Rocco Curto*, Alice Barreca**, Diana Rolando***

parole chiave: valorizzazione del patrimonio moderno, riqualificazione funzionale, riqualificazione energetica, valutazione economico-finanziaria; Whole Building Design (WBD), Problem Based Learning (PBL), patrimonio UNESCO, Ivrea

Abstract

L'articolo illustra una sperimentazione didattica condotta nell'ambito dell'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio" del Politecnico di Torino. Questa sperimentazione ha affrontato il tema della riqualificazione funzionale ed energetica degli edifici olivettiani costruiti a Ivrea nel XX secolo. Il valore di tali edifici, che rappresentano diverse espressioni del Movimento Moderno e diverse tipologie costruttive e funzionali, è stato di recente riconosciuto grazie all'iscrizione del sito "Ivrea, città industriale del XX secolo" nella World Heritage List UNESCO.

L'Atelier ha utilizzato approcci pedagogici innovativi, strutturati e riconosciuti a livello internazionale e ha previsto l'applicazione di metodi di valutazione economica del progetto. Durante l'intero svolgimento dell'attività didattica si sono assunti gli approcci del Whole Building Design (WBD), che costituisce un riferimento importante per la progettazione integrata e sostenibile, e del Problem Based Learning (PBL), che ha guidato l'interazione tra docenti, studenti e stakeholders nel corso di tutto l'Atelier.

A partire dagli obiettivi formativi dell'Atelier e dagli approcci WBD e PBL, sono esplicitate le teorie, gli strumenti e le metodologie di analisi, ponendo particolare attenzione all'integrazione della valutazione con il restauro e altre discipline e al ruolo che essa può svolgere nella definizione dei progetti di valorizzazione.

I risultati conseguiti sono stati molteplici e concreti, sia sul piano didattico, sia rispetto alle ricadute reali per l'amministrazione pubblica per la valorizzazione e futura gestione del sito UNESCO.

L'Atelier si è avvalso di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) realizzato e concepito al fine di integrare la scala dei progetti di riuso di ciascun edificio con la scala del progetto urbano, considerando le architetture come un unico sistema integrato al territorio.

Il SIT ha consentito, da un lato, di raccogliere e analizzare tutte le informazioni puntuali inerenti i beni tangibili e intangibili e, dall'altro, di raccogliere e analizzare tutti i dati inerenti la struttura produttiva, economica e

sociale del territorio. Sono state così esplicitate le domande utili per definire le nuove destinazioni d'uso degli edifici e pervenire così a un Masterplan condiviso di progetto.

Su questa base, sono stati prefigurati più di 30 progetti di restauro e di riqualificazione funzionale ed energetica, di cui è stata valutata la fattibilità economico-finanziaria, attraverso l'integrazione di strumenti di matrice economico-estimativa (Life Cycle Costing - LCC e Discounted Cash Flow - DCF). Infine, i più importanti stakeholders del territorio eporediese, coinvolti nell'Atelier, hanno riconosciuto il valore e le potenzialità dei risultati conseguiti, confermandone la loro concreta fattibilità.

1. INTRODUZIONE

Gli obiettivi formativi e gli strumenti per la valorizzazione del patrimonio di interesse storico e architettonico meritano oggi di essere riconsiderati rispetto al tema della riqualificazione funzionale ed energetica, tenendo conto dell'intero ciclo di vita degli edifici e delle peculiarità di beni e complessi immobiliari moderni, come le architetture del XX secolo.

Sebbene il patrimonio moderno sia oggetto di attenzione da parte di UNESCO, ICOMOS e DOCOMOMO da circa 30 anni – un periodo piuttosto breve se si considera l'intera storia della tutela del patrimonio architettonico e urbano – attualmente i processi di riqualificazione funzionale ed energetica di tale patrimonio non sono ancora sufficientemente indagati. Infatti, se da un lato, il patrimonio moderno risulta particolarmente vulnerabile sul piano della tutela, perchè più recente e, a causa della sua scarsa riconoscibilità, poco apprezzato da parte dei residenti e dei turisti, dall'altro, può giocare un ruolo centrale nel raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile delle città (Marinò, 2015).

Gli interventi di riqualificazione sul patrimonio moderno devono tenere conto delle differenti tipologie edilizie e funzionali (edifici residenziali, industriali, destinati ai servizi, ecc.) e delle differenti espressioni del Movimento Moderno (architetture razionaliste, organiche, radicali, brutaliste, ecc.). In particolare, il delicato equilibrio tra prestazioni energetiche, tutela degli elementi architettonici, convenienze finanziarie ed economiche e benefici non solo ambientali va ricercato architettura per architettura e tipologia per tipologia.

La riqualificazione energetica, definita nel DM Requisiti minimi 26/06/2015 (Repubblica Italiana, 2015) come l'insieme degli interventi che hanno un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio, è oggi una pratica obbligatoria anche negli interventi di restauro del patrimonio moderno e storico, in linea con quanto previsto dallo standard europeo del 2017 recepito dalla UNI EN 16883:2017 (Standard FprEN 16883, 2017).

La valutazione economica assume un ruolo importante per la sperimentazione delle tecnologie innovative finalizzate al risparmio energetico. In particolare, l'analisi *Life Cycle Costing* (LCC) – definito dalle norme ISO 15686-5:2008 – consente di ottimizzare il rapporto tra costi e qualità (non solo energetiche ma anche architettoniche in senso lato), considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio e tutte le sue componenti (Langdon, 2007). L'analisi LCC rafforza l'interazione tra scelte tecnologiche e progettuali e costituisce il primo step della valutazione economica da integrare successivamente alle analisi costi e ricavi e/o costi-benefici (Basbagill et al., 2013; Islam et al., 2015).

Gli obiettivi economico-finanziari insieme a quelli sociali, ambientali ed economici devono a loro volta essere considerati tra quelli fissati dal *Whole Building Design* (WBD). Tale approccio infatti mette l'edificio sostenibile ed efficiente al centro del processo di progettazione integrata, perseguendo più obiettivi simultaneamente (accessibilità, funzionalità, conservazione, sicurezza, sostenibilità e mantenimento delle qualità estetiche e architettoniche).

La valutazione dei costi di trasformazione e riqualificazione energetica, compatibili con le caratteristiche funzionali e costruttive del patrimonio moderno, non può che essere affrontata nell'ambito di una progettazione integrata che preveda l'adozione di nuove tecnologie in grado di migliorare le performance energetiche non solo a livello di componenti impiantistiche, ma anche a livello di involucro edilizio, anche per i riflessi che queste comportano sul piano del valore di mercato.

Gli interventi di riuso e riqualificazione energetica sul patrimonio edilizio devono essere misurati sia in termini di costi marginali sia in termini prezzi marginali, considerando le convenienze non solo in funzione del comfort e del risparmio energetico ma anche in rapporto all'incremento potenziale del valore di mercato. Sul piano teorico e operativo, il valore di costo, tradizionalmente misurato attraverso il computo metrico estimativo, dev'essere reinterpretato tenendo in considerazione i principi del *Life Cycle Thinking*, considerando gli interventi sugli edifici degradati e obsoleti sul piano energetico e su quello funzionale rispetto

all'intero ciclo di vita (Zacà et al., 2015; Fregonara, 2015; Barthelmes et al., 2016). Occorre far interagire e valutare simultaneamente gli interventi di restauro in senso stretto, dell'efficientamento energetico degli impianti e degli involucri e di riuso del patrimonio moderno, che presenta proprie specificità architettoniche e costruttive in rapporto alle diverse tipologie funzionali.

Le architetture del XX secolo si presentano quasi sempre in buono stato di conservazione, ma estremamente obsolete sia sul piano energetico (a causa della presenza di ponti termici legati all'utilizzo del cemento armato e di elevati indici di trasmittanza termica dovuti alla realizzazione di grandi superfici vetrate) sia su quello funzionale. Del resto, gli interventi di valorizzazione del patrimonio esistente prefigurano il più delle volte l'insediamento di nuove attività e/o di servizi privati e pubblici, per i quali la fattibilità economico-finanziaria a sua volta dev'essere valutata rispetto all'intero ciclo di vita dei beni e, in particolare, rispetto alla loro gestione (Legner et al., 2016).

La stima dei costi di restauro, di riqualificazione energetica e di trasformazione degli edifici rappresenta quindi un passaggio nodale per individuare e selezionare gli scenari progettuali ottimali e, insieme, un passo importante delle analisi costi-ricavi e costi-benefici.

La valutazione è più semplice nel caso delle tipologie più ricorrenti, ordinarie, come le residenze e gli uffici. Risulta invece più complessa per gli edifici appartenenti alle cosiddette tipologie "speciali": edifici industriali, servizi all'industria, stazioni, palazzi per esposizioni, ecc. In questi casi, infatti, tanto maggiore è la dimensione degli edifici e tanto maggiore è il grado di complessità, sia per quanto riguarda le soluzioni energetiche sia per quanto riguarda l'articolazione degli spazi e dei mix funzionali.

A partire da tali premesse, l'articolo intende riportare una sperimentazione didattica condotta nell'ambito dell'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio", durante il quale si sono assunti gli approcci del Whole Building Design (WBD), che costituisce un riferimento importante per la progettazione integrata e sostenibile, e del Problem Based Learning (PBL), che ha supportato gli studenti nel confrontarsi con il caso studio della valorizzazione del patrimonio olivettiano, appartenente al Sito "Ivrea, città industriale del XX secolo", iscritto nella World Heritage List UNE-SCO a partire dal 1 luglio 2018. In particolare, va considerato che le architetture olivettiane sono state considerate come un unico sistema da valorizzare, integrato al territorio, tenendo conto della sua dinamicità economica, produttiva e sociale. Durante l'Atelier la fattibilità economico-finanziaria dei progetti di valorizzazione e di riqualificazione funzionale ed energetica dei singoli edifici è stata valutata attraverso l'integrazione di strumenti di matrice economico-estimativa (LCC e DCF). Rimandando ad altre pubblicazioni per l'illustrazione di risultati puntuali su alcuni degli edifici analizzati (Barreca et al., 2017), obiettivo del presente articolo è quello di illustrare l'approccio metodologico generale e i risultati conseguiti a livello di sistema per la valorizzazione dell'intera area urbana.

