

# I Facoltà di Ingegneria

# Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

## L'utilizzo del DIM per il risparmio energetico nel progetto DIMMER: il caso studio di Torino

# DIMMER

Relatore:

Osello Anna

Candidato:

Screti Antonio

09 Ottobre 2019

# Indice

1	Indice delle figure						
2	ABS	TRA	CT	6			
3	Intro	oduz	ione	7			
	3.1	Info	rmazioni sull'arte della modellazione	7			
4	DIM	1MER	Project	8			
	4.1	Cos	è il progetto DIMMER	8			
	4.2	Obi	ettivi del progetto DIMMER	10			
	4.3	Casi	studio DIMMER	11			
5	Info	ormaz	ioni sulla modellazione	13			
	5.1	Evol	uzione della modellazione	13			
	5.2	BIM		15			
	5.3	Inte	roperabilità DIMMER	18			
	5.4	EAN	1	19			
	5.5	Des	ignBuilder	20			
	5.6	Ene	rgyPlus	22			
6	Met	todo	di lavoro	24			
	6.1	Arcł	nivio storico	24			
	6.2	Arcł	nivio edilizio	27			
	6.3	Rest	ituzione dei dati e modello architettonico	28			
	6.3.	1	Informazioni e restituzione dei dati	28			
	6.3.2	2	EAM: Impostazione del modello energetico	36			
	6.3.3	3	EAM: esportazione modello energetico	41			
	6.3.4	4	DesignBuilder	44			
7	Ene	rgyPl	us Simulazioni energetiche	54			
	7.1	Imp	ortare un modello in EnergyPlus	54			
	7.2	Imp	ostazioni dei dati e validazione dei risultati delle simulazioni energetiche	55			
8	Vali	dazio	one del modello energetico	57			
9	Crea	azion	e degli scenari	63			
	9.1	Imp	ostazioni degli scenari	63			
	9.2	Scer	nari	64			
	9.2.7	1	Scenario 1: superfici trasparenti con termostato	64			
	9.2.2	2	Scenario 2: superfici opache con termostato	68			

	9.2.3	Scenario 3: peak shaving con termostato	.70
10	Rispa	rmio energetico ed analisi dei costi sugli ipotetici scenari	.73
11	Concl	usioni	.77
12	Allega	əti	.79
13	Biblio	grafia	.80

# 1 Indice delle figure

FIG. 1: Logo DIMMER project	8
FIG. 2: Partners del DIMMER project. [1]	9
FIG. 3: District of Manchester	11
FIG. 4: Distretto di Torino.	12
FIG. 5: Distretti di Torino	12
FIG. 6: Storia del BIM. [4]	14
FIG. 7: Sviluppo della rappresentazione. [5]	15
FIG. 8: Sistema BIM.	17
FIG. 9: Interoperabilità fra professionisti	
FIG. 10: Logo file gbXML	19
FIG. 11: Interfaccia software DesignBuilder.	21
FIG. 12: Logo EnergyPlus.	22
FIG. 13: Interfaccia software EnergyPlus.	23
FIG. 14:Mappa di Torino nel 1878. [8] FIG. 15: Pianta di FIG. 15:	di Torino nel 1896. [9]
24	
FIG. 16: Pianta di Torino e dintorni nel 1911. [10] FIG. 17: Mappa di	Torino nel 1915. [11]
25	
FIG. 18: Mappa del quartiere crocetta dopo i bombardamenti della Seconda Gu	uerra Mondiale.[12]
	26
FIG. 19: Documentazione nell'archivio edilizio di Torino. [13]	27
FIG. 20: Stralci di abachi prima della semplificazione	28
FIG. 21: Stralci di abachi dopo la semplificazione	29
FIG. 22: Esempio di codifica dei livelli o pianta dei pavimenti	
FIG. 23: Esempio di codifica di un elemento costruttivo tipo, muro in questo ca	so31
FIG. 24: Esempio di codifica dei materiali del modello	
FIG. 25: Parametri condivisi	35
FIG. 26: Modello tridimensionale con masse per i parametri condivisi	35
FIG. 27: Comando locali.	

FIG.	28: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo all	0
	step 1	37
FIG.	29: Comando "delimita il locale" selezionato	37
FIG.	30: Comando "delimita il locale" deselezionato	38
FIG.	31: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo all	0
	step 2	38
FIG.	32: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo all	0
	step 3	39
FIG.	33: Grafico sviluppo della semplificazione dei locali	40
FIG.	34: Superfici analitiche	40
FIG.	35: Impostazioni energetiche	41
FIG.	36: Errori durante l'esportazione del modello energetico.	42
FIG.	37: Correzione degli errori durante l'esportazione del modello energetico	43
FIG.	38: Importazione di un nuovo modello di DesignBuilder	44
FIG.	39: Errori di importazione in DesignBuilder dal BIM	45
FIG.	40: Errori di importazione in DesignBuilder dal BIM	45
FIG.	41: Esportazione file DXF	47
FIG.	42: Errori o mancanze dovute all'esportazione del file DXF	47
FIG.	43: Errori o mancanze dovute all'esportazione del file DXF	48
FIG.	44: Dettaglio dei balconi	49
FIG.	45: Messaggio di importazione privo di errori	49
FIG.	46: Impostazione del sistema HVAC	50
FIG.	47: Radiatore ad acqua tipo	51
FIG.	48: Esempio di simulazione energetica con DesignBuilder	52
FIG.	49: Scheda della domanda di energia	53
FIG.	50: Scheda di domanda di energia	53
FIG.	51: Percorso di esportazione file .idf da DesignBuilder a EnergyPlus	54
FIG.	52: Fase successiva del percorso di esportazione file .idf da DesignBuilder a EnergyPlus	55
FIG.	53: Locazione dei sensori nell'appartamento campione.	57
FIG.	54: Grafana: grafico delle temperature misurate dei giorni 20, 21 Marzo 2016	58
FIG.	55: Grafico delle temperature simulate nei giorni 20, 21 Marzo 2016	58
FIG.	56: Firma energetica	59

FIG. 57: Tabella fasce in relazione ai gradi giorno	61
FIG. 58: Quadro metodologico degli scenari.	63
FIG. 59: Impostazioni per lo scenario per il vetro	66
FIG. 60: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per lo scenario 1	66
FIG. 61: Percentuale di risparmio di energia relativo allo scenario 1	67
FIG. 62: Impostazioni per lo scenario per il tetto.	68
FIG. 63: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per lo scenario 2	69
FIG. 64: Percentuale di risparmio di energia relativo allo scenario 2	69
FIG. 65: Grafico della richiesta di energia fra i vari modelli	71
FIG. 66: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per il peak shaving	71
FIG. 67: Percentuale di risparmio di energia relativo al peak shaving	72
FIG. 68: Resoconto dell'analisi economica relativo allo scenario 1	73
FIG. 69: Resoconto dell'analisi economica relativo allo scenario 2	75
FIG. 70: Resoconto dell'analisi economica relativo al peak shaving.	76

## 2 ABSTRACT

La modellazione parametrica è uno strumento di rappresentazione che negli ultimi anni ha preso sempre più il sopravvento sul disegno e di conseguenza sulla progettazione e "modellazione" di un manufatto o di un'intera area d'interesse.

L'avvento dei programmi parametrici ha permesso ai professionisti nel settore dell'ingegneria edile di sviluppare le proprie idee di progettazione condividendole con altre figure professioniste, come ingegneri energetici, idraulici o esperti in economia, i quali possono contribuire ad ottimizzare i tempi di realizzazione del progetto e i costi di progettazione e realizzazione.

Al giorno d'oggi, per vendere o affittare un edificio o un semplice appartamento, è obbligatorio presentare la certificazione energetica. Questo documento è molto importante per la procedura di vendita o affitto perché al suo interno si dichiara quanto un edificio consumi, ovvero in termini economici quale sarà la spesa per il suo utilizzo. Un ulteriore aspetto importante riguarda la salute degli inquilini, infatti vengono controllati i vari parametri sulla qualità dell'aria, della temperatura e dell'umidità relativa.

Analizzando tutto ciò con la modellazione e di conseguenza con la metodologia District Information Modeling (DIM), proposta nel progetto europeo District Information Modeling and Management for Energy Reduction (DIMMER), l'obiettivo di questa tesi è di applicare a scala urbana strumenti e metodi per un'efficace gestione in termini di efficienza energetica del patrimonio costruito.

Il processo di elaborazione della tesi si è sviluppato attraverso tre fasi principali: raccolta dei dati, modellazione, simulazione ed estrazione degli output e infine validazione del modello sulla base dei dati monitorati.

I risultati ottenuti hanno permesso di identificare una metodologia di lavoro applicabile in altri contesti configurandosi quindi come un modello di riferimento per altre città oltre a quelle prese in esame durante il progetto DIMMER.

# 3 Introduzione

La modellazione digitale oggi ha preso il posto dell'arte, in particolare del disegno. La progettazione di un manufatto viene realizzato dall'ingegno dell'uomo con l'aiuto del computer.

Nella presente tesi, è stato sviluppato un metodo di lavoro, che può gettare le basi per i metodi futuri, partendo da un modello tridimensionale completo nei suoi componenti, il metodo permette di analizzare allo stesso tempo l'aspetto energetico. Questo è stato possibile grazie all'interpolazione fra diversi software, attraverso i quali sono stati creati dei parametri fondamentali per l'intero processo, passando da software per le simulazioni e le validazioni fra i risultati reali e quelli simulati.

Alla fine del processo sono state valutate diverse ipotesi di ristrutturazione sostituendo le parti dell'involucro trasparente, l'involucro opaco. Nel primo caso si è passati da un vetro singolo degli anni '70 ad un doppio vetro con intercapedine, mentre nel secondo caso è stato realizzato un cappotto, un'ulteriore ipotesi denominata peak shaving.

Effettuate le simulazioni energetiche per entrambe le ipotesi, la fase successiva e finale è stata quella di confrontare su un'analisi di miglioramento energetico e di ritorno economico dell'investimento per le ipotesi effettuate.

## 3.1 Informazioni sull'arte della modellazione

Dalle origini dell'uomo, la restituzione grafica è stata un'abilità che gli ha permesso di rappresentare, con semplici strumenti, di rappresentare un pensiero, un'idea o un oggetto che vedeva per la prima volta.

Le pitture rupestri sono quelle pitture riportate sulle pareti di una grotta, o su muri o soffitti di pietra, risalenti alla preistoria. I soggetti più comuni nelle pitture rupestri sono i grandi animali selvaggi, come il bisonte. Col passare del tempo, grazie al proprio intelletto, l'uomo ha inventato nuove tecnologie e forme di rappresentazione, per essere più preciso ed interconnesso con tutti i nuovi progettisti.

## **4 DIMMER Project**

## 4.1 Cos'è il progetto DIMMER

DIMMER (District Information Modeling and Management for Energy Reduction) è un progetto di ricerca finanziato dall'Unione Europea, iniziato l'1 Settembre 2013 con una durata di tre anni. DIMMER è un progetto STREP (Small or medium scale focused research project), incentrato sull'obiettivo "*Optimizing Energy Systems in Smart Cities*", in particolare il progetto, rappresenta la prosecuzione del progetto SEEMPubS (Smart Energy Efficient Middleware for Public Spaces). Si concentra sull'integrazione di BIM e DIM (Building/District Information Modelling) con i dati in tempo reale provenienti da sensori e/o dagli stessi utenti.



Fig. 1: Logo DIMMER project.

L'obiettivo è quello di creare correlazioni tra energia consumata ed effettiva utilizzazione degli edifici, fornendo anche un feedback in tempo reale agli operatori e agli utenti finali, al fine di ottimizzare i processi o modificare le abitudini comportamentali degli stessi utenti.

DIMMER fornirà tutte le informazioni relative all'energia ed applicazioni per implementare funzionalità di cost-analysis, pianificazione e valutazione delle tariffe, individuazione guasti, manutenzione e condivisione fra i vari utenti delle informazioni.

Il risultato atteso è una notevole riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di CO<sub>2</sub> attraverso l'introduzione di politiche di distribuzione energetica maggiormente efficienti, sulla base:

- delle effettive caratteristiche degli edifici e dei comportamenti degli utenti;
- di una maggiore efficienza nell'uso e nella manutenzione della rete di distribuzione energetica dei comportamenti sociali, delle abitudini e dell'utilizzo da parte degli utenti.

Al fine di validare il metodo innovativo proposto da DIMMER, successivamente saranno presi in considerazione sia edifici pubblici che privati siti all'interno di un cosiddetto distretto territoriale.

In particolare, il progetto DIMMER prevede la realizzazione di una piattaforma web open con funzionalità di elaborazione in tempo reale dei dati a livello di distretto, con una visualizzazione e il monitoraggio dei consumi energetici e della produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il gruppo DIMMER, guidato dal Politecnico di Torino, comprende:

- Università di Manchester (UK);
- Oldham Metropolitan Borough Councilon(UK)
- Comprende delle aziende industriali:
  - IREN Energia SpA (IT);
  - o D'Appolonia (IT);
  - ARUP (UK);
  - PMI (UK);
  - Clicks and Links (UK);
  - CNet Svenska Ab (SW);
  - ST Polito (IT);
- Organismi di ricerca:
  - Fraunhofer Institute of Technology (GE);
  - o CSI (IT);

#### District Information Modelling and Management for Energy Reduction



Fig. 2: Partners del DIMMER project. [1]

## 4.2 Obiettivi del progetto DIMMER

Il progetto DIMMER ha come scopi:

- integrare il modello BIM (Building Information Modeling) con i dati in tempo reale e le rispettive estensioni a livello distrettuale, cioè il DIM;
- usare una connessione web per fornire una reazione sull'analisi energetica degli atteggiamenti degli utenti;
- verificare l'interoperabilità di consumo e produzione energetico a livello distrettuale;
- creare un nuovo modello di commercio per gli operatori e consumatori che sfruttano i profili energetici degli utenti.

DIMMER si focalizza sulla reciprocità tra gli ICT (Information Communication Technologies) con il BIM per utilizzare al massimo le potenzialità di queste tecnologie.

Attraverso gli ICT è possibile accedere in tempo reale alle informazioni delle caratteristiche ambientali dell'edificio e dei consumi energetici.

Parlando di distretto si può avere la possibilità di accedere a delle informazioni molto precise, come ad esempio l'impianto di riscaldamento o l'impianto elettrico.

Per sistema middleware si intende un insieme di programmi informatici che funzionano da intermediari tra diversi software affinché queste informazioni possano essere messe insieme in un sistema centralizzato.

Per sfruttare al massimo le possibilità di queste tecnologie, il progetto DIMMER si sviluppa su:

- Middleware: interconnessione fra diverse tipologie di dati: BIM (Building Information Model), SIM (System Information Model) e dal GIS (sistema di informazione geografica);
- Modeling: BIM (Building Information Model) attraverso i dati in tempo reale e le rispettive estensioni a livello distrettuale (DIM);
- Awareness: sistema di visualizzazione di tutte le informazioni energetiche in tempo reale sul sistema edilizio e distrettuale, usando anche la realtà virtuale e aumentata;
- Interoperability: ottimizzazione delle informazioni scambiate con le piattaforme ICT e DBs.

L'idea principale del progetto DIMMER è l'integrazione tra BIM ed i modelli 3D a livello distrettuale con i dati in tempo reale che arrivano dai sensori per analizzare e connettere l'utilizzazione degli edifici e fare un feedback sui modi di agire legati all'energia.

Questo sistema permette di avere l'accesso libero, attraverso dei dispositivi personali, dati relativi all'analisi dei costi e dell'energia, impostazione e trasformazione delle tariffe, l'accertamento dei guasti e la rispettiva manutenzione e condivisione dei dati energetici.

