fabbrica, ad esempio: lavori in quota, attività in ambiente confinato, uso di materiali tossici e nocivi, stretta vicinanza con macchine operatrici, ecc. ecc.; ciò che maggiormente determina la rilevanza del rischio tipico di un cantiere è la mutevole e solitamente disagiata conformazione degli spazi lavorativi.

#### OGNI CANTIERE EDILE È UN CANTIERE A SE' STANTE

Tranne che in casi rari, i cantieri edili differiscono sempre tra di loro, la diversa localizzazione è già in primo luogo un fattore che determina questa variabilità al quale poi si sommano le restanti.

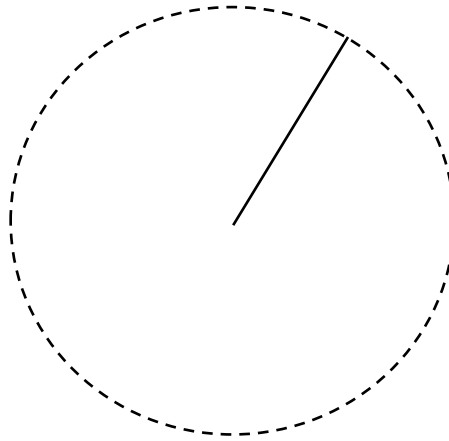
Proprio per questo la progettazione riveste un ruolo fondamentale nell'organizzazione di cantiere. Un buon progetto deve tenere conto dei pericoli e delle interferenze che ci sono nella pratica, ma al tempo stesso deve essere il più semplice possibile, la complessità nel maggiore dei casi è nemica dell'organizzazione.

Il progetto è di rilevante importanza, definisce graficamente la planimetria di cantiere, e permette di definire le diverse fasi lavorative e organizzative con il quale il cantiere deve essere allestito e successivamente gestito.

La realtà virtuale è in grado di comunicare con un grado maggiore di accuratezza, fornendo la possibilità di una comunicazione il più oggettiva possibile, tra i soggetti che si interfacciano, riducendo il rischio di incomprensioni dovuti ad errori di interpretazione personale.

Viene fornito un breve esempio grafico, che permettere di comprendere rapidamente le differenze tra le rappresentazioni 2D, 3D e in ambiente virtuale.

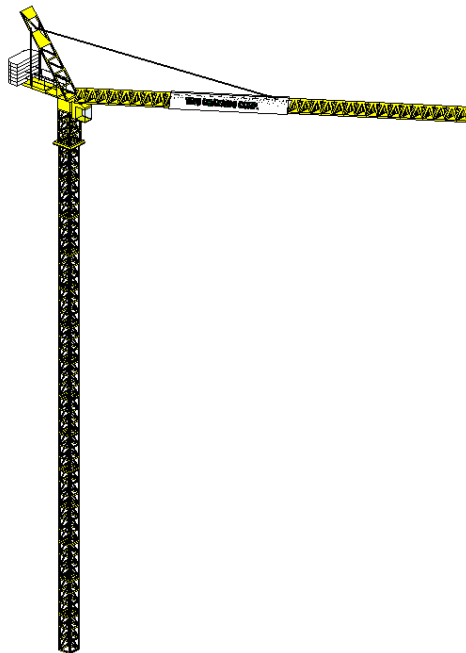
Una rappresentazione 2D è una rappresentazione semplice con il quale si riesce a comunicare molto rapidamente, ma al tempo stesso, rimane una simbologia soggetta a interpretazione, la figura 39 fornisce un esempio.



*Figure 47 – Rappresentazione 2D di una Gru*

Chiedendo di descrivere a delle persone differenti questa immagine, sicuramente si avranno delle risposte che saranno leggermente simili ma comunque differenti per alcuni versi.

Passando a una rappresentazione 3D sicuramente sarà poco probabile questo problema, in quanto meno soggetta all'interpretazione personale e quindi soggettiva. Riportando l'esempio di sopra in una rappresentazione 3D otteniamo:



*Figure 48 – Rappresentazione 3D di una Gru*

Sicuramente una raffigurazione del genere lascia pochi dubbi all'interpretazione personale.

Un ulteriore passo avanti, può essere raggiunto con l'utilizzo della realtà virtuale. Attraverso la visuale fornita dal visore l'interpretazione soggettiva si riduce molto. Se pensiamo di mettere degli oggetti in prossimità e di fornire loro dei parametri geometrici, attraverso una visione immersiva si riduce di molto il rischio di interpretazione e le interferenze tra gli oggetti possono essere palesemente visibili, presentano una maggiore intuitività nel dedurre problematiche che solo nella realtà potremmo percepire.



