

«Comfort ed efficienza energetica mediante simulazione dinamica»

Ing. Veronica Castaldo, PhD
Milano, 4/12/2019



INDICE

1. **Introduzione**
2. **Il comfort:** definizione, metodi, normativa
3. **Il comfort e l'efficienza energetica**
4. **La simulazione dinamica:** definizione, applicazione, strumenti, esempi
5. **Approfondimenti:** analisi aggiuntive, POE
6. **Conclusioni**

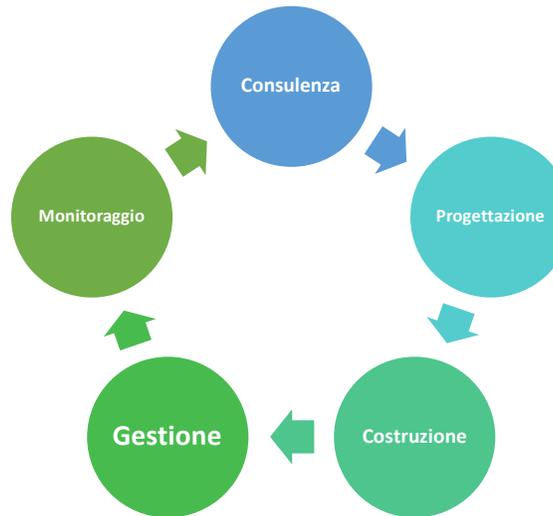


1. Introduzione

FBP nasce per integrare il mondo delle **ESCO** nel mondo del **Real Estate**.
Analizza, progetta e realizza soluzioni per il miglioramento del comfort e delle performance energetiche degli edifici.

Affiancamento dei clienti **dalle fasi preliminari fino alla realizzazione finale:**

- analisi tecnico-economiche di fattibilità
- consulenza specializzata su efficienza di involucro-impianti, incentivi, detrazioni fiscali, diagnosi
- gestione, monitoraggio e manutenzione di sistemi impiantistici e involucro
- assistenza alla progettazione e costruzione degli immobili



FBP investe negli interventi di riqualificazione che propone e realizza, ripagandosi nel tempo dai risparmi generati

Il cliente:

- **investe di meno**
- ottiene una **garanzia di performance e comfort**
- si ripaga nel tempo grazie ai **risparmi generati**

2. Il comfort

L'involucro edilizio è un elemento architettonico che delimita l'organismo costruttivo e strutturale. La sua funzione è quella di **mediare, separare e connettere l'interno con l'esterno**; è anche un elemento ambientale, che delimita e identifica gli spazi esterni circostanti



Lo scopo dell'**impiantistica edilizia** è quello di **garantire** all'interno degli ambienti dove l'uomo vive o lavora **condizioni di benessere tali da consentire al soggetto di svolgere a proprio agio le varie attività**



Per **COMFORT** si intende quella condizione mentale di **soddisfazione nei confronti dell'ambiente**:
Termico, Acustico, Luminoso, Qualità dell'aria

La definizione delle specifiche di progetto **integrato** deve presupporre la conoscenza del **rapporto tra grandezze oggettive proprie dell'ambiente e le sensazioni soggettive che queste provocano nell'individuo**

*UNI ISO EN 7730

2. Il comfort: definizione

Per **BENESSERE TERMOIGROMETRICO** si intende la particolare **condizione psicologica di soddisfazione da parte del soggetto nei confronti del microclima.**

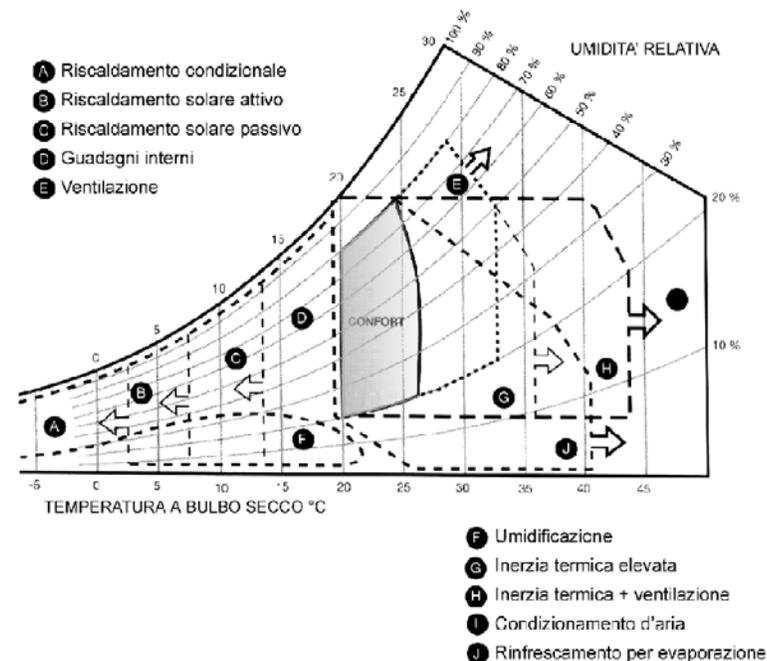
I parametri che influenzano le condizioni di benessere termoi-grometrico sono:

PARAMETRI AMBIENTALI che influiscono sui sistemi di regolazione:

- **Temperatura dell'aria** che circonda il corpo: influisce sulla cessione di calore per convezione e per respirazione
- **Temperatura media radiante**, media ponderata delle temperature delle superfici che racchiudono il corpo: influisce sugli scambi per irraggiamento
- **Umidità relativa dell'aria**: influisce sulle perdite per evaporazione da traspirazione e l'umidità ceduta attraverso la respirazione
- **Velocità dell'aria** rispetto al corpo: influisce sulla dissipazione per convezione e nella velocità di evaporazione per traspirazione

PARAMETRI INDIVIDUALI che influiscono sui sistemi di regolazione:

- **Grado di attività**: influisce direttamente sul metabolismo
- **Tipo di vestiario**: influisce sul passaggio di calore e dell'umidità



2. Il comfort: definizione

BILANCIO ENERGETICO DEL CORPO UMANO

Nell'unità di tempo, il calore prodotto dal metabolismo viene scambiato con l'ambiente per radiazione, convezione, conduzione ed evaporazione cutanea e respiratoria

Pertanto, si può scrivere una **EQUAZIONE DI BILANCIO ENERGETICO**, che esprime la condizione in cui l'energia prodotta dal metabolismo sia pari all'energia scambiata con l'ambiente sotto forma di calore o lavoro, in modo che non vi sia né aumento né diminuzione dell'energia interna

$$S = \Delta U = M \pm W \pm R \pm C \pm C_K - C_{resp} - E \quad [W/m^2]$$

- quando $S > 0$ la temperatura del corpo tende ad aumentare
- quando $S < 0$ la temperatura del corpo tende a decrescere
- quando $S=0$ siamo in presenza di **equilibrio termico** e quindi di potenziale **benessere**

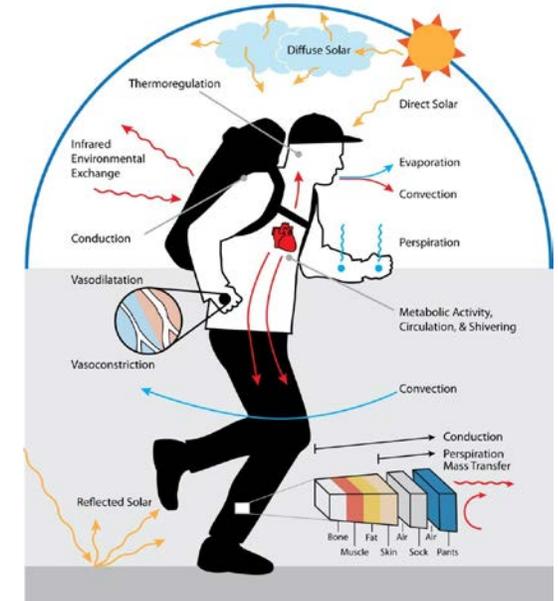


2. Il comfort: definizione

BILANCIO ENERGETICO DEL CORPO UMANO

$$S = \Delta U = M \pm W \pm R \pm C \pm C_K - C_{resp} - E \quad [W/m^2]$$

- **S:** aumento o diminuzione di **energia interna** nell'unità di tempo (accumulo termico)
- **M:** energia nell'unità di tempo associata al **metabolismo** (funzione dell'attività)
- **W:** **potenza meccanica esterna** (positiva se è compiuta dal corpo, negativa se è compiuta sul corpo)
- **R:** calore scambiato per **irraggiamento** (positivo o negativo a seconda che la temperatura degli oggetti circostanti sia maggiore o minore della temperatura superficiale del corpo vestito)
- **C:** calore scambiato per **convezione** con l'aria ambiente (negativa o positiva a seconda che la temperatura dell'aria sia maggiore o minore di quella corporea)
- **C_k:** calore scambiato per **conduzione** con gli oggetti che vengono a contatto con il corpo (in genere questo termine viene trascurato)
- **C_{resp}:** calore scambiato attraverso la **respirazione** (variazione di entalpia dell'aria respirata)
- **E:** calore ceduto per **evaporazione** cutanea



2. Il comfort: Indici di comfort

INDICI DI COMFORT

Le **condizioni di benessere** sono determinate da valori delle quattro grandezze microclimatiche ambientali tali che sia sodisfatta l'equazione di benessere. per una **data attività** e per un **certo abbigliamento**

Per valutare se sono verificate le condizioni di benessere ed eventualmente individuare lo scostamento da tali condizioni, si sono definiti degli indici che in funzione delle variabili microclimatiche danno una indicazione delle sensazioni termo-igrometriche provate dal soggetto.

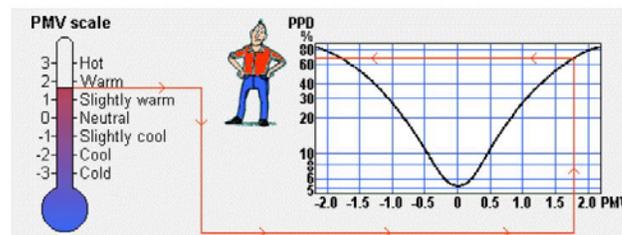
Tra gli indici più significativi si ha:

PMV (Voto Medio Previsto)

Prevede il giudizio soggettivo di un gruppo di persone nei confronti dell'ambiente.

PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti)

Prevede il numero di insoddisfatti nei confronti dell'ambiente



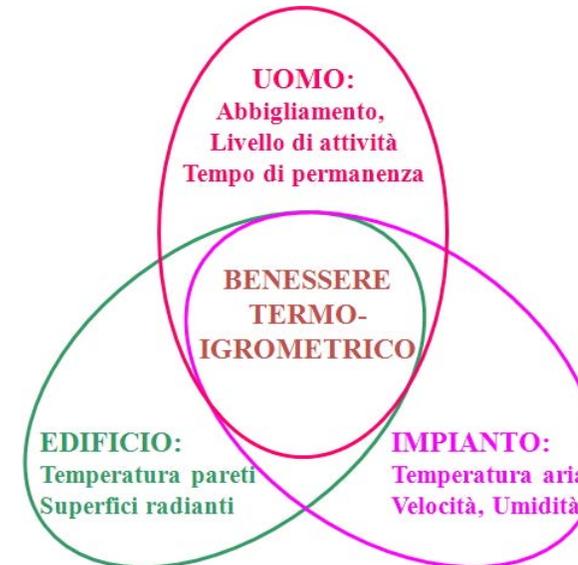
2. Il comfort: definizione

EQUAZIONE DEL BENESSERE DI FANGER

Fanger ha posto l'equazione di bilancio energetico in una forma più utile **correlando i termini fisiologici ai parametri termo-fisici** del corpo umano:

$$f(M, \eta, I_{cl}, t_{mr}, t_a, i_a, w_a, t_s, E_t) = 0$$

- **condizioni ambientali:**
 - temperatura ambiente: t_a (°C)
 - umidità relativa dell'aria: i_a
 - velocità dell'aria: w_a (m/s);
 - temperatura media radiante: t_{mr} (°C)
- **grandezze soggetto:**
 - attività svolta: M
 - η : rendimento meccanico
 - abbigliamento: I_{cl}
- **grandezze fisiologiche:**
 - temperatura medio della pelle: t_s
 - potenza termica dispersa per traspirazione: E_t



2. Il comfort: PMV

EQUAZIONE DEL BENESSERE DI FANGER

1. Fanger **partì dalla equazione del benessere** (equazione del bilancio del corpo umano in cui sono inseriti i valori di temperatura della pelle e di sudorazione ottimali per un soggetto in condizioni di comfort)
2. Definì il **carico termico L** come la differenza tra il **calore prodotto** (metabolismo M e lavoro W) e **calore disperso** nell'ambiente considerato Q_0 , in condizioni di benessere:

$$L=(M-W)-Q_0$$

L=0, condizioni di comfort termico

L>0, sensazione di caldo

L<0, sensazione di freddo

3. Mise in relazione con il carico termico i **dati sperimentali di sensazione di circa 1300 persone** in ambiente le cui **variabili microclimatiche** potevano essere **controllate** ed elaborò un algoritmo che definisce l'indice PMV (indice di sensazione termica soggettivo nei riguardi del microclima)

2. Il comfort: PMV

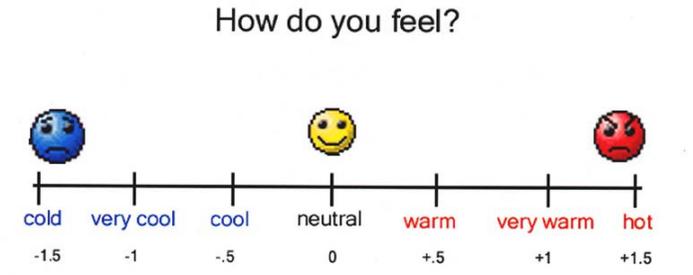
PMV (Voto Medio Previsto)

$$PMV = [0.303 \cdot e^{-0.036M} + 0.028] \cdot L$$

LIMITI: l'indice è stato stabilito in **condizioni di sedentarietà**, pertanto è applicabile con qualche riserva per range di valori metabolici diversi.

Fanger consiglia di utilizzare l'indice:

- nel range della **scala tra -2 e +2**
- per valori delle **variabili climatiche** compresi nei seguenti intervalli
 - M=0.8-4 met
 - Icl=0-2 clo
 - ta=10-30 °C
 - tmr=10-40 °C
 - Var=0-1 m/s



VOTO	Sensazione termica soggettiva
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Leggermente caldo
0	Confortevole – neutralità
-1	Leggermente freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

2. Il comfort: riferimenti normativi

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

ISO 7730 – COMFORT TERMICO

ISO 7726 – MISURE

ASHRAE 55 – COMFORT TERMICO

ASHRAE 113 – DISTRIBUZIONE DELL' ARIA

ASHRAE 62 – QUALITA' DELL' ARIA

EN CR 1752 – CRITERI DI PROGETTAZIONE PER INDOOR

EN 13779 – PERFORMANCE EDIFICI NON RESIDENZIALI

EN 14788 – DIMENSIONAMENTO SISTEMI DI VENTILAZIONE IN EDIFICI NON RESIDENZIALI

EN 13053 – UTA

UNI 10339 – VENTILAZIONE

EN 15251 – QUALITA' AMBIENTALE



2b. Il DIS-comfort

Il discomfort locale

Le grandezze microclimatiche ambientali finora considerate consentono di determinare la sensazione di benessere termo-igrometrico provata da un soggetto all'interno di un ambiente. Nonostante ciò, **anche nel caso in cui i valori medi delle grandezze microclimatiche siano tali da garantire le condizioni globali di benessere, può succedere che in alcuni punti dell'ambiente tali condizioni non siano rispettate a causa di disuniformità locali.**

Sono in particolare quattro le cause che provocano **disagio locale**:

1. elevata differenza verticale di temperatura («effetto testa calda»)
2. elevata asimmetria della temperatura media radiante («asimmetria radiante»)
3. superfici troppo calde o troppo fredde (es. pavimento/soffitto)
4. correnti d'aria (da impianti o da infiltrazioni d'involucro)



2c. Il comfort: metodi di valutazione *in-field*

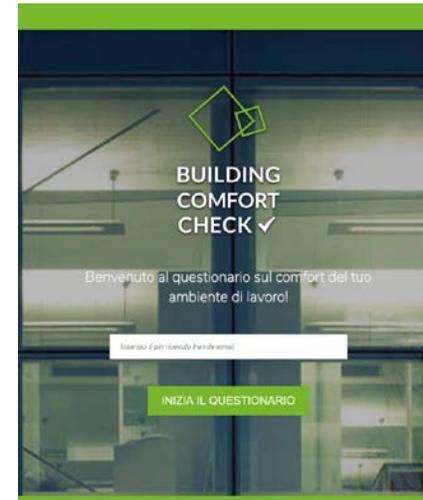
Metodi tradizionali

- costosi;
- invasivi e ingombranti;
- periodi di monitoraggio lunghi (es. 1 anno);
- imprecisione nell'individuare discomfort locali;
- scarsa rappresentatività della reale percezione degli utenti.



Metodi innovativi

- economico;
- non invasivo;
- tempi brevi di compilazione, risultati immediati;
- individuazione immediata di discomfort locali;
- analisi della sensazione degli utenti e misure spot;
- monitoraggio real-time delle risposte per referenti dell'edificio.

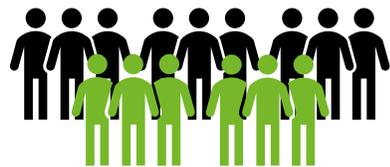


2c. Il comfort: metodi di valutazione *in-field*

Focus metodi innovativi:

1. Questionario studiato ed ottimizzato per rilevare le condizioni di comfort

↙
a tutti gli occupanti
dell'edificio.



↘
solo ad alcuni occupanti selezionati (es. dirigenti,
quadri, store manager).



2. Ricezione delle risposte
3. Rielaborazione con algoritmo proprietario
4. Analisi dei dati raccolti
5. Elaborazione di un report dettagliato per l'individuazione di eventuali punti critici del sistema edificio-impianto

2c. Il comfort: metodi di valutazione *in-field*

Focus metodi innovativi:



Riepilogo



	Meno di 2 metri	Tra 2 e 4 metri	Più di 4 metri
	😊		
		😐	
	😞	😞	
	😞		😞
	😞	😞	😞
		😞	😞
	😞	😞	😞
		😞	😞

😞 = insoddisfatto 😐 = neutro 😊 = soddisfatto

3. Il comfort e l'efficienza energetica

COMFORT ED EFFICIENZA ENERGETICA: Obiettivi principali della progettazione INTEGRATA

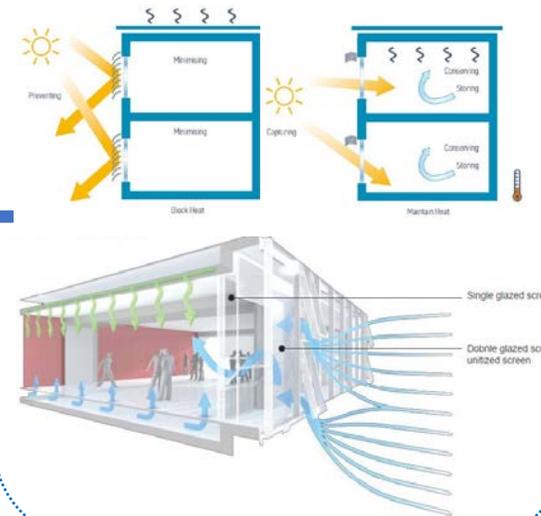
1. Involucri edilizi di elevata qualità e performance



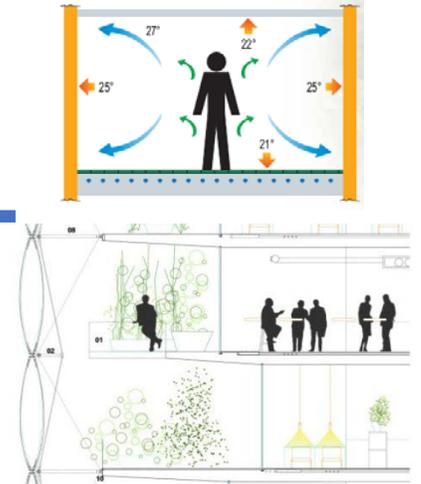
2. Integrazione con sistemi impiantistici