Nella prima parte dell'articolo sono esplicitati gli obiettivi formativi dell'Atelier e i due approcci assunti quali riferimenti durante l'intero svolgimento dell'attività didattica: il WBD e il PBL. Nella seconda parte, si affrontano gli strumenti e le metodologie di analisi adottati, con una particolare attenzione al ruolo che la valutazione economica ha ricoperto nella definizione dei progetti di valorizzazione. Nella terza parte, infine, si illustrano i risultati conseguiti nel corso dell'Atelier, non solo sul piano didattico, ma anche e soprattutto le ricadute reali per l'amministrazione pubblica per la valorizzazione e futura gestione del sito UNESCO.

2. GLI OBIETTIVI FORMATIVI DELL'ATELIER

L'Atelier multidisciplinare "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio" si svolge durante il primo semestre del secondo anno del Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Restauro e Valorizzazione del Patrimonio del Politecnico di Torino. L'Atelier integra le discipline del restauro urbano e della valorizzazione economica in un dialogo interattivo e sincronico, al fine di fornire agli studenti strumenti e approcci multidisciplinari utili per affrontare la complessità di progetti e processi, considerando sia la scala urbana (patrimonio diffuso, sistema urbano) sia quella architettonica (puntuale). L'Atelier si focalizza, infatti, sulle problematiche di conoscenza, conservazione, restauro, fattibilità economica, valorizzazione, promozione e gestione di beni e patrimoni di riconosciuto valore culturale.

A partire da questi obiettivi formativi generali, nel corso degli anni accademici 2016/2017 e 2017/2018 si è affrontato con gli studenti il problema di come si potesse riqualificare funzionalmente e sul piano energetico il patrimonio olivettiano di Ivrea, a partire dal WBD e sperimentando l'approccio didattico innovativo del PBL. Tale sperimentazione si colloca inoltre nell'ambito del progetto europeo "Citylab: Engaging Students with Sustainable Cities in Latin-America", co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma "Erasmus+: Higher education – International Capacity Building" e tra le attività di didattica e ricerca a brevemedio e lungo termine riportate nel Piano di Gestione del Sito UNESCO (Sezione "C - Capacity Building", azione "C-3.3 - Degree courses, doctorate (Ph.D.) programmes and research theses, Research projects on the Industrial City of the 20th Century and modern heritage management" (Comune di Ivrea, 2012 - aggiornato al 2017).

La valorizzazione del sito UNESCO "Ivrea, città industriale del XX secolo" dipende in gran parte dalla riqualificazione di un'intera porzione di città, riconosciuta quale modello di città industriale moderna, costituita da un sistema urbano complesso formato da edifici ben conservati e di eccezionale qualità architettonica. I più di 100 edifici inclusi nel sito UNESCO sono stati realizzati da architetti esponenti del "Movimento Moderno" (come Figini e Pollini, Gardella, Vittoria, Gabetti e Isola, Cappai e Mainardis, Sgrelli). Questi sono stati concepiti come elementi non separabili, parti integranti di un sistema urbano unitario di elevato valore storico, architettonico e ambientale, che rappre-

senta la materializzazione del modello sociale di comunità (Movimento di Comunità) su cui Adriano Olivetti aveva basato la produzione e aveva concepito la città industriale (Olivetti, 1945). Tale eccezionalità è stata riconosciuta anche nel documento in cui il World Heritage committee giustifica l'iscrizione del sito nella WHL UNESCO (WHC, 2018). In tale documento viene sottolineato il valore di questo patrimonio quale testimonianza di un'epoca e di una visione moderna emblematica del passaggio dalla produzione meccanica a quella digitale. Tra tutte le tipologie edilizie realizzate: gli edifici industriali, il centro ricerche, i palazzi per uffici, i servizi sociali, le residenze, la centrale termica, l'asilo, ecc. Si segnalano in particolare: l'Ex-Mensa e circolo ricreativo, il Centro Servizi Sociali e le Officine ICO, l'Unità residenziale Ovest (Talponia) di Gabetti e Isola, esemplare architettura ipogea, l'ex Sertec di Sgrelli, testimonianza di architettura brutalista e l'Unità residenziale Est (Hotel La Serra) di Cappai e Mainardis, un eccezionale caso di architettura radicale (Coscia e Curto, 2017) (Figura 1).

La riqualificazione funzionale ed energetica di tali edifici, di elevato valore storico-architettonico ma poco efficienti dal punto di vista energetico, ha costituito una sfida per gli studenti dell'Atelier, una sfida oggi ancor più reale dopo l'iscrizione del sito nella WHL UNESCO. La futura gestione del sito UNESCO dovrà infatti garantire un'integrazione tra le strategie di valorizzazione, basate sull'insediamento

di nuove funzioni e di interventi di efficientamento energetico, e quelle di tutela del patrimonio, volte alla conservazione e al mantenimento dell'identità dell'area e dei singoli edifici. Nell'ottica del raggiungimento di questo importante e difficile obiettivo, gli studenti hanno dovuto prevedere interventi di restauro, di riuso e di riqualificazione energetica, coerenti sotto l'aspetto della tutela e fattibili sul piano economico-finanziario. In particolare, la componente energetica, è stata trattata a partire dal WBD come un obiettivo prioritario nella definizione e nella valutazione degli interventi di valorizzazione. Per favorire lo sviluppo della capacità degli studenti a rapportarsi con un problema reale e complesso si è sperimentato l'approccio didattico PBL. Entrambi gli approcci, WBD e PBL, prevedono infatti la condivisione degli obiettivi nelle fasi preliminari dei progetti tra tutti gli stakeholders e tutti gli specialisti coinvolti nell'intero processo progettuale e di apprendimento.

2.1 L'approccio del Whole Building Design (WBD) per la progettazione integrata di edifici ad elevate prestazioni

Il miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici di elevato valore storico e architettonico è un obiettivo che



Figura 1 - Unità residenziale Est, Officine ICO, ex-Mensa e circolo ricreativo, Unità residenziale Ovest, Ex-Sertec (Fonte: foto degli Autori)

può essere perseguito solo attraverso un approccio al progetto in grado di integrare molteplici aspetti, che vanno dal comfort, al risparmio energetico, alla conservazione, alla tutela e alla sostenibilità economico-finanziaria degli interventi (Martìnez-Molina et al., 2016). Le caratteristiche costruttive e impiantistiche da considerare per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici devono, infatti, essere non solo compatibili con le caratteristiche architettoniche da preservare, ma anche convenienti economicamente rispetto al ciclo di vita dell'edificio (Directive 2012/27/EU, 2012).

L'approccio WBD si pone quale obiettivo la realizzazione di edifici altamente performanti attraverso una progettazione integrata e un processo interattivo tra gli stakeholders e le figure professionali coinvolte fin dalle primissime fasi di pianificazione e programmazione del progetto. In particolare la progettazione integrata presuppone che tutta la squadra preposta alla realizzazione del progetto (proprietari, sviluppatori immobiliari, gestori, manutentori, architetti, ingegneri, costruttori, specialisti, tecnici, affittuari, ecc.) persegua obiettivi di progetto condivisi, collaborando sinergicamente in gruppi multidisciplinari e superando una rigida suddivisione dei ruoli basata sulle singole competenze settoriali.

Tale approccio si basa infatti su una completa integrazione tra le persone coinvolte nel corso dell'intero ciclo di vita del progetto, a partire dalla definizione dei requisiti, attraverso le fasi di pianificazione, progettazione e costruzione, fino alla finale occupazione dell'edificio e gestione delle attività funzionali (Prowler e Vierra, 2008). Gli obiettivi di progetto, definiti preliminarmente, opportunamente bilanciati tra loro e perseguiti simultaneamente durante il processo progettuale, sono principalmente i seguenti (Figura 2):

- Accessibilità: altezze e larghezze degli elementi costruttivi adeguati per soddisfare le esigenze specifiche delle persone disabili;
- Qualità estetica: qualità estetica degli elementi costruttivi e degli spazi;
- Convenienza economica: selezione degli elementi costruttivi sulla base dei costi del ciclo di vita, nonché la stima dei costi di base e il controllo del budget;
- Funzionalità: individuazione delle funzioni, delle esigenze di spazio, dei requisiti progettuali, delle prestazioni del sistema, oltre alla resistenza e alla manutenzione efficiente degli elementi dell'edificio;
- Tutela: azioni specifiche e strategie di intervento nell'ambito di un contesto o di un edificio storico classificabili in uno dei quattro approcci: conservazione, riqualificazione, restauro o ricostruzione;
- Comfort: benessere fisico e psicologico degli utenti, determinato da elementi costruttivi come la distribuzione dell'aria, l'illuminazione, gli spazi di lavoro e gli impianti;
- Sicurezza: protezione fisica degli utenti e dei beni da rischi naturali o causati dall'uomo;
- Sostenibilità: prestazioni ambientali degli elementi costruttivi.

