POLITECNICO DI MILANO

Scuola Master F.lli Pesenti

Master in

Project Management in Construction works with BIM

PROJECT E DATA MANAGEMENT NELL'INDUSTRIA 4.0 – TECNICHE BIM BASED DI CONTROLLO E GESTIONE DI PROGETTI IN AMBITO CONSTRUCTION

Relatore:

Ing. Giovanni Franchi

Allievo:

Ing. Giangaetano Samarelli

a.a. 2019/2020

Indice

Abstract 1

Il Caso Studio 4

1 Il BIM per il Project Management e Il Controllo di Commessa 6

1.1 BIM – Building Information Modelling 6

1.1.1 Dalla normazione cogente all'opportunità 8

1.1.2 Curva di lavoro di MacLeamy e processo informativo – le Imprese di costruzioni in Italia 9

1.2 Il BIM per l'impresa 10

1.2.1 Modelli – Usi e Obiettivi 11

1.2.2 Standard di modellazione e livelli di sviluppo 12

1.2.3 WBS e PBS – Dati, oggetti, codifiche, nomenclatura 14

1.2.4 I processi di validazione 16

1.3 Il BIM per I processi di Project Management 17

1.3.1 BIM e aree di conoscenza 17

1.3.2 4D e 5D in fase di esecuzione per il General Contractor 18

1.4 Dal modello economico al sistema di Controllo e Gestione 20

1.4.1 Project Management vs Construction Project Management 20

1.4.2 Il modello economico del General Contractor 21

1.4.3 Tecniche di Controllo e Gestione di Commessa 22

1.4.4 Il BIM per il Controllo di Gestione 24

2 Nuovi workflow – dall'avvio alla chiusura della commessa 26

3 Fase di Avvio 27

3.1 Lancio della commessa 27

3.2 Budget di gara 27

3.2.1 EPU di gara e analisi dei costi preliminare 30

3.2.2 CBS e CONTROL ACCOUNT 31

4 Fase di Pianificazione 33

4.1 Definizione WBS e CBS 33

4.2 Codifica degli oggetti BIM e Model WBS 36

4.2.1 Model WBS – Definizione e compilazione dei campi Spaziali con Revit 38

4.2.2 Model WBS – Definizione e compilazione dei campi Funzionali con Dynamo 40

4.2.3 Model WBS – Validazione dei campi con Solibri Model Checker 45

4.3 Budget di ristudio e WBS operativa 50

4.3.1 EPU operativo e revisione dell'analisi dei costi 53

4.3.2 QTO ed estrazione automatica Rule Based da modello 54

4.3.2.1 Opere di demolizione, bonifiche, scavi e movimenti terra 56

4.3.2.2 Strutture di fondazione 57

4.3.2.3 Strutture in elevazione e impalcati 58

4.3.2.4 Opere in carpenteria metallica ... 60
4.3.2.5 Murature di tamponamento esterne ... 61
4.3.2.6 Intonaci e tinteggiature ... 62
4.3.2.7 Opere a secco verticali e orizzontali ... 63
4.3.2.8 Isolanti termici verticali ... 65
4.3.2.9 Massetti, sottofondi, impermeabilizzazioni, isolanti orizzontali ... 66
4.3.2.10 Pavimenti e rivestimenti ... 67
4.3.2.11 Serramenti e infissi ... 67
4.3.2.12 Impianti elettrici e meccanici ... 68
4.3.2.13 Finiture interne ed esterne, opere da fabbro e arredi ... 69
4.3.3 Quantity Take-Off da modello IFC - Considerazioni ... 70
4.4 Budget di Gara e Budget di Ristudio – Confronto Data Based ... 71
4.5 La Baseline di progetto ... 73
4.5.1 Pianificazione dei lavori da preventivo con TeamSystem CPM ... 73
4.5.2 Programmazione e schedulazione 4D con Synchro PRO ... 76
4.5.3 Budget economico e curve a “S” ... 78
4.6 Procurement ... 80
4.6.1 Analisi dei fabbisogni da programma dei lavori ... 81
4.6.2 RdA, RdO, Ordini, Subappalti e aggiornamento del preventivo operativo ... 82
5 Fase di esecuzione ... 84
5.1 Contabilità e registrazioni ... 84
5.1.1 Periodi di Registrazione e Control Account ... 84
5.1.2 La Contabilità Passiva e il carico costi – Dai rapportini alla gestione dei Sub-Contractors ... 85
5.1.2.1 Contabilità passiva subappalti ... 85
5.1.2.2 Rapportini manodopera e attrezzatura ... 86
5.1.2.3 Movimenti e documenti ... 88
5.1.2.4 Costi generali e di periodo ... 89
5.1.3 La Contabilità Attiva da modello BIM ... 89
6 Fase di Controllo e Gestione e Business Intelligence ... 92
6.1 Cost Control - Budget, Ordinato e Consuntivo ... 93
6.2 Earned Value Analysis ... 96
6.2.1 Prospetti di controllo ad indici: SPI e CPI e Visual Management ... 96
6.3 Trend Analysis ... 101
6.3.1 Processi di Ripreventivazione per Periodi ... 101
6.3.2 Processi di Ripianificazione per Periodi ... 103
6.3.3 Forecast – Stime a finire ... 105
6.4 La Business Intelligente per la gestione dei progetti con Microsoft Power BI ... 106
6.5 Contabilità industriale e Controllo Multicommessa ... 111

7 Fase di Chiusura e conclusioni 113
8 Bibliografia 115

I miei sinceri ringraziamenti vanno a chi ispira e si lascia ispirare;
a chi preferisce un "proviamoci" a un "ho sempre fatto così";
a chi non spegne l'entusiasmo con la saccenteria,
a chi si mette in discussione senza paura e pregiudizio;
a chi cerca l'opportunità dietro a ogni rischio.

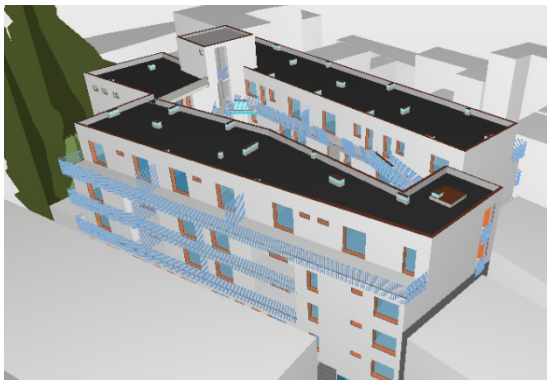
Grazie ad Eugenia e Gaetano, da sempre miei fan sfegatati;
a Beppe, amico fedele di mille avventure;
ad Andrea, per gli insegnamenti diretti e indiretti;
a me, per l'ottimismo cronico, la curiosità e la perseveranza.

ABSTRACT

Quanto valgono i dati per un'azienda e per il suo business? Nel 2021, negli anni dei Big Data, dell'IoT e dell'Intelligenza Artificiale sembra una domanda scontata e piena di retorica. Esattamente come le persone anche le Organizzazioni generano un'enorme mole di dati durante ogni attività e processo, da svariati sorgenti, in diverse modalità. Se parte di questi sono, per natura, privi di strutture note e non processabili, un'altra parte è certamente collezionabile, gestibile e soprattutto integrabile.

Da questa consapevolezza e con questo spirito nasce il lavoro di tesi: trovare risposte concrete per trasformare processi ordinari d'impresa in flussi integrati con l'obiettivo finale di aumentarne il controllo generando modelli data-driven a supporto dei processi decisionali, incrementando l'efficienza e quindi la produttività dell'Azienda.

Il business analizzato è quello delle *Costruzioni* e il modello di riferimento è quello del *General Contractor*. All'interno di questo contesto specifico, partendo dai processi tipici del *Project Management* e integrandoli con le logiche del *BIM Management*, la trattazione propone un workflow per il controllo e la gestione della commessa che integra sistemi consolidati con nuove competenze, nuove tecnologie e nuovi strumenti attraverso un piano implementativo basato sulla centralità dei *dati.*



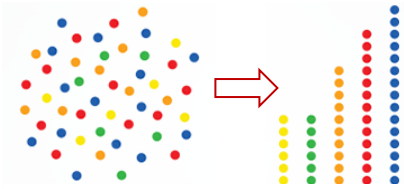
Modello BIM federato oggetto di trattazione

Nella **prima parte** della tesi, dopo avere introdotto il caso studio e i modelli BIM utilizzati nella trattazione, si costruiscono le basi *"teoriche"* del processo: prima una rapida introduzione al BIM, agli standard proprietari aziendali e alla mutua connessione con il Project Management applicato al settore Construction, poi, partendo dell'inquadramento del modello economico specifico per il Main Contractor, si introducono le specifiche *logiche di controllo e gestione* adottate.

Nella **seconda parte** si entra nel merito dei procedimenti operativi: seguendo come traccia i gruppi di processi del Project Management Institute, si *"ridisegnano"* con occhio analitico le principali fasi del progetto, dall'avvio alla chiusura. Si parte con *l'acquisizione* della commessa e la predisposizione del relativo dataset. Tale struttura dati di "evolve" insieme ai processi di *pianificazione*: dalla scelta della *WBS* all'impostazione delle logiche di *Cost Control*, dalla validazione del *budget BIM based* alla definizione della baseline di progetto. Continua ad arricchirsi di informazioni durante i processi

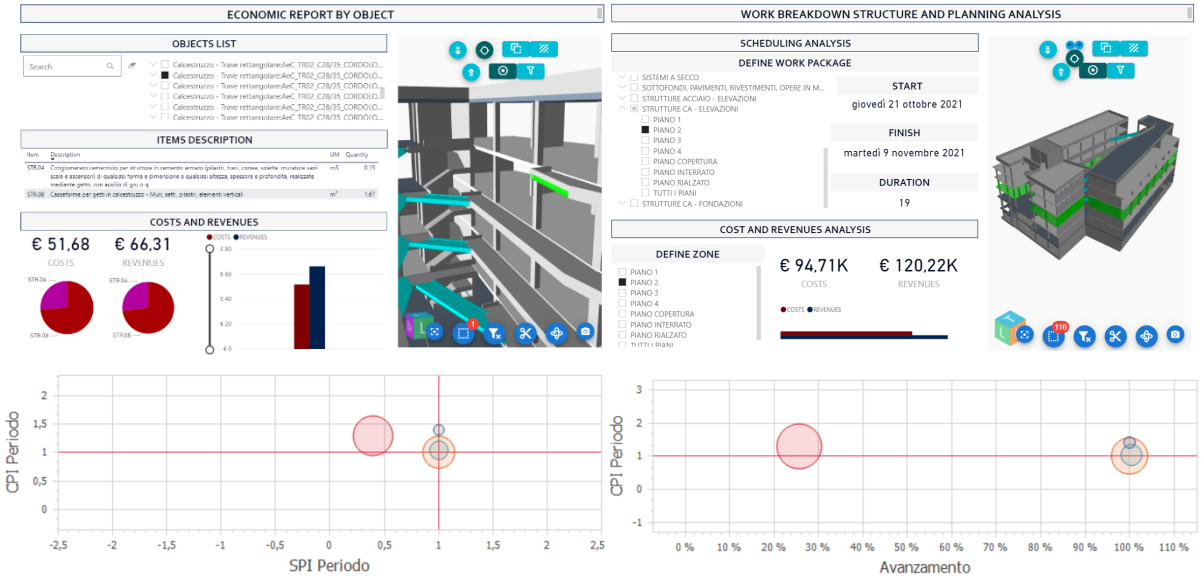
Gruppi di processi - PMBOK

di Procurement e diventa la struttura dati di partenza per il controllo e la gestione dell'*execution:* contabilità attiva e passiva, movimenti di cantiere, rapportini, processi di ripianificazione e ripreventivazione incrementando lo stesso *"dataset"*, che continua ad evolversi assieme al progetto.



Evoluzione continua del dataset

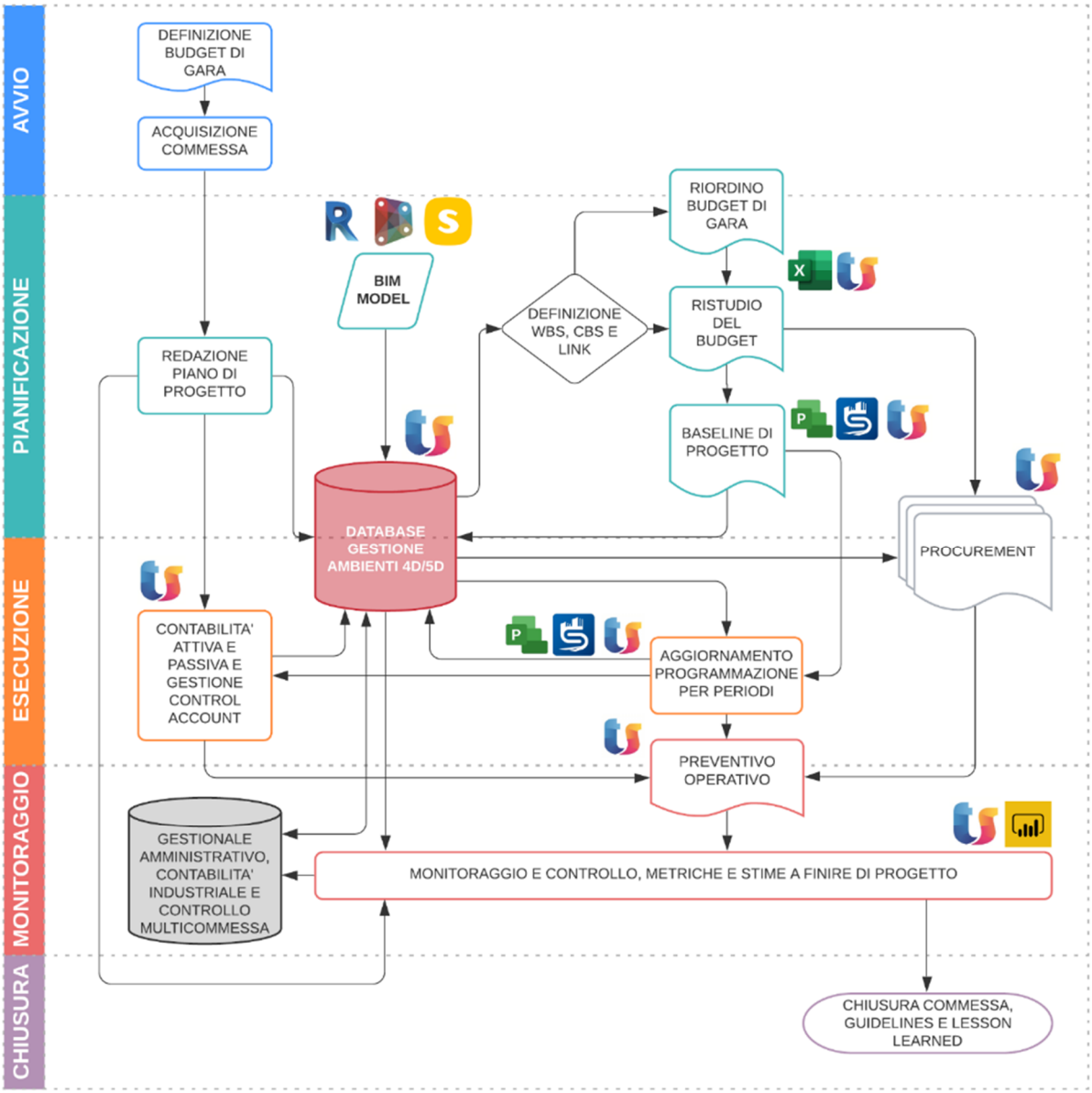
I dati raccolti sono ordinati, confrontabili, modellabili e permettono di applicare reali logiche di *Business Intelligence* a servizio del gruppo di processi di controllo e monitoraggio: la trattazione propone diverse metriche di controllo e previsione tarate su semplici operazioni di *Data Management.*



Business Intelligence e dashboard per la gestione delle informazioni

Le **conclusioni** aprono le porte ai possibili scenari di sviluppo del metodo: l'approccio presentato è ripetibile, adattabile e scalabile e oltre a standardizzare ed efficientare il flusso delle informazioni della singola commessa può diventare una base concreta per impostare logiche di *controllo multi-commessa*, incrociandosi con le operazioni di *contabilità industriale* aziendali.

Il lavoro presentato è, di fatto, il *personale viaggio* del candidato nei mondi del Data Management, del Project Management, del BIM e del Project Control attraverso l'utilizzo di diversi software, tra i quali Revit, Dynamo, Solibri Model Checker, TeamSystem CPM, Synchro PRO, VCad e PowerBI mantenendo sempre il focus sulla centralità dei dati e non degli strumenti con il fine ultimo di ingegnerizzare i processi ed efficientare la gestione di commessa e, di riflesso, la gestione di Impresa.



Flowchart nuovi processi e strumenti

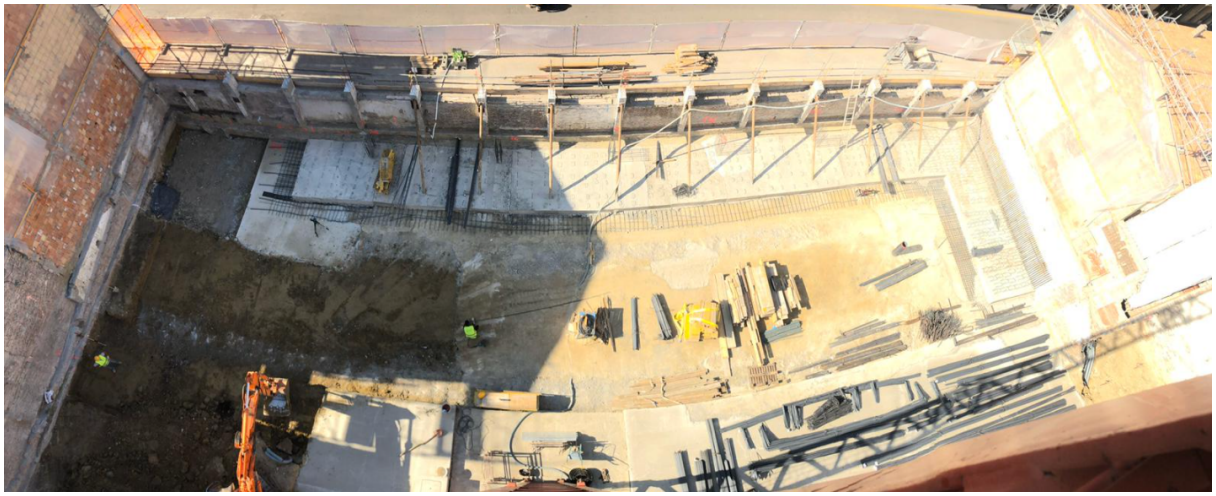
La tesi nasce dalla ferma convinzione del candidato che dietro ogni rischio si celi un'opportunità. Per questo, in un mercato che diventa ogni giorno più digitalizzato e data-driven è necessario non subire le nuove tecnologie ma accoglierle con entusiasmo e lungimiranza: pena l'esclusione dal mercato stesso e la completa marginalizzazione del settore dell'edilizia, già da troppo in affanno, dai grandi processi di innovazione.

IL CASO STUDIO

Il caso studio scelto per l'applicazione del metodo prevede la sostituzione di un importante edificio specialistico degli anni 60 posto nell'estremità orientale della città storica di Forlì ed è finalizzato a un intervento residenziale di housing sociale. Il progetto prevede la demolizione e nuova costruzione del fabbricato nel rispetto delle superfici utili (pari a circa 6.400 mq) e delle volumetrie esistenti (pari a circa 24.400 mc vuoto per pieno).

Corpo di fabbrica da demolire

Il nuovo edificio si compone di due corpi di fabbrica giuntati e serviti da due corpi ascensori distinti: complessivamente il fabbricato contiene 53 alloggi. La struttura viene realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera con elementi verticali costituiti da pilastri e setti continui, fondazioni in piastre monolitiche, impalcati a piastra bidirezionale con elementi alleggeriti e ballatoi in carpenteria metallica. L'intervento prevede la realizzazione di impianti di riscaldamento, raffrescamento, idrico sanitario e scarichi per le unità immobiliari e le zone comuni.



Avvio fase di costruzione - Conci di fondazione

Il Committente diretto è un importante Società di Gestione del Risparmio. La Società **AeC Costruzioni SRL**, che opera come Main Contractor, è l'operatore economico che ha in capo i processi descritti nel seguito della trattazione.

Nel corpo della tesi, quando necessario, vengono dettagliate alcune peculiarità del caso studio: si specifica tuttavia in apertura che il metodo proposto viene concepito per essere ripetibile e scalabile, adattabile quindi ma non dipendente dal progetto specifico.

1 IL BIM PER IL PROJECT MANAGEMENT E IL CONTROLLO DI COMMESSA

1.1 BIM – BUILDING INFORMATION MODELLING

Cos'è il BIM?

Sicuramente una domanda molto inflazionata! Stando ai dati riportati da Google Trends l'acronimo *"BIM"* genera un interesse costantemente crescente in tutto il mondo già dal lontano 2004 (anno di partenza dei dati messi a disposizione dal Tool di Google).

Google Trends – Termine di ricerca: "BIM" nel mondo - Frequenza di ricerca (valori in percentuale) e mappa

Una prima traduzione letterale del "Building Information Modeling" potrebbe suggerire come risposta al quesito che apre il paragrafo: la "modellazione informativa di un edificio". Sarebbe decisamente riduttivo.

Il BIM è un insieme di processi, metodi e strumenti necessari a restituire la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un immobile, condividendone conoscenze e informazioni e fornendo una solida base per qualunque processo decisionale relativo al fabbricato durante tutto il suo ciclo di vita. L'innovazione del BIM passa attraverso due termini: **integrazione** e **informazione**, nessuno dei due può esistere senza l'altro.

Il punto di arrivo è un sostanziale incremento di efficienza e di produttività della realizzazione delle opere civili attraverso i seguenti principali obiettivi:

- *Miglioramento della qualità delle opere* attraverso l'utilizzo di processi ben strutturati, nuove tecnologie e soluzioni software integrate che migliorano la qualità della progettazione e successivamente dell'esecuzione delle opere;

- *Efficientamento del processo* attraverso la riduzione dei tempi del ciclo di gestione di modifiche e varianti nonché delle azioni correttive e re-working, imputabili a errori, scarso coordinamento o insufficiente accuratezza dei requisiti iniziali, o di output ad ogni singola fase di lavoro o attività;

- *Efficientamento dell'integrazione dei processi* di tutti gli stakeholder e attori della filiera (Committente o SA, Contractor e Sub-contractor, appaltatori, fornitori di materiali e servizi), anche attraverso l'introduzione di riconosciuti e qualificati standard;

- *Efficienza* in altre attività dei processi di carattere gestionale, in relazione a compiti di valutazione fra alternative, Value engineering, coordinamento, controllo, verifica, validazioni, autorizzazioni e simili;

- *Riduzione dei tempi e dei costi* dalla fase di progettazione a quella di esecuzione e ancora di gestione. I tempi di esecuzione delle attività beneficiano dell'uso di nuovi strumenti, del flusso veloce delle informazioni (disponibilità dei dati potenzialmente in tempo reale), dal grado di cooperazione (anche interattivo) degli specialisti e di tutti gli stakeholders interessati allo sviluppo e costruzione dell'opera;

- *Miglioramento dei processi degli stakeholder*, che come le logiche del Project Management insegnano sono relativi al coinvolgimento delle parti interessate e alla comunicazione, anche in termini di trasparenza, fiducia e professionalità dei rapporti.

La lista riportata rappresenta solo una prima linea di riferimento: i benefici raggiungibili attraverso l'implementazione di nuovi processi BIM-based sono molteplici e possono essere stravolgenti ma devono essere inevitabilmente affiancati da un cambiamento organizzativo (Change Management), certamente impattante all'interno delle Organizzazioni.

L'introduzione della nuova "tecnologia", ancora in piena fase di evoluzione, non è scevra da diverse problematiche (come si accennerà in seguito) che dovranno necessariamente essere affrontate con spirito positivo dai diversi stakeholders dell'industria delle costruzioni, pena la marginalizzazione del nostro Paese dai grandi processi di innovazione al confronto di altre realtà dell'Unione Europea e mondiale, oltre che la ridotta competitività delle nostre imprese sul mercato interno ed esterno.

Processi BIM – fonte: www.buildup.eu

1.1.1 Dalla normazione cogente all'opportunità

In attuazione dell'articolo 23, comma 13, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, "Codice dei contratti pubblici", il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti ha adottato il decreto n. 560 del 1 dicembre 2017 che definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche.

Con il testo sopra riportato il 1° dicembre 2017 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha adottato il decreto ministeriale n.560 (noto ai più con il nome di Decreto BIM) che, in attuazione dell'articolo 23 comma 13 del Codice degli appalti, stabilisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei *"metodi e degli strumenti elettronici di modellazione"* per l'edilizia e le infrastrutture.

Il testo, in primis, fissa la roadmap di implementazione del BIM negli appalti pubblici: l'obbligo all'utilizzo dei "metodi e degli strumenti elettronici" è decorso il 1° gennaio 2019, per le opere di importo pari o superiore a 100 milioni di euro, e poi via via per importi minori a decorrere dagli anni successivi al 2019 fino alle opere di importo inferiore a 1 milione di euro, per le quali il termine decorrerà dal 1° gennaio 2025.

Roadmap per l'obbligatorietà del BIM negli appalti pubblici

Il provvedimento disciplina inoltre gli adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti, che dovranno adottare un piano di formazione del proprio personale, un piano di acquisizione o di manutenzione di hardware e software di gestione dei processi decisionali e informativi e un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e gestione, i gestori dei dati e la gestione dei conflitti.

Risulta evidente la volontà del Legislatore: allineare l'Italia all'Unione Europea e ai Paesi digitalmente più all'avanguardia recependo la Direttiva appalti UE, facendo della digitalizzazione una normativa cogente e inserendola nel Codice dei Contratti Pubblici.

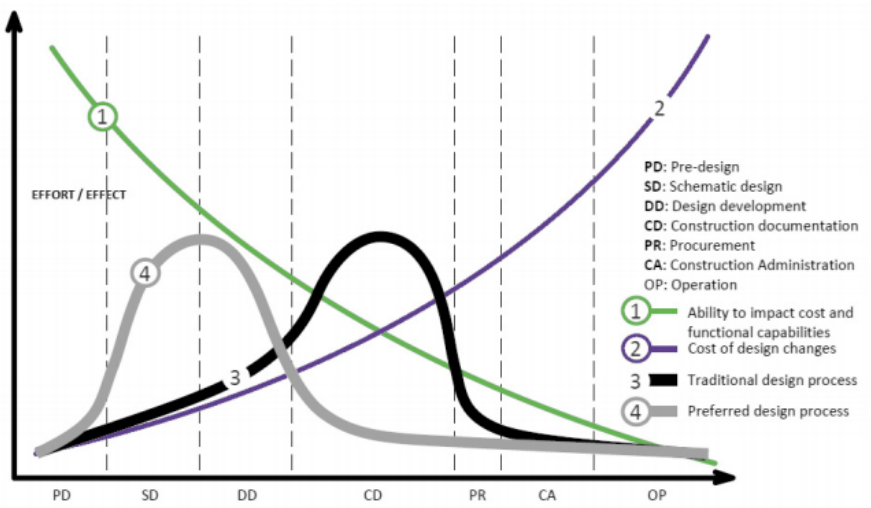
Il BIM è certamente un'impattante realtà di mercato, oggi inevitabile come all'incirca metà degli anni '80 lo fu il passaggio dalla matita al CAD o ancora ai nuovi metodi di progettazione agli elementi finiti FEM. La digitalizzazione è ampiamente partita anche nel settore delle costruzioni, da sempre "fanalino di coda" nel

campo dell'innovazione e bisogna scegliere da che parte stare: o si abbraccia il cambiamento o lo si rifiuta, e più che una scelta delle singole Organizzazioni è una scelta del Mercato all'interno del quale tali Organizzazioni operano.

1.1.2 Curva di lavoro di MacLeamy e processo informativo – le Imprese di costruzioni in Italia

I vantaggi introdotti dall'adozione di processi, metodi e strumenti BIM possono essere molteplici: uno degli schemi concettuali più utilizzati per descrivere parte di questi vantaggi è la curva di MacLeamy, architetto americano e presidente di buildingSMART International. Tale curva rappresenta in maniera molto schematica la mole di lavoro da dedicare progetto nelle varie fasi di sviluppo, dal progetto preliminare (Pre-design) alla messa in funzione del fabbricato (Operation). Il BIM permette potenzialmente di passare dalla curva n.3 (Traditional design process) alla curva n.4 (Preferred design process), concentrando gli sforzi progettuali nella fase del progetto in cui i costi per le varianti sono più contenuti (curva n.2) e la capacità di impattare sulla funzionalità finale è elevata (curva n.1): *"Shifting the curve to the left!"* nel gergo anglosassone.

Come già anticipato, tuttavia, Patrick MacLeamy è un architetto americano e in America è molto più diffuso l'appalto integrato, o DB (Design-build). Con questa tipologia d'appalto la Stazione Appaltante bandisce un'unica procedura per l'assegnazione dei servizi di progettazione e costruzione rendendo logico e realizzabile quanto descritto: è possibile coinvolgere da subito tutti gli stakeholder interessati, condividendo le specifiche esigenze (anche in termini informativi) e anticipando il confronto tra le parti.



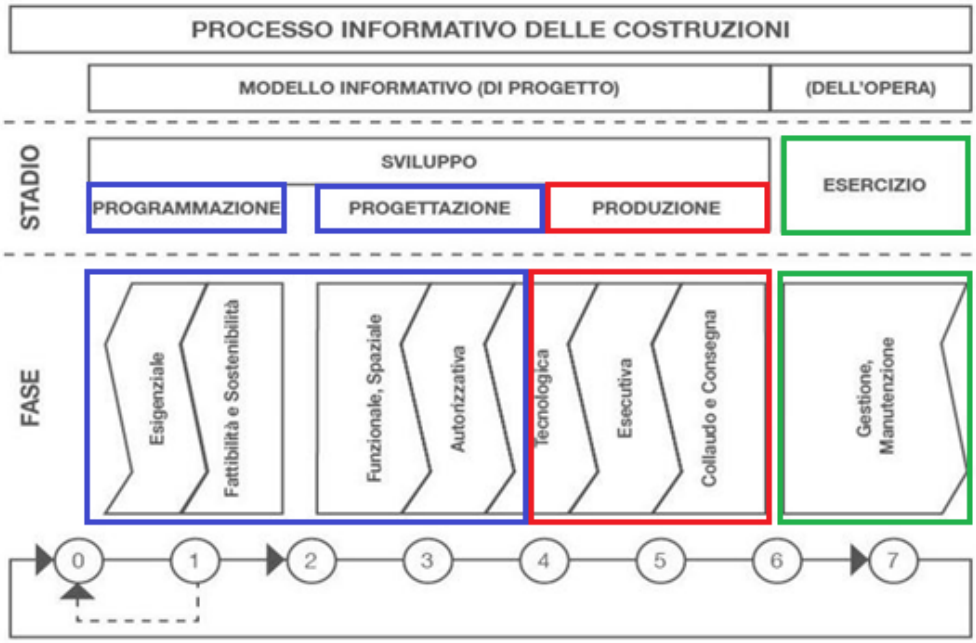
Curva di MacLeamy

Questa tipologia di appalto in Italia è praticamente assente e quasi tutte le procedure sono di tipo BDD (Design-bid-build), ovvero la progettazione e successivamente l'esecuzione vengono assegnate a Organizzazioni distinte in tempi distinti: anticipare il confronto tra le parti condividendo le diverse esigenze al fine di lavorare da subito un processo integrato è utopia e, nella migliore delle ipotesi, a farne le spese sono purtroppo quelli che nel tempo arrivano dopo, ovvero le **imprese di costruzioni**.

La norma UNI 11337, appendice nazionale della ISO 19650, suggerisce quello che dovrebbe essere il processo informativo delle costruzioni: un processo unico e integrato che abbraccia in maniera sequenziale tutto il ciclo di vita del fabbricato, dallo studio di fattibilità alla gestione e manutenzione del cespite.

Quello che accade oggi, tuttavia, è ben diverso: le fasi di programmazione e progettazione (in blu nella figura che segue) vedono come attori studi di progettazione che (nel caso di Stazioni Appaltanti virtuose) conoscono le esigenze della Committenza per la gestione e manutenzione dell'asset (in verde), e le loro specifiche esigenze per le fasi di loro competenza.

Il rischio concreto è quello di escludere dal processo la fase di produzione: dall'ingegnerizzazione del progetto esecutivo al collaudo del cespite l'impresa deve si garantire l'evoluzione geometrica e informativa del modello rispettando i requisiti della Committenza, ma deve auspicabilmente integrare l'uso dei modelli anche all'interno dei propri processi altrimenti finisce con il subire l'avvento del BIM in maniera passiva.



Il processo informativo delle costruzioni (norma UNI 11337)

Se il BIM è di per sé già una sfida impegnativa, lo è certamente molto di più per le Organizzazioni che si occupano di produzione: per i Main-Contractor, i Sub-contractor, gli appaltatori e i fornitori di materiali/servizi gli sforzi da mettere sul campo per ottenere vantaggi reali nel processo di implementazione sono decisamente maggiori.

1.2 IL BIM PER L'IMPRESA

In uno scenario così delicato risulta necessario, per ogni realtà coinvolta nel cambiamento, ridisegnare i propri processi interni individuando nell'implementazione del BIM uno dei principali obiettivi strategici aziendali: questo sforzo è stato messo in campo anche dalla Società AeC Costruzioni SRL.

Nei paragrafi che seguono si riporta qualche estratto delle procedure e degli standard proprietari in corso di sviluppo e adozione, soffermandosi sugli aspetti ritenuti più significativi per l'impostazione metodologica del caso studio. Verranno inoltre introdotti i modelli sviluppati.

1.2.1 Modelli – Usi e Obiettivi

L'obiettivo strategico di implementare il BIM per rispondere alle esigenze mutevoli del mercato, contestualmente alla volontà di cogliere le opportunità che tale adozione può offrire ha portato in via preliminare all'individuazione di una serie di usi e obiettivi da perseguire, dettagliati per le diverse fasi evolutive dei modelli: questi devono integrarsi con quelli previsti e indicati dalla Committenza per le specifiche procedure.

Nello stadio di preproduzione (fase di programmazione strategica) la Società ha individuato i seguenti usi/obiettivi:

- Collegamento dei modelli alla WBS di progetto;
- Uso dei modelli per la programmazione preliminare costi/tempi (4D-5D);
- Uso dei modelli per la definizione della baseline di progetto;
- Uso dei modelli per la redazione del programma preliminare degli approvvigionamenti e dei subappalti;
- Analisi della logistica di cantiere;
- Analisi delle interferenze geometriche di progetto.

Nello stadio di produzione (fase esecutiva) la Società ha individuato i seguenti usi/obiettivi:

- Gestione del procurement (richieste di acquisto, ordini e subappalti) ed estrazione dei fabbisogni;
- Usi dei modelli per il monitoraggio dell'avanzamento;
- Uso dei modelli per l'aggiornamento della programmazione;
- Utilizzo dei modelli per la gestione della contabilità attiva e passiva;
- Utilizzo dei modelli a supporto del controllo e gestione della commessa attraverso l'EVA e Forecasting;
- Collegamento dei modelli a sistemi di contabilità industriale;
- Collegamento dei modelli a sistemi di Business Intelligence e Data Analysis;
- Estrazione e redazione elaborati costruttivi;

Nello stadio di produzione (fase di collaudo e consegna) la Società ha individuato i seguenti usi/obiettivi:

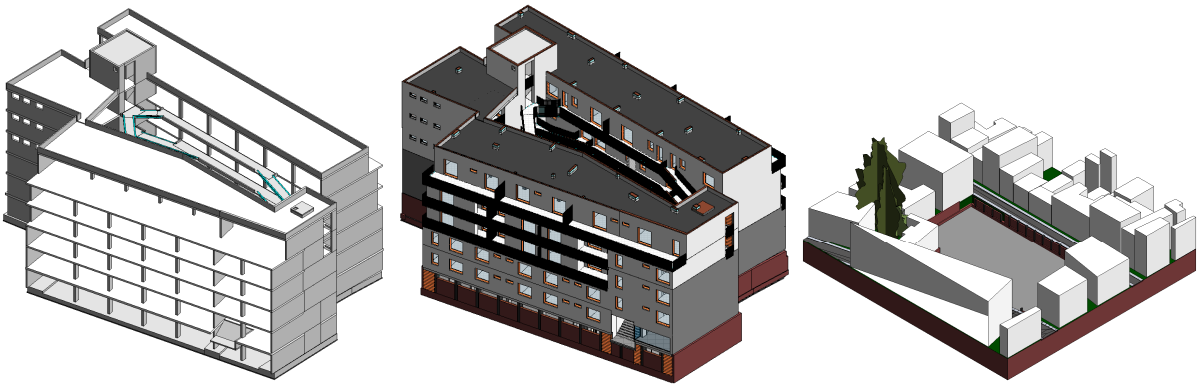
- Utilizzo dei modelli per il collaudo tecnico e amministrativo del realizzato;
- Utilizzo dei modelli per la consegna del prodotto;
- Estrazione e redazione elaborati as built.

Nel caso studio oggetto di tesi sono stati indagati e approfonditi tutti gli usi, tra quelli sopra riportati, legati ai processi di project management e controllo di gestione. I modelli utilizzati sono stati sviluppati dall'autore partendo dagli elaborati contrattuali: nel caso specifico è stato possibile utilizzare logiche e standard di

modellazione proprietari, sviluppati partendo da specifici usi/obiettivi individuati preliminarmente e precedentemente elencati.

Di seguito l'elenco dei modelli realizzati:

- 190028_ExUN_URS – Sistema di riferimento unico contenente griglie e livelli;
- 190028_ExUN_STR – Modello strutturale;
- 190028_ExUN_STREX – Modello delle strutture esistenti da preservare;
- 190028_ExUN_ARC – Modello architettonico;
- 190028_ExUN_SITE – Modello del contesto.



Estratto modelli realizzati per il caso studio

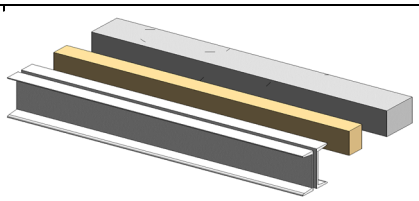
1.2.2 Standard di modellazione e livelli di sviluppo

Gli standard di modellazione, nomenclatura e più in generale le regole aziendali in ambito BIM per la gestione dei processi interni sono state inserite all'interno di un documento denominato *"BIM Standards"*, in costante aggiornamento. A tale documento sono allegate una serie di schede informative sviluppate sulla base delle specifiche LOD 2019/2020 pubblicate da BIM FORUM (https://bimforum.org/lod/). Tali schede, realizzate per le principali categorie di oggetti, individuano i vincoli legati alla modellazione e al posizionamento degli elementi all'interno dei modelli, oltre che il livello di sviluppo geometrico e informativo necessario agli utilizzi individuati nei BIM Uses: per il caso studio si è scelto di adottare un unico livello per tutte le fasi del modello.

Adottare delle regole suddivise per categorie di oggetti è fondamentale per la creazione di modelli funzionali al raggiungimento degli obiettivi individuati: la realizzazione di un oggetto "muro strutturale" di altezza pari alla sua altezza totale non permetterebbe di gestire la dimensione 4D (risulta necessario creare un oggetto per ogni impalcato) o ancora, il materiale associato ai pilastri deve appartenere a una libreria nota e definita, perché sarà anche il materiale che consentirà di associare quel pilastro al suo articolo di riferimento per gestire la dimensione del 5D.

Questi e numerosi altri aspetti devono essere attenzionati molto prima di avviare la fase di modellazione, il rischio (più che rischio, certezza) è quello di perdersi l'attendibilità del dato molto prima di utilizzarlo.

Si riporta di seguito, a titolo di esempio, le scheda informativa relativa alla famiglia “trave” della disciplina strutturale.

TRAVE IN CEMENTO ARMATO					
Elemento tecnico	Trave	**Rappresentazione 3D**	**REV.**	**Data**	**Descrizione**
Disciplina	Strutturale		00	03/07/2019	Emissione
			01	10/05/2020	Aggiornamento
Categoria REVIT	Telaio strutturale		02	07/09/2020	Aggiornamento
Famiglia tipo	Caricabile				
Denominazione famiglia	Standard Revit				
Denominazione tipo	AeC_TR01_CLSrck30_30x30cm				

Scheda informativa famiglia “travi” - Header

LOG - Livello di sviluppo - geometria oggetto
È previsto un unico livello di sviluppo geometrico dell'oggetto per tutte le fasi di evoluzione del modello. La modellazione dell'oggetto deve essere tale da garantire il rispetto delle sezioni, delle aree e dei volumi. Deve essere garantito il posizionamento e l'orientamento dell'elemento rispetto a un sistema di riferimento locale nel modello disciplinare, con la tolleranza prevista dai relativi parametri. Il posizionamento rispetto a un sistema di riferimento assoluto viene garantito dalla condivisione delle coordinate trasmesso dal modello MASTER/URS di riferimento, nella fase in cui tale condivisione è prevista. **Non è prevista la modellazione dei collegamenti.** **Non è prevista la modellazione delle armature ma la compilazione dei relativi campi informativi se necessario.**

Scheda informativa famiglia “travi” – Livello di sviluppo geometrico

Vincoli geometrici legati alla modellazione e al posizionamento nel modello	
Livello di riferimento	Piano strutturale sul quale l'elemento è posizionato
Vincolo punto iniziale	Estradosso pilastri, se presenti. Preferibili fili fissi/griglia in caso di assenza pilastri.
Vincolo punto finale	Estradosso pilastri, se presenti. Preferibili fili fissi/griglia in caso di assenza pilastri.
Travi secondarie	Da mezzeria a mezzeria trave principale
Giustificazione Z	Parte superiore

Scheda informativa famiglia “travi” – Vincoli di modellazione

LOI - Livello di sviluppo - contenuto informativo oggetto							Produzione			Esercizio
Categoria	Gruppo parametri	Nome parametro	Tipo/ istanza	UM	Formato	Dettagli	Programm. strategica	Esecu zione	Collaudo e consegna	Gestione e manutenzione
Generale	AeC_generale	AeC_Tipo componente	istanza	-	Testo	Es: Fondazioni	x	x	ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS FUNCTION_1	istanza	-	Testo		x	x	ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS FUNCTION_2	istanza	-	Testo		x	x	ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS FUNCTION_3	istanza	-	Testo				ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS ZONE_1	istanza	-	Testo		x	x	ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS ZONE_2	istanza	-	Testo		x	x	ND	ND
Codifica	AeC_codifica	AeC_WBS ZONE_3	istanza	-	Testo				ND	ND
Geometria	AeC_geometria	AeC_Tolleranza	tipo	mm	Lunghezza		x	x	ND	ND
Materiale		Materiale strutturale	istanza	-	Testo	Es:AeC_C32/40	x	x	ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Rck	tipo	-	Testo	Es: C25/30	x	x	ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Dmax aggregati	tipo	mm	Lunghezza	Es: 30			ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Tipo acciaio	tipo	-	Testo	Es: B450C			ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Area arm. longitudinale	tipo	mmq	Area	Es: 1210			ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Φ staffe	tipo	mm	Lunghezza	Es: 8			ND	ND
CLS	AeC_strutture - CLS	AeC_Passo staffe	tipo	mm	Lunghezza	Es: 200			ND	ND
Acciaio	AeC_strutture - acciaio	AeC_Tipo profilo/lamiera	tipo	-	Testo	Es: HE200B	x	x	ND	ND
Acciaio	AeC_strutture - acciaio	AeC_Tipo acciaio	tipo	-	Testo	Es: S235JR			ND	ND
Acciaio	AeC_strutture - acciaio	AeC_Tipo connessioni	tipo	-	Testo	Es: Bullonate			ND	ND
Acciaio	AeC_strutture - acciaio	AeC_Tipo finitura acciaio	tipo	-	Testo	Es: Tipo vernice			ND	ND
Legno	AeC_strutture - legno	AeC_Specie	tipo	-	Testo	Es: Conifere			ND	ND
Legno	AeC_strutture - legno	AeC_Classe	tipo	-	Testo	Es: S2			ND	ND
Legno	AeC_strutture - legno	AeC_Tipo connessioni	tipo	-	Testo	Es: Meccaniche			ND	ND
Legno	AeC_strutture - legno	AeC_Tipo finitura legno	tipo	-	Testo	Es: Tipo vernice			ND	ND
Stakeh	AeC_attori	AeC_SUB fornitore materiale	istanza	-	Testo				ND	ND
Stakeh	Aec_attori	AeC_SUB posatore	istanza	-	Testo				ND	ND
Collaudo	AeC_collaudo	AeC_CLS_certificati	tipo	-	URL	Link			ND	ND
Collaudo	AeC_collaudo	AeC_CLS_certificati acciaio	tipo	-	URL	Link			ND	ND
Collaudo	AeC_collaudo	AeC_Link	tipo	-	URL	Link			ND	ND
FM	AeC_FM	AeC_Strategia	istanza	-	Testo multi	Es: correttiva			ND	ND
FM	AeC_FM	AeC_Frequenza manutenzione	istanza	gg	Numero	Se predittiva			ND	ND

Scheda informativa famiglia "travi" – Livello di sviluppo informativo

Gli standard di modellazione informativa, i livelli di sviluppo adottati e quanto altro riportato nel paragrafo vale per la gestione dei processi interni all'Azienda, ovvero in assenza di oneri BIM lato Committenza. Quando questa condizione non si verifica bisogna necessariamente impostare la procedura partendo dal Capitolato Informativo base gara e dagli Standard della Stazione Appaltante, come previsto dalla norma normativa cogente e volontaria di settore.

1.2.3 WBS e PBS – Dati, oggetti, codifiche, nomenclatura

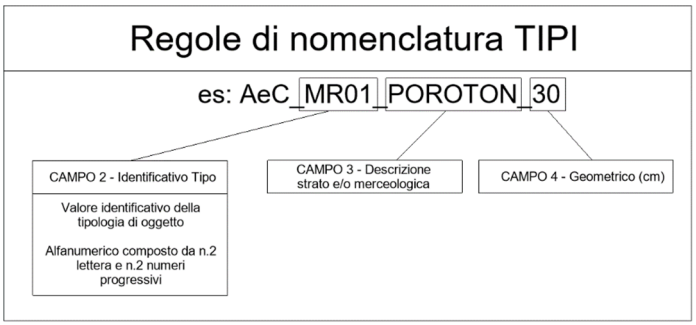
I dati costituiscono una componente fondamentale per ogni intervento di re-engineering delle organizzazioni influenzando la disponibilità e facilità di tracciamento delle informazioni e agevolando la comunicazione attraverso la standardizzazione: codificare un prodotto significa caratterizzarlo con un codice convenzionale intelligibile da tutti i soggetti a conoscenza del codice stesso.

Le iniziative di classificare in modo standard i componenti di una costruzione sono già progredite in altri paesi (ad esempio nomenclatura americana OmniClass e inglese Uniclass) e sono oggetto si sviluppo in ambito

nazionale: uniformare i sistemi di codifica e nomenclatura a livello nazionale (e internazionale) renderebbe "aperta" ogni organizzazione nel proprio business o filiera di attività, per i necessari scambi informativi con il mondo esterno.

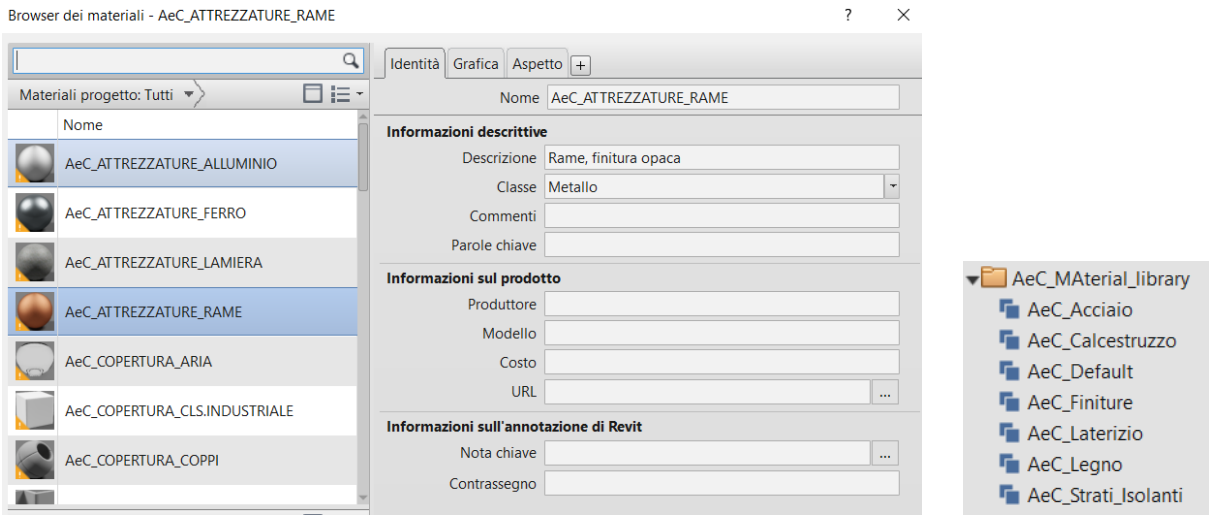
Nel caso studio si è scelto di adottare un sistema di codifica proprietario snello ed elementare, sufficientemente strutturato per testare le procedure implementate. Ogni oggetto è caratterizzato quattro campi: per il dettaglio si rimanda al paragrafo *"Codifica degli oggetti BIM e Model WBS"*.

Altro aspetto fondamentale risulta essere il nome delle famiglie, dei tipi e dei materiali: tutte proprietà che continuano a caratterizzare gli oggetti anche dopo l'esportazione in formato aperto IFC. Tutte le regole di nomenclatura sono raccolte e dettagliate nel documento denominato *"BIM Standards"*, già citato precedentemente. La libreria di materiali standardizzata *"AeC_Material_library"* è precaricata all'interno dei template aziendali.



"BIM Standards" – Estratto regole di nomenclatura oggetti

Famiglia	Cod.	Disc.	Tipo
Armatura	AR	STR	Caricabile
Colonna architettonica	CA	ARC	Caricabile
Controsoffitto composto	CN	ARC	Sistema
Connessione	CO	STR	Caricabile
Controvento	CV	STR	Caricabile
Facciata continua	FC	ARC	Sistema
Finestra	FN	ARC	Caricabile
Manicotto armatura	MA	STR	Caricabile
Muro di fondazione	MF	STR	Sistema
Montante	MN	ARC	Caricabile



AeC_Material_library - Estratto libreria materiali

L'utilizzo di regole standardizzate di modellazione, codifica e nomenclatura permette di arricchire i modelli di oggetti implementati in maniera "consapevole" e, dopo il processo di validazione, collegarli a database relazionali esterni al modello, come approfondito nel corpo della trattazione.