3. Sistemi passivi per l'efficienza energetica

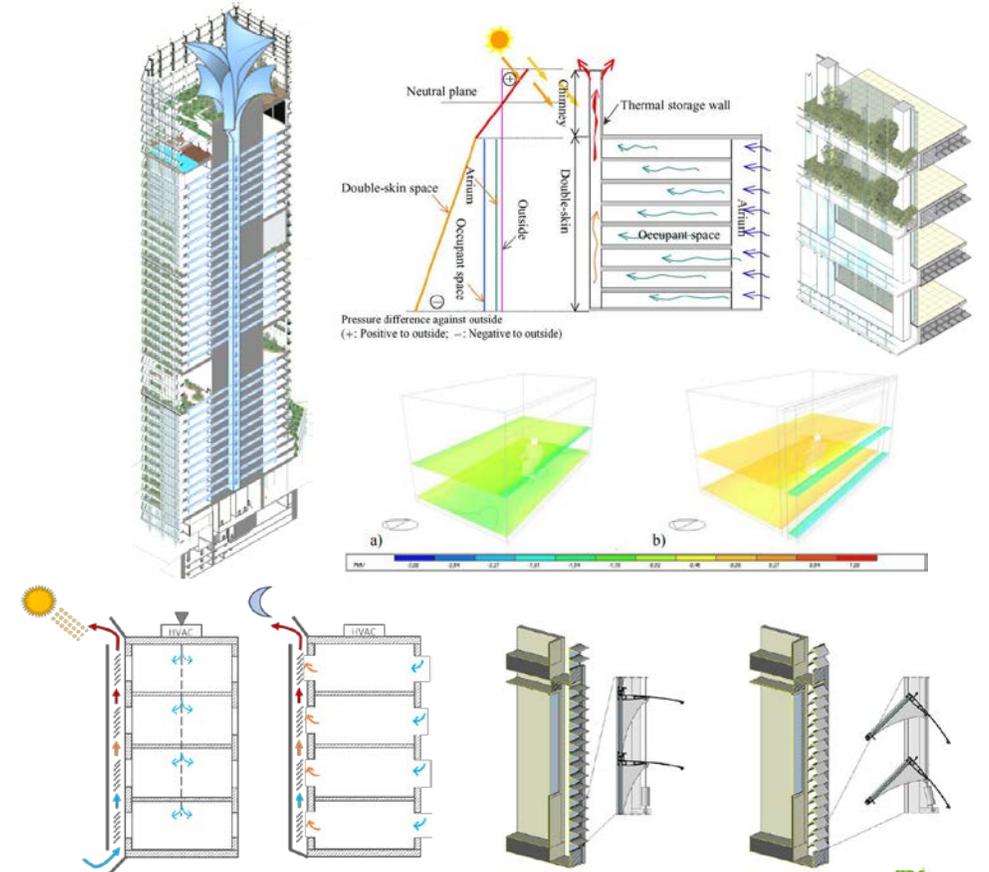
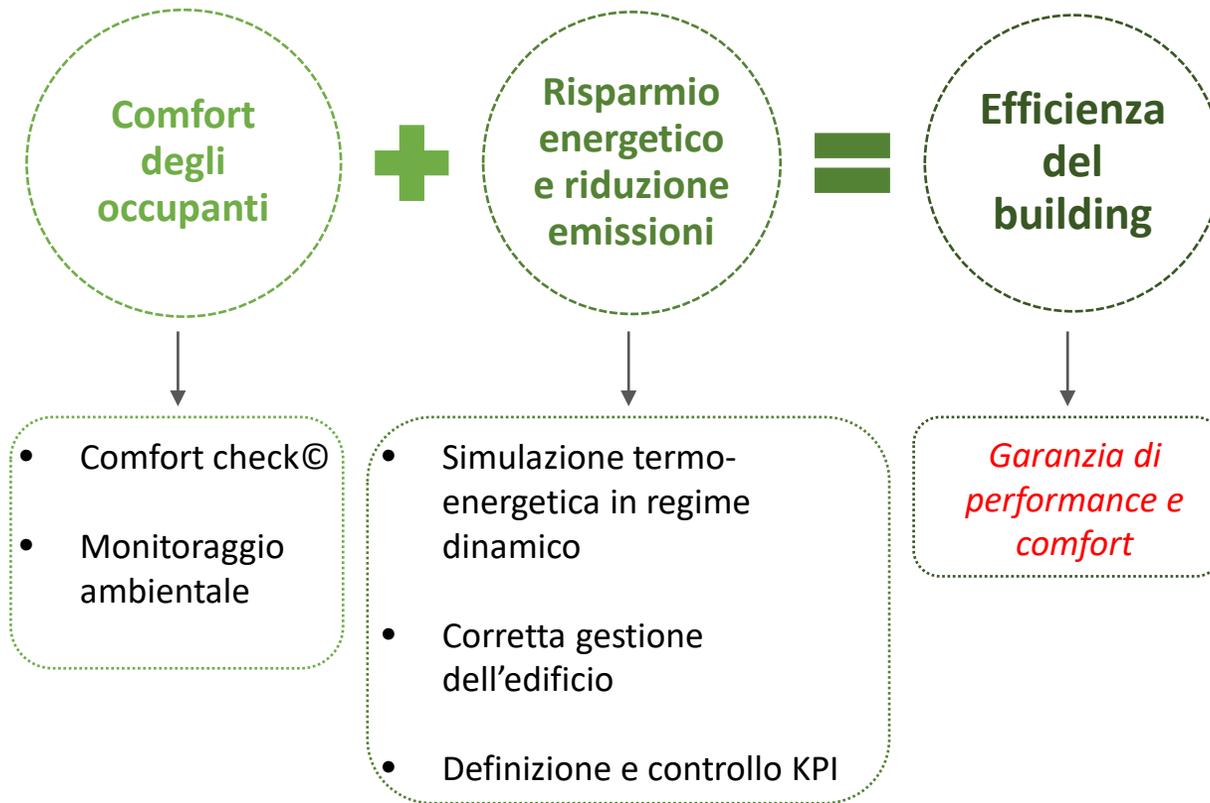


4. Miglioramento del comfort interno



3. Il comfort e l'efficienza energetica

COMFORT ED EFFICIENZA ENERGETICA:



4. La simulazione dinamica: definizione

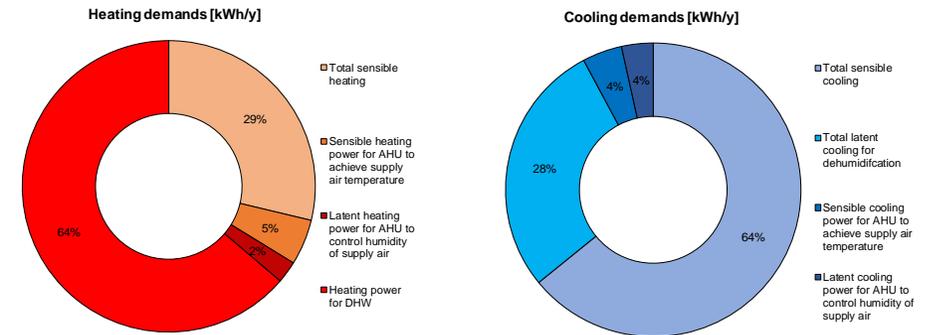
E' un metodo di calcolo avanzato per la **valutazione delle prestazioni energetiche** di un edificio prendendo in considerazione **gli effetti inerziali dell'involucro e degli impianti** (primi riferimenti normativi: **DPR 59/2009** - dal 2018 **UNI EN ISO 52016**)

Rispetto ai modelli «statici» (stima delle performance in regime stazionario) si aggiungono:

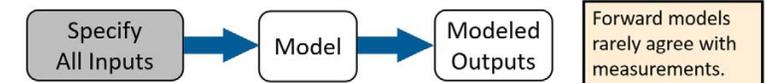
- la **variazione temporale** dei **parametri climatici** che caratterizzano il contesto territoriale in cui si inserisce l'edificio
- la **variazione temporale e in risposta alle modificazioni istantanee dei parametri ambientali** esterni, di tutti i **parametri microclimatici e sistemici interni**

CALIBRAZIONE DEL MODELLO DINAMICO:

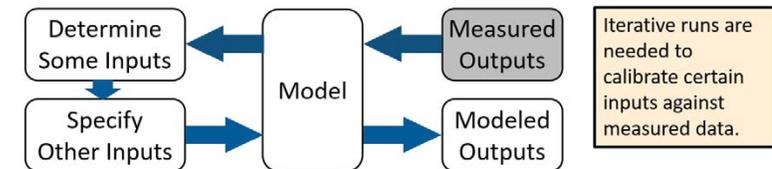
Un modello si dice calibrato quando i dati di input vengono iterativamente corretti a partire dai dati reali misurati in sito (generalmente gli output che si desidera ottenere attraverso il processo di simulazione), al fine di ottenere una descrizione estremamente precisa dell'edificio oggetto di studio, da utilizzarsi poi per lo studio di problematiche specifiche.



Forward Models

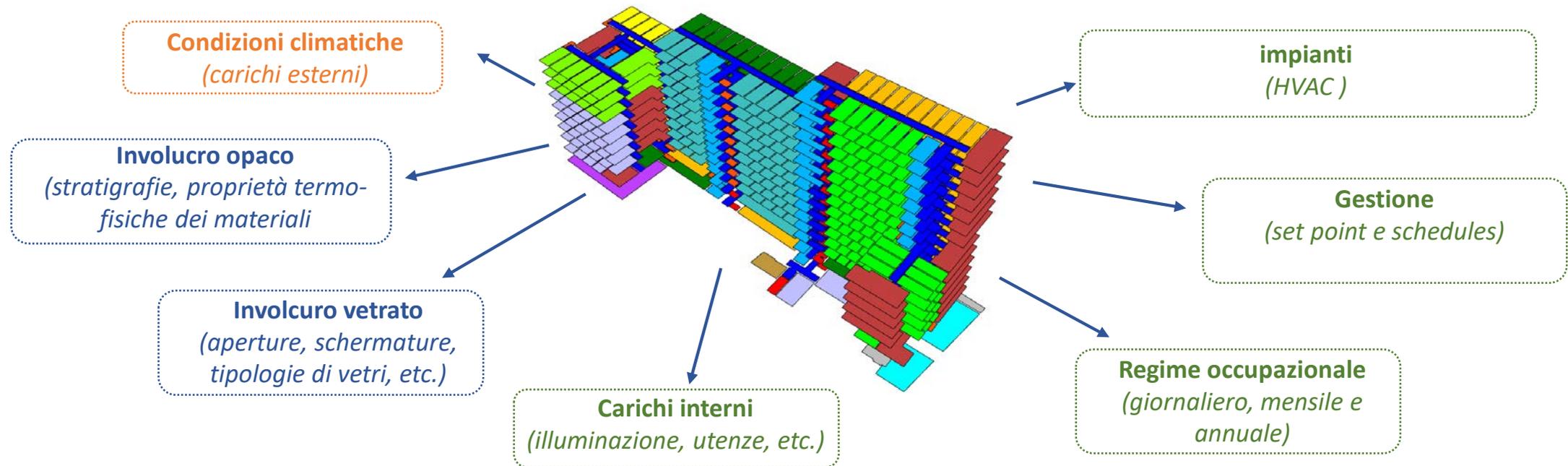


Inverse / Calibrated Models



4. La simulazione dinamica definizione

La simulazione dinamica permette di tenere in considerazione contemporaneamente la maggior parte dei fenomeni termo-fisici che si instaurano durante l'utilizzo del sistema edificio-impianto

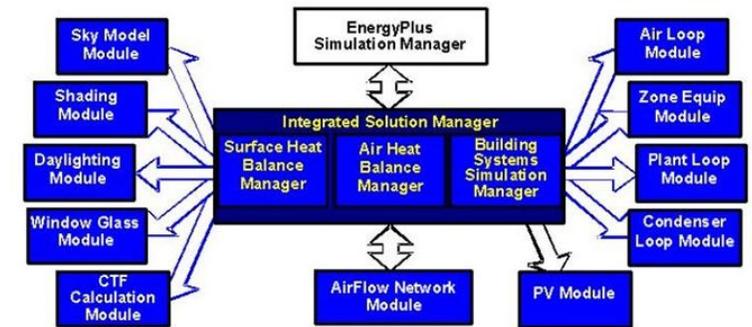


4. La simulazione dinamica: metodo

METODI MATEMATICI:

Il fulcro della simulazione è il modello dell'edificio basato sui principi di bilancio termico. I metodi di soluzione per simulare la trasmissione di calore attraverso l'involucro sono due:

- **FUNZIONI DI TRASFERIMENTO** (*EnergyPlus e TRNSYS*):
 - funzioni di trasferimento della parete per il calcolo del flusso termico per conduzione all'interno delle varie pareti dell'involucro
 - funzioni di trasferimento "ambiente" per valutare il flusso termico convettivo che deve essere fornito all'aria ambiente
 - funzioni di trasferimento "impianto" per valutare il flusso termico che deve essere fornito dall'impianto di climatizzazione
- **DIFFERENZE FINITE** (*ESP-r*):
 - il sistema continuo oggetto di analisi (dominio) viene suddiviso in un insieme di porzioni discrete (volumi di controllo) a ciascuna delle quali viene applicata una serie di equazioni di bilancio (conservazione della massa, conservazione dell'energia).
 - In tale approccio è possibile migliorare la soluzione aumentando il grado di discretizzazione del dominio