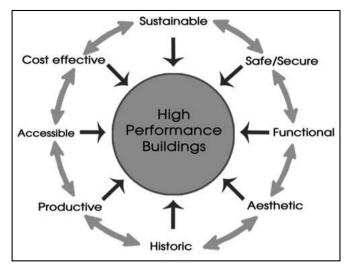


Figura 2 - Gli obiettivi di progetto secondo l'approccio del Whole Building Design

(Fonte: Rielaborazione degli Autori da (Prowler e Vierra, 2012))

La scelta di un particolare elemento costruttivo, per esempio, può condizionare allo stesso tempo la qualità dell'aria all'interno dell'edificio, la facilità di manutenzione, i costi di gestione, la scelta del combustibile e il cambiamento climatico globale. Inoltre, la dimensione dell'elemento costruttivo è in grado di determinare la tipologia di illuminazione e di regolazione, l'organizzazione degli spazi interni e la climatizzazione, così come la scelta dei materiali e degli impianti può influenzare l'estetica, l'accessibilità e la sicurezza (Martínez-Molina et al., 2016).

L'approccio del WBD mira quindi alla realizzazione di edifici al contempo sicuri, accessibili, flessibili, gradevoli esteticamente, produttivi e sostenibili sia economicamente che energeticamente nell'arco dell'intero ciclo di vita (Prowler e Vierra, 2012).

2.2 L'approccio Problem Based Learning (PBL) per l'innovazione didattica

L'innovazione nel campo dell'educazione a tutti i livelli educativi è in continuo sviluppo, interessa tutte le discipline ed è sempre più orientata alla soluzione di problemi reali considerati sempre più nella loro multidimensionalità e complessità.

Per affrontare, nell'ambito dell'Atelier, il problema della valorizzazione di un'intera porzione di città, è stato sperimentato un approccio didattico proprio dell'area dell'Active Learning e delle metodologie di insegnamento innovative nelle Facoltà di Architettura (De Graff e Cowdroy, 1997): l'approccio PBL (Savery, 2006), fondato per la prima volta presso la McMaster University in Canada nel 1969 (De Graff e Kolmos, 2003), è stato successivamente sviluppato e modificato in altre forme e strutture. Tale approccio PBL si distingue dal più classico *Project Based Learning* in quanto mette al centro dell'attenzione non più solamente "la

soluzione" del problema o "il risultato", ma il problema stesso e il processo utilizzato per analizzarlo e strutturarlo (Mills e Tregust, 2003).

La sperimentazione condotta nel corso dell'Atelier si colloca nell'ambito del progetto Erasmus+ "Citylab: Engaging students with sustainable cities in Latin-America" co-finanziato dall'Unione Europea e prende spunto dai tre classici principali approcci PBL adattandoli alla realtà dell'Università italiana e della Facoltà di Architettura:

- il modello di Aalborg, detto anche "Problem Oriented Project" (Kolmos *et al.*, 2004);
- il modello della Maastricht University del 1976, chiamato anche "Seven-step Approach" (Moust et al., 2005);
- il modello dell'Alcalá University, detto anche "Modello 4x4" (Prieto et al., 2006).

Tali approcci pongono al centro del processo educativo lo studente, eliminano la struttura gerarchica insegnante-allievo, promuovono la partecipazione e la collaborazione tra gli studenti (Ertmer e Simons, 2006) e agevolano il coinvolgimento di stakeholder esterni (Brundiers *et al.*, 2010).

Uno dei pilastri fondamentali di tale approccio è la scelta di problemi reali complessi per la definizione dei casi studio da analizzare. Nei processi di apprendimento è infatti utile affrontare casi studio reali, affinché gli studenti acquisiscano strumenti disciplinari e conoscenze tecniche spendibili sul mercato professionale per la definizione di progetti sostenibili, strettamente legati alle realtà territoriali, ai contesti socio-economici e alle necessità espresse dai diversi stakeholder coinvolti (Brundiers et al., 2010). Inoltre è importante che gli studenti parallelamente sviluppino capacità di leadership, problem-solving, cooperazione e team-building, trasversali a tutte le discipline curricolari e utili nella pratica professionale (Brundiers et al., 2010).

In primo luogo, il PBL è inclusivo e si pone l'obiettivo di coinvolgere gli studenti nel processo di acquisizione della conoscenza e definizione del problema oggetto di studio. Questi infatti sono considerati responsabili del loro progetto, collaborano tra loro e con i soggetti esterni e si rendono attivi nella comunità di riferimento. In secondo luogo, quest'approccio è adatto a sviluppare i principali aspetti dell'innovazione educativa volta alla progettazione per lo sviluppo sostenibile (Lehmann et al., 2008).

Infatti, come spiega Lehmann (2008), lo sviluppo sostenibile, direttamente collegato alla progettazione delle città sostenibili, è basato sul continuo aumento dei vari "capitali" o "potenziali" che lo alimentano: capitale umano e intellettuale, produttivo e sociale. Così diventa evidente che gli studenti di architettura, come futuri professionisti, debbano diventare sempre più capaci di risolvere problemi e di come questi siano influenzati dai diversi capitali e dalle connessioni che esistono tra di loro.

L'approccio PBL può essere applicato a un corso di studi, a un ciclo di conferenze o a un corso di laurea o a un Atelier, secondo un processo che può essere rappresentato dal ciclo Problem-based learning e dell'acquisizione di conoscenza (Poikela e Nummenmaa, 2006) (Figura 3).

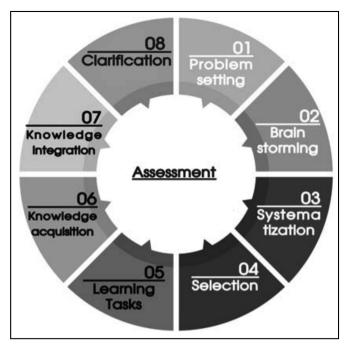


Figura 3 - Ciclo Problem-based learning e dell'acquisizione di conoscenza

(Fonte: Rielaborazione degli Autori da (Poikela e Nummenmaa, 2006))

Le fasi di sviluppo di tale processo prendono avvio da una prima fase, in cui gli studenti (in gruppi formati da 4 o 5 persone), dopo aver analizzato e scomposto il "problema" nei suoi molteplici aspetti, cercano di definirne una visione e una prospettiva condivisa (1. Problem Setting). Lo scopo della fase successiva è riuscire a elaborare le conoscenze pregresse per applicarle alla soluzione del problema. Questo può essere fatto tramite un primo brainstorming, che può essere affrontato in fase preliminare sia solo tra studenti sia direttamente con docenti e stakeholder (2. Brainstorming). In seguito, i risultati della Fase 2 sono strutturati per definire e selezionare le risorse e i tipi di idee simili sono classificati in categorie separate (3. Systematization). Durante la quarta fase sono definite le aree più problematiche e importanti individuate durante la Fase 3 (4. Selection). La prima parte del processo si conclude durante la fase di formulazione degli obiettivi formativi e delle attività didattiche (5. Learning task). La fase di acquisizione della conoscenza è portata avanti autonomamente dai gruppi di studenti e avviene tramite diversi mezzi: ricerche d'archivio, lezioni teoriche, incontri con esperti e ricerche on-line (6. Knowledge acquisition). Infine si passa alla fase della sintesi delle conoscenze acquisite (7. Knowledge integration) che può essere affrontata in sinergia tra studenti, docenti e stakeholders, per creare la conoscenza necessaria inerente il problema/caso studio e si chiarifica il problema iniziale (8. Clarification) per poi passare, nel caso delle Facoltà di architettura, al progetto. Ovviamente in seguito a una prima fase di analisi e scomposizione del problema principale in problemi secondari è possibile che il ciclo debba essere ripetuto in un processo iterativo (Poikela e Nummenmaa, 2006).

3. L'INTEGRAZIONETRA PROGETTO E STRUMENTI DISCIPLINARI

A partire dagli obiettivi formativi e dagli approcci delineati nel precedente paragrafo, sono stati individuati gli strumenti disciplinari che gli studenti hanno acquisito nell'ambito dell'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio". Come già anticipato, in questo percorso formativo sono state integrate le discipline del Restauro urbano e della Valorizzazione economica. L'interazione tra restauro/riuso/riqualificazione energetica e gestione/valorizzazione economica si pone l'obiettivo formativo di andare oltre agli strumenti e alle tecniche tradizionali di approccio al progettare, creando una sinergia e un kit di strumenti multidisciplinari in grado di rispondere efficacemente ai problemi reali posti alla base del progetto e condivisi con gli stakeholders e tutte le figure professionali coinvolte.

Attraverso la disciplina del Restauro, in particolare, sono state individuate metodologie di analisi volte alla conoscenza dei manufatti architettonici e dei luoghi urbani per la loro protezione, salvaguardia e rifunzionalizzazione. La preliminare strutturazione del quadro conoscitivo è stata istruita attraverso l'acquisizione di dati da fonti indirette e indagini dirette sul campo, analizzando anche agli apparati normativi vigenti (Città di Ivrea, 2013 e 2016). Inoltre si sono trasmesse nozioni teoriche e illustrate best practices a livello nazionale e internazionale al fine di indurre lo sviluppo di una capacità critica in grado di supportare una corretta interpretazione dei caratteri figurativi, costruttivi e strutturali dell'architettura storica (Ascione et al., 2015; Boeri et al., 2016; Legnér et al., 2016). Questa è stata ritenuta la base conoscitiva necessaria per indirizzare la definizione di strategie progettuali e la predisposizione di progetti di conservazione e tutela alla scala edilizia e urbana (Bogarino et al., 2016).

Più in generale, nell'affrontare a livello strategico problemi progettuali complessi, gli studenti hanno acquisito la capacità di trasformare e valorizzare i beni, tenendo conto, da un lato, delle esigenze di conservazione dei valori storici e culturali e, dall'altro, delle convenienze pubbliche e private, secondo un approccio sintetico nel quale sono congiuntamente considerati aspetti formali, prestazionali ed economici (Pinto, 2010).