- Muro di base
  - 0_AeC_MU0_DUPLICATO STR_sp.20cm
  - AeC_CT01_SINGOLO LATO_sp.2.50cm
  - AeC_CT02_SINGOLO LATO_sp.5.00cm
  - AeC_CT03_DOPPIO LATO SENZA LANA_sp.7.50cr
  - AeC_CT03_SINGOLO LATO CON LANA_sp.7.50cm
  - AeC_CT03_SINGOLO LATO SENZA LANA_sp.7.50c
  - AeC_CT04_DOPPIO LATO_sp.12.50cm
  - AeC_CT04_SINGOLO LATO_sp.2.50cm
  - AeC_CT05_DOPPIO LATO_sp.15.00cm
  - AeC_CT05_SINGOLO LATO_sp.12.50cm
  - AeC_CT07_SINGOLO LATO CON LANA_sp.8.25cm
  - AeC_CT08_SINGOLO LATO_sp.6.25cm
  - AeC_CT09_SOLO ISOLANTE_sp.5.00cm
  - AeC_MR01_BLOCCHI CLS_sp.10cm
  - AeC_MR01b_BLOCCHI CLS_sp.10+2cm
  - AeC_MR02_BLOCCHI CLS_sp.15cm
  - AeC_MR02_GESSO_sp.2,5cm
  - AeC_MR03_POROTON_sp.8cm
  - AeC_MR03B_POROTON EXT_sp.8+2cm
  - AeC_MR04_POROTON_sp.12cm
  - AeC_MR04B_POROTON_sp.12+2cm
  - AeC_MR04B_POROTON_sp.12+4cm
  - AeC_MR04C_POROTON EXT_sp.12+4cm
  - AeC_MR04D_POROTON EXT_sp.12+2cm
  - AeC_MR05_POROTON_sp.20cm
  - AeC_MR05B_POROTON_sp.20+2cm
  - AeC_MR05C_POROTON_sp.20+4cm
  - AeC_MR05D_POROTON EXT_sp.20+2cm
  - AeC_MR06_POROTON_sp.30cm
  - AeC_MR06B_POROTON_sp.30+2cm
  - AeC_MR06C_POROTON_sp.30+2cm
  - AeC_MR07_POROTON_sp.39cm
  - AeC_MR08B_CAPPOTTO1_sp.12+1cm
  - AeC_MR08C_CAPPOTTO_sp.12cm
  - AeC_MR09A_CAPPOTTO2_sp.5+1cm
  - AeC_MR09B_CAPPOTTO2_sp.5+2cm
  - AeC_MR11_CAPPOTTO2_sp.12+2cm
  - AeC_MR12_INTONACO CIVILE_sp.2cm
  - AeC_MR13_INTONACO CIVILE ESTERNI_sp.1.5cm
  - AeC_MR14_SIEPE
- Pavimento
  - 0_AeC_PV01_DUPLICATO STR_sp.60cm
  - 0_AeC_PV01A_DUPLICATO STR_sp.30cm
  - 0_AeC_PV01B_DUPLICATO STR_sp.90cm
  - 0_AeC_PV01C_DUPLICATO STR_sp.15cm
  - 0_AeC_PV01D_DUPLICATO STR_sp.160cm
  - 0_AeC_PV01E_DUPLICATO STR_sp.10cm
  - 0_AeC_PV01F_DUPLICATO STR_sp.30cm
  - 0_AeC_PV01G_DUPLICATO STR_sp.24cm
  - 0_AeC_PV01H_DUPLICATO STR_sp.16cm
  - 0_AeC_PV01I_DUPLICATO STR_sp.20cm
  - 0_AeC_PV01L_DUPLICATO STR_sp.28cm
  - 0_AeC_PV01M_DUPLICATO STR_sp.17cm
  - 0_AeC_PV01N_DUPLICATO STR_sp.15cm
  - 0_AeC_PV01O_DUPLICATO STR_sp.9cm
  - AeC_PV01_sp.10cm
  - AeC_PV02_sp.15cm
  - AeC_PV03_sp.15cm
  - AeC_PV04_sp.45cm
  - AeC_PV06_sp.19cm
  - AeC_PV07_sp.26cm
  - AeC_PV08_sp.26cm
  - AeC_PV09_sp.26cm
  - AeC_PV10_sp.24cm
  - AeC_PV11_sp.19cm
  - AeC_PV12_sp.19cm
  - AeC_PV013_sp.21cm
  - AeC_PV014_sp.21cm
  - AeC_PV15A_FINITURA_sp.6cm
  - AeC_PV15A_MASSETTO_sp.22cm
  - AeC_PV15B_sp.26cm
  - AeC_PV16_sp.19cm
  - AeC_PV17_sp.21cm
  - AeC_PV18_sp.25cm
  - AeC_PV19_sp.25cm
  - AeC_PV20_sp.21cm
  - AeC_PV21_sp.xxcm
  - AeC_PV22_Polistirene EPS100+1_sp.13cm
  - AeC_PV23_Poliuretano PIR_sp.5+1cm
  - AeC_PV24_Polistrene EPS_sp.5+1cm
  - AeC_PV25_Pavimento scale_sp.18cm
  - AeC_PV26_Intonaco soffitti_sp.2cm
- Finestre
  - AeC_Finestra Semplice
    - AeC_FN_S01_200x170
    - AeC_FN_S02a_100x50
    - AeC_FN_S02b_100x50
    - AeC_FN_S03_100x170
    - AeC_FN_S04a_200x240
    - AeC_FN_S04b_200x240
    - AeC_FN_S04c_200x240
    - AeC_FN_S04d_200x240
    - AeC_FN_S04e_195x240
    - AeC_FN_S05_300x170
    - AeC_FN_S06a_200x190
    - AeC_FN_S06b_200x190
    - AeC_FN_S06c_200x190
    - AeC_FN_S06d_200x190
    - AeC_FN_S07a_100x190
    - AeC_FN_S07b_100x190
    - AeC_FN_S07c_100x190
    - AeC_FN_S08a_100x240
    - AeC_FN_S08b_100x240
    - AeC_FN_S09a_200x240
    - AeC_FN_S09b_200x240
    - AeC_FN_S10a_300x240
    - AeC_FN_S10b_300x240
    - AeC_FN_S11a_70x140
    - AeC_FN_S11b_70x140
    - AeC_FN_S12a_100x65
    - AeC_FN_S12b_100x65
    - AeC_FN_S13a_100x140
    - AeC_FN_S13b_100x140
    - AeC_FN_S14a_100x70
    - AeC_FN_S14b_100x70
    - AeC_FN_S15a_521x215
    - AeC_FN_S15b_101x215
    - AeC_FN_S16a_124x240
    - AeC_FN_S16b_359x193
- Porte
  - AeC_Cancelli ingresso
    - AeC_PR_C02_cancellino ingresso
    - AeC_PR_C03b_cancellino ingresso
    - AeC_PR_C03c_cancellino ingresso
    - AeC_PR_C03d_cancellino ingresso
    - AeC_PR_C03unknown_cancellino in
  - AeC_Porta scorrevole_Semplice
    - AeC_PR_s05a_80x210
    - AeC_PR_s05b_90x210
    - AeC_PR_s06_90x210
  - AeC_Porta Una Anta_Semplice
    - AeC_PR_s01a_80x210
    - AeC_PR_s01b_80x210
    - AeC_PR_s02a_90x210
    - AeC_PR_s02b_90x210
    - AeC_PR_s03a_80x210
    - AeC_PR_s03b_80x210
    - AeC_PR_s04a_90x210
    - AeC_PR_s04b_90x210
    - AeC_PR_s08a_70x210
    - AeC_PR_s08b_70x210
    - AeC_PR_s09a_90x210
    - AeC_PR_s09b_90x210
    - AeC_PR_s10a_70x210
    - AeC_PR_s10b_70x210
    - AeC_PR_s11_120x210
    - AeC_PR_s12_120x210
    - AeC_PR_s13_100x180 esterno
  - AeC_Saracinesca per Garage
    - AeC_PR_s07a_265x235
    - AeC_PR_s07b_230x235
    - AeC_PR_s07c_255x235

Estratto famiglie della disciplina architettonica da Revit

1.2.4 I processi di validazione

La validazione del contenuto informativo è la chiave di qualsiasi processo BIM-based: non è possibile utilizzare in maniera attendibile dei dati non validati. La normativa volontaria prevede tre principali "tipologie" di validazione:

1. *BIM Validation*: in questa fase si controllano in via preliminare la correttezza degli attributi e delle procedure di modellazione. Si tratta di un passaggio essenziale, preliminare ad altre fasi del Model e Code Checking, in quanto verifica che il modello sia costruito in accordo con i requisiti specifici di progettazione, in funzione dei BIM Uses definiti e delle finalità da perseguire.
2. *Analisi di coerenza geometrica e spaziale (Clash Detection)*: questa tipologia di verifica ha il compito di verificare la compatibilità geometrica fra diversi strati all'interno della stessa disciplina ovvero tra diverse discipline, ed evidenziare interferenze o carenze di rispetto di specifiche tolleranze.
3. *Analisi di coerenza informativa (Code Checking)*: questa tipologia di verifica ha il compito di verificare la congruenza del progetto con specifiche normative o regole operative attraverso la creazione di database di regole da controllare e la declinazione in parametri dei requisiti richiesti.

Nel caso studio le operazioni di BIM Validation sono state facilitate dall'utilizzo del software Solibri Model Checker e dall'uso di standard definiti che hanno permesso la creazione di check list di controllo in fase di modellazione.

Le operazioni di Clash Detection sono state realizzate tra oggetti dello stesso modello grafico (LC1) utilizzando il tool proprietario di Revit *"Controllo interferenze"* e tra i modelli della disciplina architettonica e strutturale (LC2) con l'ausilio del software Autodesk Navisworks.

Le operazioni di Code Checking sono state realizzate esclusivamente tra gli oggetti dei modelli grafici e i relativi riferimenti da analizzare (LC1) attraverso l'utilizzo di fogli di controllo Excel e del software Solibri Model Checker (si rimanda al paragrafo *"Model WBS – Validazione dei campi con Solibri Model Checker").*

1.3 IL BIM PER I PROCESSI DI PROJECT MANAGEMENT

Il modello BIM inizia ad avvicinare sempre più i progetti in ambito "construction" (gestiti quindi con le logiche del Construction Project Management) all'industria 4.0 in quanto il suo prodotto rappresenta un vero e proprio prototipo digitale di tipo industriale. Quali sono quindi i punti di contatto tra il Project Management e il BIM? E ancora, come dovrebbero integrarsi questi due ambiti per innovare la filiera delle costruzioni e le Organizzazioni che in questa sinergia investono sforzi e risorse?

Nei paragrafi che seguono si fornisce un primo inquadramento in merito a tale quesito, rimandando le considerazioni di merito alle fasi successive della trattazione.

1.3.1 BIM e aree di conoscenza

Il PMBOK® (Project Management Body of Knowledge), guida pubblicata dal PMI (Project Management Institute) nella sua prima versione nel 1987 e testo "sacro" in ambito Project Management, individua quarantanove processi distinti in dieci aree di conoscenza (integrazione, ambito, tempi, costi, qualità, rischi, risorse umane, gestione degli acquisti, stakeholder e comunicazione): tutte le aree sono potenzialmente impattate dai processi legati al Building Information Modeling.

Il BIM, con il suo sistema di gestione integrata delle informazioni, è essenzialmente votato alla collaborazione di tutti gli stakeholder impattando in maniera decisiva e positiva su tre aree tematiche del Project Management ovvero **integrazione**, **comunicazione e gestione degli stakeholders**.

La sua applicazione nelle dimensioni 4D e 5D attinge a piene mani dalla metodologia del Project Management alla parte delle aree di conoscenza relative alla gestione di **tempi**, **costi,** e **gestione degli acquisti**.

I processi di validazione e Model Checking precedentemente introdotti permettono di anticipare incongruenze e incoerenze progettuali, riducendo i **rischi e varianti** in fase di esecuzione o, in alternativa, fornendo un valido supporto alle valutazioni relative a impatto/probabilità di accadimento.

L'utilizzo del BIM in fase di progettazione costruttiva e per la redazione degli elaborati as-built, unitamente ai processi di validazione, garantisce alla Committenza la **qualità** dell'opera e al Main-Contractor il controllo dei Sub-contractors in corso di realizzazione.

Il lavoro coordinato tra Project manager (gestore di commessa), BIM Manager (gestore delle informazioni) e relativi Team se correttamente strutturato permette una migliore gestione delle **risorse umane** coinvolte nel progetto.

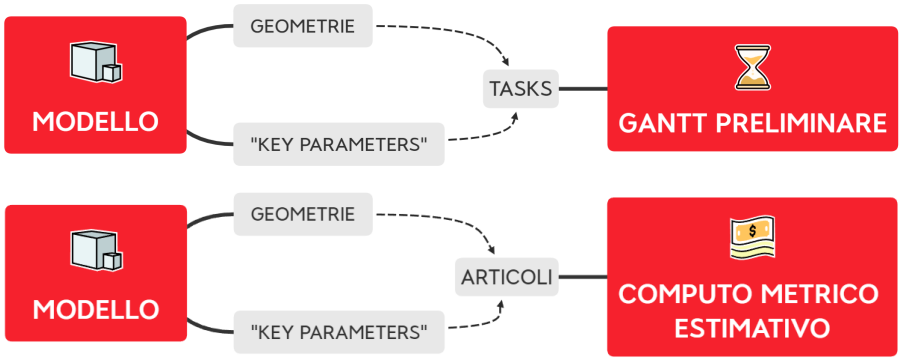
Infine, l'utilizzo di modelli federati già in fase di pianificazione attraverso la codifica degli oggetti e il collegamento alla WBS di progetto e il successivo utilizzo degli stessi in fase di esecuzione, controllo e monitoraggio permette al Project Manager di meglio identificare e tenere sotto controllo l'**ambito** di progetto.

1.3.2 4D e 5D in fase di esecuzione per il General Contractor

Le dimensioni del BIM relative a costi e tempi rappresentano ambito di ricerca e punto centrale del lavoro di tesi. Seppur sia ormai nota tra gli operatori del settore l'importanza di tali dimensioni per i potenziali vantaggi descritti all'inizio della trattazione, ancora oggi si tende a trattare gli aspetti del 4D e del 5D legandoli esclusivamente a processi tipici delle fasi di progettazione: pianificazione preliminare e redazione del computo metrico estimativo.

La pratica metodologica più diffusa relativa alla gestione del **4D** prevede il collegamento degli oggetti dei modelli alle attività di progetto attraverso la realizzazione in appositi tools di gruppi caratterizzati da uno o più parametri "chiave" (es. codifica WBS): realizzata la connessione attività-oggetti si procede con la redazione di GANTT caratterizzati dalle stesse attività distribuite nel tempo.

Per gli aspetti legati al **5D** si procede tipicamente collegando agli articoli del prezziario di riferimento agli oggetti attraverso la compilazione di parametri all'interno del software di authoring oppure utilizzando dei tool che ragionano con la stessa logica precedentemente descritta: creano connessioni articoli-oggetti sulla base di parametri "chiave".



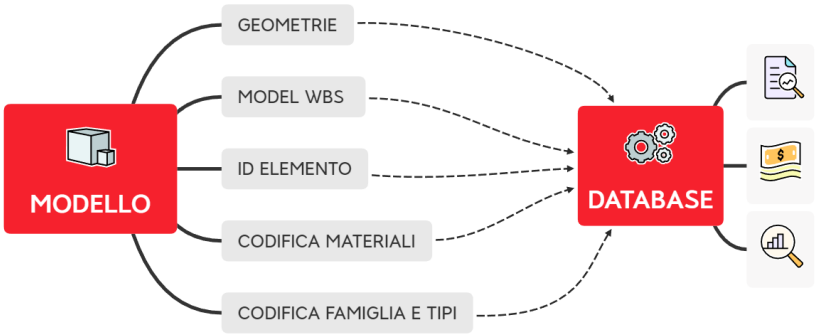
4D e 5D – Schema concettuale processi di progettazione

La schematizzazione riportata risulta volutamente essenziale e riduttiva: i processi descritti possono essere implementati in maniera efficiente e funzionale ai BIM Uses di diverse Organizzazioni e gli esempi virtuosi in tale senso sono diversi.

Ma per un General Contractor, e più in generale un Impresa di Costruzioni, la pianificazione preliminare e il computo metrico estimativo non sono altro che un piccolissimo punto di partenza per la strutturazione dei propri processi: analisi dei costi, ristudio del budget, pianificazione economica e finanziaria di dettaglio, supporto alla produzione, fabbisogni e procurement, contabilità attiva e passiva, controllo di gestione e contabilità industriale sono solo alcune delle fasi tipiche di un progetto di Construction in fase realizzativa.

Risulta evidente che utilizzare dei software di Authoring, dei fogli di lavoro o dei tools di Checking e Pianificazione può essere un buon supporto alle procedure ma non sufficiente: per implementare un flusso integrato di processi (tra i quali quelli legati alla sfera del BIM) è necessario utilizzare un'ambiente strutturato per gestire questi flussi.

Ed è proprio per utilizzare il modello all'interno di un ambiente strutturato per la gestione del 4D/5D lato Contractor che diventano fondamentali i sistemi di codifica e nomenclatura precedentemente introdotti: saranno questi gli elementi di connessione con i database relazionali esterni al modello. È evidente come tale approccio richieda una rigida definizione in termini di processi di validazione automatizzata: la verifica, tuttavia, sarà da eseguire su un numero limitato di campi (quelli di codifica e nomenclatura) aumentando l'efficacia e l'efficienza del processo. Aspetti più di dettaglio relativi a tale procedura vengono descritti nel paragrafo *"Codifica degli oggetti BIM e Model WBS"* e successivi.



Dal modello al Database – Mappa concettuale

Il gestionale utilizzato per l'implementazione del 4D/5D è **TeamSystem Construction Project Management**: ambiente che permette di integrare il modello con tutti i processi tipici del Contractor nella fase di realizzazione sopra riportati.

1.4 DAL MODELLO ECONOMICO AL SISTEMA DI CONTROLLO E GESTIONE

1.4.1 Project Management vs Construction Project Management

Prima di entrare nel merito dell'analisi dei singoli gruppi di processi tipici del Construction Project Management che caratterizzeranno il corpo della tesi è necessario definire le differenze sostanziali tra quest'ultimo e il Project Management tradizionale.

Nel **Project Management tradizionale** la pianificazione delle attività si basa su diagrammi di GANTT/PERT caratterizzando tali attività con durate e mutue dipendenze: le durate dipendono dal numero, dalla capacità e dalla disponibilità delle risorse assegnate alle attività, i costi dalle risorse stesse. In fase di esecuzione, la rendicontazione dei reali costi sostenuti, contestualmente all'aggiornamento della programmazione ed eventuale ridistribuzione delle risorse assegnate alle attività ancora da realizzare, permette di monitorare e controllare lo stato di avanzamento del progetto ricavando dallo stesso KPI e stime a finire.

Nel **Construction Project Management** tutte le fasi del processo si basano su un computo/preventivo: prima analisi dei costi, poi offerta, poi importo contrattuale a corpo/misura, poi ancora ristudio, infine preventivo operativo aggiornato in corso di esecuzione. Il sistema di controllo e gestione non può che basarsi su tale evoluzione: il preventivo, durante le fasi del progetto, sarà organizzato all'interno di una struttura integrata nella WBS operativa del progetto e questa integrazione permetterà, in corso di esecuzione, di ricavare le KPI e le stime a finire sulla base della riprogrammazione effettuata rispettando come struttura proprio la WBS operativa di progetto.

Controllo e gestione del progetto in ambito Construction – Mappa concettuale

La struttura integrata nella WBS per il controllo costi altro non è che la CBS (Cost Breakdown Structure): gli elementi elementari della CBS, i "*Control Accounts*", conterranno le voci del preventivo operativo aggiornate all'ultima revisione, raggruppate e collegate agli oggetti del modello BIM (il collegamento potrà essere aggiornato ogni qualvolta il modello stesso recepirà nuove modifiche).

Le tematiche relative all'integrazione tra le strutture WBS e CBS e il collegamento con gli oggetti del modello vengono approfondite nel paragrafo *"Definizione WBS e CBS"* e successivi.

1.4.2 Il modello economico del General Contractor

Per comprendere l'impostazione del metodo adottato e il sistema di controllo di gestione più in linea con la tipologia di commessa del General Contractor è necessario introdurre il suo modello economico, che caratterizza anche il caso studio utilizzato nella trattazione.

Per l'impresa che opera come Main Contractor la struttura dei ricavi e dei costi, la loro preventivazione e successiva maturazione è completamente differente:

- I **ricavi** nascono da un preventivo di offerta effettuato dalla funzione Commerciale che, dopo l'eventuale fase di negoziazione con la Committenza, diventa un importo contrattuale definito. Di seguito, la tipologia di contratto stipulato con il Cliente (es. a corpo o a misura), le regole di anticipi/emissione SAL, altri accordi contrattuali e il volume di produzione governano la rendicontazione attiva. Il totale dei ricavi, a meno di varianti in corso d'opera o particolari eccezioni, è sostanzialmente un importo certo.
- I **costi** nascono da un'analisi iniziale di costi diretti e indiretti necessari alla fornitura del servizio effettuata tipicamente dalla funzione Commerciale. Tale analisi, ovviamente alla base del preventivo di offerta, si basa principalmente su indagini di mercato preliminari, stime commerciali, parametri derivanti da servizi già completati ovvero sul know-how aziendale.

  Quando la commessa viene effettivamente acquisita è spesso necessario effettuare un primo ristudio del budget con "l'occhio" della funzione Produzione e del Project Manager, validando le stime e le considerazioni effettuate dalla funzione Commerciale.

  Di seguito inizia la fase di "Procurement" effettuata tipicamente dalla funzione "Acquisti" sotto il coordinamento generale della Produzione nella figura del PM. In questa fase, a seguito delle necessarie indagini di mercato, inizia la registrazione di ordini di materie prime e contratti di subappalto.

  Contestualmente, ovvero nella migliore delle ipotesi poco dopo, inizia la fase esecutiva caratterizzata da contabilità e registrazioni passive di cantiere relative non solo a Sub-contractors ma anche a manodopera tecnica e operativa interna ed esterna, bolle, rapportini ecc.

  Risulta evidente come il "costo totale" del cantiere sia nella realtà un valore in continuo aggiornamento: ogni volta che viene effettuato un ristudio, registrato un ordine o un contratto, validato un rapportino o autorizzate opere extra a un Sub-contractor la stima dei costi a finire cambia.

Nel grafico che segue si riporta uno schema concettuale della struttura appena descritta. Il controllo della commessa del Main Contractor si basa sul monitoraggio dei costi e l'aggiornamento del preventivo in tutte le evoluzioni, come maggiormente dettagliato nel paragrafo che segue.

Analisi del modello economico Main Contractor – Schema concettuale

1.4.3 Tecniche di Controllo e Gestione di Commessa

Noto il modello economico di riferimento è stato possibile definire il processo di controllo di gestione più in linea con le specifiche esigenze. Nel caso in analisi si è scelto di tarare un sistema di pianificazione, monitoraggio e controllo così strutturato:

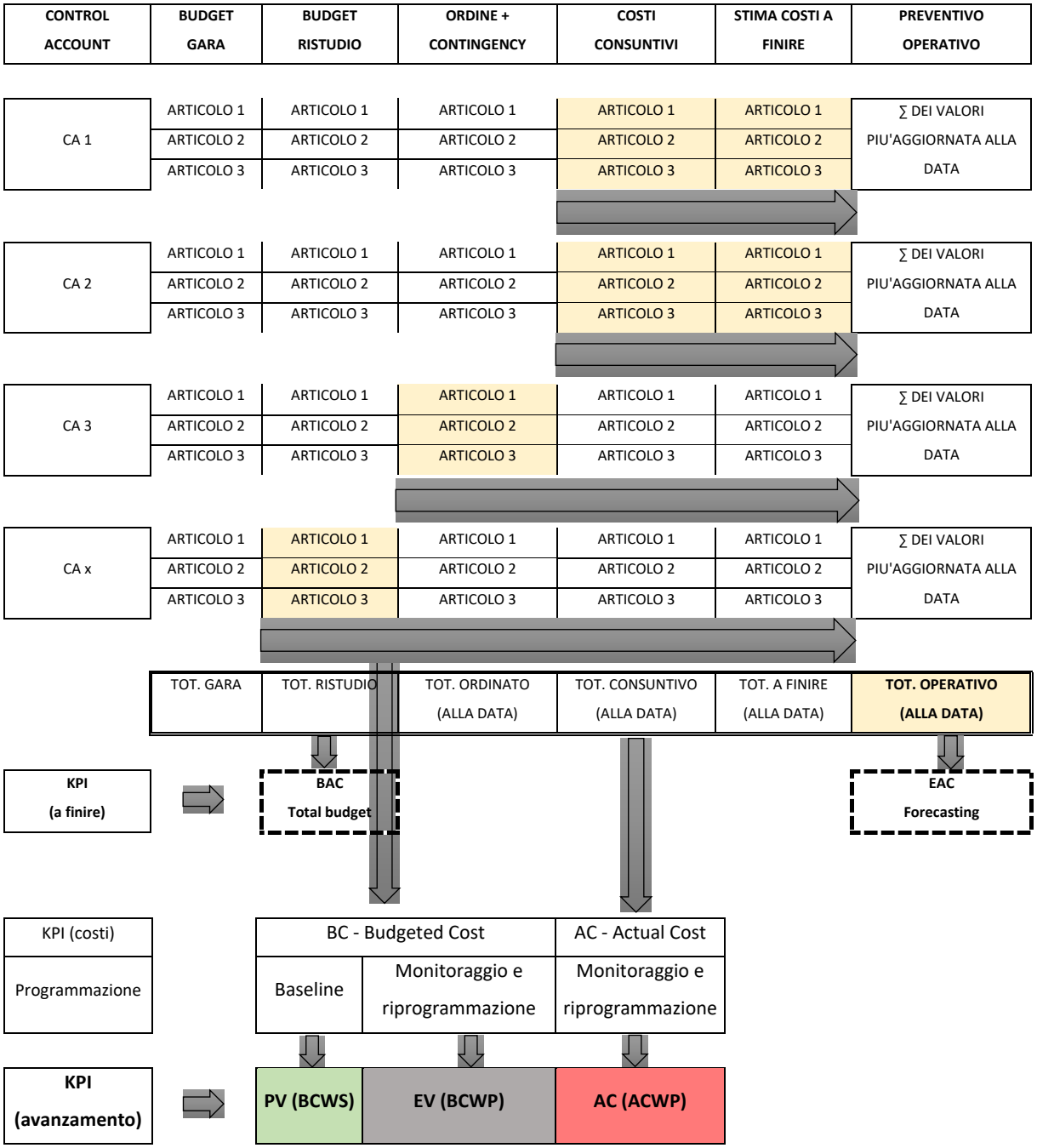
1. *Creazione del "pianificato"*: definizione del budget, creazione struttura WBS, Control Accounts quindi CBS, scomposizione del budget per fasi di controllo e definizione della baseline di progetto.
2. *Controllo dell'ordinato e del consuntivato*: raccolta dei dati relativi al valore degli ordini (ordini/contratti) e "attribuzione" degli stessi ai Control Accounts - CBS (cruscotti previsto/ordinato). Registrazione e controllo dei dati consuntivi attivi e passivi (contabilità, rapportini, bolle, registrazioni) e "attribuzione" degli stessi ai Control Accounts - CBS (cruscotti previsto/ordinato/consuntivo).
3. *Previsione "a finire"*: revisione per periodi definiti del preventivo operativo "alla data" con aggiornamento della programmazione a finire del cantiere, ricezione del dato consuntivo "alla data" e del dato a finire aggiornato "dalla data".
4. *Controllo e gestione di commessa*: creazione prospetti di controllo ad indici sul realizzato con EVA (Earned Value Analysis Method) e stime a finire (Forecasting).

La struttura implementata per le operazioni di controllo e gestione di commessa deve permettere di impostare ed estrarre le seguenti metriche di progetto (KPI), insieme di indicatori rivolti a monitorare e prevedere l'andamento delle principali variabili critiche:

- BAC (Budget at Completion): Valore economico iniziale previsto per la realizzazione del progetto;
- EAC (Estimate at Completion): Revisione del valore stimato per la realizzazione del progetto;
- PV o BCWS (Planned Value): Costo previsto alla data così come messo a piano (baseline);

- AC o ACWP (Actual Cost): Costo effettivamente sostenuto alla data come da avanzamento monitorato alla data;
- EV o BCWP (Earned Value): Costo potenzialmente sostenuto alla data come da avanzamento monitorato alla data se si fossero manifestate le ipotesi di costo previsto.

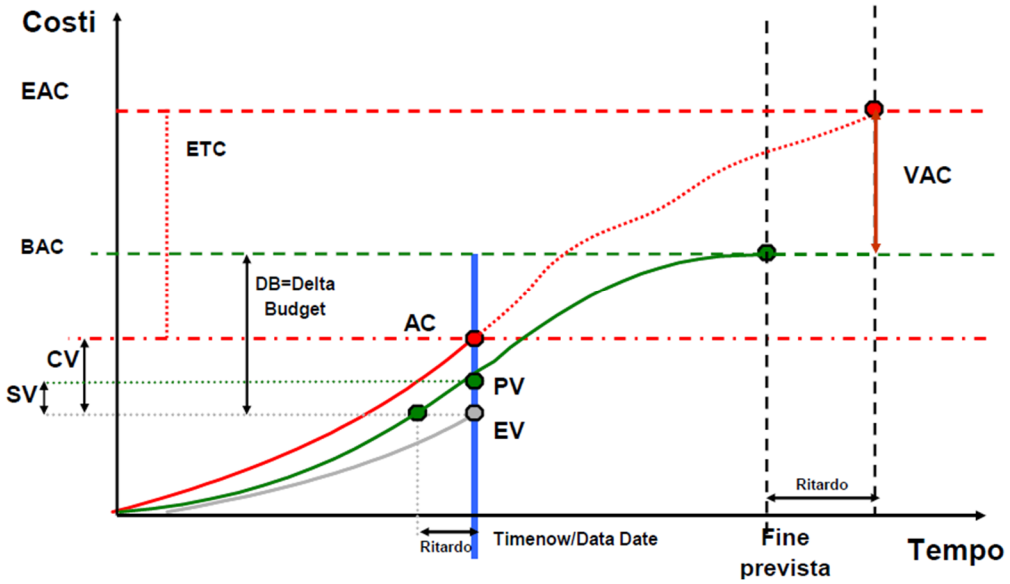
Le restanti metriche, meglio descritte nel paragrafo *"Fase di controllo e gestione",* sono funzione di quelle elencate. Si riporta di seguito la struttura di controllo.



Struttura di generazione e controllo metriche di progetto – Schema concettuale

Si riporta di seguito la rappresentazione grafica delle metriche appena introdotte (AC, PV, EV, BAC, EAC) e di altre metriche a queste collegate (CV, CPI, SV, SPI, ETC, VAC) il cui utilizzo permette di avere il pieno controllo del progetto.

I valori consuntivi attivi e passivi, contestualmente al monitoraggio sul programma lavori del realizzato permettono di popolare le curve sulla linea *"timenow"* (linea blu). L'aggiornamento degli ordini, delle stime a finire e del preventivo operativo permette invece di "popolare" la parte previsionale della curva (Forecasting), ovvero quella a destra del *"timenow"*.



Earned Value Analysis Method – Rappresentazione grafica

Il sistema di controllo di commessa descritto è stato implementato nel gestionale **TeamSystem CPM**, ambiente che permette la creazione di cruscotti di controllo riepilogativi personalizzabili secondo le specifiche esigenze. La parte di trattazione descrive questo tema è il capitolo *"Fase di controllo e gestione"*.

1.4.4 Il BIM per il Controllo di Gestione

Come utilizzare il modello all'interno di un ambiente strutturato per la gestione del 4D/5D a supporto dei processi di controllo descritti? Nel paragrafo *"Modelli – Usi e obiettivi"* è stata fornita una panoramica generale sui Model Uses individuati dalla Società: riprendendo quanto introdotto nello stesso e alla luce dei processi descritti il modello BIM è stato adottato a supporto delle fasi che seguono:

1. Definizione del budget di ristudio;
2. Definizione della baseline di progetto;
3. Redazione del programma preliminare degli approvvigionamenti e dei subappalti;
4. Gestione del procurement (richieste di acquisto, ordini e subappalti) ed estrazione dei fabbisogni;

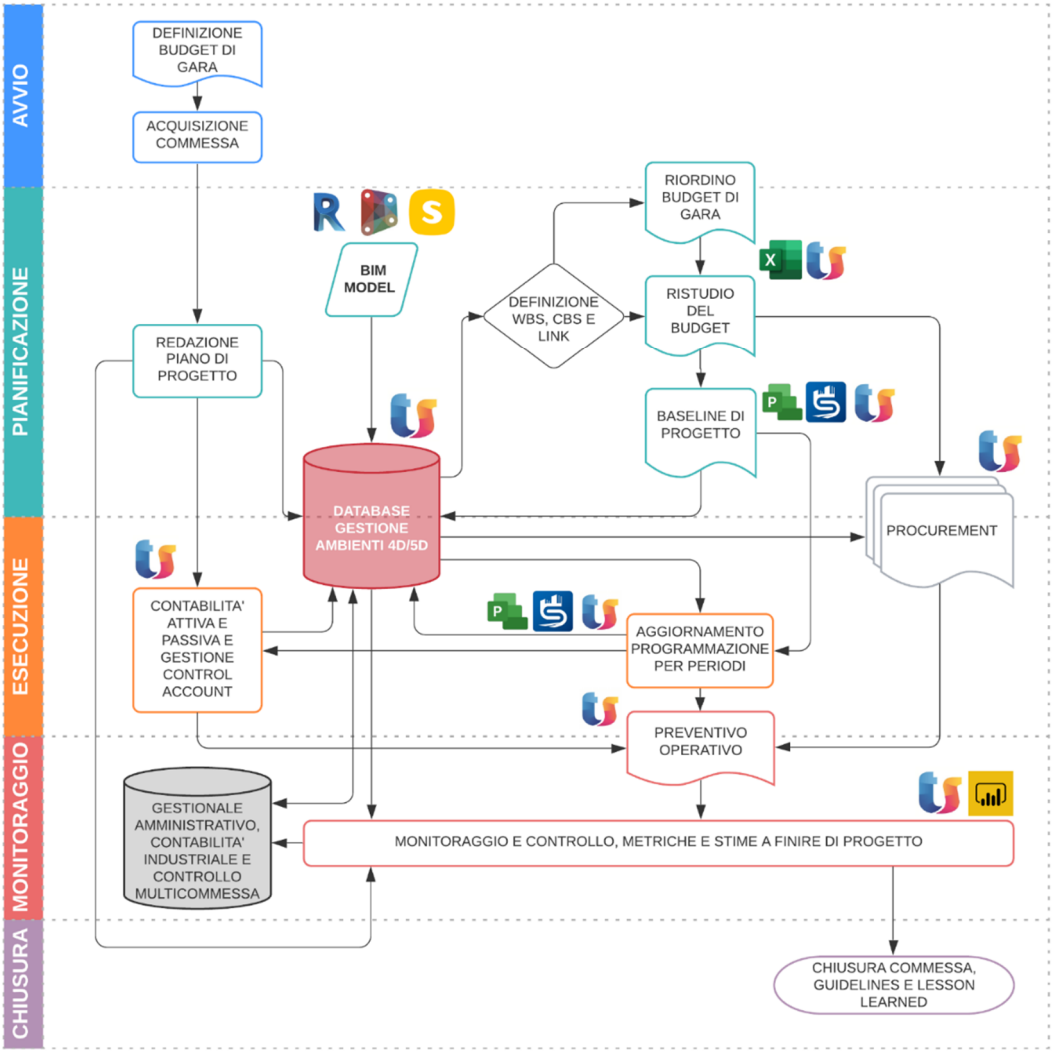
5. Monitoraggio dell’avanzamento;
6. Aggiornamento della programmazione;
7. Gestione della contabilità attiva,
8. Supporto per il controllo e gestione della commessa attraverso l’EVA e Forecasting;
9. Collegamento dei modelli a sistemi di Business Intelligence e Data Analysis.

2 NUOVI WORKFLOW – DALL'AVVIO ALLA CHIUSURA DELLA COMMESSA

Si definisce **Business Process Reengineering – BPR** un intervento organizzativo di profonda revisione dei procedimenti operativi che non risultano più adeguati alle necessità aziendali. Il ciclo di riprogettazione dei processi si compone di diverse fasi:

1. Analisi iniziale e mappatura dei procedimenti attuali (*as-is);*
2. Revisione e aggiornamento dei procedimenti attuali;
3. Mappatura di nuovi procedimenti (*to-be*);
4. Implementazione e test dei nuovi procedimenti.

Mentre nelle prime due fasi l'obiettivo è individuare l'attuale copertura dei requisiti di business e l'efficacia organizzativa in essere, nella terza fase è necessaria la mappatura di nuovi processi, attività e ruoli anche attraverso un piano implementativo caratterizzato da nuove competenze, tecnologie e strumenti. Di seguito si propone il flowchart semplificato del workflow implementato (to-be) strutturato sulla base dei gruppi di processi tipici del Project Management, dall'avvio alla chiusura della commessa. Nel corpo della trattazione, partendo dal workflow attuale, si descriveranno le nuove procedure dettagliando anche le tecnologie e gli strumenti adottati.



Flowchart nuovi processi e strumenti

3 FASE DI AVVIO

3.1 LANCIO DELLA COMMESSA

La fase di avvio del progetto parte con il passaggio di consegne della commessa dalla funzione commerciale (che l'ha acquisita) alla funzione produzione. La prima, coordinata dal responsabile funzionale, predispone un meeting congiunto tra le parti e redige un documento che riassume schematicamente diversi punti tipici del *Project Charter*, più nel dettaglio:

- Inquadramento generale;
- Principali stakeholders;
- Specifiche tecniche;
- Criticità, rischi e opportunità;
- Budget e costi previsti;
- Tempi e milestones contrattuali;
- Principali oneri contrattuali.

Soffermandoci sugli aspetti rilevanti per la trattazione, è in questa fase che la Produzione e il Project Manager assegnato alla commessa recepiscono l'analisi tecnica ed economica che ha portato alla formulazione dell'offerta "vincente" e che definisce, in grossa sostanza, il budget che lo Sponsor ha previsto di assegnare al progetto.

3.2 BUDGET DI GARA

Nel caso studio analizzato, all'atto del passaggio di consegne, la funzione Commerciale ha ripartito il budget in diversi cluster effettuando, per ognuno di questi, un'analisi costi/ricavi puntuale. Di seguito i raggruppamenti utilizzati:

DEMOLIZIONI	Voci del computo metrico estimativo di gara (CME di gara) inerenti alle opere di demolizione del fabbricato esistente
BONIFICHE	Voci CME di gara inerenti bonifiche e smaltimenti
MONITORAGGI	Voci del CME di gara relative a monitoraggi delle vibrazioni dei fabbricati limitrofi e verifica di assenza di cedimenti differenziali in corso d'opera
EDILI	Voci del CME di gara relative a opere civili
STRUTTURALI	Voci del CME di gara relative a opere strutturali
MECCANICO	Voci del CME di gara relative alle opere impiantistiche di tipo meccanico
ELETTRICO	Voci del CME di gara relative alle opere impiantistiche di tipo meccanico
OPERE EXTRA	Voci di CME di gara fuori dall'importo contrattualizzato ma con Prezzi Unitari già concordati con il cliente per eventuali integrazioni contrattuali

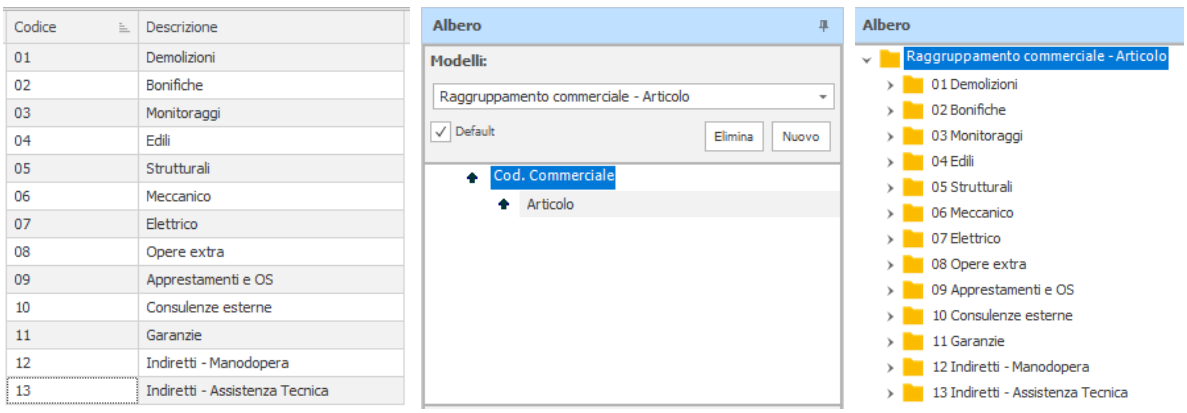
APPRESTAMENTI E ONERI PER LA SICUREZZA	Analisi e le stime dell'ufficio commerciale relative a noli e attrezzature di cantiere, opere di allestimento, viabilità temporanea ecc. Contiene anche gli Oneri per la Sicurezza contrattuali.
CONSULENZE ESTERNE	Analisi e le stime dell'ufficio commerciale relative a consulenze per la progettazione costruttiva, prove sui materiali e sui terreni, collaudi, analisi specialistiche
GARANZIE	Spese contrattuali, polizze assicurative, garanzie extra
INDIRETTI (MANODOPERA)	Stime dell'ufficio commerciale relative alla manodopera interna all'azienda da assegnare al progetto
INDIRETTI (ASSISTENZA TECNICA)	Stime dell'ufficio commerciale relative all'assistenza tecnica interna all'azienda da assegnare al progetto

Ripartizione del budget di gara – Funzione Commerciale

Fatta eccezione per l'analisi dei costi diretti per il quale viene utilizzato il gestionale amministrativo aziendale, tale riepilogo viene tradizionalmente realizzato all'interno di una cartella di lavoro **MS Excel** suddivisa in diversi fogli tematici.

Al fine di strutturare i dati tutta l'analisi è stata importata all'interno del Software di **TeamSystem CPM**: tale importazione permette di passare da una serie di computi metrici aggregati a un unico database strutturato, punto di partenza anche per le più semplici operazioni di Data Analysis, ovvero di estrazione di informazioni dall'analisi dei dati.

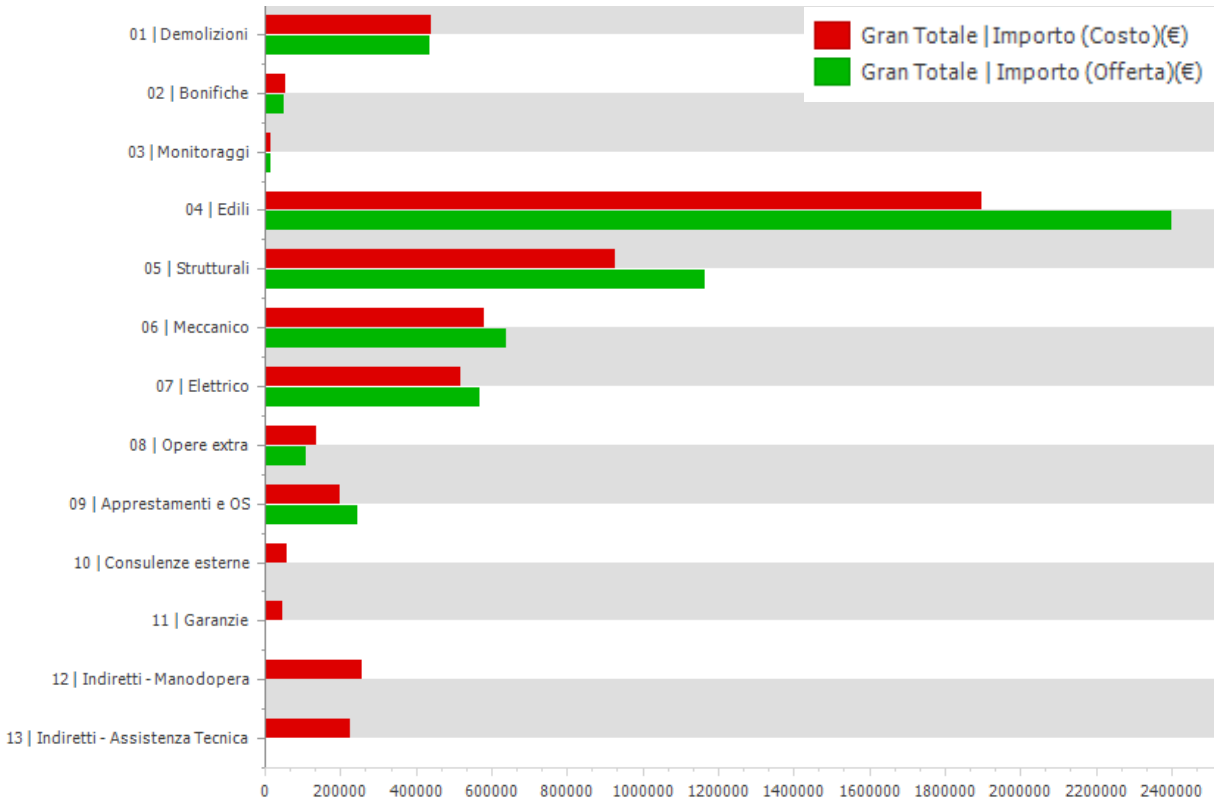
Nel caso in analisi il cluster attribuito dalla funzione Commerciale alle voci analizzate è stato implementato attraverso l'inserimento del raggruppatore denominato *"Raggruppamento Commerciale"* e successiva nuova strutturazione dell'albero gerarchico delle voci sulla base di tale raggruppatore e dell'articolo di riferimento.



TeamSystem CPM - Creazione del raggruppatore, definizione delle regole gerarchiche e applicazione al preventivo

La logica dei raggruppatori e degli alberi gerarchici di CPM permette di interrogare ed estrarre i dati creando cruscotti riepilogativi tarati sulle specifiche esigenze. Nel cruscotto sotto riportato si confrontano i diversi cluster con i relativi importi a costi (rosso) e ricavi (verde) preventivati dalla funzione Commerciale.

Si sottolinea che, a fini di privacy e proprietà del dato in capo alla Società AeC Costruzioni SRL, non si riporteranno i valori economici reali ma relativi/in percentuale ovvero volontariamente modificati.



Cruscotto preventivo – TeamSystem CPM

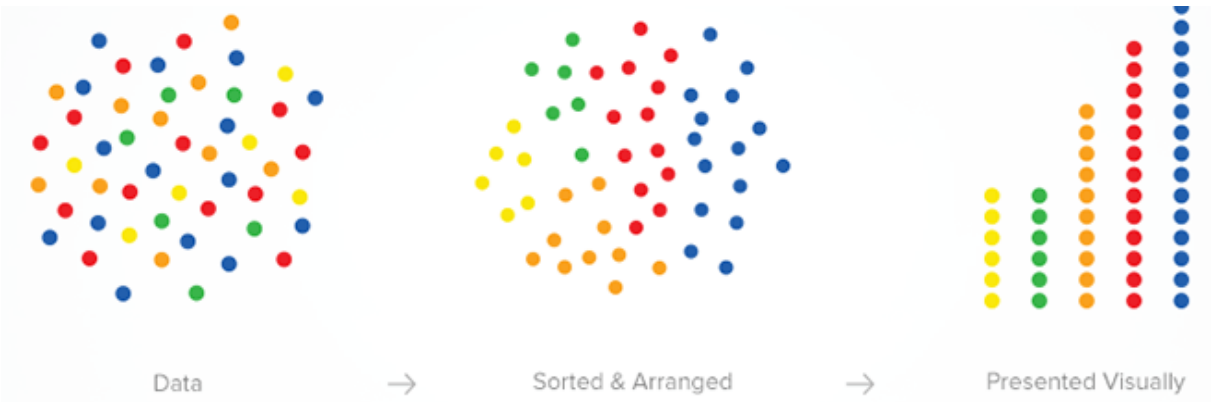
Seppur strutturare i dati di un'analisi già realizzata dalla funzione Commerciale possa sembrare uno sforzo evitabile (circa 200 misurazioni inserite, altrettante voci di EPU molte delle quali esplose e analizzate come più dettagliato nel seguito) è necessario tenere in considerazione una serie di aspetti, se ne evidenziano tre.

1. Come anticipato precedentemente raccogliere, pulire e strutturare i dati in un dataset è un'operazione preliminare necessaria a qualsiasi operazione di Data Analysis. Nel caso studio l'analisi è stata completamente inserita ex novo in quanto non strutturata nelle fasi precedenti del processo. Il set di dati andrebbe creato già in fase di offerta: le dinamiche di gestionali come quello utilizzato permettano di valersi di un unico database "plasmandolo" a esigenze distinte e differenti, come possono essere quelle della funzione Commerciale e della funzione Produzione nella fattispecie.

2. Cruscotti riepilogativi come quello allegato, definibile come un semplice esempio di Visual Management, comunicano una serie di importanti informazioni ancora prima di aver visto un singolo numero. Ad esempio, se per il cluster "Demolizioni" la funzione Commerciale prevede un'esecuzione in perdita per i cluster "Edili" e "Strutturali" sono previsti margini decisamente interessanti. Per la

realizzazione degli impianti è prevista una marginalità, anche se minore. Le "Opere Extra" sono in perdita, per le consulenze e gli indiretti sono previsti solo costi. Le opere Edili e Strutturali hanno un impatto sull'appalto maggiore rispetto a tutti gli altri cluster (ragionevole per il tipo e l'entità della costruzione). Nel seguito della trattazione si riporteranno altri esempi pratici di Visual Management.

3. Le informazioni così comunicate diventano in tempo zero patrimonio del Project Manager, che dovrà certamente entrare nel merito di ogni raggruppatore e analizzarlo puntualmente, ma avrà da subito una visione di insieme sul progetto e sulla ripartizione del budget previsto dallo Sponsor (con opportunità e criticità connesse).



"Visual Management è VEDERE assieme, così che CONOSCIAMO assieme, così che AGIAMO assieme, dall'operatore al CEO" - Michael Balle - The Lean Manager

3.2.1 EPU di gara e analisi dei costi preliminare

Prima di proseguire oltre è necessario dedicare un piccolo focus alla modalità di inserimento dell'Elenco Prezzo Unitari di gara (ovvero che riproduce quanto realizzato in fase di gara). Di seguito un estratto delle voci di EPU relative alla disciplina strutturale.

...	Codice	Breve	Cod. U.M.	Q.ta utilizzo	Imp. Utilizzo
A	STR.01	Demolizione a conci della trave perimetrale esistente in co...	M	0,00	0,00
A	STR.02	Sottofondazioni in conglomerato cementizio realizzate me...	M3	0,00	0,00
A	STR.03	Conglomerato cementizio per strutture in cemento armat...	M3	0,00	0,00
A	STR.04	Conglomerato cementizio per strutture in cemento armat...	M3	0,00	0,00
A	STR.05	Calcestruzzo per C.A. (travi, pilastri, solette, ecc.) - Resi...	M3	0,00	0,00
A	STR.06	Cassaforma di cartone circolare a perdere, liscia facciavis...	M	0,00	0,00
A	STR.07	Casseforme anche con sistema modulare tipo SKYDECK. i...	M2	0,00	0,00
A	STR.08	Casseforme per getti in calcestruzzo - Muri, setti, pilastri,...	M2	0,00	0,00

Estratto Elenco Prezzi "di gara" – TeamSystem CPM

Per ogni voce sono stati compilati una serie di attributi, dall'Articolo (codice) alla descrizione sintetica (Breve), dall'unità di misura (Cod. U.M.) a tanti altri campi nascosti relativi, ad esempio, alle classi prezzi assegnate a ogni voce (costo/offerta/base). Si ponga attenzione alla prima colonna, caratterizzata dalla lettera "A": tale attributo identifica l'esistenza di un'analisi per il calcolo delle classi di prezzo unitarie. Di seguito l'analisi dell'articolo STR.03 – Conglomerato cementizio per strutture in cemento armato in fondazione:

Cod. Articolo	Des. Articolo	Co...	Des. U.M.	Classe Pz	Des. Classe Pz	Quantità	Inc. qtà	Inc. importo	Specie
CLS.C3240...	Fornitura CLS C32/40	M3	m3	COSTO...	Costi a budg...	1.03	1,030	81,89	Materiali
CLS.POMP.1	Sovrapprezzo per calcestruzzo pompato	M3	m3	COSTO...	Costi a budg...	1	1,000	4,70	Materiali
CLS.S5	Sovrapprezzo per classe di consistenza ...	M3	m3	COSTO...	Costi a budg...	1	1,000	2,00	Materiali
CLS.PIAZZ....	Sovrapprezzo per piazzamento pompa. ...	CAD	Cadauno	COSTO...	Costi a budg...	0.009	0,009	1,62	Materiali
CLS.POSA.2	Posa fondazioni - MAPEN SC. 5%	M3	m3	COSTO...	Costi a budg...	1	1,000	17,10	Manodopera

Estratto analisi articoli – TeamSystem CPM

L'analisi della singola voce comprende:

4. La fornitura del calcestruzzo della classe di resistenza di progetto (incidenza 1,03);
5. Il sovrapprezzo in quanto trattasi di calcestruzzo pompato (incidenza 1,00);
6. Il sovrapprezzo per la classe di consistenza S5, richiesta a capitolato (incidenza 1,00);
7. Il sovrapprezzo per il piazzamento della pompa carrata (incidenza 0,009);
8. La posa (incidenza 1,00).