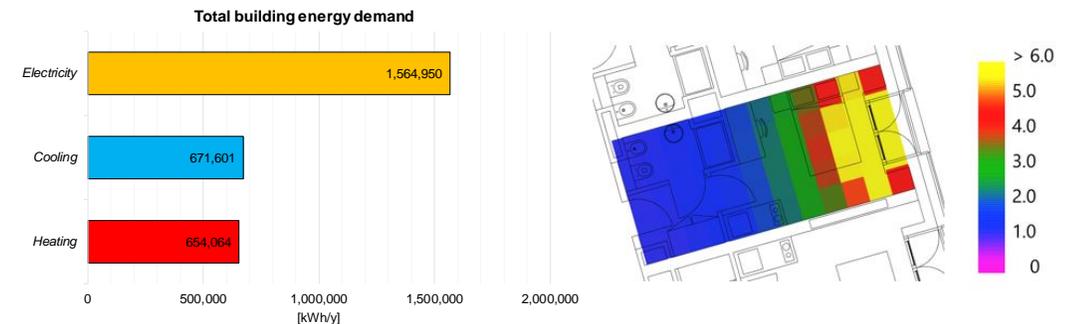
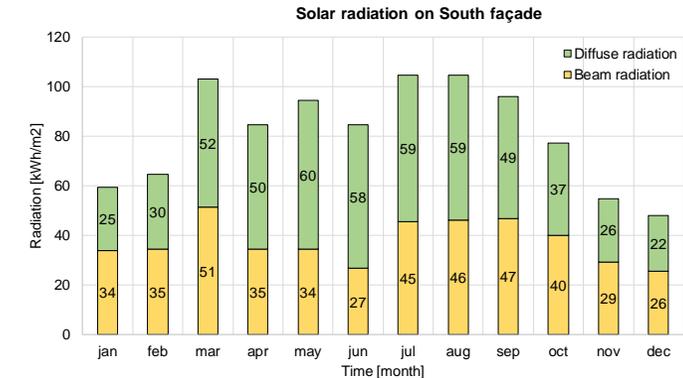
Entrambi sono in grado di simulare il contributo della massa termica e l'utilizzo di uno di essi rispetto all'altro non comporta variazioni significative nei risultati.

Il metodo CTF ha tempi di soluzione più contenuti, mentre il metodo alle Differenze Finite è necessario per alcune particolari tipologie di involucro (es. PCM o tetti verdi)

4. La simulazione dinamica: applicazione

Possibili campi di applicazione:

- Valutazione delle **prestazioni energetiche** e di **comfort ambientale** di un edificio, sia esso esistente o in fase di progetto.
- Valutazione comparata con edificio di baseline applicata al rilascio della **Certificazione LEED®** secondo quanto disposto dall'Appendice G della norma ASHRAE 90.1-2010.
- **Studio parametrico** finalizzato all'individuazione delle interdipendenze tra le variabili oggetto di indagine, quantificandone la reciproca influenza (*sensitivity analysis*).
- **ottimizzazione** delle **migliori soluzioni progettuali** dato un set di ipotesi tra loro alternative sin dalle primissime fasi di progettazione di un edificio
- Simulazione dinamica con calibrazione del modello a **supporto dell'attività di Energy Audit**

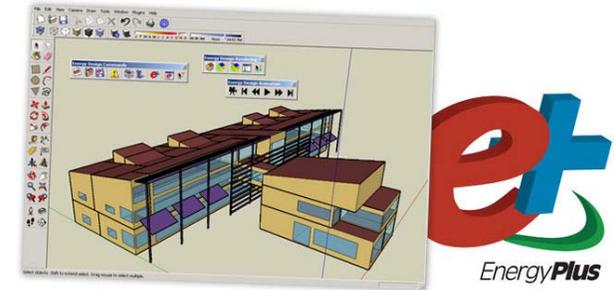


4. La simulazione dinamica: strumenti

Strumenti esistenti sul mercato

(più completi):

- EnergyPlus (fusione di DOE-2/E-QUEST e BLAST)
- TRNSYS (Transient System Simulation Tool)
- ESP-r (Environmental System Performance-research)
- IES VE (Integrated Environmental Solutions - Virtual Environment)
- IDA ICE (Indoor Climate Energy)
- e molti altri...



4. La simulazione dinamica: strumenti

CONFRONTI METODI STAZIONARI/DINAMICI

	TRNSYS	Design Builder	Ecotect	MC4	TERMUS	DOCET
Regime temporale di calcolo	Dinamico	Dinamico	Dinamico	Stagione invernale: Stazionario Stagione estiva: Semistazionario	Stazionario	Stazionario semplificato
Dati climatici	Database Energy plus*	Database ASHRAE** - Energy plus*	Database importato e convertito da Energy plus*	Stagione invernale: UNI 10349 Stagione estiva: Database ASHRAE**	UNI 10349	UNI 10349
Algoritmo e procedure di calcolo	Metodo Funzioni di trasferimento Mitalas	Metodo delle funzioni di trasferimento	Metodo dell'ammettenza	Metodo delle funzioni di trasferimento	UNI 11300-1	Bilancio energetico UNI 13790

Tabella IX – Confronto fra i fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento (kWh/m²a) calcolati su base annuale ed in riferimento alla durata della stagione indicata nella norma UNI TS 11300-1 per la località di Roma

	TRNSYS	Design Builder	Ecotect
E _{Pi,inv}	16,28	15,86	29,89
E _{Pi,inv} (UNI)	16,28	18,22	26,81
E _{Pe,inv}	21,33	17,24	6,87
E _{Pe,inv} (UNI)	21,33	17,00	9,47

- Trnsys suddivide l'anno esattamente secondo la norma UNI così da avere valori identici nel confronto
- Design Builder ha una maggiore differenza relativamente al fabbisogno di riscaldamento, restituendo un valore maggiore nel periodo raccomandato dalla norma
- Ecotect: differenze interessanti in relazione a entrambi i fabbisogni. L'energia spesa diminuisce nel periodo di riscaldamento imposto dalla UNI mentre aumenta in quello di raffrescamento

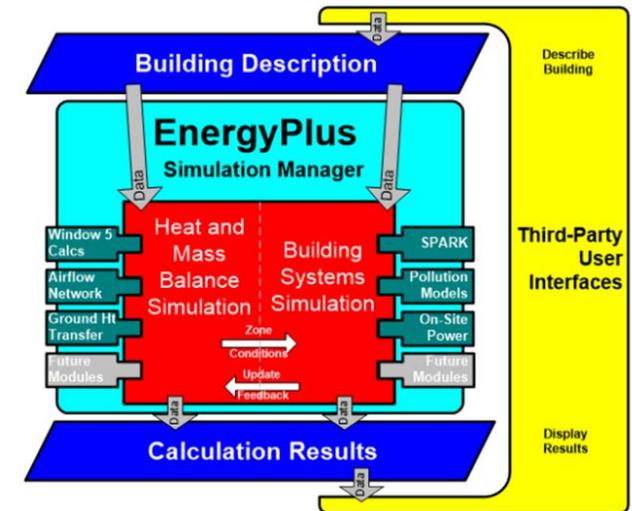
4. La simulazione dinamica: strumenti

	Energy Plus	ESP-r	IDA ICE	IES	TRNSYS		Energy Plus	ESP-r	IDA ICE	IES	TRNSYS
Simulation Solution						Renewable Energy Systems					
Simulation of loads, systems and solutions	X	X	X	X	X	Solar Energy	X	X		X	X
Iterative solution of nonlinear systems	X	X	X	X	X	Trombe Wall	X	X	X	X	X
Duration of Time Calculation						Electrical Systems and Equipment					
Variable time intervals per zone for interaction of the HVAC system	X	X				Photovoltaic panels	X	X		X	X
Simultaneous selection of building systems and user		X	X	X	X	Hydrogen Systems		X			X
Dynamic variables based in transient solutions	X	X	X			Wind Energy		X			X
Complete Geometric Description						HVAC Systems					
Walls, roofs and floors	X	X	X	X	X	Energy Production through R.E.	X	X			X
Windows, skylights, doors and external coatings	X	X	X	X	X	Distribution and management of electric power loads	X	X			X
Polygons with many faces	X	X	X	X		Electricity generators	X				X
Imports of building from CAD programs	X	X	X	X	X	Network connection	X	X			X
Export Geometry of Buildings for CAD software	X	X	X			HVAC idealized					
Import / Export of simulation models of programs	X	X	X	X		Possible configuration of HVAC systems	X	X	X	X	X
Calculation of thermal balance	X	X	X	X	X	Repetitions cycle air	X	X	X	X	X
Absorption / release of moisture from the building materials	X		X	X	X	distribution systems	X	X	X	X	X
Internal thermal mass	X	X	X	X	X	Modeling CO ₂			X	X	X
Human thermal comfort	X	X	X	X	X	Each distribution of air per area	X	X	X	X	X
Solar Analysis	X				X	Forced air unit per zone	X	X	X	X	X
Analysis of Isolation	X	X	X	X	X	Equipment Unit	X	X		X	X
Advanced fenestration	X	X	X	X	X						
Calculations of the building in general	X	X		X	X						
Surface temperatures of zones	X	X	X	X	X						
Airflow through the windows	X	X		X	X						
Driving surfaces	X	X	X	X	X						
Heat transfer from the soil	X	X	X	X	X						
Thermophysical variable			X								
Daylighting and lighting controls	X	X	X	X							
Infiltration of a zone	X	X	X	X	X						
Automatic calculation of coefficients of wind pressure				X							
Natural Ventilation	X	X	X		X						
Natural and mechanical ventilation				X	X						
Control open of windows for natural ventilation	X	X	X		X						
Air leaks in multiple zones	X	X	X		X						

4. La simulazione dinamica: strumenti

DIFFERENZE TRA MOTORI DI CALCOLO:

- **Simulazione sequenziale:** le tre parti principali del modello, zona dell'edificio (*zone*), sistema di trattamento aria (*system*) e impianto centralizzato di generazione (*plant*), sono simulati sequenzialmente senza che vi sia feedback tra loro; risultati non sempre realistici «fisicamente»
- **Simulazione integrata** («Whole building simulation»): tutti gli elementi del modello sono integrati. Lo schema di risoluzione si basa sull'iterazione successiva per far convergere domanda e alimentazione



TRNSYS, ESP-r: gratuiti, con interfaccia grafica che permette la modellazione dell'edificio, l'inserimento schematico dell'impianto, l'impostazione di tutti i dati necessari e la visualizzazione grafica dei risultati.

EnergyPlus: motore di calcolo privo di interfaccia grafica. Sono stati realizzati numerosi software capaci di generare il file processabile dal motore di calcolo EnergyPlus e di visualizzare graficamente i risultati (Design Builder, AECOsim, N++, Sefaira, Simergy, Beopt a pagamento e Openstudio-Sketchup open-source)

4. La simulazione dinamica: esempi

Simulazione in regime dinamico con TRNSYS:

motore di simulazione a struttura modulare, diverso da EnergyPlus per le modalità di gestione dell'interazione tra edificio e impianti in risposta ai carichi termici generati; il modello elaborato è di tipo parametrico

Analisi climatica

- Analisi dei venti;
- Analisi dell'energia solare incidente (diretta e diffusa) annuale e stagionale (estate/inverno);
- Analisi oraria dell'irraggiamento solare annuale e stagionale (estate/inverno).