Coerentemente con la necessità per un sito UNESCO di integrare strategie di valorizzazione e tutela del patrimonio, gli obiettivi di preservazione dal decadimento fisico e dalla perdita di identità e quelli di riuso compatibile ed efficiente sono stati quindi strettamente interrelati alle logiche di valorizzazione e convenienza economico-finanziaria. Infatti, il mantenimento in efficienza, la fruizione e il godimento dei beni attraverso l'inserimento di nuove funzioni - compatibili con i beni stessi e con il sistema ambientale, sociale, culturale di cui fanno parte - non possono prescindere dalla valutazione della fattibilità economica sia

della fase realizzativa dell'intervento sia della gestione futura delle nuove attività insediate.

Gli strumenti e le analisi preposte per l'analisi del degrado fisico e l'individuazione degli interventi di restauro e di riqualificazione energetica sono stati quindi messi in relazione con alcuni strumenti estimativi finalizzati alla quantificazione dei costi e alla valutazione della convenienza del progetto. Nel paragrafo che segue si intendono approfondire i principali strumenti e approcci utilizzati, riconducibili alla disciplina della valutazione economica.

3.1 Il ruolo della valutazione economica

I progetti di valorizzazione del patrimonio moderno costituiscono una sfida complessa non solo in termini di conservazione e restauro, ma anche e soprattutto rispetto alla fattibilità e alla convenienza economico-finanziaria degli interventi.

L'individuazione di nuove funzioni – compatibili con le preesistenze e i contesti fisici e socio-economici di riferimento – richiede che si valuti in una logica strategica il quadro di massima delle convenienze private, pubbliche e pubblico-private rappresentate dai diversi stakeholders chiamati a condividere l'intero processo di valorizzazione (Curto et al., 2014): i proprietari dei beni, i costruttori, i gestori, gli utilizzatori finali sino a considerare la collettività (Guarini et al., 2017).

Considerata la molteplicità degli interessi, la valutazione deve avvalersi di una metodologia appropriata e di analisi e strumenti diversificati (Coscia et al., 2015; Bottero e Mondini, 2017). Le soluzioni funzionali e tecniche individuate nel progetto di restauro e riuso devono essere innanzitutto verificate attraverso la quantificazione dei costi rispetto all'intero ciclo di vita edilizio. Il progetto di valorizzazione è quindi inteso in tre componenti tra loro integrate: restauro, riuso e riqualificazione energetica. La componente economica, a partire dal WBD, assume un ruolo particolare, in quanto può essere essa stessa propositiva rispetto ai diversi scenari.

In particolare, la valutazione della convenienza economica degli interventi di riqualificazione energetica, selezionati secondo una serie di possibili alternative tecnologiche e impiantistiche, costituisce il presupposto del processo di valorizzazione (Fregonara et al., 2013; Fregonara et al., 2016). La valutazione assume, pertanto, un ruolo importante sin dalla fase iniziale attraverso l'applicazione della LCC, che può essere considerato uno step preliminare e propedeutico all'applicazione di strumenti più consolidati, come l'analisi *Discounted Cash Flow* (DCF).

La LCC costituisce lo strumento che fa interagire nel processo del progetto le diverse e molteplici competenze specialistiche, con feedback continui tra valutatori, tecnologi, progettisti, impiantisti, restauratori. La LCC assume, inoltre, una valenza assai importante proprio sul piano formativo, in quanto fornisce agli studenti un supporto per valutare le convenienze economiche di diverse soluzioni progettuali, tecnologiche e impiantistiche (Fregonara, 2015).

Infatti, la LCC serve per valutare economicamente la convenienza di interventi alternativi di riqualificazione energetica, sia rispetto agli involucri edilizi sia rispetto alle soluzioni impiantistiche, calcolando il costo globale dell'edificio, ossia il costo che considera l'edificio nel suo intero ciclo di vita: costruzione/ristrutturazione, gestione, manutenzione e smaltimento finale (EN 15603:2008, 2008). In particolare, la LCC calcola e consente di comparare più indicatori di redditività: il *Net Present Value* (NPV), l'*Internal Rate of Return* (IRR), il *Net Saving* (NS), il *Saving to Investment Ratio* (SIR) e il *Pay-back Period* (PBP). Questi indicatori supportano la scelta dell'intervento che ottimizza le esigenze prestazionali e non solo – comfort, qualità architettonica, efficienza energetica, ecc. –, e le convenienze economiche.

Nella fase successiva la LCC è integrata alla DCF per valutare la fattibilità economica e finanziaria degli interventi di restauro, riuso e riqualificazione energetica, assumendo i costi inerenti gli interventi di restauro, i costi di ristrutturazione/rifunzionalizzazione e i costi di riqualificazione energetica stimati per lo scenario individuato come il più conveniente (Fregonara et al., 2017). L'investimento è analizzato attraverso i noti indicatori di redditività: l'NPV, l'IRR e il PBP. Tale strumento consente di analizzare, attraverso i flussi di cassa attualizzati, i rientri finanziari rispetto ai capitali investiti, tra cui il valore residuo (finale) del bene nel momento della sua dismissione.

Nella quasi totalità dei casi, il metodo dei flussi di cassa attualizzato è stato applicato a progetti di trasformazione finalizzati non al mercato della compravendita ma alla gestione di attività e servizi sia privati che pubblici. La LCC e la DCF sono state pertanto integrate considerando il ciclo di vita degli edifici trasformati.

La valorizzazione economica delle architetture olivettiane è strettamente connessa ai flussi finanziari che derivano dalle nuove attività cui sono destinate le architetture stesse, per cui la fase gestionale risulta centrale e determinante sia nella valutazione economica e sia nella valutazione della sostenibilità ambientale.

Le analisi sono finalizzate non solo a verificare la redditività degli investimenti, ma anche a individuare le condizioni economiche e sociali necessarie per poter garantire nel tempo la valorizzazione dei beni trasformati.

In modo particolare, nel caso di attività e servizi pubblici culturali e sociali, il calcolo del *Break Even Point* (BEP), è fondamentale, in quanto consente di determinare – a partire dai costi fissi gestionali e da prezzi dei biglietti – il numero di fruitori necessario per garantire il pareggio tra costi fissi e entrate finanziarie.

Grazie all'integrazione dei diversi strumenti di matrice economico-estimativa è quindi possibile coordinare e svolgere le verifiche di prefattibilità e fattibilità dei progetti, misurandosi con le loro implicazioni funzionali, tecnologiche, energetiche, strutturali, ambientali ed economiche, coerentemente con i principi dell'approccio del WBD.

4. I RISULTATI DEL CORSO

L'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio" ha preso avvio con una prima fase, condotta dai docenti, volta alla scelta del caso studio da analizzare e alla costruzione del relativo problema reale da affrontare (3C3R model), tenendo in considerazione sia gli obiettivi formativi, la definizione del contesto di riferimento, e della disponibilità degli stakeholders a partecipare al processo di apprendimento (Hung, 2006) (Figura 4).

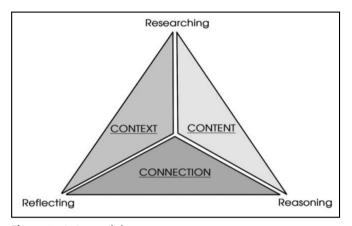


Figura 4 - 3c3r model (Fonte: Rielaborazione degli Autori da (Hung, 2006))

Il caso studio selezionato è stato il sito "Ivrea, città industriale del XX secolo", di recente iscritto nella WHL UNESCO.

Il caso studio è stato scelto in funzione degli obiettivi formativi e in rapporto alle problematiche connesse, presentate agli studenti dalla docenza e da alcuni stakeholders. Nello specifico, il Coordinatore della Candidatura "Ivrea, città Industriale del XX Secolo" e l'allora Sindaco di Ivrea hanno presentato agli studenti il sito, il processo seguito per la candidatura alla WHL UNESCO (allora non ancora cocluso), le problematiche affrontate e quelle ancora aperte, i progetti già attuati o in fase di attuazione.

A partire dagli interventi degli stakeholders, i docenti hanno sollecitato gli studenti ad analizzare e strutturare le problematiche, ponendo attenzione agli interessi di natura privata e pubblica. Gli studenti hanno quindi raccolto i dati attraverso fonti dirette e indirette e analizzato lo stato di fatto dei manufatti e del contesto territoriale, socio-economico e culturale di riferimento con il supporto di analisi SWOT (Armstrong, 1982; Hill e Westbrook, 1997; Coscia e Curto, 2017; Coscia et al., 2018). Tra le fonti principali contattate si citano: l'Ufficio tecnico del Comune di Ivrea, l'Archivio storico, le società private e i fondi di investimento proprietari o gestori dei beni. Inoltre, grazie alla collaborazione con la Soprintendenza, archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Torino, gli studenti hanno potuto consultare le schede di vincolo, contenenti informazioni utili per la

strutturazione della fase di conoscenza e la definizione dei progetti di restauro.

La fase di raccolta e analisi dei dati è stata supportata da un Sistema Informativo Territoriale (SIT), strutturato dalla docenza e messo a disposizione degli studenti per la gestione della fase di conoscenza e per la successiva implementazione degli strati informativi relativi agli ambiti e agli edifici assunti per l'elaborazione dei progetti di restauro e valorizzazione.

Per la definizione dei singoli progetti di riqualificazione funzionale gli studenti hanno coinvolto, tramite la docenza, esperti e operatori in grado di supportarli nell'indagine e raccolta dei dati di input per la valutazione economicofinanziaria dei loro progetti.

Il coinvolgimento di vari esperti come consulenti/collaboratori nel corso dell'Atelier ha permesso di avere riscontri utili per lo sviluppo di soluzioni progettuali fattibili, sostenibili e coerenti con le necessità espresse dai vari stakeholders coinvolti (Comune di Ivrea, Gruppo di coordinamento per la candidatura alla WHL UNESCO, enti pubblici e società private, associazioni di categoria, proprietari e gestori dei beni).