L'incidenza dipende dall'unità di misura dell'articolo "figlio" e determina quanto di quel sotto articolo è necessario per realizzare la singola unità analizzata di articolo "madre", un metro cubo di calcestruzzo strutturale per fondazioni nella fattispecie. Analizzare puntualmente gli articoli di elenco prezzi significa, da un lato, avere una stima più tarata dei costi da sostenere, dall'altro, conoscere i fabbisogni del cantiere e pianificarli nel tempo quando il CME sarà collegato alla WBS operativa e quindi alla programmazione delle opere. Ma di questo si discuterà nel paragrafo "*Analisi dei fabbisogni da programma dei lavori*".

3.2.2 CBS e CONTROL ACCOUNT

La definizione della Cost Breakdown Structure e dei Control Account appartiene ai processi di pianificazione: una volta definita la struttura, tuttavia, è necessario applicarla anche al budget di gara (fase di avvio) al fine di renderlo confrontabile con il budget di ristudio (fase di pianificazione). Si riporta di seguito la ripartizione del budget di gara per Control Account e si rimanda, invece, ai paragrafi che seguono la definizione della struttura di controllo costi.

Cod. CBS	Des. CBS	Budget di GARA (Costo)(€)
000	ONERI SICUREZZA	0,00%
001	ACCANTIERAMENTO E APPRESTAMENTI	3,66%
002	INDIRETTI - MANODOPERA INTERNA	4,79%
003	INDIRETTI - ASSISTENZA TECNICA INTERNA	4,15%
004	GARANZIE A CARICO	0,81%
005	CONSULENZE ESTERNE	1,04%
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTIMENTI	9,60%
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI	0,18%
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI	4,32%
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI	11,28%
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI	1,82%
050	MURATURE E INTONACI	3,46%
060	SISTEMI A SECCO	5,61%
080	IMPIANTI	22,47%
090	SOTTOFONDI, PAVIMENTI, RIVESTIMENTI, OPERE I	7,25%
100	ISOLAMENTI E COPERTURE	2,95%
110	SERRAMENTI, CAPPOTTI E FINITURE DI FACCIATA	8,30%
120	OPERE EDILI DI FINITURA E OPERE DA FABBRO	7,67%
130	FOGNATURE E POLIFORE	0,17%
140	SISTEMAZIONI ESTERNE, OPERE DI URBANIZZAZION	0,01%
150	ARREDI	0,45%
		100,00%

Budget di GARA – Struttura CBS

Come già anticipato, lo stesso stesso dataset può essere scomposto con logiche differenti. Il *"raggruppamento commerciale"* soddisfa le esigenze della funzione commerciale. La scomposizione riportata in tabella, invece, soddisfa quelle della funzione Produzione.

4 FASE DI PIANIFICAZIONE

Terminata la fase di Avvio, nella quale si recepisce lo studio effettuato dalla funzione Commerciale, il Project Manager e il suo Team sono pronti ad avviare la pianificazione della commessa che ha come scopo principe la realizzazione del Piano di Progetto (*Project Management Plan*). Il Piano di Progetto definisce le modalità e le strategie con cui il Project Manager intende raggiungere gli obiettivi prefissati dallo Sponsor e gli elementi necessari al raggiungimento di tali obiettivi.

Develop Project Management Plan is the process of defining, preparing and coordinating all subsidiary plans and integrating them into a comprehensive project management plan. The key benefit of this process is a central document that defines the basis of all project work.

PMBOK®, 5th Edition, Section 4.2, "Develop Project Management Plan"

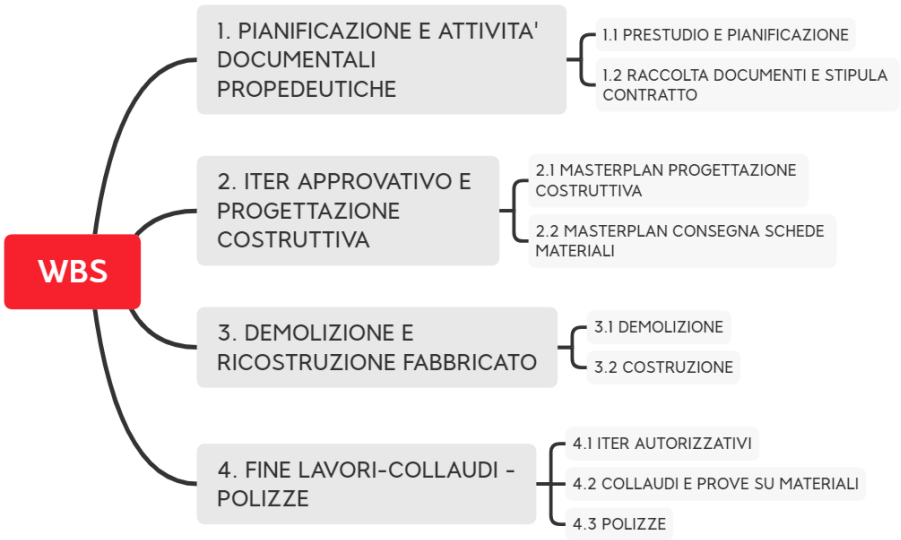
Il Project Management Plan diventa la "bussola" del progetto inquadrando l'ambito, la baseline di progetto, i punti cardine delle attività, i compiti e le responsabilità, le risorse, i tempi, i rischi, le opportunità e deve essere inteso come una sorta di "accordo" tra le parti (Project Manager e Sponsor) che non deve quanto più possibile lasciare spazio ad ambiguità decisionali, relazionali ed operative.

Rimanendo sul tema principale del lavoro di tesi, il Project Management Plan contiene le modalità di controllo e gestione del progetto e costituisce il piano di riferimento per la verifica, durante il processo di esecuzione, degli scostamenti dei risultati parziali a fronte degli obiettivi previsti.

4.1 DEFINIZIONE WBS E CBS

Una delle prime attività che il PM deve mettere in campo è la definizione della **WBS** (Work Breakdown Structure), procedendo alla scomposizione del progetto in WP (Work Packages) elementari. Nella WBS realizzata per la commessa in studio la Costruzione vera e propria dell'edificio è solo uno dei livelli, altri livelli sono la pianificazione e il ristudio, il Masterplan di redazione degli elaborati costruttivi, delle schede di approvazione dei materiali per le principali forniture, delle procedure burocratiche e degli iter autorizzativi propedeutici all'ottenimento dell'agibilità della struttura.

La WBS permette al Project Manager di schematizzare con uno schema logico tutto ciò che deve essere approntato per raggiungere gli obiettivi del progetto.



WBS di progetto – Primi n.2 livelli

Per il progetto in analisi è stata adottata la tecnica del *Rolling Wave Planning* o *Elaborazione Progressiva*. Il Project Manager ha pianificato in maniera più rigorosa il lavoro a breve termine (arricchendo la WBS con più sottolivelli) mentre ha progettato a livello meno dettagliato le attività più a lungo termine. La studio scrupoloso della prima parte del cantiere comporta una altrettanto studio scrupoloso della consegna degli elaborati costruttivi, delle schede di approvazione dei materiali da apprestare e delle altre attività correlate.

Oltre alla WBS appena introdotta, è stato necessario progettare una **CBS** (Cost Breakdown Structure) individuando i **Control Accounts**. La CBS è la struttura di ripartizione dei costi necessaria alle operazioni di controllo e monitoraggio e deve necessariamente trovare un collegamento con la WBS di progetto. Nel caso in analisi quasi tutti i costi della commessa si manifestano durante la fase di esecuzione, pertanto si è scelto di fari corrispondere la CBS alla WBE *"3. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE FABBRICATO".* La tipologia di collegamento WBS-CBS è da contestualizzare a seconda del progetto e potrebbero esserci diverse soluzioni percorribili, è necessario tuttavia rispettare almeno queste tre regole:

1. La struttura della CBS e i Control Accounts sono definiti all'inizio del progetto e non cambiano in corso di realizzazione in quanto diventano da subito la matrice di imputazione dei costi;
2. Il collegamento con la WBS deve essere chiaro e univoco in quanto il PM durante le fasi di monitoraggio e riprogrammazione aggiornerà il GANTT e quindi lavorerà con le attività legate alla WBS (non alla CBS);
3. Anche la WBS non cambia in corso d'opera, al più si arricchisce di dettagli e sottolivelli: la logica di destrutturazione del progetto va definita in fase di pianificazione.

CBS di progetto e Control Account

Per quanto fino ad ora enunciato, la definizione delle modalità di controllo e gestione del progetto non è un tema rimandabile alla fase di esecuzione. In questa fase del processo il Project Manager e il Cost Controller (o la figura che imposta il controllo di gestione) lavorano insieme alla definizione di una struttura efficiente, funzionale e sostenibile: una struttura che deve permettere di pianificare e controllare da un lato gli aspetti più operativi del cantiere, dall'altro l'avanzamento economico e finanziario soggetto a logiche più schematiche.

4.2 CODIFICA DEGLI OGGETTI BIM E MODEL WBS

Come anticipato nel paragrafo *"WBS e PBS – Oggetti, codifiche, nomenclatura"* codificare un prodotto significa caratterizzarlo con un codice convenzionale intelligibile da tutti i soggetti a conoscenza del codice stesso. Pertanto, nota la WBS, la CBS e l'interconnessione che unisce le due strutture è stato possibile definire una codifica univoca per gli **oggetti BIM** semplice ma funzionale agli usi del modello.

Nel dettaglio si è scelto di utilizzare una codifica multi-campo di tipo sia spaziale che funzionale: i campi spaziali codificano la posizione degli oggetti nello spazio, i campi funzionali codificano il sistema tecnologico, permettendo anche di ricollegare gli elementi alle informazioni di computo. Per differenziare tale struttura dalla WBS generale di progetto è stata nominata Model WBS (o PBS - Product Breakdown Structure).

Model WBS – Codifica multi-campo

MODEL WBS - CAMPI FUNZIONALI			
WBS_FUNCTION_1		**WBS_FUNCTION_2**	
STR	STRUTTURE	**A**	SOTTOFONDAZOINI
		B	FONDAZIONI
		C	STRUTTURE DI CONTENIMENTO
		D	STRUTTURE VERTICALI IN CA
		E	STRUTTURE ORIZZONTALI IN CA
		I	STRUTTURE ORIZZONTALI IN ACCIAIO
ARC	ARCHITETTONICO EDILE	**A**	PARTIZIONI VERTICALI A SECCO
		B	MURATURE, LATERIZI E INTONACI
		C	ISOLANTI VERTICALI
		D	PARTIZIONI ORIZZONTALI E SOTTOFONDI
		E	PARTIZIONI ORIZZONTALI A SECCO
		F	INFISSI/SERRAMENTI INTERNI
		G	INFISSI/SERRAMENTI ESTERNI
		OUT	ESCLUSIONI

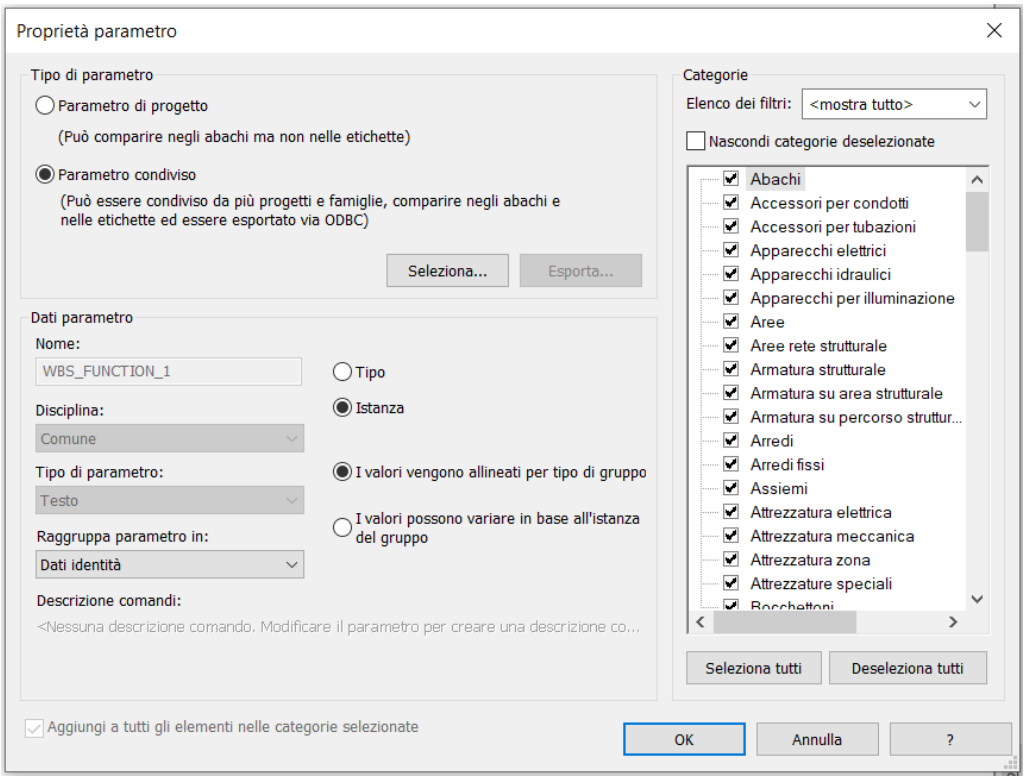
MODEL WBS - CAMPI SPAZIALI			
WBS_ZONE_1		**WBS_ZONE_2**	
A	CORPO A	**-1**	INTERRATO
B	CORPO B	**0**	RIALZATO
		1	PIANO 1
		2	PIANO 2
		3	PIANO 3
		4	PIANO 4
		5	COPERTURA

Model WBS – Campi di codifica spaziali e funzionali

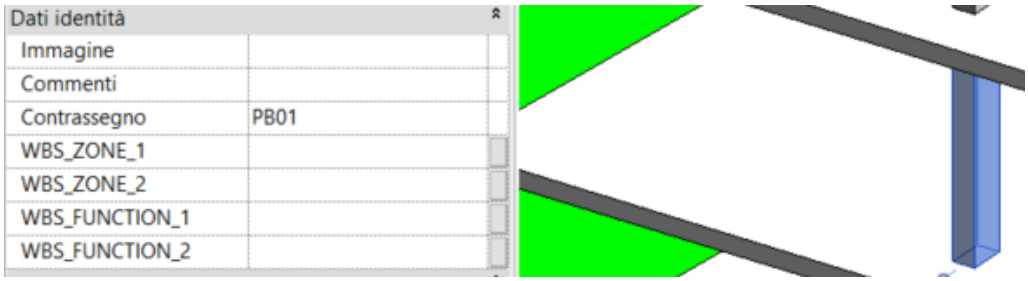
La codifica funzionale è stata estrapolata dai *"BIM Standards" (*già citati precedentemente) attualmente in corso di definizione, mentre la codifica spaziale è strettamente legata alle caratteristiche fisiche dell'edificio.

Definita la codifica si è proceduto alla creazione di un set di parametri condivisi Revit caratterizzato da due gruppi di parametri (WBS Function e WBS Zone) e quattro parametri (WBS_FUNCTION_1, WBS_FUNCTION_2, WBS_ZONE_1, WBS_ZONE_2). Tutto il set è stato quindi aggiunto ai dati di progetto e associato a tutte le categorie presenti nei modelli come valori di istanza raggruppando i nuovi parametri sotto il Properties Set di Revit "Dati identità".

```
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META    VERSION MINVERSION
META     2       1
*GROUP   ID      NAME
GROUP    1       AeC_WBS_ZONE
GROUP    2       AeC_WBS_FUNCTION
*PARAM   GUID                                    NAME            DATATYPE
PARAM    3d61431b-ee7b-416b-8b21-96e60d27b309    WBS_FUNCTION_1  TEXT
PARAM    1eb9997f-5188-45a9-b9dc-bf980c33f878    WBS_FUNCTION_2  TEXT
PARAM    87d61056-b18b-4677-b1a2-09d9ca24145a    WBS_ZONE_1      TEXT
PARAM    ca7733c9-ec7f-4d2a-aa6d-be0cfd7ba4df    WBS_ZONE_2      TEXT
```



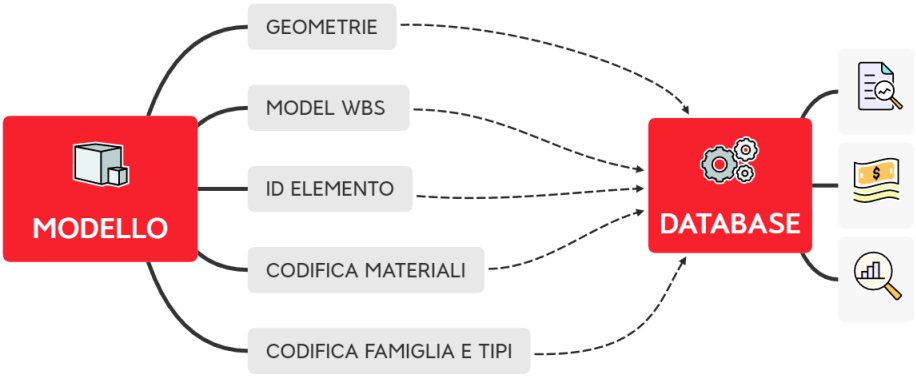
Fase di inserimento nuovi parametri di progetto da set di parametri condivisi - Revit



Raggruppamento dei nuovi parametri all'interno del gruppo di parametri "Dati identità"

Come anticipato all'inizio della trattazione l'obiettivo della codifica, nel caso in analisi, è quello di collegare gli oggetti a database relazionali esterni al modello: dai modelli verranno estratti esclusivamente le caratteristiche geometriche e le codifiche di riferimento (WBS, Cod. Tipi e Cod. Materiali). Queste ultime, negli step successivi, serviranno per definire le estrazioni informative necessarie. È evidente come tale approccio richieda una rigida

definizione in termini di codifica e processi di validazione automatizzata: la verifica, tuttavia, sarà da eseguire su un numero limitato di campi (quelli di codifica e nomenclatura) aumentando l'efficacia e l'efficienza del processo.



Dal modello al Database – Mappa concettuale

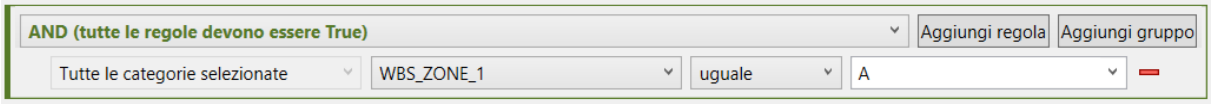
Si elencano altri vantaggi dell'approccio adottato:

- Salvaguardia del know-how aziendale in quanto i trasferimenti dei modelli verso terzi non minacceranno la proprietà del dato: tutte le caratteristiche proprietarie saranno gestite all'interno di database esterni ai modelli;
- Software di BIM Authoring come Revit nascono per soddisfare esigenze diverse da quelle di controllo e gestione dei dati quando i dati sono valori di natura economica e temporale. Seppur siano presenti abachi materiali e quantità, la possibilità di assegnare articoli e classi di prezzo e altro ancora i software di modellazione parametrica garantiscono di gestire solo in piccolissima parte i processi di controllo e gestione tipici del Project Management;
- La possibilità di definire una codifica univoca ad un livello più alto rispetto a quello della singola commessa permette potenzialmente di generare ed estrarre informazioni condivise su diversi progetti favorendo i processi di Program e Portfolio Management consentendo, ad esempio, lo sviluppo di statistiche diffuse su programmi di progetti sviluppati all'interno della propria Organizzazione;
- Il responsabile delle informazioni opera direttamente sui database imputando il dato fuori dal Software di Authoring garantendo quindi la provenienza delle informazioni e accorciando la catena delle responsabilità.

4.2.1 Model WBS – Definizione e compilazione dei campi Spaziali con Revit

Come già anticipato la compilazione e successiva verifica dei campi di codifica è un aspetto di primaria importanza, considerato l'uso che si farà di tale sistema negli step che seguono. Nel caso studio si è scelto di seguire due approcci distinti per la compilazione dei campi spaziali e funzionali: mentre i primi sono stati compilati attraverso l'utilizzo dei filtri nel Software di Authoring, per i secondi si è optato per l'utilizzo di Dynamo, applicativo di Visual Programming open source di Autodesk.

Ritornando alla compilazione dei campi spaziali, si è proceduto realizzando una serie di filtri caratterizzati da semplici regole di filtraggio, come quella che segue (WBS_ZONE_1 = A).



Esempio di Filtro Revit – WBS_ZONE_1 = A

Parallelamente sono state realizzate delle viste di controllo che, partendo dai filtri realizzati, restituissero colorazioni diverse a seconda del valore del parametro.

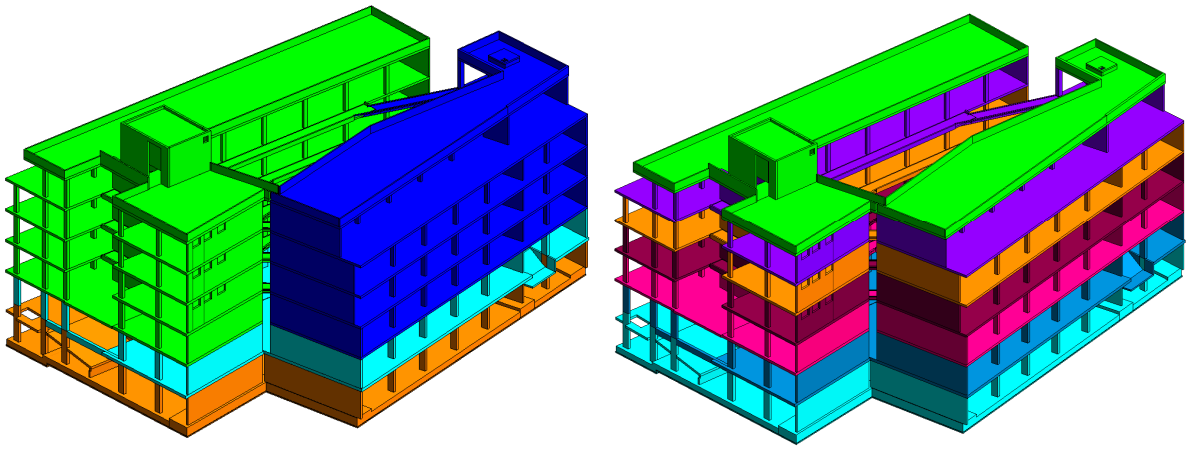
Nome	Visibilità	Proiezione/Superficie			Taglio		Mezzitoni
		Linee	Motivi	Trasparenza	Linee	Motivi	
AeC_WBS_ZONE1_BASEMENT	☑						☐
AeC_WBS_ZONE1_GROUNDFLOOR	☑						☐
AeC_WBS_ZONE1_B	☑						☐
AeC_WBS_ZONE1_A	☑						☐

Elenco filtri - WBS_ZONE_1

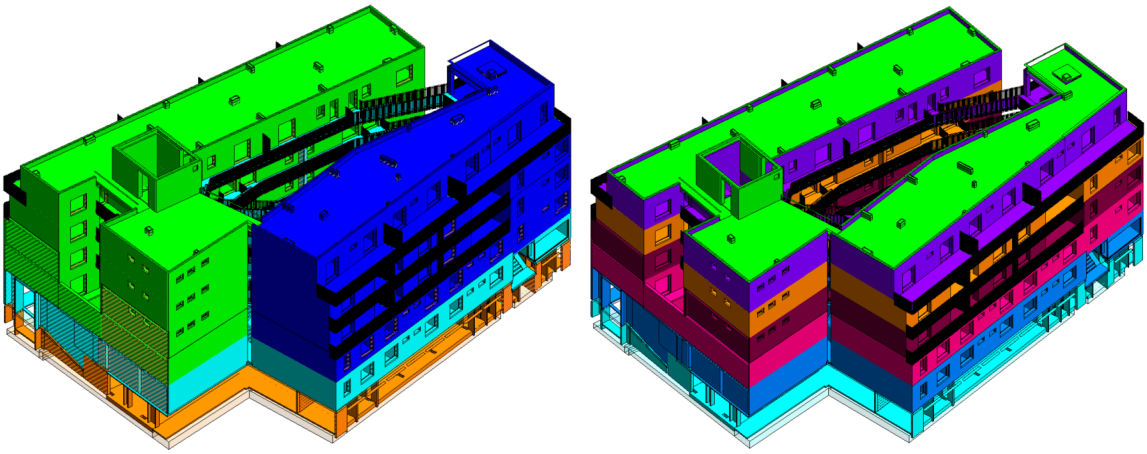
Nome	Visibilità	Proiezione/Superficie			Taglio		Mezzitoni
		Linee	Motivi	Trasparenza	Linee	Motivi	
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_5	☑	Sostituisci...		Sostituisci...	Sostituisci...	Sostituisci...	☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_4	☑						☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_3	☑						☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_2	☑						☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_-1	☑						☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_0	☑						☐
AeC_WBS_ZONE2_FLOOR_1	☑						☐

Elenco filtri - WBS_ZONE_2

Il risultato sono delle viste 3D per le quali la verifica della corretta attribuzione del dato risulta praticamente immediata, tramite la visualizzazione grafica accompagnata dal riquadro di sezione.



Modello strutturale - WBS_ZONE_1 e WBS_ZONE_2

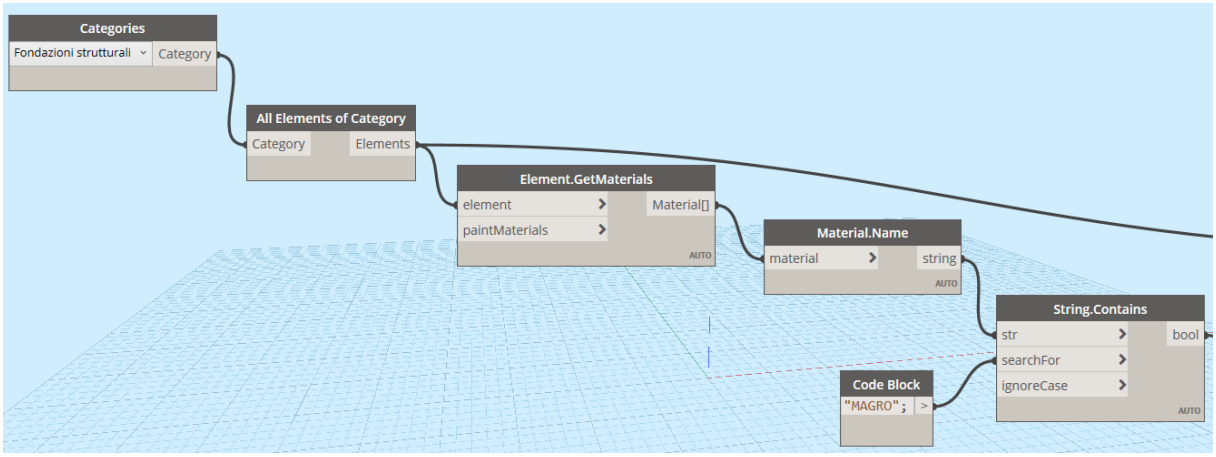


Modello architettonico - WBS_ZONE_1 e WBS_ZONE_2

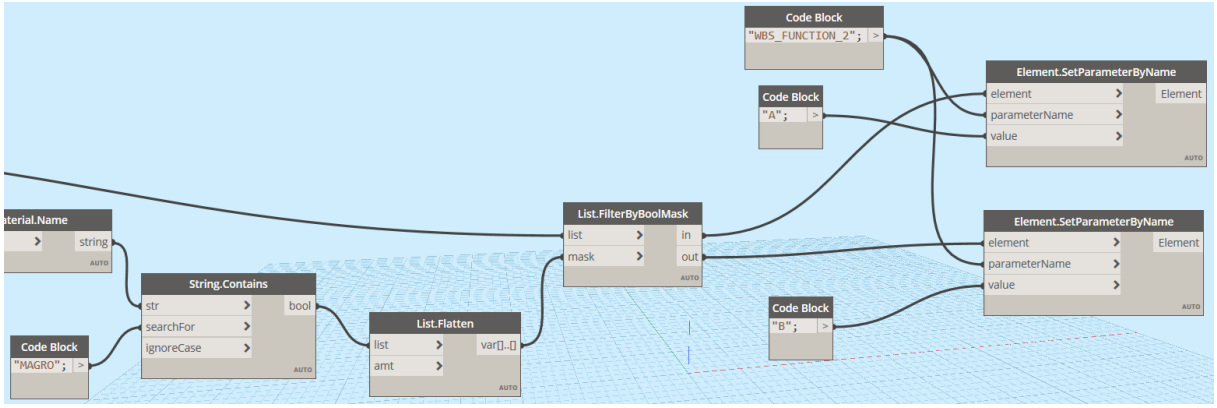
4.2.2 Model WBS – Definizione e compilazione dei campi Funzionali con Dynamo

Come anticipato nel paragrafo precedente, la compilazione dei campi funzionali è stata realizzata con Dynamo, applicativo di Visual Programming open source di Autodesk. Per entrambi i modelli (architettonico e strutturale) sono stati realizzati degli script che partendo da driver in ingresso ben definiti (categoria Revit, nomenclatura famiglia e nomenclatura materiale) restituiscono il campo codifica della Model WBS compilando il relativo parametro all'interno di Revit: risulta ancora una volta evidente come il rispetto di codifiche e nomenclature già in fase di modellazione sia una *"Condicio sine qua non"* senza la quale tutto il processo non risulterebbe adottabile.

Per le **fondazioni strutturali** è stato sufficiente dividere il magrone di posa (STR A) dalle componenti portanti (STR B). Pertanto, dopo aver selezionato tutti gli elementi della categoria "Fondazioni strutturali", sono state isolate le famiglie contenenti qualsiasi materiale caratterizzato dal testo "MAGRO" all'interno del proprio nome: a queste ultime è stato associato il valore "STR A" (Sottofondazioni), alle rimanenti il valore "STR B" (Fondazioni).

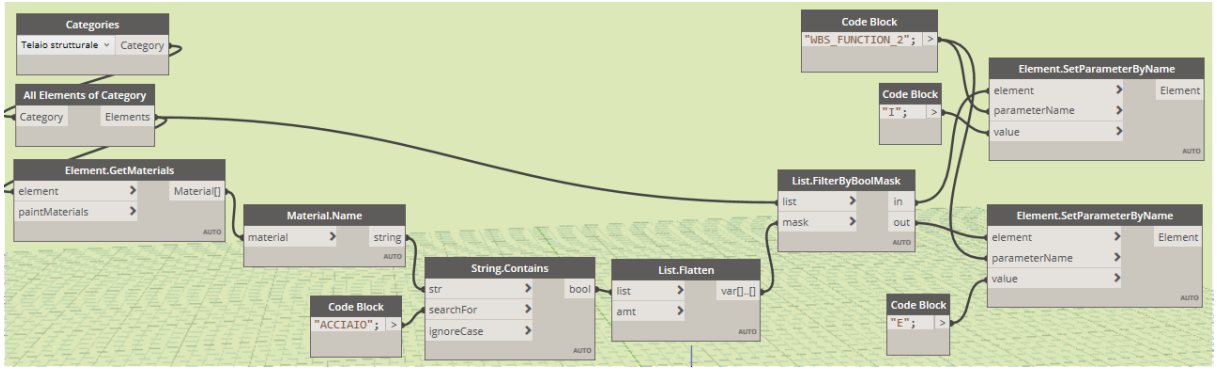


Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali STR A/B – Parte 1



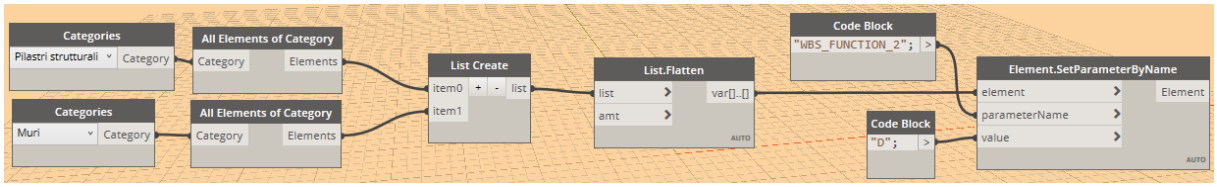
Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali STR A/B – Parte 2

Per il **telaio strutturale** si è proceduto in maniera analoga individuando tra le famiglie appartenenti alla categoria "Telaio strutturale" tutte quelle contenenti qualsiasi materiale caratterizzato dal testo "ACCIAIO" all'interno del proprio nome, attribuendo ai parametri funzionali delle prime il valore STR E (strutture orizzontali in CA), a quelli delle seconde il valore STR I (strutture orizzontali in acciaio).



Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali STR E/I

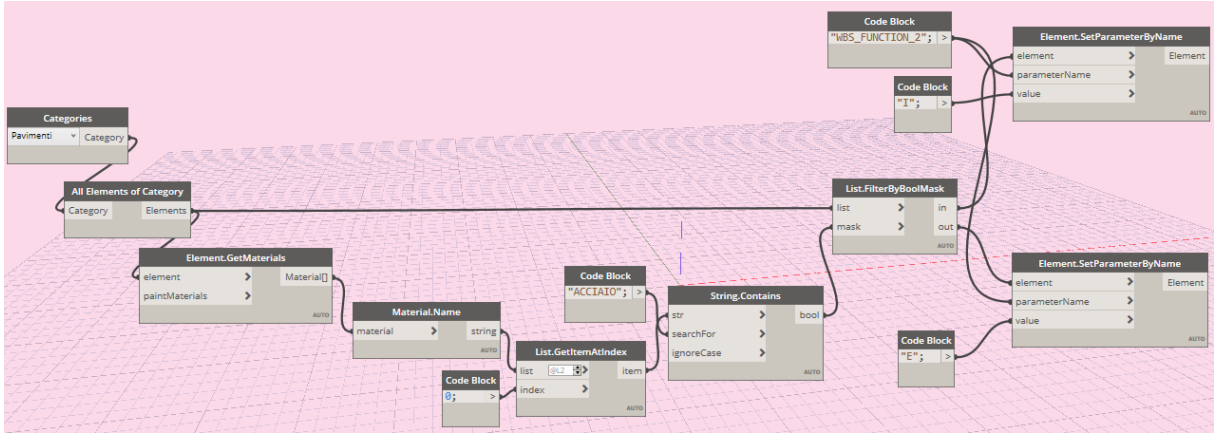
Le **strutture portanti verticali** sono tutte in cemento armato, pertanto è stata creata una semplice lista all'interno della quale sono stati inseriti sia i setti (categoria "Muri" in Revit), che i pilastri (Categoria "Pilastri strutturali" in Revit). A tutti gli elementi della lista è stato attribuito il valore STR D (Strutture verticali in CA).



Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali STR D

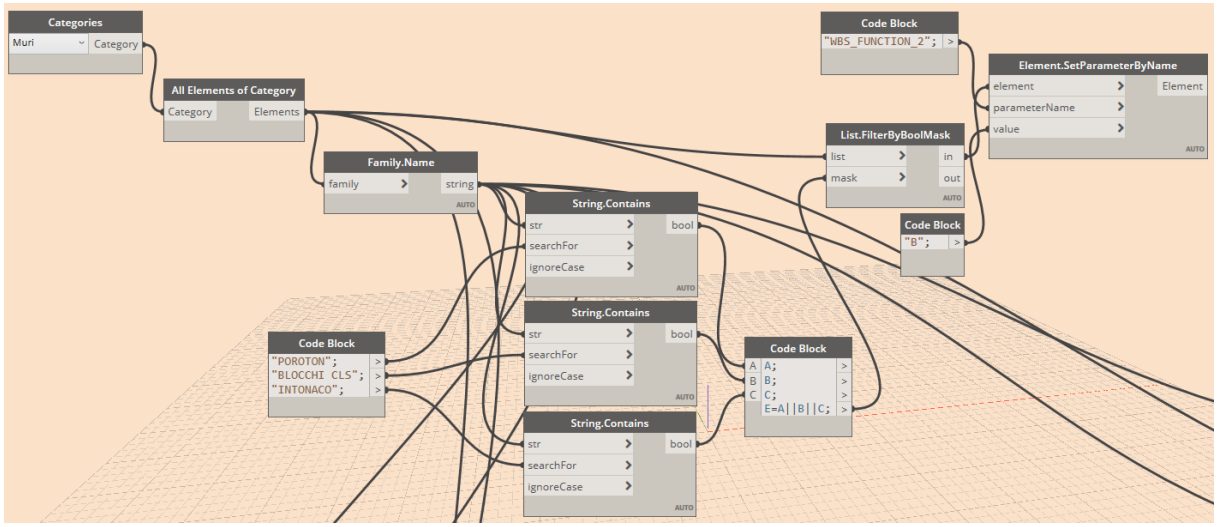
Le **strutture portanti orizzontali** sono sia in cemento armato che in acciaio (lamiere grecate con solette collaborati). Anche in questo caso, quindi, è stato necessario separare gli elementi della categoria "Pavimenti" in due gruppi distinti. Il principio di creazione dei due cluster di elementi è analogo a quelli precedenti, con la sola

differenza che nelle strutture orizzontali portanti in acciaio, lo strato in acciaio è solo uno dei diversi strati che compongono il pacchetto strutturale. Per questo motivo è stato necessario filtrare gli strati nel quali cercare il materiale attraverso il nodo Dynamo *"List.GetitemAtIndex"*. Come per le travi, agli impalcati in cemento armato è stato associato il valore STR E (strutture orizzontali in CA), a quelli contenenti almeno uno strato in lamiera il valore STR I (strutture orizzontali in acciaio).



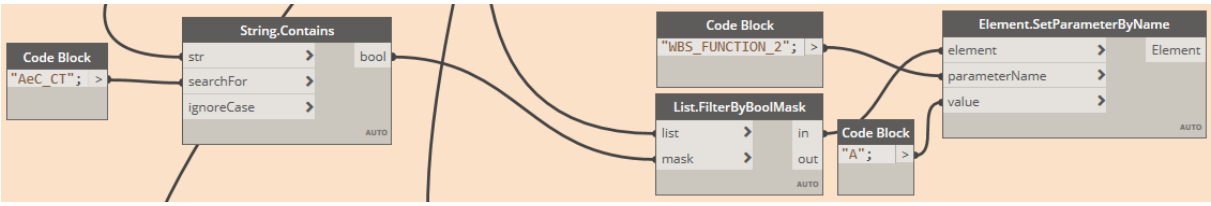
Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali STR E/I

Per gli elementi del modello architettonico gli script creati sono leggermente più articolati: nel dettaglio all'interno della categoria "Muri" sono presenti partizioni verticali a secco (ARC A), murature, laterizi e intonaci (ARC B), isolanti (STR C), elementi ai quali assegnare la classe "nulla" (ARC OUT). Si è partiti individuando tutte le **partizioni verticali in laterizio/blocchi CLS e gli intonaci** filtrando, tra gli elementi della categoria "Muro", tutte le famiglie contenenti all'interno del proprio nome il testo "Poroton", "Blocchi CLS" o "Intonaco" unite dall'operatore logico OR (||): a tutti gli oggetti filtrati è stato assegnato il valore ARC B (Murature, laterizi e intonaci).

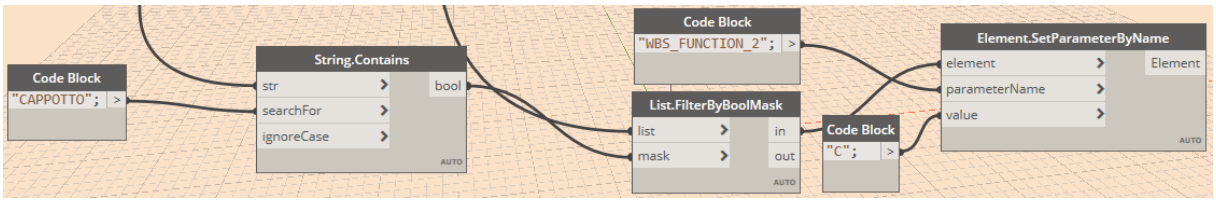


Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC A/B/C/OUT – Parte 1

Tra gli elementi appartenenti alla categoria “Muri” esclusi dal precedente filtraggio sono state individuate le **partizioni a secco** ARC A e gli **isolanti verticali** ARC C (il driver utilizzato in entrambi i casi è stato il nome delle famiglie).

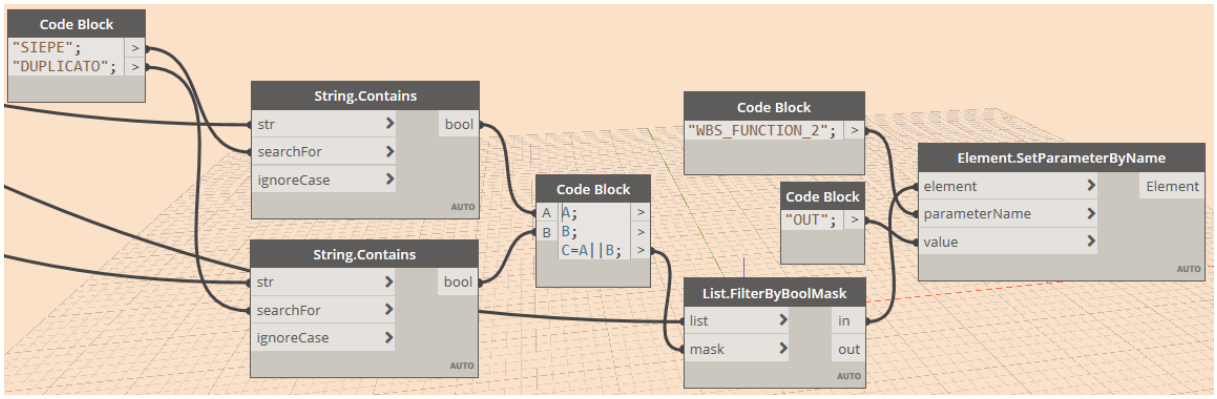


Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC A/B/C/OUT – Parte 2



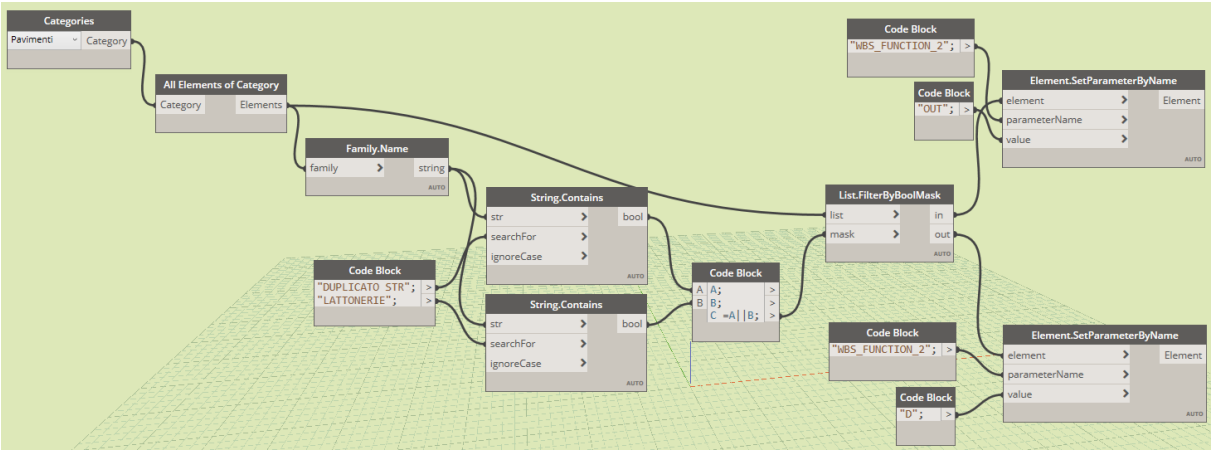
Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC A/B/C/OUT – Parte 3

I rimanenti elementi della categoria “Muri” esclusi dai precedenti filtraggi appartengono a famiglie da non considerare negli step successivi, o meglio da etichettare con il valore “ARC OUT”: trattasi di finiture grafiche (siepi) ed elementi duplicati inseriti esclusivamente ai fini della modellazione.



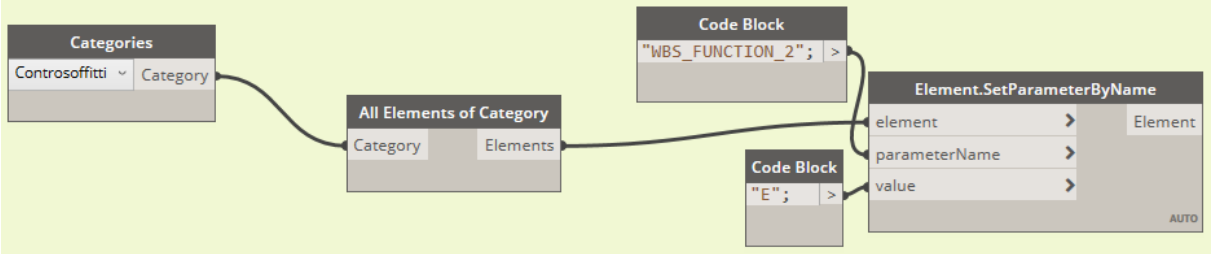
Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC A/B/C/OUT – Parte 4

Tutte le **partizioni orizzontali** appartengono alla funzione ARC D (Partizioni orizzontali e sottofondi). Pertanto, a tutti gli elementi appartenenti alla categoria “Pavimenti” è stato attribuito tale valore. Fanno eccezione le lattonerie e i duplicati del modello strutturale (solette e fondazioni) inseriti anche in questo caso esclusivamente a fini di modellazione con l’intenzione, già durante la realizzazione dei modelli, di escluderli dalle operazioni di computazione.

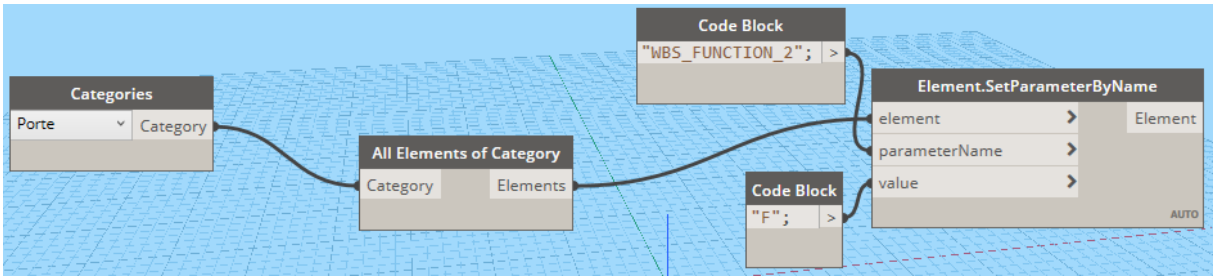


Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC D

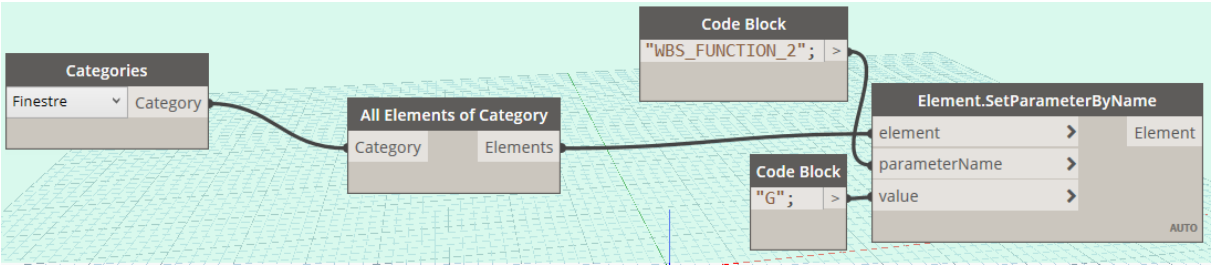
Si conclude il paragrafo con gli script che caratterizzano gli elementi appartenenti alla categoria dei "**Controsoffitti**" (ARC E), a quella delle "**Porte**" (ARC F) e a quella delle "**Finestre**" (ARC G).



Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC E



Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC F



Script Dynamo per la compilazione dei campi funzionali ARC G

Nel caso in analisi l'utilizzo di Dynamo e della progettazione parametrica visuale ha permesso di automatizzare in maniera controllata un'operazione estremamente ripetitiva garantendo la completezza del risultato in quanto, tramite le procedure precedentemente descritte, sono stati compilati il 100% degli elementi.

4.2.3 Model WBS – Validazione dei campi con Solibri Model Checker

Il contenuto informativo aggiunto ai modelli necessita ora di un attento processo di validazione: a tale scopo si è scelto di utilizzare Solibri, uno dei software più adottati sul mercato per le fasi BIM Validation, Model e Code Checking. Per lavorare con Solibri e, di seguito, con TeamSystemCPM e Synchro PRO è stato necessario esportare i modelli in formato aperto **IFC**. Al fine di garantire una corretta esportazione sono stati rispettati i seguenti passaggi:

- È stata effettuata, in primo luogo, una prima verifica delle classi di esportazione IFC analizzando la corrispondenza tra le categorie Revit e le Classi IFC dal relativo Pannello di controllo, all'interno del software di Authoring;
- E' stata creata una configurazione di esportazione personalizzata partendo dalla MDV (Model Definition View) IFC 2x3 Coordination View, attivando la spunta sul pannello "Esporta gruppi di proprietà di Revit" (in alternativa non esporterebbe il Pset contenente i campi di codifica compilati) e sul pannello "Esporta parti come elementi di costruzione" (è stata scomposta la stratigrafia delle partizioni nel modello architettonico per poter interrogare i singoli strati, caratterizzati ovviamente da caratteristiche tecnico-computazionali distinte).

Per effettuare una prima verifica sulla corretta corrispondenza tra le categorie Revit e le classi IFC è stata effettuata la classificazione degli oggetti partendo dal template già presente in Solibri "Building Elements – General", includendo i componenti dei modelli architettonico e strutturale.

