



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea in Ingegneria Edile

**PROCESSI DI ORGANIZZAZIONE AUTOMATICA
DI INFORMAZIONI DA MODELLI BIM PER
IL SUPPORTO DELLE ISPEZIONI DI QUALITÀ
NEI CANTIERI DI COSTRUZIONE**

**PROCESSES FOR AUTOMATIC ARRANGEMENT
OF INFORMATION FROM BIM MODELS TO SUPPORT
JOB SITE INSPECTIONS IN CONSTRUCTION WORKS**

Relatore:
Prof. Ing. Alessandro Carbonari

Tesi di Laurea di:
Lorenzo Federici
Matr. n. 1077752

Anno Accademico 2019-2020

Indice

Abstract	3
Introduzione	4
CAPITOLO 1: Definizioni	6
1.1 Definizione della qualità	6
1.1.1 Definizione della qualità nel processo di costruzione	6
1.1.2 Gestione della qualità totale	7
1.2 Il piano qualità.....	8
1.3 Controlli ed ispezioni eseguiti in cantiere	11
CAPITOLO 2: Aree di controllo in fase di progettazione	13
2.1 Analisi del caso di studio.....	13
2.2 Caratteristiche del terreno	15
2.2.1 Prove dirette	15
2.2.2 Profilo stratigrafico.....	16
2.2.3 Prove penetrometriche.....	16
2.3 Ispezione degli scavi	17
2.3.1 Le figure professionali coinvolte.....	17
2.3.2 Ispezioni da eseguire sui dispositivi	17
2.4 Materiali e prodotti da costruzione.....	19
2.5 Controlli di qualità sul calcestruzzo	20
2.5.1 I componenti del calcestruzzo	20
2.5.2 Slump test	20
2.5.3 I controlli di qualità del calcestruzzo.....	21
2.5.4 Controlli preliminari della messa in opera	24
2.6 Acciaio per armature	25
2.6.1 Controlli di produzione in stabilimento.....	25
2.6.2 Centri di trasformazione	28
2.6.3 Controlli di accettazione in cantiere	31
2.7 Controllo infissi.....	32
2.7.1 Certificazione degli infissi.....	32
2.7.2 Piano di permeabilità agli agenti atmosferici	33
2.7.3 Piano di tenuta agli agenti atmosferici: la tenuta all'acqua	36
2.8 Strato di impermeabilizzazione della copertura	37
2.8.1 Classificazione delle membrane	37
2.8.2 Come scegliere la corretta tipologia di impermeabilizzazione.....	39
2.8.3 Raccomandazioni da seguire prima della messa in opera	40

2.8.4 Raccomandazioni da seguire durante la messa in opera.....	41
CAPITOLO 3: Processi posti in atto nella fase dei controlli di qualità.....	44
3.1 Il ruolo del Responsabile dei Lavori	44
3.1.1 Quando nominare il Responsabile dei Lavori	44
3.1.2 Nomina del Responsabile dei Lavori	44
3.1.3 Obblighi e responsabilità del responsabile dei lavori	45
3.2 Processi per la realizzazione dell'opera	47
3.2.1 Scelta delle attrezzature	47
3.2.2 Organizzazione della viabilità	47
3.2.3 Arrivo del materiale in cantiere	48
3.2.4 Organizzazione delle squadre di cantiere	50
3.3 Elenco dei controlli redatti dall'ufficio qualità	51
3.3.1 Prima della messa in opera	51
3.3.2 Controllo qualità dei materiali.....	51
3.3.3 Durante la messa in opera	52
3.3.4 Prova di adesione.....	53
3.3.5 Prova di resistenza allo scollamento.....	53
3.3.6 Elenco dei controlli dopo la messa in opera	54
3.3.7 Controllo della saldatura	55
3.4 Il giornale dei lavori	55
3.5 Informazioni reperibili dal modello del progetto BIM.....	56
3.5.1 Informazioni reperite per eseguire i controlli prima della messa in opera dello strato di impermeabilizzazione.....	57
3.5.2 Informazioni reperite per eseguire i controlli durante la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione.....	58
3.5.3 Informazioni reperite per eseguire i controlli dopo la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione.....	61
CAPITOLO 4: Dynamo per Revit	63
4.1 Cosa è Dynamo?.....	63
4.2 Estrazione dati	63
4.3 Architettura di rete client – server	66
Conclusioni.....	68
Bibliografia	69
Sitografia.....	69
Ringraziamenti	71

Abstract

Il presente lavoro di ricerca si basa sullo studio e sull'analisi dei processi organizzativi e delle informazioni che si possono ricavare dal modello BIM per il supporto delle ispezioni e controlli di qualità, i quali devono essere svolti dagli ingegneri nelle diverse aree di controllo in fase di progettazione della realizzazione di un'opera.

L'analisi di questa tesi si basa sul progetto eseguito durante il corso di Cantieri Edili e che ha per oggetto un garage. Come prima cosa ho analizzato i diversi controlli da eseguire per ogni area in fase di progettazione, poi, ho scelto un'area su cui approfondire l'argomento principale della tesi. La scelta è ricaduta sullo strato di impermeabilizzazione della copertura, in quanto risulta essere uno degli elementi principali della progettazione di un'opera e, siccome spesso viene però sottovalutato, ho deciso di trattarlo con accuratezza.

Introduzione

L'argomento della presente tesi deriva dalla mia frequenza al corso di Cantieri Edili tenuto dal Professore Carbonari Alessandro, il quale lo ha reso molto interessante e mi ha spinto ad una maggiore curiosità nell'approfondire alcuni degli argomenti esposti.

Uno dei concetti che mi ha interessato in particolar modo, infatti, è quello che riguarda i processi edilizi realizzati per la costruzione di un'opera e, quindi, tutto ciò che riguarda l'organizzazione e pianificazione della progettazione per raggiungere l'obiettivo finale, che è quello della realizzazione dell'opera in relazione ai requisiti richiesti dal committente.

Detto questo, il tema principale dell'elaborato è l'utilizzo dei processi organizzativi contenenti le informazioni reperibili dal modello del progetto BIM per supportare i controlli eseguiti dall'ufficio qualità. Tutti i processi applicati e le informazioni recuperate sono utili per permettere agli ingegneri di giungere in cantiere, con la cognizione di saper già che cosa hanno davanti e saper già che controlli effettuare e quanto tempo impiegare.

I controlli sono una parte molto importante nella vita di cantiere, in quanto determinano se ciò che viene stabilito in fase progettuale coincide con ciò che avviene nella fase esecutiva dell'opera. Ma non solo, essi permettono di decretare se materiali e realizzazioni sono conformi con ciò che viene stipulato dalla normativa vigente.

L'obiettivo del mio lavoro di ricerca è quello di recuperare il maggior numero di informazioni utili sia dal punto di vista informatico sia da quello lavorativo, in modo che siano di aiuto al pool di ingegneri dell'ufficio qualità nell'effettuare in sito i controlli di qualità nelle diverse aree di progettazione. Questo modo di lavorare e di organizzarsi favorisce un'ottima coordinazione e collaborazione tra le diverse squadre di cantiere e una forte riduzione dei tempi per la realizzazione dell'opera.

Nel primo capitolo sono stati definiti i concetti chiave della mia tesi, quindi, cosa si intende per qualità e per esecuzione dei controlli. All'interno del capitolo viene descritto quali sono i requisiti da rispettare per eseguire un lavoro di qualità grazie ai punti elencati da W. Edwards Deming e cosa significa creare un piano di qualità. Infine, vengono spiegati i compiti dell'ingegnere dell'ufficio qualità su un progetto.

Nel secondo capitolo sono state definite le diverse aree di controllo in fase di progettazione del progetto eseguito durante il corso di Cantieri Edili. Dopo aver introdotto brevemente il metodo utilizzato per lo svolgimento del progetto, per ogni area sono stati spiegati i controlli da eseguire per effettuare un lavoro di qualità.

Tra le varie aree di controllo elencate, ho deciso di scegliere lo strato di impermeabilizzazione della copertura su cui sviluppare e approfondire il mio lavoro di tesi. Nel terzo capitolo, infatti, quello più importante, sono stati descritti i processi per la realizzazione dell'opera e le informazioni recuperate dal modello del progetto BIM per supportare i controlli che l'ufficio qualità deve eseguire. Infine, viene definito il documento di cantiere dove vengono elencati i controlli svolti in cantiere.

Nell'ultimo capitolo, dopo una breve introduzione di Dynamo è stato eseguito uno script tramite tale programma, il cui obiettivo è quello di estrarre dei dati dal modello del progetto BIM del caso di studio e inserirli automaticamente in un file Microsoft Excel.

È stata, infine, proposta un'architettura di rete in cui i dati estratti con Dynamo possono essere messi a disposizione per una squadra di controllo qualità su un qualsiasi dispositivo elettronico.

Si può dire, quindi, che utilizzando questo tipo di approccio alla progettazione si favorisce un ottimo lavoro di squadra sia dal punto di vista coordinativo sia da quello collaborativo tra i diversi team di cantiere, i quali lavorano per eseguire una data opera.

CAPITOLO 1: Definizioni

1.1 Definizione della qualità

1.1.1 Definizione della qualità nel processo di costruzione

Il settore delle costruzioni definisce il concetto di qualità come una conformità a degli standard specifici, ma nell'attuale terminologia viene spiegato come una richiesta del cliente che deve essere soddisfatta dall'appaltatore, dal momento che appagare il cliente è uno degli obiettivi del progetto.

Anche se, a volte l'appaltatore perde questa prospettiva poiché si concentra sull'adempimento di tali standard, se seguirà i successivi aspetti, svilupperà ugualmente un lavoro di qualità:

1. garanzia della qualità, che si riferisce ad un piano eseguito dall'appaltatore per fornire un lavoro di qualità in ogni fase del progetto;
2. controlli di qualità, i quali si riferiscono ad ispezioni, test o riparazioni necessarie.

La qualità di un elemento non è legata al costo: se un articolo ha un prezzo relativamente basso ma viene installato correttamente e funziona come previsto, esso viene considerato un prodotto di qualità. Tuttavia, i lavori di qualità non devono essere rielaborati o riparati, perché l'intento dell'installatore è quello di fornire un lavoro che possa essere riprodotto, in modo da ristallarlo successivamente in un altro dispositivo.

Per ottenere un prodotto di qualità, quindi, occorre un'armonia e coesione di tre elementi principali del progetto di una costruzione: i costi, il tempo e la qualità. Essi sono collegati l'uno con l'altro, infatti, mantenendo bassi i costi, la qualità sarà influenzata, mentre, se il tempo è considerevole sia i costi che la qualità ne risentiranno. Alcuni appaltatori sostengono che due dei tre parametri si ottimizzeranno ma il terzo ne soffrirà: ad esempio, se il progetto deve essere terminato in un intervallo di tempo limitato e la qualità viene mantenuta, il costo del progetto subirà un aumento.

Il pensiero attuale, comunque, afferma che tutti gli obiettivi possono essere raggiunti, poiché la qualità può essere ottenuta attraverso l'efficienza, ma se il lavoro viene riprodotto correttamente anche i costi ed i tempi saranno ottimizzati.

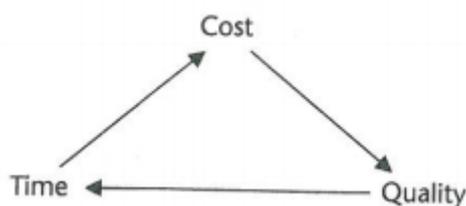


Figura 1: Relazione tra costo, qualità e tempo nel processo di costruzione.

1.1.2 Gestione della qualità totale

Per gestione della qualità totale si intende un programma che genera qualità al processo di costruzione e ha come obiettivo quello di creare delle opportunità nel miglioramento nei metodi di costruzione, nei processi e nella consegna del prodotto al cliente e, infine, di fornire un processo per lo sviluppo continuo di queste opportunità nel progetto di costruzione.

Le decisioni su come sviluppare quest'ultimo processo vengono prese da un leader, oppure, il contraente può realizzare un programma di gestione della qualità totale che permette il coinvolgimento dei dipendenti per migliorare il prodotto. Tuttavia, per avere una maggior efficienza lavorativa, il datore di lavoro dovrebbe formare i propri dipendenti per quanto riguarda l'installazione dei sistemi e dei materiali. A questo proposito, i sindacati offrono ai dipendenti programmi di apprendistato dove possono acquisire le competenze necessarie e saranno informati sugli aggiornamenti, sui cambiamenti dei prodotti e sulle tecniche di installazione.

Il concetto di gestione della qualità totale deriva da Dr. W. Edwards Deming, il quale sostiene che la formula per il successo di un'azienda si basa sul rapporto tra qualità migliorata e produttività incrementata.

Lo studioso elenca i punti essenziali che un'azienda deve integrare nel proprio sistema per avere successo nella gestione della qualità totale:

- grande coerenza di finalità per migliorare prodotti e servizi;
- adottare la nuova filosofia, cioè smettere di tollerare la scarsa qualità;
- smettere di dipendere dall'ispezione per raggiungere la qualità;
- porre fine alla pratica di assegnazione degli affari solo sulla base del prezzo (cercare relazioni con fornitori a più lungo termine e ridurre il numero);
- elaborare e attuare costantemente miglioramenti per ogni processo nei sistemi di pianificazione della produzione e dell'assistenza;
- istituire tramite una formazione moderna (per tutti);
- istituire con metodi moderni di supervisione (la responsabilità dei capisquadra deve essere cambiata da semplici numeri alla "qualità");
- eliminare la paura (incoraggiare i dipendenti a parlare);
- abbattere le barriere tra i dipartimenti;
- eliminare slogan, esortazioni e obiettivi per la forza lavoro;
- rimuovere gli ostacoli nella lavorazione (scarsa supervisione dei materiali scadenti e dell'attrezzatura inadeguata, mancanza di formazione e così via);
- istituire un programma vigoroso di educazione e auto-miglioramento per tutti;
- richiedere l'impegno di tutti i dipendenti per realizzare la trasformazione e creare una struttura di alta direzione che sottolineerà l'uso dei punti di cui sopra.

Alcuni dei punti essenziali di Deming non riguardano i metodi utilizzati dall'industria delle costruzioni nelle sue attività, ma la maggior parte di essi possono essere applicati in un contesto di strategia della quantità globale, che inizia con la gestione dell'organizzazione impegnata in un processo di alta qualità di attitudini lavorative e pratiche commerciali.

Nonostante i punti elencati da Deming, i vantaggi della gestione della qualità totale possono essere difficili da vedere a breve termine, benché i proprietari delle costruzioni riconoscano la qualità del prodotto e selezionino quelle imprese di costruzioni che mettono al primo posto la qualità di progetto e la soddisfazione dei clienti. Per realizzare, quindi, il processo di gestione della qualità totale o di miglioramento continuo occorre seguire sei passaggi:

1. fornire suggerimenti per le aree di miglioramento;
2. scomporle in parti e fornire gli strumenti di misurazione;
3. creare soluzioni ai suggerimenti;
4. attivare e osservare la soluzione al lavoro;
5. riconoscere le persone e premiarne l'ingegnosità;
6. incorporare le soluzioni su larga scala.

1.2 Il piano qualità

Per raggiungere un programma di gestione della qualità di successo, il leader deve impegnare l'intera organizzazione a concentrarsi sulla qualità del prodotto da costruzione. Una volta che il vertice aziendale ha deciso che occorre un certo tipo di qualità per sostenere le attività dell'azienda, sia attualmente che in futuro, l'impresa ottiene gli obiettivi del programma di gestione della qualità che li deve sviluppare in un piano per attuarli, che prende il nome di piano di qualità.

È importante sottolineare che, senza il pieno e continuo supporto da parte della direzione superiore, il programma avrà una vita breve, senza produrre dei prodotti di qualità.

Alcuni obiettivi della qualità del programma di gestione potrebbero essere i seguenti:

- aumentare e mantenere la soddisfazione del cliente;
- riduzione dei difetti nei lavori di costruzione;
- riduzione della quantità di riparazione in garanzia;
- mantenere costantemente un lavoro di qualità da un progetto all'altro e da una squadra all'altra;
- ottenere efficienza nei lavori di costruzione e costantemente "farlo bene la prima volta".

Gli obiettivi del programma di gestione della qualità si concentrano sul miglioramento continuo e costante della qualità del prodotto costruito, ma alcuni di essi riguardano il raggiungimento del successo e devono essere abbinati ad un metodo di misurazione.

Il programma di gestione della qualità utilizza un piano di qualità chiamato “Plan-Do-Check-Act” che comprende diverse fasi. La fase “Plan” comprende sia il piano per la gestione della qualità nel progetto specifico che il programma aziendale e quest’ultimo comprende le seguenti aree:

- impegno dell’azienda nel piano di gestione della qualità;
- istituzione di un direttore della qualità e/o di un comitato della qualità. Il direttore della qualità proviene spesso da operatori, ma può essere qualsiasi persona all'interno dell'azienda. In genere, il direttore o il manager della qualità aggiunge la posizione di gestione della qualità alla propria posizione attuale nell'azienda;
- definizione delle responsabilità di qualità in tutta la struttura aziendale. Tutte le posizioni dirigenziali e lavorative sul campo dovrebbero avere responsabilità nell'ambito del programma di gestione della qualità che devono essere definite nel piano/manuale scritto;
- gestione del programma di gestione della qualità. Il piano dovrebbe riguardare il processo del programma di gestione della qualità all'interno dell'azienda;
- identificazione di requisiti, codici e standard pertinenti per il lavoro. La costruzione ha molte fonti di indicazioni per i materiali e per i metodi di installazione corretti; queste informazioni sono disponibili nelle normative federali, statali e locali ed è importante identificare questi criteri e addestrare gli equipaggi a soddisfare gli standard applicabili;
- identificazione dei materiali necessari per i lavori di costruzione, la loro fonte di approvvigionamento e controllo del materiale per fornire un'installazione di qualità. Questo include procedure per l'ispezione ed il controllo del materiale acquistato;
- procedure per i subappaltatori per conformarsi al programma di gestione della qualità. I subappaltatori sono responsabili di gran parte del lavoro e della necessità di essere coinvolti nel programma di gestione della qualità;
- procedure per assicurare che i subappaltatori dispongano delle condizioni adeguate a eseguire in maniera ottimale il loro lavoro, come la lettura delle condizioni ambientali e l’accesso al cantiere;
- formulazione di un metodo per correlare i dipendenti con la formazione, l'esperienza e le certificazioni necessarie per garantire che tutti i dipendenti siano aggiornati con i requisiti necessari e assicurarsi che la documentazione relativa a questa conformità sia conservata e aggiornata;
- determinazione delle ispezioni per la consegna del materiale, delle condizioni di lavoro, dei lavori in corso;
- pianificare la riparazione dei difetti prima del completamento del progetto;
- elaborazione di un piano di miglioramento continuo, che comprende l'identificazione delle aree da migliorare, la formazione del personale applicabile e la conferma di un'applicazione efficace;
- determinazione del relativo successo del programma utilizzando indicatori misurabili, come il numero di ispezioni a codice zero e il numero di chiamate di garanzia valide;
- procedure per la verifica periodica del successo e dell'utilizzo del programma di gestione della qualità in cantiere da parte del responsabile del programma qualità;

- procedure per una revisione annuale del programma di gestione della qualità con la direzione superiore, compresa l'analisi del successo del programma e il piano per migliorare il piano per il prossimo anno.

La fase “Plan”, inoltre, include la realizzazione di alcuni elementi del piano di gestione della qualità dell'azienda, cioè, comprende la realizzazione e l'identificazione degli standard applicabili, l'addestramento dell'equipaggio e la garanzia che il materiale ed i subappalti soddisfino gli standard.

Per quanto riguarda la fase “Do”, essa svolge il lavoro in modo efficiente applicando i principi del piano di gestione della qualità.

La fase “Check” prevede l'ispezione del lavoro e la riparazione necessaria del lavoro difettoso prima di consegnare il progetto al cliente. L'ispezione del lavoro deve essere applicata da un individuo competente con autorità all'interno dell'azienda grazie all'uso di un semplice modulo di lista di controllo che contiene gli elementi principali dell'installazione facilitando le ispezioni.

La fase “Act”, infine, prevede il miglioramento continuo e la valutazione dell'intero programma che prevede l'identificazione dei difetti presenti dai moduli di ispezione. Affrontando un difetto al mese, l'appaltatore può sostenere molti difetti in un breve periodo di tempo.