Analisi della singola zona termica e di eventuali varianti

- Fabbisogno energetico totale annuale;
- Dettaglio del fabbisogno energetico di riscaldamento, raffrescamento ed elettricità annuale;
- Fabbisogno energetico totale mensile
- Perdite e guadagni annuali;
- Curve di carico in funzione del tempo per riscaldamento e raffrescamento.

Analisi illuminotecnica

- DA (*Daylight Autonomy*, 300 lux);
- CDA (*Continuous Daylight Autonomy*, 300 lux);
- UDI (*Useful Daylight Illuminance*, 100-2000 lux);
- DF (*Daylight Factor*);
- Illuminamento (valori orari).

Analisi del comfort

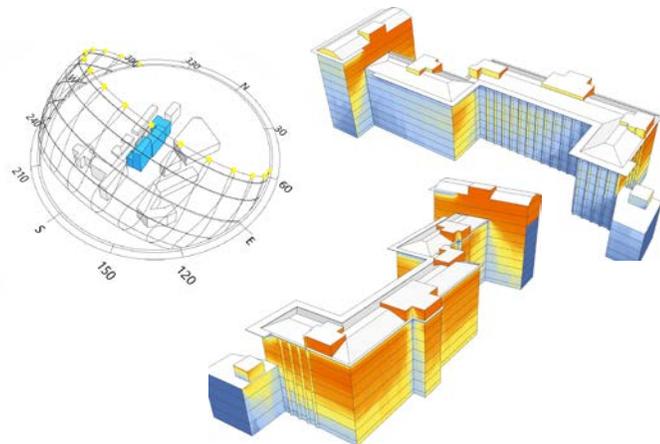
- Temperatura operante;
- Umidità relativa;
- Impatto della radiazione solare;
- Individuazione della zona di comfort su diagramma psicrometrico (di Carrier);
- PMV (*Predicted Mean Vote*) annuale, per la tipica settimana estiva/invernale e per le stagioni intermedie;
- TMR (*Temperatura Media Radiante*) annuale, per la tipica settimana estiva, per la tipica settimana invernale e per le stagioni intermedie.

4. La simulazione dinamica: esempi

Work-flow

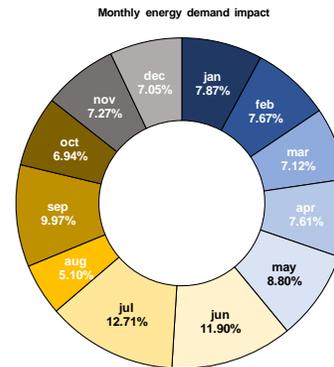
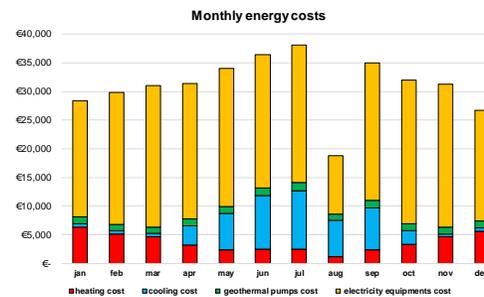
1. Definizione delle condizioni al contorno

- Elaborazione del modello
- Analisi climatica



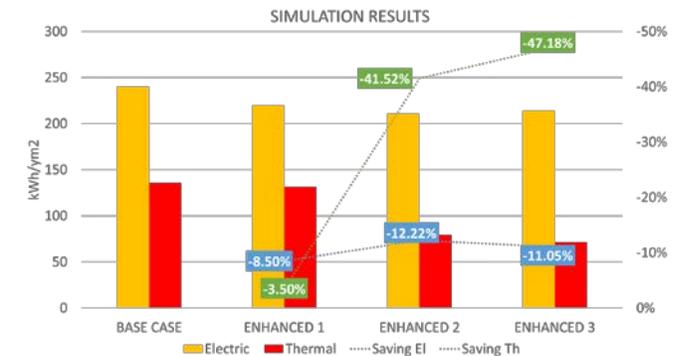
2. Previsione della performance in condizioni dinamiche

- Simulazione dello scenario base/attuale (baseline)
- Validazione del modello (Comfort Check© + misure)
- Simulazione degli scenari ottimizzati



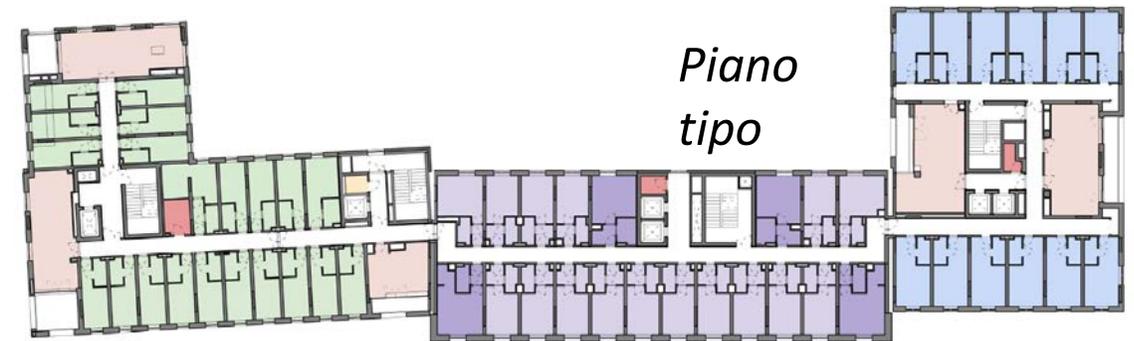
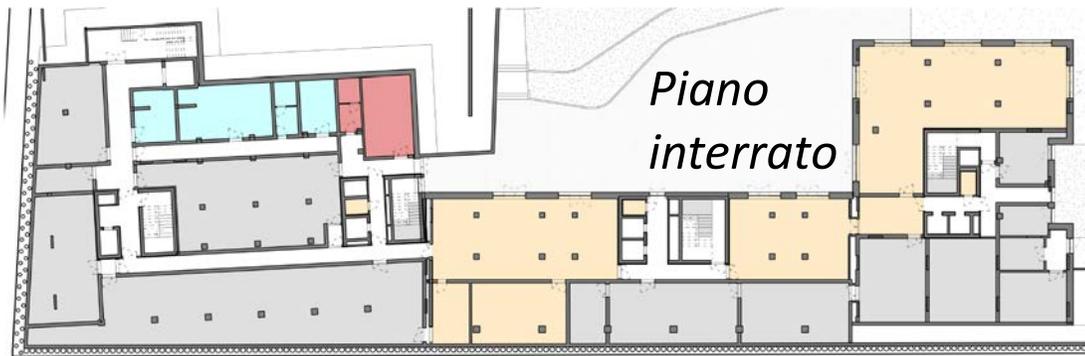
3. Analisi dei risultati

- Confronto scenari in termini di savings e comfort
- Analisi dell'impatto ambientale



4. La simulazione dinamica: esempi

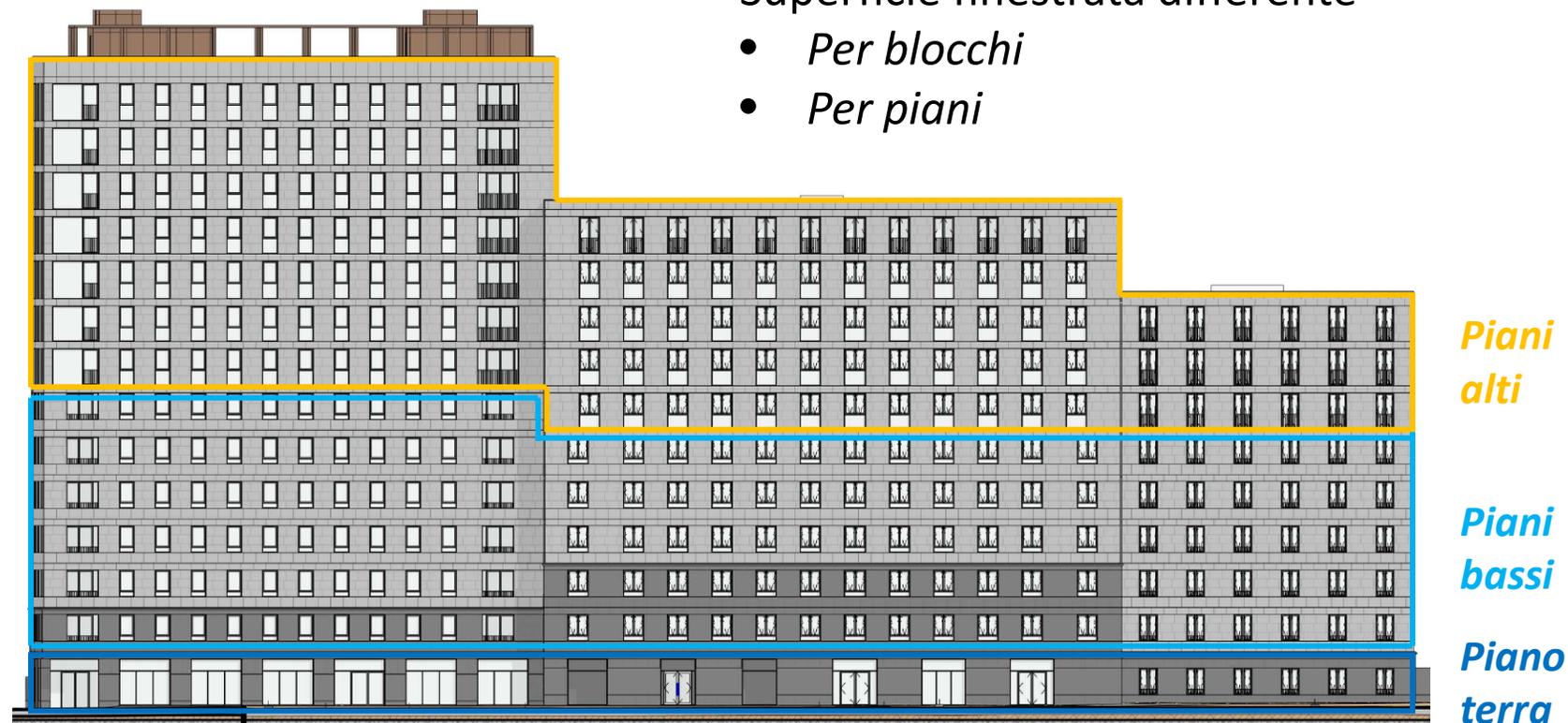
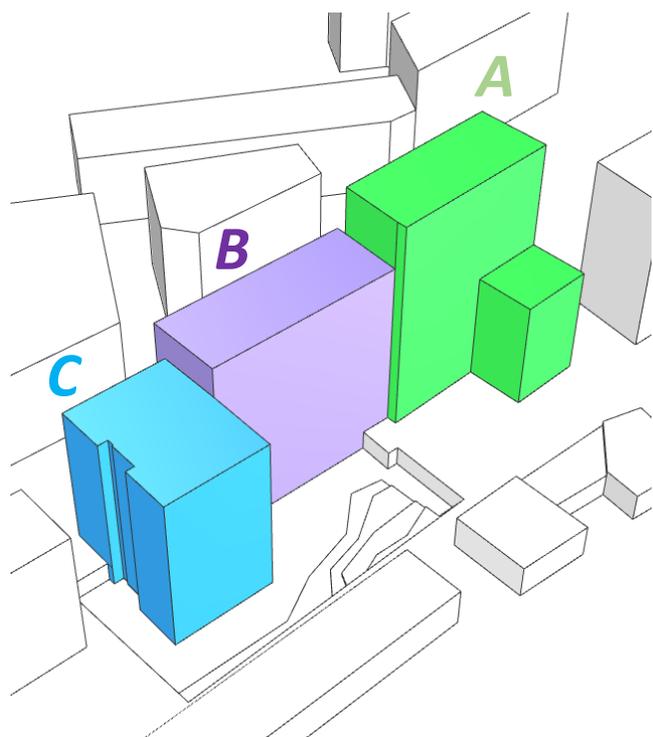
ANALISI DELL'EDIFICIO: Composizione e destinazioni funzionali