State	Component	Property	Operator	Value
Include	Any	Discipline	One Of	[Architectural, Structural]
Exclude	Space			
Exclude	Opening			

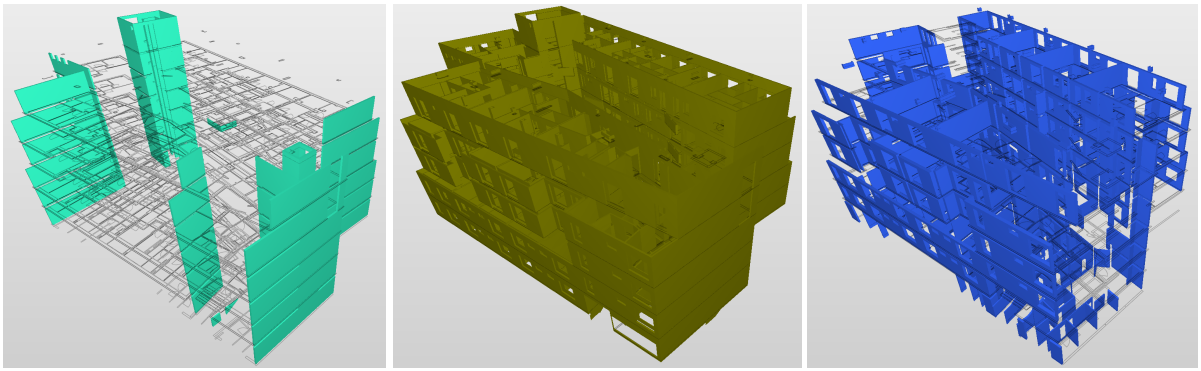
Classification Settings - Components Settings

Le regole di classificazione si basano sia sulla tipologia di componenti che sui dati di Identità relativi ai campi funzionali della WBS: WBS_FUNCTION_1 E WBS_FUNCTION_2. Utilizzare i campi compilati con Dynamo congiuntamente alle classi IFC dei modelli permette da un lato di effettuare già una prima verifica visiva sulla corretta assegnazione dei campi WBS, dall'altro di utilizzare le regole già implementate nel software di programmazione visuale per assegnare le "Classification Name" ai componenti.

Di seguito, a titolo di esempio, un estratto dei campi assegnati ai componenti "Muri" per la loro classificazione in setti portanti (Load Bearing Walls), partizioni interne (Partition Walls) e murature esterne (External Walls).

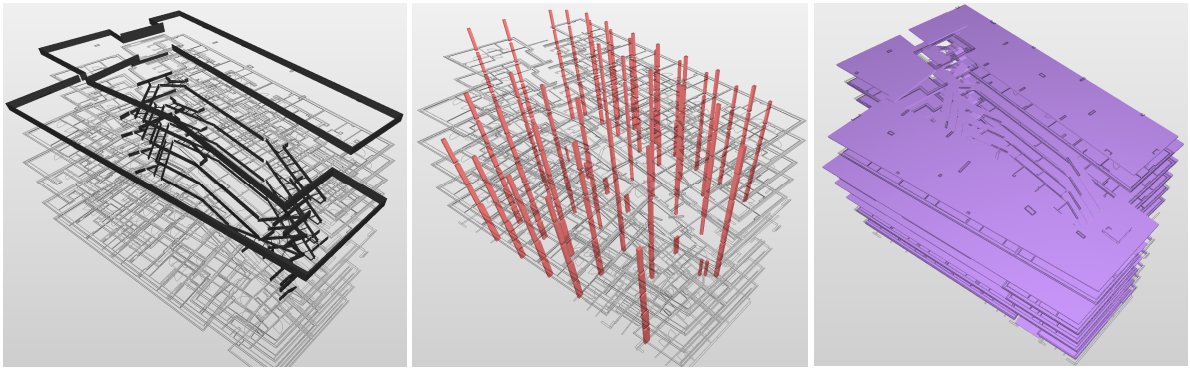
Dati identità.WBS_FUNCTION_1	Dati identità.WBS_FUNCTION_2	Component	Type	Layer	Pse...	Pset_*C...	Classification Name
STR	*	Wall	*	*	*	*	Load Bearing Walls
ARC	A	Wall	*	*	*	*	Partition Walls
ARC	B	Wall	*	*	*	*	External Walls
ARC	C	Wall	*	*	*	*	Partition Walls
ARC	OUT	Wall	*	*	*	*	Partition Walls

Classification Settings - Classification Rules per le componenti "Muro"

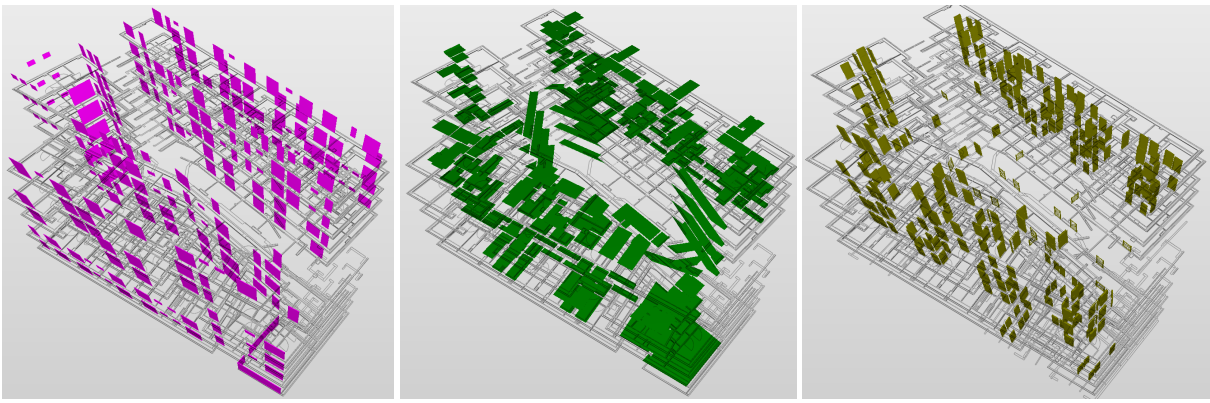


Setti portanti, partizioni a secco e murature esterne

Si riportano, di seguito, alcuni estratti delle principali classificazioni assegnate alle categorie di oggetti.



Travi, pilastri e impalcati

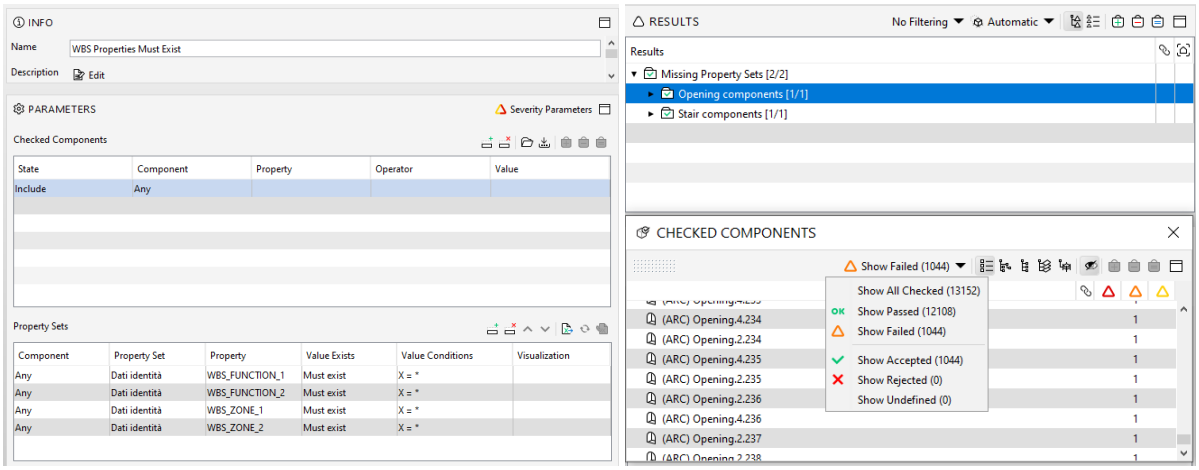


Finestre, controsoffitti e porte

Effettuata la classificazione si procede creando i rule sets, pacchetti di regole necessari alla validazione del contenuto informativo dei campi indagati. Nel dettaglio sono state applicate tre tipologie di regole di tipo sequenziale, di seguito elencate:

- *WBS Properties Must Exist* (regola di riferimento Solibri n.203, ver. 2.4);
- *WBS Properties Must Be from an Agreed List* (regola di riferimento Solibri n.9, ver. 3.1);
- *Categories – Comparison Between Property Values* (regola di riferimento Solibri n.231, ver. 1.6).

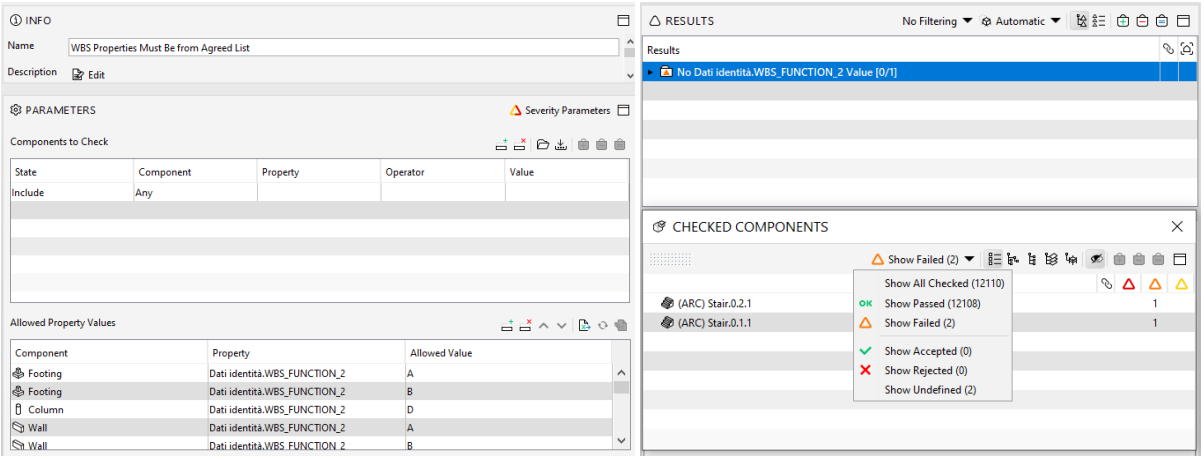
La prima, **WBS Properties Must Exist**, verifica l'esistenza di un valore all'interno dei campi indagati. È una verifica applicata su tutti i componenti, indistintamente dalle classi, e restituisce esito negativo quando i campi analizzati sono vuoti.



WBS Properties Must Exist

In totale sono stati indagati 13.152 elementi. La verifica ha restituito esito positivo per 12.128, ad eccezione di due tipologie di elementi: aperture (1044) e componenti scale (2). Entrambe le tipologie di elementi non necessitano di campi WBS (per le scale i campi sono stati assegnati agli elementi "scala" e non alle singole componenti), pertanto le Issues sono state accettate.

La seconda, **WBS Properties Must Be from an Agreed List**, verifica che i campi compilati appartengano ad una lista predefinita, la codifica Model WBS per l'appunto. Anche questa regola viene applicata a tutti i componenti: per ogni specifico componente si dettaglia l'elenco di valori che il campo indagato può assumere. La verifica restituisce esito negativo quando i campi sono compilati con un valore diverso da quelli "autorizzati".



WBS Properties Must Be from an Agreed List

In totale sono stati indagati 12.110 elementi. La verifica ha restituito esito positivo per tutti, ad eccezione delle componenti scale precedentemente citate (2). Per stessa motivazione adottata in precedenza, anche in questo caso le Issues sono state accettate.

La terza e ultima tipologia di verifica, **Categories – Comparison Between Property Values**, analizza il valore assegnato ai campi, confrontandolo con i parametri di riferimento utilizzati per assegnare gli attributi WBS alle classi di oggetti. La regola è stata applicata a tutte le tipologie di componenti appartenenti alla disciplina architettonica e a quella strutturale.

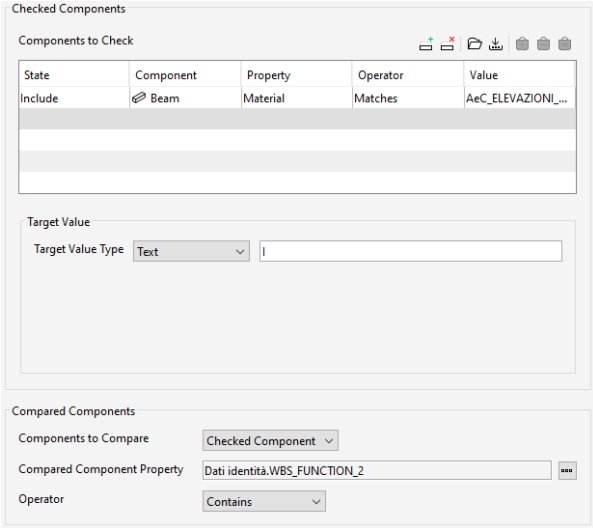
WORKSPACE

Name	Support Tag	Help
Validazione codifica WBS		
WBS Properties Must Exist	SOL/203/2.4	
WBS Properties Must Be from Agreed List	SOL/9/3.1	
Structural - Comparison Between Property Values		
Steel Beams - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Concrete Beams - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Non Structural Footing - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Structural Footing - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Steel Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Concrete Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Columns - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Structural Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Architectural - Comparison Between Property Values		
Partitions Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
External Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Thermal Partitions - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
OUT Partitions - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
OUT Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Floor Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Doors - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Windows - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	
Ceilings - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	

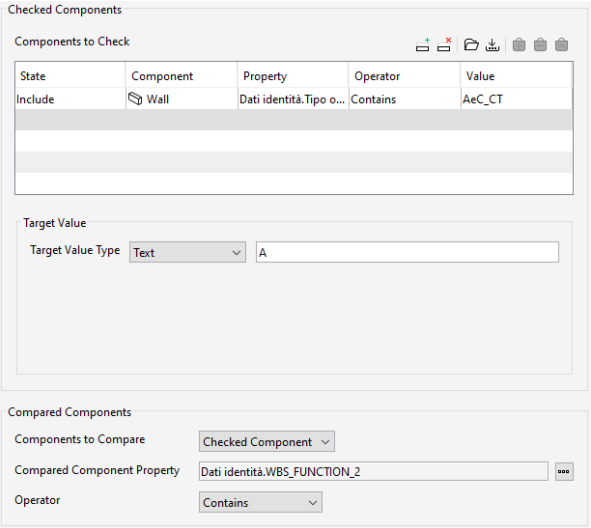
Elements – Comparison Between Properties Values

I driver utilizzati per l'applicazione delle regole e la verifica degli attributi sono stati principalmente le nomenclature dei tipi e dei materiali, accuratamente studiate e rispettate in fase di modellazione. A titolo di

esempio, si riportano di seguito le regole implementate per una famiglia strutturale (carpenteria metallica) e una architettonica (pareti a secco): nella prima il driver per l'assegnazione è stato il materiale, nella seconda la nomenclatura dei tipi.



Steel Beams - Comparison Between Property Values



Partition walls - Comparison Between Property Values

In totale sono stati indagati 12.007 elementi: tutte le verifiche hanno restituito esito positivo. Complessivamente sono state effettuate **37.269 verifiche**, come da report che segue.

RuleSet	Rule	Rule Support Tag	All Issues	Rejected Issues	Accepted Issues	Critical Issue	Moderate Issues	Low Severity Issues	Checked Components	Passed Components	Failed Components	Accepted Components
Validazione codifica WBS			3	0	3	0	3	0	13152	12108	1044	1044
	WBS Properties Must Exist	SOL/203/2.4	2	0	2	0	2	0	13152	12108	1044	1044
	WBS Properties Must Be from Agreed List	SOL/9/3.1	1	0	1	0	1	0	12110	12108	2	2
Structural – Comparison Between Property Values			0	0	0	0	0	0	866	866	0	0
	Steel Beams - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	151	151	0	0
	Concrete Beams - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	116	116	0	0
	Non-Structural Footing - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0
	Structural Footing - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	22	22	0	0
	Steel Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0
	Concrete Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	106	106	0	0
	Columns - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	234	234	0	0
	Structural Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	206	206	0	0
Architectural - Comparison Between Property Values			0	0	0	0	0	0	11141	11141	0	0
	Partitions Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	7405	7405	0	0
	External Walls - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	788	788	0	0
	Thermal Partitions - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	1009	1009	0	0
	OUT Partitions - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0
	OUT Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	85	85	0	0
	Floor Slabs - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	1027	1027	0	0

	Doors - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	286	286	0	0
	Windows - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	261	261	0	0
	Ceilings - Comparison Between Property Values	SOL/231/1.6	0	0	0	0	0	0	249	249	0	0

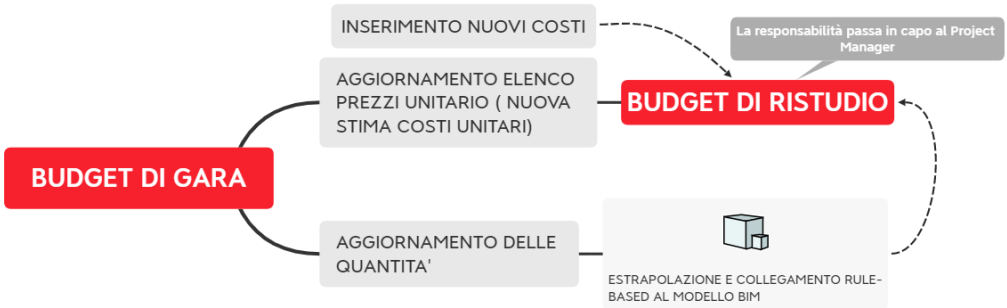
Validazione codifica WBS – Report Finale

Il pacchetto di regole applicato ai modelli ha permesso di validare il contenuto informativo dei parametri oggetto di analisi e di utilizzare lo stesso nelle fasi successive della trattazione.

4.3 BUDGET DI RISTUDIO E WBS OPERATIVA

Con i passaggi descritti nei paragrafi precedenti si conclude la fase di modellazione: i modelli sono pronti per essere utilizzati per la definizione del budget di ristudio.

Il **budget di ristudio** è un aggiornamento del budget di gara, già analizzato nella fase di avvio del progetto, rivisto nella stima dei costi e delle quantità: mentre nella fase di avvio il Project Manager recepisce il budget stimato da un'altra funzione (quella commerciale) nella fase di pianificazione lo aggiorna e, inserendolo all'interno del Piano di Progetto, ne diventa il diretto responsabile nei confronti dello Sponsor.



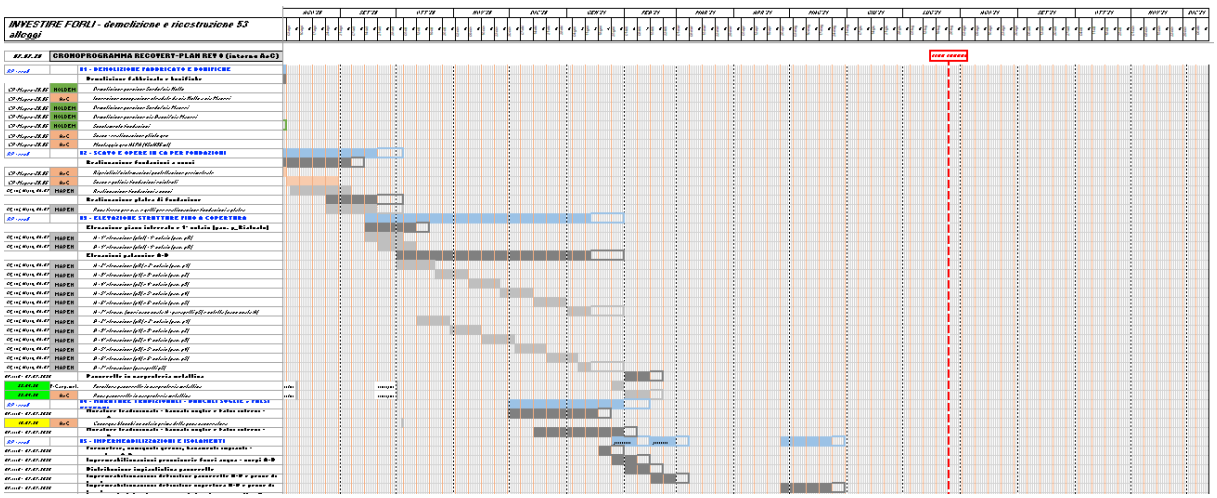
Dal Budget di Gara al Budget di Ristudio – Mappa concettuale

La fase di ristudio è certamente una delle fasi più delicate nel processo di pianificazione, in quanto:

- Richiede la conoscenza approfondita della documentazione contrattuale, tecnica ed economica;
- Il Project Manager e il suo Team devono conoscere, stimare e quantificare tutti gli oneri a carico dell'Impresa, soprattutto quelli non esplicitamente riportati all'interno del quadro economico (è in questa fase che inizia la redazione della matrice degli oneri/responsabilità);
- Il Project Manager e il tuo Team devono rettificare eventuali considerazioni di natura tecnico/economica effettuate dalla funzione commerciale in ragione di nuove eventuali condizioni sopraggiunte, dell'operatività del cantiere, dello studio approfondito della documentazione tecnica e contrattuale.

È sempre in questa fase che la WBS di progetto diventa la **WBS operativa**, mantenendo la sovrastruttura già descritta nel paragrafo "Definizione WBS e CBS" ma arricchendosi di nuovi WP (Work Packages) e sotto-livelli

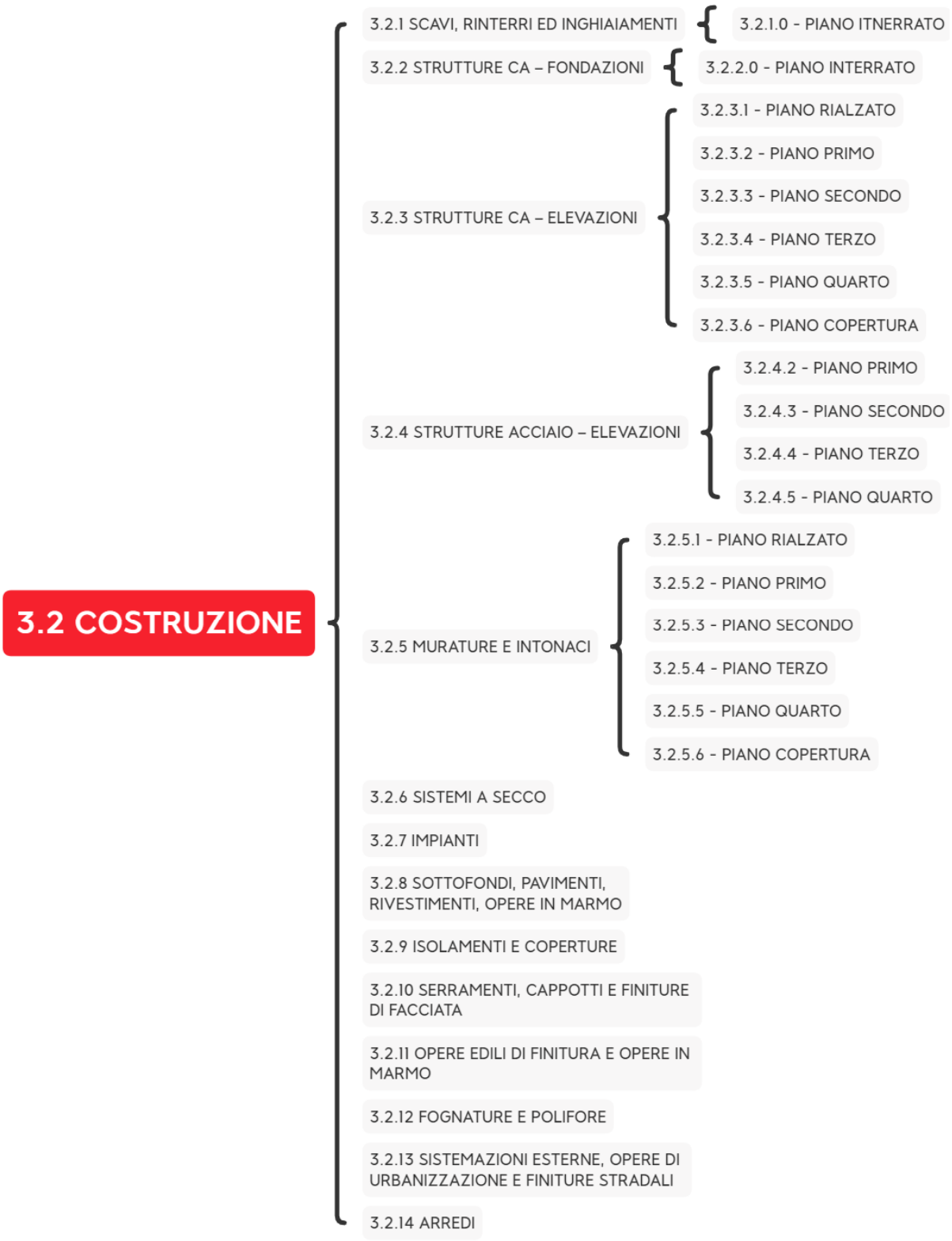
maggiormente dettagliati, utili al PM per effettuare una pianificazione temporale (Diagramma di GANTT) efficace a seconda delle sue specifiche necessità di pianificazione, controllo e monitoraggio: tra queste soprattutto quelle che dovranno garantire la continuità e l'operatività del cantiere come i tempi entro cui dovranno essere garantiti gli approvvigionamenti e i contratti con i subappaltatori, i momenti di coordinamento tecnico tra diversi interlocutori per definire soluzioni progettuali costruttive da sottoporre ad approvazione di altri Stakeholders e altro ancora.



Estratto diagramma di GANTT di progetto redatto dal Project Manager basato sulla WBS operativa

Il livello 3.x della WBS operativa redatta dal Project Manager e coincidente con le fasi di demolizione e ricostruzione del fabbricato e contenente i **Control Accounts**, secondo la struttura di scomposizione della **CBS** (Cost Breakdown Structure) è stata arricchita con i **piani di intervento** (dal piano interrato alla copertura).

Di seguito un estratto del nodo [3.2 – Fase di Costruzione] della WBS operativa: l'ultimo livello è stato riportato solo per le prime WBE del livello inferiore [3.2.1, 3.2.2, …] per facilitare la comprensione dell'albero, ma è presente sotto tutti gli elementi allo stesso livello.



Estratto WBS operativa – Nodo 3.2 Costruzione

Condivisa la WBS operativa e la sua scomposizione con il Project Manager è possibile procedere con gli step successivi: l'aggiornamento dell'elenco prezzi (EPU operativo) e l'aggiornamento delle quantità, anche tramite associazione automatica tra gli articoli aggiornati e gli oggetti del modello da modello.

4.3.1 EPU operativo e revisione dell'analisi dei costi

Il budget di ristudio viene calcolato partendo dagli articoli di un elenco prezzi unitari "operativo", ovvero aggiornato al momento del ristudio stesso. L'EPU operativo partendo dall'EPU di gara recepisce alcune modifiche, di seguito riassunte:

Costi indiretti – Può variare la stima dei costi indiretti di cantiere a seguito delle nuove valutazioni operative del Project Manager: servono due gru al posto di una singola per accelerare alcune fasi del cantiere? Servono due capocantiere al posto di uno singolo perché risulta necessario operare su due lotti distinti contestualmente? È necessario una figura contabile da dedicare a tempo pieno alla commessa perché la contabilità attiva/passiva è particolarmente onerosa? È necessaria una risorsa aggiuntiva dell'ufficio Engineering da dedicare alla gestione e coordinamento del masterplan degli elaborati costruttivi?

Tutti gli esempi riportati richiedono una conoscenza di dettaglio della commessa ovviamente superiore a quella che si può avere in fase di redazione di offerta. È inoltre compito e responsabilità del Project Manager definire il numero e la qualifica delle risorse da coinvolgere per raggiungere gli obiettivi di progetto condividendo queste esigenze con lo Sponsor, all'interno del Piano di Progetto.

Nuove consulenze esterne – Potrebbe essere necessario ingegnerizzare alcune soluzioni progettuali per trasformare il progetto "definitivo/esecutivo" in un progetto costruttivo ottimizzando le scelte del Team di Progettazione (Stakeholders esterni). Spesso tali processi richiedono conoscenze specialistiche multidisciplinari tali da affidarsi all'outsourcing, o semplicemente questa soluzione risulta più gestibile/conveniente.

Variazione dei prezzi di mercato – Spesso tra la redazione dell'offerta di gara e l'inizio dei lavori post-aggiudicazione possono passare periodi temporali elevati tanto da causare variazioni, anche significative, nei prezzi di mercato per l'approvvigionamento dei materiali o dei servizi. Tali variazioni sono da tenere in considerazione durante l'aggiornamento dell'EPU operativo.

Nuovi prezzi unitari – L'EPU di gara potrebbe essere privo di alcune lavorazioni invece desumibili dai rimanenti documenti contrattuali (elaborati grafici, Capitolato Speciale d'Appalto parte tecnica, ecc.). A titolo di esempio, nel caso studio, durante la fase di modellazione sono state individuate delle partizioni a secco assenti nell'elenco prezzi (pareti a lastra tripla e in Aquapanel® per esterni), è stato quindi necessario generare dei nuovi articoli inserendoli nell'EPU operativo aggiornato.

L'aggiornamento dell'EPU non si ferma alla fase di pianificazione: come anticipato nel paragrafo *"Il modello economico del General Contractor*" i costi hanno un'evoluzione durante le distinte fasi del progetto, pertanto con cadenza temporale definita l'EPU deve recepire questa evoluzione per facilitare i processi di Forecasting, ma di questo si discuterà nel seguito della trattazione.

4.3.2 QTO ed estrazione automatica Rule Based da modello

La definizione del budget di ristudio passa, oltre all'aggiornamento dell'EPU descritto nel paragrafo precedente, dalla verifica e perfezionamento delle quantità da realizzare per ogni articolo: tale aspetto risulta ancora più rilevante quando la forma contrattuale risulta essere a corpo (fixed-price) con compenso predeterminato come nel caso studio analizzato.

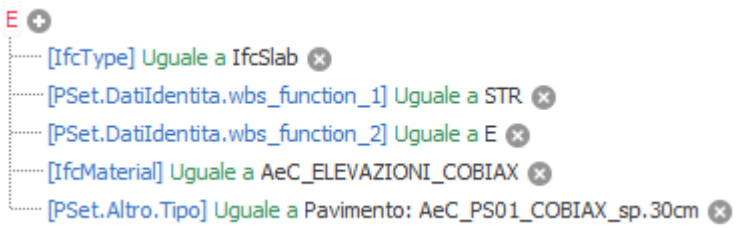
Per ogni voce di computo metrico, ancora prima di iniziare le fasi di modellazione, è stata effettuata un'attenta valutazione relativamente alla tipologia di verifica di effettuare. Più nel dettaglio si è scelto da subito quali quantità estrarre dai modelli e quali verificare tradizionalmente (ovvero attraverso l'analisi degli elaborati progettuali). È stato necessario effettuare un'accurata analisi sforzi/benefici valutando l'impatto sui costi e sui tempi dei singoli articoli sull'appalto, relazionando questa valutazione con l'impegno stimato per le operazioni di modellazione.

Per la creazione del budget di ristudio è stato utilizzato il gestionale di TeamSystem CPM, partendo dal Database strutturato creato per l'importazione del Budget di Gara. Il nuovo Database generato per il processo di ristudio ha come elenco prezzi l'EPU operativo (descritto nel precedente paragrafo), e come lista di misurazioni:

- In parte misurazioni collegate ad oggetti del modello estratte tramite le *"Regole di calcolo di progetto"*;
- In parte misurazioni verificate tradizionalmente (o da verificare nelle fasi successive del cantiere).

Le regole di calcolo, ampiamente utilizzate nel caso studio, sono in estrema sintesi dei filtri per parametri da applicare sui modelli IFC: il gestionale permette di crearle e gestirle all'interno di apposite librerie e riutilizzarle in altre misurazioni o altri progetti all'occorrenza.

Nell'esempio che segue si riporta la regola creata per generare le misurazioni dell'articolo STR.13 – Solai alleggeriti con moduli prefabbricati.



Creazione Regole di calcolo di progetto – TeamSystem CPM

Definita la regola si sceglie la quantità da associare alla rilevazione, nel caso in esempio l'area.

	Commento	Simili	Lunghezza	Larghezza	Altezza
→ 1	Name	PSet.Dimensioni.Area			

Creazione Regole di calcolo di progetto – TeamSystem CPM

Definita la quantità si procede associando il listino di riferimento (EPU ristudio) e il codice dell'articolo da legare.

Codice	Descrizione	IFC Type	Cod. Listino	Cod. Articolo	Sorgente
5930	STR. 10 - Solette XC3 - Area, wbs_zo...	IfcSlab	Investire_RIST	STR. 10	Autodesk Revit 2020 (ITA)
5940	STR. 15 - COBIAX 24 cm - Area, wbs...	IfcSlab	Investire_RIST	STR. 15	Autodesk Revit 2020 (ITA)
5950	STR. 15 - COBIAX 24 cm - Area, wbs...	IfcSlab	Investire_RIST	STR. 15	Autodesk Revit 2020 (ITA)

Creazione Regole di calcolo di progetto – TeamSystem CPM

È inoltre possibile mappare le misurazioni utilizzando le proprietà IFC: da un singolo articolo e un singolo gruppo di elementi filtrati, come nel caso in analisi, si generano diverse misurazioni utilizzando come criterio selezionante un parametro IFC, il parametro WBS_ZONE_2 nel nostro caso, generando quindi una misurazione per piano.

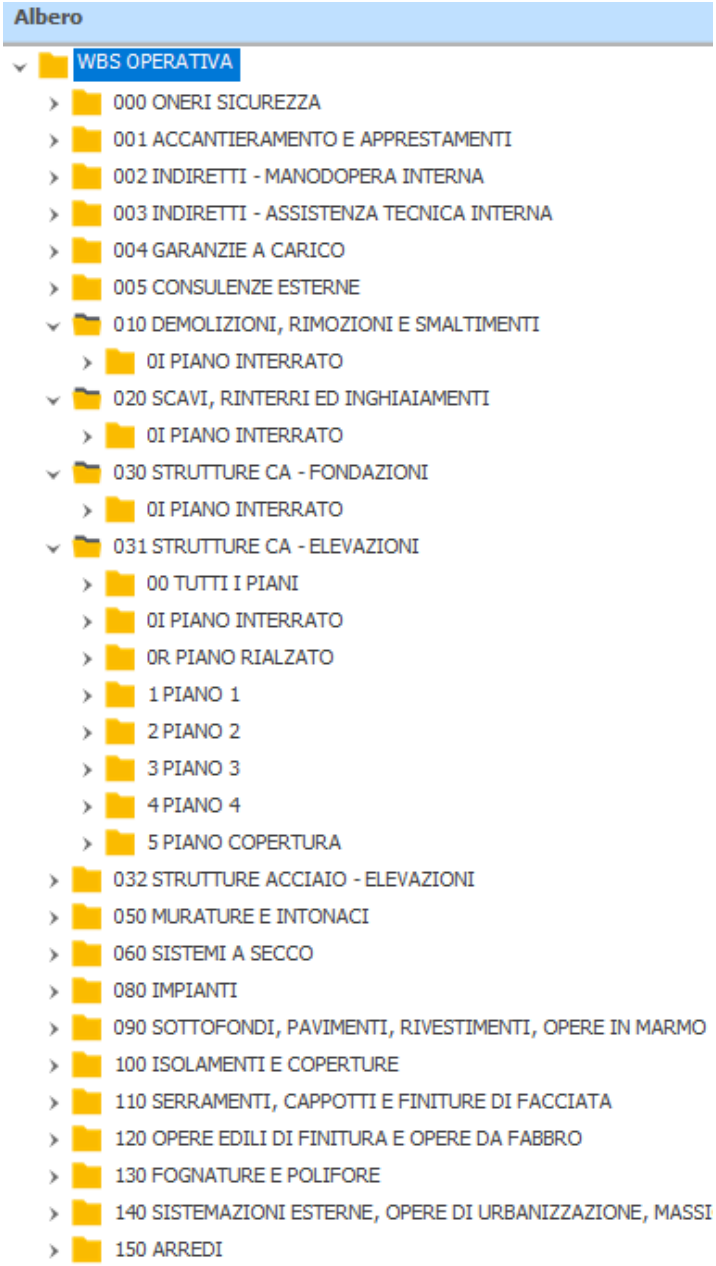
Regole di calcolo di sistema | Regole di calcolo di progetto | Mappatura proprietà IFC

Nome proprietà	Gruppo dati	Raggruppatori liberi/WBS	Campo compilato
wbs_zone_2	Dati Identita	WBS_ZONE_2	Codice

Creazione Regole di calcolo di progetto – TeamSystem CPM

Leggendo concettualmente quanto sopra riportato in forma tabellare, il Software utilizza il valore all'interno del parametro WBS_ZONE_2 (appartenente al PSet *"Dati identità"*) per dividere gli elementi IFC filtrati in distinte misurazioni compilando, per ogni misurazione generata, il codice del raggruppatore di TeamSystem CPM denominato "WBS_ZONE_2" (aggiunto tra i raggruppatori di progetto) con lo stesso valore (ovvero il piano associato alla misurazione).

Associare le misurazioni ai diversi raggruppatori, come anticipato già durante la creazione del database di gara, permette di utilizzare tali raggruppatori per generare alberi gerarchici strutturati. Richiamando il ramo di WBS operativa a pagina 50 quello che segue è lo stesso ramo, impostato all'interno del gestionale per la pianificazione economico/finanziaria della commessa.



Codice	Descrizione
000	ONERI SICUREZZA
001	ACCANTIERAMENTO E APPRESTAME...
002	INDIRETTI - MANODOPERA INTERNA
003	INDIRETTI - ASSISTENZA TECNICA I...
004	GARANZIE A CARICO
005	CONSULENZE ESTERNE
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTI...
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI
050	MURATURE E INTONACI
060	SISTEMI A SECCO
080	IMPIANTI
090	SOTTOFONDI, PAVIMENTI, RIVESTI...
100	ISOLAMENTI E COPERTURE
110	SERRAMENTI, CAPPOTTI E FINITURE...
120	OPERE EDILI DI FINITURA E OPERE ...
130	FOGNATURE E POLIFORE
140	SISTEMAZIONI ESTERNE, OPERE DI ...
150	ARREDI

Codice	Descrizione
00	TUTTI I PIANI
0I	PIANO INTERRATO
0R	PIANO RIALZATO
1	PIANO 1
2	PIANO 2
3	PIANO 3
4	PIANO 4
5	PIANO COPERTURA

Albero gerarchico Budget di ristudio (sx) compilando strutturando i raggruppatori WBS E WBS_ZONE_2 (dx)

Nei paragrafi che seguono di dettagliano le scelte effettuate per le principali lavorazioni, sia in termini di modellazione, sia in termini di verifica ed estrazione.

4.3.2.1 Opere di demolizione, bonifiche, scavi e movimenti terra

Considerati i tempi di implementazione del processo in relazione ai tempi operativi di cantiere, si è ritenuto poco strategico modellare, anche solo per solidi o volumi concettuali, il fabbricato oggetto di demolizione: le quantità sono state quindi verificate tradizionalmente. Tradizionalmente sono state verificate anche le quantità relative a opere di bonifica, scavi e movimenti terra, anche in ragione della “semplicità” di calcolo di tali volumi.

Tipo nota	Cod....	Cod. WBS	Pr...	Articolo	Breve	Cod. U.M.	Des. U.M.	Quantità
Manually Checked	0I	010	2714	A.09B	Rimozione, tiro in basso, trasporto e ...	AC	a corpo	1,00
Manually Checked	0I	010	2704	A.25	Rimozione delle reti esistenti di qualu...	AC	a corpo	1,00
Manually Checked	0I	010	2694	A.24	Rimozione dei pozzetti esistenti al pia...	CAD	Cadauno	8,00
Manually Checked	0I	010	2684	A.23	Rimozione delle botole esistenti al pia...	CAD	Cadauno	4,00

Estratto opere di demolizione, bonifiche scavi e movimenti terra

Nell'estratto sopra riportato è possibile riscontrare la presenza di alcuni campi presenti in tutte le misurazioni del database: tali campi permettono di gestire l'inserimento degli articoli "indirizzando" le misurazioni nella loro corretta posizione all'interno della WBS. I campi citati sono i seguenti:

- Tipo nota: *"Manually Checked"* (verifiche tradizionali), nel caso delle misurazioni in analisi. Il campo può assumere, in alternativa, i valori *"Extracted from Model"* (estrazione da modello), e *"To check"* (verifica rimandata alle fasi successive del cantiere);
- Cod. WBS_ZONE_2: "*0I (interrato)"* nel caso delle misurazioni in analisi;
- Cod. WBS (CBS): *"010 – Demolizioni, rimozioni e smaltimenti"* nel caso delle misurazioni in analisi.

4.3.2.2 Strutture di fondazione

Le **fondazioni** sono di tipo semplice a platea gettate in opera su magrone di posa. È stato sufficiente utilizzare i campi WBS per l'estrazione degli oggetti, come da estratto che segue. Degli elementi filtrati è stato estratto il volume e associato ai relativi articoli.

Creazione Regole di calcolo di progetto – Fondazioni

Realizzata l'associazione si crea un legame non solo tra la proprietà degli oggetti (volume, nella fattispecie) e l'articolo richiamato, ma direttamente tra gli oggetti 3D e l'articolo, a sua volta collegato alla struttura WBS di progetto.

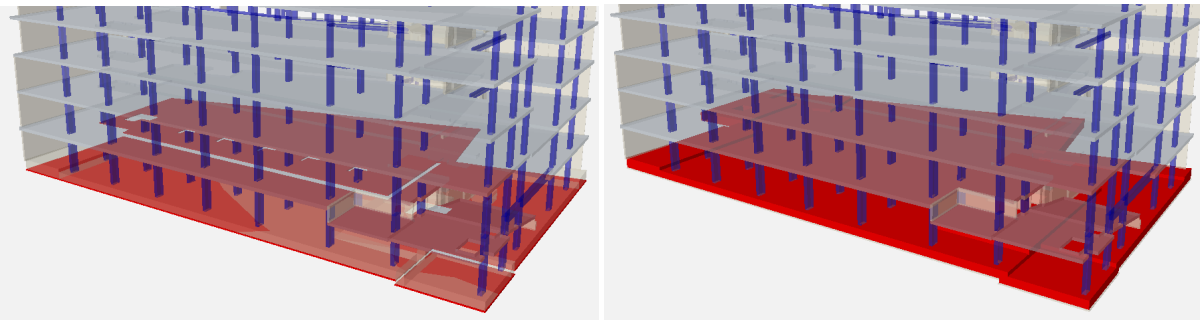
Oggetti BIM | Dati rilevazione | Corpo d'opera | Note | Immagine | Analisi costi | Parametri | Manutenzione | Capitolato | Sicurezza | C.A.M

Trascinare un'intestazione di colonna qui per raggruppare in base a tale colonna.

	Modello	Nome	Label	IFC Type
2	+ STR	Platea:AeC_PL01_PLATEA_sp.60cm:392107	207	IfcFooting
3	+ STR	Platea:AeC_PL01_PLATEA_sp.60cm:396042	2699	IfcFooting
4	+ STR	Platea:AeC_PL01_PLATEA_sp.60cm:395931	2366	IfcFooting
5	+ STR	Platea:AeC_PL06_PLATEA_sp.120mm:555425	90271	IfcFooting

Associazione Oggetto-Articolo - Fondazioni

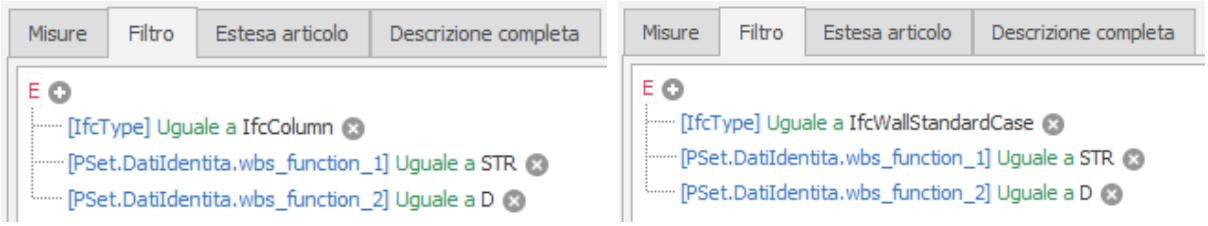
Di seguito un estratto degli elementi associati, magrone di fondazione e platee: il BIMviewer presente all'interno dell'applicativo permette un rapido riscontro delle quantità collegate.



BIMviewer – Strutture di fondazione

4.3.2.3 Strutture in elevazione e impalcati

Si prosegue con le rimanenti strutture in cemento armato: elevazioni ed impalcati. Le **elevazioni** sono caratterizzate dalla presenza di setti portanti e pilastri, gli articoli di riferimento sono due: uno per i volumi di calcestruzzo, uno per le opere di carpenteria (casseri al metro quadro). Anche in questo caso è stato fatto affidamento alla codifica WBS degli oggetti aggiungendo il parametro di filtraggio IfcType, per distinguere i pilastri dai setti verticali.



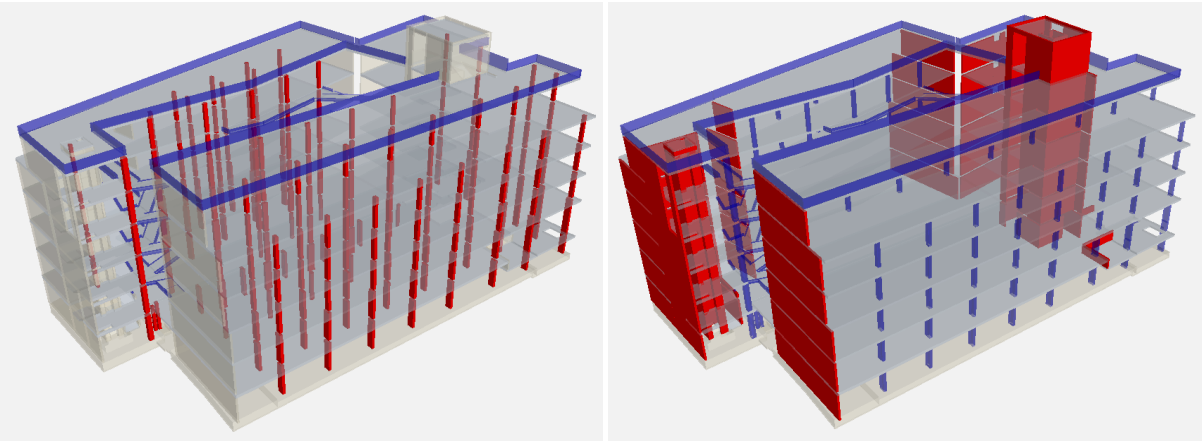
Creazione Regole di calcolo di progetto – Elevazioni

Sia per i setti che per i pilastri sono state create due distinte regole generate dallo stesso filtro: una estrae i volumi degli oggetti collegandoli all'articolo di riferimento, l'altra le aree soggette alla posa del cassero tramite sviluppo lineare delle lunghezze del *PSet.Dimensioni*, come da tabella che segue.

	Commento	Simili	Lunghezza	Larghezza	Altezza
→ 1	Name		(2*PSet.Dimensioni.h)+(2*PSet.Dimensioni.b)		PSet.Dimensioni.Lunghezza

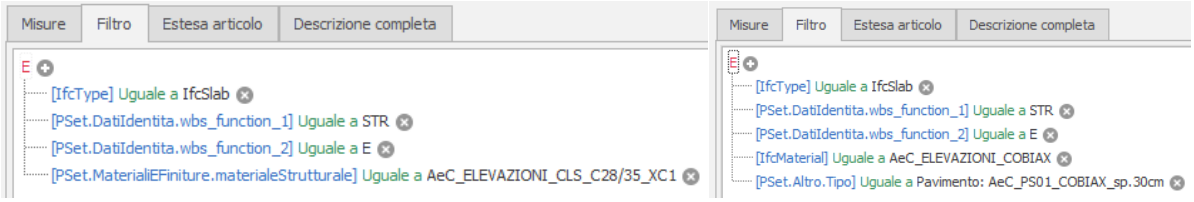
Creazione Regole di calcolo di progetto – Misurazioni

Di seguito un estratto grafico dal BIMviewer degli oggetti associati con le regole appena descritte.



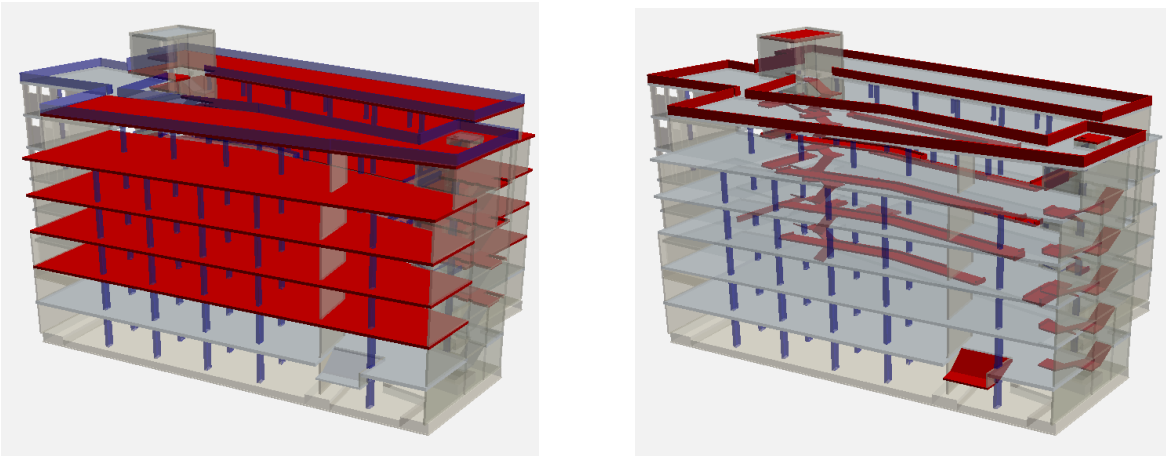
BIMviewer – Strutture di elevazione

L'edificio è caratterizzato da diverse tipologie di **impalcati**: solette piene con distinte classi di esposizione (per elementi interni o esterni) e solai a piastra con elementi prefabbricati alleggeriti tipo COBIAX di diversi spessori. Per tali elementi non è sufficiente utilizzare i campi Model WBS per l'estrazione: sono quindi state richiamate altre proprietà tutte legate alla codifica di oggetti e materiali, come da estratti che seguono.



Creazione Regole di calcolo di progetto – Estratto impalcati in cemento armato

Negli articoli relativi agli impalcati sono comprese anche le travi gettate in opera. Le stesse state estratte tramite codifica WBS, analogamente alle strutture verticali già descritte. Anche in questo caso dagli elementi filtrati sono state estratte diverse quantità, tutte dal *Pset_Dimensioni*: i volumi per i metri cubi di calcestruzzo e sviluppi di lunghezze/aree per il calcolo delle casseforme.



BIMviewer – Impalcati

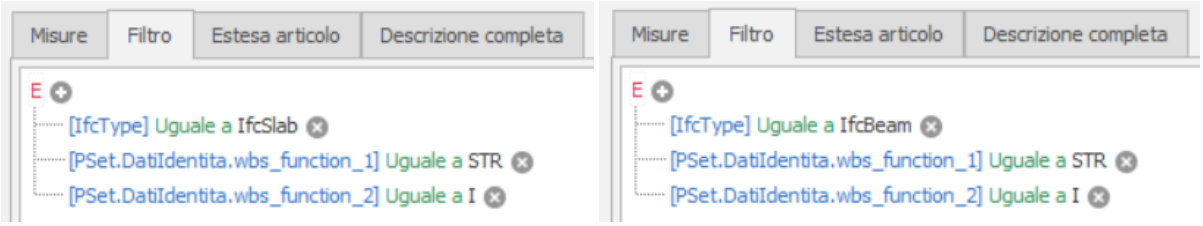
Fino a questo punto non è stato menzionato l'acciaio da cemento armato: lo stesso è caratterizzato da un articolo specifico. Come per le demolizioni si è scelto non procedere con la modellazione delle barre ma è stata comunque effettuata una verifica puntuale delle quantità, ripartendo il quantitativo ricalcolato sulla WBS operativa.