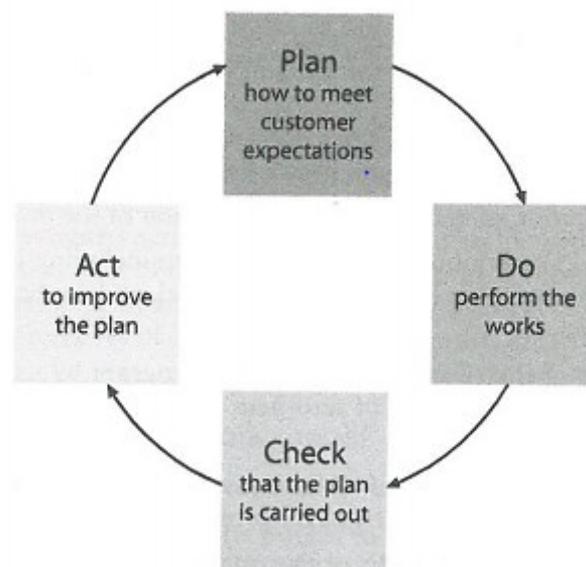


Figura 2: Metodologia “Plan-Do-Check-Act”

1.3 Controlli ed ispezioni eseguiti in cantiere

Al fine di proteggere tutti i soggetti protagonisti all'interno di una progettazione, la maggior parte dei contratti richiede test e ispezioni. Queste ultime dovrebbero essere riprodotte da agenzie esterne in modo da evitare qualsiasi interesse e, se eseguite correttamente, porteranno ad una revisione obiettiva dei requisiti di installazione e del prodotto. Inoltre, le ispezioni dovrebbero avvenire in più fasi durante il processo contrattuale, cioè, i materiali fabbricati in serie potrebbero non avere test specifici o controlli di qualità, anche se, in ogni caso possono essere stati eseguiti presso lo stabilimento di produzione. Tuttavia, molti prodotti richiedono etichette di istituti o altre agenzie per dimostrare la conformità agli standard di prodotto e alle normative vigenti.

La maggior parte dei progetti è soggetta ad ispezione da parte dell'autorità locale o da parte dell'ispettore edile. A questo scopo, la maggior parte dei comuni o delle giurisdizioni locali ha un personale di revisione, ovvero ispettori sul campo, il cui compito principale è l'applicazione dei codici locali. Ogni comune o autorità ha il proprio codice di costruzione, che normalmente si basa su regolamenti standard scritti che vengono continuamente aggiornati da organizzazioni di codici nazionali o regionali.

L'ispettore edile può utilizzare due moduli di ispezione aggiunti: l'Avviso di Correzione e l'Avviso di Interruzione del Lavoro. In alcuni casi, il registro delle ispezioni fornirà spazio per i commenti di correzione, cioè vengono inserite delle spiegazioni per annotare le correzioni necessarie, ma, nella maggior parte dei casi, viene emesso un Avviso di Correzione a meno che la modifica non sia pericolosa per la vita oppure richiede un'azione immediata. L'Avviso di Interruzione del Lavoro, invece, viene utilizzato quando è minacciata la sicurezza pubblica e se il lavoro svolto è al di fuori del permesso. In alcuni casi viene utilizzato anche l'avviso di stop dei lavori. Oltre ai due moduli già citati, l'ispettore edile detiene diverse responsabilità:

- gli ispettori sono personale addestrato nell'area specifica dell'ispezione;
- gli ispettori sono indipendenti e non godono di alcun tipo di guadagno dalle loro decisioni;
- gli ispettori non dirigono l'appaltatore;
- gli ispettori devono prendere decisioni in merito alla conformità alle specifiche o codici;
- gli ispettori possono accettare o rifiutare il lavoro.

Il codice di costruzione è solo uno dei tanti codici che possono far parte delle normative, mentre, in alcune aree sono stati adottati standard sismici che non sono inclusi nei codici di costruzione; la maggior parte dei codici, infatti, fa riferimento a standard espliciti da utilizzare come linee guida per le ispezioni, per i metodi di prova e per altre basi necessarie all'ispezione. Ci sono alcune prove che invece potrebbero essere richieste dal dipartimento o dalle specificità dell'edificio, le quali necessitano l'impiego di una società di prove indipendente da parte del proprietario o dell'appaltatore.

In questo caso, le aree che normalmente richiedono servizi di laboratorio e di ispezione esterni includono quanto segue:

- test del suolo: conformità ai requisiti di densità di compattazione;
- prove CLS: crollo, resistenza a compressione del cilindro;
- rinforzo del posizionamento in acciaio: conferma delle posizioni di posizionamento;
- test di saldatura/ispezione: test visivo, radiografico;
- prove aggregate: durezza, composizione del materiale;
- prove su asfalto: mix design, forza;
- layout e allineamento verticale.

Un laboratorio di prova potrebbe fornire i seguenti test sul calcestruzzo gettato in opera:

- posizionamento e condizioni di tutti i rinforzi;
- verifica del mix utilizzato, riguarda il dosaggio della quantità di acqua aggiunta su tutti i provini di CLS;
- verificare le miscele utilizzate;
- controllare il crollo del calcestruzzo;
- cilindri colati per prove di resistenza;
- conservare e rompere correttamente i cilindri.

Tutti i membri del team dell'appaltatore hanno la responsabilità di garantire la qualità, dove il supervisore della costruzione si assume la responsabilità primaria della realizzazione del prodotto, mentre, il sovrintendente dovrebbe eseguire controlli di qualità sul lavoro del contraente e sul quello dei subappaltatori.

Il materiale e l'attrezzatura fornita, la loro installazione e le finiture finali sono importanti perché la qualità di un'installazione si riferisce alla sua durata e al suo aspetto iniziale, mentre, le istanze di scarsa fattura devono essere annotate dall'appaltatore e/o dal rappresentante del proprietario. Le riparazioni o rilavorazioni devono essere invece eseguite per correggere i lavori che non soddisfano gli standard adeguati. A causa dell'elevato costo delle rilavorazioni, è bene che esse siano fatte da subito in maniera adeguata, in modo da ottenere un prodotto di qualità.

Le liste di controllo possono essere sviluppate e utilizzate per garantire che il sovrintendente, o altro personale addetto al controllo di qualità, includa tutti gli aspetti di un'installazione durante la preparazione. Tutte le specifiche tecniche sono molto dettagliate in ogni sezione, precisando le tolleranze consentite e definiscono i requisiti di disegno ed i campioni necessari per la revisione insieme ai dati di prova del produttore. Chi redige le normative, inoltre, commenta le condizioni di lavoro necessarie per una corretta installazione e, successivamente, esamina l'installazione richiesta dal subappaltatore facendo riferimento ai dati sulle prestazioni dell'Associazione dei materiali acustici e isolanti.

Dalle brevi liste di controllo possono essere prese delle specifiche della documentazione del produttore e da altri standard.

Quando si completa un progetto, la revisione di ciò che ha funzionato e i problemi che si sono verificati, dovrebbe essere documentata e discussa come parte del processo per eliminare eventuali problemi di qualità futuri.

CAPITOLO 2: Aree di controllo in fase di progettazione

2.1 Analisi del caso di studio

Durante il corso di studio di Cantieri Edili, tenuto dal Professore Alessandro Carbonari, è stato svolto un progetto che aveva come oggetto la progettazione di un garage. Il caso di studio è stato affrontato seguendo il cosiddetto “ragionamento all’indietro”: partendo dal risultato finale, il garage è stato scomposto in tutte le sue parti (tetto, muri, ...) le quali verranno, successivamente, divise in attività che sono in relazione tra di loro.

Per definire tutte le attività del progetto è stato impiegato il metodo WBS (Work Breakdown Structure) il quale può essere definito come uno strumento utilizzato per la scomposizione analitica di un progetto in più parti. Tale metodo ha come scopo l’organizzazione del lavoro in elementi più facilmente gestibili e rendere meno complessa la comprensione del progetto, in modo da comunicare a tutti i singoli soggetti coinvolti, le fasi e le attività da svolgere per il raggiungimento di un dato obiettivo. L’obiettivo delle WBS, quindi, è quello di stabilire una ramificazione creando una gerarchia con un grado di dettaglio, dove ciascun livello di progettazione rappresenta porzioni sempre più dettagliate del progetto.

Non vi è un numero definito di livelli, perché, la scomposizione dipende dalla complessità del progetto e termina nel momento in cui nell’ultimo livello gerarchico si ha un grado di dettaglio tale da descrivere univocamente il singolo lavoro da svolgere e permettere l’attribuzione della responsabilità esecutiva.

Ogni elemento o macro attività della WBS è chiamato WBE (Work Breakdown Element). Al livello più basso della WBS (ultimo livello di scomposizione) si identificano i work package, meglio definiti come “pacchetti di lavoro”, nei quali vengono indicate tutte le istruzioni da svolgere per il raggiungimento di una determinata attività. Affinché la scomposizione possa definirsi ottimale ogni pacchetto di lavoro deve essere:

- descritto in maniera chiara e concisa;
- differenziato dagli altri pacchetti di lavoro;
- prevedere l’attribuzione del compito/attività a un solo responsabile;
- descrivere univocamente il singolo lavoro da svolgere.

I pacchetti di lavoro, quindi, definiscono un insieme di risorse che interagiscono per arrivare ad un risultato, perciò occorre determinare risultati intermedi (milestone) che vengono individuati all’interno del progetto con lo scopo di monitorarne l’andamento.

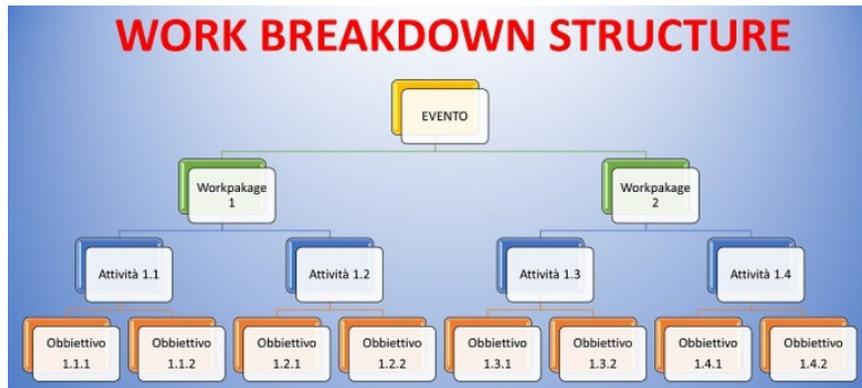


Figura 3: Rappresentazione di una WBS

Dopo la definizione di tutte le attività necessarie, sono stati definiti i processi per la realizzazione del caso di studio: per ogni attività richiesta sono state analizzate sia le risorse necessarie per eseguire tale attività sia le aree di interessate per lo svolgimento.

Segue un esempio di processo per la realizzazione dello scavo con mezzi meccanici.



Per eseguire lo scavo con mezzi meccanici le risorse necessarie sono state: lo scavatore, gli operatori e tutti mezzi che trasportano la terra scavata; mentre, l'area interessata riguardava tutta l'area di cantiere, dato che lo scavo è una delle prime attività che si fa quando si incomincia un'opera.

Dopo aver terminato la parte di progettazione, il garage è stato rappresentato graficamente disegnandolo con il programma BIM (Building Information Model) Revit. Il caso di studio, infine, è stato realizzato in funzione del tempo, cioè in base alla WBS sviluppata e al tempo stimato per ogni attività, il garage procedeva alla sua realizzazione in funzione del tempo grazie all'utilizzo di software come Project e NavisWork.

2.2 Caratteristiche del terreno

Per ogni tipo di costruzione sarebbe opportuno procedere ad accurate indagini e prove di laboratorio del terreno interessato, ma non sempre ciò è possibile per il notevole costo dei sondaggi e delle relative prove. Quando si tratta di grandi opere, è importante avere una buona conoscenza dei terreni interessati dalla costruzione, infatti, è necessario ottenere i grafici dei profili stratigrafici e le relazioni sulle caratteristiche meccaniche dei vari tipi di suoli.

Per lavori di modesta entità non è possibile economicamente affrontare le spese di un'indagine completa, ma si useranno altri mezzi di ricerca. Il mezzo più economico è quello "già svolto da altri", cioè far tesoro dell'esperienza di altri costruttori che nelle immediate vicinanze hanno operato scavi o eseguito costruzioni analoghe. Quando non vi sono altre esperienze costruttive nella zona, invece, si potrà procedere con i mezzi appositi allo scavo di pozzi o trincee, disposti in vari punti, fino ad una profondità circa doppia di quella alla quale si prevede di estendere la futura fondazione.

Dall'esame a vista delle pareti di scavo, si può rilevare l'andamento stratigrafico, i componenti che costituiscono la terra (sabbie, argille, ecc..) e si potranno determinare le falde acquifere e altri elementi utili al fine di stabilire la quota inferiore di imposta della fondazione ed il carico unitario ammissibile.

2.2.1 Prove dirette

Per determinare la portanza del terreno, cioè il carico di sicurezza che il terreno può sopportare, si possono fare in sito delle prove di carico dirette, che derivano da condizioni sperimentali strettamente relative alla determinazione del parametro ricercato.

Si possono eseguire due prove dirette:

- A. con carico statico costituito da zavorra: occorre disporre dei carichi pesanti, che verranno applicati gradualmente su un tavolato a contatto con il terreno;

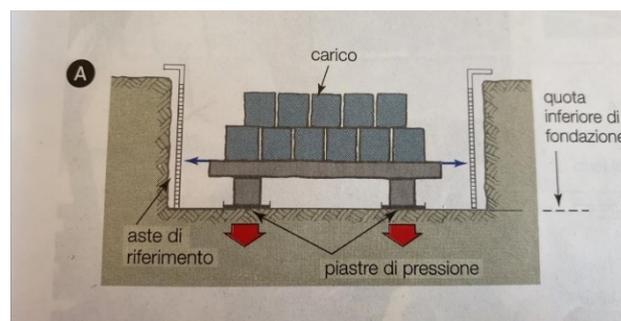


Figura 4: Prova diretta di carico sul terreno per mezzo di pesi

- B. con carico statico provocato da martinetti idraulici: il carico viene provocato con un martinetto idraulico posto tra la piastra di pressione e la zavorra. La prova dura diversi giorni e i risultati possono essere tradotti in un diagramma dove vengono riportati i carichi unitari, i cedimenti relativi e il tempo.

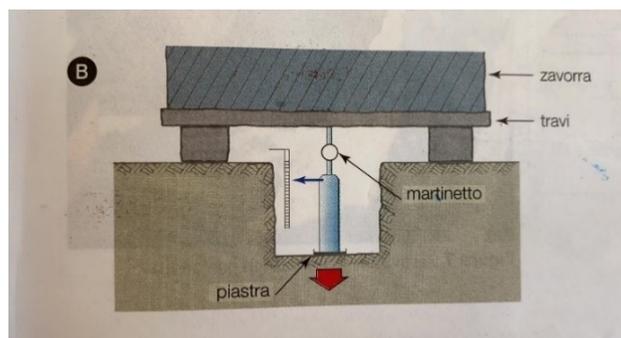


Figura 5: Prova diretta di carico sul terreno con martinetti

È opportuno effettuare le prove dirette in più punti del terreno e confrontare i risultati tra di loro: se i diagrammi presentano delle differenze minime, significa che la natura del terreno è uniforme su tutta la zona interessata dalla costruzione; mentre, se si verificano divari notevoli, è preferibile aumentare il numero delle prove o procedere ad altri tipi di indagini, perché le discontinuità di resistenze sono pericolose, in quanto possono determinare lesioni visibili e dissesti.

Le prove dirette, quindi, presentano due vantaggi: il primo riguarda l'esaminazione dell'ammasso nel proprio stato indisturbato rispettando le tensioni iniziali, la storia tensionale ed il regime delle pressioni neutre; il secondo è quello di consentire le prove meccaniche anche sui terreni incoerenti. Lo svantaggio riguarda, invece, l'elevato numero di variabili che condiziona i risultati delle prove in sito. Solitamente, infatti, si fa riferimento a procedure standardizzate in modo da garantire l'omogeneità dei risultati in relazione alla diversa natura dei terreni e alle condizioni tensionali presenti alle profondità di prova.

2.2.2 Profilo stratigrafico

Il profilo stratigrafico è un'altra importante caratteristica, perché è la rappresentazione della successione dei terreni e può essere determinato per con metodi indiretti attraverso indagini continue di tipo sismico o penetrometrico, dove i risultati delle misure sono influenzati dal livello tensionale corrente e dalla storia tensionale di tale terreno.

La definizione della natura dei terreni può presentare qualche incertezza in quanto le misure riflettono alcune proprietà meccaniche dei terreni piuttosto che la loro composizione granulometrica e, per evitare errori di interpretazione, è consigliabile associare sempre alle prove indirette almeno un sondaggio stratigrafico.

2.2.3 Prove penetrometriche

La resistenza al taglio è una proprietà meccanica importante di un terreno e può essere valutata con prove penetrometriche, le quali usano strumenti standardizzati e misurano la resistenza alla penetrazione del terreno con l'aumentare delle profondità di prova. A seconda dei dispositivi utilizzati si dividono in:

- prove statiche le quali vengono eseguite con successo sia nei terreni granulari che in quelli coesivi;
- prove dinamiche che vengono preferibilmente applicate nei terreni granulari.

Le prove dinamiche si suddividono in continue e discontinue.

Le prime vengono eseguite infiggendo una punta conica associata al dispositivo di percussione e hanno il vantaggio di essere eseguite su terreno indisturbato, di fornire dati sulla resistenza penetrometrica con continuità; mentre, tra gli svantaggi si ricordano l'impossibilità di prelevare direttamente il terreno e la scarsa diffusione di tali prove nella pratica professionale.

Le seconde, conosciute come SPT (Standard Penetration Test) invece, vengono realizzate con un foro di sondaggio e consistono nell'infissione standardizzata a percussione di un carotiere a punta aperta o chiusa.

I risultati della prova possono essere influenzati dal disturbo tensionale e meccanico del terreno durante la fase di perforazione, ma il reale vantaggio è quello della grande diffusione nella pratica professionale e quindi della possibilità di avvalersi di correlazioni empiriche calibrate nel tempo da numerosi ricercatori. La prova può essere eseguita con successo solo nei terreni di grana grossa, in quanto, nei terreni di grana fine l'effetto delle sovrappressioni neutre determina una dispersione dei dati e la prova diviene poco significativa.

2.3 Ispezione degli scavi

2.3.1 Le figure professionali coinvolte

Le due figure professionali coinvolte nelle attività di ispezione degli scavi possono essere: il lavoratore, che è la persona che esegue le attività di scavo per mezzo di un attrezzo e/o con tecnologie alternative e ha il compito di effettuare ispezioni giornaliere prima di iniziare l'attività lavorativa, e il montatore. Quest'ultimo è la persona qualificata nell'effettuare il montaggio e lo smontaggio degli utensili della macchina, dei sistemi di scavo "NO DIG" e delle attrezzature di protezione, inoltre, effettua ispezioni periodiche sia prima del montaggio sia dopo lo smontaggio del dispositivo utilizzato.

Ci possono essere, tuttavia, dei casi in cui queste due figure possono coincidere nel caso in cui la persona è in possesso dei requisiti necessari.

2.3.2 Ispezioni da eseguire sui dispositivi

Ogni attrezzo, macchina e attrezzatura relativi agli scavi devono essere sottoposti a ispezione in precisi intervalli di tempo indicati dal fabbricante, che di solito vengono eseguiti ogni sei mesi. Prima di impiegare ogni tipologia di dispositivo, deve essere verificata la sua integrità sia dal punto di vista dei componenti (materiali e saldature) sia dal punto di vista dell'efficacia e, dopo l'impiego, deve essere controllata nuovamente la loro integrità e deve essere effettuata un'accurata pulizia di tutte le parti.

Nel caso in cui l'integrità o la funzionalità dell'attrezzatura risultasse compromessa, essa deve essere sottoposta al controllo del montatore o di un'altra persona qualificata dal fabbricante, che deve fornire un parere vincolante al fine del riutilizzo o della sostituzione.

Ci sono diverse tipologie di ispezioni. Una delle prime riguarda gli utensili e le attrezzature necessarie per il funzionamento di un macchinario, infatti, l'ispezione deve avvenire prima del montaggio e dopo lo smontaggio e deve essere effettuata con le istruzioni indicate dal fabbricante che ha prodotto le attrezzature.