I risultati previsti saranno una massiccia riduzione sia dei consumi energetici sia delle emissioni di CO<sub>2</sub>, tutto grazie ad una maggiore efficacia riguardo l'uso e impiego della rete di ripartizione energetica collocata sulla capacità e sulle proposte degli utenti.

## 4.3 Casi studio DIMMER

Nella validazione del progetto DIMMER sono stati scelti e analizzati due distretti urbani di due città europee, Manchester (UK) nel nord Europa e Torino (IT). Questi due distretti hanno delle proprietà molto diverse fra loro, sia per quanto riguarda la posizione geografica (condizioni climatiche) sia per i tipi di materiali utilizzati nella fase di costruzione degli stessi edifici e per gli stessi utenti.

Il distretto di Manchester analizzato è la "casa" dell'University of Manchester. Al contrario, il distretto di Torino è un distretto situato poco fuori dal centro di Torino nel quale troviamo sia edifici pubblici che privati.



Fig. 3: District of Manchester.



Fig. 4: Distretto di Torino.

Analizzando un po' più nel particolare il distretto di Torino, i casi studio analizzati sono i seguenti:

- Università Politecnico di Torino;
- Scuola elementare Michele coppino
- Edificio residenziale, corso Mediterraneo, 130 🖛
- Edificio residenziale, via Antonio Pigafetta, 52
- Collegio universitario Renato Einaudi
- Comune di Torino, Direzione Smart city
- Scuola materna Paolo Braccini



Fig. 5: Distretti di Torino.

## 5 Informazioni sulla modellazione

## 5.1 Evoluzione della modellazione

Il disegno è stato un'arte vitale per la restituzione grafica di un manufatto o di un progetto. L'uomo, fin dai tempi più lontani, da quando ha iniziato a "rappresentare" oggetti e poi successivamente migliorando le proprie capacità, è riuscito alla fine di un percorso di evoluzione, a realizzare dei capolavori su carta. Proprio su carta sono nati i primi "schizzi" o bozze, l'uomo riusciva, e riesce ancora oggi, a rappresentare le proprie idee in maniera veloce e di facile lettura per un gran numero di persone, anche non professioniste.

"Sin dall'inizio della storia, architettura ed edilizia si sono basati sul disegno per rappresentare i dati necessari per il progetto e per la realizzazione di ogni tipologia di manufatto". [2]

Nell'ultimo ventennio del secolo scorso però, si è passati dalla carta al software, comunemente chiamato CAD (Computer Aided Design).

Negli anni '80 gli stessi software si sono evoluti, passando da una modellazione bidimensionale a una modellazione tridimensionale più completa, quindi linee, archi e cerchi si sono evoluti in oggetti tridimensionali solidi con delle proprietà o parametri specifici.

Questi software per la modellazione tridimensionale nel tempo si sono sviluppati in modo molto rapido, dando l'opportunità di visualizzare contemporaneamente lo stesso manufatto in 2D e in 3D.

"..., in un modellatore parametrico la forma e l'insieme delle componenti geometriche si correggono automaticamente in base ai cambiamenti del contesto. Questo concetto rappresenta l'origine dell'attuale generazione del BIM. Comprendere il concetto di oggetto parametrico è la chiave per capire che cos'è un building information model e come esso differisce dal tradizionale disegno 2D e 3D." [3]



Fig. 6: Storia del BIM. [4]

Negli anni successivi sono nati molti altri programmi simili ad Autodesk Revit Architecture, detti anche parametrici, perché usano strettamente dei parametrici geometrici. La vera rivoluzione dell'introduzione di questi programmi parametrici è la volontà di attribuire agli stessi elementi dei parametri di tipo energetico, strutturale ed economico.

Questa evoluzione ha portato nei primi anni del 2000 alla nascita del BIM (Building Information Modeling) che chiarisce questa nuova metodologia di lavoro nella quale si incrociano la progettazione virtuale e la realizzazione del Facility Management (FM).

La progettazione BIM si distacca dalla progettazione tradizionale e dallo stesso CAD perché gli edifici, non sono più creati come semplici elementi bidimensionali o tridimensionali, ma con "famiglie" di elementi costituiti da muri, pilastri, solai, finestre, ecc.

Questi elementi tridimensionali infine, contengono al loro interno dei parametri principali per tutta la durata di vita dell'edificio stesso oltre ai parametri fissati dalla restituzione grafica.

Lo sviluppo di questo lavoro cambia da CAD a BIM. Il CAD si polarizza sulla crescita della rappresentazione, mentre il BIM si focalizza sullo studio dei parametri da assegnare ai singoli elementi, controllando lo sviluppo della progettazione futura.

Il modello architettonico è stato eseguito tramite modellazione parametrica utilizzando il software Autodesk Revit Architecture 2016, perché vi è un'interoperabilità fra vari software di simulazione energetica come DesignBuilder ed Energy Plus.



Fig. 7: Sviluppo della rappresentazione. [5]

## 5.2 BIM

Il Building Information Modeling è una riproduzione digitale delle proprietà fisiche e funzionali di un edificio.

L'espressione BIM fu adottata per la prima volta negli anni 2000 grazie a Jerry Laiserin, un analista che aiuta le imprese edili ed i progettisti, dandogli una mano nel creare nuove tecnologie che possano incrementare la collaborazione fra le varie figure di un progetto.

BIM indica un metodo per l'ottimizzazione della progettazione, realizzazione e controllo delle costruzioni grazie all'aiuto di software.

Il termine BIM non può essere inteso simile al Building Product model, dove il termine "Product model" nell'ingegneria rappresenta un modello di dati oppure un modello di informazioni. Inoltre, ha una doppia importanza, quella legata al tipo della metodologia e quella legata al tipo di sperimentazione. Tramite esso, tutti i dati rilevanti di una costruzione possono essere raccolti, combinati e collegati digitalmente. La costruzione virtuale è visualizzabile inoltre come un modello geometrico tridimensionale. Queste raffigurazioni sono rappresentate da elementi tridimensionali digitali, che coincidono per intero ai rispettivi oggetti reali. Il Building Information Modeling viene utilizzato sia nel settore edile per la progettazione e costruzione (architettura, ingegneria, impianti tecnici) sia nel facility management.

"...il computer consente lo scambio di insiemi di dati con maggiore intelligenza rispetto a semplici linee, archi o cerchi. Ovviamente questa opportunità sta cambiando la comunicazione dei dati stessi: con il CAD 2D, due linee parallele e un retino al loro interno significano un muro solo se una persona conosce le regole e le convenzioni del disegno; invece, con il BIM, un muro è un muro." [6]

Negli ultimi anni, anche la politica parla di BIM, cioè emanando delle direttive e norme per imporre ai progettisti, durante la fase di realizzazione e realizzazione di un'opera, l'uso del BIM. La direttiva 2014/24/EU ha raccomandato agli stati membri dell'unione europea l'uso di software BIM, ma non ha specificato però quali programmi usare. In Italia è stata emanata la norma UNI 11337-1 del 2017 col titolo "Edilizia e opere di ingegneria civile-Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni-Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi".

"..., il futuro della progettazione e dell'industria delle costruzioni sta per essere fortemente influenzato dall'utilizzo della tecnologia. Grazie al BIM sarà possibile condurre tale industria nella direzione di un processo basato sul modello digitale 3D, allontanandola gradualmente da un processo tipicamente basato sul disegno 2D cartaceo." [7]



Fig. 8: Sistema BIM.

### 5.3 Interoperabilità DIMMER

Quando si parla di "interoperabilità" si intende la possibilità di scambiare dati e contenuti di un modello progettuale tra diverse piattaforme software e applicativi destinati alle diverse funzionalità coinvolte nelle attività, questo non solo durante la fase di realizzazione dell'opera ma anche nell'intero suo ciclo di vita, dalla manutenzione alla dismissione.

Durante lo scambio di dati ed informazioni in tempo reale fra le varie figure, si ha una riduzione degli errori, i tempi della progettazione e di studio.

Tradizionalmente, i software specializzati sviluppati per la gestione ed elaborazione dei dati all'interno di specifici settori, quale quello dell'ingegneria e costruzione, avevano una mancanza della capacità di integrarsi reciprocamente (fra i vari software e figure professionali), mentre l'approccio al BIM richiede necessariamente la massima accessibilità di tali informazioni di progetto e di processo a tutti i soggetti coinvolti.



Fig. 9: Interoperabilità fra professionisti.

### 5.4 EAM

Una delle potenzialità della metodologia BIM usata negli ultimi anni è quella energetica. I professionisti e i committenti si sono concentrati sulla sostenibilità dei progetti. Proprio per questo il BIM fornisce agli utenti la possibilità di esaminare diverse ipotesi di risparmio energetico in fase di modellazione.

Ci sono molti programmi per le simulazioni energetiche utilizzabili dalle importazioni ed esportazioni da programmi di modellazione architettonica. I formati maggiormente utilizzati e conosciuti sono gbXML.



Fig. 10: Logo file gbXML.

Prima di procedere con l'esportazione è necessario semplificare il modello. Dato che tutti gli elementi inseriti nel modello architettonico non sono funzionali con la simulazione energetica. Il modello che otteniamo dalla semplificazione viene definito come BEM (Building Energy Model).

## 5.5 DesignBuilder

DesignBuilder fornisce strumenti di modellazione avanzati, in questo modo i progettisti utilizzano lo stesso software per sviluppare progetti di edifici confortevoli e a basso consumo energetico, dall'idea dell'edificio fino al suo stesso completamento.

Questo software è stato concepito per facilitare al massimo il processo di modellazione e di inserimento dei dati. La fase più avanzata di DesignBuilder è EnergyPlus. Esso fornisce l'accesso a tutte le funzionalità di simulazione più comunemente richiesti e coprono tutto il tessuto edilizio, massa termica, vetri, ombreggiatura, le energie rinnovabili, HVAC e analisi finanziaria. Le caratteristiche principali di simulazione di EnergyPlus sono:

a. EnergyPlus è strettamente integrato a DesignBuilder fornendo simulazione termica dinamica avanzata a Timesteps suboraria;

b. Fornire dati sulle prestazioni ambientali quali il consumo di energia, le emissioni di carbonio, al confort delle camere a mensili, intervalli annuali, ogni giorno, ogni ora e sub-oraria;

c. Segnalare guadagni solari su superfici, temperature superficiali e scambi radianti;

d. Accedere ad una vasta gamma di risultati per edifici e sistemi;

e. Valutare le prestazioni passiva, massa termica, e la distribuzione della temperatura;

f. Temperature superficiali di esportazione e tassi di flusso d'aria come condizioni al contorno per l'analisi dettagliata CFD;

g. Predimensionamento dell'impianto di riscaldamento e di raffrescamento.

Component Libraries   Template Libraries					Info, Help
	Is an a	Circ Mitt	I with effect of	Remain (	Help Colo Depart and Exercise Effort
1189	20087	308 (7.8)	LAD FPT CORNED \	Example 7	To approve of the recently opened lies, select the file in the main screep and citrit on Cones.
MPLAG1 AVDerMap/CS Aurora MoreII/DericnBuilder					below.
0716 CS Aurora Morelli	C Suber WPLAB1 AND existenCS Aurora Morel/DesignBuilder	114165	18/17/2015 18 01 41	Design Builden film	Selected file: 20190716 C S Aurora Morelli
0717 CS Anna Morelli	C. Wees/WRLART, AVE exiting/CS Aurora MonthDuricyBuilder	21676	18/07/2019 10 37.47	Desig-Builde files	Open selected file
0704 CS Aanna Mondi	C VJaans/VFLAE1_A/2 existing/CS Acrona Hone/1D exign@cilder	3146	15/37/2013 17:40:62	Designitudes files	Calific selected file
0715 CS Aurore Mondi	CSUser/WEARLARLASSectop/CEAcers Healt/Decigibable	2347	15/07/2011 14:03 37	Designfluities files	Clear recent files list (lies are not deleted)
0713 CS Aurore Monstli	CSUsersWRLAE1_AVD exitop/CS Aurora Hore15OscipsBuilder	4027	15/17/2013 03:53 49	Designification	If the file you want to open does not appear in the list of reperity used files you can also
0627 CS Aurora Manalli	CSUsersWFLAE1_A/Cecktop/CS Autora Horel/i/DecignBuilder	3290	03/32/2013 12:21:09	Design/Duilder filed	Create new file
IG21 CS Aurora Konali	C-9Jsen/WFEAE1_AVB existop/CS Acrona More/HOreignBuilder	3032	27/06/2013 00:19:17	DesignDuilder files	Open existing file
619 CS Aurora Morelli	CNUser/WFLAE1_AV8 exitop/CS Aurora Hotel/I/Designifulder	2530	21/06/2011 13:15:17	Designification files	
U614 CS Aurora Morelli	CNUser/WFLAE1_AVE esktop/CS Aurora HoreII/Designifulder	2699	18/06/2019 16:17:05	Designification	Learning mode is ON
0613 CS Aurora Morelli	C:UservWFLAE1_AVE esktop/CS Aurora Hotel/IDesign@uilder	11290	12/06/2011 12 11:43	Designification files	Learning mode provides relevant information and easy access to brical commands. New use
0612 CS Aurora Maralli	C.VJsov/WPLAB1_AVDesktop/CS.Aurora MoreT/DesignBuilder	2:48	12/06/2019 17.92.22	DesignBuilderfilee	
0605 CS Aurora Morelli	C.V.besWHDAB1_AVD esklop/C5 Aurora HoreInDesgriBuilder	2392	05/06/2013 16 46 48	Designification files	Othertopic
1683 CS Aurrie Morelli	C VJsers VHLAB1_AVC entropICS Aurora Hosel #DesignBuilder	2108	03/36/2019 16 23 04	Deng-Builde files	Web Tutorials
5/81.5 Aurora Manelli	COMMITMENT_ACCENTRATE Access New FOreignbaker	[51.18	00/06/2019 13 50 12	Desgrittationfiles	
tergrates					
Providential Destatores Law Rise Associated	(Allowed and an included and and an	1.120	10-00-0001 \$1.00 to	Contractive Security	
Residential Prototype Low Hite Apartment	Christee Destroyers and a second seco	1,2/3	28/08/2011 12:50:10	Designations respires	
In Skie Easter Example	Crytogenus/userusegouldent enplets	1120	28/08/2011 12:50:10	Casignulion respires	
Mode Example	C 1 Report of the being content in a party	1/95	29/09/2009 12:50 19	Pasing Color Colorado	
m Example Building	C 1 Revenue Data Device Builded Terrelation	1014	29/09/2003 12:50 19	Design Control of the International	
Frank	C STrouge Date Design Training Translates	1223	20/00/2001 12:50 10	Depice Builden terrelaten	
d formula Example	C Showing Case Cardeo Buildeo Translater	1043	28-08-2018 12:50 18	Facility Roll for terrelator	
Internal Analysis Example	C SPrenard Date Device Reliant Terrelator	1053	28-28-2018 17-50 18	Device Rulling terminator	
n Example with Calc Nat Vent	O VProgramDatal Danigr Builder' Templates	901	28/38/2011 17 50 18	Dwig-Builde templates	
Varit with Probest	C1/ProgramDate/DessignPublies/Templates	676	28/38/2011 12 50 14	Designification templates	
metric Simulation Example	CVhogenDetelDesignBuilder/Templates	1088	28/08/2011 12:50:14	Designification templates	
se Example 1	CtVhogranDate/Designituiden/Lenciates	986	28/08/201172-90:14	Designituitier templates	
n soof example	C://hogranData/Desig=Duilder\Templates	1067	29/00/2010 17:50 12	Desig=Duilder tempiates	
an example base	C:VhogranDate/Desigribuideri/Templates	1126	28/08/2018 17:50 12	Designibulides templates	
pnBuilder Video Tutorials Example	C:ProgranDate/DesignBuildenT emplates	1151	28/08/2018 17:50 12	DesignBuilder templater	
tyard with VAV Example	C VProgranDutal DesignBuilder/Templates	894	28/38/2016 17:50 12	DesignBuildes templates	
unidification example	C. ProgramDuck/Deckgr@ullde/Templates	1086	28/08/2018 17:50 12	Devig-Buildes templates	
: Water To Air Heat Pump Example	C:/PtogranDuta/DesignBuilder/Templates	1293	28/08/2018 17:50 12	Dezigr:Buildes templates	
Multiplier Example	C\ProgramData/DecigrBuilder\Templates	1074	28/08/2008 17:50 10	DwageBuilden tempisten	
effect Hasting Example	CVProgramData/DesignBuilder/Templates	870	28/38/2018 17:50 10	Dwightfullier templates	
Extensel Analysis Example	C:/PhogramDatal/DesignDuilder\Templates	1058	29/00/2011 17:50:10	DesignDuilder templates	
ihe Wall Example	C:VhogenDet#Desigr0uider/Tenpieles	1000	28/08/2010 17:50:10	Designification templates	
n so of example as example base publishic Volov 1 do valab Example and with VOV Towale Matthew Towale Towale Matthew Towale Towale And Towale Towale Matthew Towale Towale Matthew Towale Towale Towale Towale Towale Towale Towale Towale Towale	Consignation to applicate in experiment Consignation application of experiment Consignation application of experiment Consignation application of experiment	1087 1708 1709 1894 1896 1896 1890 1890 1890 1890	Section 11         198           Section 11         198	Englishich there are no Panga Shall have been as Dang Shall have been as	

Fig. 11: Interfaccio software DesignBuilder.