- Piano interrato
 - Piano terra
 - Piano tipo
- ➔ *Molteplici destinazioni*
- ➔ *Destinazione prevalente (camere)*

4. La simulazione dinamica: esempi

Analisi dell'edificio: Involucro

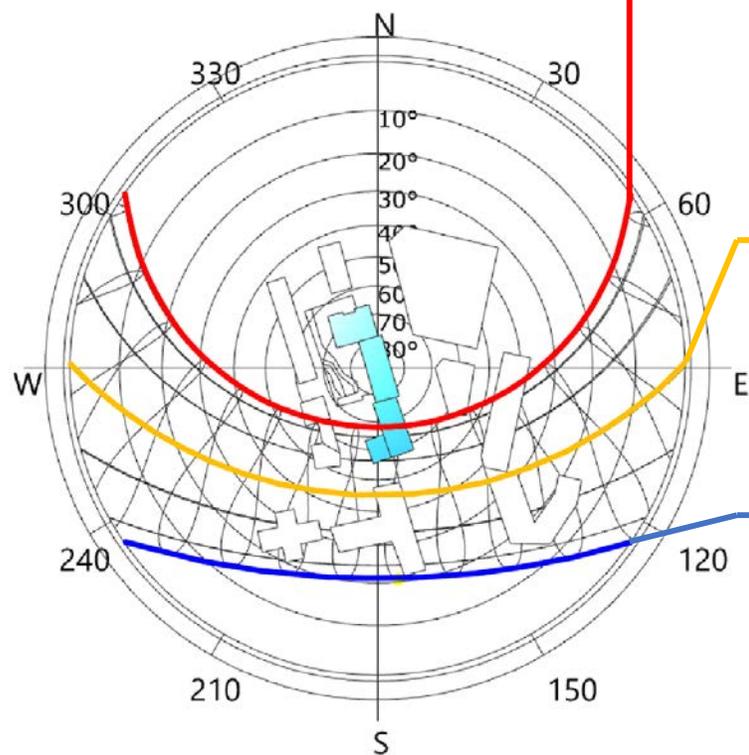


Superficie finestrata differente

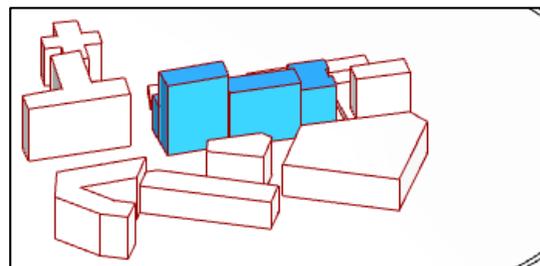
- *Per blocchi*
- *Per piani*

4. La simulazione dinamica: esempi

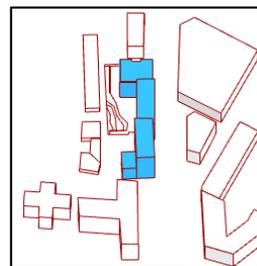
**Analisi climatica qualitativa:
View From The Sun**



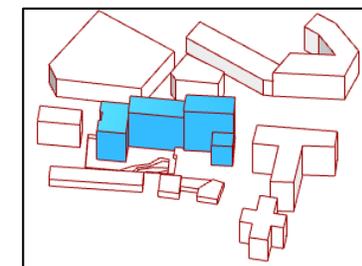
08:00



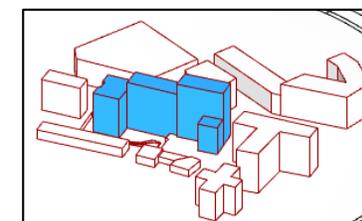
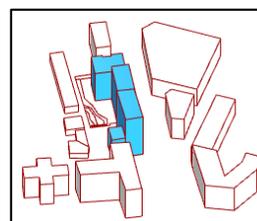
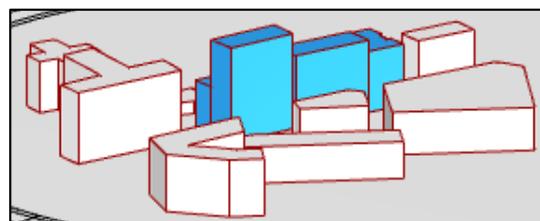
12:00



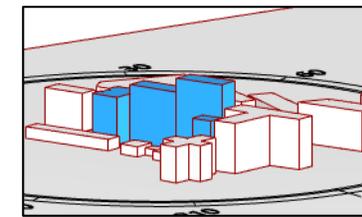
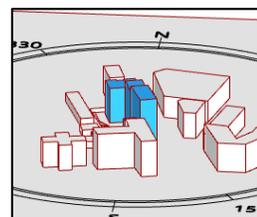
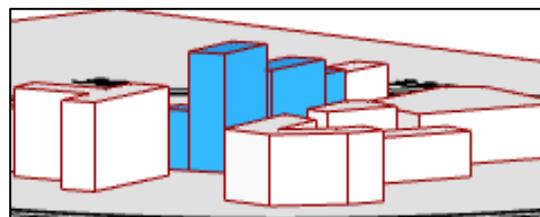
16:00



21 Giugno



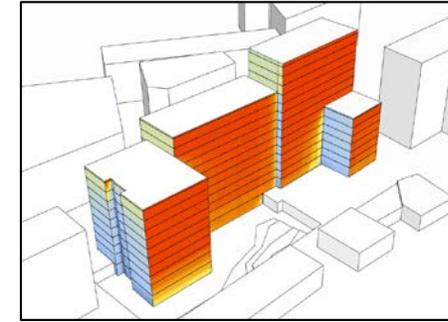
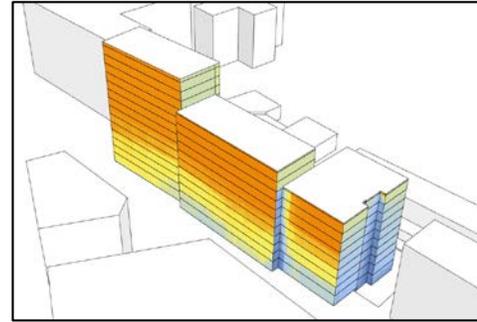
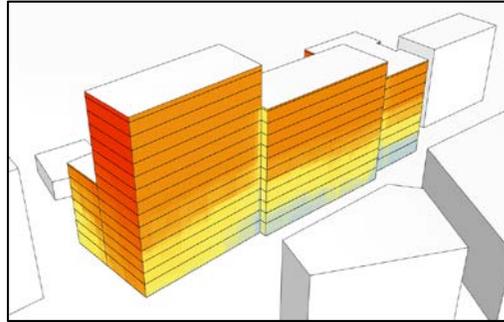
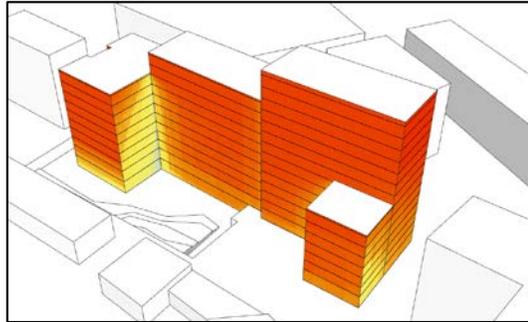
21 Marzo



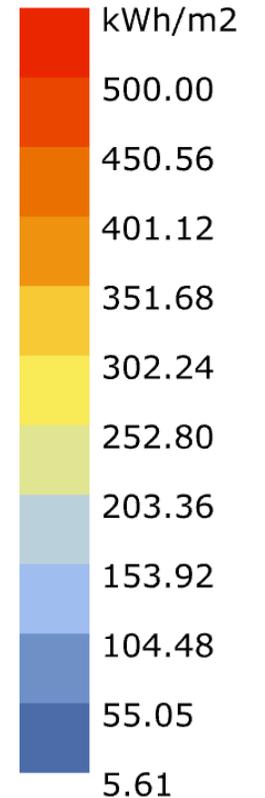
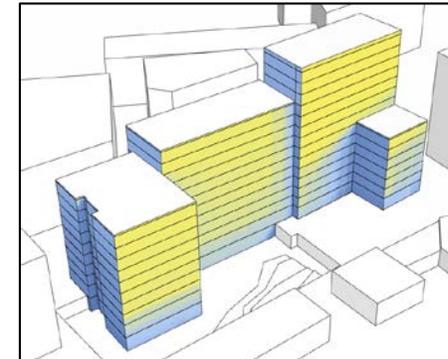
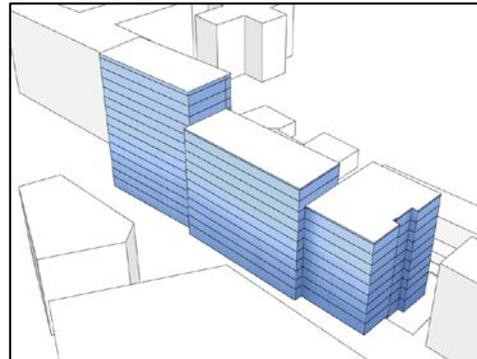
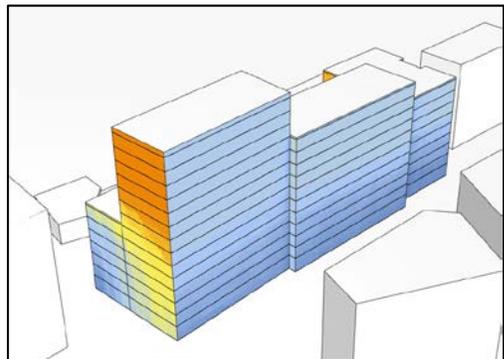
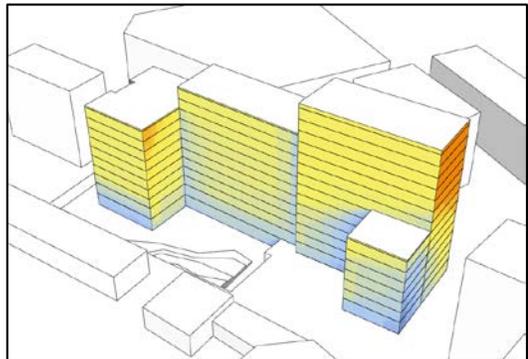
21 Dicembre