Sia l'ispezione d'uso sia l'ispezione periodica vengono eseguite con le modalità indicate dal fabbricante, mediante controllo visivo e/o strumentale prima e dopo l'uso, includendo ogni componente. La differenza che caratterizza l'ispezione periodica da quella d'uso è che le attrezzature e le macchine devono essere sottoposte a controlli da parte del montatore, anche quando l'intervallo di messa in opera è minore della periodicità del fabbricante. Una caratteristica, invece, che le accomuna riguarda la segnalazione che il lavoratore deve fare al personale indicato nel momento in cui si verifica qualsiasi difetto o inconveniente rilevato.

Dopo aver segnalato il problema, ogni attrezzo o macchina che ha subito un guasto, malfunzionamento o che presenta un difetto deve essere immediatamente ritirata dal servizio e riposta in un luogo dove sia impedito l'accesso e su di essa deve essere posto un cartellino che attesti la condizione di fuori servizio.

Il dispositivo guasto, dopodiché, deve essere controllato dal montatore o da altra persona qualificata dal fabbricante, che deve decidere se rimetterla in servizio, distruggerla o ripararla, secondo le modalità stabilite dal datore di lavoro e in accordo con le istruzioni del fabbricante. In caso di riparazione, essa dovrà essere effettuata dal fabbricante o da persona competente autorizzata dallo stesso.

Le ispezioni di entrata, di rimessa in servizio e quelle relative a un sistema di sostegno e protezione degli scavi che hanno subito una riparazione, devono essere catalogate su una scheda di registrazione che deve contenere le voci riportate nella tabella seguente.

Le manutenzioni straordinarie, invece, devono essere registrate in base alla tipologia di intervento effettuato e all'esito sviluppato.

<u>Articolo</u>
Nome e indirizzo del fabbricante o fornitore
Numero di lotto del fabbricante o numero di serie
Anno di costruzione
Data di acquisto
Data di prima messa in servizio
Data e dettaglio di ispezione e/o manutenzione e/o riparazione con relativo esito

Tabella 1: Rappresentazione delle voci relative alla scheda di registrazione

2.4 Materiali e prodotti da costruzione

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 valuta che i materiali e prodotti da costruzione, ogni prodotto fabbricato al fine di essere incorporato o assemblato in modo permanente negli edifici e nelle altre opere di ingegneria civile, devono rispondere ai seguenti requisiti:

- devono essere identificati univocamente a cura del fabbricante;
- devono essere qualificati sotto la responsabilità del fabbricante;
- devono essere accettati dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Il Direttore dei Lavori, inoltre, verifica che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, cioè accerta l' idoneità all'uso specifico del prodotto tramite una verifica prestazionale nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica e può anche rifiutare, in qualsiasi momento, materiali o componenti non conformi alle caratteristiche dei documenti allegati al contratto.

Nel caso in cui l'esecutore utilizzi di sua iniziativa materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nel contratto, non ha diritto ad un aumento dei prezzi, infatti, la contabilità verrà redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite dalle prescrizioni contrattuali. Se invece l'esecutore è autorizzato dal Direttore dei Lavori ad eseguire una lavorazione di minor pregio, deve essere applicata una riduzione del prezzo in fase di contabilità.

Le modalità di identificazione e qualificazione dei materiali e prodotti da costruzione dipendono anche dalla possibilità di apporre la marcatura CE, la quale attesta che i prodotti sono stati valutati dal produttore e rispettano i requisiti previsti dall'UE in materia di sicurezza, salute e tutela dell'ambiente. Prima di apporre tale marcatura, però, occorre accertare che i prodotti soddisfino tutti i requisiti prescritti dalla normativa vigente ed è vietato inserirla sui prodotti per i quali non esistono specifiche a livello UE o che ne richiedono l'apposizione.

La responsabilità di dichiarare la conformità di tutti i requisiti ricade sul produttore che la deve apporre sul prodotto o sul suo imballaggio o sui documenti commerciali che li accompagnano ed è, inoltre, seguita dal numero di identificazione dell'organismo che interviene durante la fase di controllo della produzione.

Ci sono due tipologie per attestare la conformità di un prodotto da costruzione:

- A. certificato di conformità del prodotto rilasciato da un organismo riconosciuto, secondo procedure prestabilite: l'organismo riconosciuto effettua delle prove iniziali sul prodotto e sulla produzione, poi, il fabbricante effettua un controllo di produzione e delle prove complementari di campioni prelevati nella fabbrica del produttore, infine, l'organismo riconosciuto sorveglia il produttore ed esegue delle prove casuali sui prodotti venduti;
- B. dichiarazione di conformità del fabbricante per il prodotto rilasciata in base all'effettuazione di una delle seguenti procedure alternative:
 - a. 1^a procedura

L'organismo riconosciuto effettua un controllo iniziale sulla produzione, poi il fabbricante applica un controllo di produzione in fabbrica ed esamina alcuni campioni, infine, l'organismo effettua delle ispezioni;

b. 2^a procedura

L'organismo o il fabbricante effettuano delle prove iniziali sul prodotto e durante la produzione applicando delle ispezioni di produzione secondo un protocollo prestabilito.

2.5 Controlli di qualità sul calcestruzzo

2.5.1 I componenti del calcestruzzo

Il CLS è una miscela di pasta cementizia, acqua e inerti. Il cemento è la pasta legante del CLS, cioè è una polvere che mescolata con acqua produce una pasta facilmente modellabile che in giro di qualche ora si solidifica perdendo la sua iniziale plasticità, aumentando però la sua resistenza meccanica.

Gli inerti occupano mediamente i 2/3 del volume complessivo del calcestruzzo e se hanno una dimensione minore di 4-5 mm si ha a che fare con la sabbia, altrimenti si ha ghiaia o pietrisco; tuttavia, una loro diminuzione nella pasta legante migliora la lavorabilità (trasporto, getto, posa) ma peggiora le prestazioni del calcestruzzo.

L'acqua, infine, serve per idratare il cemento ed un suo aumento favorisce la lavorabilità, ma allo stesso tempo riduce la resistenza meccanica e la durabilità. È necessario, quindi, utilizzare un calcestruzzo di consistenza semi-fluida per evitare effetti negativi sulla resistenza meccanica e in caso di aggiunta di acqua, occorre aumentare la quantità di cemento in modo che il rapporto acqua/CLS rimane invariato.

2.5.2 Slump test

Lo slump test è una prova che misura l'abbassamento (slump) del calcestruzzo sfornato da un tronco di cono metallico (cono di Abrams) rispetto all'altezza dello stesso calcestruzzo costipato all'interno di un cono alto 300 mm.

In base all'abbassamento misurato, esso determina l'applicabilità del calcestruzzo in base alla tipologia della struttura:

<u>Classe di consistenza</u>	<u>Slump (mm)</u>	<u>Applicazioni</u>
S1 (terra umida)	10 – 40	Pavimenti messi in opera con vibro-finitrice
S2 (plastica)	50 – 90	Strutture circolari (silo, ciminiera) messe in opera con casseri rampanti
S3 (semi-fluida)	100 – 150	Strutture non armate o poco armate e con pendenza
S4 (fluida)	160 – 210	Strutture mediamente armate
S5 (super-fluida)	> 210	Strutture fortemente armate, di ridotta sezione e/o complesse geometrie

Tabella 2: Misura dell'abbassamento al cono (slump test) secondo la norma UNI EN 12350-2

2.5.3 I controlli di qualità del calcestruzzo

Il responsabile incaricato ai controlli di qualità è il Direttore dei Lavori, il quale ha come obiettivo che il calcestruzzo venga prodotto in regime di controllo di qualità per garantire il rispetto delle prescrizioni definite in sede di progetto (classe di resistenza, resistenza cubica R_{ck} e cilindrica f_{ck} , classe di consistenza e diametro massimo dell'aggregato).

2.5.3.1 Valutazione preliminare

La prima fase riguarda la valutazione preliminare della resistenza del CLS, che serve per determinare la miscela con le caratteristiche richieste. Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, deve effettuare prove preliminari di studio ed acquisire l'idonea documentazione relativa ai componenti di ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare. Il Direttore dei Lavori, invece, ha l'obbligo di acquisire, prima dell'inizio della costruzione, la documentazione relativa alla valutazione preliminare delle prestazioni e di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la corrispondenza del calcestruzzo fornito rispetto a quelle stabilite dal progetto.

2.5.3.2 Controllo di produzione

La seconda fase riguarda il controllo di produzione, che indica i controlli da eseguire durante la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo stesso. In questa fase, gli stabilimenti di produzione devono dotarsi di un sistema di controllo per rispettare i requisiti previsti dalle normative e devono essere rispettati fino alla posa in opera del calcestruzzo.

2.5.3.3 Controllo di accettazione

La terza fase prevede i controlli di accettazione, cioè i prelievi da eseguire durante le fasi di getto, e ha come obiettivo la verifica della conformità delle caratteristiche del conglomerato posto in opera con quello stabilito dal progetto strutturale e garantito in sede di valutazione preliminare.

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini, dove la media delle loro resistenze a compressione rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore medio mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo. Il prelievo, tuttavia, può non essere accettato se la differenza tra i valori di resistenza dei due provini supera il 20% del valore inferiore, infatti, il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le volte che le variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

I controlli di accettazione sono eseguiti dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e possono essere di due tipi: il controllo di tipo A e di tipo B, i quali sono risultano positivi se il quantitativo di calcestruzzo è accettato e se risultano verificate le seguenti disuguaglianze.

	Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
Controllo sul valore più basso	$R_{c,\min} \geq R_{ck} - 3,5$	
Controllo sul valore medio	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm28} \geq R_{ck} + (1,48 \cdot s)$ (N° prelievi: 15)

Tabella 3: Verifiche da rispettare per i controlli di accettazione

$R_{c,\min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi [N/mm²]

R_{cm28} = resistenza media dei prelievi [N/mm²]

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1}}$, dove s è lo scarto quadratico medio, n indica il numero dei prelievi e R_i la resistenza del generico provino.

Il controllo di tipo A è riferito ad una miscela omogenea non maggiore di 300 m³ ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali viene eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta, quindi, un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto.

Nelle costruzioni di meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, resta l'obbligo di eseguire almeno 3 prelievi nel rispetto delle limitazioni ed è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero. Nel caso in cui la miscela di calcestruzzo è compresa tra 300 e 1500 m³, si effettua sempre il controllo di tipo A ma suddividendo la miscela in più parti poiché il controllo di tipo B è molto più costoso.

Dopo aver eseguito i prelievi, si procede con la determinazione della resistenza caratteristica dei provini:

$$R_{ck} = \frac{R_{1,p1} + R_{1,p2}}{2}$$

Analogamente, si esegue la stessa procedura per il secondo e terzo prelievo da cui si otterranno alla fine tre resistenze caratteristiche, le quali saranno riordinate in ordine crescente. Si eseguiranno, infine, le verifiche per individuare se il controllo è positivo e soddisfatto.

Il controllo di tipo B (detto anche "statistico") è obbligatorio per opere strutturali che richiedono l'impiego di più di 1500 m³ di miscela omogenea. Ogni controllo è costituito da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m³ di getto di miscela.

Anche nel controllo di tipo B vengono effettuate delle verifiche su diverse grandezze, cioè, sulla resistenza media e sul valore minimo di resistenza dei prelievi; dopo averle ottenute, si effettuano le verifiche per individuare se il controllo è risultato soddisfatto, ma a differenza del controllo di Tipo A, si aggiunge una terza verifica:

$$C_v = \frac{s}{R_m}$$

Dove:

- $C_v < 0,15 \rightarrow$ la verifica è soddisfatta;
- $0,15 < C_v < 0,30 \rightarrow$ occorre eseguire ulteriori controlli;
- $C_v > 0,30 \rightarrow$ la verifica non è soddisfatta.

Nel caso in cui l'opera o parte di essa è realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione essa non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore, in tal senso, deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del CLS messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine. Qualora tali controlli non provino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo seguendo le seguenti prescrizioni:

1. una successiva valutazione mediante un controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (detta "resistenza strutturale" e contrapposta alla resistenza dei provini, detta "resistenza potenziale");
2. è accettabile un valore medio della resistenza strutturale non inferiore all'85% del valore medio della resistenza potenziale;
3. in caso di insuccesso sono valutabili opere di consolidamento strutturale o declassamento della struttura.

I controlli di accettazione sono obbligatori e anche il collaudatore è tenuto a verificarne la validità qualitativa e quantitativa eseguendo delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo compilando un verbale di prelievo in presenza del Direttore dei Lavori o di un suo tecnico di fiducia, nel quale sono inseriti i provini sottoposti a prove di laboratorio specializzati e dopodiché vengono etichettati.

2.5.3.4 Prove complementari

La quarta e ultima fase riguarda le prove complementari, che se richieste dal Direttore dei Lavori vengono eseguite a completamento delle prove al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza di particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o in condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionale, ...).

Le prove complementari hanno un procedimento identico a quello dei controlli di accettazione, ma non possono sostituirli perché essi sono riferiti a provini confezionati e maturati secondo delle precise prescrizioni; ciononostante, le prove complementari possono essere molto utili al Direttore dei Lavori o al collaudatore perché forniscono un giudizio sul calcestruzzo in opera.

L'esecuzione delle prove di accettazione e quelle complementari vengono effettuate, come indicato nell'art.59 del DPR n.380/01, in laboratori autorizzati dal consiglio superiore dei lavori, ovvero: laboratori degli istituti universitari, il laboratorio di scienza delle costruzioni del centro studi ed esperienze dei servizi antincendi e di protezione civile (Roma) o altri laboratori autorizzati (con decreto) del Ministro per le infrastrutture e i trasporti, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici.

2.5.4 Controlli preliminari della messa in opera

La resistenza del calcestruzzo nella struttura dipende dalla resistenza del calcestruzzo messo in opera, dalla sua posa e costipazione, dalle condizioni ambientali durante il getto e maturazione. Nel caso in cui:

- a) le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della resistenza caratteristica prevista nel progetto;
- b) sorgano dubbi sulle modalità di confezionamento, conservazione, maturazione e prova dei provini di calcestruzzo;
- c) sorgano dubbi sulle modalità di posa in opera, compattazione e maturazione del calcestruzzo;
- d) si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera,

si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove distruttive e non distruttive.

Tali prove non sono, in ogni caso, sostitutive dei controlli di accettazione ma potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera e possono essere eseguite facendo riferimento alle seguenti norme tecniche:

- UNI EN 12504 – 1: 2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: carote - prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504 – 2: 2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: prove non distruttive e determinazione dell'indice sclerometrico che misura l'energia dissipata con l'impatto con il CLS;
- UNI EN 12504 – 3: 2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504 – 4: 2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.

I controlli preliminari della messa in opera riguardano le strutture di supporto, che devono essere resistenti alle sollecitazioni massime evitando deformazioni non accettabili, devono avere una superficie interna ben rifinita e devono essere posizionati correttamente e non si devono deformare durante la vibrazione del calcestruzzo. Tali controlli, inoltre, riguardano le armature metalliche, le quali devono essere della tipologia adeguata, verificare che detengono la marcatura, posizionamento corretto per il loro impiego, presenza di trattamenti contro le ossidazioni e devono avere una corretta esecuzione delle operazioni di taglio e piegatura.

2.6 Acciaio per armature

Tutti gli acciai devono essere sottoposti a tre forme di controllo obbligatorie: in stabilimento di produzione, nei centri di trasformazione e di accettazione in cantiere.

2.6.1 Controlli di produzione in stabilimento

2.6.1.1 Procedure di qualificazione

Tutti gli acciai devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo all'interno della produzione dello stabilimento, che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità, indipendentemente dal processo di produzione, e deve essere coerente con la norma UNI EN ISO 9001.

Nel caso in cui la marcatura CE non sia applicabile, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso una precisa procedura di qualificazione, che deve essere comunicata al Servizio Tecnico Centrale, il quale è un organismo per il rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai e verifica la completezza e congruità della documentazione preliminare presentata. Se tale procedura ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale può effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della verifica documentale preliminare unita al risultato della verifica ispettiva è oggetto della successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al fabbricante ed in caso di esito positivo, il fabbricante può proseguire alla procedura della qualificazione del prodotto la quale ha una durata di cinque anni, mentre, in caso di esito negativo, il fabbricante dovrà apportare le opportune azioni correttive.

Una volta che il prodotto è accertato e qualificato può essere immesso sul mercato grazie all'Attestato di Qualificazione, il quale al termine del periodo di attività deve essere rinnovato. Il rinnovo viene richiesto al Servizio Tecnico Centrale che valuta la conformità dell'intera documentazione fornita nei cinque anni precedenti, per poi proseguire con la qualificazione. Se la documentazione non viene inviata entro sessanta giorni prima della scadenza, oppure, il Servizio Tecnico Centrale rileva delle incongruenze, esso comporta la sospensione o la decadenza della qualificazione.

Ciascun prodotto qualificato deve essere riconoscibile per quanto riguarda le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile, dalla quale risulti il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli fabbricati nello stesso stabilimento ma deve avere delle caratteristiche diverse da quelli con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti e tale marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Il fabbricante, infatti, deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale, deve comunicare eventuali modifiche apportate e nel caso in cui un prodotto non presenti tale marcatura o non corrisponde a quanto depositato o è illeggibile, il prodotto non può essere impiegato.

Per le forniture di acciaio, nelle quali non sussista l'obbligo di Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia di attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e dal certificato di controllo, invece, per tutte quelle dove sussiste l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" e dalla prevista marcatura.

Il riferimento agli attestati, che certificano la qualificazione del prodotto, deve essere riportato sul documento di trasporto, mentre, le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate dalla copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completate con il riferimento al documento di trasporto del distributore stesso. Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare la provenienza dei materiali ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

2.6.1.2 Prove di qualificazione

Le prove di qualificazione e di verifica periodica riguardano i controlli sistematici in stabilimento e devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi diversi, anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

Per quanto riguarda le barre ed i rotoli, il laboratorio incaricato dell'effettuazione di tali prove, deve applicare presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 campioni ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, 25 per ogni colata o lotto di produzione, scelti su 3 diversi diametri opportunamente differenziati, infine, vengono effettuate le prove di piegamento e verifica della saldabilità.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Sui campioni devono essere determinati i valori delle tensioni di snervamento e carico massimo f_y e f_t e l'allungamento A_{gt} . Le grandezze caratteristiche f_y , f_t e A_{gt} ed il valore caratteristico inferiore di f_t/f_y devono soddisfare la seguente relazione:

$$x - ks \geq C_v$$

La grandezza caratteristica ($f_y/f_{y\text{nom}}$) k ed il valore caratteristico superiore di f_t/f_y devono soddisfare la seguente relazione:

$$x + ks \geq C_v$$

Dove:

- C_v è il valore prescritto per singole grandezze;
- x è il valore medio;
- s è la deviazione standard della popolazione;
- k è un coefficiente stabilito in base al numero di campioni.

n	k	n	K
5	3,40	70	1,90
6	3,09	100	1,86
7	2,89	150	1,82
8	2,75	200	1,79
9	2,65	250	1,78
10	2,57	300	1,77
15	2,33	400	1,75
20	2,45	500	1,74
30	2,08	1000	1,71

Tabella 4: Coefficiente k in funzione del numero n di campioni per una probabilità di insuccesso attesa del 5% [p = 0.95]

n	k	n	k
5	2,74	70	1,51
6	2,49	100	1,47
7	2,33	150	1,43
8	2,22	200	1,41
9	2,13	250	1,40
10	2,07	300	1,39
15	1,87	400	1,37
20	1,77	500	1,36
30	1,66	1000	1,34

Tabella 5: Coefficiente k in funzione del numero n di campioni per una probabilità di insuccesso attesa del 10% [p = 0.90]

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di qualificazione non soddisfi i requisiti di resistenza o duttilità delle presenti norme tecniche, il prelievo va ripetuto e quello nuovo sostituisce a tutti gli effetti quello precedente. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della prova di qualificazione.