### 5.6 EnergyPlus

Sempre più spesso si sente parlare di "simulazione dinamica" per la progettazione energetica avanzata. EnergyPlus è un software di simulazione energetica gratuito creato dal "Dipartimento per l'efficienza energetica e l'energia rinnovabile" del Governo degli Stati Uniti. Il software può essere utilizzato per stimare carichi energetici di riscaldamento, raffrescamento, illuminazione e ventilazione sulla base di simulazioni orarie o sub-orarie definite dall'utente.



Fig. 12: Logo EnergyPlus.

L'analisi di sensibilità di un modello EnergyPlus identifica come l'incertezza di un output può essere allocata all'incertezza nei parametri di input di un modello di processo. L'analisi di sensibilità è utile per identificare quali parametri richiedono maggiore attenzione durante la progettazione del modello e quali parametri di input influenzano maggiormente i risultati della simulazione. L'influenza dei materiali di costruzione e il numero di persone, la cosiddetta occupazione, sulla temperatura della stanza e la temperatura di ventilazione dell'aria in entrata di una casa possono essere ottenute mediante analisi di sensibilità. L'esecuzione di un'analisi della sensibilità grezza che mostra l'impatto dell'incertezza rispetto alle variazioni dei valori individuali per questi parametri identifica i contributi individuali più significativi alla variabilità dei risultati.

Nonostante tutto EnergyPlus sia un software gratuito e open source ha, però, delle criticità dovute ad un'interfaccia non proprio facile da utilizzare o gestire. I file di Input e output dell'edificio vengono gestiti attraverso delle tabelle di dati e formule matematiche che non hanno automatismi o elementi grafici semplificativi. Per trovare un rimedio a questo problema esistono delle interfacce grafiche esterne che facilitano la creazione del modello termico dell'edificio e l'inserimento delle proprie caratteristiche.

IDF Editor - [C:\Users\antonio\Desktop\160609_MedSim_Term	n20\MedSimEP20160519_41	NoCurvaEff_8_Termostat20.idf *]	_	The second	-				
🕼 File Edit View Jump Window Help									_ 6 ×
🗅 😅 🛃 New Obj 🛛 Dup Obj 🖉 Del Obj 🖉 Copy Obj	Paste Obj								
Class List	Comments from IDF								
(0005) Schedule / pycl.mits	Explanation of Object and Curr	ent Field							
Surface Construction Elements U0260 Material KoMass (0001) Material KoMass (0001) Material Kn/Sare (Transparent ()	Field Description: Hegular m Field Description: ID: N6 Default: 0 Range: 0 <= X <= 1	lateriais described with full set of thermal pro	penes						
[0002] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem	1		1	1		12.122			
[] WindowMaterial:Glazing	Field	Units	Obj20	Obj21	Оы22	Obj23	ОБј24	Obj25	
[] WindowMaterial:Glazing:BefractionExtinctionMethod	Name		Brickwork Uuter Lea	EXPS Extruded Polys	Concrete Block (Me	Gypsum Plastering	Cast Concrete (Den	HockWool	-
[] WindowMaterial:Gas	Houghness		Hough	Hough	Hough	Hough	Hough	Hough	
[] WindowGap:SupportPillar	Thickness	m	0,1	0,0795	0,1	0,013	0,1	0,1	
[] WindowGap:DeflectionState	Conductivity	W/m-K	0,84	0,034	0,51	0,4	1,4	0,034	
[] WindowMaterial:GasMixture	Density	kg/m3	1/00	35	1400	1000	2100	200	
[0001] WindowMaterial Shade	Specific Heat	J/kg-K	800	1400	1000	1000	840	0,71	-
[] WindowMaterial:ComplexShade	Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,1	
[] WindowMaterial:Blind	Solar Absorptance		0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	01	
[] WindowMaterial:Screen	Visible Absorptance		0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,1	
WindowNateriat/Drage EquivalentLayer     WindowNateriat/Drage EquivalentLayer     WindowNateriat/SirserentEquivalentLayer     WindowNateriat/SirserEquivalentLayer     WindowNateriat/SirserEquivalentLayer     WindowNateriat/SirserEquivalentLayer     Materiat/PopertyNate/Langerentation/Depth/Sattings     Materiat/PopertyNate/Lange     Materiat/PopertyNate/Lange     Materiat/PopertyNate/Lange     Materiat/PopertyNate/Lange     Materiat/PopertyNate/Lange     Materiat/PopertyHate/Langer     Materiat/PopertyHater     Materi	Z.							. 111	
energy+.idd EnergyPlus 8.5.0 0.1									
🔞 🔞 🔚 🖧 🚺 🕼	e Edit		-			No.	- Na 🕄 🕅	tl 🕩 09,	15:32 /06/2016

Fig. 13: Interfaccia software EnergyPlus.

Pertanto, dato che non è facile capire se su EnergyPlus vi siano degli errori al modello per via dell'interfaccia poco chiara, si è passati da DesignBuilder, il quale ha un'interfaccia più chiara in cui è più facile visualizzare gli errori ed impostare i dati di input per le diverse attività, costruzione e di impianto.

Per visualizzare dei risultati è stato usato il software Results Viewer. Questo programma ha la proprietà di leggere i formati file *eso* e *htm*, di conseguenza anche il file di output di EnergyPlus. Esso consente a qualsiasi dato generato da EnergyPlus di essere visualizzato insieme ai dati precedentemente generati.

## 6 Metodo di lavoro

## 6.1 Archivio storico

Attraverso una ricerca storica del quartiere Crocetta (quartiere dove è ubicato l'edificio analizzato nella presente tesi) si è analizzato e visto come questo quartiere si sia evoluto nel tempo. Partendo dagli ultimi anni del diciannovesimo secolo, attraverso le mappe storiche dell'archivio storico della città di Torino, si può vedere come in questa zona della città non vi sia nessun edificio edificato.



Fig. 14:Mappa di Torino nel 1878. [8]



Fig. 15: Pianta di Torino nel 1896. [9]

Solo nel 1896 si inizia ad intravedere l'impronta di isolati nella zona sud di piazza d'armi. Ma per vedere le prime edificazioni in questa zona bisogna attendere il secondo decennio del ventesimo secolo. Le prime costruzioni nascono più o meno verso il 1911. Ma solo nel 1915, a ridosso dello scoppio della Prima Guerra Mondiale, si realizzano tutti gli isolati del quartiere grazie all'applicazione, nei precedenti vent'anni di due piani regolatori.





Fig. 16: Pianta di Torino e dintorni nel 1911. [10]

Fig. 17: Mappa di Torino nel 1915. [11]

Tra la Prima e la Seconda Guerra Mondiale il quartiere ha subito pochi cambiamenti. Purtroppo durante la Seconda Guerra Mondiale, il quartiere crocetta, insieme alla stessa città di Torino ed il resto dell'Italia ha subito una serie di bombardamenti che hanno distrutto, in modo parziale o in modo totale, diversi edifici residenziale, pubblici e storici.

Infatti, all'interno dell'archivio storico di Torino sono presenti delle tavole della città di Torino sulle zone colpite dai bombardamenti.



Fig. 18: Mappa del quartiere Crocetta dopo i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale. [12]

Come si può vedere dalla precedente figura, nella stessa ubicazione odierna dell'edificio, vi è la presenza di un edifico ma non sappiamo che tipo di edificio ci fosse. Dall'altro, l'edificio risulta essere stato bombardato ed aver subito dei gravi danni ma allo stesso tempo non vi sono ulteriori fonti che certifichino che l'edificio sia lo stesso trattato nella presente tesi.

## 6.2 Archivio edilizio

L'edificio analizzato è un edificio residenziale sito in Torino, in corso Mediterraneo 130. È stato realizzato tra il 1961 ed il 1970 da parte del dott. Arch. Buffa Luigi per conto della famiglia Pelassa. Reperire tutte le informazioni relative all'edificio è la fase più importante prima di immettersi nella modellazione 3D. La reperibilità di tali informazioni è iniziata attraverso un'analisi storica, tramite archivio edilizio, nel quale è stato possibile trovare planimetrie, elaborati grafici e relazioni di calcolo ed eventuali successive.



Fig. 19: Documentazione nell'Archivio Edilizio di Torino. [13]

## 6.3 Restituzione dei dati e modello architettonico

### 6.3.1 Informazioni e restituzione dei dati

Il presente edificio è stato in passato oggetto di tesi triennale, di conseguenza il modello architettonico BIM, era già pronto per l'analisi energetica. In un primo momento, effettuando la simulazione energetica, il file presentava diversi problemi, come per esempio le dimensioni troppo grandi. Quindi la fase successiva è stata quella di alleggerimento cioè si è andati ad eliminare tutti quegli elementi che nella fase di simulazione energetica non sono fondamentali, come la parte strutturale (travi, pilastri e ringhiere) lasciando solo muri esterni, interni, solai e tetto.

L'edificio nel suo complesso è formato da 9 piani, di cui 2 interrati e 7 fuori terra. Nel primo piano fuori terra vi sono, oltre ai 5 ingressi verso strada di cui 1 è carraio e 4 ingressi lati cortile interno. Dal file originale dell'oggetto di tesi di primo livello sono stati estrapolati delle informazioni utili per

le successive fasi di analisi, come per esempio l'abaco dei muri (esterni ed interni), degli infissi (porte e finestre).

Architetture Strutture Accelo Sistemi Inst	oristi Annota Analizza	Volumente e cantiere - Col	lebore Viste Cestiso Modul egi	juntvi Modrica Modrica	• 🕥 •						
- R R . R		🕐 🧐	🛱 🕎 🔿 💕	🖻 🔶 🛛	, <u>f</u>	🔲 🔶 🎦 🕅 🗔	af III - 19		- H. 🗂 🗏		
Modeli, Weblith/ Filt Lines Months	Rimuovi Profile L	sepul rendering Rendering	taccolta Wata Sectione Dettacile	Visto Prospetto X	rta Dupite, Legeni	Abachi Riquecho Izvela Veta Certiglio R	wisioni Gitalia Linca di contapandenza Rifertmento 🛛	inestre di layout Scambia	Chuci Viste Vist	to Intorfeccia	
www.crains with increased 6080	te line norrete di taplo	rei doud - di Presentazione	wedning JD .	in poeter - illid Geo	agin and .		guido visto Comosibiliste taxole	la sector	Nonation Schedu Allina Frankrig	cube sciencie	
aca/quartità Nuava Minina											
×	🔲 Ahaco dei muri										
Abaco		<aba< td=""><td>co dei muri&gt;</td><td></td><td></td><td>^</td><td><abac< td=""><td>o delle finestre</td><td>&gt;</td><td></td><td></td></abac<></td></aba<>	co dei muri>			^	<abac< td=""><td>o delle finestre</td><td>&gt;</td><td></td><td></td></abac<>	o delle finestre	>		
o dele finester - 🖉 Modifica fico.	•	B	c	D		A	B	с	D	E	F
	Caminta	Laubana		Europiano.		Famiglia	Tipo	Livello	Larghezza	Altezza	Allezza soglia
chiessance	Famigia	Larghezza	про	Funzione	1						
Afrace delle finante	Muro di base	0.50	Muro esterno - 50 cm	Esterno	1	Finestra Semplice	90 x 280 cm	4 - Plano Interrato	2.80	0.90	1.55
	Muro di base	0.50	Muro esterno - 50 cm	Esterno		Finestra Semplice	90 x 220 cm 2	-4 - Mano Interrato	2.20	0.90	1.00
si Mostra tatto	Muro di base	0.50	Muro esterno - 50 cm	Esterno		Finestra Semplice	90 x 250 cm	-4 - Plano Interrato	2.80	0.90	1.00
Stato di Progetto	wiuro di base	0.30	muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Semplice	90 x 395 cm	4 - Plano Internato	3.95	0.90	1.55
Medilion.	muro di base	0.20	Contine - 20 cm	Esterno		Finestra Semplice	90 x 285 cm	-4 - Plano Interrato	2.85	0.90	1.65
Modifica	Muro di base	0.20	Muro - 20 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra interrato 260 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	2.60	1.55	1.85
y/sagoruppan. Medilika.	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_340 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	3.40	1.55	1.85
Modifica.	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_340 x 155 cm	-3 - Plano Interrato	3.40	1.55	1.85
	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_290 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	2.90	1.55	1.85
	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_345 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	3.45	1.55	1.85
	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_275 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	2.75	1.55	1.85
	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_215 x 155 cm	-3 - Plano Interrato	2.15	1.55	1.85
	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_170 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	1.70	1.55	1.85
	Muro di base	0.15	Generico - 15 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_270 x 155 cm	-3 - Plano Interrato	2.70	1.55	1.85
	Muro di base	0.30	Muro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Internato_PROVA	Finestra Internato_100 x 155 cm	-3 - Plano Internato	3.10	1.00	1.85
	Muro di base	0.10	Generico - 10 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Internato_310 x 155 cm	2 Diano Internato	3.10	1.55	1.63
ektă Applica	Muro di base	0.10	Generico - 10 cm	Esterno		Einestra Interrato PROVA	Einestra Interrato 200 x 155 cm	-3 - Plano Internato	2.00	1.55	1.05
ogetto - TO7bis - RESIDENTIAL SUILDING ML. 🗙	Muro di baso	0.20	Generico - 20 cm	Esterno		Finestra Internato PROVA	Einestra Interrato, 150 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	1.50	1.55	1.85
Deoplina)	Muro di base	0.42	Mura Esterno 40 cm	Esterno		Finestra Interrato PROVA	Finestra Interrato 210 x 155 cm	3 - Plano Interrato	2.10	1.55	1.85
firamento	Muro di base	0.90	Man enterno - 40 cm	Esterno		Finestra Interrato_PROVA	Finestra Interrato_345 x 155 cm	-3 - Piano Interrato	3.45	1.55	1.85
an ca	Muro di base	0.30	Maro esterno - 30 cm	Esterno		Finestra Interrato_bocca di lup	o Finestra Interrato_bocca di lupo	-1 - Piano Interrato	1.70	1.00	1.30
urale de	Muro di base	0.42	Murd Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Interrato_bocca di lup	o Finestra Interrato_bocca di lupo	-1 - Piano Interrato	1.70	1.00	1.30
(/Guantità (tutti)	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Interrato_bocca di lup	<ul> <li>Finestra Interrato_bocca di lupo</li> </ul>	-1 - Plano Interrato	1.70	1.00	1.30
dei locali	Muro di base	0.15	Contine - 15 cm	Esterno		Finestra Piano Terra	Finestra Plano Terra 170 x 170 cm	0 - Piano Terra	1.70	1.70	2.10
to dei vani	Muro di base	0.15	Contine - 15 cm	Esterno		Finestra Piano Terra	Finestra Piano Terra 170 x 170 cm	0 - Piano Terra	1.70	1.70	2.10
to delle finestre	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Piano Terra	Finestra Piano Terra 170 x 170 cm	0 - Piano Terra	1.70	1.70	2.10
pula de maleisií mula Schalule	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Plano Terra	Finestra Plano Terra 170 x 170 cm	U - Mano Terra	1.70	1.70	2.10
(butto)	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra Mano Terra	<ul> <li>Einestra Plano Ferra 170 x 170 cm</li> <li>Einestra Internato bacca di bion 140</li> </ul>	- Hano Lerra	1.7U 1.40	1.00	4.10
Senza nome	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Einestra cortile	Cinesia menaci_bocca di lupo 140 Cinesira certile 70 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.70	1.00	1.00
Senza nome	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra contile 70 x 130 cm	0 - Plano Terra	0.70	1.30	1 10
Senza nome	Muro di base	0.42	Muro Esterno - 40 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 80 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.80	1.30	1.10
Server rearran	Muro di base	0.15	Confine - 15 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 60 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.60	1.30	1.10
	Muro di base	0.15	Generico - 15 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 60 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.60	1.30	1.10
18+	Muro di base	0.15	Generico - 15 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 50 x 130 cm	0 - Plano Terra	0.50	1.30	1.10
ito attenti Kevit	Muro di base	0.15	Generico - 15 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 50 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.60	1.30	1.10
ntesto_masserist	Muro di base	0.15	Generico - 15 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 50 x 130 cm	0 - Piano Terra	0.60	1.30	1.10
	Muro di base	0.10	Generico - 10 cm	Esterno		Finestra cortile	Finestra cortile 110 x 130 cm	0 - Piano Terra	1.10	1.30	1.10
	Muro di basa	0.10	Conoriso 10 om	Ectoreo		Finestra cortile	Finestra cortile 50 x 60 cm	0 - Plano Terra	0.50	0.60	2.60
	Muro di base	0.10	Generico - 10 cm	Laterno		Finestra cortile	Finestra cortile 50 x 60 cm	0 - Piano Terra	0.60	0.60	2.60
	wuro or base	0.20	Generico - 20 cm	Esterno		Finestra vano scale	Finestra vano scale	1 - Plano Rialzato	1.00	1.70	2.60
	muro di base	30.10	Generico - 10 cm	Esterno		<ul> <li>Einestra corfile</li> </ul>	intestra contre 60 x 130 cm	1 - Hano Bial/ato	0.00	1.30	0.90