Tipo nota	Cod. WBS_ZONE_2	Cod. WBS	Articolo	Breve	Cod. U.M.	Quantità
Manually Checked	0I	030	STR.12	Fornitura, lavorazione e posa in oper...	KG	112 094,00
Manually Checked	00	031	STR.12	Fornitura, lavorazione e posa in oper...	KG	95 299,00

Acciaio da c.a. – Ripartizione quantitativo ricalcolato su WBS operativa

4.3.2.4 Opere in carpenteria metallica

Si concludono le strutture con le opere in carpenteria metallica (ballatoi e passerelle) caratterizzate da travi e lamiere grecate: è stato sufficiente richiamare la codifica WBS per l'individuazione degli elementi. Per travi è stato calcolato il peso (aumentato di un fattore percentuale per i dettagli di collegamento non modellati), per le lamiere l'area moltiplicata per l'incidenza kg/mq.

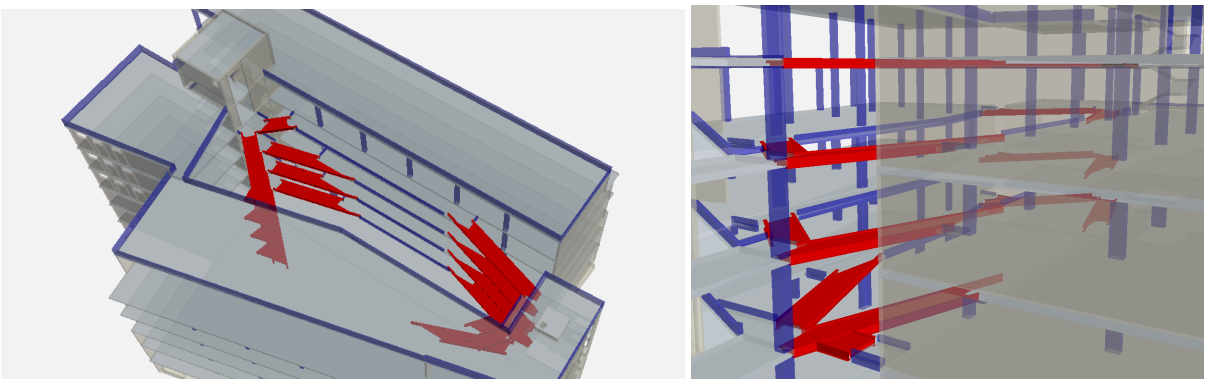


Creazione Regole di calcolo di progetto – Opere in carpenteria metallica

Commento	Simili	Lunghezza
ObjectType	PSet.Dimensioni.Volume*7860	1,36

Commento	Simili	Lunghezza
ObjectType	PSet.Dimensioni.Area*10	1,36

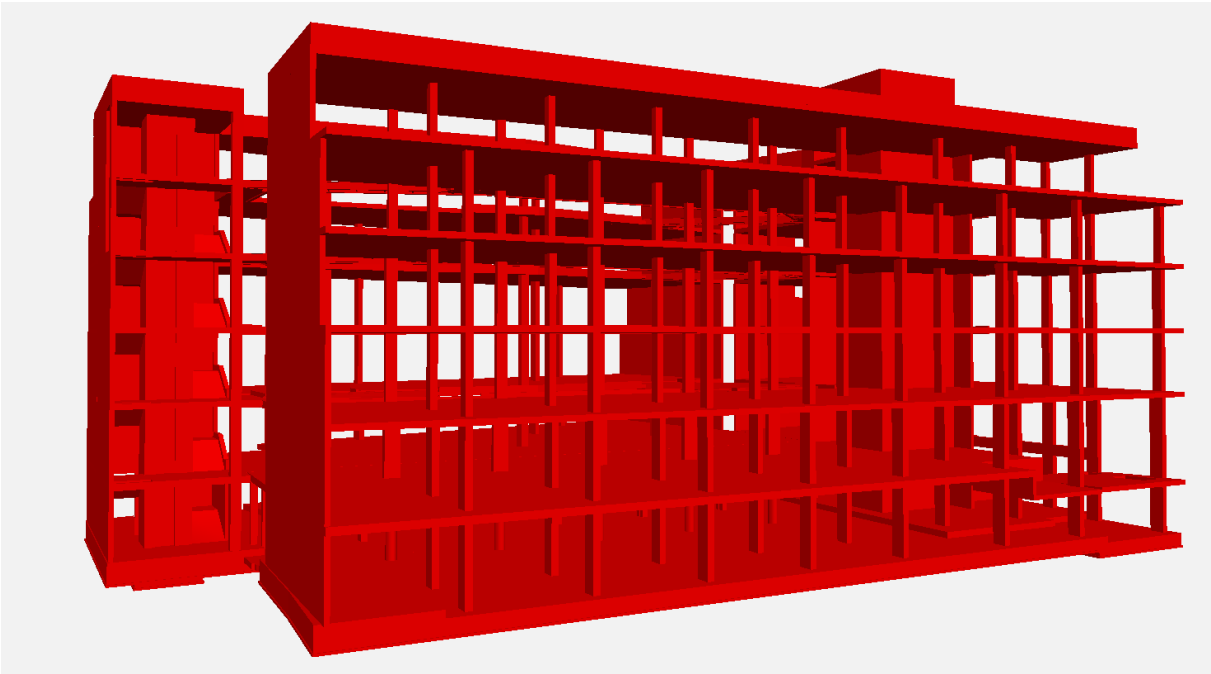
Creazione Regole di calcolo di progetto – Misurazioni



BIMviewer – Opere in carpenteria metallica

Il Software utilizzato permette di verificare gli oggetti "computati", ovvero associati a degli articoli e quelli "da computare", ovvero privi di associazione. Per le strutture l'associazione è stata effettuata per il 100% degli

elementi del modello: non si potrà dire cosa analoga per il modello architettonico caratterizzato da scelte di modellazione e computazione diverse, come descritto nei paragrafi che seguono.



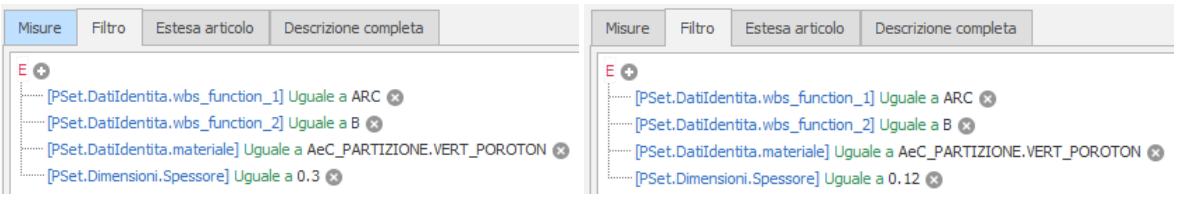
BIMviewer – Oggetti "computati" del modello strutturale

4.3.2.5 Murature di tamponamento esterne

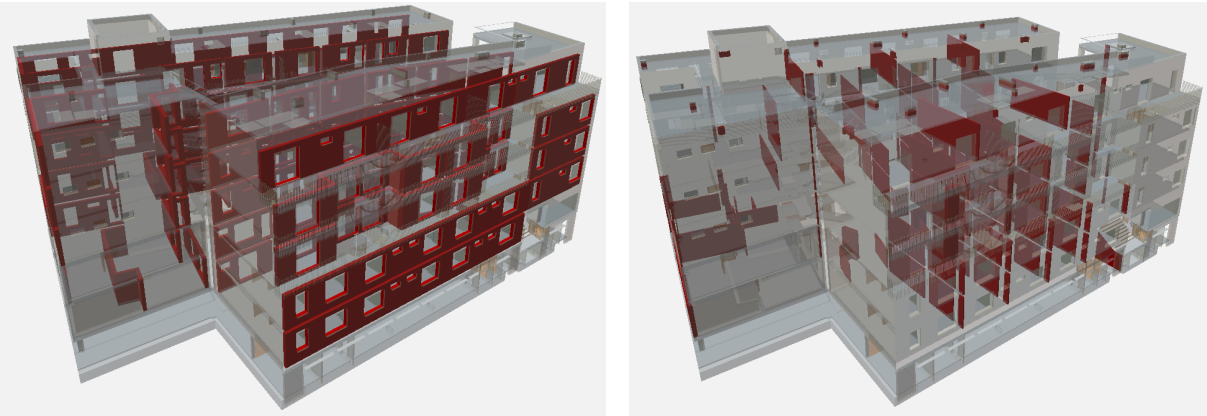
Come anticipato nel paragrafo *"Model WBS – Validazione dei campi con Solibri Model Checker"* il modello architettonico è stato esportando scomponendo la stratigrafia delle partizioni orizzontali e verticali, questo al fine di interrogare, individuare e caratterizzare tali strati distintamente.

Le **murature di tamponamento** esterne sono in blocchi di laterizio semipieni di tipo POROTON®, caratterizzate da diversi spessori: ogni spessore è descritto da un distinto articolo di elenco prezzi. I driver utilizzati per l'individuazione dei materiali sono quelli più volte citati: Model WBS, codifica materiale e - per il caso specifico – il parametro "Spessore" estratto dal *Pset.Dimensioni*.

Nell'esempio che si riporta di seguito vengono filtrate le murature di tamponamento di spessore uguale a 12 e 30 cm: da queste viene poi estratta l'area e associata al relativo articolo.

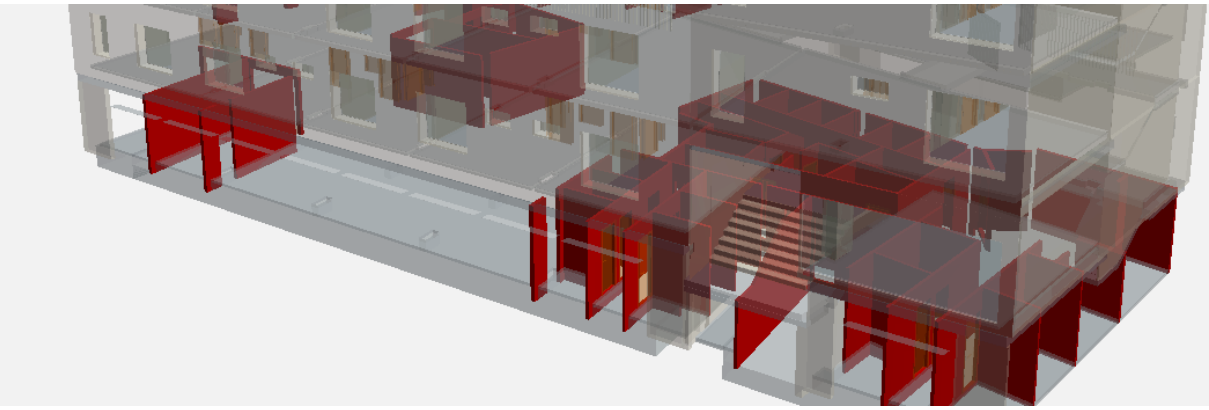


Creazione Regole di calcolo di progetto – Tamponamenti



BIMviewer – Murature di tamponamento

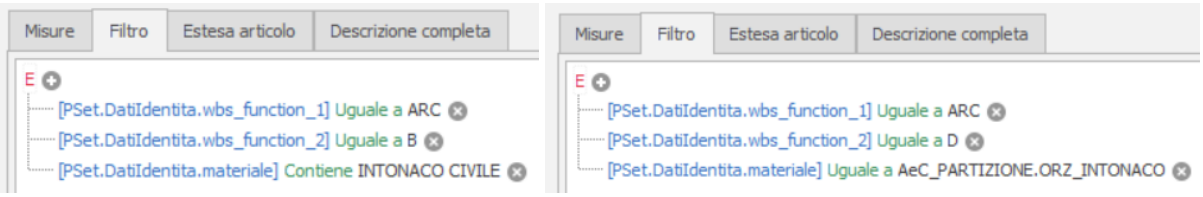
In maniera analoga sono state estratte e associate ai relativi articoli le murature in blocchi pieni di calcestruzzo presenti nei locali tecnici e nelle cantine del piano interrato.



BIMviewer – Murature in blocchi di calcestruzzo

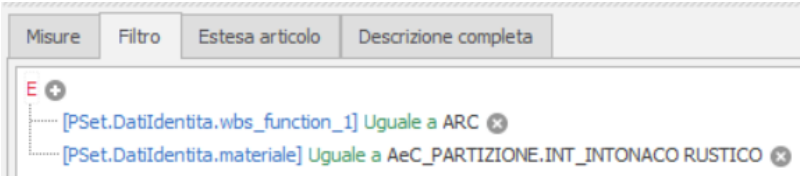
4.3.2.6 Intonaci e tinteggiature

Il progetto è caratterizzato dalla presenza di **intonaci** tipo civile/rustico su superfici verticali/orizzontali. Per gli intonaci di tipo civile sono state realizzate due distinte regole: una ricerca la stratigrafia nelle partizioni verticali, l'altra in quelle orizzontali. Per tutti gli oggetti filtrati è stata estratta l'area e associata agli articoli di riferimento.

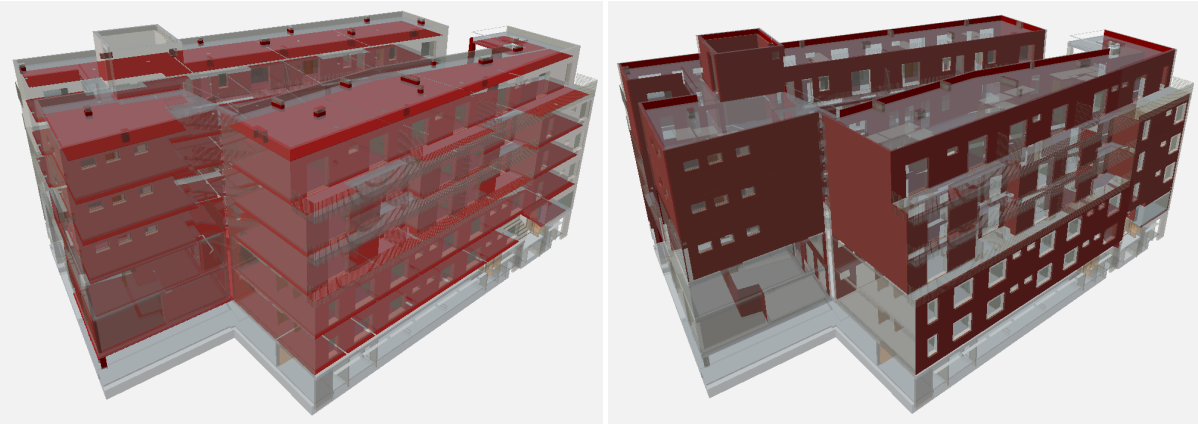


Creazione Regole di calcolo di progetto – Intonaci civili

L'intonaco di tipo rustico è invece presente solo in alcune partizioni verticali, pertanto è stata applicata una sola regola.



Creazione Regole di calcolo di progetto – Intonaci rustici



BIMviewer – intonaco civile (sx) e intonaco grezzo (dx)

Le **tinteggiature** non sono state associate agli oggetti del modello, seppur in parte presenti. Nel caso in analisi la modellazione puntuale degli strati tinteggiati avrebbe comportato oneri di modellazione e regole di filtraggio molto complicate: i tinteggi si applicano su partizioni verticali e orizzontali, tamponature (rivestite e non rivestite) e opere a secco, elementi interni ed esterni, ecc.

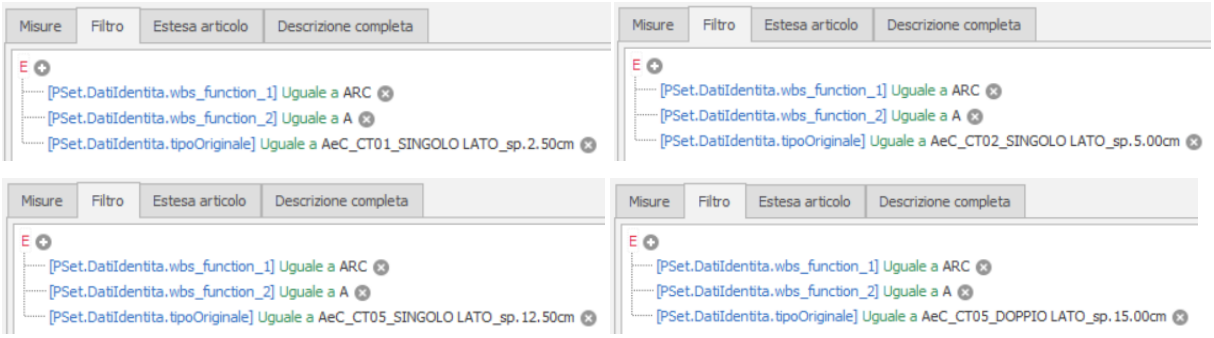
Si è scelto di accettare in fase di ristudio il quantitativo base gara, rimandando la verifica puntuale a fasi successive del cantiere.

Tipo nota	Cod. WBS_ZONE_2	Cod. WBS	Prg.	Tipo	Tipo inseri...	...	Articolo	Breve
To check	00	120	4164	Misura	Fattori		E.03	Esecuzione di tinteggiatura con idropi...
To check	00	120	4204	Misura	Fattori		E.08	Esecuzione di tinteggiatura con prod...

Tinteggi – Tipo nota "To Check"

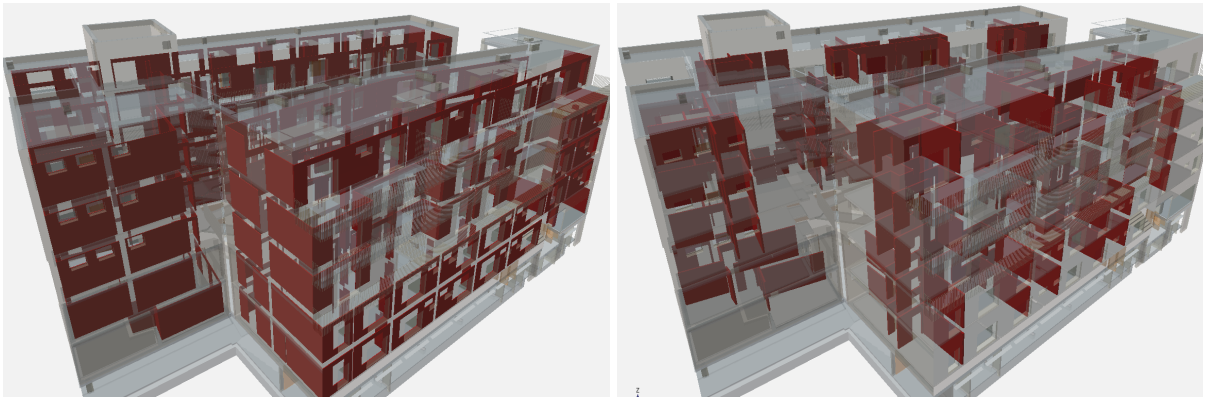
4.3.2.7 Opere a secco verticali e orizzontali

Le **partizioni a secco verticali** sono di tipo pareti/contro-pareti a doppia/tripla lastra, ordinarie/per ambienti umidi e con intercapedini di diverso spessore. L'estrema differenziazione di tutte queste tipologie combinate ha comportato la creazione di dodici famiglie distinte nel software di authoring: per le regole di filtraggio si è scelto quindi di fare affidamento alla nomenclatura dei tipi, si riporta di seguito qualche esempio.



Creazione Regole di calcolo di progetto – Partizioni verticali a secco

Le dodici famiglie sono state associate a sei articoli distinti, secondo la logica adottata dai progettisti che hanno redatto il computo metrico di gara. Di seguito si riporta un esempio di contropareti e pareti.



BIMviewer – Partizioni verticali a secco

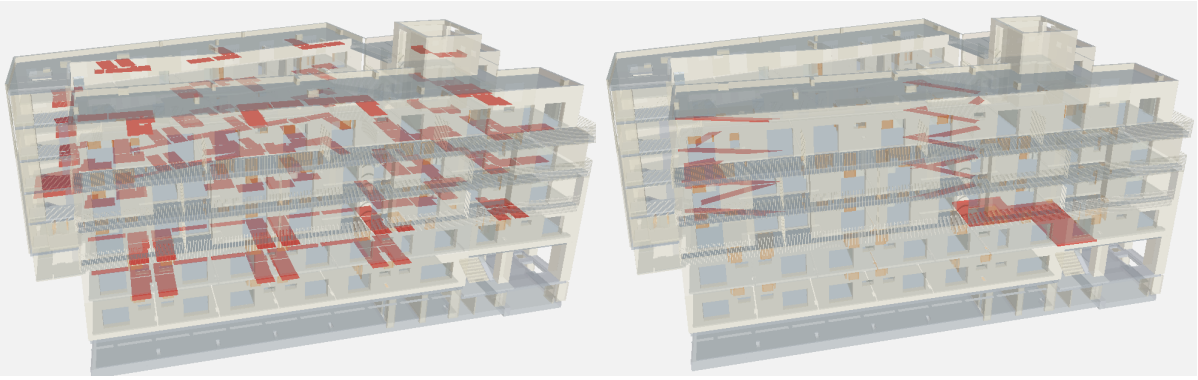
L'associazione agli articoli è stata effettuata collegando l'area degli elementi: è stato necessario prestare molta attenzione al parametro "area" associato, ricordiamoci che una parete è costituita da più lastre ma l'articolo retribuisce la parete a secco "finita", quindi comprensiva di tutte le lastre, telaio interno e quanto necessario per la posa.

Commento	Simili	Lunghezza	Larghezza	Altezza
PSet.DatiIden...	PSet.Dimensioni.Area/5			

Creazione Regole di calcolo di progetto – Misurazioni

Durante le fasi di modellazione sono state inserite delle partizioni a progetto esecutivo i cui articoli erano assenti nell'elenco prezzi unitari di gara (pannelli in tripla lastra e Aquapanel® per ambienti esterni): è stato pertanto necessario aggiungere tali articoli nell'elenco prezzi unitario di ristudio e collegarli ai relativi oggetti, secondo la logica già descritta nel paragrafo.

I **controsoffitti** sono di due tipi: Outdoor (per ambienti esterni) e con lastre per ambienti umidi (bagni). Sono state create anche in questo caso due specifiche regole per individuare queste due categorie di elementi, utilizzando come driver il nome del materiale.



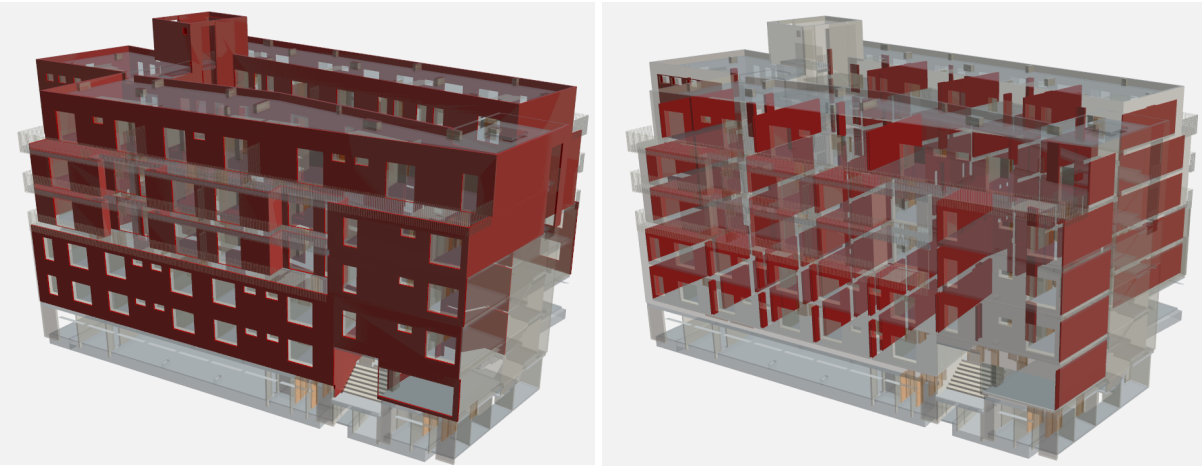
BIMviewer – Controsoffitti interni (sx) ed esterni (dx)

4.3.2.8 Isolanti termici verticali

Gli **isolanti verticali** che caratterizzano il progetto sono di due tipologie: isolamento termico a cappotto tipo EPS® 100 di spessore pari a cm 12-10-5 per le pareti esterne, e pannelli semirigidi in lana di roccia nell'intercapedine di contro-pareti e pareti a secco.

Nell'esempio che segue si riportano le regole adottate per due delle tipologie sopra citate: i driver per l'individuazione sono stati anche in questo caso la Model WBS, la nomenclatura di tipi e materiali e lo spessore estratto dal Pset.Dimensioni. Le misure associate agli articoli sono collegate all'area degli elementi filtrati.

Creazione Regole di calcolo di progetto – Cappotto esterno e pannelli semirigidi in lana di roccia



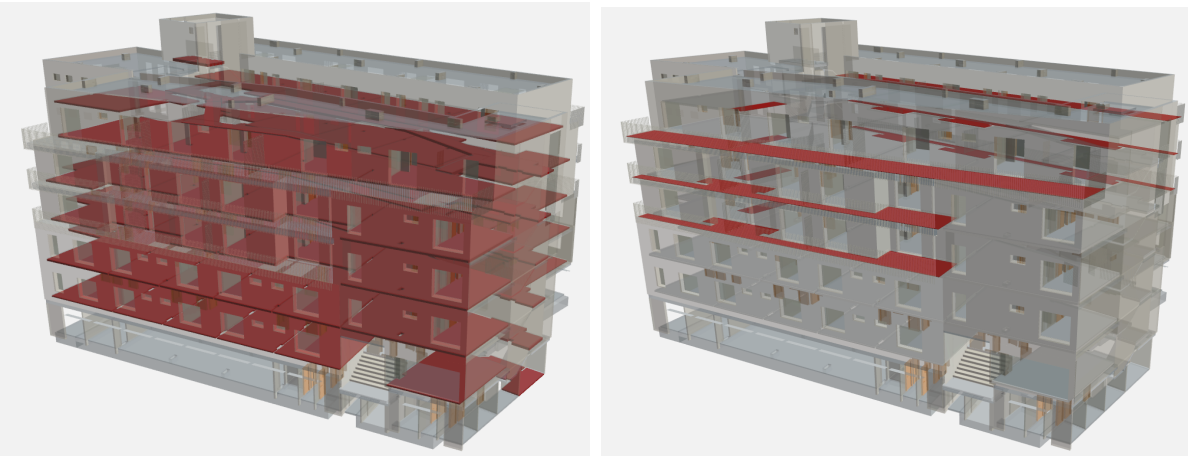
BIMviewer – Cappotto esterno (sx) e pannelli semirigidi in lana di roccia (dx)

4.3.2.9 Massetti, sottofondi, impermeabilizzazioni, isolanti orizzontali

Massetti (alleggeriti e di sottofondo), **membrane impermeabili**, **isolamenti termici orizzontali** e **isolanti acustici** (tappetini anti-calpestio) sono stati estratti e collegati ai relativi articoli tutti in maniera analoga, facendo tutti parte delle stratigrafie delle partizioni orizzontali.

Con l'intento di non dilungarsi eccessivamente in questa parte della trattazione si riportano solo un paio esempi, rappresentativi sostanzialmente di tutte le categorie di oggetti sopra elencate.

Creazione Regole di calcolo – Massetto alleggerito tipo LECACAM (sx) e impermeabilizzante tipo MAPELASTIC (dx)



BIMviewer – Massetto alleggerito tipo LECACAM (sx) e impermeabilizzante tipo MAPELASTIC (dx)

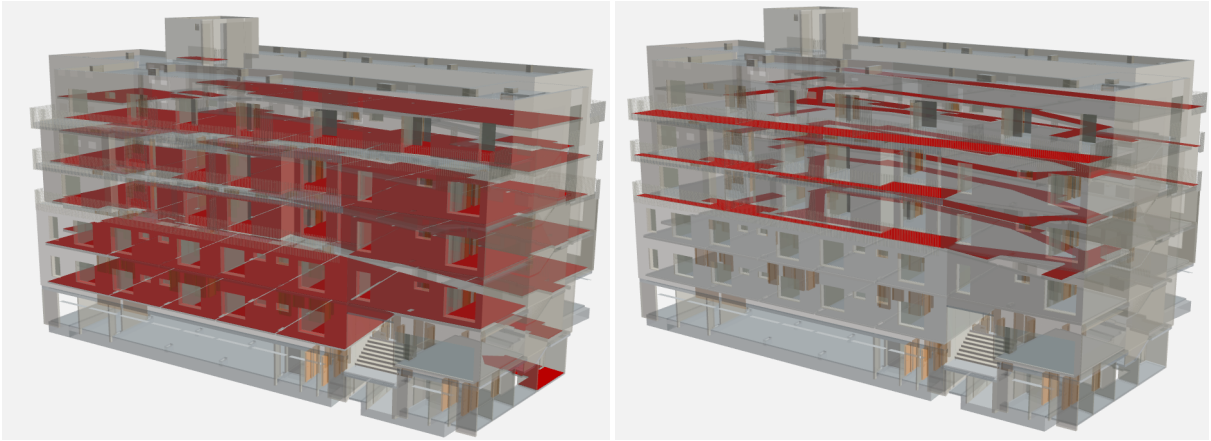
Si pone invece attenzione sugli articoli non modellati e verificati manualmente: barriera al vapore (non modellata) e risvolto al metro lineare dell'isolamento acustico sulle pareti.

4.3.2.10 *Pavimenti e rivestimenti*

Pavimenti e **rivestimenti** sono stati parzialmente oggetto di modellazione ed estrazione automatica: pavimenti industriali al piano interrato, pavimenti interni in piastrelle di gres e lastre in gres per esterni (corte interna e ballatoi) sono stati estratti dai modelli e collegati ai relativi articoli mentre i pavimenti delle scale interne, i rivestimenti verticali, i battiscopa, i bancali sono stati verificati manualmente o "rimandati" alle fasi successive del cantiere.

Come per il paragrafo precedente, si riportano di seguito due esempi.

Creazione Regole di calcolo di progetto – Pavimenti per interni e per esterni (solo ballatoi)

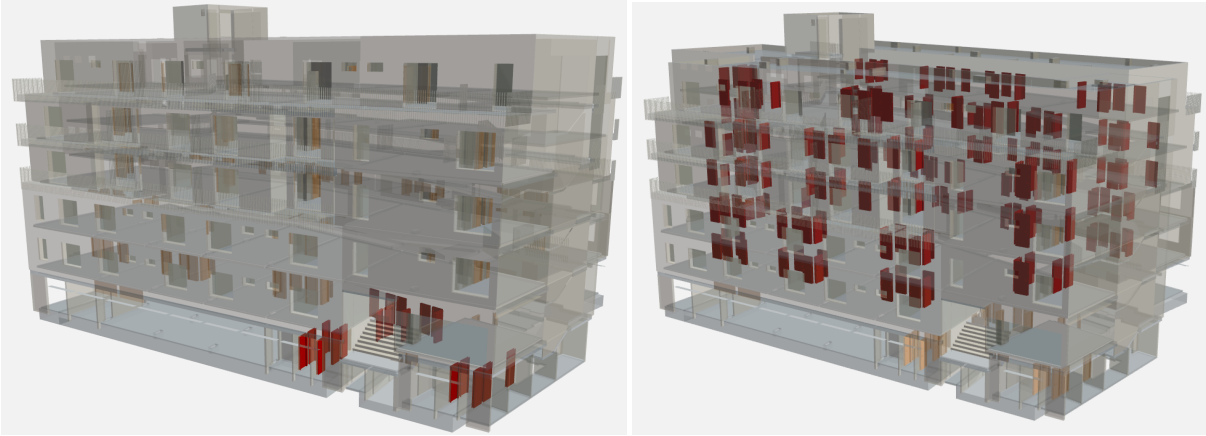


BIMviewer – Pavimenti ceramici interni (sx) e per esterni (dx)

4.3.2.11 *Serramenti e infissi*

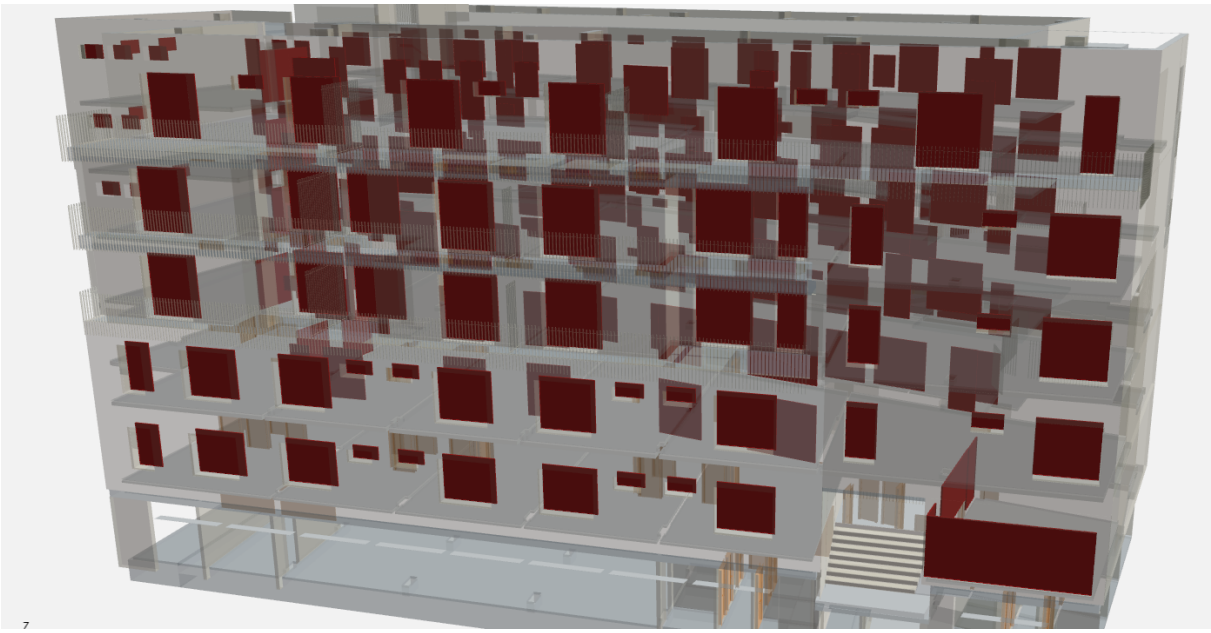
Le **porte** sono di tipo in acciaio, basculanti, in lamiera zincata, tipo REI120, in grigliato metallico, interne battenti e a scomparsa. Si è resa necessaria la realizzazione di più di venti famiglie di oggetti (si rimanda al paragrafo *"WBS e PBS – Oggetti, codifiche, nomenclatura"*) a fronte di dieci articoli di riferimento: come per le pareti a secco per le regole di filtraggio si è scelto di fare affidamento alla nomenclatura dei tipi. Si riportano di seguito alcuni esempi.

Creazione Regole di calcolo di progetto – Porte in lamiera per cantine e porte interne



BIMviewer – Porte in lamiera per cantine e porte interne

Nel computo metrico di gara tutti i **serramenti** esterni sono stati associati ad un unico articolo calcolato come incidenza al metro quadro di serramento: è stato quindi sufficiente associare l'area di tutti i serramenti a tale articolo.



BIMviewer – Serramenti esterni

4.3.2.12 Impianti elettrici e meccanici

Impianti elettrici e meccanici non sono stati oggetto di modellazione. In fase di ristudio si è scelto di non inserire tutti gli articoli e relative misurazioni puntuali ma di attribuire delle singole voci a corpo, come da estratto che segue.

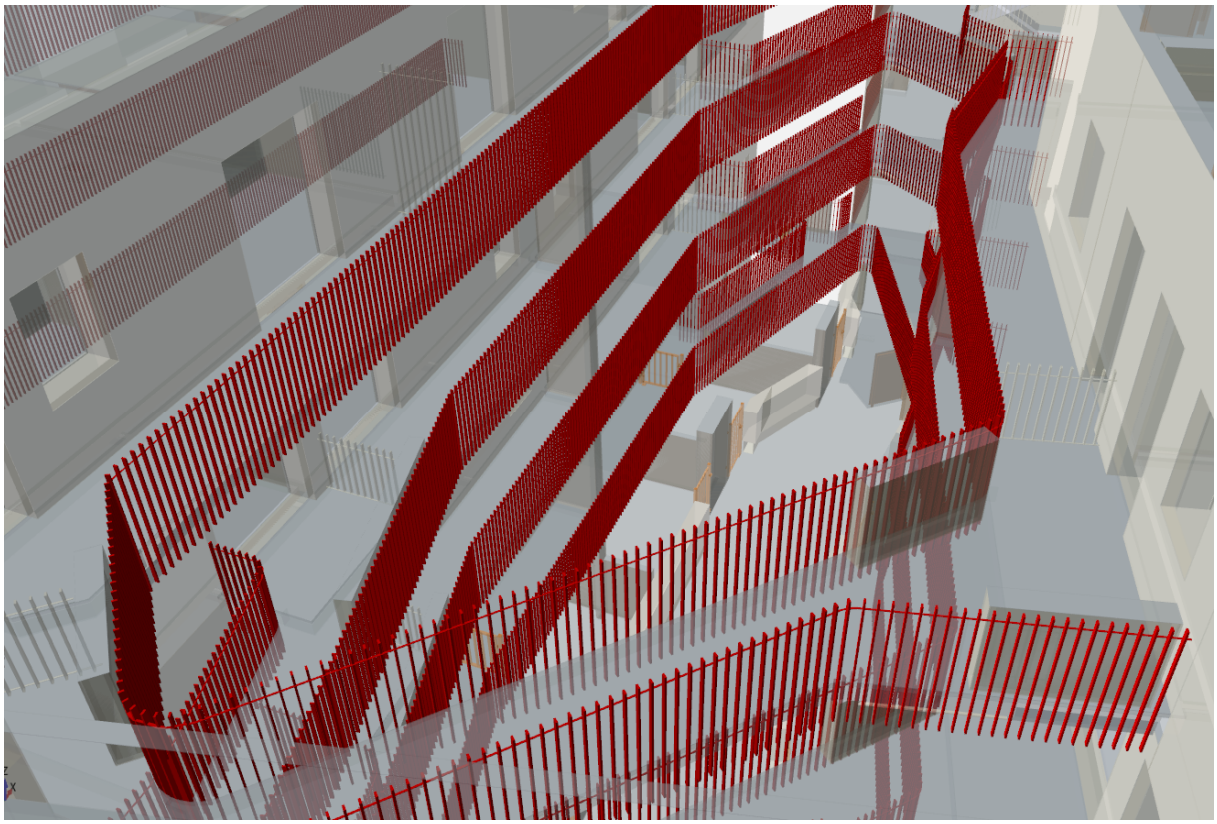
Tipo nota	Cod. WBS...	Cod. WBS	Prg.	...	Articolo	Breve	Cod. U.M.	Des. U.M.	Quantità
Manually Checked	00	080	3554		IMP.ELE	Impianti elettrici - voce a corpo	AC	a corpo	1,00
Manually Checked	00	080	3564		IMP.MEC	Impianti meccanici - voce a corpo	AC	a corpo	1,00
Manually Checked	00	080	3574		ASC.01	Fornitura e posa in opera di n. 2 impia...	CAD	Cadauno	2,00
Manually Checked	00	080	3584		ASC.02	Fornitura e posa in opera di n. 1 elev...	AC	a corpo	1,00

Impianti elettrici e meccanici – Computazione "a corpo"

Questa scelta è condizionata dal fatto che nella specifica commessa la realizzazione degli impianti verrà effettivamente assegnata a un Subcontractor e il contratto con tale fornitore sarà di tipo "a corpo": la contabilità attiva e passiva verrà effettuata sulla lista di misurazioni di gara come avanzamento percentuale sul totale contrattualizzato.

4.3.2.13 Finiture interne ed esterne, opere da fabbro e arredi

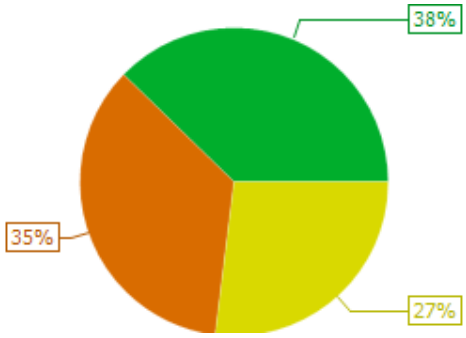
Ringhiere, corrimani, lattonerie, cancellate, parapetti e altre finiture non sono state oggetto di modellazione, sono pertanto state inserite le misurazioni di gara con la nota "to check": le quantità verranno validate nelle fasi successive del cantiere. È fatta eccezione per l'articolo relativo alla ringhiera/parapetto di balconi e ballatoi: considerando la sua notevole incidenza economica si è scelto di procedere alla sua modellazione, estrazione e collegamento al modello.

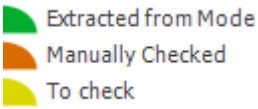


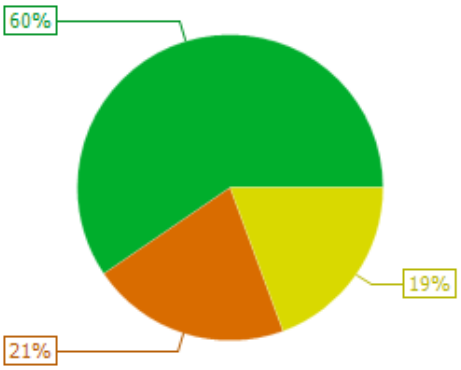
BIMviewer – Ringhiere/parapetto balconi e ballatoi

4.3.3 Quantity Take-Off da modello IFC - Considerazioni

Prima di confrontare il budget di ristudio con il budget di gara soffermiamoci rapidamente su quanto realizzato al fine di effettuare qualche considerazione quantitativa basata sull'analisi dei dati strutturati. Del totale dei costi stimati nella fase di ristudio, circa il **38%** sono stati estratti dal modello, il **35%** verificati manualmente e il **27%** rimandati alle fasi successive del cantiere. Il primo valore supera il **60%** se dai costi totali si escludono i costi indiretti e gli impianti (subappaltati con formula "fixed-price").





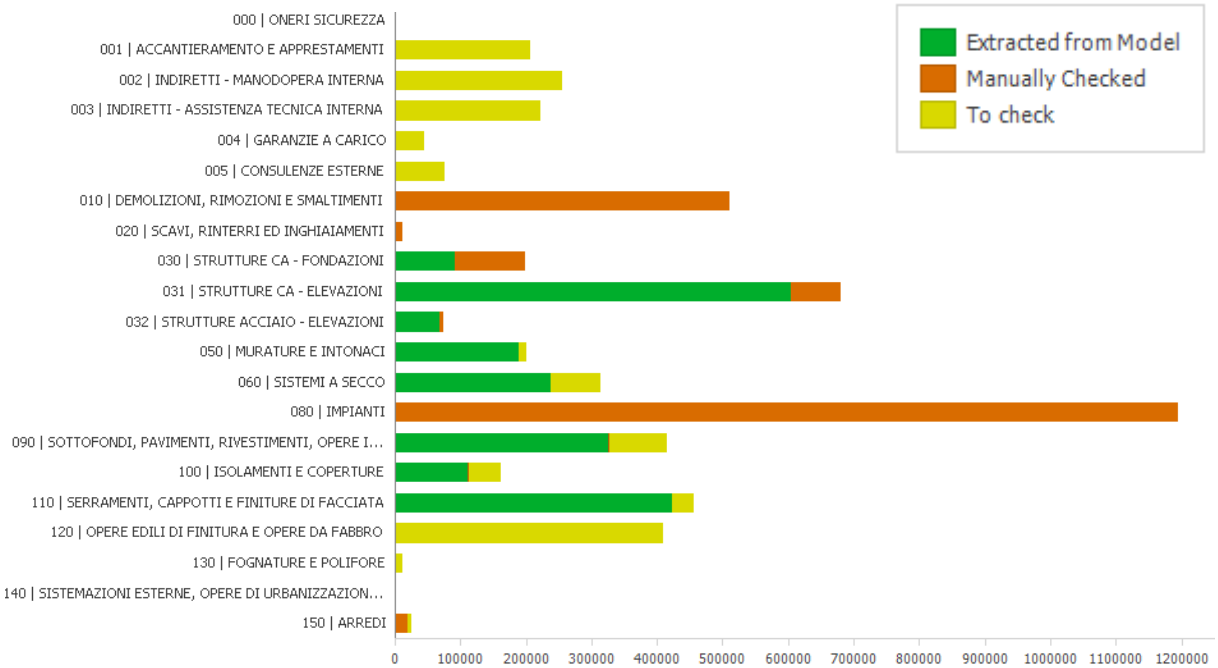


Individuazione quota estratta da modelli IFC sui costi stimati totali

Individuazione quota estratta da modelli IFC sui costi decurtati di indiretti e quota impianti

Di seguito uno spaccato più dettagliato:

- Per ovvie ragioni tutte le stime relative a costi indiretti e di accantieramento non sono state estratte dai modelli;
- Opere di demolizioni e scavi [010-020] sono stati verificate manualmente attraverso l'analisi degli elaborati;
- Le opere civili [050-060-090-100-110] e strutturali [030-031-032] sono state in buona parte estratte dai modelli, ma per nessuno dei cluster è stato possibile collegare il 100% delle misurazioni agli oggetti. Questo perché sono presenti articoli che per loro natura non sono direttamente associabili a elementi fisici (es. opere a corpo) o articoli collegati ad elementi la cui modellazione avrebbe esulato dagli obiettivi della ricerca (es. rivestimenti, battiscopa, botole controsoffitti ecc.);
- La verifica delle opere di finitura e degli arredi [120-150] è stata rimandata alle fasi successive del cantiere: come anticipato nel punto precedente si è scelto di non modellare tutte le componenti fisiche previste dal progetto esecutivo.



Cruscotto di analisi – Control Accounts e individuazione quota estratta da modelli IFC

4.4 Budget di Gara e Budget di Ristudio – Confronto Data Based

Con quanto descritto nei paragrafi precedenti si può considerare concluso il processo di ristudio del budget economico. In una prima fase è stato rivisto l'elenco prezzi unitari, confermando le valutazioni effettuate in fase di gara dall'ufficio commerciale o rettificandole, di seguito è stato effettuato il ristudio delle quantità collegando gli articoli e le misurazioni direttamente agli oggetti del modello o, in alternativa, verificandole in maniera tradizionale.

Il budget così "ricalcolato" può e deve essere confrontato con il budget di gara (approvato dallo Sponsor del progetto al momento di presentazione dell'offerta): il risultato di tale confronto diventerà parte integrante del Piano di Progetto e sarà compito del Project Manager coinvolgere nuovamente lo Sponsor e recepire una seconda approvazione.

Nel caso studio il confronto tra le due versioni del budget è stato effettuando utilizzando la struttura della CBS (Cost Breakdown Structure): per ogni cluster è stata calcolata la variazione di costi stimati nelle due fasi.

Nella tabella che segue non sono stati riportati i valori assoluti ma si è scelto di inserire valori relativi in percentuale, questo per rispettare la proprietà del dato in capo alla Società AeC Costruzioni SRL, come già anticipato nel paragrafo *"Budget di gara"*.

Più nel dettaglio:

- Le prime due colonne riportano il codice e la descrizione del relativo Control Account - CBS;
- La terza colonna riporta la ripartizione del budget di gara nei diversi Control Account, la sommatoria è pari al 100% (il valore di riferimento è proprio il budget di gara);
- La quarta colonna riporta la ripartizione del budget di ristudio nei diversi Control Account, il valore di riferimento è ancora il budget di gara, per tale ragione la sommatoria è superiore al 100% (la stima dei costi nella fase di ristudio è superiore alla stima effettuata in fase di gara);
- Nella quinta colonna (Δ BUDGET) si calcola la differenza % tra il budget di ristudio e il budget di gara, cluster per cluster. Prendendo come esempio il Control Account [001 – ACCANTIERAMENTO E APPRESTAMENTI] il valore 5,53% indica che i costi stimati nel ristudio superano quelli stimati in fase di gara del valore percentuale indicato, per tale ragione un valore percentuale positivo indica maggiori costi stimati nel ristudio (formattazione condizionale), mentre all'opposto un valore percentuale negativo indica un abbassamento dei costi stimati (formattazione condizionale).

		Gran Totale		
Cod. CBS	Des. CBS	Budget di GARA (Costo)(€)	Budget di RISTUDIO (Costo)(€)	Delta BUDGET (€)
000	ONERI SICUREZZA	0,00%	0,00%	
001	ACCANTIERAMENTO E APPRESTAMENTI	3,66%	3,86%	**5,53%**
002	INDIRETTI - MANODOPERA INTERNA	4,79%	4,79%	**0,00%**
003	INDIRETTI - ASSISTENZA TECNICA INTERNA	4,15%	4,15%	**0,00%**
004	GARANZIE A CARICO	0,81%	0,81%	**0,00%**
005	CONSULENZE ESTERNE	1,04%	1,41%	**35,70%**
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTIMENTI	9,60%	9,60%	**0,00%**
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI	0,18%	0,18%	**0,00%**
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI	4,32%	3,72%	**-13,71%**
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI	11,28%	12,80%	**13,45%**
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI	1,82%	1,36%	**-25,20%**
050	MURATURE E INTONACI	3,46%	3,75%	**8,26%**
060	SISTEMI A SECCO	5,61%	5,88%	**4,76%**
080	IMPIANTI	22,47%	22,47%	**0,00%**
090	SOTTOFONDI, PAVIMENTI, RIVESTIMENTI, OPERE I	7,25%	7,78%	**7,36%**
100	ISOLAMENTI E COPERTURE	2,95%	3,02%	**2,18%**
110	SERRAMENTI, CAPPOTTI E FINITURE DI FACCIATA	8,30%	8,55%	**3,00%**
120	OPERE EDILI DI FINITURA E OPERE DA FABBRO	7,67%	7,67%	**0,00%**
130	FOGNATURE E POLIFORE	0,17%	0,17%	**0,00%**
140	SISTEMAZIONI ESTERNE, OPERE DI URBANIZZAZION	0,01%	0,01%	**0,00%**
150	ARREDI	0,45%	0,45%	**0,00%**
		100,00%	**102,44%**	

Confronto Budget di GARA e Budget di RISTUDIO – Control Account

Il confronto, così strutturato, permette al Project Manager di argomentare in maniera chiara cosa è variato, in quale Control Account e come, consentendo anche allo Sponsor una maggiore comprensione:

- Il cantiere richiede maggiori oneri per gli apprestamenti rispetto a quanto preventivato in fase di gara;
- La commessa richiede consulenze esterne specifiche non considerate dalla funzione commerciale;
- Il ristudio dei prezzi unitari e delle quantità ha evidenziato un calo dei costi stimati per realizzare fondazioni e strutture in acciaio;

- Lo stesso ristudio ha evidenziato un aumento dei costi stimati per la realizzazione delle strutture in elevazione;
- È presente un aumento sull'incidenza dei costi anche per murature e intonaci, sistemi a secco, sottofondi e pavimenti, isolamenti e copertura, serramenti e cappotti e finiture di facciata.
- Per tutti gli altri Control Account, al momento del ristudio, si confermano le stime iniziali.

Nel complesso il ristudio economico della commessa ha evidenziato un aumento dei costi stimati complessivi del 2,44%: un valore davvero importante considerando le marginalità già molto limitate previste nel Settore.

L'analisi riportata viene inserita all'interno del Piano di Progetto: il Project Manager si farà "garante" del valore economico di ristudio condividendolo e recependo approvazione dello Sponsor. Lo stesso PM, consapevole della ridotta marginalità (contratto con il Committente di tipo fixed-price), lavorerà assieme alle altre Funzioni e al Team di Progetto per recuperare tali maggiori costi previsti, cercando soluzioni in variante rispetto a quanto previsto nel progetto esecutivo, cercando fornitori più competitivi sul mercato e più in generale sfruttando tutte le opportunità che sarà in grado di individuare nell'ambito della Commessa.

4.5 LA BASELINE DI PROGETTO

4.5.1 Pianificazione dei lavori da preventivo con TeamSystem CPM

Definita la WBS operativa e i Control Account, individuati i WP, individuate le attività e messe in relazione, ristudiati i costi e gli oggetti del modello e la mutua connessione tra questi e la WBS il Project Manager è pronto alla definizione della baseline di progetto.