Inoltre, gli studenti sono stati supportati anche dal personale del Laboratorio di Analisi e Modellazione dei Sistemi Ambientali (LAMSA) del Politecnico di Torino per la valutazione di interventi alternativi di riqualificazione energetica degli edifici, attraverso l'applicazione del software Termolog per il calcolo dell'indice di prestazione energetica globale dell'edificio e la relativa classe energetica.

Gli studenti, lavorando in gruppi, hanno quindi sviluppato i loro progetti individualmente e collegialmente arrivando a costruire un unico Masterplan di progetto alla scala urbana. La definizione del Masterplan è stata possibile grazie all'implementazione del SIT e alla progressiva interazione tra studenti, docenti e stakeholders.

La valutazione finale dei progetti degli studenti è avvenuta in due fasi. La prima valutazione, in sede di esame, è stata attuata da parte dei docenti. La seconda valutazione è avvenuta nel corso di un evento pubblico, durante il quale i progetti migliori sono stati premiati dal Comune di

In conclusione, sulla base degli obiettivi formativi e degli strumenti disciplinari del restauro e della valutazione economica delineati nei paragrafi precedenti, il lavoro congiunto tra studenti, stakeholders e docenti ha portato quindi alla sperimentazione di un processo di apprendimento condiviso e allo sviluppo di progetti diversificati di restauro e valorizzazione economica alla scala sia dell'edificio sia urbana. I principali risultati conseguiti possono essere riassunti come segue:

 la strutturazione del SIT "Ivrea, città industriale del XX secolo", che ha consentito l'elaborazione di dati a partire da numerosi livelli informativi e la definizione di un Masterplan condiviso di progetto per la valorizzazione dell'intera area urbana (sito UNESCO);

- la realizzazione di più di 30 progetti di valorizzazione, volti alla riqualificazione funzionale ed energetica degli edifici localizzati nel sito UNESCO, nonché degli spazi pubblici e delle aree verdi circostanti;
- l'organizzazione di un evento pubblico per la presentazione dei progetti elaborati dagli studenti agli stakeholders del territorio eporediese, in occasione del quale i migliori progetti sono stati premiati dal Comune di Ivrea.

4.1 Il SIT "Ivrea, città industriale del XX secolo" e il Masterplan condiviso di progetto

Il SIT "Ivrea, città industriale del XX secolo" e le banche dati che lo compongono sono stati strutturati per raccogliere e analizzare tutte le informazioni inerenti gli elementi costruiti e non costruiti del sito UNESCO (Barreca et al., 2017): 29 Ambiti (Comune di Ivrea, 2012 – aggiornato al 2017), 94 particelle catastali, 116 Edifici (74 principali e 42 accessori), 29 elementi del sistema infrastrutturale e 32 elementi del sistema del verde, un edificio al di fuori dell'area ma di grande valore documentario (Unità Residenziale Ovest - ex Hotel la Serra), nonché le informazioni inerenti il contesto territoriale, socio-economico e culturale.

La struttura del SIT, la progettazione concettuale degli attributi e delle schede di rilievo (sia dell'esistente che dei progetti) è stata predisposta dai docenti prima dell'inizio del corso a partire dal SIT della Città di Ivrea ed è stata implementata e integrata con le informazioni fornite dagli studenti. Alcune elaborazioni dei dati sono state utili per supportare la definizione di destinazioni d'uso sostenibili, compatibili con le esigenze del restauro e adatte al contesto di riferimento (Cerreta & De Toro, 2012). Grazie al supporto del SIT è stato elaborato un Masterplan condiviso, in grado di di strutturare la fase di conoscenza per aree tematiche e periodi storici e facilitare la scelta coordinata delle destinazioni d'uso di progetto (Figura 5).

La definizione di nuove funzioni è stata inoltre supportata dagli strati informativi del SIT contenenti i dati relativi al mercato immobiliare eporediese. A partire dal segmento funzionale di riferimento, il sistema dei valori immobiliari è infatti condizionato dalle caratteristiche intrinseche ed estrinseche degli immobili, incluse quelle posizionali (Curto et al., 2017).

Il Masterplan e le analisi dei risultati della valutazione economica dei progetti hanno permesso di sottolineare l'importanza dell'utilizzo di uno strumento trans-scalare per la progettazione di parti di città (Borgarino et al., 2016), suggerendo possibili futuri sviluppi e integrazioni nei campi del BIM, del Gaming, della Ricostruzione 3D e della Realtà Aumentata per favorire anche la fruizione indiretta del patrimonio culturale (Rua e Alvito, 2011) e della strutturazione di piattaforme collaborative (Coscia et al., 2017; De Filippi et al., 2016).

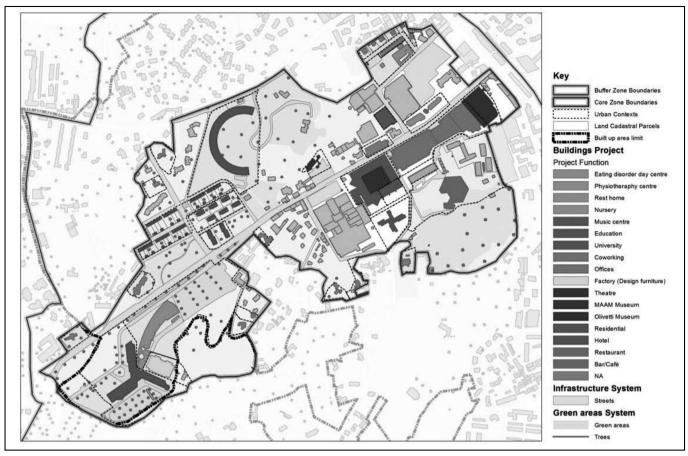


Figura 5 - Il Masterplan condiviso di progetto: definizione delle nuove destinazioni d'uso degli edifici situati nel sito UNESCO (Fonte: elaborazione degli Autori)

4.2 I progetti di riqualificazione funzionale ed energetica degli edifici situati nel sito UNESCO

Il tema della valorizzazione del patrimonio olivettiano di Ivrea, affrontato nel corso degli a.a. 2016/17 e 2017/18, ha condotto alla definizione di più di 30 progetti di restauro, riqualificazione funzionale ed energetica degli edifici localizzati su circa 16 Ambiti del sito UNESCO, nonché degli spazi pubblici, delle aree verdi e dei percorsi che potrebbero essere interessati nel futuro processo di riprogettazione del Museo a cielo aperto dell'Architettura Moderna di Ivrea (MAAM). Ciascun progetto è stato sviluppato tenendo conto sia delle peculiarità tipologiche e funzionali degli edifici, delle diverse necessità di restauro e delle caratteristiche delle aree urbane limitrofe, sia della coerenza generale definita attraverso il Masterplan.

L'analisi dettagliata dello stato di fatto (consistenze) e del degrado, nonché la definizione di una serie di azioni mirate alla tutela e conservazione dei manufatti, hanno costituito un'importante punto di partenza per lo sviluppo di progetti compatibili e rispettosi delle preesistenze di valore storico-architettonico.

A partire dai progetti di restauro e dall'individuazione delle nuove destinazioni d'uso, è stata quindi valutata la fattibilità economico- finanziaria, applicando le seguenti tipologie di analisi:

- valutazione della convenienza economica di interventi alternativi di riqualificazione energetica attraverso l'analisi LCC;
- valutazione preliminare della convenienza economicofinanziaria del progetto rispetto a un arco temporale predefinito attraverso il DCF.

Valutazione della convenienza economica di interventi alternativi di riqualificazione energetica attraverso l'analisi Life Cycle Costing (LCC)

L'obiettivo primario per la definizione di interventi di riqualificazione energetica è il raggiungimento di una serie di standard minimi di prestazione energetica dell'edificio, definiti sulla base del DM Requisiti minimi 26/06/2015. Tali standard sono legati alle diverse zone termiche, destinazioni d'uso (DPR 412/93) e dati geometrici di ogni edificio e sotto-unità.



Figura 6 - Risultati derivanti dal calcolo del fabbisogno energetico globale – e relativa classe energetica – dei tre edifici del complesso "Centro Servizi sociali": confronto tra lo scenario base e tre interventi alternativi di riqualificazione energetica (Fonte: Valutazione progetti alternativi di riqualificazione energetica di Ludovica Rapisarda e Alessandra Sacco, studentesse dell'Atelier "Restauro e valorizzazione del patrimonio", Politecnico di Torino, a.a. 2017/2018)

I possibili interventi di riqualificazione energetica sono stati quindi ipotizzati "edificio per edificio", diversificati in funzione delle tipologie edilizie e delle destinazioni d'uso molto eterogenee.

Sulla base dei requisiti minimi di legge, per ogni edificio sono stati ipotizzati uno scenario base e una serie di interventi di riqualificazione energetica alternativi. La scelta della soluzione ottimale dal punto di vista del risparmio energetico e della convenienza economica nell'arco di un periodo di tempo è stata supportata dall'applicazione dell'analisi LCC (Becchio et al., 2015). Una serie di interventi, come la sostituzione dei serramenti, l'introduzione di cappotti esterni o interni, la sostituzione di alcuni impianti, sono stati confrontati con lo scenario base e valutati sulla base del risparmio energetico calcolato rispetto all'intero ciclo di vita edilizio (Litti et al., 2018).

Nell'esempio di elaborazione riportato in Figura 6 le studentesse hanno inizialmente analizzato lo stato di fatto dei tre edifici del complesso "Centro Servizi Sociali" rispetto alle nuove funzioni ipotizzate (53% social housing, 40% centro sociale e 7% bar). A partire dagli elementi costruttivi esistenti (infissi a vetro singolo e pareti perimetrali in intonaco, mattoni forati e camera d'aria) hanno definito lo scenario base, ipotizzando gli interventi minimi necessari affin-

ché gli adeguamenti alla nuova funzione dell'edificio rispondessero agli standard di legge.