Fig. 20: Stralci di abachi prima della semplificazione.

L'edificio presentava due differenti tipologie di muri: esterni ed interni di vari spessori; quindi per

avere una facilità di calcolo si decise di considerare uno spessore per entrambe le tipologie. Per i muri esterni si usò una larghezza di muro di 55 cm e per la tramezzatura interna uno spessore di 15 cm.

R 🖪 🕒 🕂 🕼 • 🗠 • 🖉 •	⊖ =· / ∧ A @· ◊ ₺	일 문제 · 후 · 유 요 Ameli · ·	F ()·	Autodesk	Revit 2020 - V(RSIOB	E PER STUDENTI - 107_1	90902_Mediterraneo 23	nt - Abecu: Alteco dei muni				< 89. J	🖳 Accedi 💦 🐂	()· ×
11: Architetture Strutture	Accaio Sisterri Inserisci Annota A	nalizza Volumetrie e cantiere Collabor	e Viste Cestiso Modell applicat	M Modifica Modifica abacoriquantità	•••									
- b 🛤 🖬 1	21 (C) (C) (C) (C)	🗆 🖙 🧐 🔛	1 🐼 🔿 🗥 1	🖻 🔺 🛄 🏹	第	- A P	m n d	• ## Ph				1		
Modeli Medeli Vebitav B	the Lines Mostra Rimand Pro	offic Lacoul rendering Rendering Races	al Wata Sestere Dettadle	Viste Properto Vista Duplice	Lepecie Abachi	Rauscho Izvela	Vista Carticito Reviela	ari Gricia Unca di contocondorga Ni		a Scambia chuch	Visto Visto	Intorfaccia		
vêde Grafina	MITH Theorem take from morrorise dita	glo related david	ning JD 👘 👘	ipieda " ilidiagus vita					vista -	Branden Mercard	or Schedu Allinoste	stenie		
Selectoro *	Galia	<ul> <li>Presentazione</li> </ul>		[.002				Compositione tavole			Fisestre			
Moarka coccygaorina muo	e enea	The second se						- In Alexandrik Comba						
теренка	*	Abece Germani X						• E Alaco dele breshe						
Abaco				<abaco dei="" muri=""></abaco>						<abaco delle<="" td=""><td>finestre&gt;</td><td></td><td></td><td></td></abaco>	finestre>			
					C		F					-	-	
Abaco: Abaco del mun	<ul> <li>GModificatipo</li> </ul>	Famiglia		Tipo	Modello	Base Offset	Larghezza	A	B Traccolition to b mile	G Resistence tormine	U Indian di dancidama	E Coofficiento di coo	er Forelatia	-
David Marent 20								190	Trasmitianza lomm	s Resistenza territoa	i nuce di iscadarie	Coefficiente of sca	n Parigia	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Nodello vsta Nexes siste	Chessango	Facciata continua	Generico		1	0.00		T07_Window_170x170_01	0.68	0.1811 (m²-K)/W	0.81	(5.5233 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Finestra Plano Terra	i i
Diperdenza	indipendente	Kienenco: 1 Mura di base	T07 External Wall 02			-	0.55	T07_Window_170x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> -K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> ·K)	Finestra Plano Terra	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i
Fad		T07 External Wall 02: 228						T07_Window_170x170_01	0.68	0.1811 (m <sup>2</sup> -K)/W	0.81	(5.5233 W/(m²-K)	Finestra Plano Terra	
Filtro delle fesi	Mostra lutto	Muro di base	T07_Internal Wal_01				0.15	T07_Window_70x130_01	0.68	0.1811 (m²-K)/W	0.81	5.5233 W/(m*-K)	Finestra cortile	
Alas	pitza di riogette	T07_internal Wall_01: 658						T07_Window_70x130_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> -K/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra cortile	
Campi	Medilion.	Totale generale: 885						T07_Window_80x130_01	0.88	0.1811 (m²-K)/W	0.81	5.5233 W/(m*-K)	Finestra cortie	
Filto	Modifica							T07_Window_00x130_01	0.00	0.1011 (m-Kyw	0.01	6 6353 W/(H*K)	Firestra cortie	
Ordinamento/Kappruppamento	Mediliot.							T07_Window_50x150_01	0.68	0.1811 (m2.K/AM	0.81	8 8943 Wiler K)	Finestra contie	
Formultarione	Modrice.							T07 Window 110x130 01	0.88	0.1811 (m² KVW	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> K)	Firestra cortie	
Topcae								T07 Window 50x60 01	0.88	0.1811 (m2KW	0.81	5.5233 W/m²-K)	Finestra cortile	
								T07_Window_70x130_01	0.58	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m*-K)	Finestra cortile	
								T07_Window_70x130_01	0.88	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra cortile	
								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m²-K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra Filo Muro	
								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m²-K)/W	0.81	5.5233 W/(m*-K)	Finestra Filo Maro	
								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra Filo Maro	
								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m²-K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra Filo Muro	
								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)W	0.81	5.5233 W/(m* K)	Finestra Filo Maro	
5-54-55 644								T07_Window_170x120_01	0.88	0.1811 (m <sup>-</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>+</sup> K)	Finestra vano scare	
cuca are proprieta	Applica							T07_Window_250x170_01	0.00	U.1011 (IPP KyW	0.01	5.5253 W/(IT-K)	Finestra Filo Maro	
proviser di progetto + TOY_150902_MD	otorarci 2nt R							T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m² KVM	0.81	5 5233 Wile? K)	Finestre Filo Maro	
Seakine: A-A 1_500								T07 Window 50x120 01	0.88	0.1811 (m² KVW	0.81	5 5233 W/m² K)	Finestra cortile	
Serkone: 8 8 1 500								T07 Window 230x170 01	0.88	0.1811 (m² KVW	0.81	5.5233 W/Im? K)	Finestra Flio Maro	
Setione: Setione 8								T07 Window 70x130 01	0.88	0.1811 (m² KVW	0.81	5.5233 W/Im <sup>2</sup> K)	Finestra cortile	
the fundiamento								T07_Window_230x170_01	0.58	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m* K)	Finestra Filo Maro	
- Moccanica								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>p</sup> K)	Finestra Filo Maro	
C Strutturelo								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m² K)	Finestra Filo Muro	
R- Abech/Guantità (tetti)								T07_Window_70x130_01	0.58	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m* K)	Finestra cortile	
Abaco dei locali								T07_Window_70x130_01	0.88	0.1811 (m² K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>e</sup> K)	Finestra cortile	
Abaco dei muri								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra Filo Muro	
Abaco della finestra								107_Window_230x170_01	0.56	0.1811 (m*K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> K)	Finestra Filo Muro	
Abaco delle porte								T07_Window_70(130_01	0.00	D 1811 (IPPK)/W	0.01	5.5253 W/(IP*K)	Finestra contre	
- Abaro Terminali								T07_Window_700130_01	0.00	D 1011 (IF K)W	0.81	5.5233 WileF K)	Finestra Ello Maro	
Calcol command dimensioni	N702							T07 Window 210x80 01	0.58	0.1811 (m <sup>2</sup> KVW	0.81	5.5233 W/Im <sup>2</sup> K)	Finestra Filo Muro	
- Compute del materiali mare								T07 Window 70x130 01	0.58	0.1811 (m*KVW	0.81	5.5233 W/Imf K)	Finestra contile	
Suportid analitidhe								T07 Window 210x80 01	0.88	0.1811 (m <sup>4</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> K)	Finostra Filo Maro	
Veri anelitici Well Scheel de								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>4</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>+</sup> K)	Finestra Filo Muro	
🖃 🐨 Tavele (tutta)								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>4</sup> K)W	0.81	5.5233 W/(mf-K)	Finostra Filo Maro	
III Sonza nomo								T07_Window_230x170_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(mf-K)	Finestra Filo Maro	
<ul> <li>A1 - Serva nome</li> <li>A2 - Serva nome</li> </ul>								T07_Window_70x130_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> K)	Finestra cortile	
AJ - Songa nome								T07_Window_70x130_01	0.58	0.1811 (m <sup>4</sup> K)W	0.81	5.5233 W/(m*K)	Finostra contilo	
ii A4 - Senza nome								T07_Window_140x130_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> -K)/W	0.81	5.5233 W/(m <sup>2</sup> K)	Finestra cortile	
E E Sarigle								T07_Window_140x130_01	0.88	0.1811 (m <sup>2</sup> K)/W	0.81	5.5233 W/(m²-K)	Finestra cortile	
Colecementi Revit								107_window_230x170_01	0.88	0.1811 (m² KyW	0.81	0.0233 W/(m <sup>2</sup> K)	Finostra Filo Maro	
Esoque lo zoom avanti o indictro can i	TRL + rotalina del mouse a CTRL + [+/-]. Par r	pristinare il livello el zoom originale (190%)	premore CIRL + B.					St.	20 E II I	todelo principale		A REAL PROPERTY	7 4 4 6	1011 NO 20
📰 🔘 Scrivi qui per esegu	ire la ricerca 🛛 🔒 🖃	🖿 前 🖻 🤤 🌍	🕰 😫 🙉 ℝ										水 へ口のせ	TNS 1134
														10/09/2019

Fig. 21: Stralci di abachi dopo la semplificazione.

Come si può notale dall'ultima figura, vi è una riduzione drastica della tipologia di muri presenti all'interno del modello ai fini di facilitare il calcolo energetico. Inoltre, si può vedere che la codifica delle varie famiglie è cambiata, facendo in modo che sia uniforme e definita allo stesso tempo, per tutti i casi studio all'interno del progetto DIMMER.

Partendo dai livelli ed i locali, tutti gli elementi ed i materiali architettonici sono stati rinominati secondo la nuova codifica DIMMER, quindi sono stati codificati come di seguito:



Fig. 22: Esempio di codifica dei livelli o pianta dei pavimenti.

### T07\_P03

dove:

- T: indica il distretto in cui è ubicato il caso studio, dove (T) Torino e (M) Manchester;
- 07: indica il numero del caso studio all'interno del distretto;
- P: indica il piano;
- xx: indica il numero del piano corrispondente.

#### Può fare eccezione:

PT: codice relativo al piano terreno.

Proseguendo nel particolare, è stata realizzata una codifica per una strategia costruttiva per esempio muro, pavimento o tetto. Quindi si ottiene la seguente codifica:



Fig. 23: Esempio di codifica di un elemento costruttivo tipo, muro in questo caso.

#### T07\_Internal Wall\_03

dove:

- T: indica la città del caso studio (T) Torino e (M) Manchester;
- xx: numero del caso studio;
- name: nome della strategia costruttiva che si sta considerando, per esempio Internal Wall,
   External Wall, Roof, Floor, ecc.
- yy: numero dello scenario, nello stato di fatto si avrà 01.

Il modello architettonico presentava degli elementi costruttivi privi di proprietà o che facevano parte delle famiglie di sistema di Revit.

Ultimata la pulizia del modello architettonico si possono inserire le informazioni relativi ai parametri tecnologici del modello, come le stratigrafie dei vari elementi, a definire dati fisici e termici dei materiali utilizzati.

I materiali utilizzati mantengono la stessa nomenclatura di partenza:

Txx\_name of materials\_yy

#### dove:

- T: indica la città del caso studio (T) Torino e (M) Manchester;
- xx: numero del caso studio;
- name of materials: nome del materiale che si sta considerando, per esempio Plaster,
   Insulation, Brick Ext, ecc.
- yy: numero dello scenario, nello stato di fatto si avrà 01.



Fig. 24: Esempio di codifica dei materiali del modello.

Il processo di rinomina degli elementi è servito per avere una standardizzazione dei modelli parametrici, così da creare una codifica ed una libreria degli elementi costruttivi, che venisse letta da tutti i software utilizzati nell'intero processo e per la successiva unione dei singoli modelli BIM studiati a livello distrettuale DIM.