*Figure 49 – Rappresentazione 3D di una Gru in un contesto di realtà virtuale.*

Ecco spiegato il motivo per il quale ormai la VR, sta prendendo piede nelle fasi organizzative di cantiere, dove la collocazione di strutture, macchinari e attrezzature sono sempre variabili, e dove le interferenze tra i vari componenti si estendono sia in pianta e in altezza.

La VR, quindi, è uno strumento di informazione attraverso il quale poter illustrare il cantiere, l'organizzazione degli spazi, e i possibili pericoli, fornendo le informazioni utili a evitare i pericoli che nella realtà la scarsa conoscenza dell'ambiente comporterebbe.

Utilizzando un esempio inerente al caso studio trattato in questa tesi, l'utilizzo della realtà virtuale può essere utilizzato per illustrare il cantiere nella fase di scavi, consentendo di percepire la profondità verticale data dallo scavo. Grazie alla realtà virtuale, infatti, siamo in grado di percepire gli spazi, fornendo tutte quelle percezioni date dallo spazio, chiusura, ampiezza, profondità e altezza.

Possiamo quindi eseguire un tour in un cantiere virtuale dove abbiamo una profondità di scavo di 7 metri rimanendo lontani dai rischi dovuti alle quote di scavo dello scavo.





## CAPITOLO 10 – CONCLUSIONE

Anche se nel settore edile, in merito all'utilizzo di infrastrutture IoT e BIM siamo solo in una fase iniziale, nel quale continua la ricerca la raccolta di dati e la sperimentazione di nuove metodologie progettuali e gestionali.

Con l'aumentare degli anni il salto prestazionale dei calcolatori subisce un aumento costante, come enunciato nella Legge di Moore<sup>25</sup>, questo fornisce la spinta necessaria alla integrazione di piattaforme per la progettazione e la creazione di nuovi approcci progettuali. Potranno essere definiti nuovi standard per la rappresentazione dei progetti e se ne creeranno di nuovi, in questo divenire la realtà virtuale sicuramente ha e avrà uno spazio rilevante, al giorno d'oggi ancora limitata, ma solo a causa della necessità di un salto generazionale che porti un ulteriore miglioramento in termini di portabilità dei componenti hardware.

L'utilizzo della VR nel processo educativo, e la ricerca di nuove metodologie, non può esimersi dal prendere in considerazione l'evoluzione digitale dei processi di apprendimento, fatto non solo di contenuti, ma anche di interazioni sociali, comunicazione e cooperazione. Rinnovare ogni giorno la curiosità nei confronti di queste tecnologie è sicuramente il modo migliore per non escludere nuove possibilità di miglioramento nel modello di apprendimento.

Infine, l'utilizzo del Digital Twin in ambito progettuale, esecutivo e di esercizio, rappresenta per i futuri professionisti, l'aiuto necessario per uno svolgimento chiaro ed efficace delle attività e delle interazioni tra i vari soggetti, contribuendo anche nel limitare e ridurre i rischi e i pericoli nei luoghi di lavoro, e andando a tutelare e proteggere persone e beni.

---

<sup>25</sup> **Legge di Moore** - «La complessità di un microcircuito, misurata ad esempio tramite il numero di transistor per chip, raddoppia ogni 18 mesi (e quadruplica quindi ogni 3 anni).»



## **BIBLIOGRAFICA**

- Il BIM, Eastman, Teicholz, Sacks, Liston HOEPLI
- Psicologia della realtà virtuale, Federica Pallavicini MONDADORI
- Realtà virtuale e realtà aumentata per il business, Amir Baldissera HOEPLI