Per quanto riguarda le reti elettrosaldate, il laboratorio effettua il prelievo di una serie di 80 campioni, ricavati da 40 diversi pannelli, 2 per ogni elemento e sarà eseguito per ognuna delle due direzioni ortogonali del pannello, mentre, per i tralicci si otterranno i campioni da uno dei correnti inferiori o superiori. Il prelievo deve essere eseguito su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Ogni campione deve consentire due prove:

1. prova di trazione su un campione di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione a carico massimo, della tensione di snervamento e dell'allungamento;
2. prova di resistenza al distacco offerto dalla saldatura del nodo, determinata forzando con un idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello longitudinale posto in trazione.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di qualificazione non soddisfi i requisiti previsti nelle Norme Tecniche relativamente ai valori di allungamento o resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui si tratta va ripetuto su un altro elemento della stessa partita, che sostituirà quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione delle prove di qualificazione.

2.6.1.3 Prove di verifica della qualità

Per le barre ed i rotoli, ai fini della verifica della qualità, il laboratorio incaricato deve effettuare controlli discontinui ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando 3 serie di 5 campioni di barre di uno stesso diametro, provenienti da una stessa colata. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti qualificati ai sensi delle presenti norme, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Su tali serie sono effettuate le prove di resistenza e di duttilità. La serie dei 15 valori della tensione di snervamento e della tensione a carico massimo ottenute nelle prove è aggiunta a quelli dei prelievi precedenti sostituendo i 15 valori della prima serie in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti sono utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo $n = 75$).

Dove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori, il laboratorio incaricato ne deve dare comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il fabbricante ha ottenuto le cause che hanno portato al risultato insoddisfacente. Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto e sostituirà quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Lo stesso procedimento avviene per i tralici e le reti, ma cambiano le serie, cioè i controlli verranno eseguiti su una serie di 20 campioni, ricavati da 10 elementi diversi, 2 per ogni elemento. Su tali serie, il laboratorio effettua la prova di trazione e di distacco ed i corrispondenti risultati vengono aggiunti a quelli dei precedenti prelievi dopo aver eliminato la prima serie in ordine di tempo, determinando così le nuove tensioni caratteristiche sostitutive a quelle precedenti sempre ponendo $n = 80$.

2.6.2 Centri di trasformazione

Il centro di trasformazione viene definito come un impianto esterno alla fabbrica e/o cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio gli elementi base (barre, rotoli, reti, lamiere, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per le successive lavorazioni.

I centri di trasformazione possono ricevere e lavorare solo prodotti qualificati, accompagnati dalla documentazione prevista., infatti, bisogna far particolarmente attenzione quando si utilizzano elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti.

Tali centri devono avere un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di garantire che le lavorazioni effettuate assicurino il mantenimento delle conformità delle caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti e, dopo l'intervento di un centro di trasformazione, i prodotti devono essere accompagnati da idonea documentazione.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare, il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove facendo riferimento alla normativa europea, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto.

2.6.2.1 Controllo nei centri di trasformazione

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e sono da eseguire a cura di un laboratorio sul prodotto lavorato:

- a) in caso di utilizzo di barre, un controllo ogni 90t della stessa classe di acciaio proveniente dallo stesso stabilimento, anche se con forniture successive, su cui si effettuano prove di trazione e piegamento;
- b) in caso di utilizzo di rotoli, un controllo ogni 30t per ogni tipologia di macchina e per ogni diametro lavorato della stessa classe di acciaio proveniente dallo stesso stabilimento su cui si effettuano prove di trazione e piegamento ed una verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

Ogni controllo è costituito da 1 prelievo, ciascuno costituito da 3 campioni di uno stesso diametro sempre che il marchio e la documentazione dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. Nel caso in cui non si raggiungano le quantità sopra riportate deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione e se il risultato delle prove che riguardano la resistenza, l'allungamento, il piegamento e l'aderenza non è conforme, allora, il direttore tecnico dovrà ripetere la prova su 6 campioni dello stesso diametro. Qualora questo accertamento non certifica i risultati aspettati, il controllo dovrà estendersi a 25 campioni applicando la formula generale valida per i controlli sistematici in stabilimento.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al fabbricante, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Il direttore tecnico, infine, deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato sia al Servizio Tecnico Centrale.

<u>Caratteristica</u>	<u>Valore limite</u>	<u>Note</u>
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	527 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0 %	per acciai B450C
A_{gt} massimo	≥ 2,0 %	per acciai B450A
f_t/f_y	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t/f_y	$f_t/f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	per acciai B450A e B450C
f_r/f_p	per $5 \text{ mm} \leq \Phi \leq 6 \text{ mm} \geq 0.035$ per $6 \text{ mm} \leq \Phi \leq 12 \text{ mm} \geq 0.040$ per $\Phi \geq 12 \text{ mm} \geq 0.056$	per acciai B450A e B450C provenienti da rotolo

Tabella 6: Valori di accettazione dei centri di trasformazione – barre e rotoli dopo la raddrizzatura

2.6.2.2 Prove di aderenza

Ai fini della qualificazione, i prodotti in barre e in rotoli devono superare con esito positivo prove di aderenza da eseguirsi presso i laboratori specializzati, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005.

Le tensioni di aderenza ricavate devono soddisfare le seguenti relazioni:

$$\tau_m \geq 0,098(80 - 1,2 \cdot \phi) \quad ; \quad \tau_r \geq 0,098(130 - 1,9 \cdot \phi)$$

Dove:

- ϕ il diametro nominale del campione in mm;
- τ_m il valor medio della tensione di aderenza in MPa calcolata in corrispondenza di uno scorrimento pari a 0,01, 0,1 ed 1 mm;
- τ_r la tensione di aderenza massima al collasso.

Le prove devono essere estese ad almeno 3 diametri:

- uno nell'intervallo $5 \leq \Phi \leq 10$ mm (barre) e $5 \leq \Phi \leq 8$ mm (rotoli);
- uno nell'intervallo $12 \leq \Phi \leq 18$ mm (barre) e $10 \leq \Phi \leq 14$ mm (rotoli);
- uno pari al diametro massimo (barre e rotoli).

Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo.

Con riferimento sia all'acciaio nervato che all'acciaio dentellato, per accertare la corrispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno su 3 campioni per ciascun diametro considerato, conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:2010: il valore dell'area relativa di nervatura f_t per l'acciaio nervato ed il valore reale dell'area relativa di dentellatura f_p per l'acciaio dentellato.

		<u>Barre</u>	<u>Rotoli</u>
per $5 \text{ mm} \leq \Phi \leq 6 \text{ mm}$	f_t oppure f_p	0.035	0.037
per $6 \text{ mm} < \Phi \leq 12 \text{ mm}$	f_t oppure f_p	0.040	0.042
per $\Phi > 12 \text{ mm}$	f_t oppure f_p	0.056	0.059

Tabella 7: Valori minimi dei parametri f_t e f_p

Nel certificato di prova, oltre agli esiti delle verifiche di cui sopra, devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature o delle dentellature.

2.6.3 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati, entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o centro di trasformazione. Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione del verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle o etichettature indelebili.

Il laboratorio incaricato verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per l'identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove, ma deve conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci e portare il marchio di provenienza. I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione da eseguirsi prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nelle tabelle seguenti, rispettivamente per barre e reti e tralicci:

<u>Caratteristica</u>	<u>Valore limite</u>	<u>Note</u>
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	527 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0 %	per acciai B450C
A_{gt} massimo	≥ 2,0 %	per acciai B450A
f_t/f_y	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t/f_y	$f_t/f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Tabella 8: Valori di accettazione in cantiere – barre

<u>Caratteristica</u>	<u>Valore limite</u>	<u>Note</u>
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	527 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0 %	per acciai B450C
A_{gt} massimo	≥ 2,0 %	per acciai B450A
f_t/f_y	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t/f_y	$f_t/f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	≥ Sez. nom. Φ maggiore \times 450 \times 25%	per acciai B450A e B450C

Tabella 9: Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci

Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal fabbricante, il Direttore dei Lavori dispone la ripetizione della prova su 6 ulteriori campioni dello stesso diametro e se anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi a 25 campioni. L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al fabbricante, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Il Direttore dei Lavori, inoltre, deve comunicare il risultato anomalo al Servizio Tecnico Centrale.

Dopodiché occorre fare la verifica sulla fornitura di elementi sagomati o assemblati provenienti dal centro di trasformazione. Il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente dei requisiti di tale centro, può recarsi presso il medesimo centro ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di accettazione prescritti. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle e etichettature indelebili, che i campioni inviati per le prove da effettuarsi presso il laboratorio incaricato delle prove di accettazione in cantiere, siano effettivamente quelli prelevati nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove contenente l'indicazione delle strutture cui si riferisce ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

2.7 Controllo infissi

2.7.1 Certificazione degli infissi

Gli infissi, chiamati anche serramenti, sono certificati con la marcatura CE, infatti, si tratta di un obbligo di legge ed i serramenti (finestre, persiane, grate, frangisole) non fanno eccezione. La marcatura CE indica che il prodotto deve essere conforme a tutte le disposizioni che prevedono il suo utilizzo, quindi, il serramento deve essere conforme ai requisiti essenziali previsti dalle direttive in materia di sicurezza e salubrità a tutela del consumatore.

Tale marcatura, inoltre, deve essere sviluppata dal produttore del serramento, infatti, ogni serramentista deve redigere il Manuale di Controllo di Produzione in Fabbrica (o F.P.C.), ovvero un sistema con cui attesta e garantisce l'omogeneità della produzione ed il mantenimento nel tempo delle caratteristiche prestazionali coincidenti con i risultati delle prove. La documentazione sulla marcatura CE deve essere conservata dal produttore per almeno 10 anni e va rilasciata per legge al momento della consegna della fattura.

Nel caso in cui il serramentista violi i principi generali e le disposizioni relative alla Marcatura CE rischia 4 conseguenze: di non essere pagato dal cliente perché sui serramenti installati vi era l'assenza della marcatura; una denuncia alle autorità competenti; un controllo della guardia di finanza e, infine, una denuncia da parte del Direttore dei Lavori.

Le metodologie di posa dei serramenti si possono individuare nella norma UNI 11673-1 e la loro progettazione deve evidenziare sia gli isolamenti sia un sistema di fissaggio meccanico adeguato in base alla scelta dei materiali. Si devono, inoltre, rapportare all'edificio su piani distinti sullo spessore dell'involucro, cioè, il piano di permeabilità agli agenti atmosferici e piano di tenuta agli agenti atmosferici.

2.7.2 Piano di permeabilità agli agenti atmosferici

2.7.2.1 Permeabilità all'aria

La permeabilità dell'aria è il flusso d'aria che passa attraverso un campione del componente chiuso e sottoposto a determinate pressioni di prova positive e negative, le quali simulano le condizioni d'uso e misurano riferendo la quantità del flusso (in metri cubi per ora m³/h).

La norma EN 1026 definisce il metodo per determinare il valore di permeabilità all'aria di porte e finestre completamente assemblate e realizzate in qualsiasi materiali, inoltre, occorre specificare che tale prova non si applica ai giunti tra telaio del serramento e la muratura (giunti tra telaio fisso e controtelaio), le cui eventuali permeabilità vanno valutato a parte dal progettista.

Dato che la certificazione ottenuta sia ritenuta significativa, la misura del campione di prova dovrebbe essere quella prevista in uso e tale aspetto non va trascurato in quanto la permeabilità all'aria è condizionata dalle caratteristiche meccaniche (rigidezza) del serramento.

Le prove a pressione negativa (lato esterno in depressione) riguardano le aperture verso l'esterno (a sporgere) e coinvolgono le valutazioni di risparmio energetico più che di comfort e devono essere specificamente richieste dal produttore in sede di certificazione delle prestazioni. Conviene, quindi, specificare se tale requisito è ritenuto vincolante per la commessa in oggetto e quali sono le prestazioni richieste.

In base alla superficie totale e sulla lunghezza dei lati apribili si ottengono diverse classi di prestazione.

Classe	Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa	Pressione massima di prova (Pa)
0	Non sottoposto a prova	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Tabella 10: Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa ed alle pressioni massime di prova, in rapporto alla superficie totale per le classi da 1 a 4

Classe	Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa	Pressione massima di prova (Pa)
0	Non sottoposto a prova	
1	12,5	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Tabella 11: Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa ed alle pressioni massime di prova, in rapporto alla lunghezza dei lati apribili per le classi da 1 a 4

Si può notare che il semplice riferimento alla norma non garantisce nessuna prestazione (classe 0) e i massimi livelli della pressione di prova sono raggiunti dalle classi 1 e 2, mentre, quelli più bassi dalle classi 3 e 4.

Nell'ambito di una classe si possono trovare grandi differenze di prestazione: quando un campione ottiene risultati differenti non viene classificata se vi sono 2 classi di differenza, ma, viene inserito nella classe più favorevole se vi è una classe di differenza.

Il progettista potrà compiere delle valutazioni autonome relative alle intensità ricorrenti dei venti in relazione al luogo di progetto e alla morfologia del fabbricato e far riferimento a criteri speditivi di progetto resi disponibili nella norma UNI 11173. Volendo svolgere valutazioni autonome, il progettista dovrà far riferimento a dati affidabili relativi alla zona in cui si trova ad operare e tale valutazione è quella ottenuta calcolando l'azione aerodinamica sul serramento valutata a partire da una velocità di riferimento V_b .

Nelle NTC la velocità di riferimento è associabile ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, poiché per tempi di ritorno pari ad 1 anno le velocità da prendere in considerazione diminuiscono del 25%. Nella valutazione della permeabilità all'aria conviene riferirsi a valori che rappresentino fenomeni che possano accadere più volte l'anno, quindi, è opportuno valutare le azioni aerodinamiche calcolate utilizzando valori pari a circa il 60% delle velocità di riferimento V_b , per poi confrontarle con le pressioni utilizzate ai fini di certificazione.

Se, invece, si usano i metodi speditivi ci si riferirà ai contenuti della UNI 11173, dove la scelta viene orientata tenendo conto di differenti fattori: tipo di esposizione, zona di vento, distanza dalla costa, orientamento e condizioni climatiche dell'ambiente esterno.

2.7.2.2 Resistenza al vento

Ci sono diversi aspetti di interesse riguardo alla resistenza meccanica e stabilità dei serramenti, infatti, essi possono indicare la stabilità interna del componente, cioè la capacità di sopportare gli sforzi normali e/o eccezionali a cui sarà sottoposto. Un altro aspetto interessante riguarda le strutture di interfaccia con il fabbricato, ovvero, tutti gli elementi (fissaggi, controtelai, ecc.) che si interpongono tra i serramenti stessi e le altre parti di un edificio.

La classificazione dei serramenti in termini di resistenza al vento viene fatta al termine di 3 prove di laboratorio condotte secondo le indicazioni della norma EN 12211:

1. la prima prova viene svolta ad una pressione nominale P_1 , che serve per misurare le deformazioni di parti del campione di prova; la deformazione massima ammissibile è una delle caratteristiche da cui dipende la classificazione del componente;
2. la seconda prova viene condotta per 50 cicli con pressioni massime $P_2 = 0.5P_1$ sia positive sia negative e serve per valutare le prestazioni a fronte di carichi di vento ripetuti (a valle vengono valutate anche le prestazioni di permeabilità all'aria per cui è ammesso uno scostamento massimo del 20% rispetto al valore misurato a campione integro);
3. nella terza prova viene applicata una pressione $P_3 = 1,5P_1$ sia positiva sia negativa e serve per valutare la sicurezza del serramento in condizioni estreme.

In base alle pressioni di prova che il prodotto ha sopportato si possono individuare diverse classi:

Classe	P1	P2 ^{a)}	P3
0	non sottoposto a prova		
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
Exxxx ^{b)}	Zxxx		
a) questa pressione viene ripetuta 50 volte. b) Il campione sottoposto a prova con un carico del vento superiore a classe 5, vengono classificati Exxx – dove xxxx è la pressione reale di prova P1 (per esempio 2350 ecc.)			

Tabella 12: Classificazione del carico di vento

Il progettista, nel formulare le specifiche dei serramenti, può sia prendere in esame gli eventi che ritiene possano accadere molte volte nel ciclo di vita utile del componente (e perciò dedurre la classe a partire dalla P2), oppure pensare alla difesa da eventi estremi e, quindi, tener conto della pressione P3. In quest'ultimo caso, i punti deboli del serramento, sottoposto ad azioni estreme, sono le meccaniche di chiusura ed i pannelli vetrari, quindi, gli esemplari che andranno in opera dovranno essere simili a quelli oggetto di prova.

In caso contrario, invece, occorreranno strategie per consentire l'applicazione estesa dei risultati di prova, che può avvenire valutando:

- la pressione sul singolo punto di chiusura sia simile a quella dell'oggetto di prova. Se un serramento in opera avrà dimensioni maggiori rispetto al prototipo di prova, maggiore sarà la forza totale che impegna i punti chiusura e un loro incremento potrà far convergere il comportamento del serramento verso quello del modello certificato;
- la pressione sul vetro, che non deve provocarne la rottura, anche in una dimensione differente rispetto al modello in prova. Per far questo si può ricorrere ad un calcolo analitico (usando il modello di calcolo presente nella prEN13474 - ancora non disponibile);
- si può invece riferire a dati aggregati reperibili in UNI 7143 (norma appena ritirata ma ritenuta sino ad oggi di riferimento per le applicazioni serramentistiche).

Nel progetto di norma prEN 13474 viene affrontato il problema della verifica di pannelli vetrari che siano destinati ad usi in cui la loro integrità sia di rilevante importanza. La norma è prevista in 3 parti: la prima è dedicata alle applicazioni vetrarie tipiche da serramento; la seconda è dedicata alle applicazioni edilizie non strutturali nelle diverse giaciture interne; la terza, infine, è dedicata alle applicazioni tipicamente strutturali (giaciture orizzontali calpestabili ecc.).

2.7.3 Piano di tenuta agli agenti atmosferici: la tenuta all'acqua

La formazione di umidità su parti o pareti dell'opera rappresenta una violazione del requisito UE relativo a "igiene, salute e ambiente". La penetrazione, attraverso i componenti vetrati, di acqua nell'edificio rappresenta un problema che causa umidità sulle parti interne dell'edificio, infatti, la tenuta all'acqua è un parametro prestazionale tracciato proprio per questi scopi.

La tenuta all'acqua è rappresentata dalla pressione massimo fino a cui un serramento, chiuso e fissato come da istruzioni del costruttore, è in grado di resistere alle infiltrazioni d'acqua. In questo caso, non si mettono in atto le misure quantitative dei flussi in entrata, ma si volge l'attenzione al valore di soglia della pressione per cui si iniziano ad avere perdite di tenuta nelle condizioni normalizzate, tuttavia, i campioni di prova vengono sottoposti ad erogazione costante con determinate quantità di acqua sulla superficie esterna, mentre ad intervalli regolari, sono applicati incrementi di pressione positiva.

Nella norma EN 1027 sono previsti 2 metodi di prova che differiscono nella modalità di irrorazione e nelle pressioni massima della prova. Il metodo A simula la piena esposizione del serramento e viene condotto sino alla massima pressione di riferimento (pari a 600 Pascal), che è la pressione massima ma può essere ulteriormente innalzata se sono richieste prestazioni di tipo eccezionale. Il metodo B, invece, tende a simulare le condizioni di lavoro di serramenti parzialmente protetti e viene condotto con pressioni massime pari a 300 Pascal.

<u>Pressione di prova</u>	<u>Classificazione</u>		<u>Specifiche</u>
	Metodo di prova A	Metodo di prova B	
P_{max} in Pa			
-	0	0	Nessun requisito
0	1°	1B	Irrorazione per 15 min
50	2°	2B	Come classe 1 ÷ 5 min
100	3°	3B	Come classe 2 ÷ 5 min
150	4°	4B	Come classe 3 ÷ 5 min
200	5°	5A	Come classe 4 ÷ 5 min
250	6°	6B	Come classe 5 ÷ 5 min
300	7°	7B	Come classe 6 ÷ 5 min
450	8°	-	Come classe 7 ÷ 5 min
600	9°	-	Come classe 8 ÷ 5 min
> 600	Exxx	-	Al di sopra di 600 Pa con cadenza di 150 Pa, la durata di ciascuna fase deve essere di 5 minuti
Nota: Il metodo A è adatto per prodotti pienamente esposti. Il metodo B è adatto per prodotti parzialmente protetti. a) Dopo 15 minuti a pressione zero e 5 minuti alle fasi susseguenti			

Tabella 13: Classificazione dei metodi di prova

Dalla tabella si può notare che i campioni che risultano impermeabili a pressioni di prova > 600 Pa e per un minimo di 5 minuti sono classificati Exxx, dove xxx è la massima pressione di prova.