Ogni componente del modello è stato adattato alla nomenclatura unificata del progetto DIMMER. Di conseguenza avremo i componenti in questo modo:

#### Prima della modifica del modello

- Muro Esterno U=0,5  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - Laterizio
  - Laterizio
  - $\circ$  Aria
  - Laterizio
  - o Intonaco Bianco
- Pavimento Controterra U
  - o Ceramica Bianca
  - Sabbia e Calcestruzzo
  - Laterizio
  - $\circ$  Aria
  - Laterizio
  - Sabbia e Calcestruzzo
- Pavimento interno U=26,15  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ 
  - Ceramica Bianca
  - Sabbia e Calcestruzzo
  - Calcestruzzo
  - o Laterizio
  - Intonaco Bianco
- Tetto
- $U=0,4224\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$
- Copertura Membrana
- Poliestere Espanso
- o Strato resistente all'acqua
- $\circ$  Calcestruzzo
- Laterizio

#### Dopo la modifica del modello

- T07\_External Wall U=0,266  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - T07\_Plaster\_01
  - T07\_Brick External\_01
  - o T07\_Plaster\_01
- $\mathsf{U}=0.5\left[\frac{W}{m^2 k}\right] \qquad \bullet \quad \mathsf{T07}\_\mathsf{Basement} \quad \mathsf{U}=1.19\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - $\circ$  T07\_CLS\_01
  - o T07\_Insulation\_01
  - T07\_CLS\_01
  - T07\_Brick\_01
- U=26,15  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$  T07\_Internal Floor U=1,13  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - T07\_CLS Floor\_01
  - T07\_Brick\_01

- T07\_Roof U=0,3  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - T07\_Asphalt\_01
  - T07\_CLS Roof\_01
  - T07\_Insulation Roof\_01
  - T07\_CLS Roof\_01
  - T07\_Brick Roof\_01

- Muro interno  $U=[-]\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - Default Muro
- Finestra  $U=[-]\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ 
  - o Nessuna

- T07\_Internal Wall

   T07\_Brick Internal\_01
- T07\_Window\_01 U=5,52  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ • Vetro singolo 3/8 in su telaio pesante

Le superficie trasparenti (le finestre) verranno analizzate nello specifico nella formulazione di ipotesi di scenario nel sotto paragrafo 9.2.1. In questa ipotesi verranno sostituiti gli attuali vetri singoli con dei vetri doppi per avere un miglioramento delle prestazioni. La trasmittanza delle finestre cambierà da 5,52  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$  a 1,93  $\left[\frac{W}{m^2 k}\right]$ .

Ultimato il modello architettonico, sono state realizzate delle masse, a cui sono stati associati dei "parametri condivisi", quali sono dei parametri che sono inseriti dall'utente e non dal sistema. Questi parametri sono stati creati per aggiungere diverse informazioni alle masse che poi saranno inserite successivamente all'interno di un contesto urbano su Revit o in software legati al GIS.

Modifica parametri condivisi					×
File parametri condivisi:	) S\Par	Sfooli	-	Crop	
Gruppo di parametri:	5 5 (Ful	Sidyii	a	Cred	
DIMMER		$\sim$			
Parametri:			Daram	otri	
% opaque surface % transparent surface			Faran	Nuovo	
Building Energy Certification Building Typology Building Use				Proprietà	
Case number CASE_NAME Construction Period				Sposta a	
Electricity supply Heating Supply				Elimina	
ID Building			Grupp	i	_
Location				Nuovo	
Occupancy Number Orientation				Rinomina	
Renewable energy TC_SENSOR				Elimina	
Total annual measured energy cons Total annual simulated energy cons USE	umption umption				
ОК		Annı	ılla	?	

Fig. 25: Parametri condivisi.



Figura 26: Modello tridimensionale con masse per i parametri condivisi.
### 6.3.2 EAM: Impostazione del modello energetico

Semplificato il modello BIM da quegli elementi che non sono dispensabili per l'analisi energetica (pilastri, travi, ringhiere) si andò ad impostare il modello per le simulazioni energetiche. Il modello BEM fù analizzato su 3 steps, perché nel momento in cui si andò ad importare il modello per l'EAM il software riscontrò un errore sul numero di rooms molto grande.

STEP 1: Il progetto iniziale prevedeva un numero sostanziale di rooms, cioè 726. In questa fase del progetto, partendo dalle piante dei pavimenti, furono realizzati i locali all'interno di ogni stanza attraverso il comando "*locali*" presente nella "Barra degli strumenti" nella sezione "Architettura" e nell'area locali e area:



Fig. 27: Comando locali.

Nella fase di costruzione del modello di sviluppo energetico si riscontrarono dei problemi di rallentamento e crash del software, poiché il calcolo effettuato dal software parametrico non riusciva ad elaborare tutte le 726 rooms.



Fig. 28: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo allo step 1.

 STEP 2: Partendo dai problemi di calcolo dello step precedente, si decise di semplificare il numero delle rooms, considerando un intero appartamento come un unico locale invece di considerare un locale come room. Questa semplificazione è stata possibile attraverso il comando "*delimita il locale*":



Fig. 29: Comando "delimita il locale" selezionato.



Fig. 30: Comando "delimita il locale" deselezionato.

Tale comando fa sì che selezionando un muro si può applicare la proprietà di delimitazione di un locale. Cambiata la prima proprietà a questo muro, si applica lo stesso procedimento per tutti i tramezzi presenti all'interno dell'appartamento. Di conseguenza le rooms passano da 726 a 162 rooms.



Fig. 31: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo allo step 2.

 STEP 3: Eseguendo un nuovo modello energetico si notò un miglioramento nell'elaborazione dei dati da parte del software, ma nonostante tutto i risultati non sono soddisfacenti sulle tempistiche di calcolo.

Utilizzando sempre la proprietà "delimita il locale" sul muro che divide i due appartamenti adiacenti al vano scala relativo, il locale si estenderà su entrambi gli appartamenti. Successivamente è stata eseguita un'ulteriore semplificazione dei locali. Le rooms così sono passate da 162 a 97 rooms (*Figura 29*).



Fig. 32: Numero locali del piano tipo ed analogo modello energetico tridimensionale relativo allo step 3.

Infine, utilizzando un foglio Excel, sono stati inseriti i dati delle rooms relativi ai tre steps e si è creato un grafico per capire meglio quale fosse l'andamento della semplificazione del modello BEM per il DIM.



Figura 33: Grafico sviluppo della semplificazione dei locali.

Durante la fase BIM sono stati elaborati ulteriori dati, come le "*superfici analitiche*", le quali servono per identificare correttamente le superfici interne ed esterne associate alla costruzione dei muri.

А	В	С	D		
Area	Conteggio	Tipo di apertura	Tipo di superficie		
25.17 m²	11	Aria			
930.06 m²	431	Finestra apribile			
6.16 m²	1	Finestra fissa			
158.22 m²	117	Porta non scorrevole			
4346.94 m²	499		Muro esterno		
2068.28 m²	274		Muro interno		
984.36 m²	123		Muro interrato		
5514.18 m²	523		Ombra		
2894.65 m²	40		Pavimento interno		
394.82 m²	27		Pavimento rialzato		
331.38 m²	15		Solaio di fondazione		
816.20 m²	32		Solaio interrato		
434.16 m <sup>2</sup>	26		Tetto		

Fig. 34: Superfici analitiche.

### 6.3.3 EAM: esportazione modello energetico

Nella versione di Autodesk Revit Architecture 2016 è possibile effettuare delle simulazioni energetiche all'interno del programma.

Avendo un modello semplificato BEM è stato possibile lanciare le simulazioni energetiche, al termine delle quali si crea automaticamente un modello EAM (Energy Analytical Model). Tale modello è composto da vani e superfici analitiche.

Nelle impostazioni energetiche troviamo i parametri "risoluzione del vano" e "risoluzione superficie analitiche" i quali danno informazioni molto significative al modello di analisi energetica.

Attivando il modello energetico su Revit si genera un modello energetico tridimensionale formato da:

- Vani e locali analitici definiti dal modello di costruzione e dagli elementi di delimitazione del locale;
- Superfici analitiche create basandosi sui vani analitici, muri, finestre, porte, ecc.

Falametro	Valore		
Comune	24		
Tipo di edificio	Condominio	-	
Posizione	Corso Mediterraneo 130, 10129 Turin TO		
Piano del terreno	0 - Piano Terra STR		
Modello dettagliato			
Categoria di esportazione	Locali		
Complessità esportazione	Semplice con superfici ombreggiate		
Includi proprietà termiche			
Fase del progetto	Stato di Fatto		
Tolleranza vani ridotti	0.0100		
Inviluppo dell'edificio	Identifica elementi esterni		
Dimensioni cella griglia analitica	0.3048		
Modello energetico			
Modalità di analisi	Usa elementi di costruzione		
Risoluzione vano analitico	0.4572		
Risoluzione superficie analitica	0.3048		
Offset nucleo	3600.0000		
Crea zone	V		
Costruzioni concettuali	Modifica		
Percentuale superficie vetrata	40%		
Altezza davanzale	750.0000		
La vetrata è ombreggiata			
Lunghezza aggetto ombreggiante	600.0000		
Percentuale superficie lucernari	0%		
Larghezza e profondità lucernario	0.9144		
<ul> <li>الله الله الله الله الله الله الله الله</li></ul>		Þ.	

Fig. 35: Impostazioni energetiche.

### 6.3.3.1 Errori esportazione modello energetico

Dopo aver posizionato i componenti camera o componenti spaziali in tutte le aree in un piano, è possibile esportare il disegno come un file gbXML.

Il file gbXML contiene tutte le informazioni di riscaldamento e di raffrescamento per un progetto secondo la sua struttura. Essa è stata creata per aiutare i progettisti ad ottenere informazioni sulle caratteristiche di consumo energetico dei loro progetti di costruzione e per la realizzazione del manufatto stesso.

Durante l'esportazione del modello parametrico in formato gbXML da Revit si sono riscontrati degli errori legati ai locali. Infatti, tali errori sono segnalati nell'esempio sottostante.



Fig. 36: Errori durante l'esportazione del modello energetico.

Tale problema causa dei vuoti indesiderati nel modello di DesignBuilder. Controllati e annullati tutti gli avvisi di errore è stato possibile esportare il modello.



Fig. 37: Correzione degli errori durante l'esportazione del modello energetico.

L'esportazione del file gbXML avviene semplicemente cliccando sul tasto "salva impostazione" come si può vedere nella figura 37.

I problemi legati alla nomenclatura e alle proprietà termiche possono essere risolti esportando nuovamente il modello da Revit e reimportandolo su DesignBuilder, quindi possono essere considerati come errori dovuti al software. Mentre per gli errori di geometria, stanze non completamente chiuse e intersezioni fra locali si è andati nuovamente su Revit a perfezionare il modello parametrico per correggere tali errori.

È sempre opportuno ricordare, quando si effettuano modifiche al modello, che bisogna confrontare il modello BIM con il modello EAM perché può succedere che alcune superfici vengano riconosciute in modo diverso.

### 6.3.4 DesignBuilder

Quando si inizia a creare un nuovo progetto su DesignBuilder, le prime informazioni fondamentali che vengono richieste sono quelle inerenti alla collocazione dell'edificio per poter valutare il file climatico corretto e la tipologia di analisi, consentendo così agli utenti di scegliere tra tre tipologie: EnergyPlus, Klima Europa e DBSim.



Fig. 38: Importazione di un nuovo modello di DesignBuilder.

Effettuata l'importazione del modello BIM nel software DesignBuilder attraverso il formato file *gbXML* si passò a definire tutti i parametri presenti nelle varie schede.

In un primo momento, il software DesignBuilder, ha mostrato degli errori con l'importazione delle proprietà termofisiche dal modello Revit, quindi non sono stati importati i materiali all'interno di DesignBuilder. Questo lo si può vedere perché la cartella delle impostazioni dei materiali risulta vuota.



Fig. 39: Errori di importazione in DesignBuilder dal BIM.



Fig. 40: Errori di importazione in DesignBuilder dal BIM.

DesignBuilder ci avvisa che gli spazi sono chiusi e ci dà il numero di blocchi e le zone disegnate risultano corrette, però guardando l'edificio nel suo insieme attraverso la navigazione 3D, si può notare che non sono stati visualizzati dei muri.

Per adempiere a questo problema, si è fatto un passaggio intermedio, cioè attraverso un programma di visualizzazione, in questo caso si è utilizzato *SketchUp*.

SketchUp è un programma di grafica per la modellazione 3D ed orientato alla progettazione architettonica, all'urbanistica, all'ingegneria civile, allo sviluppo di videogiochi e alle professioni correlate. Le piattaforme supportate sono Windows e Mac.

Questo software ha le caratteristiche di essere molto versatile, potente e nello stesso tempo molto semplice da apprendere ed usare. Ha i suoi punti di forza nella creazione di forme bidimensionali e tridimensionali, fornendo al disegnatore uno strumento intuitivo e veloce, in grado di assisterlo dal punto di vista grafico e di consentirgli un'esplorazione dinamica e creativa degli oggetti, dei materiali e dell'impatto della luce solare.

Data la sua natura molto duttile, SketchUp può supportare in importazione ed esportazione diversi formati grafici, come ad esempio:

- esportazione modelli 3D:
  - 3DS, DWG, DXF, FBX, OBJ, VRML, XSI (solo versione Pro)
  - KMZ, COLLADA (entrambe le versioni)
- importazione modelli 2D/3D
  - DWG e DXF (solo versione Pro)
  - COLLADA, KMZ, 3DS, DEM, DDF (entrambe le versioni)
- esportazione file vettoriali 2D:
  - PDF, EPS, EPIX (solo versione Pro)
- esportazione file raster 2D:
  - JPEG, TIFF, PNG (entrambe le versioni)

In questo caso, dal programma di modellazione parametrica usato per la realizzazione del modello BIM, attraverso il formato file DXF, si è provveduto ad esportare il modello per visualizzare gli eventuali errori letti dal software DesignBuilder in precedenza.



Fig. 41: Esportazione file DXF.

Importando il file DXF su SketchUp, possiamo notare effettivamente degli errori, dei vuoti nonostante tutti il modello BIM risulti essere chiuso con i muri.



Fig. 42: Errori o mancanze dovute all'esportazione del file DXF.



Fig. 43: Errori o mancanze dovute all'esportazione del file DXF.

Questo problema è stato successivamente risolto importando più volte il modello o riprovando ad esportare nuovamente il modello parametrico.

I dettagli dei balconi del modello BIM vengono visualizzati in DesignBuilder solo se è stata selezionata l'impostazione "delimitazione locale".



Fig. 44: Dettaglio dei balconi.

Successivamente alle modifiche effettuate per rendere il file gbXML idoneo e senza nessun errore per DesignBuilder avremo una schermata di questo genere.



Fig. 45: Messaggio di importazione privo di errori.

Nella scheda "Costruzione", come detto precedentemente, si assegnano le stratigrafie alle varie partizioni orizzontali e verticali. Impostati tutti i parametri si è passati alla definizione del tipo di impianto di riscaldamento da utilizzare.

Nella figura successiva dell'impianto di riscaldamento dell'edifico è stata schematizzata una caldaia, la quale ha la stessa potenza del teleriscaldamento ed un'efficienza analoga.

All'interno dell'edificio, al sesto piano, vi è un appartamento tipo, nel quale sono presenti dei sensori che forniscono informazioni sulla variazione della temperatura interna dell'intero appartamento nel corso dell'anno.

Passando nella sezione "HVAC" abbiamo impostato il template relativo alla nostra tipologia di impianto. Nella stessa sezione "HVAC" sono impostati i template relativi al funzionamento dell'impianto creando un profilo di accensione e spegnimento.



Fig. 46: Impostazione del sistema HVAC.