4. La simulazione dinamica: esempi

Analisi climatica quantitativa– radiazione solare stagione termica **estiva**



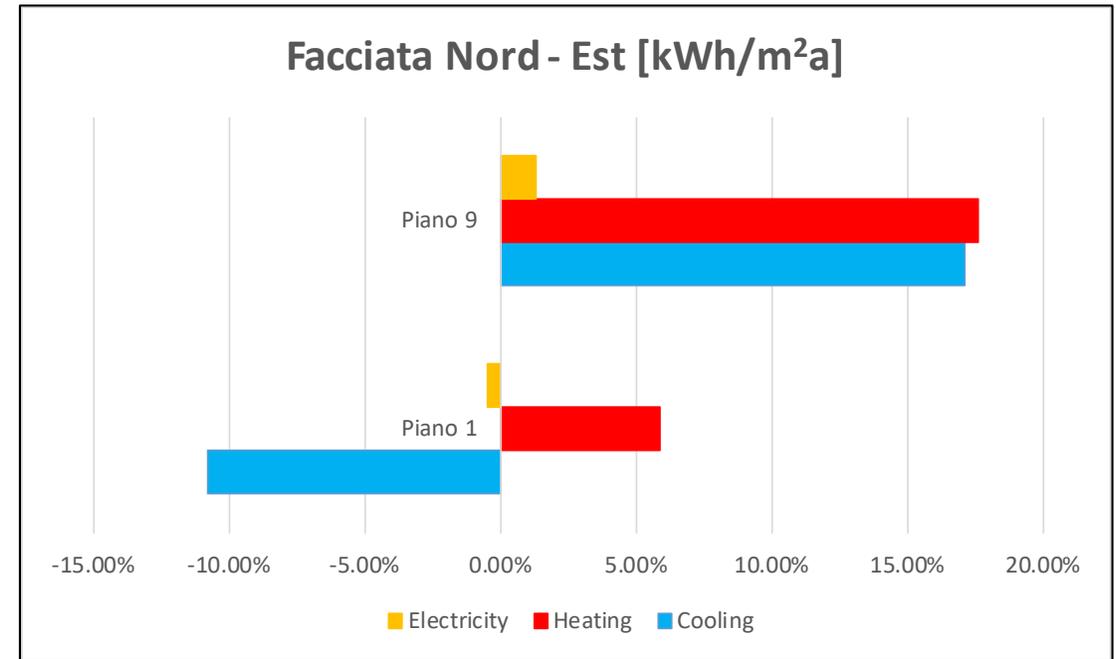
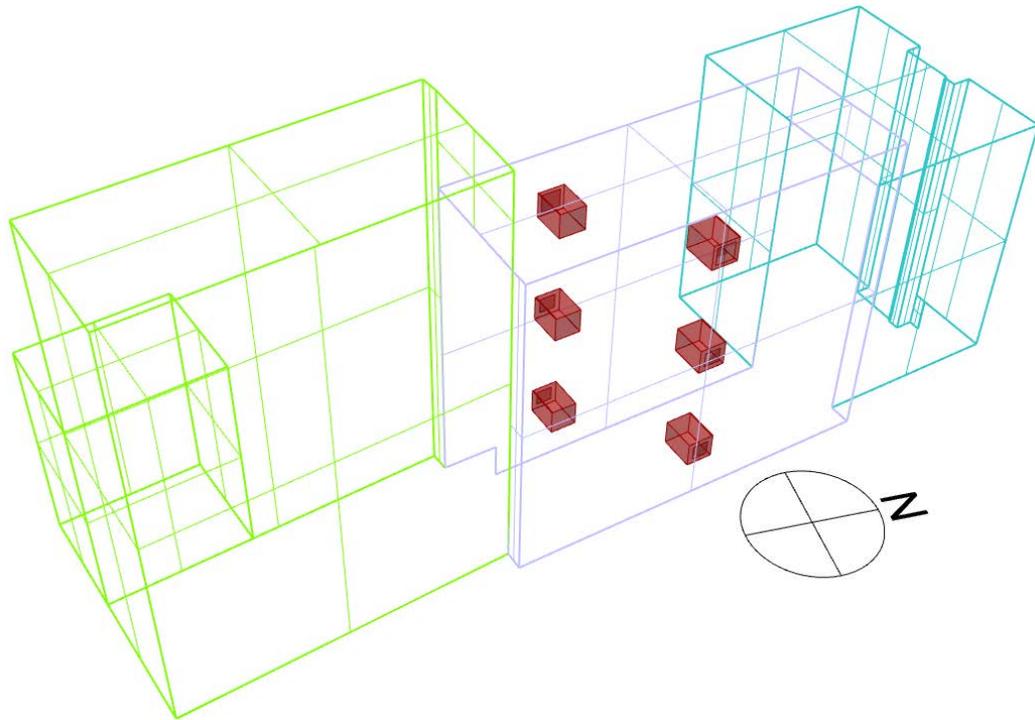
Analisi climatica quantitativa– radiazione solare stagione termica **invernale**



4. La simulazione dinamica: esempi

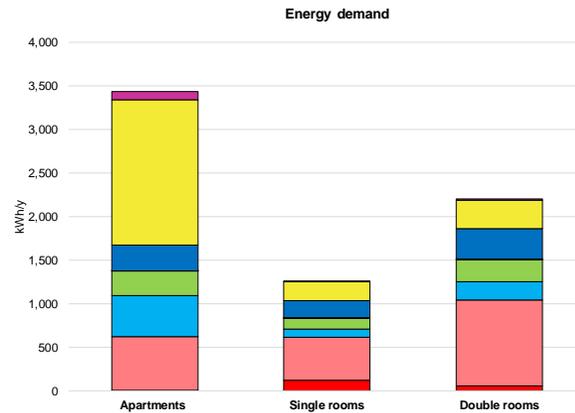
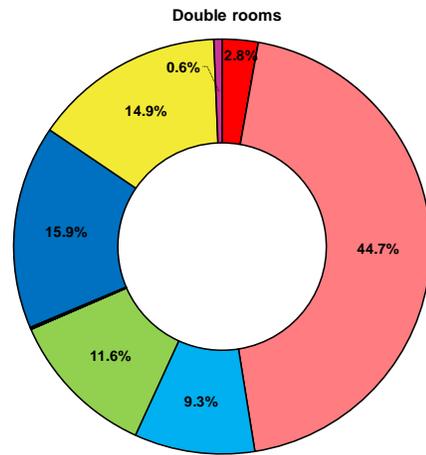
Determinazione dell'incidenza dei vari fattori sul fabbisogno

Simulazione preliminare

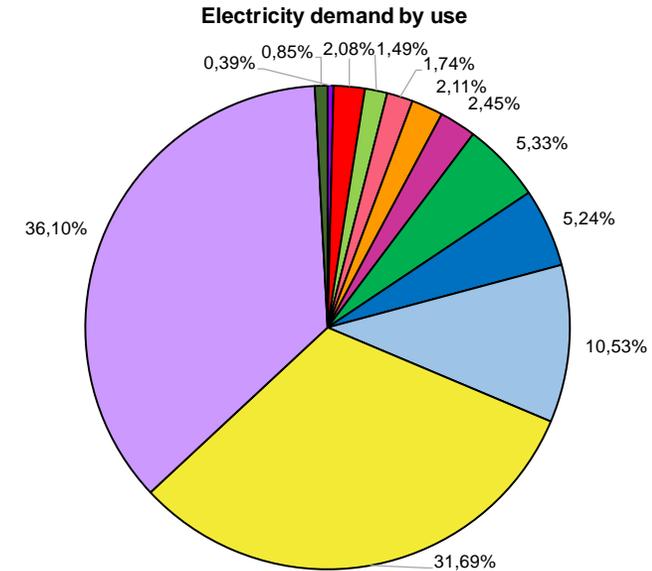


4. La simulazione dinamica: esempi

Simulazione di dettaglio



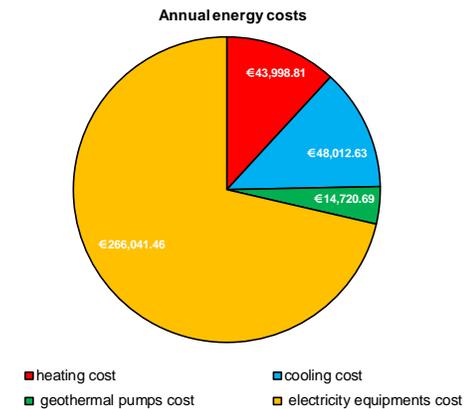
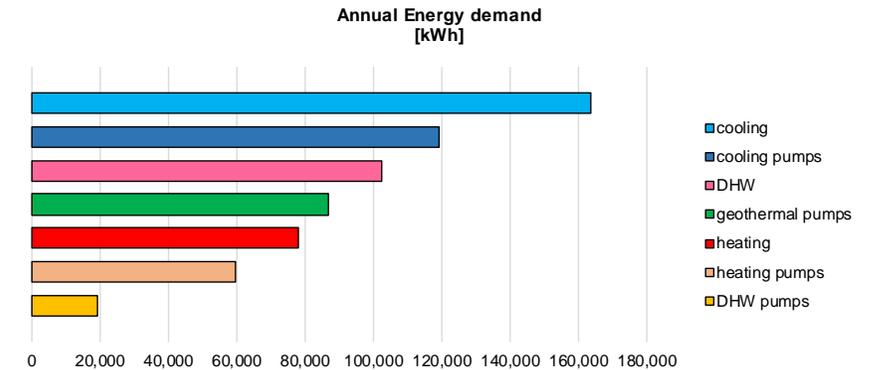
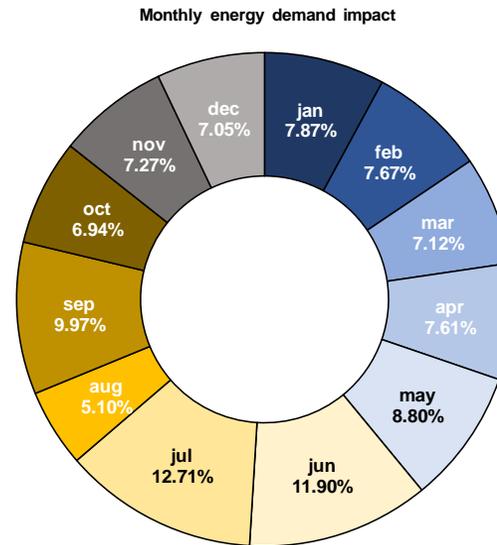
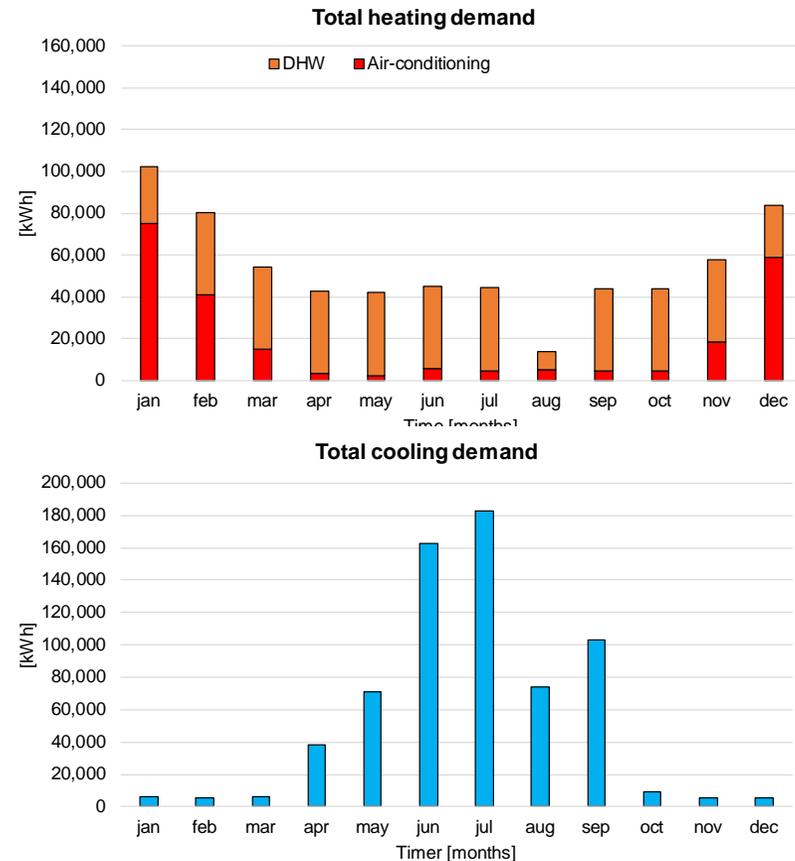
- Heating
- Domestic hot water
- Cooling
- Latent cooling for dehumidification
- Electricity usage of heating
- Electricity usage of cooling
- Electricity usage of artificial lighting
- Electricity usage of equipment
- Electricity usage of mechanical ventilation