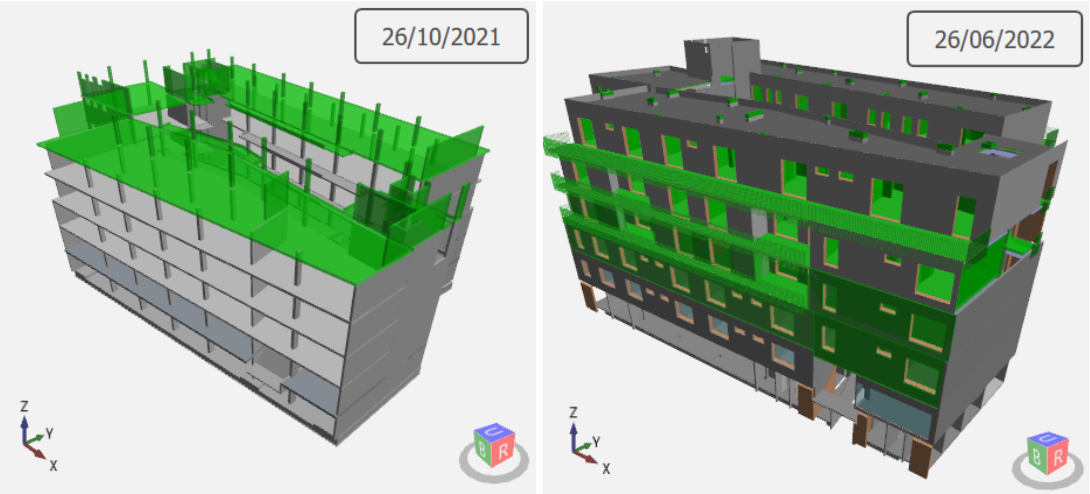
La baseline di progetto costituisce il punto di riferimento rispetto al quale calcolare gli scostamenti delle principali variabili implicate nella gestione di un progetto: in assenza di questa risulta impossibile svolgere l'attività di monitoraggio e controllo e valutare oggettivamente i risultati rispetto agli obiettivi pianificati.

La baseline viene generata in fase di pianificazione e non deve essere cambiata a meno di importanti richieste di modifica relative all'ambito di progetto: modifiche che devono essere comunque approvate, dopo attenta valutazione degli impatti, dal Project Manager con il benestare dello Sponsor di progetto. Una baseline che cambia troppo frequentemente diventa ingannevole e perde di utilità in quanto altera le metriche di valutazione delle performance facendo perdere la visione relativa all'andamento generale del progetto.

Nel caso studio la baseline è stata sviluppata utilizzando la WBS operativa, già descritta nei paragrafi precedenti, come struttura per la realizzazione del GANTT: al primo livello sono presenti i Control Account, al secondo livello il piano di intervento (campo WBS_ZONE_2). I software utilizzati per la gestione della pianificazione sono tre: **TeamSystem CPM**, **Synchro PRO** e **MS Project**.

L'utilizzo in maniera integrata di diversi applicativi per la gestione del 4D ha permesso di approfondire e confrontare le diverse soluzioni software apprezzandone le caratteristiche:

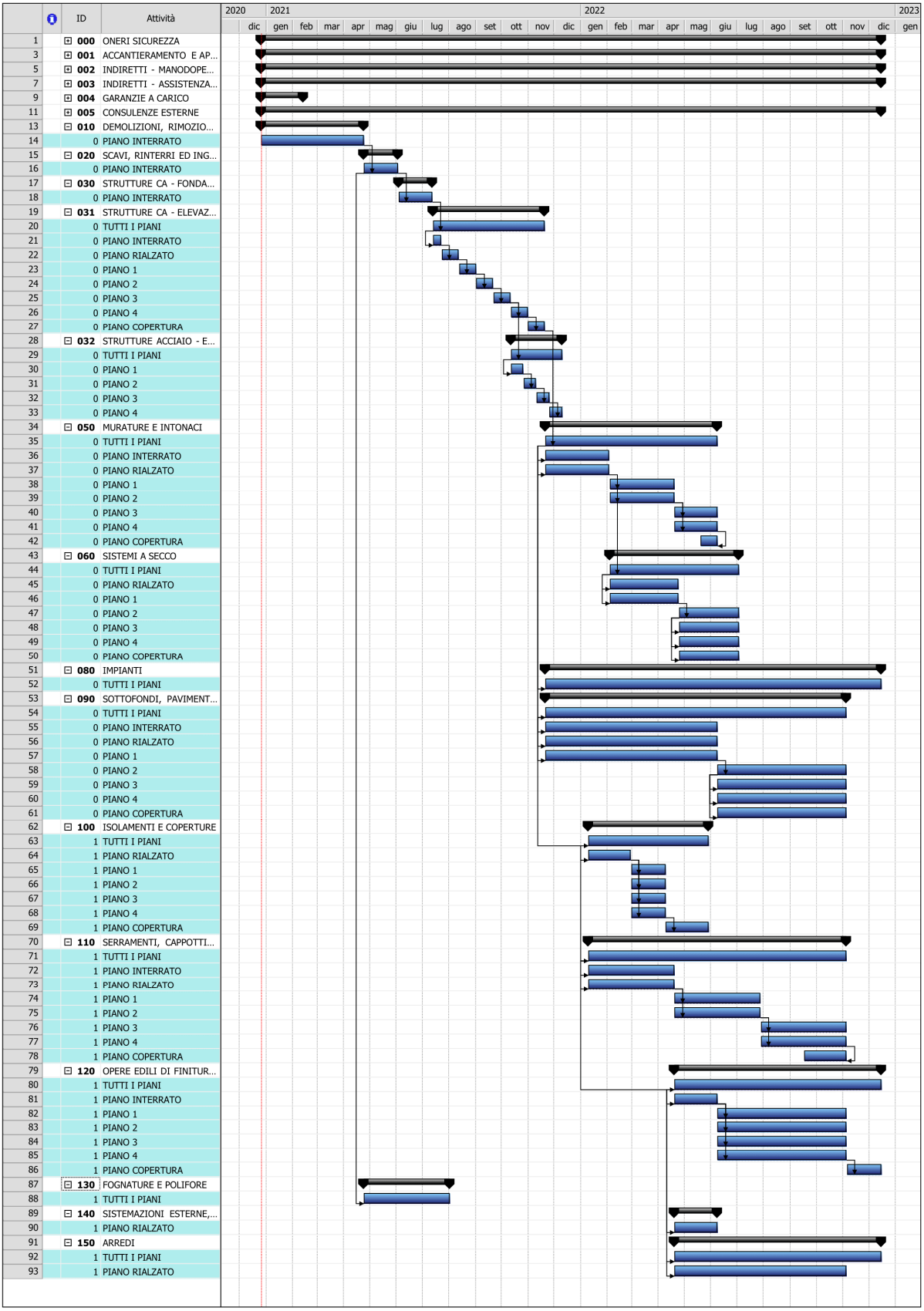
1. **TeamSystem CPM** è stato utilizzato come gestionale di riferimento per il monitoraggio economico del progetto, ha generato la "WBS operativa" da preventivo garantendo il collegamento WBS - Control Account - Oggetti BIM - Preventivo operativo. Il modulo *"Programmazione lavori"* permette inoltre di sviluppare scenari 4D, preliminari all'integrazione con Synchro PRO.



Simulazioni virtuale preliminare con TeamSystem CPM – Baseline di progetto

2. **Synchro PRO** è l'applicativo di casa Bentley per la schedulazione avanzata BIM 4D e la simulazione virtuale del cantiere, dialoga con TeamSystem CPM e permette il rapido aggiornamento della programmazione da modello IFC, oltre alla generazione di report visivi e altre funzionalità operative;
3. **MS Project** è stato utilizzato come "interfaccia" con la Committenza in quanto da questa esplicitamente richiesto. È di fatto la piattaforma più conosciuta e utilizzata sul mercato nazionale ma non permette la gestione della programmazione con modelli IFC.

Nella pagina che segue si riporta la programmazione dei lavori associata alla baseline.



Baseline di progetto

Si sottolinea che anche in questo caso vale quanto già anticipato nel paragrafo "*Budget di gara*": la programmazione è stata volutamente slittata e leggermente modificata nei tempi per ragioni legate alla privacy e proprietà delle informazioni, in capo alla società AeC Costruzioni SRL.

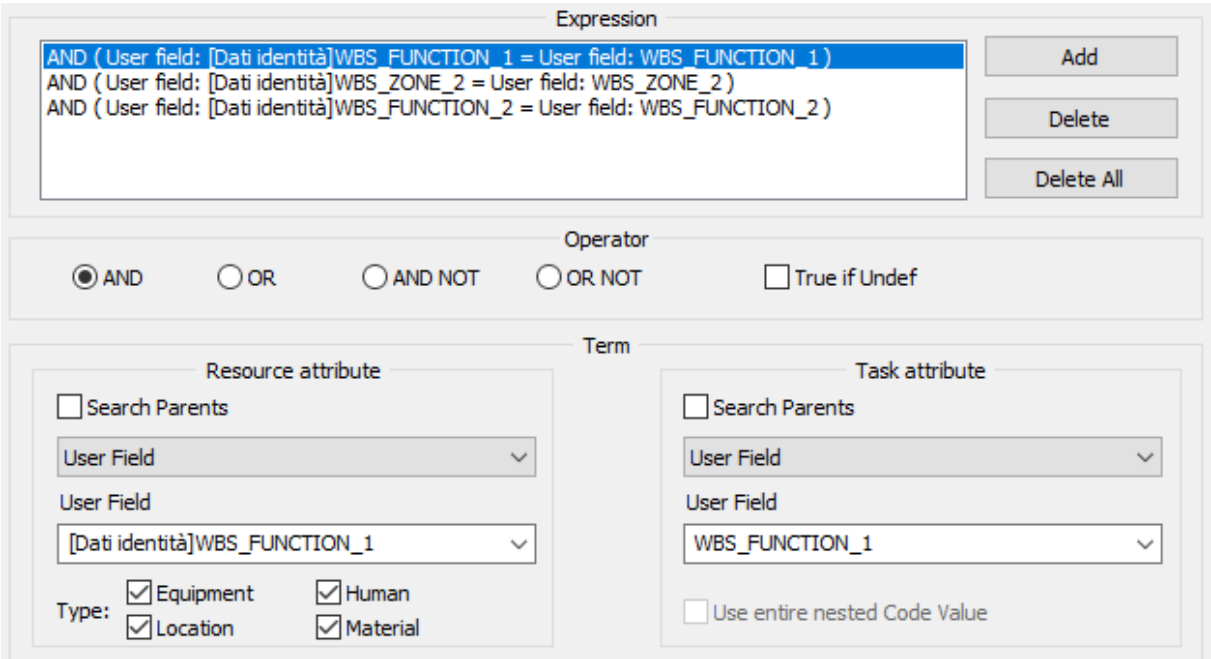
4.5.2 Programmazione e schedulazione 4D con Synchro PRO

L'integrazione tra le soluzioni TeamSystem e Bentley permette la gestione della commessa 4.0 a 360°. Nel caso studio, realizzata la baseline di progetto come descritto nelle pagine precedenti, è stato possibile passare a Synchro PRO per la simulazione virtuale del cantiere: il software eredita con facilità da CPM il collegamento tra oggetti BIM, programma di lavori e valori di natura economica.

Effettuata la prima importazione è stato necessario completare l'attribuzione degli oggetti BIM ai Work Packages: come già dettagliato nel paragrafo *"Model WBS – Definizione e compilazione dei campi Funzionali con Dynamo",* diversi oggetti presenti nei modelli IFC non sono stati utilizzati a fini computazionali e quindi risultano volontariamente "scollegati" dagli articoli e alle misurazioni di TeamSystem CPM.

Il collegamento non è stato effettuato con operazioni di drag and drop ma utilizzando la funzione *"Auto Matching"* di Synchro che permette di implementare regole parametriche per associare attività e risorse: i campi utilizzati per la creazione di tali regole sono quelli della Model WBS, compilati con Dynamo e Revit e validati con Solibri.

Di seguito la regola principale utilizzata per le operazioni *di "Auto Matching"*: il match risorsa-attività viene effettuato quando c'è corrispondenza tra gli attributi FUNCTION_1, FUNCTION_2 e ZONE_2.



Synchro PRO – Creazione regole

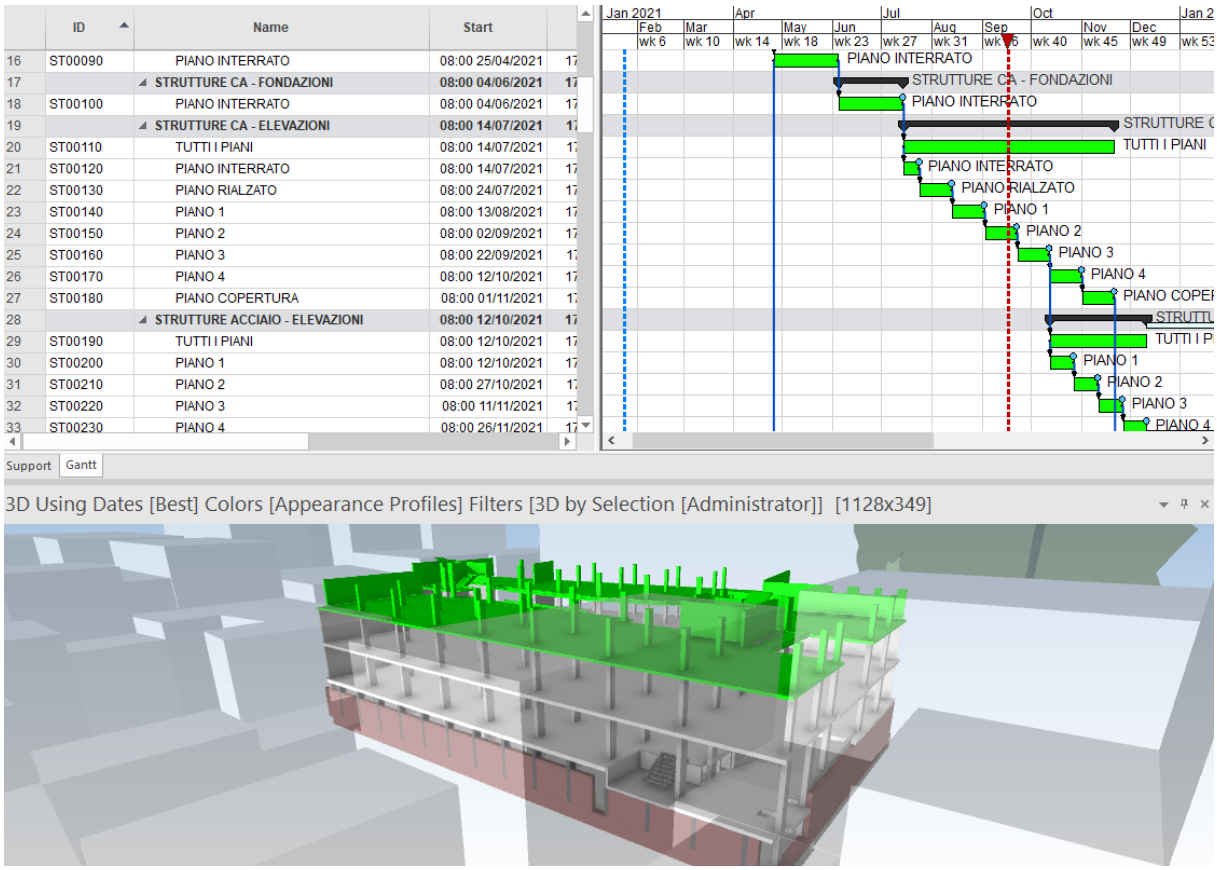
Di seguito un estratto dell'applicazione massiva della regola e conseguente collegamento automatico degli oggetti alle attività.

ID	Name	Start	Finish	3D Resources	WBS_FUNCTION_1	WBS_FUNCTION_2	WBS_ZONE_2
	SERRAMENTI, CAPPOTTI E FINITURE DI FAC...	08:00 10/01/2022	17:00 05/11/2022	(1556)			
ST00550	TUTTI I PIANI	08:00 10/01/2022	17:00 05/11/2022		ARC		
ST00560	PIANO INTERRATO	08:00 10/01/2022	17:00 28/02/2022	38	ARC	G	FLOOR_-1
ST00570	PIANO RIALZATO	08:00 01/03/2022	17:00 19/04/2022	259	ARC	G	FLOOR_0
ST00580	PIANO 1	08:00 20/04/2022	17:00 08/06/2022	246	ARC	G	FLOOR_1
ST00590	PIANO 2	08:00 09/06/2022	17:00 28/07/2022	345	ARC	G	FLOOR_2
ST00600	PIANO 3	08:00 29/07/2022	17:00 16/09/2022	358	ARC	G	FLOOR_3
ST00610	PIANO 4	08:00 17/09/2022	17:00 05/11/2022	238	ARC	G	FLOOR_4
ST00620	PIANO COPERTURA	08:00 17/09/2022	17:00 05/11/2022	72	ARC	G	FLOOR_5
	OPERE EDILI DI FINITURA E OPERE DA FABB...	08:00 20/04/2022	17:00 15/12/2022	(210)			
ST00630	TUTTI I PIANI	08:00 20/04/2022	17:00 15/12/2022				
ST00640	PIANO INTERRATO	08:00 20/04/2022	17:00 08/06/2022	20	ARC	OUT	FLOOR_-1
ST00645	PIANO 0	08:00 09/06/2022	17:00 08/07/2022	50	ARC	OUT	FLOOR_0

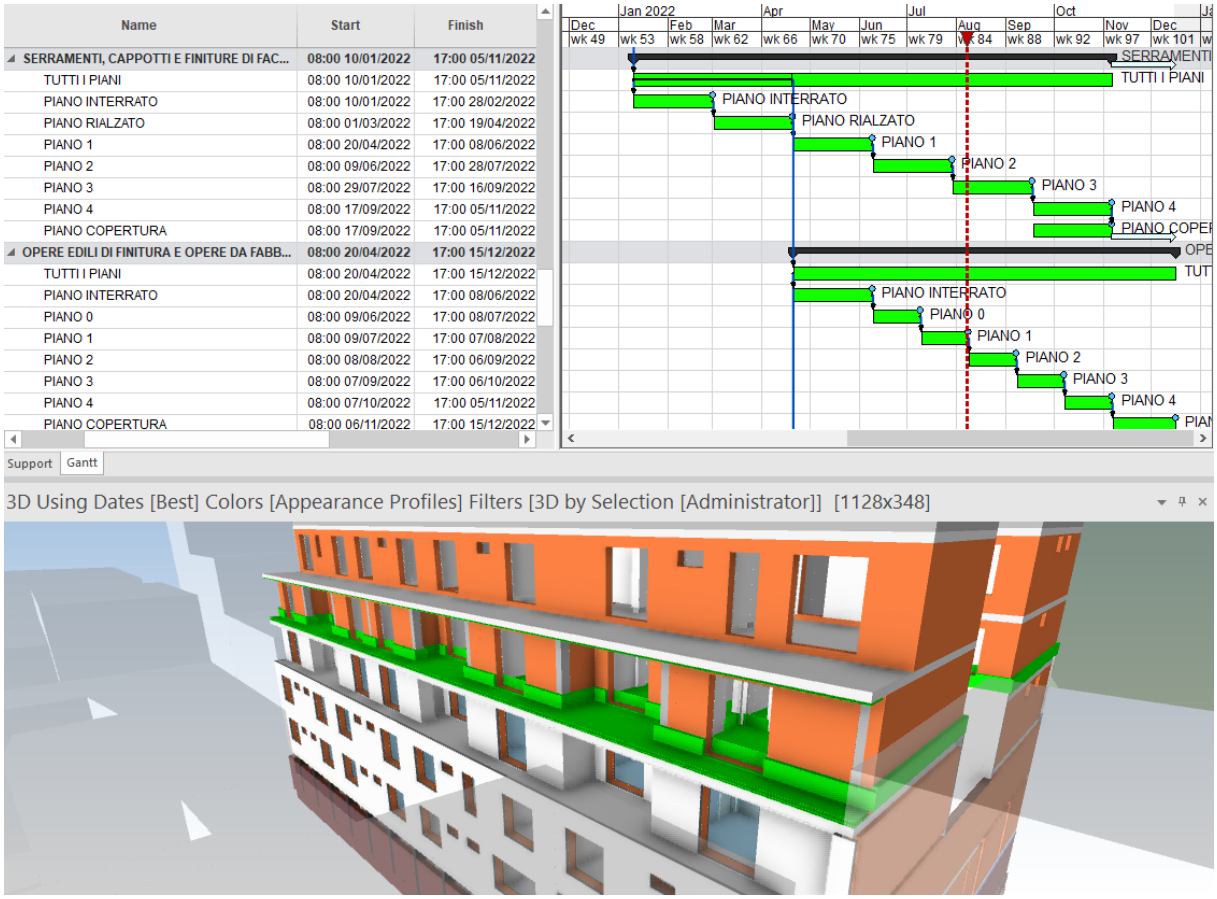
Synchro PRO – Estratto attribuzione oggetti 3D alle attività di progetto

Si riportano due scenari della baseline di progetto:

- il primo scenario è quello del mese di settembre 2021, la baseline prevede la realizzazione del secondo piano strutturale fuori terra (terzo impalcato);
- il secondo scenario è quello del mese di agosto 2022, la baseline prevede la realizzazione del cappotto al terzo piano e opere edili di finitura ai piani minori.



Synchro PRO – Scenario settembre 2021



Synchro PRO – Scenario agosto 2022

La creazione di scenari 4D come quelli riportati permette da un lato al Team di Progetto di avanzare analisi di merito relative a pianificazione e cantierabilità, dall'altro diventa un importante strumento comunicativo da utilizzare con altri Stakeholders come Sponsor e Committenza. L'associazione effettuata tra il programma dei lavori e gli oggetti dei modelli IFC facilita inoltre le operazioni di ripianificazione per periodi, ma per gli aspetti relativi a tale processo si rimanda al paragrafo "*Processi di Ripianificazione e Ripreventivazione per Periodi*".

Definita la baseline di progetto è possibile stimare le curve di natura economico-finanziaria.

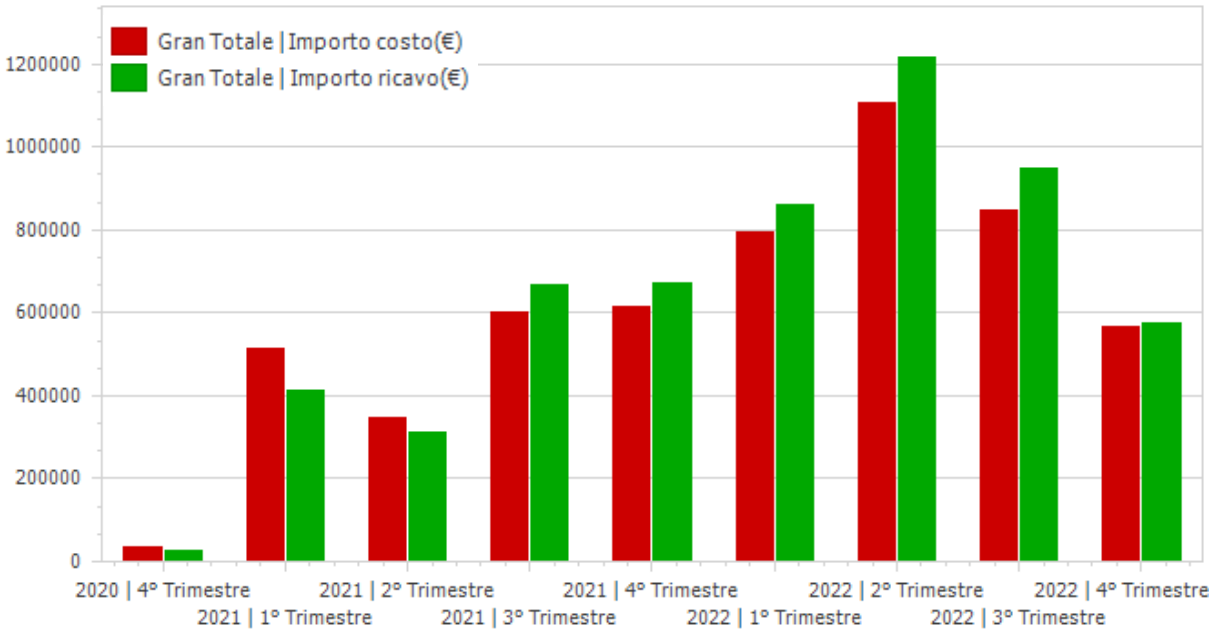
4.5.3 Budget economico e curve a "S"

La baseline di progetto permette di stimare i volumi di produzione e il progressivo di costi (e ricavi) "maturati" per periodi (ratei), dove con il termine "periodo" si intende l'intervallo temporale di monitoraggio e controllo del progetto (trimestrale nel caso studio). Redigere il budget economico significa "tempificare" l'andamento economico del progetto ed è importante per diversi aspetti:

- Il Project Manager può valutare la distribuzione dei volumi di produzione, identificando anomalie o periodi "critici" e, eventualmente, introdurre le soluzioni più idonee volte a risolvere tali criticità;
- È il punto di partenza per la realizzazione del budget finanziario di commessa e quindi elemento imprescindibile per previsioni aziendali a livello multi-commessa (Program e Portfolio Management);

- Prevede di avere un primo confronto costi-ricavi nel tempo e fare prime valutazioni sulla sostenibilità economica del progetto, sostentamento che dovrà essere confermato dalle curve di natura finanziaria;
- La previsione (e successivo monitoraggio) dei volumi dei volumi di produzione, nella componente "attiva" per l'Impresa, è un dato quasi sempre richiesto dalle Committenze in quanto permette di stimare la reale "fattibilità" della programmazione.

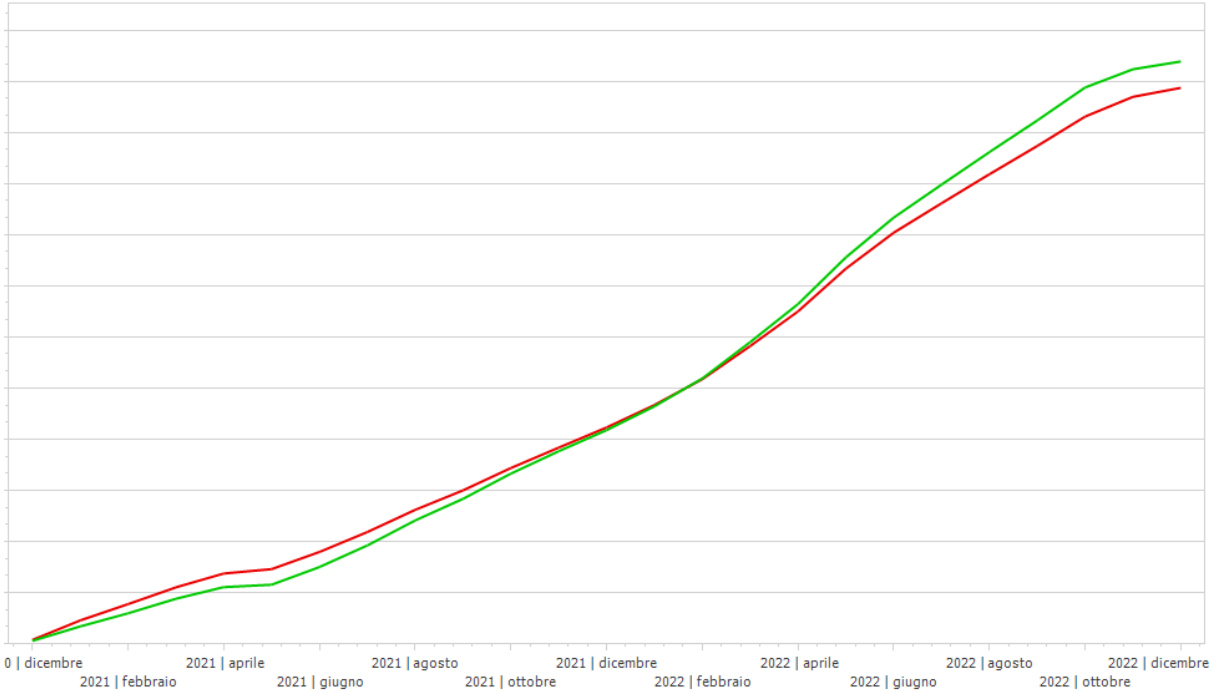
Di seguito i volumi di produzione stimati per periodo.



Previsione di produzione costi/ricavi - Baseline di progetto

Cosa ci dice questa ripartizione? Ad esempio confrontantola con il livello di informazione "comunicato" del GANTT che chiude il paragrafo "*Pianificazione dei lavori da preventivo con TeamSystem CPM*"?

- Il volume di produzione si concentra nella seconda metà del cantiere: ragionevole considerando che il primo anno è sostanzialmente dedicato alle opere di demolizione e alle strutture;
- E' previsto un calo di produzione nel secondo trimestre 2021: è dovuto alla presenza di opere di scavi/movimenti terra poco impattanti dal punto di vista economico ma molto delicate (e quindi impattanti in termini di tempi) in ragione del contesto;
- Nei primi mesi i costi "maturati" superano i ricavi attesi (questo aspetto è decisamente più evidente se passiamo dai volumi parziali alle curve progressive, nella pagina seguente): questo è dovuto alla distribuzione dei costi indiretti e degli apprestamenti di cantiere distribuiti in maniera "lineare" nei 24 mesi previsti per il completamento delle opere.



Curva economica "S" costi/ricavi - Baseline di progetto

Il BEP (Break even point) teorico economico di commessa, ovvero il punto in cui i ricavi totali pareggiano i costi e si manifesta un'inversione di tendenza, si concretizza dopo oltre un anno: questa è un'informazione preziona per le finanze del progetto, ma per questa tipologia di valutazioni è necessario realizzare il budget finanziario, definendo le condizioni di pagamento da associare agli articoli (es. bonifico 30gg, bonifico 60-90gg,), considerando IVA, anticipi e quanto altro possa interessare i flussi di cassa.

4.6 PROCUREMENT

La redazione del piano dei subappalti, l'individuazione dei fornitori e la pianificazione degli approvvigionamenti è certamente una delle fasi chiave per il Main Contractor in quanto gli permette da un lato di garantire la continuità del cantiere e le tempistiche di esecuzione pianificate nella baseline di progetto, dall'altro di incrementare le marginalità previste in fase di budgeting (budget di gara o ristudiato): tutto il processo fino ad ora descritto perde totalmente di utilità se non dà seguito a un piano approvvigionamenti dettagliatamente studiato, a una lista fornitori "preferiti" e a una lista di decisioni "make-or-buy".

I processi di procurement iniziano con la definizione della baseline di progetto, dei fabbisogni di cantiere, con la strutturazione della WBS operativa a cura del PM (permette di pianificare il contributo di ogni stakeholder chiave) e si chiudono principalmente con incarichi di subappalto ed ordini di prestazioni e materiali: tali processi vengono strutturati nella fase di pianificazione ma si sviluppano anche in fase di esecuzione, per un Main Contractor è improbabile contrattualizzare la totalità di ordini/incarichi prima dell'inizio delle opere.

Un altro aspetto di fondamentale importanza nella pianificazione dei subappalti, in caso di commesse in ambito Pubblico regolate dal D.lgs. 50/2016, è lo studio delle categorie SOA e dei limiti di subappalto. Senza entrare nel merito di tali aspetti che esulano dall'oggetto della trattazione si pone l'attenzione su quanto sia importante anticipare quanto prima questa fase.

4.6.1 Analisi dei fabbisogni da programma dei lavori

La fase di procurement si avvia con l'individuazione dei fabbisogni di cantiere, ovvero delle risorse necessarie (materiali/umane/noli/attrezzature) a garantire la realizzazione delle opere nel rispetto dei tempi previsti dalla baseline di progetto.

Ci sono diversi metodi per calcolare i fabbisogni: è possibile, già in fase di preventivazione iniziale, effettuare l'analisi dei costi per ogni articolo come anticipato nel paragrafo *"EPU di gara e analisi dei costi preliminare"*. L'analisi può essere effettuata inserendo tutte le risorse necessarie alla realizzazione dell'articolo, trattasi di materiali, noli, attrezzature, risorse umane. Le risorse umane, inserite in ore-uomo, permettono di calcolare le ore-uomo necessarie al completamento di n.1 unità di articolo, consentendo potenzialmente di calcolare il tempo di realizzazione delle misurazioni associate.

Nel caso studio è stata adottata una soluzione ibrida, più in linea con la realtà del Main Contractor: l'analisi è stata effettuata esclusivamente per quegli articoli per quali si prevede l'esecuzione con risorse interne oppure lo scorporo della fornitura dalla posa, ovvero si esclude il subappalto "a corpo" a fornitori terzi. Di seguito un estratto dei fabbisogni relativi alla disciplina strutturale: il collegamento con la WBS di progetto permette di "mensilizzare" le risorse necessarie ottenendo quadri riepilogativi data-based dal quali è possibile generare quasi automaticamente le relative richieste di acquisto o di ordine calendarizzate.

			Anno	Mese					
			2021						Totale
Cod. Risorsa	Des. Risorsa	U.M.	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	2021
CLS.B450C	Acciaio da carpenteria in ca	kg	112.094,00	207.393,00	95.299,00	95.299,00	95.299,00	95.299,00	700.683,00
CLS.C1215.D32.S4	Fornitura CLS C12/15	m3	129,96	129,96					259,92
CLS.C2835.D32.S4	Fornitura CLS C28/35	m3		1.243,22	2.129,34	2.805,28	1.840,77	764,67	8.783,28
CLS.C3240.D32.S4	Fornitura CLS C32/40	m3	760,75	926,81	152,65	205,77	121,23	21,74	2.188,95
CLS.CASS.D50	Fornitura casseri di cartone circolare D50	m		25,60					25,60
COBIAX.ARM.DIFF	Armatura diffusa COBIAX	kg		1.227,42	2.102,22	2.745,53	1.803,71	735,01	8.613,89
COBIAX.ARM.PUNZ	Armatura a punzonamento COBIAX	kg		1.227,42	2.102,22	2.745,53	1.803,71	735,01	8.613,89
COBIAX.CASS	Casseforme continue tipo Skydeck	m²		1.227,42	2.102,22	2.745,53	1.803,71	735,01	8.613,89
COBIAX.DIST	Distanziatori COBIAX	m²		1.227,42	2.102,22	2.745,53	1.803,71	735,01	8.613,89
COBIAX.MODULI.24	Moduli alleggeriti COBIAX	m²		67,29	843,74	2.450,80	1.607,33	631,28	5.600,44
COBIAX.MODULI.28	Moduli alleggeriti COBIAX	m²			98,35	294,73	196,38	103,73	693,19

Fabbisogni risorse "mensilizzati" - Baseline di progetto

4.6.2 RdA, RdO, Ordini, Subappalti e aggiornamento del preventivo operativo

L'individuazione dei fabbisogni di cantiere permette al relativo responsabile del gruppo di progetto coordinato dal PM di predisporre le richieste di acquisto (**RdA**) trasmettendole alla funzione Acquisti la quale, dopo un'adeguata ricerca di mercato e l'individuazione dei potenziali fornitori, inoltra loro le relative richieste di offerta (**RdO**).

Codice	Descrizione	Data creazione	Data consegna	Indirizzo consegna	Località consegna	Importo	Stato
1	OPERE DI DEMOLIZIONE	11/10/2020	01/01/2021				Non trasferita
2	CASSERI CIRCOLARI	11/10/2020	01/06/2021				Non trasferita
3	ACCIAIO DA CA	11/10/2020	01/06/2021				Non trasferita
4	FORNITURA CLS	11/10/2020	01/06/2021				Non trasferita
5	OPERE DA CARPENTIERE	11/10/2020	01/06/2021				Non trasferita

Generazione Richieste di Acquisto (RdA) con data di consegna da fabbisogni

Ricevute le offerte dai diversi potenziali fornitori la funzione Acquisti, con il supporto tecnico del team di progetto, procede al loro confronto lasciando al Project Manager e alla direzione aziendale la scelta del fornitore definitivo: una volta individuato è possibile procedere alla contrattualizzazione di **ordini** e **subappalti**.

Numero	Descrizione	Data	Tipo	Data compilazione	Data consegna	Cod. Fornitore	Des. Fornitore
1	FORNITURA ACCIAO DA CA	20/11/2019	Ordine		01/06/2021	FOR1	FORNITORE 1
2	FORNITURA CLS	22/11/2019	Ordine		01/06/2021	FOR2	FORNITORE 2
3	FORNITURA CASSERI CIRCOLARI	27/08/2020	Ordine		01/07/2021	FOR3	FORNITORE 3
4	FORNITURA MODULI GEOPLAST	19/08/2020	Ordine		01/07/2021	FOR4	FORNITORE 4
5	FORNITURA CARPENTERIA METALLICA	09/10/2020	Ordine		01/10/2021	FOR5	FORNITORE 5
6	FORNITURA PLATEA IMPER.	20/08/2020	Ordine		01/06/2021	FOR6	FORNITORE 6

Estratto ordini registrati con data di consegna da RdA

Come anticipato nel paragrafo *"Il modello economico del General Contractor"* ogni volta che viene registrato un ordine o un contratto di subappalto la stima dei costi a finire cambia: la funzione Acquisti potrebbe avere ottimizzato le stime effettuate in fase di ristudio o, viceversa, potrebbe averle peggiorate per motivi terzi.

Pertanto, ogniqualvolta viene registrato un contratto, al fine di garantire il controllo di commessa è necessario:

1. Raccogliere articoli e misurazioni che costituiscono ordini e subappalti contrattualizzati e attribuire agli stessi i Control Account (CBS) relativi al fine di poter confrontare il "dato di budget" con il "dato ordinato".

Num. Ordine	Data ordine	Cod. ...	Des. Fornitore	Cod. WBS	Des. WBS	Prg.	Data consegn...	Articolo	Breve
1	20/11/2019	FOR1	FORNITORE 1	031	STRUTTURE CA - ELEVAZI...	10	01/06/2021	CLS.B...	Acciaio da carpenteria in ca
1	20/11/2019	FOR1	FORNITORE 1	031	STRUTTURE CA - ELEVAZI...	11	01/06/2021	CLS.B...	Acciaio da carpenteria in ca
1	20/11/2019	FOR1	FORNITORE 1	030	STRUTTURE CA - FONDAZI...	15	01/06/2021	CLS.B...	Acciaio da carpenteria in ca
1	20/11/2019	FOR1	FORNITORE 1	030	STRUTTURE CA - FONDAZI...	16	01/06/2021	CLS.B...	Acciaio da carpenteria in ca

Attribuzione articoli contrattualizzati a WBS/Control Account di progetto

2. Modificare il preventivo operativo per il controllo costi aggiornando articoli/misurazioni a budget con articoli/misurazioni contrattualizzati.

Partendo dallo schema concettuale del paragrafo *"Il modello economico del General Contractor"* si propone di seguito uno spaccato del workflow che porta all'aggiornamento del preventivo operativo in fase di registrazione contratti.

Attribuzione articoli contrattualizzati a WBS/Control Account di progetto

Riprendendo la struttura introdotta nel paragrafo *"Tecniche di Controllo e Gestione di Commessa",* con i due processi descritti si inizia a popolare la colonna "Ordine + Contingency", che riporta un valore aggiornato di costo previsto e quindi un dato intermedio tra quello di budget e quello consuntivo.

L'aggiornamento del preventivo operativo (colonna "Preventivo Operativo") con gli articoli contrattualizzati aggiorna invece il valore totale stimato per la realizzazione del progetto.

CONTROL ACCOUNT	BUDGET GARA	BUDGET RISTUDIO	ORDINE + CONTINGENCY	COSTI CONSUNTIVI	STIMA COSTI A FINIRE	PREVENTIVO OPERATIVO
CA 1	ARTICOLO 1	ARTICOLO 1	ARTICOLO 1			∑ DEI VALORI PIU'AGGIORNATA ALLA DATA
	ARTICOLO 2	ARTICOLO 2	ARTICOLO 2			
	ARTICOLO 3	ARTICOLO 3	ARTICOLO 3			
CA 2	ARTICOLO 1	ARTICOLO 1	ARTICOLO 1			∑ DEI VALORI PIU'AGGIORNATA ALLA DATA
	ARTICOLO 2	ARTICOLO 2	ARTICOLO 2			
	ARTICOLO 3	ARTICOLO 3	ARTICOLO 3			
	TOT. GARA	TOT. RISTUDIO	TOT. ORDINATO (ALLA DATA)	TOT. CONSUNTIVO (ALLA DATA)	TOT. A FINIRE (ALLA DATA)	**TOT. OPERATIVO (ALLA DATA)**

Struttura di controllo budget/ordinato – Schema concettuale

Nel capitolo dedicato "Fase di controllo e gestione" verrà dettagliato l'uso pratico della struttura tabellare qui riportata.

5 FASE DI ESECUZIONE

Con la redazione del piano di progetto a cura del Project Manager e l'avvio della fase di Procurement si può considerare conclusa la fase di pianificazione iniziale del cantiere, seppure i processi di pianificazione - di tipo interattivo - accompagnino il progetto in tutto il suo ciclo di vita.

I processi di esecuzione, nel PMBOK®, sono i processi finalizzati a gestire e sviluppare il team di progetto, a produrre i deliverables concordati, a verificare l'applicazione degli standard di produzione, a gestire il processo di consegna al cliente: la "bussola" di riferimento per tali processi resta il piano di progetto, sviluppato in fase di pianificazione e contenente l'analisi preliminare di tutti gli aspetti impattanti le diverse aree di conoscenza.

Rimanendo sulle tematiche oggetto della trattazione è in questa fase che la commessa inizia a generare costi (se si escludono i costi in termini di risorse umane legati ai processi di pianificazione): contabilità passive, registrazioni di cantiere, SAL passivi, rapportini ore relativi a manodopera tecnica e operativa interna ed esterna, bolle e altre tipologie di passività.

5.1 CONTABILITÀ E REGISTRAZIONI

Nei paragrafi che seguono si dettagliano i passaggi chiave da seguire nei processi di contabilità passiva e attiva per garantire il controllo di commessa, dettagliando anche un potenziale utilizzo dei modelli BIM a supporto di tali processi.

5.1.1 Periodi di Registrazione e Control Account

Con il termine "periodo" si intende l'intervallo temporale di registrazione, quindi monitoraggio e controllo del progetto. Nel caso studio si è scelto di utilizzare un periodo trimestrale: tutti i movimenti, i rapportini, i SAL passivi saranno caratterizzati da una data di riferimento che li "ribalterà" sui periodi di competenza. Questa tipologia di ripartizione, oltre a migliorare la consultazione dei dati (organizzando l'albero di navigazione) permette di generare un riferimento per i trasferimenti di dati da e verso il sistema amministrativo **ERP** esterno.

Permette inoltre un ulteriore controllo: alla fine dell'attribuzione di costi al periodo di analisi è possibile "chiudere" il periodo, impedendo quindi ulteriori ribaltamenti di costi nel periodo "validato".

Data inizio	Data fine	Descrizione	Chiuso
01/10/2020	31/12/2020	October 2020 - December 2020	☐
01/01/2021	31/03/2021	January 2021 - March 2021	☐
01/04/2021	30/06/2021	April 2021 - June 2021	☐
01/07/2021	30/09/2021	July 2021 - September 2021	☐
01/10/2021	31/12/2021	October 2021 - December 2021	☐
01/01/2022	31/03/2022	January 2022 - March 2022	☐
01/04/2022	30/06/2022	April 2022 - June 2022	☐
01/07/2022	30/09/2022	July 2022 - September 2022	☐
01/10/2022	31/12/2022	October 2022 - December 2022	☐

Estratto periodi di registrazione

Come ribadito più volte nel corpo della tesi risulta inoltre di fondamentale importanza l'attribuzione alle registrazioni dei **Control Account** di riferimento: questi, in associazione ai periodi di riferimento, permettono di identificare *"quando"* è stato maturato il costo e *"dove"*, ovvero su quale Control Account, fornendo la base dati per il monitoraggio del progetto.

Nei paragrafi che seguono si dettagliano le principali tipologie di passività collegate a un progetto in ambito Construction, descrivendone le caratteristiche e le strutture di caricamento utilizzate per il caso studio.

5.1.2 La Contabilità Passiva e il carico costi – Dai rapportini alla gestione dei Sub-Contractors

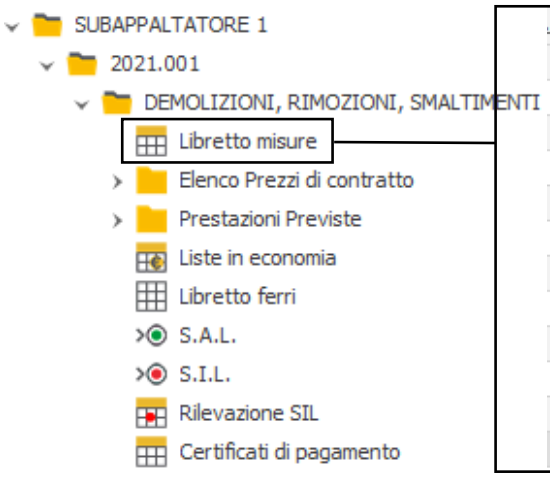
I progetti in ambito Construction sono caratterizzati da diverse tipologie di passività, praticamente tutte considerate nel caso studio. Come più volte puntualizzato anche in questo caso si riporteranno degli esempi modificati rispetto alle rilevazioni reali per ragioni legate alla proprietà delle informazioni, in capo alla Società AeC Costruzioni SRL. Nei paragrafi che seguono si elencano le principali fonti di costo considerate.

5.1.2.1 Contabilità passiva subappalti

La contabilità passiva relativa alle opere subappaltate a fornitori terzi è una delle fonti di costo più importanti per il Main Contractor, è inoltre un'operazione onerosa che deve essere effettuata con continuità durante l'esecuzione delle opere, tanto più onerosa quanto più numerosi sono i Sub-Contractors che operano contemporaneamente sulla commessa. È pertanto necessario inserire questa attività nel flusso fino ad ora descritto, utilizzando un approccio quanto più possibile integrato.

Ogni contabilità passiva relativa a contratti di subappalto è caratterizzata da: un **Elenco Prezzi di contratto** specifico contenente gli articoli contrattuali, le **Prestazioni Previste** contenenti le misurazioni totali previste per gli articoli contrattuali (corrispondente al valore ordinato), un **Libretto Misure** sul quale viene registrato l'avanzamento, un **SAL/SIL** progressivo di riferimento associato al Libretto Misure.

Nell'estratto che segue si riporta a titolo di esempio il contratto di subappalto relativo alle opere di demolizione, rimozione e smaltimento contrattualizzate con il *SUBAPPALTATORE 1* (contratto 2021.001).



WBS	Data	Prg.	Cod. ...	Articolo	Cod....	Quantità
	31/01/2021	10	1	A.02.CONT	ac	1,00
	31/01/2021	20	1	A.03.CONT	ac	1,00
	31/01/2021	30	1	A.04	ac	1,00
	31/01/2021	40	1	A.05	ac	1,00
	31/01/2021	50	1	A.06	ac	1,00
	31/01/2021	60	1	A.07	ac	1,00
	28/02/2021	70	1	A.08	ac	1,00
	28/02/2021	80	1	A.09A	ac	1,00
	28/02/2021	90	1	A.09B	ac	1,00
	28/02/2021	100	1	A.10	ac	1,00
	28/02/2021	110	1	A.11	ac	1,00
	31/03/2021	120	1	A.12	ac	0,80

Contabilità passiva subappalto – Estratto contratto 2021.001

Sulla destra dell'immagine un estratto del libretto delle misure che oltre alle misurazioni effettuate riporta le date dei rilievi e il codice WBS/CBS di riferimento: sono queste le informazioni che permetteranno di ribaltare il costo maturato su relativo trimestre (January2021-March2021) e relativo Control Account (010: demolizioni, rimozioni e smaltimenti). L'elenco Prezzi di contratto e le prestazioni previste permetteranno di effettuare la ri-preventivazione operativa, come si dettaglierà nel paragrafo *"Processi di Ripianificazione e Ripreventivazione per Periodi"*.

5.1.2.2 Rapportini manodopera e attrezzatura

Un'importante fonte di spesa per il Main Contractor è associata ai costi relativi alla **manodopera tecnica e operativa**: tali costi iniziano a manifestarsi praticamente da subito (si pensi, ad esempio, al costo orario delle risorse del team di progetto), è pertanto fondamentale chiarire già dalle prime fasi quali costi ripartire direttamente sulla commessa e come.

Nel caso studio si è scelto di considerare i costi associati alla squadra tecnica a supporto della commessa (PM, direttore tecnico di cantiere, tecnico R&D, tecnico contabile ecc.) e alla manodopera operativa (capocantiere, gruista, operaio generico, ecc.) ribaltando invece tutti gli altri costi (ufficio acquisti, ufficio gare, amministrazione ecc.) sui costi generali/di periodo aziendali.

È stata quindi realizzata una "**Project Price List"**, listino contenente tutte le tipologie di risorse coinvolte nel progetto caratterizzate dal loro costo orario (anche in questo caso il costo orario è un valore inserito a titolo di esempio). Tale listino potrebbe (e dovrebbe) essere strutturato a livello aziendale e richiamato in tutti i progetti.

Codice	Breve	Specie	Voce	Cod. U...	Des. U.M.	Ordinario
OPE.AP	Operaio apprendista	Manodopera		H	h	22,00
OPE.CC	Capocantiere	Manodopera		H	h	36,00
OPE.GE	Operaio generico	Manodopera		H	h	28,00
TEC.AS	Tirocinante	Manodopera		H	h	22,00
TEC.CT	Tecnico contabile	Manodopera		H	h	28,00
TEC.DT	Direttore tecnico di cantiere	Manodopera		H	h	35,00
TEC.PM	Project Manager	Manodopera		H	h	50,00
TEC.RD	Tecnico R&D	Manodopera		H	h	32,00

Project Price List – Articoli

Gli articoli vengono di seguito associati ai membri del gruppo di progetto e alla manodopera operativa.

Tipo	Codice	Descrizione	Matricola	Articolo	Breve
Dipendente	AB	ANTONIO BIANCHI		TEC.DT	Direttore tecnico di cantiere
Dipendente	BR	BRUNO NERI		TEC.CT	Tecnico contabile
Dipendente	CC	CAPOCANTIERE		OPE.CC	Capocantiere
Dipendente	MR	MARCO ROSSI		TEC.PM	Project Manager
Dipendente	OG	OPERAIO 1		OPE.GE	Operaio generico
Dipendente	RR	RICCARDO ROSSI		TEC.AS	Tirocinante
Dipendente	SV	STEFANO VERDI		TEC.RD	Tecnico R&D

Elenco dipendenti associati al progetto

Strutturate le risorse coinvolte è possibile effettuare le relative registrazioni. Si riporta a titolo di esempio lo scenario creato al 31/03: anche in questo caso le misurazioni riportano le date dei rilievi per l'associazione con il trimestre di riferimento e il codice WBS/CBS per l'individuazione del Control Account.