Sempre all'interno della sezione HVAC si possono implementare i dettagli, scegliendo e selezionando il modello dei terminali di impianto presenti all'interno dell'appartamento tipo. In questo caso vi sono

dei radiatori, i quali sono collegati al bollitore presente nel locale termico, che a sua volta è collegato alla rete pubblica di teleriscaldamento.



Fig. 47: Radiatore ad acqua tipo.

Cliccando col mouse sul simbolo del radiatore vengono visualizzate nella colonna di destra del desktop tutte le caratteristiche specifiche del radiatore, come ad esempio la temperatura dell'acqua che circola all'interno dello stesso cioè pari a 75°C, la capacità progettuale di riscaldamento per superficie, la frazione di energia radiante sulle persone pari a 0,1 W/m<sup>2</sup> k.

Considerando che il caso in esame è un appartamento, quindi usato per la maggior parte della giornata, il profilo scelto è stato quello di accendere alle ore 7:00 e spegnere alle ore 20:00 il riscaldamento, per tutto il periodo invernale. In particolare si è studiata una settimana campione che va dal 15,16,17 Novembre 2015 al 23,24,25 Novembre 2015.

Nel capitolo successivo verranno analizzate le simulazioni energetiche eseguite con EnergyPlus. In queste simulazioni verranno impostate le valvole termostatiche, non presenti all'interno dell'edificio. Inoltre verrà impostato un termostato, nella sottostazione di ingresso del teleriscaldamento dell'edificio, il quale anticiperà di qualche ora l'accensione del riscaldamento per evitare il picco di potenza richiesta.

Le simulazioni energetiche vengono eseguite nella sezione "Simulazioni", dove si può notare che non sono del tutto veritiere, perché nel software DesignBuilder non c'è la possibilità di inserire il giorno di partenza della simulazione, quindi non è possibile effettuare un confronto con i dati reali provenienti dai sensori presenti nell'appartamento tipo.



Fig. 48: Esempio di simulazione energetica con DesignBuilder.

Pertanto si decide di procedere nel fare le simulazioni con il software EnergyPlus, poiché tali problemi con quest'ultimo software sono facilmente risolvibili.

Resulting EAM accurancy & precision						
EAM Components	BIM	EAM	Difference			
Spaces – Floor area (m <sup>2</sup> )	10682,81	4194,29	-0,61			
Spaces – Volume (m <sup>3</sup> )	28220,45	14644,51	-0,48			
Surfaces – Rooft (m²)	1680,93	457,8	-0,73			
Surfaces – Exterior walls (m <sup>2</sup> )	7449,91	4664,79	-0,37			
Surfaces – Interior walls (m <sup>2</sup> )	11658,8	2162,33	-0,81			
Surfaces – Interior floors (m <sup>2</sup> )	8885,47	3033,99	-0,66			
Surfaces – Underground wall (m <sup>2</sup> )	3556,62	1427,66	-0,60			
Surfaces – Basament (m²)	2362,36	1377,56	-0,42			
Surfaces – Windows (m <sup>2</sup> )	967,34	950,59	-0,02			
Averange Difference			-0,59			

Fig. 49: Scheda della domanda di energia.

Profiles
Schedule:Compact
On,
Any Number,
Through: 12/31,
For: Weekdays,
Until: 00:00, 00,
Until: 05:00, 00,
Until: 05:30, 80,
Until: 06:00, 80,
Until: 07:00, 80,
Until: 08:00, 80,
Until: 09:00, 70,
Until: 10:00, 70,
Until: 11:00, 00,
Until: 12:00, 70,
Until: 13:00, 70,
Until: 14:00, 60,
Until: 15:00, 60,
Until: 16:00, 00,
Until: 17:00, 80,
Until: 18:00, 60,
Until: 22:00, 60,
Until: 23:00, 00,
Until: 24:00, 00,
For: Weekends,
Until: 24:00, 00,

Fig. 50: Scheda di domanda di energia.

# 7 EnergyPlus Simulazioni energetiche

### 7.1 Importare un modello in EnergyPlus

Partendo da DesignBuilder, una volta che il modello è stato impostato e parametrizzato correttamente e dopo aver effettuato delle simulazione energetiche, si può esportare un file *.idf* come di seguito:



Fig. 51: Percorso di esportazione file .idf da DesignBuilder a EnergyPlus.

Calculation Options       Help         Genesi Qotice Qoty Coty Coty Coty Sectors       Sectors Coty Coty Coty Sectors         Calculation Description       Sectors Coty Sectors         Simulation of sting periods       Sectors Coty Sectors         Bus simulation for houry weather       Sectors Coty Sectors         From       Sectors Coty Sectors         Start day       23         Start month       Nov         To       Sectors Coty Sectors         Comput Intervision Residence       Sectors Coty Sectors         To       Sectors Coty Sectors         Coty Sectors Coty Sectors       Sectors Coty Sectors         To       Sectors Coty Sectors         Option Intervision Reporting       Sectors Coty Sectors         Sub-Hourly       Sub-Hourly and Sectors Coty Sectors         Sub-Hourly       Sub-Hourly         Sub-Hourly       Sub-Hourly Sectors	Edit Calculation Options		
Cenced       Options       Simulation Manager         Celectation Description       Image: Simulation of the simulation of the simulation of the output produced.         Simulation Period       Image: Simulation for similation of the simulation of select the start and days for the simulation, or select the start and days for the simulation, or select the start and days for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation, or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds for the simulation or select the start and edds fore	Calculation Options		Help
Structulation Description       ■         Simulation Options       These divides control the simulation and the output produced.         Final simulation for hourly weather       ■         Firm       ■         Start day       23         Start month       Nov         To anotal simulation of the simulation, or select the start and days for the simulation, or select the start and days for the simulation, or select the start and days for the simulation, or select the start and edges to the simulation, or select the start and edges to the simulation, or select the start and edges to the simulation or select the start and edges to the simulation, or select the start and edges to the simulation, or select the start and edges to the simulation or select the start and weather and will also be shown before all simulations if Dent show this daid ore set the start and weather and will also b	General Options Output Simulation Manager		Info Data
Simulation Sectors control the simulation and the output         Simulation Feriod         Provisionalization Feriod         Puto simulation for hourly weather         Firon         Start day         Start month         Nov         End day         End day         End day         End day         Comparison         Monthly end ensual         Output Intervision Feriod         All summer         Vinter design west         - All summer         - All summer         Output Intervision Feriod         Output Intervision Feriod         Start month         Nov         - All summer         - All s	Calculation Description	÷	Simulation Options
	Cereira Option Description Calculation Description Calculation Description Simulation Feriod Plan simulation for hourly weather From Start day Start month To End day End month Comput Intervals for Reporting Denth of the annual Denth Start Start Ser Reporting Denth Start Ser Report Ser Rep	3 3 23 • Nov • 29 • Nov • 3 29 • 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	The Land  Simulation Options These options control the simulation and the output produced. Simulation Period Select the start and end days for the simulation, or select a typical and end days for the simulation, or select a typical period.  Annual simulation Summer typical week Summer

Fig. 52: Fase successiva del percorso di esportazione file .idf da DesignBuilder a EnergyPlus.

Una volta importato il modello in EnergyPlus, la fase successiva consiste nel controllare se sono stati importati tutti i dati in maniera corretta, rispettando la nomenclatura della codifica adottata per l'intero progetto. La prima verifica effettuata consiste nel controllare nelle schedule "Material" e "Costruction" se è stato segnato tutto come "importato", cioè se sono stati importati tutti i materiali impostati in precedenza su Revit e poi su DesignBuilder. Effettivamente, durante la prima importazione è risultato che non sono stati importati i materiali. Risolto il problema dell'importazione completo del modello si è potuto procedere con le impostazioni dei vari fattori.

Visualizzando la scheda "zone" è possibile verificare se sono stati importati tutti i locali con le rispettive aree e volumi. Per di più, possiamo verificare se all'interno della scheda "materiali", "costruzione" sono stati importati tutti i materiali con le rispettive proprietà fisiche e termiche e le stratigrafie dei componenti opachi, come muri e tetti, in forma corretta.

# 7.2 Impostazioni dei dati e validazione dei risultati delle simulazioni energetiche

In questo paragrafo spiegheremo come sono stati inseriti in modo molto preciso informazioni sull'edificio reale e sull'impianto di riscaldamento presente al suo interno. Dare maggiori

informazioni al programma farà in modo che i risultati effettuati su EnergyPlus saranno più vicini ai risultati reali.

Questa fase di simulazione energetica eseguita con EnergyPlus, è stata elaborata da altri membri dello stesso dipartimento DISEG ma anche da parte di altri membri del dipartimento di energetica DENERG.

La prima operazione effettuata è stata quella di selezionare solo gli output utili alla finalità del progetto, ovvero quei dati che ci permettono di capire l'andamento delle condizioni termo igrometriche interne ed esterne ed i consumi energetici per il riscaldamento. Diminuire il numero richiesto di output permette infatti di limitare il tempo per il calcolo computazionale.

In EnergyPlus sono stati impostati dei parametri in key value nel quale sono stati i seguenti parametri che voglio visualizzare da un menù a tendina cioè Variable nome:

- Zone Mean Air Temperature
- Zone Operative Temperature
- Zone Mean Air Dewpoint Temperature
- Zone Mean Air Humidity Ratio
- Boiler Heating Energy
- Boiler Heating Rate
- Boiler Gas Rate
- Boiler Gas Energy
- Boiler Inlet Temperature
- Boiler Outlet Temperature
- Boiler Mass Flow Rate

È stato inserito per ogni key value l'\* perché si è voluto avere questi parametri per tutti i locali dell'edificio. Invece se non si desiderasse questa informazione tutti i locali di fianco al key value potremmo inserire il nome del locale specifico per cui vorremmo il risultato.

## 8 Validazione del modello energetico

La fase successiva al termine delle simulazioni energetiche è quella della validazione del modello, che consiste nel controllare i risultati ottenuti dalle simulazioni energetiche e confrontarli con i dati reali della temperatura interna ed esterna che sono stati rilevati rispettivamente dai sensori presenti in un appartamento campione interni ed esterni.

All'interno dell'appartamento campione sono stati installati dei sensori per l'acquisizione in tempo reale dei dati ed hanno la seguente nomenclatura:

- Sensore 106: situato in soggiorno;
- Sensore 142: situato in cucina;
- Sensore 143: situato sul balcone;
- Sensore 235: situato in camera da letto.



Fig. 53: Locazione dei sensori nell'appartamento campione.

Affinchè il modello risulti validato, bisogna confrontare alcuni giorni in cui la temperatura esterna era simile alla temperatura del weather file utilizzato per la simulazione. Quando la temperatura esterna era simile a quella del weather file di DesignBuilder si è andati a verificare se le temperature interne rilevate e simulate fossero simili.



È stata scelta la settimana dal 23 al 29 Novembre perché il weather file era simile.

Figura 54: Grafana: grafico delle temperature misurate dei giorni 20, 21 Marzo 2016

Dal grafico di grafana di vedono in verde i dati misurati della temperatura, che vanno da 22°C a 25 °C. mentre i dati in giallo sono relativi all'umidità dell'aria. In questo grafico si può notare il picco delle temperature interne nel salotto durante il pomeriggio dovuto al contributo solare.

Invece guardando il grafico delle temperature simulate, si può notare come il grafico risulti più piatto, più squadrato, mentre nel grafico di grafana l'andamento dei dati misurati ha un andamento più naturale.





Questo primo tipo di validazione non è abbastanza preciso. Un altro tipo di validazione è quella della firma energetica che viene presentato di seguito.

Mettere a confronto dati di una simulazione che hanno un weather file, con dati monitorati che hanno un proprio clima diverso, dal weather file standard, porta a fare supposizioni o comunque a non poter confrontare direttamente i dati ed è per questo che facciamo la firma energetica.



Fig. 56: Firma Energetica.

Nella firma energetica ogni pallino corrisponde alla potenza richiesta in base alla temperatura esterna quindi ad ogni giorno della settimana corrisponde un pallino. Ogni giorno si avrà una temperatura media del giorno diversa.

Più saranno compatti i pallini più il margine di errore nei nostri calcoli è ridotto.

Ciò ci permette di vedere i consumi reali e simulati attraverso la visualizzazione di un grafico. Se entrambi i dati risultano più vicini possibili, vuol dire che l'andamento dei dati reali monitorati ed il modello energetico reale sono simili. I dati del consumo sono noti a livello di edificio, alla sottostazione del teleriscaldamento. Al contrario, se le due rette fossero molto lontane fra loro significherebbe che i valori sono molto lontani e che quindi dobbiamo rivedere qualcosa nelle condizioni al contorno del modello, bisogna fare un passo in dietro e intervenire di nuovo sulle impostazioni inserite all'interno del software di simulazione, come la stratigrafia o le temperature interne. La temperatura interna nella realtà potrebbe infatti discostarsi dalle condizioni di setpoint di confort ambientale inserite nel modello usato per la simulazione: in questo caso è necessario approfondire sul campo le temperature reali tenute negli appartamenti per poter tarare meglio il modello.

Per esempio, all'inizio abbiamo avuto dei risultati non idonei perché inizialmente avevamo considerato riscaldato un locale che non doveva esserlo.

Questa simulazione è stata effettuata sull'intero edificio.

Per poter confrontare i consumi totali della simulazione con quelli rilevati nella realtà bisogna controllare il totale dei gradi giorno della stagione reale che abbiamo monitorato con quelli de weather file del modello simulato. Guardando i grafici sotto, si ha: in rosso i dati misurati mentre in blu quelli della nostra simulazione. In questo caso notiamo che consumiamo di più nella simulazione, ma i gradi giorno del nostro weather file sono molto di più dei gradi giorno della stagione reale considerata.





for 1684 degree days



for 2873 degree days

Inoltre alla validazione dei risultati ottenuti, sono stati calcolati i "gradi giorno" del rispettivo periodo. I gradi giorno di una località sono definiti come la somma sviluppata su tutti i giorni, in un periodo di un anno di riscaldamento, considerando solo le differenze positive giornaliere fra la temperatura interna convenzionale e la temperatura esterna media giornaliera. Vi è una norma vigente che regola i gradi giorno. La norma UNI EN ISO 15927-6:2008 che stabilisce la definizione, metodologia di calcolo e metodologia di presentazione dei dati relativi alla differenza di temperatura, cioè i gradi giorno, per stimare l'energia utilizzata per il riscaldamento degli edifici. In Italia in base ai gradi giorno sono state definite delle fasce climatiche per tutto il territorio italiano ed i rispettivi limiti massimi nel periodo annuale di attività di un impianto termico e durante la giornata di attivazione.

Torino, per esempio, è in fascia climatica E con 239 m sopra il livello del mare e 2617 gradi giorno.

Di conseguenza, per i gradi giorno reali sono stati presi quelli misurati dal termostato esterno, mentre per i gradi giorno simulati delle temperature medie giornaliere sono state con EnergyPlus inserendo una nuova variabile di nome in "Zone outdoor air Drybulb temperature".

Fascia	Da [GG]	A [GG]	Ore giornaliere <sup>[7]</sup>	Data inizio <sup>[7]</sup>	Data fine <sup>[7]</sup>	Numero comuni
A	0	600	6	<u>1º dicembre</u>	<u>15 marzo</u>	2
В	601	900	8	<u>1º dicembre</u>	<u>31 marzo</u>	157
С	901	1400	10	<u>15 novembre</u>	<u>31 marzo</u>	989
D	1401	2100	12	<u>1º novembre</u>	<u>15 aprile</u>	1611
E	2101	3000	14	<u>15 ottobre</u>	<u>15 aprile</u>	4271
F	3001	+∞	nessuna lim	1071		

Fig. 57: Tabella fasce in relazione ai gradi giorno.