- Electrical room
- Gym
- Hall/Reception
- Apartments
- Stairs, Technical rooms, Storage rooms
- Laundry
- Atrium
- Corridors and Services
- Rooms
- Cinema
- Study areas
- Shared kitchens

4. La simulazione dinamica: esempi

Simulazione di dettaglio

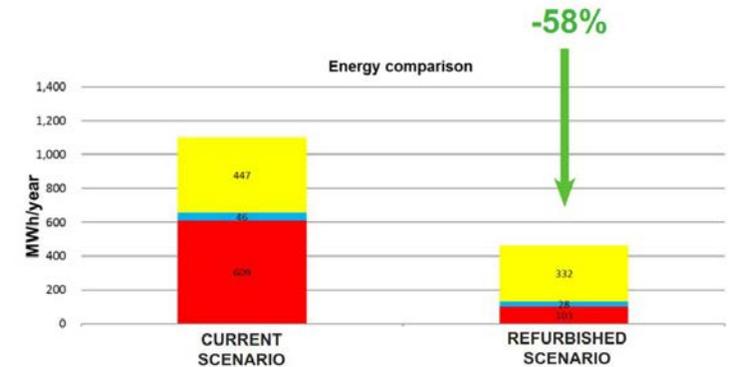
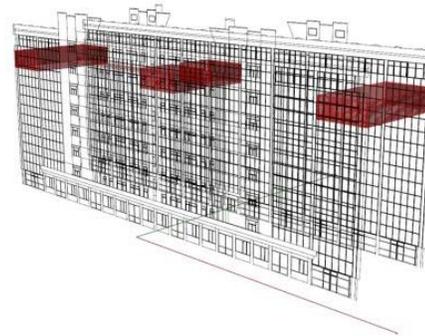


4. La simulazione dinamica: esempi

Confronto di scenari ottimizzati

RIQUALIFICAZIONE:

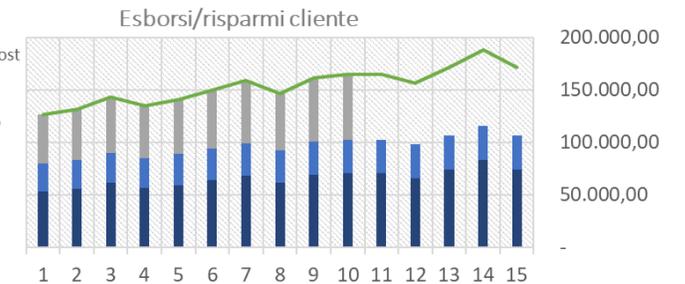
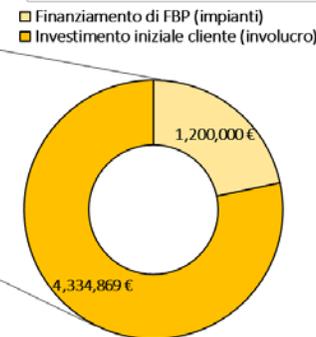
Valutazione degli interventi più adeguati per l'aumento del comfort, la minimizzazione dei consumi e dell'investimento iniziale in un edificio direzionale



Attività:

- Analisi dello stato di fatto e degli aspetti normativi
- Simulazione dinamica dell'edificio
- Verifica delle opportunità di efficientamento energetico e di EPC
- Proposta di recladding valutando l'integrazione degli impianti esistenti

Costo totale dell'intervento:



4. La simulazione dinamica: COMFORT

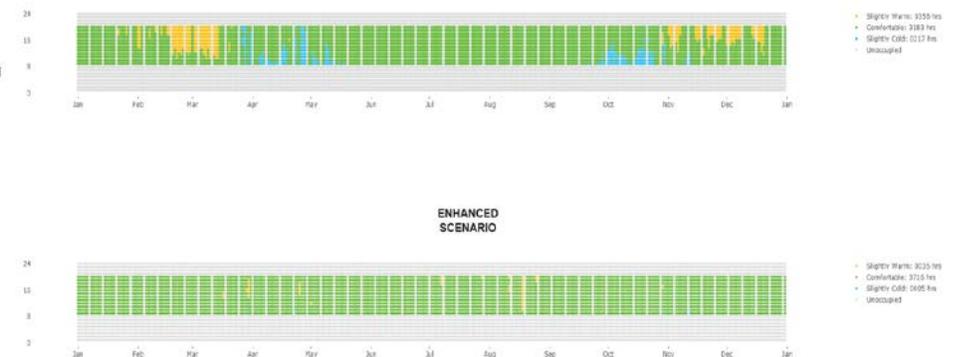
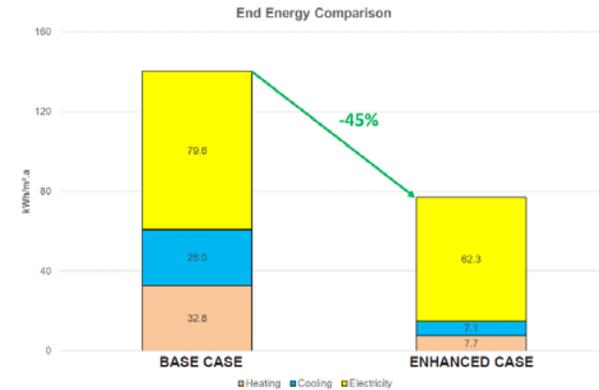
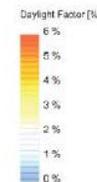
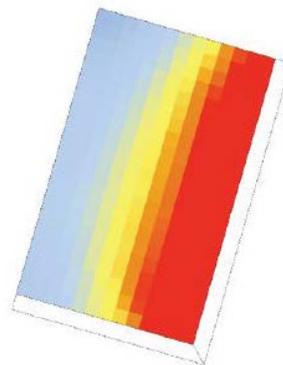
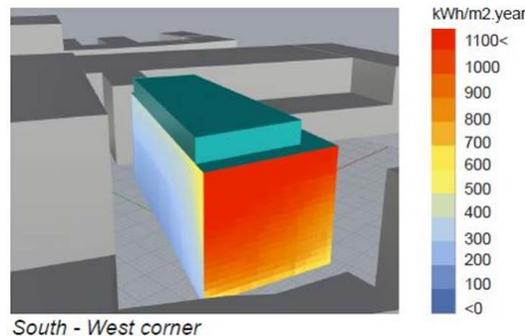
SIMULAZIONE DEL COMFORT

NUOVA COSTRUZIONE:

Analisi dei miglioramenti di performance e comfort conseguibili a partire da uno scenario progettuale già innovativo

Risultati:

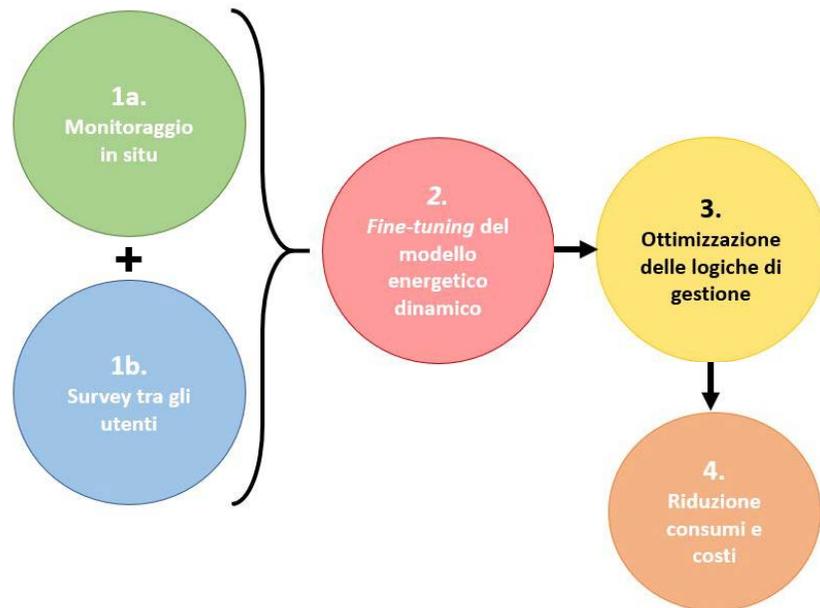
- Risparmi sulla climatizzazione: pompa di calore con condensazione ad acqua di falda, impianto a pannelli radianti ad alta inerzia termica
- Ottimizzazione della gestione: sistema automatico di apertura degli elementi di facciata sulla base delle temperature e dei flussi di aria nell'intercapedine
- Minimizzazione delle ore di discomfort interno



5. Approfondimenti: POE

POST-OCCUPANCY EVALUATION

Progressivo affinamento del modello energetico elaborato nella fase successiva alla realizzazione e occupazione dell'edificio.
Calibrazione del modello sulla base dei dati relativi alla stagione climatica effettiva e al reale regime d'uso dell'edificio al fine di garantire il controllo e l'ottimizzazione delle logiche di gestione dell'edificio.



VANTAGGI:

- Assicura la continuità del rapporto con il cliente
- Consente di garantire il mantenimento delle performance di progetto nel corso della vita utile dell'immobile

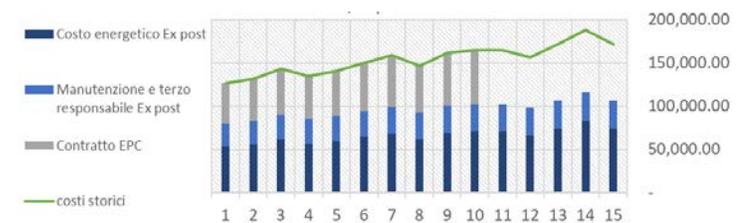


6. Conclusioni

- **Analisi del comfort in situ e simulazione dinamica:** strumenti affidabili per l'assistenza alla progettazione integrata e in ottica di efficienza energetica, specialmente se applicati da fasi preliminari e di concept
- **Monitoraggio e POE:** sono funzionali alla validazione del modello anche sulla base delle reali condizioni climatiche al fine di ottimizzare la gestione del sistema edificio-impianti

BENEFICI:

- **Garanzia di performance e qualità:** anche mediante co-investimento sull'intervento (modello Escò FBP)
- **Sensibilizzazione utenti** (display consapevolezza)



Grazie per l'attenzione!

Ing. Veronica Lucia Castaldo, PhD
v.castaldo@fbplace.it

FBP S.R.L.
Unipersonale
Start up Innovativa
Esco Certificata UNI CEI 11352

Sede operativa:
Via Caldera, 21 - 20153 Milano (MI)



+39 02 30357629