Successivamente, per ciascun edificio, lo scenario base è stato confrontato con tre interventi di riqualificazione energetica alternativi:

- l'inserimento di un cappotto interno composto da pannelli di spessore 13 cm in idrato di silicato e calcio autoclavato;
- la sostituzione degli infissi con inserimento di infissi a taglio termico in lamiera d'acciaio e doppio vetro bassoemissivo;
- l'installazione di 28 pannelli fotovoltaici sulla copertura piana.

Tali interventi sono stati analizzati sia singolarmente che nelle varie possibili combinazioni tra loro. Confrontando i risultati delle varie analisi LCC – l'NPV, l'IRR, il NS, il SIR e il PBP - la soluzione combinata "cappotto interno + infissi + pannelli fotovoltaici" è risultata essere quella più conveniente da un punto di vista economico ed energetico, consentendo di passare, per esempio per l'edificio centrale, da una classe energetica "E" a una classe "B" nella piena tutela degli elementi architettonici originari.

Valutazione preliminare della convenienza economico/finanziaria del progetto rispetto ad un arco temporale predefinito attraverso il Discounted Cash Flow (DCF)

A seguito della scelta dell'intervento ottimale sono stati stimati i costi complessivi dell'intervento, andando a inserire e dettagliare i costi della riqualificazione energetica fra le altre voci del Computo Metrico Estimativo (Comité Européen des Economistes de la Construction, 2003).

La convenienza economico-finanziaria dei progetti è stata valutata quindi attraverso lo strumento consolidato del DCF, sulla base dei costi dell'intervento – inclusi quelli considerati per la riqualificazione energetica – e dei ricavi stimati a partire dalle nuove funzioni ipotizzate, considerando la rischiosità dell'investimento e il tempo di ritorno dei capitali investiti. La convenienza è stata verificata sia rispetto all'ipotesi della vendita del bene successiva alla sua riqualificazione, sia rispetto alla sua gestione, considerando quindi un arco temporale più lungo.

In Figura 7 si riportano per esempio tre scenari di gestione (ottimistico, medio e pessimistico), diversificati sulla base dei canoni di locazione e della percentuale di occupazione dei locali da locare.

Lo scenario ottimistico prevede un canone di locazione di 90 Euro/mq e una percentuale di occupazione dei locali da affittare pari al 90% ed è in grado di garantire un PBP di 18 anni. Lo scenario pessimistico prevede invece un canone di locazione di 70 Euro/mq e una percentuale di occupazione pari al 20%: in questo caso il PBP non è accettabile in quanto supera i 30 anni. Lo scenario medio, infine, con un canone di locazione di 70 Euro/mq e un livello di occupazione degli spazi pari al 70%, è in grado di garantire PBP di 28 anni.

4.3 Dialogo con il territorio eporediese: l'evento pubblico per la presentazione e la premiazione dei progetti elaborati dagli studenti

Il Comune di Ivrea, in collaborazione con il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, il 16 giugno 2017 ha organizzato l'evento pubblico "Oltre Olivetti. Scenari per il futuro di Ivrea. Il patrimonio come occasione di rigenerazione urbana e di sviluppo" per la presentazione del Masterplan e dei singoli progetti di valorizzazione elaborati dagli studenti dell'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio".

In tale occasione il Comune ha voluto premiare i progetti migliori, coinvolgendo nella valutazione i principali stakehonders del territorio eporediese. Gli studenti che hanno voluto partecipare all'evento hanno presentato pubblicamente il loro progetto a un'apposita commissione (composta da alcuni rappresentanti del Comune, del Comitato Candidatura UNESCO, di Confindustria Canavese e di alcuni rappresentanti dei fondi proprietari e gestori degli immobili) che ha selezionato i vincitori sulla base della qualità del progetto di restauro, della coerenza della nuova destinazione

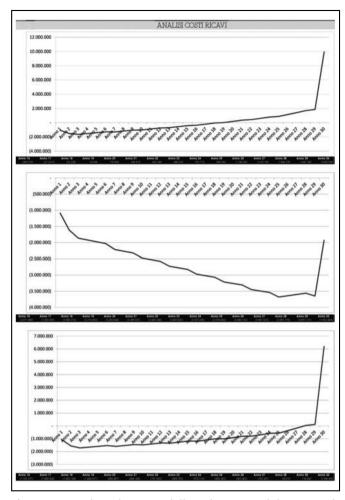


Figura 7 - Risultati derivanti dall'applicazione del DCF per la valorizzazione della fattibilità economico-finanziaria delle funzioni ipotizzate per il complesso "Centro Servizi Sociali": confronto tra tre scenari (ottimistico, pessimistico e medio) (Fonte: Valutazione progetti alternativi di riqualificazione energetica di Ludovica Rapisarda e Alessandra Sacco, studentesse dell'Atelier "Restauro e valorizzazione del patrimonio", Politecnico di Torino, a.a. 2017/2018)

d'uso prefigurata, del livello di innovazione progettuale e della fattibilità economico-finanziaria (Figura 8).

L'evento, molto apprezzato dagli stakeholders pubblici e privati dei territorio eporediese, è stato inserito all'interno dell'aggiornamento del Piano di Gestione per la candidatura UNESCO (sezione dedicata alla descrizione del settore "B - Piano d'Azione della Conoscenza e della Conservazione", misura "B-3 Integrazione delle risorse conoscitive e interpretative", azione "B-3.1 Approfondimento della conoscenza dei beni immobili del Sito") (Comune di Ivrea, 2012 - aggiornato al 2017), a testimonianza del fatto che i risultati conseguiti nel corso dell'Atelier possono rappresentare ricadute concrete per la valorizzazione e gestione del sito UNESCO, riconosciute pubblicamente dall'amministrazione eporediese.



Figura 8 - L'evento pubblico "Oltre Olivetti. Scenari per il futuro di Ivrea. Il patrimonio come occasione di rigenerazione urbana e di sviluppo" presso il Salone dei 2000 - 16 giugno 2017 (Fonte: foto degli Autori)

5. CONCLUSIONI

La riqualificazione funzionale ed energetica del patrimonio moderno è attualmente affrontata considerando prettamente l'aspetto del restauro e del riuso, senza tenere conto degli obiettivi che si possono perseguire attraverso gli interventi di riqualificazione energetica. L'introduzione degli obiettivi prefigurati dal WBD ha consentito di affrontare il tema della valorizzazione del patrimonio moderno di pregio come un problema reale e complesso, che deve essere analizzato tenendo conto di una molteplicità di aspetti.

Il patrimonio moderno, infatti, è per lo più costituito da edifici vincolati su cui gli interventi possibili sono spesso limitati, sia rispetto all'individuazione di nuove destinazioni d'uso, sia rispetto all'utilizzo di tecnologie volte a migliorare le performance energetiche.

In Italia, considerata la percentuale di edifici vincolati, risulta fondamentale rivolgere l'attenzione anche nei confronti di un patrimonio particolarmente fragile come quello moderno e considerare gli interventi di riqualificazione

energetica come pratica necessaria e contestuale agli interventi di restauro e di riuso.

È quindi centrale individuare gli interventi non solo compatibili con le preesistenze, ma anche in grado di coniugare la tutela con la scelta della soluzione ottimale dal punto di vista energetico e della convenienza economico-finanziaria, considerando l'intero ciclo di vita edilizio.

Nei progetti sul patrimonio esistente, a partire dal caso di Ivrea, sembra che sia possibile utilizzare l'innovazione tecnologica finalizzata al comfort e al risparmio energetico anche sul patrimonio vincolato, rispettandone i valori storici, architettonici e culturali e apportando significativi miglioramenti nel bilancio energetico globale.

Il delicato e difficile equilibrio tra le limitazioni tecniche (funzionali, materiche, tecnologiche, strutturali) imposte dalla normativa e la fattibilità economico-finanziaria degli interventi costituisce una sfida stimolante e formativa per gli studenti che frequentano l'ultimo anno di un corso di laurea in Architettura.

Gli obiettivi formativi dell'Atelier "Restauro e Valorizzazione del Patrimonio" del Politecnico di Torino sono stati quindi perseguiti nell'ambito del processo di valorizzazione del patrimonio olivettiano e del sito UNESCO "Ivrea, città industriale del XX secolo", un caso particolarmente complesso di riqualificazione funzionale ed energetica di diverse tipologie edilizie.

Il caso è stato scomposto nei suoi molteplici aspetti, a partire anche dagli obiettivi formativi, tenendo presente la realtà e gli interessi dei molteplici stakeholders coinvolti.

A supporto del percorso formativo sono stati assunti e integrati due approcci: il WBD e il PBL. Il primo ha guidato gli studenti verso una progettazione integrata di edifici sostenibili ed efficienti, possibile anche grazie all'attuazione di un processo interattivo tra tutte le persone coinvolte nel corso dell'intero ciclo di vita del progetto. Il secondo approccio, invece, ha fatto in modo che gli studenti si confrontassero per risolvere interagendo tra loro e con gli stakeholders un problema reale, anche dal punto di vista delle molteplici competenze che metteva in gioco. Gli studenti hanno imparato a definire e gestire un processo volto alla risoluzione di un problema complesso attraverso l'interazione continua e propositiva con il corpo docente e gli stakeholders del territorio di riferimento. L'applicazione del PBL nell'ambito dell'Atelier ha costituito una sperimentazione innovativa nel panorama nazionale. Nei corsi di laurea in Architettura, infatti, è prassi consolidata analizzare casi reali invitando attori del territorio e stakeholders a fornire testimonianze, al fine di contestualizzare il caso studio selezionato. Ciononostante difficilmente l'approccio didattico si fonda su metodologie pedagogicamente strutturate come il PBL e molto raramente i risultati conseguiti al termine dei corsi supportano realmente e vengono acquisiti dalle amministrazioni pubbliche coinvolte. Nel contesto internazionale risulta invece maggiormente consolidata l'applicazione del PBL, non solo nell'ambito dei singoli moduli/atelier, ma anche in interi corsi di lauParallelamente e contestualmente all'applicazione del PBL gli studenti hanno anche acquisito gli strumenti disciplinari e le metodologie di analisi proprie delle discipline del restauro e della valorizzazione economica. In particolare, hanno potuto apprendere e applicare la LCC integrata al DCF basandosi su dati reali per la valutazione della fattibilità economico-finanziaria.