Se noi mettiamo a confronto i dati monitorati con i dati simulati delle temperature esterne troviamo molte discrepanze e c'è tanto margine d'errore e quindi non possiamo dire che il modello è validato. Invece se mettiamo a confronto il totale del consumo sulla stagione con il totale del consumo simulato non ci rendiamo conto se il modello è effettivamente validato o meno, perché come vediamo per la stagione reale abbiamo 633 MWh/anno contro i 895 MWh/anno per i simulati. Se facciamo il conto per i gradi giorno vediamo che sono diversi e non riusciamo a renderci conto confrontando questi 4 numeri se il modello è validato o meno. Quindi dobbiamo ricorrere alla firma

energetica che anche solo visivamente ci dice già se i due modelli si avvicinano a quello che è il consumo della stagione.

La temperatura esterna dei dati rossi che sono quelli monitorati sono quelli dati dal sensore esterno.

### 9 Creazione degli scenari

### 9.1 Impostazioni degli scenari

Terminata la fase di validazione del modello energetico si è passati a realizzare un'ulteriore passo, cioè quello di creare delle nuove ipotesi di scenari di intervento per avere un risparmio energetico e migliorare il confort termico e le condizioni della temperatura all'interno di un locale.

Iniziamo la fase di ipotesi cambiando diversi elementi attraverso vari scenari di simulazione. Si è duplicato il modello BIM reale per tre volte, nel quale in ognuno di essi sono stati apportati differenti modifiche in base alle simulazioni da effettuare, come:

Scenario 1: superfici trasparenti con termostato; Scenario 2: superfici opache con termostato; Scenario 3: peak shaving con termostato;

Il quadro metodologico applicato in questa fase del progetto, prevede delle ipotesi di ristrutturazione come rappresentato nella figura seguente:



Fig. 58: Quadro metodologico degli scenari.

Di base, in tutti e tre gli scenari abbiamo ipotizzato l'istallazione di un termostato in ciascun ambiente perché nell'edificio non vi erano le valvole termostatiche, quindi la prima ipotesi è stata quella di inserire le valvole termostatiche per mantenere 20°C come da normativa. Il primo intervento, quindi, applicato a tutti gli scenari è stato quello di mettere le valvole termostatiche, perché altrimenti non potremmo controllare la temperatura interna di ogni locale di tutto l'edificio. Successivamente sono stati realizzati gli scenari. Questa analisi è stata condotta su EnergyPlus.

Questo capitolo è rappresentato nell'allegato "Tavola3".

### 9.2 Scenari

In questo paragrafo verranno esposte delle ipotesi di ristrutturazione o scenari di analisi per analizzare poi nel capitolo successivo se vi sono dei risparmi energetici e quando bisogna spendere per rendere ciò possibile.

Per procedere con gli scenari è stato realizzato una copia del file BIM su Revit 2019, nel quale sono state apportate delle modifiche in base agli scenari ipotizzati.

Per gli scenari è stato usato lo stesso impianto di riscaldamento.

#### 9.2.1 Scenario 1: superfici trasparenti con termostato

Il primo scenario ipotizzato riguarda le superfici trasparenti. Tutte le finestre del modello validato in precedenza sono realizzate da un telaio fisso più un telaio mobile, mentre la superficie trasparente è formata da un vetro singolo con trasmittanza pari a 5,52 W/m<sup>2</sup> K. Di seguito sono riportate la lista delle tipologie di finestre presenti all'interno del modello BIM:

- T07\_Window\_50x60\_01;
- T07\_Window\_210x70\_01;
- T07\_Window\_230x70\_01;
- T07\_Window\_210x80\_01;
- T07\_Window\_210x90\_01;

- T07\_Window\_170x100\_01;
- T07\_Window\_210x100\_01;
- T07\_Window\_230x100\_01;
- T07\_Window\_170x120\_01;
- T07\_Window\_50x130\_01;
- T07\_Window\_60x130\_01;
- T07\_Window\_70x130\_01;
- T07\_Window\_80x130\_01;
- T07\_Window\_110x130\_01;
- T07\_Window\_140x130\_01;
- T07\_Window\_160x130\_01;
- T07\_Window\_210x145\_01;
- T07\_Window\_230x150\_01;
- T07\_Window\_230x160\_01;
- T07\_Window\_170x170\_01;
- T07\_Window\_230x170\_01;
- T07\_Window\_270x170\_01.

Nella figura 59 è riportato un'immagine della fase di impostazione dell'ipotesi di scenario relativo alle superfici trasparenti:

IDF Editor - [C:\Users\antonio\Desktop\160609_MedSim_Te	rm20\MedSimEP20160519_4 NoCurva	Eff_8_Termostat20.idf *]	-	Concernance of the local division of the loc				
😭 File Edit View Jump Window Help						_ 8 ×		
🗅 🚅 🛃 New Obj 🛛 Dup Obj 🔹 Del Obj 🔹 Copy Obj	Paste Obj							
Class List	Comments from IDF							
[0732] Schedule:Compact [] Schedule:Constant [] Schedule:File						*		
Surface Construction Elements [0024] Material [0001] MaterialNcMass [0001] MaterialInfaredTransparent [0001] MaterialInfarent [0001] MaterialI						w		
[] Material BoolVenetation	Explanation of Object and Current Field							
100001         Windowski serial Singkal strandbystem	Object Description: Alternate method of This window material object is used to d using simple performance parameters. Field Description: VT at Normal Inciden ID: N3 No default value available	Dipect Description: Alternate method of descripting windows This window method object is used of derine an entire glazing system using simple performance parameters. Field Description: Vf at Normal Incidence optional ID: N3 Vo. default value available				E		
[] WindowMaterial:Gap	Field	Units	Obj1	Obj2				
[0001] WindowMaterialShade	Name		Simple 1001	Simple 1002				
[] WindowMaterial:ComplexShade	U-Factor	W/m2-K	1,4554	1,4554				
[] WindowMaterialScreen	Solar Heat Gain Coefficient		0,62	0,62				
[] WindowMaterial:Shade:EquivalentLayer	Visible Transmittance		0,68	0.68				
Windowk dereid Bindt C garvaent Layer     Windowk dereid Scenz (Cavavent Layer     Mesiel/Poperty HeakAnd Advicute T ander Scenz)     Mesiel/Poperty HeakAnd Advicute T andere Scenz)     Mesiel/Poperty HeakAnd Advic								
energy+.idd EnergyPlus 8.5.0 0,9								
	e e	-	-	Contractor Section 1	IT 🔺	15:18 🗰 .ul 🕕 15:18		

Fig. 59: Impostazioni per lo scenario per il vetro.

Dopo la ristrutturazione e quindi la modifica delle parti vetrate, si è passati da un vetro singolo ad un doppio vetro, con trasmittanza pari a 1,99 W/m<sup>2</sup> K, per aumentare le prestazioni energetiche.

Ripetendo la fase di simulazione energetica del consumo totale di energia simulato mensile esteso su un periodo totale di un anno risulta il seguente grafico:



Total monthly simulated energy consumption

Fig. 60: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per lo scenario 1.

Dal grafico a barre vi sono tre tipi di dati.

- in blu vi sono i risultati del modello validato. È evidente in modo chiaro che per l'intero periodo di un anno hanno i valori più alti rispetto agli altri tipi di dati. Il valore complessivo di consumo annuo è pari a 916 MWh/annuo;

- in ciano sono riportati i risultati dei dati relativi al modello validato ma con l'aggiunta del termostato per il controllo dei consumi. È evidente che con l'aggiunta del termostato e potendo monitorare i dati dei consumi in tempo reale vi è un risparmio annuo consistente rispetto ai risultati del solo modello validato. Il valore complessivo di consumo annuo è pari a 660 MWh/annuo;

- in rosso, infine, sono riportati i dati relativi all'ipotesi di scenario di ristrutturazione, relativo solo alla sostituzione delle finestre. Si nota una drastica riduzione dei consumi annui rispetto ai precedenti. Il valore complessivo di consumo annuo è pari a 578 MWh/annuo.

Infine possiamo dire che investendo nella sostituzione delle finestre si ottiene un risparmio di energia sviluppata in un anno pari al:



Fig. 61: Percentuale di risparmio di energia relativo allo scenario 1.

### 9.2.2 Scenario 2: superfici opache con termostato

Nella seconda ipotesi di scenario, si è intervenuti sulla superficie opaca, cioè si è ipotizzato di realizzare un cappotto esterno. Nella figura che segue si può notare dei settaggi per l'ipotesi di ristrutturazione dello scenario 2:

San bil canal record analysis best of concerned and the second se							
Dice III New Obi Dun Obi Del Obi Coov Obi	Paste Obi						
Class List	Comments from IDE						
Implementation     Implemen							
MordowMaterialGapE GarvalentLayer     MaterialProperty MoturePentTationDepth Settings     MaterialProperty MoturePentTationDepth Settings     MaterialProperty Variable TremaIConductivity     MaterialProperty Variable TremaIConductivity     MaterialProperty HeadAndMotisture Transfer Settings     MaterialProperty HeadAndMotisture Transfer Section Soften	Explanation or Object and Luffert Field Object Description: Start with outside le Up to 10 layers total, 8 for windows Enter the material name for each layer Field Description: ID: A3 Select from list of objects	yer and work your way to the i	nside layer				
[] MaterialProperty:HeatAndMoistureTransfer:Diffusion	Field	Unite	06/22	0523	0624	05/25	05/26
[] MaterialProperty:GlazingSpectralData	Name	- Office	ob/MI Pavimento:	object dbXML Tetto di base: T07_Boof- 30 cm - aim 26941_Beve	s dbXML Tetto di bas	Project external floo	Project exte
[0040] Construction	Outside Laver		abXML T07 Brick	RockWool	obXML T07 Asphal	External Rendering	Timber Floor
[] Construction: CractorUndergroundWall	Laver 2		abXML T07 CLS FI	gbXML T07 Plaster: 0.01 [m] - aim26981 001	abXML T07 CLS R	MW Stone Wool (ro	MW Stone
[] Construction InternalSource	Laver 3			gbXML T07 Brick Roof 01: 0.16 [m] - aim26974 016	abXML T07 Insulat	Timber Flooring 000	External Re
windowThermalModel:Params	Laver 4			dbXML T07 CLS Roof 01: 0.04 [m] - aim26967 004	abXML T07 CLS R		
[] Construction:ComplexFenestrationState	Laver 5			abXML T07 CLS Roof 01: 0.07 [m] - aim26953 007	abXML T07 Brick F		
[] Construction:WindowEquivalentLayer	Laver 6			obXML T07 Asphalt 01: 0.01 [m] - aim26946: 001	db⊠ML T07 Plaster		
[] Construction:WindowDataFile	Laver 7						
Thermal Zones and Surfaces	Layer 8						
	Laver 9						
[0001] GlobalGeometryRules	Laver 10						
10123) Zavney reambin 10123 Zavney reambin 10022 Zavney reambin 10022 Zavney reambin 12201 Buildings urlace: Detailed 12201 Buildings betailed 12201 Buildings betailed							
[[] H007	1*						
nergy+.idd EnergyPlus 8.5.0 gbXML T	07_Plaster: 0.01 [m] - aim26981_0	01					
		-		Contraction of the local division of the loc	IT 🔺 🍢 🐯		15:37

Fig. 62: Impostazioni per lo scenario per il tetto.

Nella fase della validazione, l'edificio presentava un involucro esterno con trasmittanza pari a 1,23 W/m<sup>2</sup> k. Anche in questo caso la normativa UNI EN ISO 6946:2008 ci viene in aiuto; evidenziando la trasmittanza con valore minore o uguale a 0,33 W/m<sup>2</sup> k.

Con l'ipotesi della ristrutturazione a cappotto, la trasmittanza si riduce fino a 0,33 W/m<sup>2</sup> k.



### Total monthly simulated energy consumption

Fig. 63: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per lo scenario 2.



Fig. 64: Percentuale di risparmio di energia relativo allo scenario 2.

### 9.2.3 Scenario 3: peak shaving con termostato

Per peak shaving, si intende una drastica riduzione della domanda di picco, per cui si ha una riduzione del carico, rapidamente e per un breve periodo di tempo per evitare un picco di consumo. Ciò è possibile riducendo temporaneamente la domanda pur mantenendo sempre le condizioni di confort interne. È possibile rilevare in modo affidabile la fonte di un improvviso aumento del carico monitorando il consumo di energia. A seconda dell'operatore di rete, questi picchi vengono utilizzati per calcolare le tariffe di utilizzo della rete valutate per determinati consumatori di energia. La rasatura dei picchi ha senso perché evitare i picchi di carico e mantenere bassi i costi di utilizzo della rete. Nel nostro caso il peak shaving è stato adottato per evitare il picco di richiesta del mattino che è un problema per la rete di teleriscaldamento.

Nel nostro caso studio è stato applicato un anticipo dell'accensione di un'ora ed impostato il termostato gradualmente, non richiedendo subito 20°C, ma è stato impostato nella notte a 16°C e con accensione alle 05:00 17°C, alle 07:00 18°C, alle 08:00 a 20°C.

Quindi questo ragionamento ci permette di avere il grafico a scaletta ed avere una programmazione più graduale anticipando di un'ora l'accensione.

Questo tipo di controllo è stato impostato a livello di centralina del teleriscaldamento dello scambiatore del teleriscaldamento dell'edificio. Abbiamo ipotizzato di poter comandare la richiesta siamo andati ad agire direttamente sullo scambiatore.

Nei grafici che seguono, sono raffigurati e raggruppati gli andamenti delle simulazioni energetiche sulla domanda di energia relativi allo scenario nel quale sono state portate le ipotesi ed il modello validato.



Figura 65: Grafico della richiesta di energia fra i vari modelli.



### Total monthly simulated energy consumption

Fig. 66: Simulazione dei consumi di energia mensili distribuiti in un anno per il peak shaving.
Dal precedente grafico possiamo dedurre che:

- in blu vi sono i risultati del modello validato. Quindi abbiamo lo stesso valore che abbiamo avuto per le due ipotesi di scenario precedenti, cioè 916 MWh/annuo;

- in ciano sono riportati i risultati dei dati relativi al modello validato ma con l'aggiunta del termostato per il controllo dei consumi. In questo caso abbiamo una riduzione drastica dei consumi ma il valore complessivo di consumo annuo è pari a 660 MWh/annuo;

- in rosso, infine, sono riportati i dati relativi all'ipotesi di scenario o ristrutturazione del peak shaving. Si nota che i consumi annui sono inferiori al modello validato col termostato, ma non si discostano di molto. Effettivamente il valore complessivo di consumo annuo è pari a 642 MWh/annuo.

Infine possiamo dire che investendo di un migliore controllo della centralina di controllo della sottostazione del teleriscaldamento si ottiene un risparmio di energia sviluppata in un anno pari al:



Fig. 67: Percentuale di risparmio di energia relativo al peak shaving.

## 10 Risparmio energetico ed analisi dei costi sugli ipotetici scenari

In quest'ultimo capitolo, verrà esposto l'ipotesi del ritorno economico dell'investimento relativo alle ipotesi di ristrutturazione degli scenari 1 e 2 analizzati nel precedente capitolo.

 Analizzando il primo scenario relativo alle superfici trasparenti, le finestre, utilizzando l'abaco delle finestre ricavato dal software Revit, si ottengono molte informazioni, ad esempio, il numero totale delle finestre che è pari a 576 per un totale di 967,34 m<sup>2</sup> di superficie trasparente in tutto l'edificio.