Cod. WBS	Data	Cod. Rapportino	Des. Rapportino	Des. D/A	Cod. D...	Ordinario
002	31/03/2021	TR1_MAN	Carico costi manodopera - 1° Trimestre 2021	CAPOCANTIERE	CC	500,00
002	31/03/2021	TR1_MAN	Carico costi manodopera - 1° Trimestre 2021	OPERAIO 1	OG	350,00
003	31/03/2021	TR1_TEC	Carico costi tecnici - 1° Trimestre 2021	MARCO ROSSI	MR	150,00
003	31/03/2021	TR1_TEC	Carico costi tecnici - 1° Trimestre 2021	ANTONIO BIANCHI	AB	250,00
003	31/03/2021	TR1_TEC	Carico costi tecnici - 1° Trimestre 2021	BRUNO NERI	BR	110,00
003	31/03/2021	TR1_TEC	Carico costi tecnici - 1° Trimestre 2021	RICCARDO ROSSI	RR	80,00
003	31/03/2021	TR1_TEC	Carico costi tecnici - 1° Trimestre 2021	STEFANO VERDI	SV	100,00

Rapportini a costo – estratto

I rapportini relativi all'attrezzatura sono stati trattati allo stesso modo: è stata prima arricchita la Project Price List con gli articoli di riferimento (es. escavatore 15ton, escavatore 22ton, gru marca X 30x45m, ecc.), di seguito sono state arricchite le registrazioni con i consumi orari/mensili di tali risorse, associando alle registrazioni data e codice WBS/CBS. Non si riportano estratti per non appesantire eccessivamente la trattazione.

I Control Account associati alla manodopera sono due: 002 (Indiretti: manodopera interna) e 003 (Indiretti: assistenza tecnica interna). Si è scelto di monitorare tali "cluster" autonomamente per permettere al Project Manager e quindi allo Sponsor di verificare in corso d'opera "l'erosione" dalla previsione di manodopera effettuata in fase di budgeting di gara/ristudio.

Nel caso studio tutte le registrazioni sono state caricate manualmente, questo approccio è ovviamente sconsigliato: è necessario strutturare l'ambiente di gestione 4D/5D di commessa (TeamSystem CPM nella fattispecie) e il gestionale **ERP** aziendale affinché siano capaci di "dialogare" in maniera agevole. Il carico costi il ribaltamento di questi dovrebbe avvenire in maniera quasi automatica tramite rapidissimi import/export da effettuare con una cadenza temporale definita, ovviamente inferiore al periodo di controllo/monitoraggio.

5.1.2.3 Movimenti e documenti

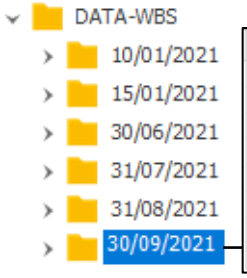
I movimenti e documenti di cantiere comprendono tutte le registrazioni relative a DDT fornitori, carico costi, giroconti, eventi di fatturazione ecc., possono essere relativi a ordini contrattualizzati o meno e fanno parte della quotidianità del cantiere. Si riporta di seguito un estratto delle principali categorie di documenti.

Codice	Descrizione	Tipo documento	Tipo movimento	Tipo valorizzazione ...
CCos	Carico costi	Carico/Storno Costi	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
CFor	Carico da fornitore	DDT Fornitore	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
DDTFO	DDT Fornitore	DDT Fornitore	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
FFor	Fattura da fornitore	Fattura Fornitore	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
GCos	Giroconto costi	Giroconto Costi	Scarico Qta - Scarico...	Classe Costo
RdA	Richiesta d'Acquisto	Richiesta di acquisto	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
RFor	Reso a fornitore	DDT Fornitore	Scarico Qta - Scarico Imp	Classe Costo
RpCos	Rapportino costi	Rapportino Costi	Carico Qta - Carico Imp	Classe Costo
SCos	Storno costi	Carico/Storno Costi	Scarico Qta - Scarico Imp	Classe Costo
TInt	Trasferimento	DDT Trasferimento	Scarico Qta - Scarico Imp	Classe Costo

Categorie documenti – estratto

Questi, esattamente come i rapportini manodopera e attrezzatura precedentemente descritti, sono tipicamente caricati e gestiti nel gestionale ERP aziendale. In una logica di processi integrati sarebbe impensabile e sbagliato caricare questi dati due volte (ambiente di controllo e gestione commessa e ERP aziendale) pertanto si ribadisce quanto sia necessario permettere ai due sistemi di dialogare in maniera intelligente.

Per testare comunque il processo sono stati realizzati diversi scenari: si riportano le registrazioni del 30/09 dove, in fase di realizzazione delle strutture, si ipotizza il consumo di materiali ordinati come acciaio, calcestruzzo, casseforme ordinarie e speciali, moduli alleggeriti e altro ancora. È chiaro come questa sia un prospetto estremamente semplificato che non toglie tuttavia valore alle tematiche sviluppate.



Cod. Cate...	Cod. WBS	Data competenza	Num. Ordin...	Prg. ...	Articolo	Breve	Cod. ...	Quantità
CCos	005	30/09/2021	7	20	COS.CONS	Progettazione costruttiva e altre con...	ac	0,40
CCos	031	30/09/2021	1	52	CLS.B450	Acciaio da carpenteria in ca	KG	30 000,00
CCos	031	30/09/2021	2	62	CLS.C2835.D...	Fornitura CLS C28/35	M3	120,00
CCos	031	30/09/2021	2	82	CLS.C3240.D...	Fornitura CLS C32/40	M3	70,00
CCos	031	30/09/2021	2	18	CLS.POMP.1	Sovrapprezzo per calcestruzzo pomp...	M3	500,00
CCos	031	30/09/2021	3	92	COBIAX.CASS	Casseforme continue tipo Skydeck - ...	M2	1 000,00
CCos	031	30/09/2021	3	102	PLASTBAU.F...	Fornitura Plastbau	M2	120,00
CCos	031	30/09/2021	4	112	GEOPLAST.M...	Moduli alleggeriti GEOPLAST H16	M2	1 200,00

Movimenti e documenti – estratto registrazioni con data di competenza 30/09

Anche in questo caso a ogni movimento è associato un codice WBS/CBS e una data di competenza, necessaria per l'attribuzione al periodo di riferimento.

5.1.2.4 Costi generali e di periodo

Restano esclusi dalle considerazioni effettuate i costi generali/di periodo che comprendono:

- Impiegati e dirigenti addetti a contabilità generale, gestione personale, gestione finanziaria, ufficio gare, ufficio acquisti, gestione magazzino, amministrazione ecc.;
- Tutta la manodopera operativa che non partecipa direttamente al processo produttivo della commessa;
- Spese per materiali di consumo generico e utenze;
- Spese relative ad affitti capannoni o macchinari (se non direttamente imputabili a una o più commesse);
- Quote di ammortamento e quote di leasing.
- Altre spese generali e di periodo.

Risulta evidente come queste fonti di costo non siano allocabili con criteri e parametri oggettivi sui singoli progetti: devono comunque essere tenuti in considerazione per una visione critica delle marginalità attese e maturate. Si accennerà una possibile gestione di questi aspetti nel paragrafo "*Contabilità industriale e Controllo Multicommessa*".

5.1.3 La Contabilità Attiva da modello BIM

La contabilità attiva garantisce al Main Contractor di monitorare l'avanzamento della parte "attiva" del progetto, ovvero quella che permette di generare ricavi attraverso l'emissione di SAL (Stati Avanzamento Lavori) al Committente: viene effettuata tipicamente con cadenza fissa e generata partendo dall'Elenco Prezzi Unitari e dal Computo Metrico Estimativo contrattualizzati con il Cliente ed è fondamentale per il controllo di commessa, come si dettaglierà nel capitolo *"Fase di controllo e gestione"*.

Il software utilizzato per la gestione del 4D/5D permette di adottare le regole introdotte nel paragrafo *"QTO ed estrazione automatica Rule Based da modello"* anche per la gestione della contabilità: nel dettaglio è possibile richiamare le stesse regole per individuare parametricamente gli oggetti collegati e creare misurazioni, associando data di rilievo e % di completamento.

Nell'esempio sotto riportato si creano in maniera massiva le misurazioni relative agli articoli STR.04, STR.05, STR.08, STR.10, STR.13, STR.18 (elementi strutturali verticali e impalcati) per il piano rialzato (WBS_ZONE_2: 0) richiamando le regole di progetto create in fase di ristudio delle quantità, già descritte nel paragrafo "*Strutture in elevazione e impalcati*": a tali misurazioni vengono associate le percentuali di avanzamento (% Relativa) pari al 100% rilevate al 30/09 (in alternativa è possibile applicare ulteriori filtri per estrarre esclusivamente alcuni elementi).

Regole di calcolo di sistema | Regole di calcolo di progetto | Mappatura proprietà IFC

Trascinare un'intestazione di colonna qui per raggruppare in base a tale colonna.

Codice	Cod. Artic...	Descrizione	Breve	...	...	...	...	IFC Type	% Relativa
5350	STR.04	STR.04 - Solette C28/35 XC1 - Volume, wbs_zone_2 =0	Conglo...	...	...	...	...	IfcSlab	100,00%
5460	STR.04	STR.04 - Travi CA - Volume, wbs_zone_2 =0	Conglo...	...	...	...	...	IfcBeam	100,00%
5530	STR.05	STR.05 - Pilastri CA - Volume, wbs_zone_2 =0	Calcest...	...	...	...	...	IfcColumn	100,00%
5590	STR.05	STR.05 - Setti CA - Volume, wbs_zone_2 =0	Calcest...	...	...	...	...	IfcWallStandardCase	100,00%
5660	STR.08	STR.08 - Casseformi setti CA, wbs_zone_2 =0	Cassef...	...	...	...	...	IfcWallStandardCase	100,00%
5780	STR.08	STR.08 - Pilastri CA, wbs_zone_2 =0	Cassef...	...	...	...	...	IfcColumn	100,00%
5830	STR.10	STR.10 - Solette XC1 - Area, wbs_zone_2 =0	Cassef...	...	...	...	...	IfcSlab	100,00%
1680	STR.13	COBIAX Slabs 30 cm - Area, wbs_zone_1 =GROUNDFLOOR...	Solaio i...	...	...	...	...	IfcSlab	100,00%
6180	STR.18	STR.18 - Cassero PlastBau, wbs_zone_2 =0	CASSE...	...	...	...	...	IfcWallStandardCase	100,00%

Contabilità parametrica – Individuazione regola, articolo, % di avanzamento

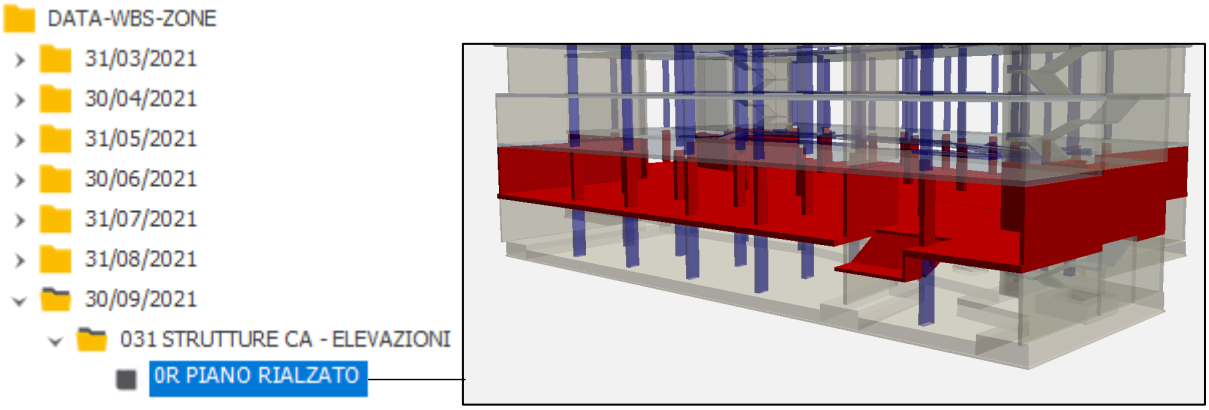
Di seguito un estratto del libretto delle misure, l'applicazione della regola permette di generare in maniera parametrica le relative misurazioni.

Cod. WBS	Prg.	Cod. S.A.L.	Data	...	Articolo	Breve	Cod. U.M.	Quantità
031	660	1	30/09/2021	A	STR.04	Conglomerato cementizio per strutture in cemento ...	M3	6,56
031	670	1	30/09/2021	A	STR.04	Conglomerato cementizio per strutture in cemento ...	M3	1,89
031	680	1	30/09/2021	A	STR.05	Calcestruzzo per C.A. (travi, pilastri, solette, ecc.)...	M3	24,84
031	690	1	30/09/2021	A	STR.05	Calcestruzzo per C.A. (travi, pilastri, solette, ecc.)...	M3	56,71
031	700	1	30/09/2021	A	STR.08	Casseforme per getti in calcestruzzo - Muri, setti, p...	M2	295,89
031	710	1	30/09/2021	A	STR.08	Casseforme per getti in calcestruzzo - Muri, setti, p...	M2	235,31
031	720	1	30/09/2021	A	STR.10	Casseforme per getti in calcestruzzo - Per rampe s...	M2	42,76
031	730	1	30/09/2021	A	STR.13	Solaio in c.a. tipo Cobiax® con struttura a piastra ...	M2	1 160,13
031	740	1	30/09/2021	A	STR.18	CASSERI PER SETTI PORTANTI VERTICALI CON SI...	M2	136,00

Libretto misure – estratto misure con data 30/09

L'utilizzo dei parametri descritti nel paragrafo "*Codifica degli oggetti BIM e Model WBS*" ovvero il piano nell'esempio sopra riportato (wbs_zone_2) permette di facilitare le operazioni di contabilità automatizzando il calcolo delle quantità progressive.

Come per la contabilità passiva tutte le misurazioni associate alla contabilità attiva hanno una data di riferimento e un codice WBS/CBS indispensabile per effettuare il controllo e il monitorare l'avanzamento del progetto. Di seguito, a titolo di esempio si mostra dove vengono "archiviate" le misurazioni descritte, oltre a un estratto degli elementi filtrati dal BIM Viewer.



Albero gerarchico contabilità attiva e strutture e verifica misurazioni associate (da BIMviewer)

Nel caso studio sono state utilizzate tutte le regole descritte nel paragrafo *"QTO ed estrazione automatica Rule Based da modello"* e, più in generale, tutte quelle utilizzate per il ristudio del budget. Vale quanto anticipato nel paragrafo *"Quantity Take-Off da modello IFC – Considerazioni"*: alcune misurazioni non sono estratte dai modelli in quanto non associabili direttamente ad elementi fisici per loro natura (es. opere a corpo) o perché relative ad articoli collegati ad oggetti non modellati.

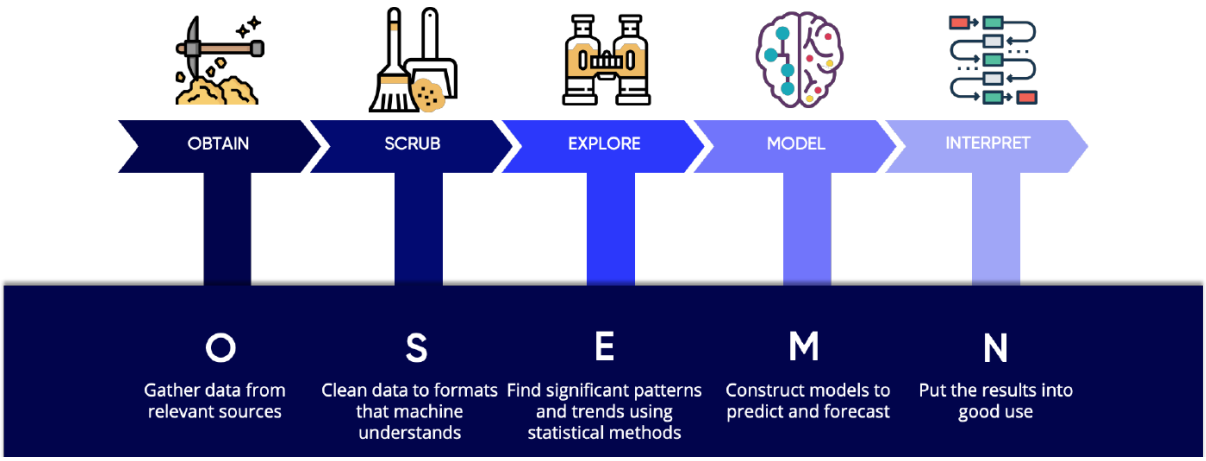
Si sottolinea che è possibile adottare lo stesso approccio anche per la contabilità passiva dei subappalti: l'unica differenza è che le regole parametriche non devono richiamare l'elenco prezzi del contratto tra Main Contractor e Committenza ma quelli dei contratti tra Main-Contractor e Sub-contractors introdotti nel paragrafo *"Contabilità passiva subappalti"*.

6 FASE DI CONTROLLO E GESTIONE E BUSINESS INTELLIGENCE

Il Project Management Institute definisce il controllo del progetto (Project Control) come il processo di comparazione tra la prestazione effettiva del progetto e la prestazione attesa da programma, il processo di analisi degli scostamenti e di valutazione delle alternative possibili e l'esecuzione delle necessarie azioni correttive. Nel presente capitolo si descrivono operazioni di Business Intelligence a servizio di tale fase critica.

Con il termine "Business Intelligence" (BI) si intende la capacità di un'organizzazione o di un'impresa di raccogliere e ordinare le informazioni (interni alla propria organizzazione oppure provenienti dall'esterno) al fine di trarne stime e valutazioni calibrate su esigenze specifiche per supportare le decisioni strategiche dell'Alta Direzione: individuare l'andamento delle prestazioni d'azienda, tracciare stime previsionali e scenari di evoluzione, estrarre KPI mirati sono tutti esempi applicativi di Business Intelligence.

La BI è un ramo del Data Science e sottostà alle stesse regole: definiti gli obiettivi e le metriche utili alle operazioni di "Decision Making" i dati vanno prima raccolti con logiche strutturate, poi puliti, poi selezionati, infine estratti e aggregati per l'identificazione delle metriche definite e la creazione di modelli, a loro volta da validare prima di diventare patrimonio aziendale.



Data Science Process – Originally by Hilary Manson and Chris Wiggins

La chiave per la corretta impostazione di un sistema di BI risiede quindi nella capacità di gestire un'elevata quantità di dati strutturati utilizzabili in maniera trasversale in quanto devono garantire da un lato il loro uso per i processi integrati ordinari di Impresa, dall'altro l'estrazione di informazioni strategiche.

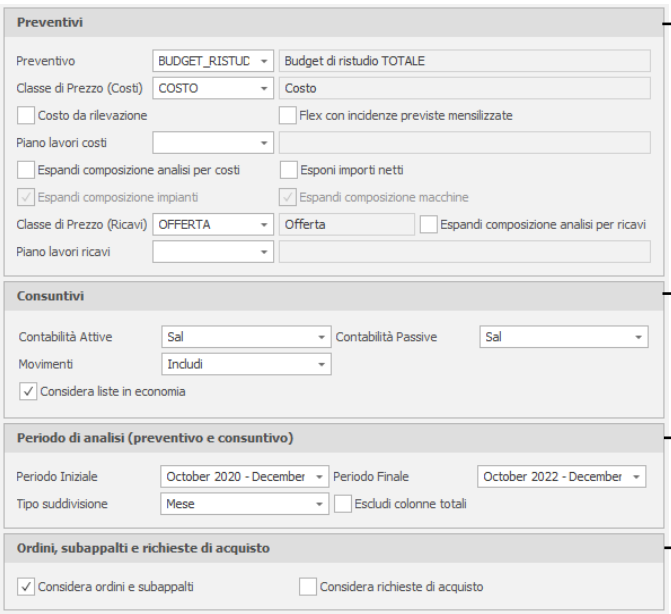
Consapevoli della complessità della tematica ma anche della centralità della stessa negli scenari di mercato attuali, l'obiettivo del presente paragrafo è quello di studiare e proporre potenziali utilizzi di sistemi di BI a servizio dei processi di monitoraggio e controllo di progetto con il fine strategico di supportare il controllo e la gestione d'Impresa, anche attraverso estrazioni di informazioni multi-progetto.

6.1 COST CONTROL - BUDGET, ORDINATO E CONSUNTIVO

La prima tipologia di controllo implementata è un cruscotto costi basato su dati provenienti dal budget di ristudio, dagli ordini, dai costi consuntivi e dalle stime a finire. La struttura è quella già anticipata nel paragrafo *"Tecniche di Controllo e Gestione di Commessa"* ma i raggruppatori di riferimento non sono i Control Account ma i *"Tipi merceologici"*.

L'idea è quella di utilizzare questo cruscotto per tutte quei progetti che hanno un'alta percentuale di opere subappaltate poiché permette di avere un'interfaccia di rapidissima lettura che descrive l'andamento del progetto: per impostare tale cruscotto è necessario che gli articoli e le misurazioni abbiano un codice RdA/merceologico in tutte le fasi del processo, dalle fasi di budgeting a quelle di consuntivazione dei costi.

Il cruscotto è stato realizzato utilizzando il modulo di Business Intelligence interno al gestionale *TeamSystem CPM*, che permette di richiamare dati da tutte le gestioni e quindi da tutte le fasi del processo integrato: avere moduli nativi nel gestionale di riferimento dedicati alla gestione del BI è un grande valore aggiunto perché permette in tempi rapidi di ricavare qualsiasi tipologia di prospetto riepilogativo.



Budget – Estrazione dati dal budget di ristudio (BUDGET_RISTUDIO), classi di prezzo COSTO e OFFERTA. Il piano lavori permette di attribuire al budget il programma lavori di riferimento per l'analisi degli scostamenti e la Trend Analysis, come si dettaglierà nel seguito della trattazione.

Consuntivi – Estrazione dati dalle contabilità attive (SAL attivi), dalle contabilità passive (SAL passivi), dai movimenti e quanto altro descritto nel paragrafo *"Contabilità e registrazioni"*.

Periodo di analisi – Scelta dei periodi, tutta la durata prevista del cantiere nell'esempio riportato.

Ordini, subappalti, RdA – Inserimento nei cruscotti di dati provenienti dagli ordini e contratti di subappalto.

Cruscotto controllo avanzato – Analisi di commessa

Il "tipo merceologico" permette di scomporre il budget in cluster di riferimento ai quali corrisponde prima una specifica richiesta di acquisto, poi uno specifico ordine/contratto di subappalto, infine dei costi consuntivi. Il flusso dei dati che popolano il presente cruscotto segue la seguente logica:

1. In fase di budgeting (ristudio del budget di gara) il relativo responsabile del Team di Progetto, coordinato dal Project Manager, attribuisce a ogni articolo o voce di analisi un "tipo merceologico" al quale corrisponderà una specifica richiesta di acquisto. Analizzando la tabella "*Cruscotto Cost Control per tipo merceologico"* che segue, in questa fase si popola in toto la prima colonna "*BUDGET RISTUDIO"*.

2. In fase di procurement, per ogni richiesta di acquisto viene effettuata una ricerca di mercato, individuato un fornitore e registrato un contratto di subappalto o un ordine materiali. Alla registrazione del contratto o dell'ordine la relativa porzione di budget viene aggiornata dal corrispettivo ordinato. In questa fase inizia a popolarsi la seconda colonna *"ORDINE+CONTINGENCY"* (il Project Manager può attribuire al valore ordinato una riserva per la gestione del rischio).
3. L'ordine diventa la base di riferimento per la consuntivazione dei costi andando a costituire le quantità *"da erodere"*. Per ogni ordine o contratto iniziano quindi a registrarsi dei costi consuntivi che per differenza aggiornano i relativi costi a finire, a meno di integrazioni contrattuali. In questa fase iniziano a popolarsi le colonne *"COSTI CONSUNTIVI"* e *"COSTI A FINIRE"*.
4. Potrebbero essere consuntivati anche dei costi extra per opere in economia o altro non contrattualizzato preventivamente con il fornitore, tali costi (se approvati) devono essere registrati separatamente (colonna *"EXTRA"*).

Durante tutte le fasi la colonna *"PROIEZIONE FINALE"* prende il valore più aggiornato tra quello di budget, l'ordinato, e il valore consuntivo (comprensivo di stime a finire e costi extra-contratto) calcolando il valore stimato per la realizzazione del progetto (EAC) immediatamente confrontabile con lo stesso valore economico ma di budget (BAC): in tutte le fasi del progetto è possibile osservare la variazione del margine di contribuzione e di tutti gli indici associati in tempo reale.

Si riporta di seguito un estratto del cruscotto di controllo realizzato: come più volte rimarcato nel corso della trattazione i valori economici sono stati modificati per il rispetto della proprietà delle informazioni in capo alla società AeC Costruzioni SRL.

Cod.	Tipo merceologico	BUDGET RISTUDIO (€)	ORDINE + CONTINGENCY (€)	COSTI CONSUNTIVI (€)	COSTI A FINIRE (€)	EXTRA (€)	PROIEZIONE FINALE (€)
Ordine 01	Consulenza progettazione costruttiva	75 000,00	65 000,00	39 000,00	26 000,00	0,00	65 000,00
Ordine 02	Polizze	42 900,00	42 000,00	42 000,00	0,00	0,00	42 000,00
Ordine 03	Fornitura acciaio da ca	61 000,00	56 000,00	31 000,00	25 000,00	0,00	56 000,00
Ordine 04	Fornitura calcestruzzo	72 000,00	72 000,00	38 000,00	34 000,00	0,00	72 000,00
Ordine 05	Fornitura casseri speciali	108 000,00	106 000,00	33 000,00	73 000,00	0,00	106 000,00
Ordine 06	Fornitura moduli alleggeriti	56 000,00	36 000,00	8 900,00	27 100,00	0,00	36 000,00
Ordine 07	Impermeabilizzazione fond.	0,00	28 000,00	28 000,00	0,00	1 200,00	29 200,00
Ordine xx	[...]						
Subappalto 01	Demolizioni e smaltimenti	509 000,00	507 000,00	507 000,00	0,00	6 200,00	513 200,00
Subappalto 02	Scavi e rinterri	9 450,00	6 700,00	6700,00	0,00	1 100,00	7 800,00
Subappalto 03	Opere di carpenteria in CA	158 000,00	138 000,00	39 000,00	99 000,00	0,00	138 000,00
Subappalto 04	Opere di monitoraggio	16 200,00	14 000,00	9 000,00	5 000,00	0,00	14 000,00
Subappalto 05	Opere in carp. metallica	72 400,00	71 900,00	0,00	0,00	0,00	71 900,00
Subappalto 06	Opere di muratura	130 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130 000,00
Subappalto xx	[...]	92 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92 000,00
Gran Totale		**1 401 950,00**	**1 142 600,00**	**781 600,00**	**289 100,00**	**8 500,00**	**1 373 000,00**
		BAC					**EAC**

Estratto Cruscotto Cost Control per tipo merceologico – Scenario alla fine del terzo trimestre

Si sottolinea nuovamente il concetto chiave dell'approccio: non viene effettuata nessuna compilazione manuale, le informazioni vengono aggregate e confrontate (similmente a tabelle pivot multi-gestione) partendo dai dati generati durante tutte le fasi del processo di costruzione. Come anticipato nel paragrafo di apertura del capitolo, gli stessi devono solo essere strutturati in fase di raccolta per essere utilizzati sia per i processi integrati ordinari di Impresa, sia per l'estrazione di informazioni strategiche.

Ritornando al cruscotto di Cost Control realizzato si riportano di seguito i suoi principali vantaggi:

- È possibile monitorare l'evoluzione del margine di contribuzione registrando esclusivamente gli ordini e gestendo la contabilità passiva;
- È possibile monitorare il miglioramento/peggioramento sul margine apportato prima dalla negoziazione effettuata in fase di procurement (Funzione acquisti) poi dalla fase di realizzazione (Funzione produzione);
- Non è necessario aggiornare la programmazione temporale per stimare il valore stimato per la realizzazione del progetto (EAC);
- La suddivisione per "tipi merceologici" mi permette di "sostituire" una porzione di budget con un ordine, e un ordine con una contabilità con un rapporto 1:1, facilitando notevolmente il controllo costi (con i Control Account non è possibile procedere allo stesso modo in quanto ad ogni CA possono corrispondere più ordini/contratti e viceversa);
- È un riepilogo di facile realizzazione e agevole lettura sia per il Project Manager che per lo Sponsor.

Di seguito, invece, i principali svantaggi:

- L'approccio diventa tanto più limitante quando più parte dei lavori viene realizzata con manodopera interna e/o attrezzatura di proprietà in quanto, essendo in questi casi assente il valore *"ordinato"*, è possibile esclusivamente confrontare i costi consuntivi con il budget assegnato (assenti valutazioni a finire, se non per differenza). Si riporta di seguito, a titolo di esempio, l'estratto del cruscotto relativo a costi indiretti e apprestamenti di cantiere.

Cod.	Tipo merceologico	BUDGET RISTUDIO (€)	ORDINE + CONTINGENCY (€)	COSTI CONSUNTIVI (€)	COSTI A FINIRE (€)	EXTRA (€)	PROIEZIONE FINALE (€)
001	Accantieramento e apprestamenti	205 000,00	0,00	83 150,00	121 850,00	0,00	205 000,00
002	Indiretti – Manodopera interna	254 256,00	0,00	91 320,00	162 936,00	0,00	254 256,00
003	Indiretti – Assistenza tecnica interna	220 500,00	0,00	73 480,00	147 020,00	0,00	220 500,00
Gran Totale		**679 756,00**	**0,00**	**247 950,00**	**431 806,00**	**0,00**	**679 756,00**

Estratto Cruscotto Cost Control per tipo merceologico – Scenario parziale (indiretti e apprestamenti)

- L'utilizzo dei *"Tipi merceologici"* in favore dei Control Account non permette il collegamento diretto con la WBS di progetto e, di conseguenza, con il programma operativo dei lavori.

- Il mancato collegamento con la baseline di progetto e con le fasi di riprogrammazione non permette né di ricavare indici di performance né di applicare tecniche come l'EVA (Earned Value Analysis) o il Forecasting;
- Non è possibile stimare volumi economici di produzione nel tempo e soprattutto flussi di cassa finanziari attivi e passivi per periodi;
- Non è possibile valutare il punto del progetto in cui si manifesta l'inversione di tendenza costi/ricavi (BEP);
- Non è possibile aggregare i flussi stimati a livello multi-progetto per valutazioni di natura finanziaria a livello aziendale.

Di seguito si propongono altre tecniche di Project Control, non esclusive rispetto al prospetto proposto nel presente paragrafo.

6.2 EARNED VALUE ANALYSIS

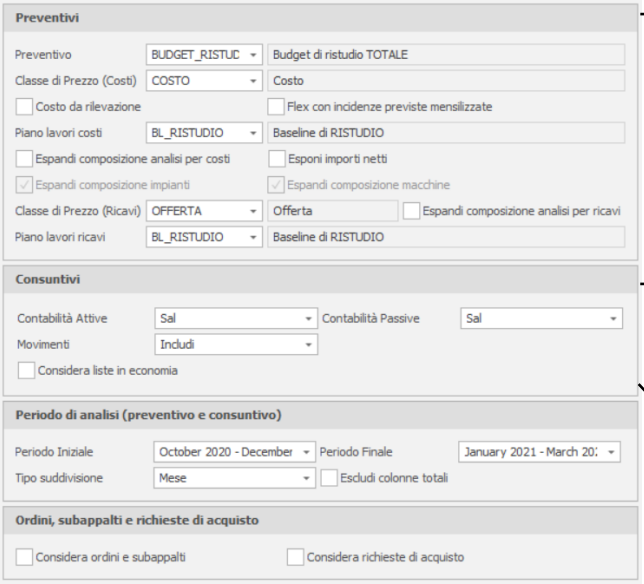
Come anticipato nel paragrafo introduttivo *"Tecniche di Controllo e Gestione di Commessa"*, la struttura implementata per le operazioni di Project Control deve permettere di estrarre tutte le metriche di progetto (KPI) necessarie alle operazioni di monitoraggio. Nel presente paragrafo si descrive la logica adottata per il controllo del realizzato attraverso l'individuazione delle metriche PV, AC, EV, CV, CPI, SV, SPI rimandando al successivo "*Trend Analysis"* le valutazioni di tipo previsionale.

6.2.1 Prospetti di controllo ad indici: SPI e CPI e Visual Management

Di seguito si elencano gli indicatori citati, rivolti a monitorare l'andamento delle principali variabili critiche:

- *PV o BCWS (Planned Value)*: costo previsto alla data così come messo a piano (baseline);
- *AC o ACWP (Actual Cost)*: costo effettivamente sostenuto alla data come da avanzamento monitorato alla data;
- *EV o BCWP (Earned Value)*: costo potenzialmente sostenuto alla data come da avanzamento monitorato alla data se si fossero manifestate le ipotesi di costo previsto;
- *CPI (Cost Performance Index - EV/AC)*: rapporto calcolato alla data di rilevazione tra quanto è stato previsto di spendere per le attività svolte e quanto è stato effettivamente speso. L'indice è minore, uguale o maggiore di 1 a seconda che le spese siano superiori, in linea o inferiori alle attese;
- *SPI (Schedule Performance Index - EV/PV)*: rapporto tra la parte di budget già spesa alla data di rilevazione e quella che era prevista dal piano. L'indice è minore, uguale o maggiore di 1 a seconda che l'avanzamento è maggiore, uguale o minore di quello stabilito nel piano operativo di progetto.

Il cruscotto di controllo è stato realizzato utilizzando il modulo *"Controllo avanzato"* di Business Intelligence anticipato nel paragrafo precedente, richiamando dati leggermente diversi e raggruppandoli con i Control Account più volte citati nel corso della trattazione.



Cruscotto controllo avanzato – Analisi di commessa

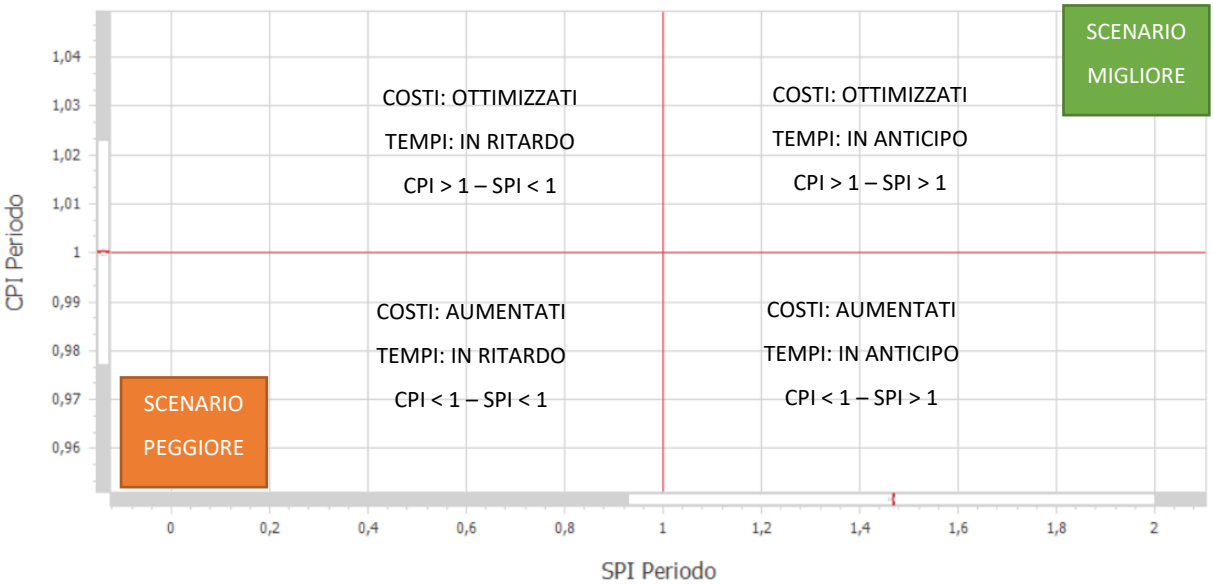
PV – Planned Value estratto da budget di ristudio (BUDGET_RISTUDIO) e baseline di progetto (BL_RISTUDIO). Risponde alla domanda *"Cosa avrei dovuto realizzare alla data? Quanto avrei dovuto spendere?"*

AC – Actual Cost ricavati da contabilità passive (SAL passivi), movimenti e quanto altro descritto nel paragrafo *"Contabilità e registrazioni"*. Risponde alla domanda *"Quanto ho speso in realtà alla data?"*

EV – Earned Value generato da contabilità attiva (SAL attivi). Combinato con il budget di ristudio, risponde alla domanda *"Quanto ho realizzato in realtà alla data? Quanto avrei speso se si fossero manifestate le ipotesi di costo previste in fase di budgeting?"*

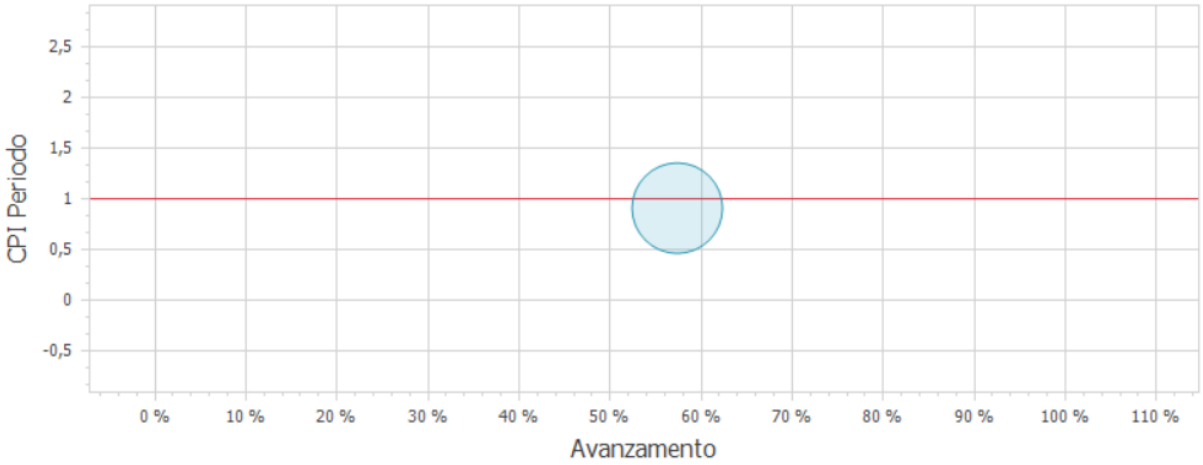
Richiamati i dati dalle diverse gestioni è possibile creare rapidi prospetti di analisi sia in forma tabellare, sia ricorrendo a dashboard che hanno il grande vantaggio di rendere le metriche indagate intuitive e immediatamente accessibili.

Si riporta di seguito la prima dashboard riepilogativa utilizzata: una "bubble chart" che (a seconda del periodo di analisi) posiziona ogni Control Account all'interno di un quadrante che ne descrive l'andamento nel progetto relativamente ai tempi e ai costi pianificati. Le dimensioni della "bolle" dipendono dall'entità economica del Control Account.



Dashboard – Earned Value Analysis

La seconda dashboard da analizzare contestualmente alla prima è sempre di tipo “bubble chart” e riporta sull’ordinata il CPI, sull’ascissa l’avanzamento del Control Account: ha la funzione di informare l’utente circa lo stato di completamento proprio del CA. Nell’esempio riportato l’avanzamento è pari quasi al 60%.



Dashboard – Avanzamento

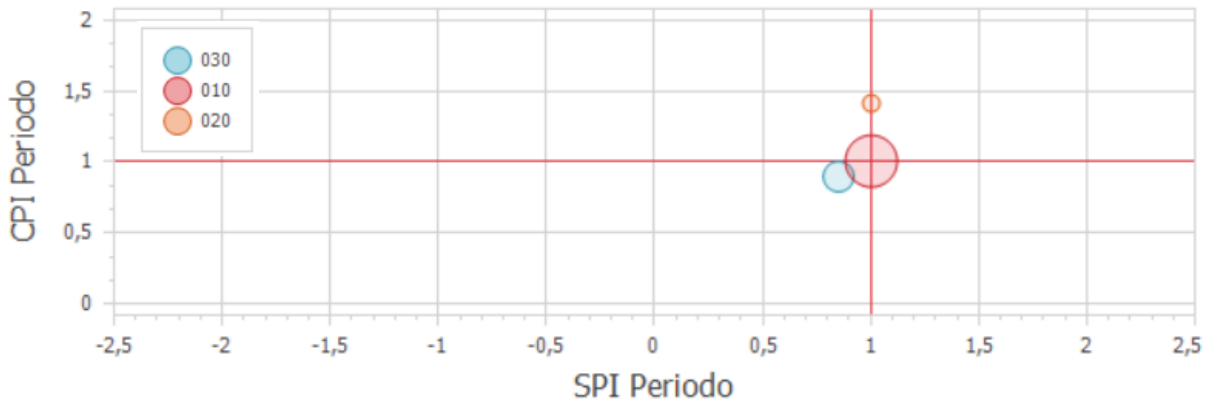
Di seguito il prospetto ottenuto (estratte solo strutture) nello scenario ricreato alla fine del terzo periodo (giugno 2021):

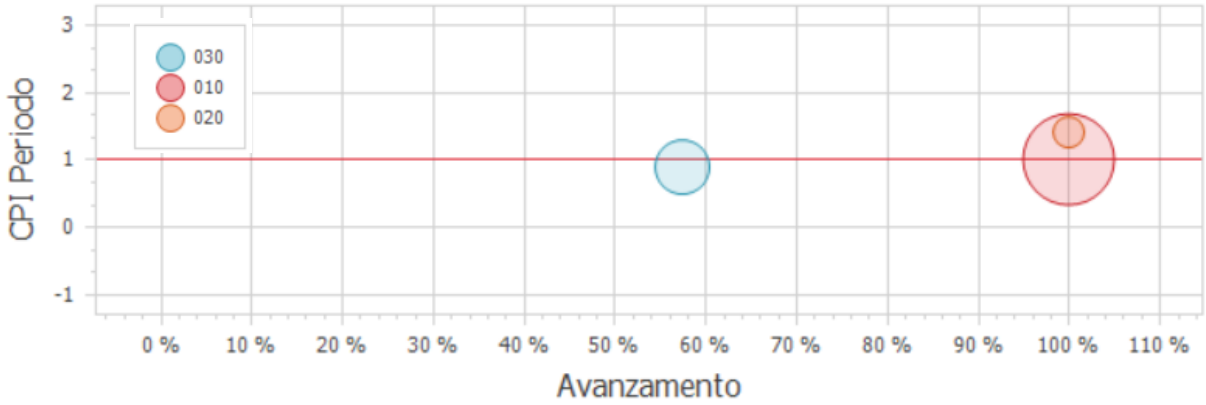
- Le demolizioni sono terminate (avanzamento 100% e SPI=1,00) rispettando i costi a budget (CPI=1,00);
- Scavi e rinterri sono terminati (avanzamento 100% e SPI=1,00) ottenendo un risparmio sui costi a budget (CPI>1);
- Le fondazioni sono in corso di realizzazione (avanzamento 57%), sono in ritardo rispetto al pianificato (SPI<1) e stanno generando dei costi maggiori (CPI<1).

Cod. CBS	Des. CBS	PV (€)	AC (€)	EV (€)	SPI (PERIODO)	CPI (PERIODO)
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTIMENTI	509 613,21	507 863,22	509 613,22	**1,00**	**1,00**
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI	9 450,33	6 713,55	9 450,31	**1,00**	**1,41**
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI	133 410,49	125 265,32	113 288,32	**0,85**	**0,90**
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI	0,00	0,00	0,00		
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI	0,00	0,00	0,00		

EVA – Cruscotto riepilogativo alla fine del terzo periodo

Le stesse informazioni sono riportate nelle dashboard grafiche già introdotte.





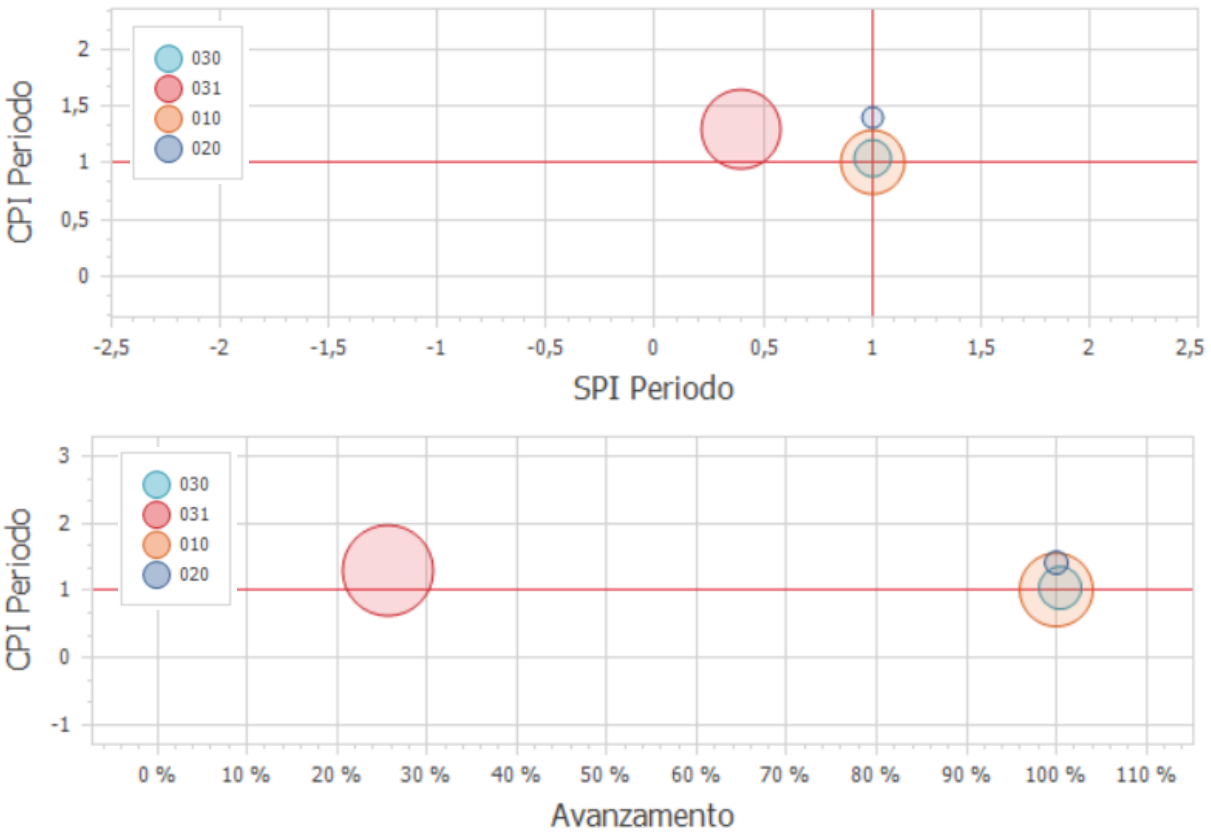
Dashboard – Earned Value Analysis e avanzamento alla fine del terzo periodo

Di seguito, invece, il prospetto ottenuto (estratte solo strutture) nello scenario ricreato alla fine del quarto periodo (settembre 2021):

- Le fondazioni sono terminate (avanzamento 100% e SPI=1,00) recuperando i maggiori costi accumulati nel precedente periodo e ottenendo un risparmio sui costi a budget (CPI>1);
- Le elevazioni sono in corso di realizzazione (avanzamento 27%), sono in fortissimo ritardo rispetto al pianificato (SPI=0,40), ma stanno generando meno costi di quanto previsto (CPI<1).

Cod. CBS	Des. CBS	PV (€)	AC (€)	EV (€)	SPI (PERIODO)	CPI (PERIODO)
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTIMENTI	509 613,21	507 863,22	509 613,22	**1,00**	**1,00**
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI	9 450,33	6 713,55	9 450,31	**1,00**	**1,41**
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI	197 645,18	191 420,82	198 546,36	**1,00**	**1,04**
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI	438 300,85	133 961,00	174 407,58	**0,40**	**1,30**
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI	0,00	0,00	0,00		

EVA – Cruscotto riepilogativo alla fine del quarto periodo



Dashboard – Earned Value Analysis e avanzamento alla fine del quarto periodo

Le metriche descritte sono un utile strumento per monitorare con un approccio strutturato l'avanzamento del progetto in quanto permettono, anche a chi non conosce il dettaglio delle lavorazioni (es. Sponsor o altri portatori di interessi), di avere una visione globale dello stesso: sarà necessario coinvolgere il PM o il Team di Progetto per recepire informazioni più di dettaglio. Definita la WBS di progetto, i Control Account e quanto altro descritto nella prima parte della trattazione è possibile applicare il metodo di monitoraggio in maniera massiva a livello multi-commessa creando dashboard riepilogative multi-progetto che raccolgono e interpolano i dati a livello aziendale.

Ritornando al caso studio, alla fine del quarto periodo, è evidente un grande ritardo sulla realizzazione delle strutture in elevazione che potrebbe impattare sull'andamento del progetto e quindi sul raggiungimento degli obiettivi prefissati: è necessario procedere prima alla ripianificazione per allineare il realizzato alla baseline di progetto, poi all'aggiornamento del preventivo operativo (da garantire alla fine di ogni periodo). Questi processi, contestualmente al monitoraggio descritto, permettono di aggiornare le valutazioni di natura previsionale e quanto altro presentato nel seguito della trattazione.

6.3 TREND ANALYSIS

Ottenere le proiezioni a finire di un progetto permette di prevedere quanto spenderà lo stesso al termine dei lavori in funzione del suo andamento in un determinato momento. Si riassumono di seguito le metriche necessarie a tali stime, in parte introdotte nel paragrafo "*Tecniche di controllo e gestione di commessa":*

- BAC (Budget at completion) - valore economico iniziale previsto per la realizzazione del progetto;
- EAC (Estimate at completion) - revisione del valore stimato per la realizzazione del progetto;
- ETC (Estimate to complete) - lavoro ancora necessario per la conclusione il progetto.

Quanto il progetto inizia a generare costi la stima dei costi totali al completamento (EAC) diventa pari alla somma dei costi consuntivi al Timenow (AC) sommati alla stima dei costi a finire (ETC), questi ultimi calcolabili con diverse tecniche:

- ETC_1 = BAC – EV (l'ipotesi alla base è che per le attività future il costo sarà quello previsto a budget per la porzione di lavoro rimanente);
- ETC_2 = (BAC – EV) / CPI (l'ipotesi alla base è quella di confermare la tendenza monitorata sui costi del realizzato anche per la porzione di progetto ancora da realizzare);
- ETC_3 = (BAC – EV) / (CPI*SPI) (l'ipotesi alla base è quella di confermare la tendenza monitorata sui costi e sui tempi del realizzato anche per la porzione di progetto ancora da realizzare).

C'è una quarta possibilità (quella utilizzata nel caso studio) per il calcolo del ETC e prevede di utilizzare un budget ripianificato BAC^R: la ripianificazione avviene aggiornando gli articoli del preventivo di base con quelli contrattualizzati secondo il processo descritto nel paragrafo *"RdA, RdO, Ordini, Subappalti e aggiornamento del preventivo operativo".*

Pertanto, al *timenow* (data di validità per il monitoraggio) la stima del costo totale al completamento sarà pari a:

$$EAC = AC\ (al\ timenow) + ETC = AC\ (al\ timenow) + (BAC^R – EV)$$

Il processo che porta all'aggiornamento del valore BAC^R è quello di ripianificazione e ripreventivazione e può essere effettuato alla fine di ogni periodo o con scadenze tipicamente semestrali o annuali a seconda delle necessità e della complessità delle opere.

6.3.1 Processi di Ripreventivazione per Periodi

Il processo di ripreventivazione per periodi passa dall'aggiornamento del preventivo operativo, più volte citato nel corso della trattazione: questo strumento permette di effettuare, più volte nel ciclo di vita della commessa, un'analisi puntuale di ciò che resta da eseguire da un certo momento fino al termine del progetto.

All'avvio del progetto la lista di misurazioni e l'elenco prezzi del preventivo operativo sono gli stessi descritti nel paragrafo "*Budget di ristudio e WBS operativa"*: man mano che vengono contrattualizzati contratti di subappalto

e ordini l'elenco prezzi inizia ad arricchirsi degli articoli contrattualizzati, come descritto nel paragrafo *"RdA, RdO, Ordini, Subappalti e aggiornamento del preventivo operativo"*.