2.8 Strato di impermeabilizzazione della copertura

2.8.1 Classificazione delle membrane

L'impermeabilizzazione è uno degli aspetti più critici della costruzione o ristrutturazione di qualsiasi edificio dal punto di vista tecnologico e funzionale, perché un'impermeabilizzazione errata o mal eseguita può causare numerosi inconvenienti. Uno di questi è sicuramente l'acqua, infatti, è una delle principali causa di degrado degli edifici storici o moderni, in particolare sotto forma di infiltrazioni dalla copertura, le quali causano due tipologie di danni: danni alle finiture come intonaci o rivestimenti e danni strutturali.

I primi provocano soprattutto un degrado estetico e funzionale, con diminuzione del comfort abitativo interno e abbattimento dell'efficienza della coibentazione termica, in particolare se di tipo a cappotto interno oppure esterno. I secondi costituiscono, invece, un serio rischio per l'incolumità di persone e cose o possono addirittura comportare la formazione di dissesti.

Le parti più vulnerabili sono sia i rivestimenti in piastrelle di ceramica, pietra, gres o clinker, che distaccandosi rischiano di cadere al suolo con effetti rovinosi, sia gli elementi strutturali in cemento armato come balconi, velette, tettoie, cornicioni o pensiline. Il degrado di questi ultimi è assai caratteristico e si manifesta con la corrosione dell'armatura metallica, che aumenta di volume causando la rottura e il distacco del copriferro, conseguendo l'accelerazione del degrado, poiché l'armatura esposta alle intemperie si arrugginisce più velocemente, diminuendo di sezione e compromettendo la resistenza dell'elemento strutturale.

Esistono tre tipologie principali di materiali per impermeabilizzare: le guaine bituminose e in materiale plastico e l'impermeabilizzazione con resina o "guaina liquida".

2.8.1.1 Guaine bituminose

Le guaine bituminose sono membrane prefabbricate, vendute in rotoli, con spessore generalmente di 4 millimetri e un'armatura di supporto costituita da un tessuto-non-tessuto di poliestere oppure da un velo in fibre di vetro. Hanno una buona resistenza agli sbalzi di temperatura e sono molto elastiche, fatto che costituisce un vantaggio perché riescono ad assecondare le deformazioni termiche del materiale a cui aderiscono.

Ne esistono due versioni: semplici e doppie (impropriamente dette "corazzate"), cioè formate da due guaine sovrapposte e rese solidali. Le prime sono usate soprattutto per i tetti a falde, mentre le seconde per le coperture piane specialmente se di tipo "verde".

Questi materiali sono calpestabili, ma per una maggiore durata temporale è consigliabile proteggerle con una pavimentazione, mentre, per le coperture non praticabili esistono specifiche guaine con finiture superficiali protettive. Se lasciate a vista, tendono ad accumulare molto calore a causa del loro colore nero intenso ed è buona norma proteggerle con uno strato in ghiaia.



Figura 6: Impermeabilizzazione con guaina bituminosa

2.8.1.2 Guaina in materiale plastico

Anche in questo caso si tratta di membrane prefabbricate in materiale plastico, generalmente in PVC, polietilene o EVA (Etilene Vinil Acetato); queste ultime hanno uno spessore di 2,8 o 3,1 mm, una buona resistenza al fuoco e all'esposizione ai raggi ultravioletti, ottima elasticità e flessibilità a freddo -25 °C. Sono, inoltre, armate sulla faccia inferiore con tessuto non tessuto e sono disponibili sotto forma di rotoli con dimensioni standard. Nonostante non sono molto diffuse, hanno le stesse applicazioni delle guaine bituminose.

2.8.1.3 Impermeabilizzazione con resine o “guaine liquide”

Quest'ultima soluzione è molto utilizzata soprattutto in caso di manutenzione di una copertura praticabile o non praticabile quando non è possibile (oppure non si vuole) rimuovere la pavimentazione o la guaina già esistente.

Le cosiddette “guaine liquide” sono formate da resine impermeabilizzanti mono o bi-componenti, vendute in forma liquida e già pronte per l'uso o da miscelare sul momento; vengono talvolta armate con un tessuto in vetro poli-direzionale per aumentarne la resistenza e la superficie finita si presenta liscia, lucida e perfettamente rifinita e può sostituire una pavimentazione. Sono, inoltre, autolivellanti e dunque in grado di pareggiare le irregolarità del sottofondo.

Le guaine liquide presentano sia vantaggi che svantaggi:

- risolvono egregiamente le situazioni contingenti ma, essendo garantite per soli dieci anni, non sono una soluzione a lungo termine;
- essendo autolivellanti, la creazione delle pendenze per un corretto deflusso delle acque risulta complicata: si potrebbero perciò produrre pozzanghere e ristagni d'acqua, con conseguente pericolo di infiltrazioni in caso di lesioni;
- essendo rigide, non risultano adatte a tetti piani con orditure in legno, assai frequenti negli edifici storici del sud Italia;
- in caso di forti grandinate o impatto con un corpo contundente la superficie si potrebbe graffiare accidentalmente, compromettendo il proprio aspetto estetico;
- la stuccatura di lesioni o la sostituzione dell'intero manto risulta meno agevole rispetto a una guaina bituminosa o in materiale plastico.

2.8.2 Come scegliere la corretta tipologia di impermeabilizzazione

La tipologia dell'impermeabilizzazione va scelta tenendo conto dei materiali, delle caratteristiche e dei carichi della copertura perché ciascun "pacchetto" varia considerevolmente in base a tali fattori.

Nei tetti piani la guaina di impermeabilizzazione ha un ruolo fondamentale, perché ad essa è interamente assegnata la protezione dalle infiltrazioni d'acqua, ma per svolgere al meglio la propria funzione dev'essere inserita in un pacchetto di copertura efficiente e adeguatamente progettato.

Nel caso di un lastrico solare praticabile, dal basso verso l'alto esso prevede generalmente:

- 1) la struttura portante, generalmente costituita da un solaio di laterocemento;
- 2) il massetto di pendenza in calcestruzzo alleggerito per convogliare le acque piovane verso i bocchettoni di raccolta: la pendenza minima è dello 0,5%, ma quella ottimale è dell'1-2%;
- 3) una barriera al vapore, costituita da una sottilissima membrana in grado di impedire al vapore acqueo proveniente dall'interno di danneggiare la coibentazione termica;
- 4) la coibentazione termica in pannelli rigidi e calpestabili, il cui spessore varia in base alla zona climatica, alle caratteristiche dell'edificio e al grado di isolamento richiesto;
- 5) la guaina di impermeabilizzazione, semplice oppure a doppio strato;
- 6) la pavimentazione in un materiale poco poroso come gres o clinker.

Quest'ultima può essere posata direttamente sulla guaina oppure di tipo galleggiante, cioè "sospesa" grazie ad appositi supporti creando una sottile intercapedine: si tratta di una soluzione molto praticata perché la pavimentazione può essere rimossa assai velocemente per controllare l'efficienza dei bocchettoni di raccolta dell'acqua piovana e lo stato di conservazione della guaina.

In un "tetto verde", invece, il pacchetto di copertura cambia leggermente. Dal basso verso l'alto si ha:

- 1) struttura portante;
- 2) massetto di pendenza;
- 3) barriera al vapore;
- 4) coibentazione termica;
- 5) guaina di impermeabilizzazione, da scegliere sempre a doppio strato grazie alla sua maggiore resistenza alla forza di penetrazione delle radici delle piante;
- 6) strato drenante di ghiaia
- 7) elemento di separazione in tessuto non tessuto;
- 8) terreno con vegetazione.

Nel caso di un tetto a falde, infine, la guaina di impermeabilizzazione svolge invece un ruolo più marginale, entrando in azione soltanto in caso di scivolamento o rottura di alcuni elementi del manto di copertura: viene dunque posta sul tavolato strutturale e sotto l'ondulina portacoppo.

In questo caso, si possono utilizzare sia le guaine bituminose monostrato, più sottili e flessibili rispetto a quelle doppie, sia quelle in materiali plastici. Nel caso di orditura strutturale in legno è consigliabile scegliere un modello auto-adesivo oppure applicabile a freddo con mastice o collanti, perché quelli che richiedono di essere ammorbiditi con la fiamma possono risultare pericolosi a causa del rischio d'incendio. Se, invece, la soletta è di calcestruzzo questa cautela è superflua.

2.8.3 Raccomandazioni da seguire prima della messa in opera

2.8.3.1 Trasporto, movimentazione e stoccaggio

Nelle fasi precedenti alla posa, è opportuno osservare tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento o il deterioramento dei prodotti.

La prima raccomandazione riguarda il trasporto, infatti, occorre evitare il contatto con oggetti che possano causare tagli o lacerazioni alle membrane perché un danno irreparabile del materiale comporterà alla sua sostituzione e una volta che il materiale è arrivato a destinazione bisogna fare attenzione nelle fasi di scarico, in quanto bisogna evitare impatti violenti con il terreno. La movimentazione del materiale in cantiere deve avvenire in sicurezza, cioè, bisogna evitare il sollevamento dei rotoli sfusi tramite corde o altri accessori impropri, i quali possono rovinare il materiale o compromettere la sicurezza degli operatori. Per questo motivo, i rotoli dovranno essere posizionati in piedi su superfici piane e prive di ruvidità.

Lo stoccaggio deve avvenire al coperto in un luogo ventilato e al riparo dai raggi del sole, possibilmente con una temperatura non inferiore a +5°C. Bisogna, inoltre, evitare la sovrapposizione dei pallet soprattutto nel caso di membrane autoprotette con lamina metallica, ma in ogni caso bisogna interporre opportuni strati di separazione e non si deve sovrapporre mai più di due piani.

Prima di posare in opera lo strato di impermeabilizzazione bisogna assicurarsi che le condizioni atmosferiche siano tali da non compromettere l'efficacia della posa, infatti, la sospensione dei lavori avviene in caso di pioggia, neve, nebbia intensa e quando la temperatura è inferiore a +5°C, perché possono causare diversi inconvenienti: formazione sulle membrane di umidità e brina, che pregiudicano l'adesione dei teli sia nelle giunzioni che al piano di posa e la condensazione di umidità tra la membrana ed il piano di posa, la quale, nei periodi caldi, una volta evaporata può causare bolle e rigonfiamenti nel manto impermeabile.

2.8.3.2 Verifica dell'uso dei DPI

L'installazione dello strato di impermeabilizzazione è classificabile come un lavoro in quota, quindi, il Responsabile dei Lavori deve verificare che gli addetti ai lavori usino correttamente i DPI (Dispositivi di Protezione Individuale), i quali devono essere descritti nel POS (Piano Operativo Sicurezza). Ma la vera e propria progettazione della sicurezza negli interventi in quota deve essere fatta nella primissima fase di organizzazione del cantiere e risultare parte integrante del PSC (Piano Sicurezza e Coordinamento).

I lavori in quota richiedono l'attivazione di misure di protezioni collettive, che riguardano l'intero procedimento e devono coinvolgere tutti i lavoratori. Per poter scegliere il sistema di protezione collettiva più indicato è indispensabile individuare i rischi ai quali sono esposti i lavoratori nell'esecuzione di un certo tipo di lavoro. Un esempio di rischio può essere il pericolo di caduta dall'alto, che è molto frequente nei cantieri.

2.8.4 Raccomandazioni da seguire durante la messa in opera

Durante la posa in opera ci possono diverse problematiche riguardanti l'installazione dello strato di impermeabilizzazione, cioè, la relazione tra l'elemento di tenuta e la posizione dell'isolamento termico.

Le prescrizioni sulle sovrapposizioni e prescrizioni variano in base al tipo di posa.

2.8.4.1 Disposizione dei teli impermeabili

La posa in opera dei teli di impermeabilizzazione può avvenire per sovrapposizione, la quale è l'operazione che viene eseguita per dare continuità tra le parti separate e può essere realizzata per fusione, incollaggio, auto-adesione, solubilizzazione. Le indicazioni riguardanti le diverse tipologie di posa del manto impermeabile in opera devono essere coerenti con quanto prescritto dalle normative UNI EN 11333-1 e UNI EN 11333-2.

Se ne possono distinguere tre diverse tipologie:

1. Totale aderenza

L'incollaggio può essere eseguito a caldo con una fiamma mediante un generatore a gas propano, oppure, a freddo per auto-adesione, ma si cerca di incollare il 100% della superficie inferiore, la cui reale quantità dipende dall'uniformità del piano di posa, che dovrà essere adeguatamente preparato per ricevere l'incollaggio. Il tipo di collante dovrà essere calcolato in modo da resistere alla forza di estrazione del vento, perciò, il secondo strato e gli eventuali strati successivi costituenti l'elemento di tenuta dovranno sempre essere totalmente incollati agli strati sottostanti.

2. Totale indipendenza

La membrana di impermeabilizzazione viene mantenuta in posizione mediante zavorramento, che può essere realizzato con elementi mobili o con un elemento fisso, il cui peso deve essere dimensionato in relazione alla forza di estrazione del vento. In corrispondenza del perimetro esterno e dei corpi emergenti, l'elemento di tenuta dovrà essere totalmente incollato per almeno un metro in orizzontale sul piano di posa, mentre, il secondo strato e gli eventuali successivi strati costituenti l'elemento di tenuta dovranno sempre essere incollati agli strati sottostanti.

3. Semi-indipendenza

In questo caso solo una parte della superficie viene incollata, o a freddo o a caldo mediante un generatore a gas propano. Il piano di posa dovrà essere adeguatamente preparato per ricevere l'incollaggio, ma questo genere di posa viene scelto quando sullo strato di supporto sono presenti cavillature o fessurazioni che ne impediscano la posa in totale aderenza.

In corrispondenza del perimetro esterno e dei corpi emergenti, l'elemento di tenuta dovrà essere totalmente incollato per almeno un metro in orizzontale sul piano di posa e sempre sui risvolti verticali. La superficie di aderenza, infine, deve essere calcolata in modo da resistere alla forza di estrazione del vento.

2.8.4.2 La funzione dell'isolante

L'isolante può assolvere la funzione di regolazione se l'elemento strutturale non è adatto per ricevere l'elemento di tenuta e in questo caso la direzione di posa dell'elemento di tenuta deve essere perpendicolare alla direzione di posa dei pannelli. Bisogna, inoltre, verificare le modalità di posa dell'elemento di tenuta perché l'applicazione a caldo può raggiungere anche i 200 °C.

In accordo con la normativa UNI 826:2013, gli elementi termoisolanti riportano nella stringa identificativa prevista dalla marcatura CE, l'indicazione della loro resistenza a compressione, alla deformazione massima del 10%.

2.8.4.3 Prescrizioni delle sovrapposizioni

Le prescrizioni sulle sovrapposizioni sono di diverso tipo:

- la larghezza minima della sovrapposizione laterale deve essere di 80 mm, con almeno 60 mm di adesione effettiva;
- la larghezza minima della sovrapposizione di testa deve essere di 150 mm, con almeno 100 mm di adesione effettiva (per membrane senza autoprotezione);
- per membrane con autoprotezione, la larghezza minima della sovrapposizione di testa deve essere di 150 mm, previa preparazione della superficie con eliminazione dell'autoprotezione, con almeno 100 mm di adesione effettiva.

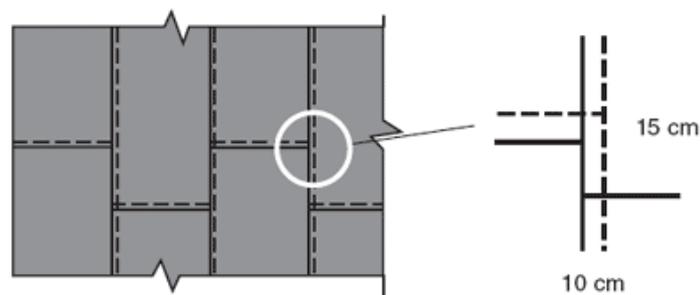


Figura 7: Esempio di sovrapposizione di testa

Ci sono alcuni casi in cui le membrane vengono assemblate con fissaggio meccanico in corrispondenza delle giunzioni, il quale viene eseguito mediante chiodi di espansione o viti autofilettanti con rondelle del diametro di circa 70 mm. La chiodatura varierà secondo le condizioni climatiche e bisogna applicare un minimo di 5 fissaggi per pannello, che saranno applicati al centro e negli angoli ad una distanza di circa 5 cm dai bordi.

Il fissaggio meccanico viene predisposto su strutture instabili sottoposte a movimenti ciclici (strutture metalliche, tensostrutture) ed in corrispondenza delle zone perimetrali della copertura, che sono quelle maggiormente soggette al rischio di sollevamento del manto.

Nel caso di realizzazione di elementi di tenuta in doppio strato, il secondo strato potrà essere posizionato longitudinalmente, ma sfalsandolo rispetto allo strato inferiore di 50 cm, oppure, trasversalmente allo strato inferiore, che è la prassi più sicura, e deve essere incollato a fiamma in completa aderenza sul primo in modo da ridurre al minimo i rischi di perdite di tenuta.

È vietata, infine, la sovrapposizione di quattro teli per ogni singolo strato.

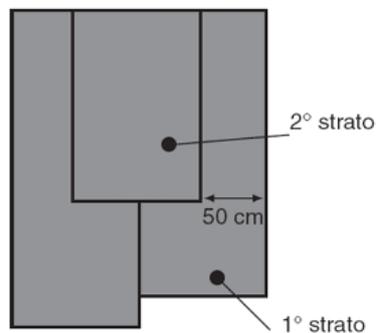


Figura 8: Realizzazione di elementi di tenuta in doppio strato

CAPITOLO 3: Processi posti in atto nella fase dei controlli di qualità

3.1 Il ruolo del Responsabile dei Lavori

Il Responsabile dei Lavori è una figura nominata dal committente per fare le sue veci su aspetti tecnici-professionali inerenti con la sicurezza in cantiere. Questo lo si deduce dalla definizione che dà l'art. 89, comma 1 lett. c) *“soggetto che può essere incaricato dal committente per svolgere i compiti ad esso attribuiti dal presente decreto; nel campo di applicazione del D.Lgs. 15 aprile 2006, n.163, e successive modificazioni, il responsabile dei lavori è il responsabile del procedimento”*. In caso di mancata nomina, il Responsabile dei Lavori coincide con il committente.

3.1.1 Quando nominare il Responsabile dei Lavori

Il Responsabile dei Lavori può essere nominato nei seguenti casi: quando il committente non ha le capacità professionali per rispettare tutti gli obblighi a lui imposti dalla normativa e quando l'opera è commissionata da più committenti (ad esempio, un condominio o un immobile che abbia già proprietari). Nel primo caso, la figura del responsabile dei lavori si rende necessaria per sopperire alle nozioni in materia di sicurezza del committente, mentre nel secondo caso, è utile sia sotto l'aspetto tecnico sia pratico, infatti, in caso di sanzione in assenza di nomina del Responsabile dei Lavori, la stessa viene ripetuta per ogni committente.

3.1.2 Nomina del Responsabile dei Lavori

La nomina deve essere eseguita in forma scritta e sottoscritta dalle parti interessate. È fondamentale che l'incarico dato al Responsabile dei Lavori venga redatto sotto forma di vera e propria delega, altrimenti il committente continuerebbe ad essere investito delle proprie responsabilità, nonostante la nomina.

Lo stesso principio vale sia che si tratti di ente pubblico o privato, ma l'unica differenza tra i due soggetti sta nella scelta del soggetto: se il privato può scegliere chi vuole per rappresentarlo nei lavori (ovviamente la scelta del soggetto rimane una responsabilità a cui risponde il committente), purché concorde con i requisiti della normativa, l'ente pubblico può nominare solo ed esclusivamente il RUP (Responsabile Unico del Procedimento) che dall'art.89, comma 1, lett.c: *“...nel campo di applicazione del D.Lgs. 12 aprile 2006, n.163, e successive modificazioni, il responsabile dei lavori è il responsabile del procedimento”*.

È importante, quindi, nominare un professionista al quale saranno delegati i compiti del committente, qualora questo non sia in grado di gestire il cantiere, o comunque preferisca farlo seguire ad un soggetto propriamente qualificato.