I risultati conseguiti al termine dell'Atelier sono molteplici, sia sul piano didattico, sia su quello della reale valorizzazione del sito oggetto di studio. A partire dai dati raccolti e strutturati all'interno del SIT "Ivrea, città industriale del XX secolo" è stata costituita una base di conoscenza comune che ha portato l'intero corso alla definizione di un Masterplan condiviso di progetto. Questo Masterplan ha costituito la base per lo sviluppo di più di 30 progetti di restauro e di riqualificazione funzionale ed energetica degli edifici localizzati nel sito UNESCO. Per ciascun edificio (o complesso di edifici), è stata valutata la fattibilità e la convenienza economico-finanziaria, sia in sede d'esame sia ad Ivrea in occasione di un evento pubblico durante il quale una commissione ha premiato il progetto migliore.

I progetti di valorizzazione e la presentazione fatta in occasione dell'evento pubblico hanno permesso quindi di concludere il discorso aperto con gli stakeholders coinvolti nel percorso formativo, "restituendo" ai cittadini e all'amministrazione eporediese progetti potenzialmente realizzabili e idee per uno sviluppo sostenibile di una parte di città. I risultati di questa sperimentazione didattica vanno infatti oltre all'acquisizione da parte degli studenti di strumenti economico-estimativi e alla definizione di singoli progetti convenienti e realizzabili. Lo scenario complessivo che scaturisce dall'insieme di tutti i progetti definiti dagli studenti consente di affrontare la complessità alla scala urbana e di definire le strategie e le priorità degli interventi che riguardano soggetti sia pubblici sia privati. Particolarmente rilevanti sono le possibili ricadute positive su due fronti: la pianificazione strategica degli interventi di valorizzazione di questa porzione di città e la futura gestione del sito UNESCO. Tra gli obiettivi espressi nel Dossier di Candidatura sulla futura gestione del sito (Comune di Ivrea, 2012) vi sono infatti l'individuazione di nuove destinazioni d'uso volte allo sviluppo imprenditoriale, il potenziamento della fruizione da parte di visitatori e turisti con una strategia di comunicazione strutturata e l'insediamento di un centro per l'interpretazione del patrimonio olivettiano. Tenendo in considerazione tali obiettivi, è possibile concludere che alcuni risultati conseguiti nel corso dell'Atelier potrebbero effettivamente supportare la futura valorizzazione e gestione del sito. In particolare, il SIT sviluppato potrebbe costituire, oltre che una base di conoscenza strutturata utile per la definizione di progetti di valorizzazione, anche uno strumento operativo dinamico per la pianificazione programmata degli interventi e una base per sviluppare la fruizione offsite dei beni. La georeferenziazione e strutturazione delle informazioni in un SIT permette infatti non solo di poter gestire la conoscenza, ma anche di poter sviluppare sistemi ad hoc in grado di gestire ogni singolo edificio. A partire da questa base è quindi possibile mettere tutti gli edifici in relazione tra loro e monitorarli, rispettando una pianificazione strategica basata su diverse priorità e una conseguente programmazione degli interventi a breve, medio e lungo termine. A tal proposito si pone in evidenza l'importanza della riprogettazione del Museo a cielo aperto dell'Architettura Moderna di Ivrea (MAAM), prioritario sia per la valorizzazione dell'architettura olivettiana – reale e virtuale – sia come occasione per la riqualificazione di spazi pubblici, aree verdi e infrastrutture (Barreca et al., 2017). A tal proposito, il ruolo che ricopre l'amministrazione comunale – proprietaria solamente di due edifici ma di gran parte delle aree che formano il tessuto connettivo di questa porzione urbana – può e deve essere nodale nell'attuare una politica territoriale strategica. L'individuazione di interventi pubblici e privati in grado di ottimizzare l'impiego di risorse scarse risulta fondamentale in un contesto che sta progressivamente diventando più dinamico e aperto a nuove forme di progettualità. La valorizzazione dell'area urbana diventata sito UNESCO dovrebbe quindi partire dalla riqualificazione degli spazi e delle infrastrutture pubbliche, fondamentale sia per la riprogettazione del MAAM sia per supportare gli interventi dei soggetti privati che stanno iniziando a investire nell'area (si pensi a titolo di esempio alla recente acquisizione della fabbrica da parte di un importante operatore privato). Investimenti mirati e lungimiranti di questo tipo da parte dei soggetti pubblici costituiscono punti di partenza fondamentali in questa fase cruciale e delicata del processo di valorizzazione del sito, in quanto rappresentano un volano per il miglioramento della qualità urbana e requisiti strategici determinanti per il futuro sviluppo di progetti privati. Dai risultati conseguiti nell'ambito dell'Atelier è infatti emerso come alcuni progetti privati possano essere in grado, grazie agli oneri di urbanizzazione, di finanziare in parte progetti pubblici, alimentando un ciclo in cui priorità, convenienze e obiettivi pubblici e privati possono convergere, ma solo se analizzati e concepiti a livello di sistema e non singolarmente.

Il processo attuato nel corso dell'Atelier può quindi essere considerato una Best Practice, in quanto ha posto le basi per l'avvio di un dialogo tra istituzioni pubbliche e private (l'amministrazione, l'università, Confindustria, i proprietari e gestori degli immobili e i cittadini) volto allo scambio di informazioni e idee e alla creazione di sinergie e strategie condivise di sviluppo, nell'ottica di una progettazio-

* Prof. Rocco Curto, Professore Ordinario, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino.

e-mail: rocco.curto@polito.it

**Arch. Alice Barreca, Dottoranda, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino.

e-mail: alice.barreca@polito.it

*** Arch. Diana Rolando, Ricercatrice universitaria a tempo determinato Legge 240/10 art.24-A, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino.

e-mail: diana.rolando@polito.it

Ringraziamenti

Si ringraziano innanzitutto la Prof.ssa Lisa Accurti e il Prof. Francesco Novelli, docenti, insieme al Prof. Rocco Curto, dell'Atelier di Restauro e Valorizzazione del Patrimonio del corso di Laurea magistrale in Architettura per il Restauro e la Valorizzazione del Patrimonio del Politecnico di Torino, negli a.a. 2016/2017 e 2017/2018. Un ringraziamento va anche a tutto il gruppo di lavoro del Laboratorio di Analisi e Modellazione dei Sistemi Ambientali (LAMSA) del Politecnico di Torino per aver supportato gli studenti nell'individuazione degli interventi alternativi di riqualificazione energetica degli edifici e la loro valutazione attraverso l'applicazione del software Termolog.

Si ringrazia inoltre l'Amministrazione locale di Ivrea, con particolare riferimento all'ex-Sindaco Dott. Carlo Della Pepa e all'ex-Assessore all'Urbanistica Arch. Giovanna Codato, per i confronti costruttivi e per averci gentilmente concesso il SIT della Città di Ivrea, il quale ha costituito un'importante base informativa di partenza per il nostro lavoro.

Un ringraziamento va infine a tutti gli studenti dell'Atelier, i quali hanno con impegno studiato il sistema di beni della Core Zone di Ivrea ed elaborato, a partire dai dati raccolti e inseriti nel SIT fornito dalla docenza, ottimi progetti di restauro e valorizzazione, mettendo a nostra disposizione i relativi materiali.

Bibliografia

Armstrong, J. S. (1982). The value of formal planning for strategic decisions. Strategic Management Journal, 30(1), 197-211.

ASCIONE, F., BIANCO, N., DE MASI, R. F., DE ROSSI, F., & VANOLI, G. P. (2015). Energy Retrofit of an educational building in the ancient center of Benevento. Fesibility study of energy savings and respect of the historica value. Energy and Buildings, 95, 172-183.

Barreca, A., Curto, R., & Rolando, D. (2017). An innovative methodological and operational approach to developing Management Plans for UNESCO World Heritage Sites. A Geographic Inforamtion System for "Ivrea, Industrial city of 20th century". Aestimum, 71, 177-213.

Barthelmes, V. M. (2016). Cost-optimal analysis for the definition of energy design strategies: The case of a nearly-Zero energy building. Valori e Valutazioni, 57-70.

Basbagill, J., Flager, F., Lepech, M., & Fischer, M. (2013). *Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts*. Building and Environment, *60*, 110-120.

BECCHIO, C., FERRANDO, D. G., FREGONARA, E., MILANI, N., QUERCIA, C., & SERRA, V. (2015). The cost optimal methodology for evaluating the energy retrofit of an ex-industrial building in Turin. Energy procedia, 78, 1039-1044.

BOERI, A., GASPARI, J., GIANFRATE, V., LONGO, D., & PUSSETTI, C. (2016). *Il riuso adattivo dei centri storici. Bologna e Lisbona: soluzioni per la rigenerazione urbana*. Techne. Journal of technology for Architecture and Environment, 12, 230-237. BOGARINO, M. P., GASPAROLI, P., RONCHI, A. T., & SCALTRITTI,

M. (2016). Governare l'evoluzione di un sistema urbano. Il sito UNESCO di Crespi d'Adda. TECHNE: Journal of Thecnology for Architecture and Environment, 12, 52-56.

BOTTERO, M. E MONDINI G. (2017). Assessing socio-economic sustainability of urban regeneration programs: An integrated approach. Green Energy and Technology, 165-184.