Fig. 68: Resoconto dell'analisi economica relativo allo scenario 1.

L'immagine precedente evidenzia quali siano i vantaggi se si investisse del denaro nell'ipotesi di ristrutturazione delle finestre. Per un totale dei costi pari a 427.256,00 € per un ritorno dell'investimento ipotizzato in 12,2 anni.

Inoltre, focalizzando l'attenzione sulle persone che andranno a vivere all'interno, si otterranno dei miglioramenti sulla qualità dell'aria con un abbassamento della CO2 pari a 40.560 kg annui ed un risparmio economico sull'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento pari a 35.050,60 €. In aggiunta, vi è un risparmio energetico pari a 0,79 kWh/€.

Passando al secondo scenario ipotizzato, riguardante la struttura opaca, si è applicato il medesimo metodo di analisi dell'ipotesi dello scenario 1.
 Attraverso l'uso di Autodesk Revit è stato facile reperire tutti i dati utili per iniziare la fase di studio. Per l'analisi occorre conoscere la superficie opaca totale, comprendente i muri verticali e la superficie dei tetti. I muri hanno una superficie totale pari a 7.449,91 m<sup>2</sup> ed i tetti avevano rispettivamente 1.464,70 m<sup>2</sup>. Recuperati i dati, è stato possibile avviare le analisi.



Fig. 69: Resoconto dell'analisi economica relativo allo scenario 2.

In questo caso, si può vedere come il costo della ristrutturazione delle superfici opache ipotizzata risulti molto più elevata rispetto alla ipotetica ristrutturazione con lo scenario 1 con un importo ipotetico pari a 985.494,20 €. In questo caso invece, il ritorno dell'investimento dell'opera risulta essere pari a 20,7 anni.

- In quest'ultima ipotesi, è stata ipotizzata un'analisi costi attribuita al peak shaving.



Fig. 70: Resoconto dell'analisi economica relativo al peak shaving.

Si può dedurre che il costo della ristrutturazione per questa ipotesi è pari a 40.320,00 € in un tempo di ritorno dell'investimento pari a 1,4 anni. Mentre dando un'occhiata su quanto denaro si risparmia sul combustibile in un anno è pari a 28.413,80 €.

## 11 Conclusioni

Giunti al termine dell'esposizione della presente tesi si può concludere che attraverso l'utilizzo del metodo DIM è stato possibile analizzare un edificio residenziale e valutare l'aspetto energetico ed economico.

Tale metodo di lavoro è stato applicato a tutti i casi studio analizzati all'interno del distretto di Torino ed il distretto di Manchester; anche se ogni caso studio ha presentato dei problemi differenti. Nella metodologia di studio è stato analizzato:

- Un modello BIM che potesse essere più idoneo per le varie fasi del processo tralasciando quelle parti che non sono dispensabili per il processo, come per esempio le ringhiere ed arredi;
- La possibilità di poter elaborare dei dati con diversi software o più semplicemente l'interoperabilità fra i vari software;
- Poter effettuare delle simulazioni energetiche, sia sull'edificio reale attraverso dei sensori che registrano in tempo reale i vari dati, sia sul modello BIM per analizzare i consumi energetici;
- Delle ipotesi di ristrutturazione, degli scenari, con le relative simulazioni energetiche per, infine, confrontare i consumi energetici fra i consumi reale e quelli ipotizzati;
- I costi delle varie ipotesi di ristrutturazioni.

Nel complesso il lavoro è stato lungo ma interessante. Vi sono stati delle criticità sulla modellazione del modello BIM per renderlo idoneo per la fase di simulazione. Inoltre vi sono stati dei punti critici sull'interoperabilità fra i vari software nel quale il modello esportato dava degli errori di importazione; uno di questi software è stato DesignBuilder.

L'ultima fase è stata effettuata con EnergyPlus. Questa fase è stata realizzata con integrazione di altre figure professionali del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino, i quali hanno impostato i vari dati di input per poi procedere con le simulazioni energetiche.

Il lavoro effettuato in questa tesi è risultato molto interessante ed interattivo, attraverso l'uso e la conoscenza di vari software. È possibile analizzare un singolo modello in diversi modi e con diverse figure professionali.

Negli ultimi anni, anche la normativa ha introdotto delle norme sull'uso del DIM per ogni progetto, ma l'aspetto più importante nell'ultimo periodo è quello sul risparmio energetico e quindi sull'investimento di materiali, aspetti tecnologici, ma anche sulla qualità dell'aria di un ambiente. Oggi vi sono dei modelli abitativi nei quali, attraverso delle centraline online, vengono trasmessi in tempo reale all'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento la potenza necessaria affinché all'interno dell'ambiente un individuo si trovi nella sensazione di "confort". Tali dati possono essere monitorati dall'utente stesso.

La presente tesi può essere il punto di partenza per una serie di analisi quali, l'integrazione fra diversi metodi di lavoro e la possibilità di rendere la fase di simulazione energetica più semplice e intuitiva.

## 12 Allegati

## 13 Bibliografia

- M. D. Giudice, «Slideshare,» Politecnico di Torino, 2013-2016. [Online]. Available: https://www.slideshare.net/arc\_lasalle/matteo-del-giudice-politecnico-di-torino-italy. [Consultato il giorno 4 Febbraio 2019].
- [2] A. Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Torino: Dario Flaccovio Editore, 2012.
- [3] A. Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Torino: Dario Flaccovio Editore, 2012.
- [4] A. Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, 2012.
- [5] C. Volpe, Wordpress.com, 04 Marzo 2016. [Online]. Available: https://carminevolpe.wordpress.com/2016/03/04/il-bim-ed-il-cantiere/. [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].
- [6] A. Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Torino: Dario Flaccovio Editore, 2012.
- [7] A. Osello, Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Torino: Dario Flaccovio Editore, 2012.
- [8] A. Rabbini, «Archivio Storico di Torino,» Incisione di Vittorio Angeli, 1878. [Online]. Available: http://www.museotorino.it/view/s/31b8c6c953694b89894ef167c1c39429. [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].
- [9] R. Antonio, «Museo Torino,» Archivio Storico di Torino, 1896. [Online]. Available: http://www.museotorino.it/view/s/04d862886bc44ef9b98ecd6285a8f99f. [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].
- [10] A. S. d. Torino, «Pianta e dintorni di Torino nel 1911,» Archivio Storico di Torino, 1911.
   [Online]. Available: http://www.museotorino.it/view/s/0f77d4268ed74136adb163df6e177e28.
   [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].
- [11] S. Borioli, «Pianta di Torino coll'indicazione dei due Piani Regolatori e di Ampliamento rispettivamente delle zone e piana e collinare.,» Archivio Storico di Torino, 1915. [Online]. Available: http://www.museotorino.it/view/s/a1b4668b6ab94320bfb3799b1b80d425. [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].
- [12] A. S. d. Torino, «Danni recati agli edifici dopo i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale nei quartieri della zona 2: San Salvario, Crocetta, Parco del Valentino, Borgo San Secondo, Vecchia barriera di Nizza.,» Archivio Storico di Torino, 1942-1945. [Online].

Available: http://www.museotorino.it/site/exhibitions/history/room/23/gallery. [Consultato il giorno 17 Settembre 2019].

[13] A. B. Luigi, *Edificio Residenziale,* Torino: Archivio Edilizio di Torino, 1968.

### DIMMER Turin Pilot, T07 Mediterraneo 130



#### ROOM MANAGEMENT TREND



ENERGY DEVELOPMENT MODEL BUILDING





Historic Archive\_Ground Floor Plan



Historic Archive\_Elevation SOUTH



#### General Information MACII'S FLAT

Heirs property Pelassa Turin.
Project of a residential building, shops, garage, in Turin c.so
Mediterraneo, via Colombo, via G. da Verrazzano.
You can refer to the project N ° X-4-2 P # 5/64.
HOUSE MACII is located on the sixth floor, it has a area of 162.3 m<sup>2</sup>, a volume of 441.2 m<sup>3</sup>.
The apartment is oriented to SOUTH\_WEST.







Energy Model Export Process



EAM Model



STEP 3: 97 Rooms





## **BIM USE FOR DIM**

NAME LOCATION ORIENTATION CONSTRUCTION PERIOD BUILDING USE TOTAL AREA HEATING SUPPLY ELECTRICITY SUPPLY RENEWABLE ENERGY CONSTRUCTION TYPE

Condominium Mediterraneo 130, Corso Mediterraneo Facing South West 1961-1970 Residential 5974 District heating network Grid Electricity 0,0 Reinforced concrete, flat asphalt roof 00:00 - 24:00







#### WEST ELEVATION



SECTION - BB'





#### ENERGY MODEL



DESIGN BUILDER VIEWER





## **BIM USE FOR DIM**

NAME LOCATION ORIENTATION CONSTRUCTION PERIOD **BUILDING USE** TOTAL AREA HEATING SUPPLY ELECTRICITY SUPPLY RENEWABLE ENERGY CONSTRUCTION TYPE OCCUPANCY NUMBER

130, Corso Mediterraneo Facing South West 1961-1970 Residential 5974 District heating network Grid Electricity 0,0 Reinforced concrete, flat asphalt roof 00:00 - 24:00

Condominium Mediterraneo







Architettur	a Struttura Sisten	ai In	serisci Annota	Analizza Volu	imetrie e planimetr	ia Collabora Vista	G		
Categori	× • 0.0	6	" Inserisci	Nascondi	⊐*⊂ Inserisci •	🚔 Ridimens	iona		
Paramet	ro: •		Elimina	Scopri tutto	🕤 Inserisci rigi	a di dati			
Proprieta	formato	colato	· · Ridimension	na	E Elimina				
Proprietà	Parametri		G	olonne	Righe				
080.0	· @ · # · / :	0 A	@ · ? .	8.8					
Modifica abaco/gua	intità								
Proprietà		×		<superfici analitiche=""></superfici>					
			-	B	L C	- D			
Abaco			2	Conteggio	Tipo di apertura	Tipo di superficie			
			6	24 000020200		Sector Contraction			
Abase Superfici seglitishe - PR Modification		25.08 m <sup>a</sup>	11	Aria					
Abaco: superfici analitiche 🔹 🗋 moonica upo		922.74 m <sup>2</sup>	438	Finestra apriblie					
Jati identità		2 .	6.16 m <sup>2</sup>	1	Finestra fissa				
Modello vista	<nessuno></nessuno>		158.77 m²	117	Porta non scorrevo	2			
Nome vista	Superfici analitiche		4685.67 m <sup>2</sup>	555		Muro esterno			
Dipendenza	Indipendente	目	2164.84 m <sup>a</sup>	284		Muro interno			
Altro		*	1414.25 m <sup>2</sup>	143		Muro interrato			
Campi	Modifica		5237.02 m <sup>2</sup>	509		Ombra			
Filtro	Modifica	_	3037.77 m <sup>a</sup>	40		Pavimento interno			
Ordinamento/Rago	Modifica		443.62 m <sup>4</sup>	33		Pavimento rialzato			
Formattazione	Modifica	۲.	432.29 m <sup>4</sup>	22		Solaio di fondazion			
Tormatazione	Mounce		939.79 m	40		Solaio interrato			
suida alle proprietà	App	olica	456.66 m*	20		letto			
Browser di progetto -	T07_160524_mediterrar	e X	19924.0/ m-						
Abaco delle	norte	14							
Abaco Termi	nali								
Abaco Terrin	ndi dinanalani								
Abaco Termi	nail dimensioni								





Doculting		000000000	0	prodicion
Resulting	CAIVI	accuracy	α	precision

Resulting EAM accurancy & precision					
EAM Components	BIM	EAM	Difference		
Spaces – Floor area (m <sup>2</sup> )	10682,81	4194,29	-0,61		
Spaces – Volume (m <sup>3</sup> )	28220,45	14644,51	-0,48		
Surfaces – Rooft (m <sup>2</sup> )	1680,93	457,8	-0,73		
Surfaces – Exterior walls (m <sup>2</sup> )	7449,91	4664,79	-0,37		
Surfaces – Interior walls (m <sup>2</sup> )	11658,8	2162,33	-0,81		
Surfaces – Interior floors (m <sup>2</sup> )	8885,47	3033,99	-0,66		
Surfaces – Underground wall (m <sup>2</sup> )	3556,62	1427,66	-0,60		
Surfaces – Basament (m <sup>2</sup> )	2362,36	1377,56	-0,42		
Surfaces – Windows (m <sup>2</sup> )	967,34	950,59	-0,02		
Averange Difference			-0,59		

#### Heating Supply: District heating Energy Demand Schedule

40 h



Schedule.C	om
On,	
Any Numbe	r,
Through: 12	/31
For: Weekd	ay
Until: 00:00,	00
Until: 05:00,	00
Until: 05:30,	80
Until: 06:00,	80
Until: 07:00,	80
Until: 08:00,	80
Until: 09:00,	70
Until: 10:00,	70
Until: 11:00,	00
Until: 12:00,	70
Until: 13:00,	70
Until: 14:00,	60
Until: 15:00,	60
Until: 16:00,	00
Until: 17:00,	80
Until: 18:00,	60
Until: 22:00,	60
Until: 23:00,	00
Until: 24:00,	00
For: Weeke	nd
Until: 24:00,	00



75 h

AM

8



140 h

170 h

METHODOLOGICAL FRAMEWORK



SENSORS



Sensore n.106 ----- Sixty Floor, Living Room Sensore n.142 ----- Sixty Floor, Kitchen Sensore n.143 ----- Sixty Floor, Outside (Balcony) Sensore n.235 ----- Sixty Floor, Bedroom

# STATE OF ART

Condominium Mediterraneo

### NAME LOCATION ORIENTATION CONSTRUCTION PERIOD **BUILDING USE** TOTAL AREA HEATING SUPPLY ELECTRICITY SUPPLY RENEWABLE ENERGY CONSTRUCTION TYPE OCCUPANCY NUMBER

130, Corso Mediterraneo Facing South West 1961-1970 Residential 5974 District heating network Grid Electricity 0,0 Reinforced concrete, flat asphalt roof 00:00 - 24:00











Validated model with thermostat Scenario 3

Validated mode

30% Saved Energy (Scenario 3)

METHODOLOGICAL FRAMEWORK





# **POTENTIAL EFFICIENCY**

NAME LOCATION ORIENTATION CONSTRUCTION PERIOD BUILDING USE TOTAL AREA HEATING SUPPLY ELECTRICITY SUPPLY RENEWABLE ENERGY CONSTRUCTION TYPE OCCUPANCY NUMBER

130, Corso Mediterraneo Facing South West 1961-1970 Residential 5974 District heating network Grid Electricity 0,0 Reinforced concrete, flat asphalt roof 00:00 - 24:00

Condominium Mediterraneo



28	3 h							20	)	
	ENT				Cos	sts				
	/ESTM			Count	Area (m²)	€/m2 - €/cad	Tot Manufacturing Operations Cost (€)	Subtot (€)		
	N ⊿	х ц		Thermostat Windows	576	967,34	70,00 400,00	386.936,00	40.320,00	
	RETURN C		To ref	tal Co furbis 400.9	osts hment 36,00 €		Sav cost 16	ed fuel ts .165,48 €		
November December		<u>I</u>	Sa	<b>ved C</b> 18.70	: <b>O₂</b> 6 kg CO2		**************************************	<b>I years</b> 23,4		
33% ved Energy cenario 1)	)		• • • •	<b>יע [15</b> 186.2	5 <b>years]</b> 79,71€		J Save	ed <b>kWh/€</b> 0,41 84	ŀ	

Saved kWh/€

NPV [15 years]

105.333,15€

€

7,36