Pur trattandosi di una figura alternativa, la nomina del Responsabile dei Lavori non esonera completamente il committente dalle proprie responsabilità, infatti, quest'ultimo dovrà comunque rispondere per colpa in eligendo (scelta appropriata del professionista) e per colpa in vigilando (verifica dell'operato del responsabile dei lavori). Da parte del professionista

incaricato pertanto è augurabile una serie presa di coscienza dell'incarico e delle responsabilità che ne derivano, oltre che delle sanzioni alle quali potrebbe andare incontro.

3.1.3 Obblighi e responsabilità del responsabile dei lavori

Dal momento in cui viene affidato l'incarico di Responsabile dei Lavori, allo stesso spettano tutti gli obblighi in capo al committente, così come stabilito dall'art.93, comma 1: *“il committente è esonerato dalle responsabilità connesse all'adempimento degli obblighi limitatamente all'incarico conferito al responsabile dei lavori”*. Il numero e la tipologia delle responsabilità del responsabile dei lavori dipendono dai contenuti della nomina che allo stesso viene conferita dal committente e vengono indicati dal D.Lgs. 81/08, art. 90:

1. Il Committente o il Responsabile dei Lavori, nelle fasi di progettazione dell'opera, si attiene ai principi e alle misure generali di tutela di cui all'articolo 15, in particolare:
 - a. Al momento delle scelte architettoniche, tecniche e organizzative, onde pianificare i vari lavori o fasi di lavoro che si svolgeranno simultaneamente o successivamente;
 - b. All'atto della previsione della durata di realizzazione di questi vari lavori o fasi di lavoro
2. Il Committente o il RL, nella fase della progettazione dell'opera, prendono in considerazione i documenti di cui all'articolo 91, comma 1, lettere a) e b);
3. Nei cantieri in cui è prevista la presenza di più imprese esecutrici, anche non contemporanea, il Committente o il RL, anche nei casi di coincidenza con l'impresa esecutrice, contestualmente all'affidamento dell'incarico di progettazione designa il Coordinatore per la Progettazione;
4. Nei cantieri in cui è prevista la presenza di più imprese esecutrici, anche non contemporanea, il Committente o il RL, anche nei casi di coincidenza con l'impresa esecutrice, contestualmente all'affidamento dell'incarico di progettazione designa il Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, in possesso dei requisiti di cui all'articolo 98;
5. La disposizione di cui al comma 4 si applica anche nel caso in cui, dopo l'affidamento dei lavori ad un'unica impresa, l'esecuzione dei lavori e di parte di essi sia affidata a una o più imprese [...];
6. Il Committente o il RL comunica alle imprese affidatarie, alle imprese esecutrici e ai lavoratori autonomi il nominativo del Coordinatore per la progettazione e quello del Coordinatore per l'esecuzione dei lavori.;
7. Il Committente o il RL ha facoltà di sostituire in qualsiasi momento, anche personalmente, se in possesso di requisiti di cui all'articolo 98, i soggetti designati in attuazione dei commi 3 e 4;
8. Il Committente o il RL, anche nel caso di affidamento dei lavori ad un'unica impresa o a un lavoratore autonomo:
 - a. Verifica l'idoneità tecnico-professionale delle imprese affidatarie, delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi in relazione alle funzioni o ai lavori da affidare, con le modalità di cui all'Allegato XVII. Nei cantieri la cui entità presunta è inferiore a 200 uomini/giorno e i cui lavori non comportano rischi particolari di cui all'Allegato XI, il requisito di cui al periodo che precede si considera soddisfatto mediante presentazione da parte delle imprese e dei lavoratori autonomi del

- certificato di iscrizione alla Camera di Commercio, Industria e Artigianato e del Documento Unico di Regolarità Contributiva, corredato da autocertificazione in ordine di possesso degli altri requisiti dall'Allegato XVII;
- b. Chiede alle imprese esecutrici una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavoratori effettuate all'Istituto Nazionale della Previdenza Sociale (INPS), all'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL) e alle Casse Edili, nonché una dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative, applicato ai lavoratori dipendenti. Nei cantieri la cui entità presunta è inferiore a 200 uomini/giorno e i cui lavori non comportano rischi particolari di cui all'Allegato XI, il requisito di cui al periodo che precede si considera soddisfatto mediante presentazione da parte delle imprese del Documento Unico di Regolarità Contributiva, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16 bis, comma 10, del Decreto Legge 29 novembre 2008, n.15, convertito con modificazioni dalla Legge 28 gennaio 2009, n.2, e dell'autocertificazione relativa al contratto collettivo applicato,
 - c. Trasmette all'amministrazione concedente, prima dell'inizio dei lavori oggetto del Permesso di Costruire o della Denuncia o della Comunicazione di Inizio Attività, copia della Notifica Preliminare di cui all'articolo 99, il Documento Unico di Regolarità Contributiva delle imprese dei lavoratori autonomi, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16 bis, comma 10 del Decreto Legge 29 novembre 2008, n.185, convertito con modificazioni dalla Legge 28 gennaio 2009, n.2, e una dichiarazione attestante l'avvenuta verifica della ulteriore documentazione di cui alle lettere a) e b);
9. In assenza del PSC di cui all'articolo 100 o del Fascicolo di cui all'articolo 91, comma 1, lettera b), quando previsti, oppure in assenza di Notifica di cui all'articolo 99, quando prevista oppure in assenza del Documento Unico di Regolarità Contributiva delle imprese o dei lavoratori autonomi, è sospesa l'efficacia del titolo abilitativo. L'organo di vigilanza comunica l'inadempienza all'amministrazione concedente [...].

3.2 Processi per la realizzazione dell'opera

3.2.1 Scelta delle attrezzature

Per attrezzature di cantiere si definiscono tutti quei mezzi meccanici di grandi o di piccole dimensioni che, con l'ausilio totale o parziale di operatore al mezzo stesso, producono lavoro. La scelta delle attrezzature (da quelle grandi fino all'utensileria) deve essere ben attenta e ponderata, poiché spedire in cantiere componenti obsoleti ed inefficienti crea soltanto perdita di tempo nel loro montaggio e, più in generale, nella loro gestione, incidono sui costi di cantiere e di produzione.

L'elenco delle attrezzature è di solito redatto dal Responsabile dei Lavori affiancato dal capocantiere ed è legato in parte alla disponibilità dei mezzi di proprietà dell'azienda, mentre, altri possono essere affittati. Si dovranno, pertanto, definire e distinguere i mezzi da utilizzare, sia di proprietà dell'azienda sia da noleggiare sul posto.

Tale scelta è in stretta correlazione con la durata di impiego e con la connessa convenienza economica e questo è fondamentale perché è legata strettamente alla futura produttività e, in definitiva, alla produzione finale: sbagliare attrezzature spesso significa incorrere in perdite economiche notevoli in termini di uomini e mezzi. Questo discorso vale anche per la scelta di tutte quelle attrezzature di supporto e di quei materiali per la produzione che agevolano maestranze ad operare con meno fatica e con minor spreco di energia.

Il noleggio è certamente più conveniente nel caso di attrezzature particolarmente costose e delle quali non si prevede una successiva utilizzazione per altri lavori. A favore dell'opzione di noleggio per i mezzi meccanici, vi è anche da considerare il rapido e continuo progresso tecnologico che genera mezzi sempre più efficienti, con maggior grado di sicurezza per gli operatori e che rende, quindi, rapidamente obsoleti quelli del modello precedente.

3.2.2 Organizzazione della viabilità

L'organizzazione della viabilità è un punto importante della progettazione del cantiere sia che riguarda i mezzi meccanici sia le persone. Come prima questione da affrontare, occorre fare delle opportune differenze tra le tipologie di lavoro, ad esempio in tutti i cantieri si deve provvedere alla realizzazione di rampe e corsie solide e con la pendenza opportuna a fare transitare i mezzi di trasporto di cui si prevede l'impiego.

È buona norma che il transito all'interno del cantiere avvenga seguendo un senso unico di marcia al fine di evitare incroci e manovre pericolose.

Un esempio sono le rampe di accesso al fondo degli scavi, in quanto devono avere una carreggiata solida con resistenza e pendenza adatte al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego. L'accesso pedonale al fondo dello scavo deve essere reso indipendente dall'accesso carrabile e nel caso in cui l'accesso sia unico, la larghezza della rampa deve essere più larga di 70 cm (per parte) del mezzo più ingombrante, così da consentire il passaggio di una persona in caso di emergenza.

Qualora in tratti lunghi il passaggio extra di 70 cm sia possibile solo da una parte, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio a intervalli non superiori a 20 metri lungo l'altro lato. Per quanto riguarda, invece, le vie di accesso ed i punti pericolosi che non è possibile proteggere, essi devono essere opportunamente segnalati adottando le disposizioni necessarie per evitare cadute o crolli a monte dei posti di lavoro.

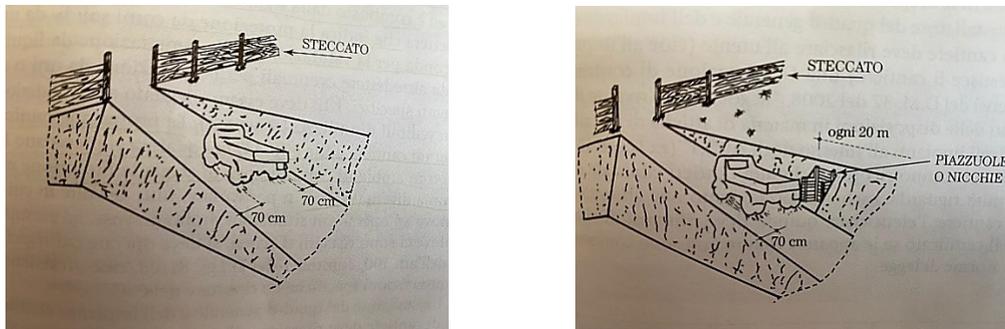


Figure 9-10: Schemi illustrativi delle disposizioni minime da rispettare nell'organizzazione della viabilità

I percorsi interni pedonali non dovrebbero intersecare la viabilità interna dei veicoli, però, è comunque opportuno segnalare con appositi cartelli la presenza di ostacoli o il passaggio sotto travature della costruzione o portali del ponteggio. In cantieri di piccole dimensioni, dove la viabilità è ridotta ad un semplice piazza di carico e scarico (come nel nostro caso di studio), occorre richiedere la presenza costante di un operatore in assistenza ai mezzi in manovra, per i quali è possibile prescrivere l'accensione degli avvisatori acustici di retromarcia durante il movimento all'interno del cantiere.

Tutta la segnaletica di cantiere che viene installata in prossimità di sedi stradali, infine, deve rispettare perfettamente il Codice della Strada, in particolare nel caso di lavori che interessano direttamente la marcia dei veicoli o dei pedoni. Nel caso in cui sia necessario disporre la segnaletica su strade pubbliche o private aperte all'uso pubblico, anche solo temporaneamente, occorre chiedere l'autorizzazione preventiva all'autorità competente (Comune, Provincia, ...).

3.2.3 Arrivo del materiale in cantiere

Il Responsabile dei Lavori deve essere avvertito telefonicamente, o con qualsiasi altro metodo, in tempo per l'arrivo dei materiali in cantiere in modo tale da organizzarsi e recarsi sul luogo di lavoro. Il secondo aspetto non deve essere sottovalutato, in quanto se il Responsabile dei Lavori si trova fuori sede ed è incaricato di un cantiere che si trova in un'altra regione o città, dovrà calcolare la tempistica per raggiungere il cantiere, infatti, dovrà essere avvisato in tempo in modo da informare i suoi collaboratori.

Il ruolo del Responsabile dei Lavori in questo caso è molto importante perché è quella figura professionale che nell'ambito di un'impresa di costruzioni, durante la realizzazione dell'opera, ha la responsabilità della gestione dei materiali, la quale è un'attività critica di un cantiere, infatti, per affrontarla occorre predisporre un'apposita organizzazione di uomini, mezzi e precise procedure operative.

Nel ciclo produttivo, al Responsabile dei Lavori viene affidato il compito di assicurare l'arrivo in magazzino di tutti i materiali necessari ed un ritardo di essi o di una loro parte può bloccare parte del ciclo produttivo, infatti, una conseguenza molto comune è l'allungo dei tempi della realizzazione dell'opera, ricorrendo, così, a proroghe per il permesso di costruire comportando ad un incremento dei costi dell'opera in questione.

La gestione dei materiali può essere organizzata con l'ausilio di programmi computerizzati, che si tratta di registrare, su base quotidiana, l'arrivo in cantiere di tutti i materiali per tipo e categoria. Essa comprende:

- la preparazione della documentazione necessaria al ricevimento dei materiali;
- la registrazione dei materiali arrivati a magazzino (“presa in carico”);
- il controllo, all'arrivo del materiale, della correttezza e completezza dei relativi documenti di accompagnamento e degli eventuali danni subiti durante il trasporto;
- la preparazione, in caso di danni, della documentazione necessaria per le pratiche assicurative e la comunicazione alla direzione dell'inconveniente;
- il controllo qualità dei materiali che vengono presi in consegna;
- la messa in stato di conservazione dei materiali deteriorabili;
- l'attività di reintegro per la eventuale richiesta di sostituzione del materiale non più utilizzabile;
- la registrazione dei materiali che vengono prelevati dal cantiere (attività di scarico).

Il Responsabile dei Lavori, tuttavia, deve essere a perfetta conoscenza del software che l'azienda gli ha messo a disposizione per consentirgli, in tempi reali e con il minimo sforzo, di conoscere e divulgare la situazione di cantiere attraverso il report di cantiere.

L'uso dei programmi computerizzati gli consente di avere molto più tempo a disposizione per poter verificare di persona l'andamento dei lavori e seguire quotidianamente il personale: il flusso degli elaborati per costruzione, la gestione dei materiali, la gestione dei subappalti, il controllo dei costi, l'avanzamento fisico, la contabilità lavori, ecc.

3.2.4 Organizzazione delle squadre di cantiere

Prima dell'inizio del progetto è importante applicare il controllo della qualità ed è necessario assegnare le responsabilità sul controllo della qualità, che sono spesso assegnate a sovrintendenti o ai loro assistenti oppure a ingegneri a tempo pieno, i quali devono conoscere, oltre alle responsabilità che riguardano questa posizione, anche i requisiti del cantiere.

Gli obiettivi principali del controllo di qualità sono i seguenti:

- evitare la duplicazione degli sforzi;
- garantire che ogni aspetto di qualità sia protetto;
- fornire una chiara definizione delle responsabilità;
- fornire una guida efficace sul progetto per ottenere un lavoro di qualità;
- fornire documentazione su materiali, installazione e prove

La programmazione all'interno di un cantiere edile è quell'attività che permette la realizzazione dell'opera in ragione delle necessità tecniche dell'opera e nel rispetto della programmazione finanziaria dell'impresa, dove quest'ultima è un'attività gestita direttamente dai vertici dell'impresa, cioè, essa relaziona la produzione con i suoi costi, l'emissione degli stati di avanzamento ed il relativo incasso, il tutto rapportato con il tempo; tutto questo è utile per capire i bilanci economici ed i rientri contabili dell'impresa.

Prima di iniziare i lavori occorre eseguire una sequenza delle lavorazioni del cantiere e data la sua complessità, viene resa più immediata attraverso l'elaborazione di schemi e diagrammi di controllo, cioè sono dei grafici che mostrano la scansione programmata nel tempo delle lavorazioni.

Un esempio di questi schemi è il diagramma bidimensionale di Gantt, prende il nome dall'omonimo ingegnere francese che l'ha inventato, il quale rappresenta lungo l'asse orizzontale l'arco temporale del progetto, suddiviso in fasi incrementali (ad esempio giorni, settimane e mesi) e lungo l'asse verticale la successione delle attività da svolgere. Le barre di sviluppo di ogni attività possono sovrapporsi se alcune attività possono o devono essere eseguite in contemporanea.

Questi diagrammi, quindi, consentono lo sviluppo di un vero e proprio "calendario" per pianificare e controllare le operazioni di cantiere, che poi viene verificato dal Coordinatore in Fase Progettuale. Attraverso essi è possibile evidenziare le eventuali interferenze tra le lavorazioni, rimandando poi al PSC l'esame delle prescrizioni operative per lo sfasamento spaziale e temporale delle lavorazioni interferenti e le modalità di verifica del rispetto di tali prescrizioni. Ad esempio, se in un certo periodo sono previsti lavori di impermeabilizzazione della copertura nell'aria interessata dovrà essere presente solo il personale addetto adeguatamente protetto con i necessari Dispositivi di Protezione Individuali.

È, infine, molto importante che le squadre di lavoro che saranno interpellate per compiere un'attività devono essere per tempo avvisate e dovranno farsi trovare pronte sul posto al momento della chiamata. Questo comporta anche un rispetto dei tempi delle lavorazioni in modo che l'opera potrà essere finita coerentemente con quanto stabilito dal contratto inizialmente stipulato, in modo non ci sia un incremento dei costi a carico del committente.

3.3 Elenco dei controlli redatti dall'ufficio qualità

Il controllo della qualità riguarda il monitoraggio di alcune variabili, le quali devono essere coerenti con tutte le disposizioni e notazioni prese in sede di progetto e devono essere conformi agli standard di qualità adottati. I risultati dei lavori di controllo coinvolgono sia il risultato del prodotto sia i risultati sulla gestione del progetto.

Il controllo, di norma, viene eseguito dall'ufficio qualità o a volte viene effettuato da una divisione o da un ufficio responsabile esterno al progetto. Per facilitare l'applicazione della qualità ed i corrispondenti controlli è richiesto al pool di ingegneri che si troveranno in cantiere una buona conoscenza di strumenti statistici e una chiara comprensione di fattori, che sono ad esempio le tolleranze ed i limiti di controllo, cioè se il risultato ottenuto rientra nei limiti e se il prodotto è considerato accettabile dal punto di vista della qualità.

3.3.1 Prima della messa in opera

<u>Dati Input</u>	<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Dati Output</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Piano per gestire il sistema qualità - Checklist per l'attuazione di ispezioni e controlli sul processo o sul prodotto - Definizione degli elementi da controllare e nel modo di effettuare i controlli 	<ul style="list-style-type: none"> - Verifica dei contratti con i fornitori dei materiali - Controllo della qualità dei materiali impiegati - Controllo dei materiali che devono essere coerenti a quelli prescritti nel progetto - Applicare un sistema di indicatori per monitorare le performance e garantire un livello di qualità nel tempo 	<ul style="list-style-type: none"> - Approvazione del lavoro svolto - Checklist completate - Proseguimento lavori con la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione

Tabella 14: Controlli di qualità da eseguire prima della messa in opera

3.3.2 Controllo qualità dei materiali

La verifica del controllo del materiale è uno dei primi controlli che viene eseguito, appena il materiale è giunto in cantiere e viene eseguito prima della messa in opera. Occorre verificare che il prodotto sia pronto per la posa, che corrisponda al prodotto offerto, che questo sia conforme a quanto richiesto in fase di appalto e che sia iscritto nel registro relativo alla norma SIA 281.

Bisogna, inoltre, verificare che il prodotto detiene tutti quei requisiti che lo possano indicare come un materiale idoneo e certificato, infatti, occorre controllare che i prodotti detengono la marcatura CE che indica che i materiali soddisfano i requisiti essenziali di tutte le direttive

applicabili al prodotto e che sul prodotto sono state svolte tutte le prove e verifiche richieste dalle specifiche norme tecniche. Essa deve essere posta sui prodotti e/o sull'imballaggio e/o sui documenti di accompagnamento ed il marchio va apposto dal fabbricante del prodotto se non dall'importatore ufficiale autorizzato di un prodotto straniero oppure da chi mette per primo il prodotto sul mercato europeo.

Nel caso in cui, i materiali sono sprovvisti di tale marcatura o che il prodotto giunto in cantiere non è conforme a quello che è stato richiesto in sede il progetto, il Responsabile dei Lavori o un suo delegato può rifiutare il materiale e riportarlo al fornitore.