Brundiers, K., Wiek, A., & Redman, C. L. (2010). Real-world learning opportunities in sustainability: from classroom into the real world. International journal of sustainability in Higher Education., 11(4), 308-324.

CERRETA, M., & DE TORO, P. (2012). Assessing urban transformation: a SDSS for the master plan of Castel Capuano, Naples. International Conference on Computational Science and its applications (pp. 168-180). Berlin: Springer.

COMITÉ EUROPÉEN DES ECONOMISTES DE LA CONSTRUCTION, (2003). European Code of Measurement for Cost Planning.

COMUNE DI IVREA. (2016). Norme di Attuazione e ss.mm.. PRG 2000. Elaborato P1. Var. 11/2016. Ivrea: Città di Ivrea.

COMUNE DI IVREA. (2013). Censimento dei beni tipologici costruttivi e decorativi della Città di Ivrea. Catalogo dei beni culturali architettonici (art. 2.4, L.R. 35/95) - Normativa per gli interventi sugli edifici e loro pertinenze - Allegato A, Comune di Ivrea. D.C.C. n.15. Ivrea: Città di Ivrea.

COMUNE DI IVREA, Assessorato alla Cultura, & Fondazione Adriano Olivetti. (2012- aggiornato a Settembre 2017). Dossier di Candidatura "Ivrea, città industriale del XX secolo" - Tentative List WHL - UNESCO. Ivrea: Comune di Ivrea.

COMUNE DI IVREA, Assessorato alla Cultura, & Fondazione Adriano Olivetti. (2012). Piano di Gestione "Ivrea, città industriale del XX secolo" - Tentative List WHL - UNESCO. Ivrea: Comune di Ivrea.

COSCIA, C., LAZZARI G., & RUBINO, I. (2018). Values, memory, and the role of exploratory methods for policy-design processes and the sustainable redevelopment ofwaterfront contexts: The case of Officine Piaggio (Italy). Stustainability, 10(9), 1-22.

COSCIA, C., & CURTO, R. (2017). Valorizing in the absence of Public Resources and weak markets: the case of "Ivrea. The 20th Century Industrial City". In S. Stanghellini (Ed.), Appraisal: from theory to practice. Results of SIEV 2015 (pp. 79-99). Berlino: Springer.

COSCIA, C., DE FILIPPI, F., & GUIDO, R. (2017). From Smart-cities to smart-Communities: how can we evaluate the performance and the impacts of innovation and inclusive processes in urban context? International Journal of Planning Research.

COSCIA, C., FREGONARA E., & ROLANDO D. (2015). *Project Management, briefing and territorial planning. The case of military property disposal.* Territorio, 73, 135-144.

Curto, R., Brigato, M. V., Coscia, C., & Fregonara, E. (2014). Assessing strategies for developing sustainable tourism in the Iglesias area, Sardinia [Valutazioni per strategie di sviluppo turistico sostenibile dell'iglesiente]. Territorio, 69, 123-133, doi: 10.3280/TR2014-069018.

CURTO, R., FREGONARA, E., & SEMERARO, P. (2017). A spatial analysis for the real estate market applications. Advances in automated Valuation Modeling, 163-179.

DE FILIPPI, F., COSCIA, C., BOELLA, G., ANTONINI, A., CALAFIORE, A., CANTINI, A., (2016). *MiraMap: a we-government tool for Smart Pheripheries in Smart Cities*. IEEE ACCESS, 4, 3824-3848.

DE GRAFF, E., & COWDROY, R. (1997). Theory and practice of educational innovation through introduction of problem based learning in architecture. International Journal of Engineering Education, 166-174.

DE GRAFF, E., & KOLMOS, A. (2003). *Characteristics of problem-based learning*. International Journal of Engineering Education, 19(5), 657-662.

DIRECTIVE 2012/27/EU. (2012). Directive of The European Parliament and the Council of 25 October 2012 on energy efficiency amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal of the European Union, European Parliament.

EN 15603:2008. (2008). Energy performance of buildings - Overall energy use and definition energy ratings. European Committee for Standardization, (CEN).

ERTMER, P. A., & SIMONS, K. D. (2006). *Jumping the PBL Implementation hurdle: supporting the efforts of K-12 teachers*. Interdisciplinary Journal of problem based Learning, 1(1).

Fregonara, E. (2015). Valutazione sostenibilità progetto. Life Cycle Thinking e indirizzi internazionali. Milano: Franco Angeli.

Fregonara, E., Curto, R., Grosso, M., Rolando, D., & Tulliani, J. M. (2013). Environmental technology, Materials Science, Architectural Design and Real estate market evaluation: a multidisciplinarity approach for energy-efficient buildings. Journal of urban technology, 20(4), 57-80.

Fregonara, E., Giordano, R., Rolando, D., & Tulliani, J. M. (2016). *Integrating environmental and economic sustainability in New Building Construction and Retrofit*. The Journal of Urban Technology, 23(4), 3-28.

Fregonara, E., Lo Verso, V. R., Lisa, M., & Callegari, G. (2017). Retrofit scenarios and economic sustainability. A case-study in the Italian context. Energy Procedia, 111, 245-255.

Guarini, M. R. (2017). An Integrated Approach for the Assessment of Urban Transformation Proposals in Historic and Consolidated Tissues. Lecture Notes in Computer Science, 562-574.

HILL, T., & WESTBROOK, R. (1997). Swot analysis. It's time for a Product Recall. Long Range Planning, 30(1), 46-52.

HUNG, W. (2006). The 3C3R Model. A Conceptual framework for designing Problems in PBL. Interdisciplinary Journal of Problem Based Learning, 1(1), 10-17.

ISLAM, H., JOLLANDS, M., & SETUNGE, S. (2015). *Life cycle assessment and life cycle cost implication of residential buildings -A review.* Renewable and sustainable Energy Reviews, 42, 129-140.

ISO 15686:2008. (2008). Buildings and constructed assets. Service-life planning. Part 5: Life Cycle Costing. ISO/TC 59/CS 14.

KOLMOS, A., FINK, F. K., & KROGH, L. (2004). The Aalborg PBL model. Progress. diversity and challenges. Aalborg: Aalborg University Press.

Langdon, D. (2007). Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology - Final methodology.http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/contructions/studies/life-cycle-costing_en.htm.

LEGNER, M., DEL CURTO, D., & BALKSTEN, K. (2016). Valorization and management of the built heritage of fortified towns: the cases of the UNESCO World Heritage Sites of Sabbioneta, Italy and Visby, Sweden. Preventive and Planned Conservation Conference (pp. 29-43). Monza: Politecnico di Milano.

LEHMANN, M., CHRISTENSEN, P., Du, X., & THRANE, M. (2008). Problem-oriented and project-based learning (POBL), as innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. European journal of Engineering Education, 33(3), 283-295.

LITTI, G., AUDENAERT, A., & LAVAGNA, M. (2018). Life Cycle Operating Energy Saving from Windows Retrofitting in Heritage Buildings accounting for technical performance decay. Journal of Building Engineering, 54-78.

MARINÒ, P. (2015). Crowdfunding for the co-financing of projects to enhance complexes of great historical and architectural value: the case of "Torino Esposizioni". Territorio Italia, 2, 95-119.

MARTÌNEZ-MOLINA, A., TORT-AUSINA, I., CHO, S., & VIVANCOS, J. L. (2016). *Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 61, 70-85.

MILLS, J. E., & TREGUST, D. F. (2003). *Engineering education is problem based or project based learning the answer?* Australian Journal of Engineering Education.

MOUST, J. C., VAN BERKEL, H., & SCHMIDT, H. G. (2005). Sign of erosion: reflections on Three decades of Problem-based learning at Maastricht University. The International Journal of Higher Education and Educational Planning, 50(4), 665-683.

OLIVETTI, A. (1945). L'ordine politico di comunità.

PINTO, M. R. (2010). Strategie di riuso per la valorizzazione del costruito. In S. De Medici, Nuovi usi per la tutela e la valorizzazione del patrimonio costruito: la privatizzazione dei beni immobili pubblici. Milano: Franco Angeli.

POIKELA, & NUMMENMAA. (2006). *Understanding problem-based learning*. Tampere University Press.

PRIETO, M. A., BABARROJA, E. J., REYES, M. E., MONSERRAT, S. J., & DIAZ, M. D. (2006). Un nuevo modelo de aprendizaje basado en problemas, el APB 4x4 es eficaz para desarrollar competencias profesionales valiosas en asignaturas con mas de 100 alumnos. Aula Abierta(87), 171-194.

PROWLER, D., & VIERRA, S. (2008). Whole Building Delign. Whole Building design Guide. Whashington, DC: National Institute of Building Sciences.

REPUBBLICA ITALIANA. (2015). Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei

requisiti minimi degli edifici". In pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.162 del 15 luglio 2015.

RUA, H., & ALVITO, P. (2011). Living the past. 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archeology and the reconstruction of cultural heritage. The case study of the Roman villa of Casal de Freiria. Journal of archaeological science, 38, 3296-3308.

SAVERY, J. R. (2006). Overview of problem based learning. Definition and distinction. Interdisciplinary Journal of problem based learning, 1(1), 9-20.

STANDARD FPREN 16883. (2017). Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic buildings. European committee for standardization, (CEN).

WHC - WORLD HERITAGE COMMITTEE, (2018) UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, Convention Concerning The Protection Of The World Cultural And Natural Heritage, Decisions adopted during the 42nd session of the World Heritage Committee, Manama, http://whc.unesco.org/en/decisions/7143 (accesso del 10/09/2018)

ZACÀ, I., D'AGOSTINO, D., CONGEDO, P. M., & BAGLIVO, C. (2015). Assessment of cost-optimality and technical solutions in high performance multi-residential buildings in the Mediterranean area. Energy and Buildings, 102, 250-265.