## SITOGRAFIA

### BIM e DIGITAL TWIN

- <https://www.techedgegroup.com/it/blog/digital-twin-un-pilastro-della-trasformazione-digitale>
- <https://www.01building.it/bim/rapporto-bim-digital-twin/>
- <https://www.bentley.com/it/perspectives-and-viewpoints/topics/perspectives/2019/advancing-bim-digital-twins>
- <https://www.digital4.biz/executive/digital-twin-cose-e-come-funziona-il-modello-del-gemello-digitale/>
- [https://www.ingenio-web.it/32396-cantieri-modellazione-bim-e-realta-virtuale-per-la-sicurezza-e-la-formazione?utm\\_term=46064+-+ACCA+-+Cantieri%3A+modellazione+BIM+e+realt%C3%A0+virtuale+per+la+sicurezza+e+la+formazione&utm\\_campaign=La+Gazzetta+di+INGENIO&utm\\_medium=email&utm\\_source=MagNews&utm\\_content=4708+-+2589+%282021-11-04%29](https://www.ingenio-web.it/32396-cantieri-modellazione-bim-e-realta-virtuale-per-la-sicurezza-e-la-formazione?utm_term=46064+-+ACCA+-+Cantieri%3A+modellazione+BIM+e+realt%C3%A0+virtuale+per+la+sicurezza+e+la+formazione&utm_campaign=La+Gazzetta+di+INGENIO&utm_medium=email&utm_source=MagNews&utm_content=4708+-+2589+%282021-11-04%29)
- <https://www.ingenio-web.it/32396-cantieri-modell>

### COVID-19

- <http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioFaqNuovoCoronavirus.jsp?id=228&lingua=italiano#2>
- <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/03/02/21A01331/sg>
- <http://www.regioni.it/newsletter/n-3873/del-02-07-2020/emergenza-covid-19-sicurezza-e-salute-nei-cantieri-le-linee-guida-21405/>
- <http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2020/20/suppo3/00000017.htm>

### VR

- <https://www.pmf-research.eu/la-realta-virtuale-nellapprendimento/>
- [https://www.vrschool.eu/uploads/io2/IT/Modulo%203\\_Realt%C3%96%20virtuale.pdf](https://www.vrschool.eu/uploads/io2/IT/Modulo%203_Realt%C3%96%20virtuale.pdf)

## ALTRO

- <https://www.hpe.com/it/it/what-is/deep-learning.html>
- [https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-01/relazione\\_generale.pdf](https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-01/relazione_generale.pdf)
- <https://www.pmf-research.eu/la-realta-virtuale-nellapprendimento/>
- <https://www.regione.emilia-romagna.it/sicurezza-nei-luoghi-di-lavoro/documentazione/linee-guida/2020/linee-di-indirizzo-sicurezza-e-salute-nei-cantieri-di-opere-pubbliche-in-emergenza-covid-19-2013-prime-indicazioni-operative/cantieri-opere-pubbliche-covid19.pdf>
- <https://www.condominioweb.com/calcolo-approssimativo-degli-uomini-giorno.16198>
- <https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/conoscere-il-rischio/attrezzature-di-lavoro/informazione-formazione-e-addestramento.html>
- <https://www.testo-unico-sicurezza.com/emergenza-covid-19-sicurezza-e-salute-nei-cantieri-le-linee-guida.html>
- <https://www.greenlogic.it/a-chi-spetta-la-formazione-sulla-sicurezza-sul-lavoro/>
- <https://www.sicurezzambientedottsergiobecciu.it/informazione-formazione/>
- [http://it.housepsych.com/imprinting\\_default.htm](http://it.housepsych.com/imprinting_default.htm)
- [https://digilander.libero.it/ergonomia/virtuale/realta\\_virtuale.htm](https://digilander.libero.it/ergonomia/virtuale/realta_virtuale.htm)
- <https://www.ingenio-web.it/32396-cantieri-modellazione-bim-e-realta-virtuale-per-la-sicurezza-e-la-formazione>
- <https://bim.acca.it/bim-e-sicurezza-in-cantiere/>
- <https://azure.microsoft.com/it-it/overview/what-is-cloud-computing/>
- <https://www.icdepiisferrara.edu.it/wp-content/uploads/2018/12/Documento-valutazione-rischi.pdf>

## **NORMATIVA**

- D.P.C.M. 2 marzo 2021  
ALLEGATO 13 – Protocollo di regolamentazione per il contenimento della diffusione del COVID-19 nei cantieri
  
- Conferenza delle regioni e delle provincie autonome  
Linee di indirizzo sicurezza e salute nei cantieri di opere pubbliche in emergenza COVID-19 – Prime indicazioni operative
  
- REGIONE PIEMONTE – Deliberazione della Giunta Regionale 8 maggio 2020  
Riavvio dei cantieri nell'ambito degli appalti pubblici di lavori.  
Approvazioni linee di indirizzo per l'attuazione delle misure di sicurezza anti-Covid-19.