3.3.3 Durante la messa in opera

<u>Dati Input</u>	<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Dati Output</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Accettazione dei materiali - Conformità dei materiali - Presa visione della normativa nazionale vigente 	<ul style="list-style-type: none"> - Verifica delle tecniche di posa che siano prescritte con il progetto - Controllo dei collegamenti tra strati, realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato - Controllo dell'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari dove sono richieste lavorazioni in sito - Verifica delle resistenze meccaniche - Verifica dell'impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua - Verifica della continuità (discontinuità) degli strati 	<ul style="list-style-type: none"> - Approvazione del lavoro svolto - Checklist completate - Proseguimento con controlli finali

Tabella 15: Controlli di qualità da eseguire durante la messa in opera

3.3.4 Prova di adesione

Le prove di adesione fanno parte delle resistenze meccaniche. Tale verifica e valore di adesione sono determinate secondo la normativa SIA 281/3, la quale indica che è richiesta 1 prova ogni tappa di lavoro e/o ogni 200 m² di superficie impermeabilizzata.

I valori di adesione di una prova corrispondono al valore medio calcolato in base ai valori misurati per i 3 strappi (art. 2.4.2; SIA 281/3) e deve essere maggiore o uguale al valore limite, che è in funzione della temperatura ed è dato dalla norma SN 640 500.

- a 5°C: $\sigma \geq 0,76 \frac{N}{mm^2}$
- a 30°C: $\sigma \geq 0,26 \frac{N}{mm^2}$

Per le temperature intermedie i valori limiti di adesione sono da interpolare linearmente come il seguente grafico:

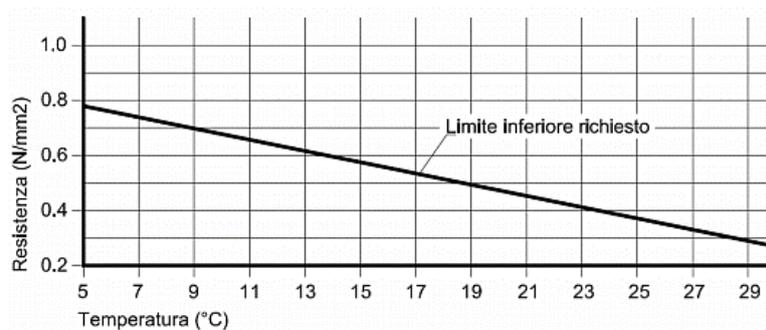


Figura 11: Valore limite di adesione in funzione della temperatura

Si possono fare le seguenti osservazioni: le prove di adesione sono a carico del committente se soddisfano i requisiti richiesti. Durante il loro svolgimento, la direzione dei lavori deve essere informata immediatamente dei valori di adesione ottenuti, mentre, se i risultati non dovessero rispettare le esigenze richieste, verranno eseguite delle altre prove in presenza della ditta appaltatrice dei lavori e del suo eventuale subappaltante, del progettista e della direzione dei lavori.

3.3.5 Prova di resistenza allo scollamento

Anche le prove di resistenza allo scollamento ed il valore di resistenza allo scollamento, come quelle di adesione, sono determinate secondo la norma SIA 281/2. Anche in questa verifica è richiesta 1 prova ogni tappa di lavoro e/o ogni 200 m² di superficie impermeabilizzata.

Il valore di resistenza allo scollamento di una prova corrisponde al valore medio calcolato in base ai valori misurati per le 3 strisce (art. 2.4.2; SIA 281/2) e deve essere maggiore o uguale al valore limite, che è in funzione della temperatura ed è dato dalla norma SN 640 450:

- a 5°C: $f \geq 6,2 \frac{N}{mm^2}$
- a 30°C: $f \geq 1,0 \frac{N}{mm^2}$

Per le temperature intermedie i valori limiti di scollamento sono da interpolare linearmente come il grafico seguente:

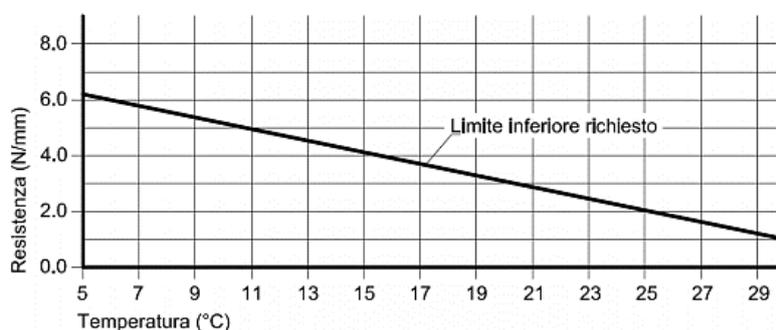


Figura 12: Valore limite di resistenza allo scollamento in funzione della temperatura

Si possono fare alcune osservazioni: le prove di verifica dello scollamento sono a carico del committente se soddisfano i requisiti richiesti. Durante l'esecuzione della prova, la direzione lavori deve essere informata immediatamente dei valori di adesione ottenuti, mentre, se i risultati non dovessero rispettare le esigenze richieste, verranno eseguite delle altre prove in presenza della ditta appaltatrice dei lavori e del suo eventuale subappaltante, del progettista e della direzione lavori.

3.3.6 Elenco dei controlli dopo la messa in opera

<u>Dato Input</u>	<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Dati Output</u>
- Esecuzione della messa in opera dello strato di impermeabilizzazione	<ul style="list-style-type: none"> - Prove localizzate per verificare la resistenza ad azioni meccaniche localizzate - Verifica dell'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento - Verifica della coerenza del risultato finale con le prescrizioni di progetto e con la funzione attribuita 	<ul style="list-style-type: none"> - Completamento lavoro - Miglioramento della qualità - Checklist completata

Tabella 16: Controlli di qualità da eseguire dopo la messa in opera

3.3.7 Controllo della saldatura

Il controllo della saldatura rappresenta una delle ultime verifiche che riguardano la compatibilità con le altre parti dell'edificio. La si può collocare nell'elenco dei controlli finali e si deve soprattutto verificare la perfetta aderenza delle saldature di continuità della membrana. Questa operazione avviene con l'aiuto di una cazzuola a punta tonda e con speciale cacciavite a punta stondata che verrà passato sul bordo esterno della saldatura per effettuarne il controllo e verificare la mancanza di cavillature o discontinuità della saldatura. Se la sigillatura non risulti perfetta dovrà essere ripristinata.

È, infine, consigliabile effettuare uno o più test di saldatura per verificare che l'apparecchiatura sia regolata e usata in modo appropriato di volta in volta.

3.4 Il giornale dei lavori

Il giornale dei lavori rappresenta il documento contabile con cui monitorare passo dopo passo l'andamento tecnico ed economico di un'opera. Durante l'esecuzione dell'appalto il Direttore dei Lavori ha la responsabilità del controllo contabile amministrativo e provvede al controllo di tutte le lavorazioni eseguite mediante la redazione degli atti contabili.

Il giornale dei lavori, quindi, rappresenta il documento in cui viene trascritto tutto ciò che accade in cantiere e include tutte le lavorazioni ed i controlli che vengono eseguiti ogni giorno di vita del cantiere. Come già detto viene predisposto dalla Direzione dei Lavori che annota:

- l'ordine ed il modo in cui progrediscono le lavorazioni;
- il numero degli operai presenti e le loro mansioni in rapporto al loro inquadramento professionale;
- le condizioni climatiche che influiscono sul cantiere;
- gli ordini di servizio;
- i processi verbali di accertamento di fatti;
- le sospensioni dei lavori;
- la ripresa dei lavori;
- osservazioni e decisioni in genere.

Se ne deduce che il giornale dei lavori riporti "la vita del cantiere" giorno per giorno e diventi effettivamente un documento nel quale entrino a far parte tutte le figure coinvolte. Le modalità di mantenimento, le responsabilità ed i contenuti sono fondamentali per una piena conoscenza dell'esecuzione dell'opera, sia per il Direttore dei Lavori che per la stazione appaltante.

Negli appalti privati non c'è obbligo di redigere questo documento, ma è comunque buona norma predisporre un quaderno su cui registrare almeno gli ordini di servizio fra Direzione Lavori, Coordinatore e imprese.

Assieme a tutti i controlli eseguiti da parte dell'ufficio qualità, nel giornale dei lavori vi saranno riportate tutte le informazioni reperite dal modello del progetto BIM, dove ognuna di esse sarà nell'elenco della relativa fase della messa in opera dello strato di impermeabilizzazione.

3.5 Informazioni reperibili dal modello del progetto BIM

BIM è l'acronimo di Building Information Modeling ed è una metodologia per gestire digitalmente tutte le informazioni di un'opera. Si può, quindi, confermare che non è un prodotto e non è un'evoluzione del CAD e non è una semplice rappresentazione in 3D.

Il BIM si occupa di descrivere tutto ciò che rientra nel ciclo di vita di un edificio: localizzazione geografica, geometria, proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, interventi di manutenzione e operazioni di demolizione. Consente, inoltre, di integrare in un modello le informazioni utili in ogni fase della progettazione, da quella architettonica a quella esecutiva, (strutture, impianti, sicurezza, manutenzione, prestazioni energetiche, ecc.) e gestionale (computi metrici, distinte fornitori, ecc.).

Il BIM, quindi, non è altro che un grande database che grazie ad esso è possibile accedere a qualsiasi informazione per poter costruire oggetti virtuali che mostrino, attraverso delle simulazioni (rendering, ...), ciò che sarà l'edificio una volta che viene portato a termine, con la possibilità di verificare le diverse caratteristiche tecniche e prestazionali già in fase di progettazione.

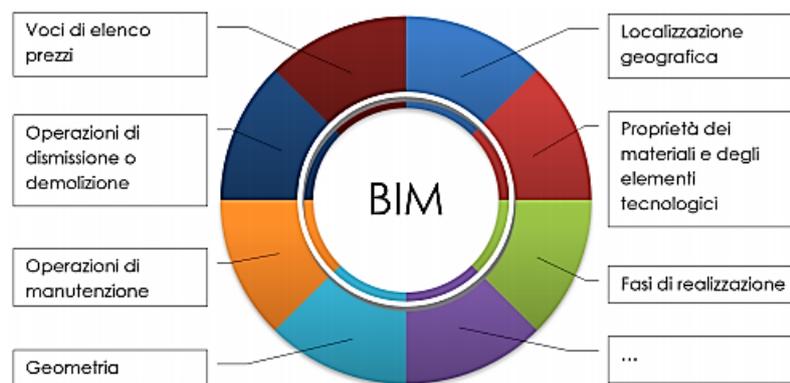


Figura 13: Informazioni ricavabili dal BIM

L'adozione di questo sistema di progettazione permette anche un miglior lavoro di squadra, all'interno del quale progettisti, strutturisti, impiantisti ed impresa edile possono collaborare su un progetto centralizzato occupandosi ognuno della propria disciplina. La partecipazione attiva, l'accesso a informazioni sempre aggiornate e il coordinamento imposto dalla condivisione di un unico modello, riduce drasticamente il tasso percentuale di errori e incongruenze, abbassando il numero di modifiche e, in ultima istanza, i costi di progettazione rendendo il tutto più economicamente sostenibile.

Successivamente, sono state elencate le informazioni reperibili dal modello del progetto BIM del caso di studio, le quali saranno utili all'ufficio qualità per i controlli che deve eseguire prima, durante e dopo la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione.

3.5.1 Informazioni reperite per eseguire i controlli prima della messa in opera dello strato di impermeabilizzazione

<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Informazioni recuperate dal modello del progetto BIM</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Verifica dei contratti con i fornitori dei materiali - Controllo della qualità dei materiali impiegati - Controllo dei materiali che devono essere coerenti a quelli prescritti nel progetto - Applicare un sistema di indicatori per monitorare le performance e garantire un livello di qualità nel tempo 	<ul style="list-style-type: none"> - Distinte fornitori - Localizzazione cantiere - Dimensioni del manto di copertura necessaria per eseguire l'opera - Tipologia di materiale per eseguire l'opera

Tabella 17: Informazioni utili per effettuare i controlli prima della messa in opera

Localizzazione del cantiere:

- Indirizzo del progetto: Ancona, Marche, Italy;
- Latitudine: 43.61174774169922
- Longitudine: 13.508793830871582

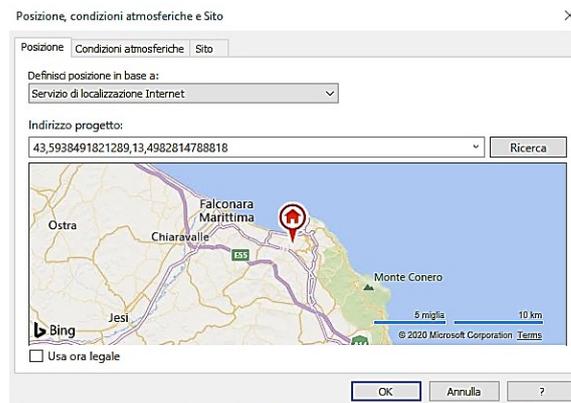


Figura 14: Localizzazione dell'oggetto di studio

Dimensioni del manto di copertura:

- Perimetro: 31,60 m
- Area: 59,17 m²
- Volume: 12,43 m³
- Costo, €2.50 a mq: € 147,93

Tipologia del materiale:

- Famiglia: Famiglia di sistema – Pavimento

- Tipo: 160 mm Concrete With 50 mm Metal Deck

3.5.2 Informazioni reperite per eseguire i controlli durante la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione

<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Informazioni recuperate dal modello del progetto BIM</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Verifica delle tecniche di posa che siano prescritte con il progetto - Controllo dei collegamenti tra strati, realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato - Controllo dell'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari dove sono richieste lavorazioni in sito - Verifica delle resistenze meccaniche - Verifica dell'impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua - Verifica della continuità (discontinuità) degli strati 	<ul style="list-style-type: none"> - Informazioni contenute nella planimetria - Informazioni relativa sulla sicurezza della lavorazione - Proprietà dei materiali e degli elementi tecnologici

Tabella 18: Informazioni utili per effettuare i controlli durante la messa in opera

Informazioni contenute nella planimetria

La planimetria del garage si sviluppa in due locali: un'area principale adibita al garage composto da due serrande basculanti di dimensioni 2400 x 1900 mm (trasmissione termica: 3.7021 W/m²K) per l'inserimento dei mezzi o accessori vari ed un bagno eseguito per le strette necessità contenente un WC e un lavandino.

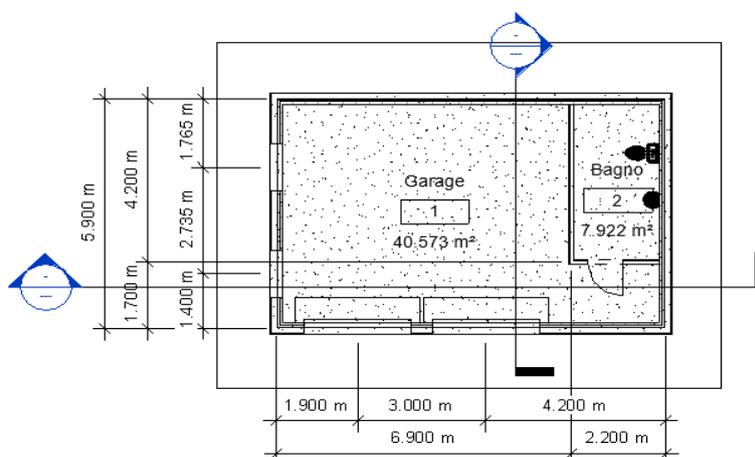


Figura 15: Planimetria garage

Informazioni sulla sicurezza:

- Quota del livello del piano di posa: $h = 2.70 \text{ m}$
- Temperatura alla quale la membrana viene posta in opera: $T_{\text{amb}} = 20^{\circ}\text{C}$
- Inclinazione copertura: 1%
- Sporgenza copertura: 0.50 m

Proprietà dei materiali e degli elementi tecnologici:

- Stratigrafia del manto di copertura:

<u>Strato</u>	<u>Materiale</u>	<u>Spessore (m)</u>
Finitura Interna	Intonaco Bianco	0.01
Soletta strutturale	Rete elettrosaldata	0.005
Struttura	CLS, Cast-in-Plac	0.100
Strato di pendenza		0.01
Elemento termoisolante	Lana di vetro	0.05
Impermeabilizzazione	Poliestere	0.003
Sottofondo		0.03
Finitura esterna	Intonaco bianco	0.02

Tabella 19: Stratigrafia del manto di copertura

- Proprietà analitiche del manto di copertura:
 - Coefficiente di scambio termico (U): $10.46 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$
 - Resistenza termica (R): $0.1012 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$
 - Massa Termica: 14.04 kJ/K
 - Assorbimento: 0.100
 - Ruvidità: 1
- Proprietà dei materiali:

<u>Strato</u>	<u>Materiale</u>	<u>Peso specifico</u> (kg/m^3)	<u>Conduttività termica</u> (W/mK)
Finitura Interna	Intonaco Bianco	1400	0.70
Struttura	CLS, Cast-in-Plac	2400	2.50
Elemento termoisolante	Lana di vetro	50	0.040
Impermeabilizzazione	Poliestere	1	0.20
Finitura Esterna	Intonaco Bianco	1800	0.87

Tabella 20: Proprietà tecniche dei materiali che formano il pacchetto di copertura

- Proprietà tecniche strato di impermeabilizzazione:

<u>Materiale</u>	Lighterflex HPCP 20 POL. – 15 POL. – 5 POL.	<u>Unità di misura</u>	<u>Normativa di riferimento</u>
Spessore	0.003	m	EN 1849-1
Massa areica	2.7	Kg/m ²	EN 1849-1
Dimensione rotoli	1x10	m	EN 1848-1
Impermeabilità	60	kPa	EN 1928-B
Resistenza a Trazione delle giunzioni	600/400	N/50mm	EN 12317-1
Forza a trazione massima	40/45	%	EN 1231-1
Resistenza al punzonamento dinamico	1250	mm	EN 12691-A
Resistenza al punzonamento statico	15	kg	EN 12730-A
Resistenza alla lacerazione al chiodo	160/200	N	EN 12310-1
Stabilità dimensionale	-0.3/+0.10	%	EN 1107-1
Flessibilità al freddo	20P/-20	°C	EN 1109
Resistenza allo scorrimento e alle alte temperature	120	°C	EN 1110
Euroclasse di reazione al fuoco	E		EN 13501-1
Comportamento al fuoco esterno	F roof		EN 13501-5
Capacità termica	3.51	kJ/K	

Tabella 21: Proprietà tecniche strato di impermeabilizzazione

3.5.3 Informazioni reperite per eseguire i controlli dopo la messa in opera dello strato di impermeabilizzazione

<u>Controlli da eseguire</u>	<u>Informazioni recuperate dal modello del progetto BIM</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Prove localizzate per verificare la resistenza ad azioni meccaniche localizzate - Verifica dell'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento - Verifica della coerenza del risultato finale con le prescrizioni di progetto e con la funzione attribuita 	<ul style="list-style-type: none"> - Informazioni contenute nelle sezioni costruttive e nei prospetti - Informazioni contenute nel modello 3D - Prestazioni energetiche - Operazioni di demolizione e dismissione nel caso in cui si ha una lavorazione errata - Operazioni di manutenzione straordinaria

Tabella 22: Informazioni utili per effettuare i controlli dopo la messa in opera

Informazioni contenute nelle sezioni

Nelle due sezioni costruttive sono state riportate le quote di ogni livello: dal magrone che si trova a -0.40 m a livello di posa in opera dello strato di impermeabilizzazione che si trova ad una quota di +2.70 m. Sono state disposte, infine, due sezioni costruttive per far notare nel dettaglio la stratigrafia dei muri esterni.

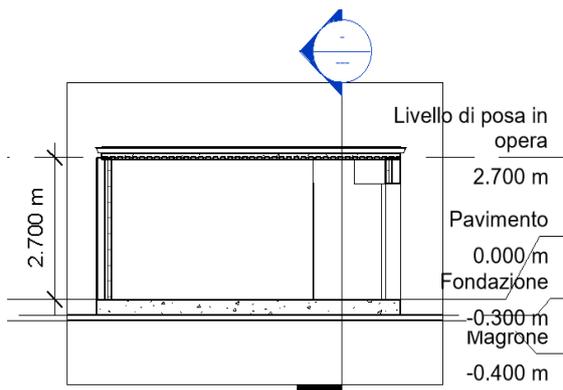


Figura 16: Sezione A-A

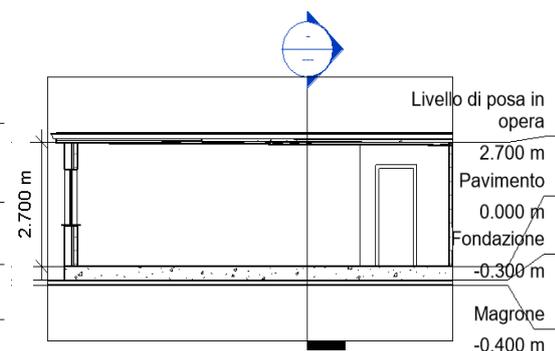


Figura 17: Sezione B-B

Informazioni contenuti nei due prospetti

Sono stati presi diversi prospetti per far notare dall'esterno come viene visto l'oggetto di studio.