La lista misurazioni del modulo *"preventivo operativo"* di TeamSystem CPM è caratterizzata da quattro dati quantitativi che esprimono l'evoluzione delle quantità delle rilevazioni in funzione dell'evoluzione del progetto:

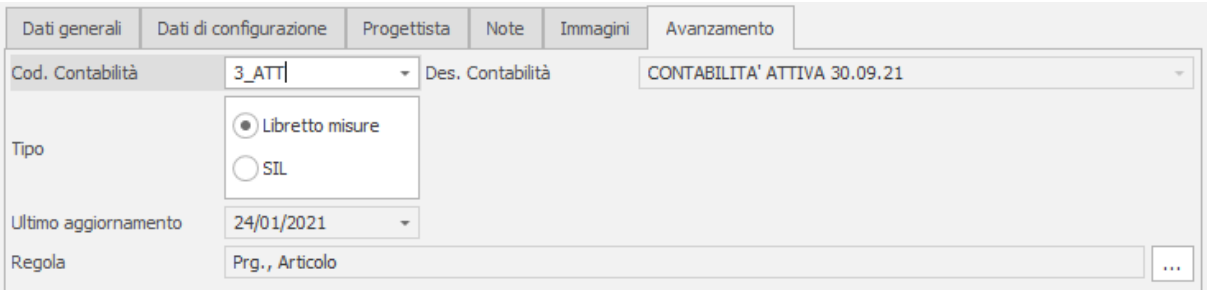
- Quantità iniziale: quantità di riferimento valorizzata automaticamente ed ereditata dal budget di ristudio;
- Quantità precedente: quantità di rilevazione già eseguita alla data di validità del preventivo operativo;
- Quantità: quantità a finire al termine della commessa;
- Quantità complessiva: quantità complessiva della rilevazione data dalla somma dei valori *"Quantità precedente"* e *"Quantità"*.

Nel prospetto che segue, si riportano i dati quantitativi per le strutture del piano interrato (articoli contrattualizzati) rilevate alla fine del quarto periodo: la quantità iniziale (budget di ristudio) corrisponde al totale della quantità già realizzata, pertanto la quantità residua è nulla e quella complessiva è uguale a quella realizzata.

Cod. ...	Cod. ...	Articolo	Breve	Des. U.M.	Quantità iniz.	Quantità prec.	Quantità	Quantità comp.
031	0I	STR.04	Conglomerato cementizio per strutt...	m3	7,35	7,35	0,00	7,35
031	0I	STR.05	Calcestruzzo per C.A. (travi, pilastri...	m3	29,73	29,73	0,00	29,73
031	0I	STR.05	Calcestruzzo per C.A. (travi, pilastri...	m3	54,78	54,78	0,00	54,78
031	0I	STR.06	Cassaforma di cartone circolare a p...	m	25,60	25,60	0,00	25,60
031	0I	STR.08	Casseforme per getti in calcestruzz...	m²	548,14	548,14	0,00	548,14
031	0I	STR.08	Casseforme per getti in calcestruzz...	m²	252,99	252,99	0,00	252,99
031	0I	STR.10	Casseforme per getti in calcestruzz...	m²	40,24	40,24	0,00	40,24
031	0I	STR.15	Realizzazione di solaio bi-direzionale...	m²	67,29	67,29	0,00	67,29

Estratto del preventivo operativo al 30/09 – Strutture del piano interrato

Le quantità realizzate possono essere caricate automaticamente dalla contabilità, rendendo il workflow più efficiente a patto che si impostino correttamente i driver per la "migrazione" delle quantità relative all'avanzamento dai moduli di contabilità.

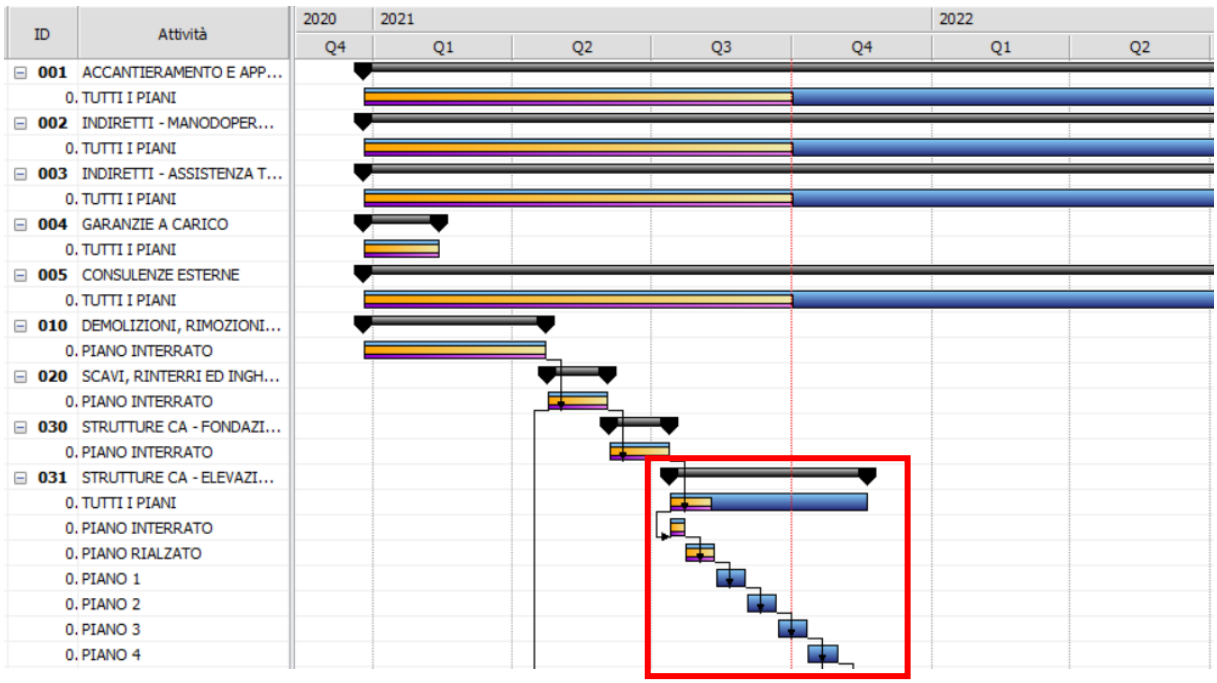


Preventivo operativo e collegamento a contabilità per aggiornamento automatico da consuntivo

Il dato più importante del preventivo operativo è la sua **data di validità**: questa costituisce uno "spartiacque" tra i dati consuntivi (AC) e i dati preventivi (BAC^R – EV) identificando il *timenow* e permettendo di calcolare, proprio al timenow, la revisione del valore stimato per la realizzazione del progetto (EAC).

6.3.2 Processi di Ripianificazione per Periodi

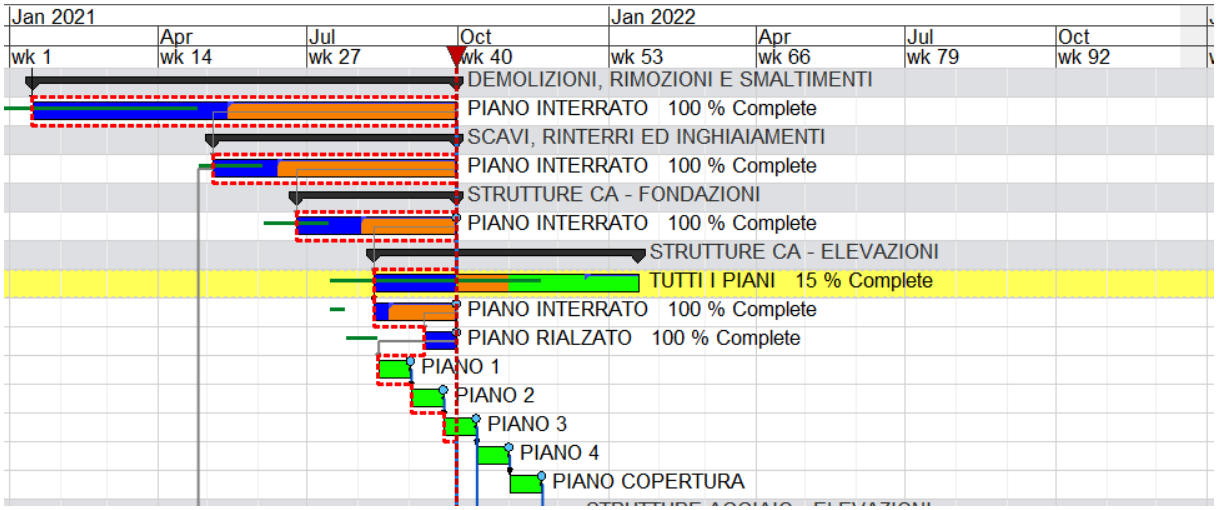
Per associare la valutazione previsionale economica a quella temporale è necessario effettuare, assieme alla ripreventivazione, anche la ripianificazione con l'intento di riallineare il programma dei lavori alla baseline di progetto.



"Realizzato" alla fine del quarto periodo – Necessario aggiornamento programmazione (TeamSystem CPM)

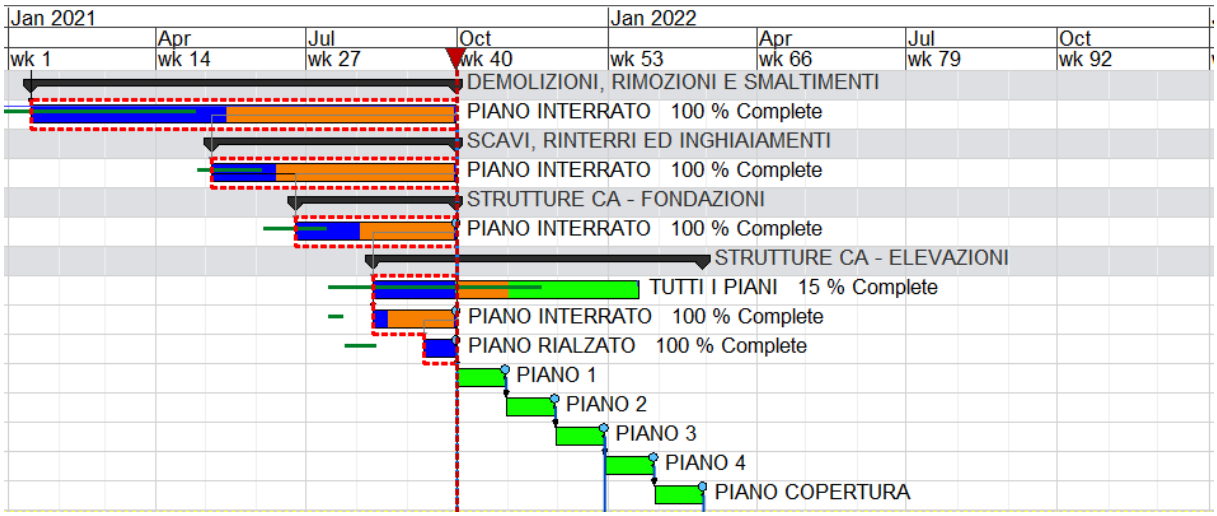
Nel caso studio, alla fine del quarto periodo le attività sono in ritardo: il processo di ripianificazione permette di ragionare con tecniche di compressione della schedulazione tipiche del Project management (*crashing* e *fast tracking*), aggiornare i volumi di produzione, verificare la fattibilità operativa delle modifiche apportate al programma attraverso una nuova simulazione virtuale del cantiere.

Il programma dei lavori è stato aggiornato utilizzando l'applicatico di casa Bentley Synchro PRO, anche per valutare l'impatto sull'evoluzione del cantiere, in quanto le attività del GANTT sono collegate agli oggetti 3D del modello. Dopo aver importato l'avanzamento da Teamsystem CPM e avere aggiornato il monitoraggio al timenow (30/09/2021) si prospetta il seguente scenario.



Avanzamento alla fine del quarto periodo aggiornato (Synchro PRO)

Viene effettuato quindi l'aggiornamento della porzione previsionale (dalle strutture del primo piano a salire), recependo le reali durate di realizzazione della porzione interrata. L'aggiornamento deve garantire il rispetto delle milestones e dei tempi contrattuali e la fattibilità tecnica e operativa delle modifiche apportate: è compito del Project Manager valutare gli impatti sul cantiere e sulle risorse coinvolte studiando attentamente il nuovo percorso critico.



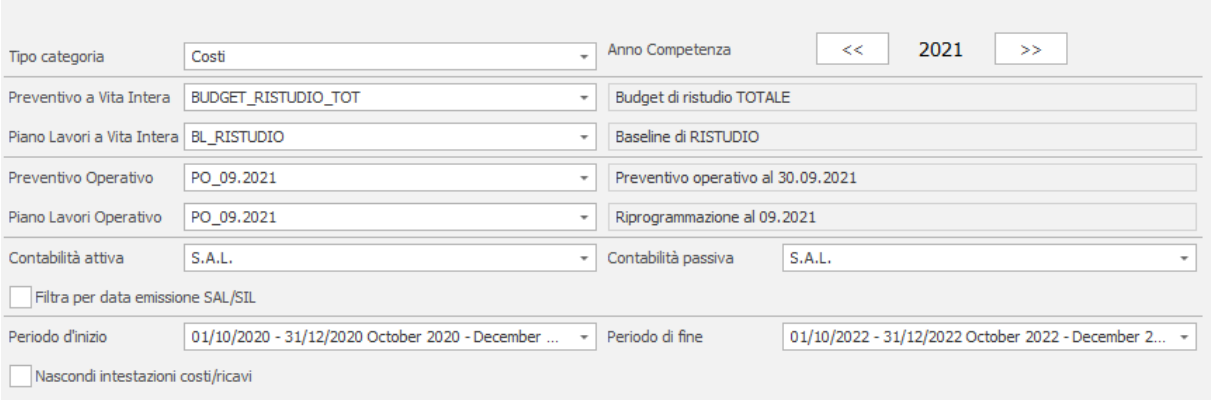
Riprogrammazione alla fine del quarto periodo aggiornato (Synchro PRO)

Il programma dei lavori aggiornato viene importato nuovamente all'interno del gestionale TeamSystem CPM. Terminato il processo di ripianificazione al termine del periodo, conoscendo i dati consuntivi (AC) e avendo aggiornato quelli preventivi (BAC^R – EV) è possibile procedere alla revisione del valore stimato per la realizzazione del progetto (EAC).

6.3.3 Forecast – Stime a finire

Per la valutazione dei costi a finire del progetto è stato utilizzato il modulo *"Controllo avanzato – Situazione Progetto"* di TeamSystem CPM che permette ti interpolare dati da più preventivi e programmi lavori per ottenere stime aggiornate alla data di analisi.

Lo scenario simulato è ancora quello alla fine del quarto periodo [30/09/2021]: dati richiamati nel prospetto coinvolgono sia la baseline di progetto che i processi di ripreventivazione e ripianificazione descritti nei paragrafi precedenti.



Situazione progetto – Impostazioni generali

Nel dettaglio il prospetto richiama:

- Il budget di ristudio "*Budget di ristudio TOTALE*" e la baseline di progetto "*Baseline di RISTUDIO*";
- Il preventivo operativo "*Preventivo operativo al 30.09.2021"* e il programma dei lavori aggiornato *"Riprogrammazione al 09.2021"*;
- La contabilità attiva e passiva;
- I periodi di analisi;
- L'anno di competenza;
- Il raggruppatore per la creazione dei prospetti (Cod. CBS).

Il report finale è quello che segue: è possibile analizzare la situazione del progetto nella sua totalità (riquadro rosso) e nell'anno di competenza (riquadro verde). Per ognuno dei due prospetti c'è immediata evidenza del budget a disposizione (BAC), del valore derivante dal totale consuntivo (AC), del residuo a finire da preventivo operativo (BAC^R – EV), della previsione (EAC = AC + ETC = AC + (BAC^R – EV)), della deviazione (VAC = BAC - EAC): tutti i dati necessari per monitorare le KPI critiche del progetto e permettere a Project Manager e portatori di interesse di conoscere l'andamento del progetto praticamente in tempo zero. I dati, come già più volte anticipato, non sono di proprietà dello scrivente, pertanto, si oscurano i valori economici dal prospetto.

SITUAZIONE PROGETTO

Codice	Descrizione	Totale Progetto					Anno 2021					Anni Successivi
		Budget	Cons. Attuale	A Finire	Previsione	Deviazione	Budget	Cons. Attuale	A Finire	Previsione	Deviazione	Previsione
	Costi											
001	ACCANTIERAMENTO E APPRESTAMENTI	205 000,00	39 050,00	125 300,00	164 350,00	-40 650,00	104 550,00	39 050,00	34 850,00	63 900,00	-40 650,00	170 150,00
002	INDIRETTI - MANODOPERA INTERNA	25[illegible]	27 800,00	167 808,96	195 608,96	58 647,04	120 670,54	27 800,00	43 272,52	71 072,52	53 647,04	211 031,41
003	INDIRETTI - ASSISTENZA TECNICA INTERNA	22[illegible]	24 280,00	145 530,00	169 810,00	-50 680,00	112 955,00	24 280,00	37 485,00	61 775,00	-50 680,00	133 015,00
004	GARANZIE A CARICO	4[illegible]	42 000,00	0,00	42 000,00	-600,00	37 752,00	42 000,00	0,00	42 000,00	-4 248,00	0,00
005	CONSULENZE ESTERNE	7[illegible]	139 000,00	45 000,00	184 000,00	-9 000,00	38 250,00	39 000,00	12 000,00	51 000,00	12 750,00	133 000,00
010	DEMOLIZIONI, RIMOZIONI E SMALTIMENTI	50[illegible]	507 863,22	0,00	507 863,22	1 750,00	464 132,90	507 863,22	0,00	507 863,22	23 730,32	0,00
020	SCAVI, RINTERRI ED INGHIAIAMENTI	[illegible]	6 713,55	0,00	6 713,55	-2 736,76	9 450,31	6 713,55	0,00	6 713,55	-2 736,76	0,00
030	STRUTTURE CA - FONDAZIONI	19[illegible]	191 420,82	0,00	191 420,82	6 224,34	197 645,16	191 420,82	0,00	191 420,82	6 224,34	0,00
031	STRUTTURE CA - ELEVAZIONI	67[illegible]	133 961,00	493 782,47	627 743,47	50 077,00	678 720,47	133 961,00	465 865,25	599 826,25	-77 394,15	28 417,10
032	STRUTTURE ACCIAIO - ELEVAZIONI	7[illegible]	0,00	72 432,32	72 432,32	0,01	72 432,33	0,00	42 741,26	42 741,26	29 691,06	29 691,06
050	MURATURE E INTONACI	19[illegible]	0,00	199 041,44	199 041,44	0,01	38 794,14	0,00	0,00	0,00	38 794,14	199 041,44
060	SISTEMI A SECCO	31[illegible]	0,00	311 970,99	311 970,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	311 970,99
080	IMPIANTI	1 19[illegible]	0,00	1 192 741,61	1 192 741,61	0,00	131 003,76	0,00	0,00	0,00	131 003,76	1 192 741,61
090	SOTTOFONDI, PAVIMENTI, RIVESTIMENTI, OPERE IN MARMO	41[illegible]	0,00	412 856,50	412 856,50	0,01	41 378,87	0,00	0,00	0,00	41 378,87	412 856,50
100	ISOLAMENTI E COPERTURE	16[illegible]	0,00	153 234,57	153 234,57	6 818,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153 234,57
110	SERRAMENTI, CAPPOTTI E FINITURE DI FACCIATA	45[illegible]	0,00	453 521,15	453 521,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	453 521,15
120	OPERE EDILI DI FINITURA E OPERE DA FABBRO	40[illegible]	0,00	406 951,26	406 951,26	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	406 951,26
130	FOGNATURE E POLIFORE	8 854,48	0,00	0,00	0,00	-8 854,48	8 854,48	0,00	0,00	0,00	-8 854,48	0,00
140	SISTEMAZIONI ESTERNE, OPERE DI URBANIZZAZIONE, MASSICCIATE E FINITURE STRADALI	561,34	0,00	561,34	561,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	561,34
150	ARREDI	23 974,37	0,00	23 974,37	23 974,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23 974,37
	Totale Costi Euro	5 436	1 002	4 214	5 216	-219 218,07	2 083	1 002	635 665,06	636 667	447 325,81	3 849

Situazione progetto – Prospetto finale

Come si riportava in apertura di capitolo con il termine “Business Intelligence” (BI) si intende la capacità di un’organizzazione o di un’impresa di raccogliere e ordinare le informazioni al fine di trarne stime e valutazioni calibrate su esigenze specifiche per supportare le decisioni strategiche dell’Alta Direzione: il prospetto sopra riportato recepisce quanto necessario per soddisfare questa esigenza e se applicato in maniera massiva a livello multi-commessa permette il passaggio dalle logiche di Project Control a quelle più strategiche di Program e Portfolio Management.

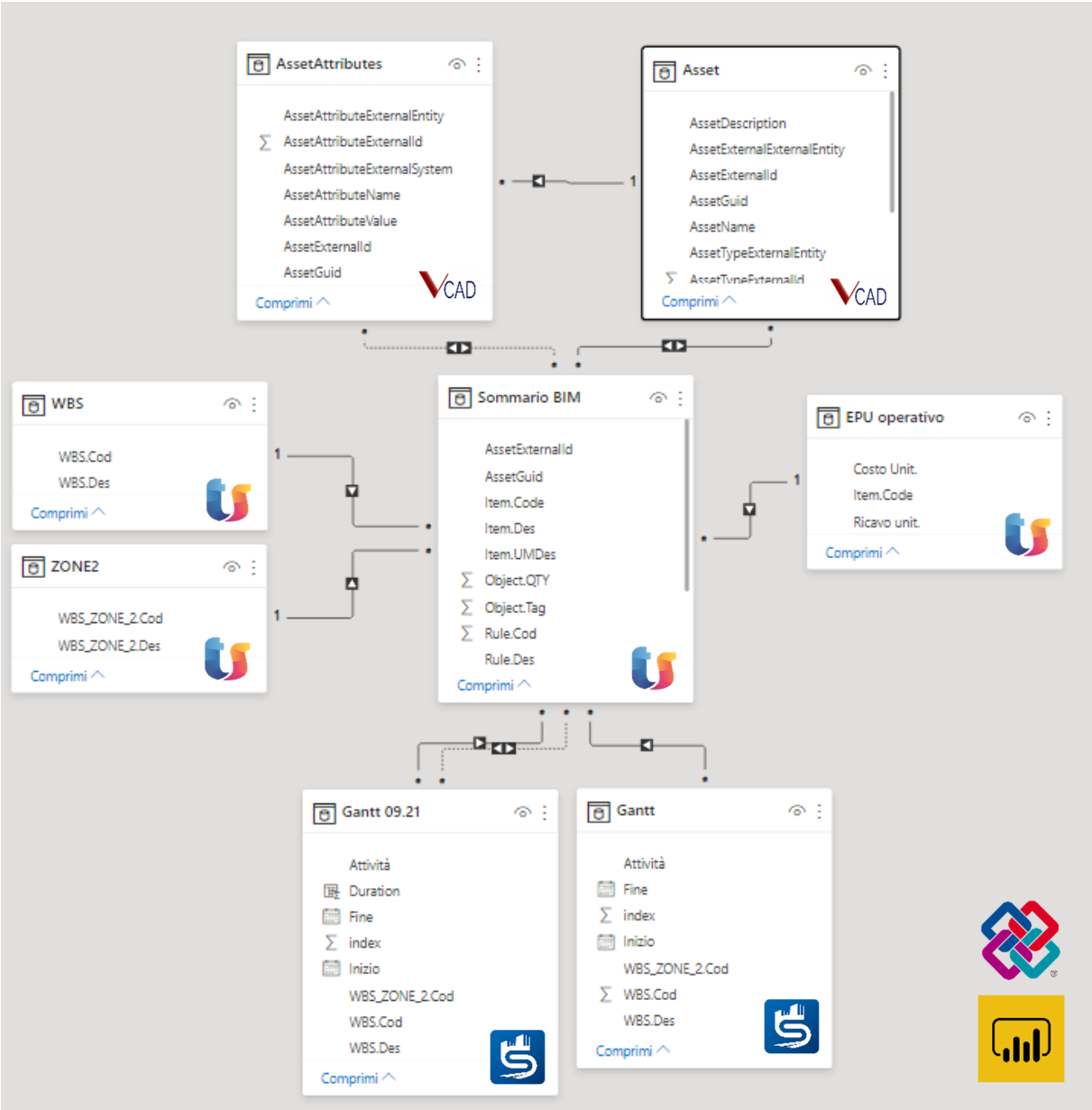
Nel paragrafo *“Contabilità industriale e controllo multi-commessa”* si accenna brevemente una potenziale ipotesi per strutturare questo passaggio.

6.4 La Business Intelligente per la gestione dei progetti con Microsoft Power BI

Uno degli strumenti maggiormente utilizzati sul mercato per la creazione di dashboard è Power BI, il servizio d’analisi aziendale prodotto da Microsoft che permette la creazione di visualizzazioni interattive con interfacce intuitive che facilitano anche ai “non addetti ai lavori” la lettura e l’analisi dei dati.

Il workflow che si propone in chiusura di trattazione permette, attraverso Power BI, di confrontare dati provenienti dai modelli IFC, da Synchro PRO e da TeamSystem CPM con l’ausilio di un quarto applicativo: **Vcad** della Società Blogic. Vcad consente di estrarre dataset strutturati da modelli IFC e importarli all’interno di Power BI con template preimpostati e database già collegati per la gestione, ad esempio, degli asset e degli spazi: permette inoltre di inserire modelli BIM navigabili all’interno delle dashboard.

Nell’estratto che segue si riporta il modello creato per il caso studio: ogni riquadro corrisponde a un set di dati mutualmente connesso attraverso link relazionali che individuano i driver di collegamento e la tipologia di relazione tra i diversi dataset.



Modello Power BI

Entrando nel merito dei set di dati strutturati e importati:

- Il dataset *"Sommario BIM"* è stato estratto da TeamSystem CPM e contiene tutti i link creati nel gestionale tra gli oggetti IFC e gli articoli, le misurazioni, le quantità collegate, le regole con cui sono state create le misure, le codifiche WBS attribuite (è caratterizzato da circa 13.000 righe).
- I dataset *"Asset"* e *"AssetAttributes"* vengono realizzati automaticamente da Vcad e corrispondono, rispettivamente, alla lista di oggetti che caratterizzano i modelli IFC e ai loro attributi. Sono collegati al dataset *"Sommario BIM"* dal driver "*AssetExternalID*";
- *"WBS"* e "*ZONE_2"* sono le tabelle che aggiungono i campi di descrizione a quelli di codifica WBS, sono legati al dataset *"Sommario BIM"* dai driver *"WBS.Cod"* e *"WBS_ZONE_2_Cod"*;

- *“EPU operativo”* è l’elenco prezzi estratto da TeamSystem CPM che aggiunge campi costo e ricavo a quelli di codifica delle voci di articolo. È collegato al dataset *“Sommario BIM”* dal driver “*Item.Code”*;
- *“Gantt”* è il dataset che contiene la pianificazione temporale dei lavori aggiornata, estratta da Synchro PRO. È collegato al dataset *“Sommario BIM”* dai driver *“WBS.Cod”* e *“WBS_ZONE_2_Cod”*.

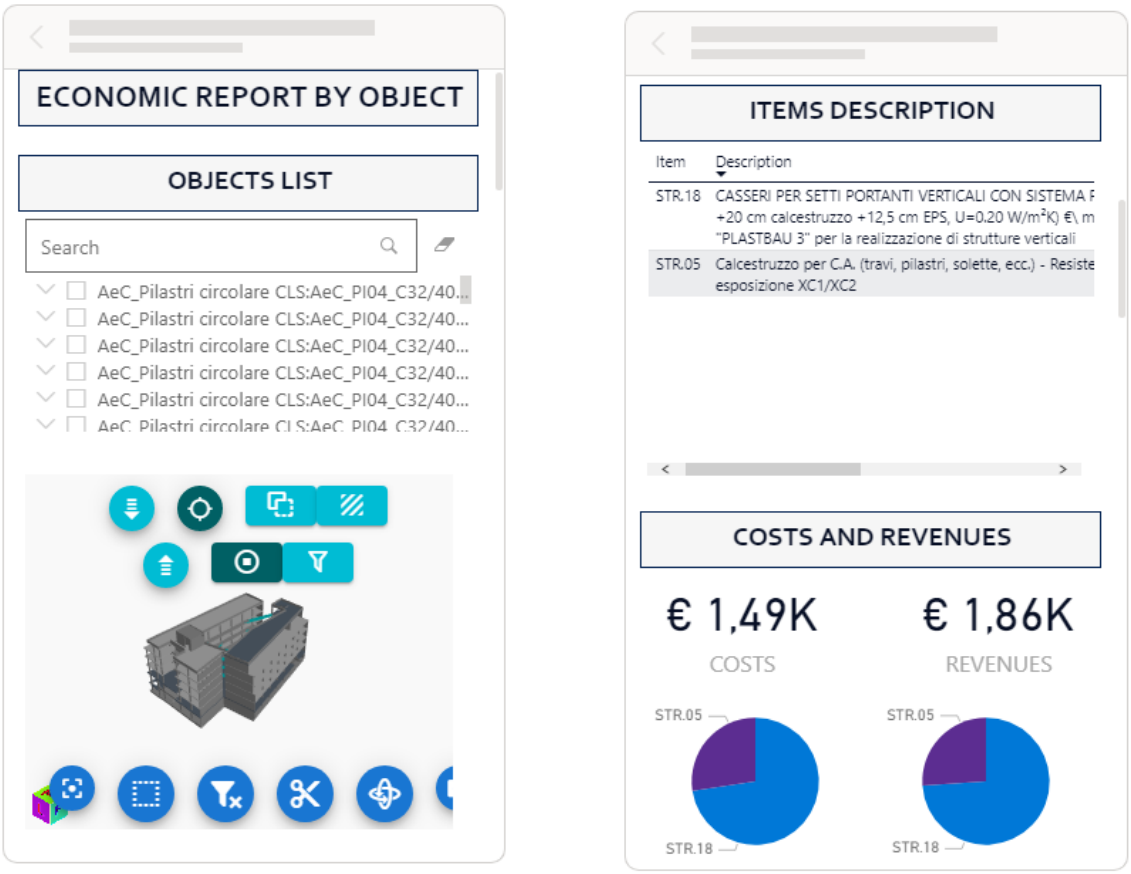
È evidente che il “cuore” del modello e connettore di tutti i rami è il dataset *“Sommario BIM”* (di seguito un estratto delle sue colonne), tutti gli altri sono indipendenti e uniti al primo da legami relazionali.

AssetExternalId	AssetGuid	Object.Tag	Item.Code	Item.Des	Item.UMD	Object.QT	Rule.Cod	Rule.Des	WBS.Cod	WBS_ZON
910462	1OMASMhrzABBRIn_	748834	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	2,32	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
885858	1OMASMhrzABBRIn_	748599	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,81	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
905999	1OMASMhrzABBRIn_	748795	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	1,22	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
901525	1OMASMhrzABBRIn_	748756	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,34	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
881393	1OMASMhrzABBRIn_	748563	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,84	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
874682	1OMASMhrzABBRIn_	748492	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,86	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
948514	1OMASMhrzABBRIn_	749188	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	1,31	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
861278	1OMASMhrzABBRIn_	748360	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,8	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
894836	1OMASMhrzABBRIn_	748692	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,79	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3
834444	1OMASMhrzABBRIn_	748098	F.04	Fornitura e posa in opera di pare	m²	0,45	3180	F.04 - CT04_DOPPIC	60	3

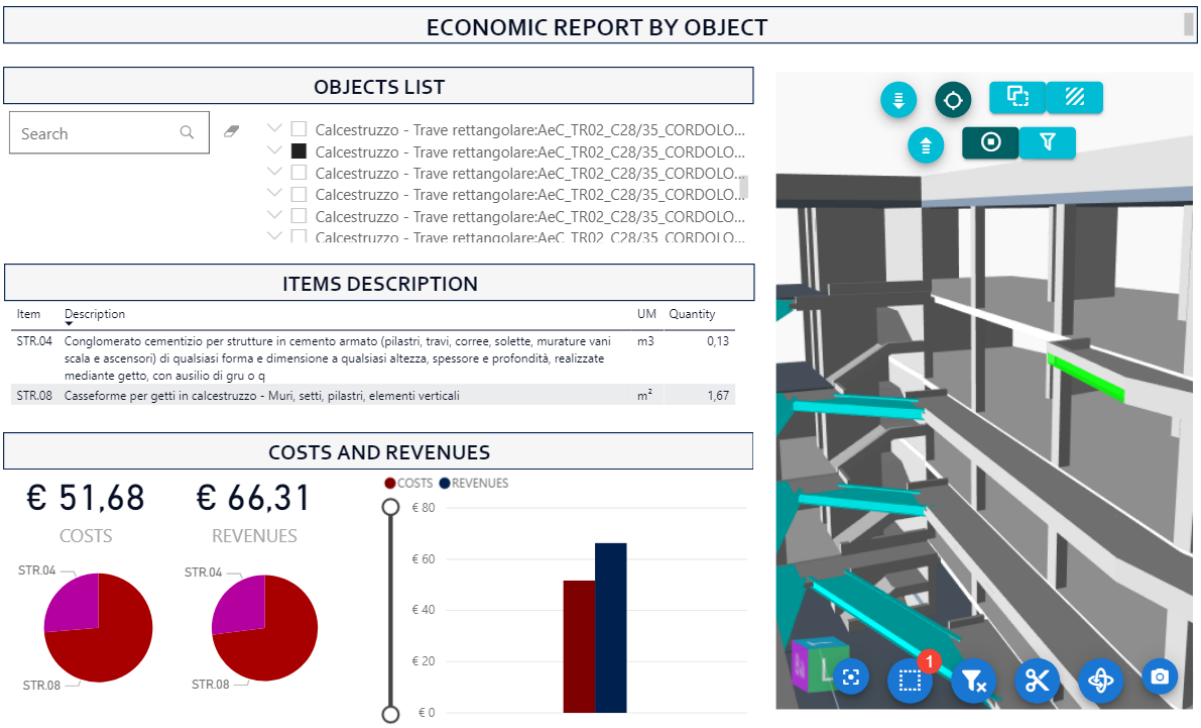
Foglio dati “Sommario BIM” – Power BI

Strutturato il modello è possibile realizzare le dashboard sfruttando tutte le visualizzazioni che il software mette a disposizione. Nel caso studio sono stati realizzati i due cruscotti di seguito descritti.

Il cruscotto *“Qto Analysis”* permette, selezionato un oggetto del modello, di visualizzarlo nel Viewer, di estrapolarne l’elenco degli articoli/quantità associate, di analizzarne il suo valore a costo e a ricavo, di verificarne la scomposizione per articoli associati. Si riporta il layout per dispositivi mobili e la dashboard versione desktop.

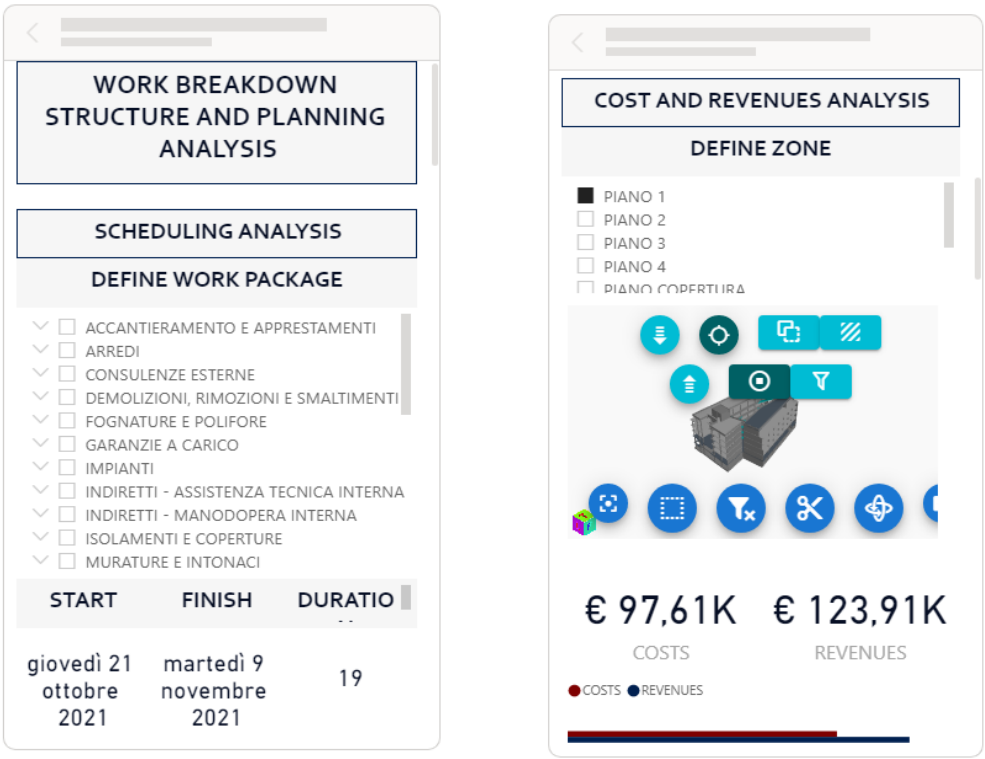


Dashboard "QTO Analysis" - Power BI (Versione Mobile)

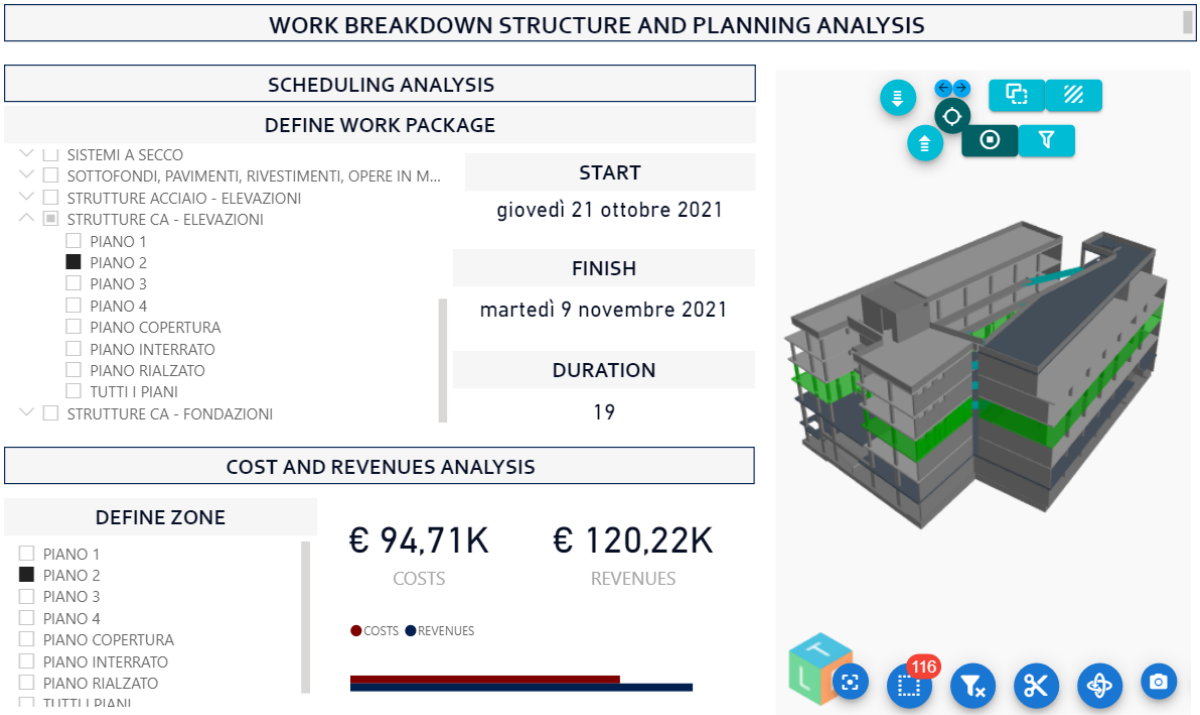


Dashboard "QTO Analysis" - Power BI (Versione Desktop)

Il cruscotto *"WBS and planning analysis",* definito il ramo di WBS, permette di verificarne l'inizio e la fine prevista nel programma lavori aggiornato e la durata in numero di giorni. Permette inoltre di analizzare il valore a costi e ricavi previsto per il ramo, visualizzando tutti gli oggetti IFC appartenenti alla selezione del Viewer di riferimento. Anche in questo caso si riporta il layout per dispositivi mobili e la dashboard versione desktop.



Dashboard "WBS and planning analysis" - Power BI (Versione Mobile)



Dashboard "WBS and planning analysis" - Power BI (Versione Desktop)

Le dashboard riportate sono solo un esempio di quello che può essere realizzato con strumenti di Business Intelligence come quello presentato: gestire una grandissima mole di dati diventa davvero alla portata di qualsiasi portatore di interessi se si strutturano dei cruscotti di sintesi tarati sulle specifiche esigenze.

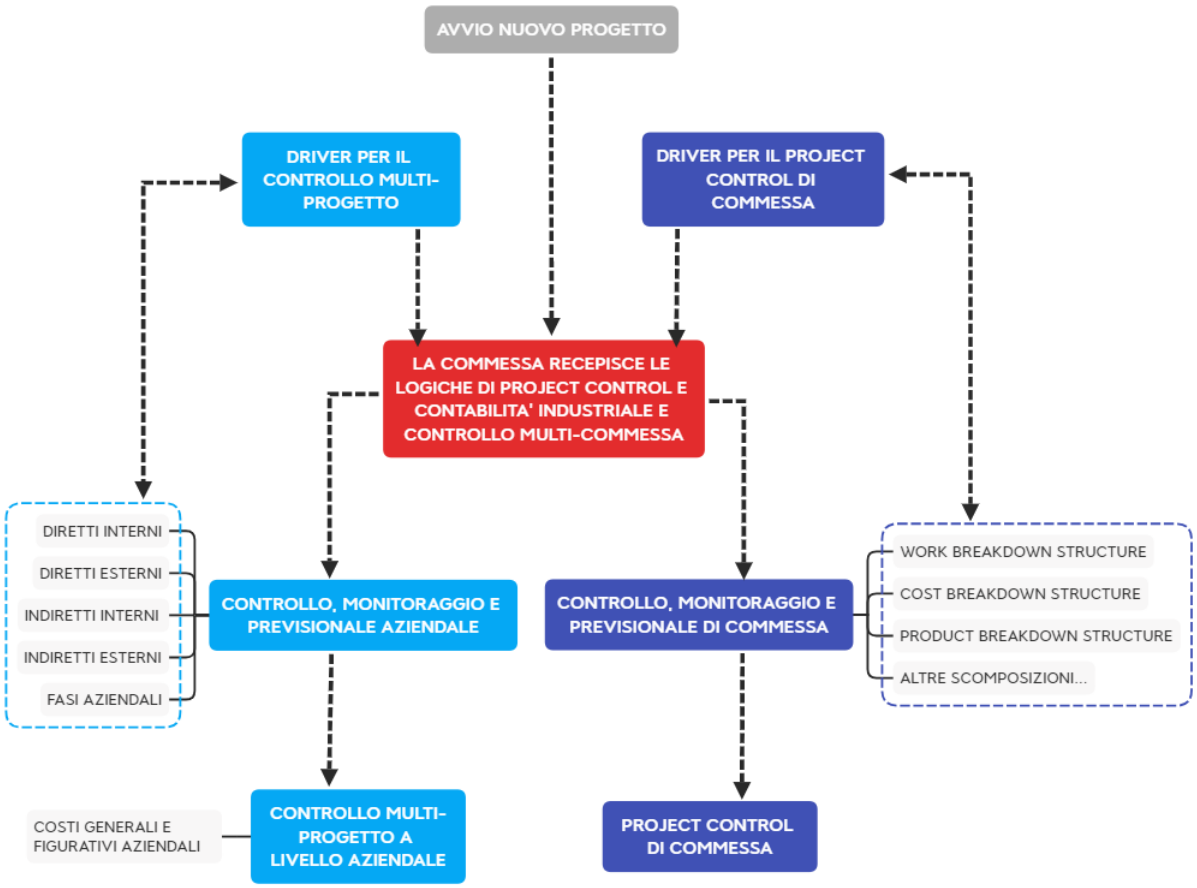
La flessibilità di questi strumenti permette di assaporarne tutto il potenziale: in una logica di implementazione e ottimizzazione di processi integrati data based si potrebbe dire che queste dashboard rappresentano il capitolo denominato "conclusioni" perché dicono tutto quello che c'è da sapere in maniera estremamente chiara e sintetica.

6.5 CONTABILITÀ INDUSTRIALE E CONTROLLO MULTICOMMESSA

Le logiche che hanno governato i processi fino a questo punto della trattazione sono tipicamente logiche di progetto: tutti i dati prima raccolti, poi ordinati e infine modellati sono stati strutturati secondo codifiche WBS e CBS mutualmente connesse. Tali codifiche, utilizzate come driver per le elaborazioni descritte, sono figlie dello specifico progetto e sarebbe sbagliato considerarle altrettanto valide per strutturare processi che superano la sfera della singola commessa: per farlo è invece necessario individuare punti di contatto comuni a livello multi-commessa.

Risulta comunque essenziale utilizzare l'approccio più volte descritto nel corso della trattazione: l'obiettivo dell'implementazione deve essere quello di facilitare le analisi e le decisioni strategiche dell'Alta Direzione lavorando sui processi in essere, efficientandoli e ottimizzandoli ma senza stravolgerli, se non strettamente necessario.

Nel flusso che segue si propone una possibile soluzione di massima che, partendo dalla struttura descritta nel lavoro di tesi, la arricchisce al fine di creare le fondamenta per un sistema di controllo di Business Intelligence a livello aziendale.



Flowchart – Project Control di commessa e controllo Multi-Progetto

Strutturare i dati con il doppio sistema di controllo accennato permette da un lato al Project Manager e al Team di Progetto di avere il pieno controllo della commessa, dall'altro all'Alta Direzione di avere sotto controllo il quadro riepilogativo aziendale: una volta realizzata la struttura l'efficienza del flusso dipende esclusivamente dalla frequenza di aggiornamento dei dati di commessa (ad esempio realizzati per periodo).

7 FASE DI CHIUSURA E CONCLUSIONI

Il PMBOK® prevede all'interno dell'area di conoscenza *"Project Communication Management"*, nel gruppo di processi di chiusura, la redazione di un documento denominato *"Lesson learned"*, sintesi delle esperienze positive e negative a servizio dei progetti futuri e patrimonio per le Organizzazioni. Quello presentato all'interno della trattazione altro non è che un progetto di reengineering dei processi all'interno nell'ambito di un progetto ordinario di commessa, quindi altrettanto meritevole di considerazioni e riflessioni conclusive. Di seguito si riportano le personali riflessioni del candidato.

1. Le tecnologie descritte nella trattazione devono essere viste come alcuni degli strumenti utilizzabili per raggiungere un fine più grande: mettere i dati al centro dei processi e i processi al centro degli strumenti. Con quest'ottica il BIM inteso come *"Information Modeling"* (e management) diventa una di quelle tecnologie chiave per perseguire quel fine. Il modello 3D non è necessario, avere database strutturati di dati e informazioni certamente lo è.

2. Tutti i dati raccolti, strutturati ed utilizzati nelle varie fasi del workflow vengono già oggi prodotti per la gestione dei processi ordinari d'impresa e il management di commessa: dalla verifica del budget alla definizione della baseline, dai processi di procurement a quelli di contabilità attiva e passiva. Lo sforzo aggiuntivo è esclusivamente quello di dare loro una struttura e una gestione integrata: quelli riportati nella trattazione sono solo alcuni dei vantaggi immediatamente riscontrabili dall'applicazione di queste logiche.

3. Il cambiamento dipende solo in parte dalla qualità delle soluzioni proposte, è in realtà fortemente dipendente dall'accettazione dello stesso da parte di tutte le risorse impattate dai processi. Dall'Alta Direzione alle risorse operative, tutti devono sviluppare un atteggiamento supportivo. Per incentivare il giusto mindset è necessario attribuire il giusto livello di impatto agli stakeholder assicurandosi, già dalle primissime fasi, che abbiano realmente compreso quanto straordinario sarà per i loro specifici interessi quel cambiamento.

4. La reingegnerizzazione deve partire dai processi reali dell'Organizzazione, dalle singole funzioni e dalle loro attività più elementari: l'obiettivo è efficientare e digitalizzare i flussi proprio di quelle funzioni. È necessario lavorare in sinergia con loro per non correre il rischio di perdere il contatto con la vera realtà aziendale e con le persone che i processi implementati li dovranno attuare quotidianamente.

5. Deve essere chiara la volontà dell'Alta Direzione di investire tempi e risorse in progetti di miglioramento aziendale. Strutturare nuovi processi basati su nuove tecnologie e strumenti, tararli, testarli su progetti pilota richiede tempo e il tempo corrisponde a flussi in uscita per le casse dell'Organizzazione. Questo approccio deve fare parte della mentalità aziendale, o in alternativa bisogna lavorare affinché inizi a

farne parte. Nella cultura aziendale deve essere presente anche la lungimiranza di anticipare i competitor: nuove possibilità di business sono all'ordine del giorno in un mercato che muta a velocità incredibile.

6. Studiare altri settori industriali permette di individuare esempi virtuosi e cucirli sulla propria realtà. Ad esempio, la metodologia Lean Six Sigma, pur nascendo per rispondere alle esigenze di grandi realtà dell'industria americana, permette il raggiungimento di risultati eccellenti anche nelle piccole medie imprese. Ridurre gli sprechi, aumentare le performance, automatizzare procedure ripetitive con approcci ripetibili e scalabili sono caratteristiche comuni a tutte le tipologie di Organizzazioni.

7. È possibile creare sinergie vincenti strutturando team di progetto eterogenei incrociando figure di esperienza, *"veterani di progetto"*, con risorse più giovani, meno esperte sul campo ma più avvezze alle tecnologie e al mondo digitale. I primi conoscono profondamente i processi in essere e colmano le lacune dei secondi e i secondi hanno la capacità di sperimentare strumenti e vedere quei potenziali sviluppi che i primi non sono abituati a cercare.

8. Il progetto di miglioramento aziendale deve essere accettato dallo Sponsor come un vero e proprio progetto. Deve avere un Project Charter che definisce chiaramente l'ambito, i problemi da risolvere e gli obiettivi da perseguire. Gli obiettivi devono essere misurabili e documentabili. Il team deve essere chiaramente definito come altrettanto definito deve essere il Project Leader responsabile dello stesso. Il Progetto deve essere avviato, pianificato, monitorato, aggiornato e concluso. Lo Sponsor deve conoscere l'andamento dello stesso che deve avere un inizio e una fine identificati nel tempo.

Si conclude ricordando che alla base di ogni processo ci sono le persone, cuore pulsante di ogni Organizzazione che performa bene. Credere nelle persone, coltivare i loro talenti, dare loro spazio e opportunità significa seminare il successo e quindi la crescita dell'Organizzazione stessa.

8 BIBLIOGRAFIA

- DEI (2018) - *Project Management in edilizia e nelle costruzioni civili* - Pier Luigi Guida, Antonio Ortenzi
- Tecniche nuove (2017) – *BIM: Metodi e strumenti* – Alberto Pavan, Claudio Mirarchi, Matteo Giani
- HOEPLI (2017) – *Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari* – Giuseppe M. Di Giuda, Sebastiano Maltese, Fulvio Re Cecconi, Valentina Villa
- Tecniche nuove (2016) – *La sfida del BIM* – Chiara C. Rizzarda, Gabriele Gallo
- Articolo: "*Project management e BIM 4D e 5D un passaggio obbligato"* – TeamSystem Construction
- Articolo: "*Come prevedere lo sforamento di tempi e costi di progetto"* – TeamSystem Construction