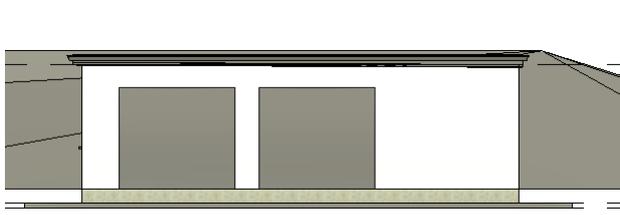


Figura 18: Prospetto sud

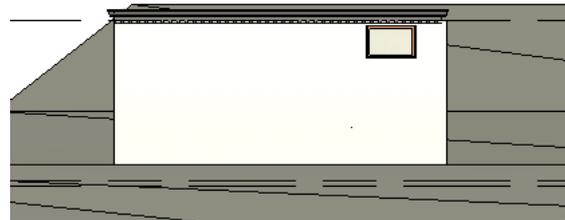


Figura 19: Prospetto est

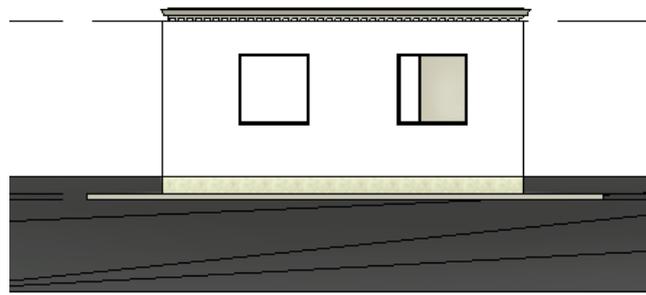


Figura 20: Prospetto Ovest

Informazioni vista 3D

Grazie alla vista 3D è possibile vedere dall'alto il caso di studio.

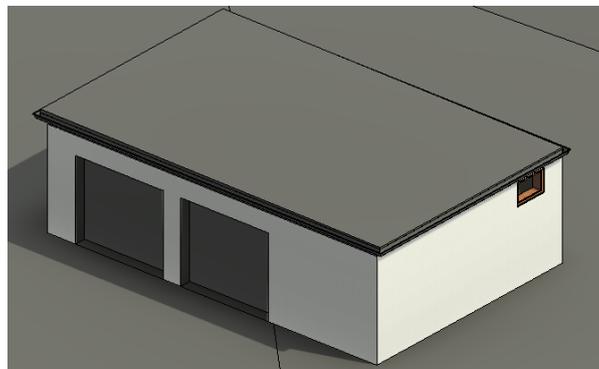


Figura 21: Vista 3D

CAPITOLO 4: Dynamo per Revit

4.1 Cosa è Dynamo?

Dynamo è un'interfaccia di programmazione grafica che consente di personalizzare il flusso di lavoro relativo alle informazioni edilizie e viene installato assieme al programma Revit, ma esiste anche una versione indipendente nota come Dynamo Studio.

Grazie a Dynamo si possono realizzare flussi di lavoro basati su un sistema formato da nodi, i quali una volta collegati gli uni con gli altri tramite dei connettori creano un flusso di dati in modo tale integrare il disegno eseguito nel modello digitale di Revit.

Dynamo ha la caratteristica di gestire l'automazione delle attività in Revit, cioè permette di controllare i parametri di Revit in modo più efficiente grazie a dei nodi chiamati Code Block. Si può dire, quindi, che Dynamo può eseguire diverse attività:

- manipolazioni complesse di dati;
- relazioni strutturali;
- controlli geometrici.

Mescolando la fluidità della programmazione visiva e della creazione di script con un modello digitale collegato, Dynamo offre un modo di decisamente innovativo e nuovo.

4.2 Estrazione dati

Per script, in informatica, si intende un tipo caratteristico di programma scritto in una particolare classe di linguaggi di programmazione, chiamati linguaggi di scripting.

Dynamo permette l'esecuzione degli script e grazie ad essi si è avuta la possibilità di notare il potere che ha Dynamo nel collegarsi con un programma esterno come, ad esempio Microsoft Excel, per poter estrarre i dati dal modello di Revit e trasferirli in tale programma.

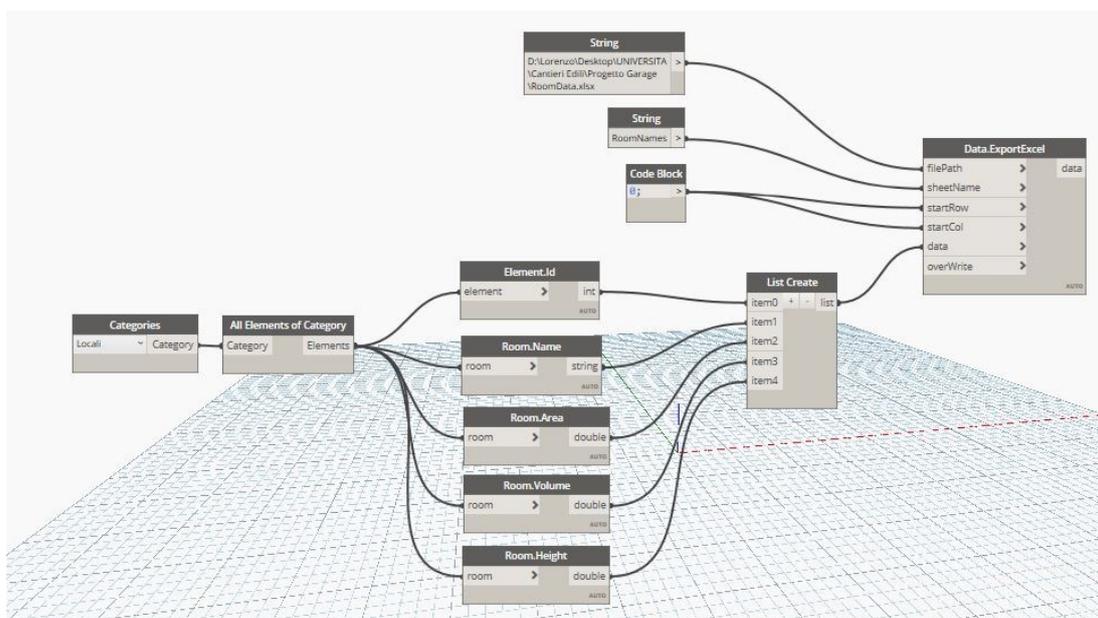


Figura 22: Flusso creato con Dynamo per l'estrazione dati

L'obiettivo della creazione del flusso rappresentato dalla figura soprastante è stato quello di estrarre dei parametri dal modello BIM del caso di studio e inserirli automaticamente in un file Excel. Il requisito minimo per soddisfare tale obiettivo è quello di aver installato sul proprio PC il programma Microsoft Excel e il raggiungimento di esso è stato permesso grazie alla corretta esecuzione del flusso. Una volta che tutti i nodi sono connessi tramite dei connettori, il programma Dynamo genera automaticamente un file Excel con i parametri che noi abbiamo deciso di inserire e di estrarre; in questo caso, si sono recuperati dei dati riguardanti i due locali presenti nel progetto: l'area del garage e il bagno.

Ogni tipo di flusso funziona tramite il collegamento dei nodi, i quali possiedono due porte: la porta input, che è situata a sinistra del nodo e permette al nodo di acquisire dei dati, e la porta output, che si trova a destra del nodo e permette di inviare i dati elaborati dal nodo ad un altro successivo. Per capire come è stato creato il flusso, sono stati spiegati tutti i nodi che ne fanno parte e le loro funzionalità.

<u>Nome nodo</u>	<u>Funzionalità/Descrizione</u>	<u>Input</u>	<u>Output</u>
Categories	Fornisce l'accesso a tutte le categorie disponibili in attivo nel modello Revit.		Categoria scelta nel menu a tendina.
All Element of Category	Permette di ottenere tutti gli elementi della categoria specificata dal modello.	Categoria scelta dal menu a tendina.	Elementi trovati dalla categoria indicata.
Room Name	Permette di ottenere il nome del locale indicato.	Elementi trovati dalla categoria indicata.	Fornisce i nomi dei locali.
Element ID	Consente di ottenere l'ID Element. Per ID si intende un numero che rappresenta ogni locale nel modello.	Elementi trovati dalla categoria indicata.	Fornisce l'elemento ID di ogni locale.
Room Area	Si ottiene l'area dell'elemento corrente.	Elementi trovati dalla categoria indicata.	Fornisce l'area geometrica dei locali.
Room Volume	Si ottiene il volume dell'elemento corrente.	Elementi trovati dalla categoria indicata.	Fornisce il volume geometrico dei locali.
Room Height	Si ottiene l'altezza dal suolo dell'elemento corrente.	Elementi trovati dalla categoria indicata.	Fornisce l'altezza dei locali.
List Create	Crea un nuovo elenco in base al numero di input specificati.	Numero di parametri necessari per creare la lista richiesta.	Creazione della lista contenente i parametri per inserirli su Excel.

String	Generazione di una scrittura.		Indica il cammino del file di calcolo di Excel
Code Block	Consente la creazione diretta di codice DesignScript		Viene immesso 0 per indicare che i dati devono essere scritti nella colonna A del foglio di Excel
Data.ExportExcel	Scrive i dati specificati in un foglio di calcolo Microsoft Excel. I dati vengono scritti riga per riga, mentre, i sottelenchi vengono scritti in righe successive.	<ul style="list-style-type: none"> - File Path: indica il percorso del foglio di calcolo di Microsoft Excel e viene indicato grazie ad una stringa; - Sheet Name: nome del foglio di lavoro nel quale vengono scritti i dati; - Start Row: indica la riga iniziale per la scrittura dei dati; - Start Col: indica la colonna iniziale per la scrittura dei dati; - Data: dati da scrivere nel foglio di calcolo 	Realizzazione file Excel contenente i requisiti richiesti

Tabella 23: Tabella raffigurativa dei nodi che compongono il flusso

Nella figura sottostante è stata eseguita la cattura del foglio di calcolo Microsoft Excel che si è creato automaticamente grazie alla realizzazione del flusso con Dyanmo.

	A	B	C
1	ID	209209	209484
2	Nome Locale	Garage	Bagno
3	Area (mq)	40,57	7,92
4	Volume (mc)	120,44	23,35
5	Altezza dal suolo (m)	2,70	2,70

Tabella 24: Tabella dati estratti dal modello Revit

Occorre, infine, sottolineare che si possono estrarre altri parametri dal modello BIM tramite Dynamo ma si possono selezionare altre categorie da interrogare. Questa che si è analizzata è solo una delle tante funzionalità che Dynamo può eseguire.

4.3 Architettura di rete client – server

Il termine sistema client – server indica un’architettura di rete nella quale un computer (client) si connette ad un server per l’utilizzo di un certo tipo di servizio. I sistemi client – server sono un’evoluzione dei sistemi basati sulla condivisione delle risorse: la presenza di un server permette ad un certo numero di client di dividerne le risorse, lasciando che sia il server a gestire gli accessi alle risorse per evitare conflitti di utilizzazione.

Le reti locali LAN, la rete internet, i sistemi informatici ed i sistemi operativi sono organizzati sotto una forma una tipica architettura client – server per eseguire i rispettivi servizi.

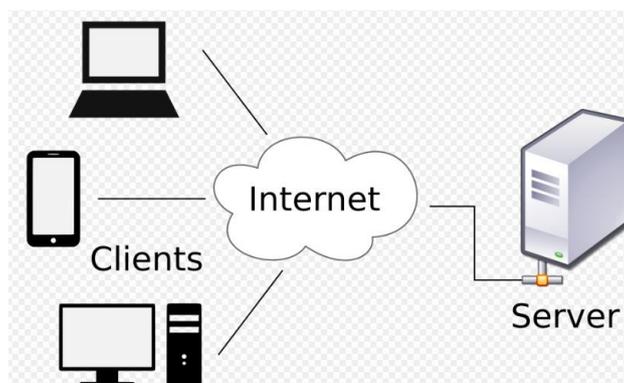


Figura 23: Architettura di rete client – server

Il software client si limita ad operare come interfaccia verso il server, infatti, il termine client indica una componente che accede ai servizi o alle risorse di un altro partecipante. Un computer collegato ad un server tramite una rete locale, al quale richiede uno o più servizi, utilizzando uno o più protocolli di rete è un esempio di client hardware, invece, un programma di posta elettronica è un esempio di client software.

Il software server, invece, oltre alla gestione logica del sistema deve attivare tutte le tecniche di gestione degli accessi, rilascia delle risorse, condivisione e sicurezza dei dati. Ad esempio, un server di posta elettronica è paragonabile di un qualunque ufficio postale e gli utilizzatori per accedere via client alla loro posta elettronica devono essere autorizzati.

I due software sono in collegamento tramite un protocollo di comunicazione attraverso una rete di comunicazione, dove il protocollo può essere in chiaro o crittografato. Nell'ambito delle telecomunicazioni, due o più host (ad esempio, computer, telefono, ...) possono comunicare tra di loro rispettando norme, chiamati protocolli di rete. L'aderenza a questi protocolli garantisce agli host una corretta comunicazione, nonostante siano realizzate indipendentemente.

Questo tipo di architettura di sistema è utile al nostro caso di studio: grazie a Dynamo (server) è possibile estrarre dei dati dal progetto del modello BIM, i quali verranno trasferiti tramite connessione ai dispositivi (client), ad esempio dei tablet, con i quali il team di ingegneri dell'ufficio qualità utilizzerà per svolgere i controlli in cantiere.

Conclusioni

In conclusione a questo elaborato, posso dire che grazie alla mia ricerca ho avuto la possibilità di approfondire le conoscenze riguardo ai temi trattati, e ciò mi ha inoltre permesso di affacciarmi a nuovi approcci alla progettazione.

I processi organizzativi sono molto importanti in fase progettuale, in quanto favoriscono lo spirito di squadra che permette l'aumento di collaborazione e coordinazione tra le squadre di cantiere, evitando che tra esse si sviluppino fraintendimenti, che porteranno poi a errori nelle fasi successive.

Per quanto riguarda la fase più strettamente progettuale, invece, penso che tutte le informazioni che si possono ricavare dal progetto di un modello BIM, permettono il miglioramento dell'esecuzione dei controlli di qualità da parte degli ingegneri, in quanto questi ultimi avrebbero la possibilità di giungere in cantiere conoscendo già le caratteristiche dell'opera in questione e, quindi, sapranno affrontare nella maniera più consona il lavoro da svolgere.

Posso quindi concludere dicendo che le nuove tecnologie e strumentazioni mettono a disposizione del personale di cantiere informazioni utili, agevolandone il lavoro anche dal punto di vista della tempistica.

Bibliografia

- “Construction Jobsite Management”, William R. Mincks, Hal Johnston;
- “Progettazione Costruzione e Impianti” Tomo 2C di G. Koenig, B. Furiozzi, M.Masini;
- “Indagini, Monitoraggi e Modello Geotecnico del Sottosuolo” di Francesco Castelli - Università di Enna “Kore”;
- “Global Media System”, settembre 2009;
- “Contract e Project Management” – strumenti di programmazione e controllo di commessa in edilizia di Pietro D. Patrone, Virgilio Piras;
- “Gestione del Cantiere e Sicurezza dell’Ambiente di Lavoro” di M. Coccagna, E. Mancini;
- “Calcolo del coefficiente U e catalogo degli elementi costruttivi per nuovi edifici”, svizzera energia;
- Materiale fornito dal docente Carbonari Alessandro “Gestione esecuzione strutture in CA”, A.A 2018/19;
- Materiale fornito dal docente Lemma Massimo “Serramenti”, A.A 2017/18;
- Programma utilizzato: Autodesk Revit 2020.

Sitografia

- <http://biblus.acca.it/focus/wbs-work-breakdown-structure-cose-si-utilizza/>
- <http://larem.it/come-organizzare-un-evento-di-successo-wbs/>
- https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_it.htm
- https://www.gazzettaufficiale.it/do/atto/serie_generale/caricaPdf?cdimg=18A007160010010110012&dgu=2018-02-20&art.dataPubblicazioneGazzetta=2018-02-20&art.codiceRedazionale=18A00716&art.num=1&art.tiposerie=SG
- <https://www.vendereinfissi.it/marcatura-ce-serramenti-controlli-sanzioni/>
- <https://news.wuerth.it/progettisti/norma-uni-11673-1/>
- https://www.generalmembrane.it/sites/default/files/General-Membrane_Manuale-Posa-Membrane-Bituminose_IT_web.pdf
- <https://www.teknoring.com/news/sicurezza-sul-lavoro/il-responsabile-dei-lavori-chi-e-e-come-viene-nominato/>
- http://www.ferredilceru.it/uploads/2016_07_14_10_45_00.pdf
- <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/impermeabilizzare-balconi-coperture-guaina-pvc/>
- https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/1464_2013_356_18236.pdf
- https://www.simone.it/appaltipubblici/direzione/gestione_del_cantiere.htm
- <https://www.kimia.it/it/blog/5-cose-da-fare-prima-di-un-impermeabilizzazione-chiedi-a-esperto>
- https://www.edilportale.com/Speciali/Impermeabilizzazione/coperture_06.asp?v=im&@=
- https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/Guide/Guida_Impermeab.pdf

- https://www.generalmembrane.it/sites/default/files/General-Membrane_Manuale-Posa-Membrane-Bituminose_IT_web.pdf
- <https://www.indexspa.it/indexspacom/TECNOPLAN/pdf/LIGHTERFLEX-IT.pdf>
- <http://biblus.acca.it/focus/giornale-dei-lavori/>
- http://www.sirolo.pannet.it/Engine/RAServeFile.php/f/capitolato_ascensore.pdf
- http://st.itim.unige.it/pm/C98_3/sld087.htm
- https://m4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/dc_commesse/documenti/30_PCQ_impermeabilizzazioni_maggio2019.pdf
- <https://www.01building.it/bim/bim-metodologia-funzioni-norme-e-ruoli/>
- <http://www.ccberchet.it/cos-e-un-modello-bim/>
- <https://www.a-sapiens.it/bim/risorse/cose-un-modello-bim/#:~:text=forma%20di%20database%E2%80%9D.-,Modello%20BIM,realizzazione%2C%20le%20operazioni%20di%20manutenzione>
- <https://dynamobim.org/learn/#videoTut>
- <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ITA/Revit-Customize/files/GUID-F45641B0-830B-4FF8-A75C-693846E3513B-htm.html#:~:text=Dynamo%20%C3%A8%20un'interfaccia%20di,installato%20nell'ambito%20di%20Revit.;>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Script>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_client/server#:~:text=In%20informatica%20il%20termine%20sistema,risorsa%20hardware%2Fsoftware%20con%20altri.

Ringraziamenti

A conclusione della mia tesi e di questi anni in Università sono diverse le persone che mi sento in dovere di ringraziare.

Come prima persona voglio ringraziare il Professore Alessandro Carbonari per i suoi preziosi consigli, per l'infinita pazienza che ha avuto durante il periodo di stesura e per avermi proposto nuovi argomenti di studio che senza di lui non avrei mai sviluppato, i quali mi saranno di aiuto per affrontare i corsi di studio magistrali.

I miei più preziosi ringraziamenti vanno, poi, ai miei genitori e a mia sorella Alice, che con il loro sforzo e lavoro mi hanno sostenuto sia economicamente che psicologicamente e mi hanno permesso di finire questa avventura.

Un ringraziamento speciale va inoltre alla mia ragazza Elisa per aver sopportato tutte le mie emozioni negative e positive e per avermi spronato ad andare avanti ogni volta che le cose non andavano nel verso giusto.

Un ulteriore ringraziamento va ai miei compagni di viaggio Andrea, Alessio, Giacomo, Andrea e Federica che mi hanno accompagnato in questi anni di studio nei quali abbiamo gioito, riso e sofferto insieme.

Infine, grazie ai miei amici di sempre che mi hanno fatto sentire sempre il loro affetto e supporto nonostante abbiamo preso strade diverse.