

The background of the entire page is an aerial photograph of a city, likely Rome, showing a clear grid of streets and buildings. Overlaid on this image is a dense, irregular pattern of small red dots, which appears to be a data visualization or a map overlay. The dots are more concentrated in certain areas, possibly indicating specific points of interest or data density.

Il retrofit energetico degli edifici: determinazione delle preferenze degli individui attraverso un Discrete Choice Experiment

The energy retrofit of buildings: individuals' preferences
determination through a Discrete Choice Experiment

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città
A.A. 2017-2018

Candidato:
Giulio Cavana

Relatore:
Marta Carla Bottero

Correlatori:
Marina Bravi
Stefano Paolo Corgnati
Cristina Becchio

Il retrofit energetico degli edifici: determinazione delle preferenze degli individui attraverso un Discrete Choice Experiment

The energy retrofit of buildings: individuals' preferences
determination through a Discrete Choice Experiment

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città
A.A. 2017-2018

Relatore:
Prof.ssa M. C. Bottero

Correlatori:
Prof.ssa M. Bravi

Prof. S.P. Corgnati

Candidato:
Giulio Cavana

Prof.ssa C. Becchio

INDICE

Introduzione	1
Capitolo 1	
Clima ed emissioni, policy e scenari	
1 Framework a livello europeo	6
2 Refernce scenario 2016 e SEN	14
3 L'efficienza energetica nel settore edile	23
4 Barriere all'investimento di efficientamento nel settore edile	34
5 Scenari alternativi per il raggiungimento degli obiettivi al 2050 nel settore edile	36
Capitolo 2	
Metodologia	
0 Introduzione	41
1 Valutazione energetica	47
1a Il progetto Tabula	47
1b Calcolo dei consumi, il software Seas	50
2 Valutazione delle preferenze	54
2a Introduzione del Choice Experiment	54
2b Determinazione degli attributi e calcolo misure	55
3 Calcolo delle preferenze e disponibilità a pagare	56
Capitolo 3	
Calcolo dei consumi	
0 Introduzione	62
1 Determinazione dell'area secondo la matrice di Tabula	65
2 Calcolo dei consumi	77

Capitolo 4

Valutazione dei beni fuori mercato

0 Introduzione	88
1 Composizione dei Valori e loro stima	91
2 Metodi delle preferenze rivelate e delle preferenze dichiarate	100
3 Metodi delle preferenze dichiarate ed energia	107
4 Il metodo Choice experiment	110

Capitolo 5

Applicazione del CE al caso studio

1 Determinazione degli attributi e dei livelli	116
2 Misure di efficientamento energetico, estetico-funzionale e risparmi	121
2a Serramenti	121
2b Involucro opaco	124
2c Sostituzione del generatore di calore	127
2d Impianto fotovoltaico	128
2e Risparmi	128
2f Interventi di ristrutturazione edile	146
2g Incentivi	147
3 L'appartamento ideale ed il Choice Set	151
4 Risultati di frequenza	155

Capitolo 6

Risultati

1 Risoluzione del Multinomial Logit	166
2 passaggio al Random Parameter Logit	175
3 Definizioni finali del Random Parameter Logit	181
4 calcolo della disponibilità a pagare	187
5 conclusioni	194

Bibliografia	199
--------------	-----

Appendici	209
-----------	-----

INTRODUZIONE

Il settore edilizio è considerato strategico da tutti gli scenari che cercano di descrivere una traiettoria di modifica delle attività umane verso una società a basso livello di emissioni di gas climalteranti, oltre che dalla policy europea in questa direzione.

A fronte di questa presa di coscienza, però, non si nota un reale cambio di passo rispetto al trend attuale, arrivando a mettere in dubbio le possibilità di attendere gli obiettivi prefissati in tema di contenimento delle emissioni.

Nel presente lavoro di tesi si cercherà di capire quali sono le percezioni della popolazione rispetto agli interventi di recupero energetico del patrimonio edilizio esistente e se esse sono competitive rispetto ad altre alternative che costituiscono potenziali barriere all'investimento.

Nel primo capitolo si analizzerà la policy europea in tema di contenimento dei consumi oltre che gli strumenti di controllo (scenari) che essa adotta per verificare l'efficacia di questa.

Dopo di ciò ci si focalizzerà sul settore edilizio e sulle sue criticità nell'andare a rispettare le attese di efficienza di cui esso potrebbe farsi carico, con speciale attenzione sulle barriere all'investimento che il recupero del patrimonio esistente fronteggia.

Nel secondo capitolo si definirà la metodologia seguita nel lavoro di tesi che verrà applicata nel terzo capitolo all'area in esame.

Il terzo capitolo analizzerà l'area scelta come caso studio: di essa si è proceduto a categorizzare gli edifici di modo che fosse possibile valutarne le caratteristiche fisiche e tecnologiche oltre che i consumi.

Il quarto capitolo sarà una panoramica delle valutazioni dei valori non di mercato e degli strumenti utilizzati per analizzarli; questi possono essere utilizzati anche nel caso di un mercato imperfetto oltre che permettere la valutazioni di scenari ipotetici di variazione della situazione di status quo.

Il quinto capitolo sarà votato all'applicazione della valutazione delle alternative di intervento sul patrimonio esistente attraverso gli strumenti

descritti nel capitolo precedente.

In questa parte della tesi si costruirà il questionario funzionale alla raccolta dei dati che, una volta analizzati con metodi econometrici, forniscono una panoramica delle percezioni e delle preferenze che gli individui hanno in materia di recupero del patrimonio edilizio esistente.

Per la costruzione del questionario si sono utilizzati i dati dell'area oggetto di analisi così come risultanti dalle categorizzazioni effettuate nel capitolo tre. L'attinenza al dato reale è fondamentale per presentare uno scenario realistico agli intervistati e, quindi, non perdere di vista il contesto in cui si svolge l'analisi, questo ha anche determinato la scelta di concentrare la ricerca sul campo (e la contestuale somministrazione dei questionari) nell'area di incidenza degli isolati considerati.

E' importante sottolineare che tutti i dati che potevano essere agevolmente ricavati (nello specifico quelli geometrici e del contesto) sono stati desunti da un'analisi del caso specifico, mentre altri (tra essi possiamo annoverare le stratigrafie e le configurazioni impiantistiche degli edifici) sono stati ipotizzati basandosi su studi scientificamente riconosciuti.

Sempre l'attenzione al caso reale ha portato a non ipotizzare delle misure di intervento di recupero energetico standardizzate per tutta l'area, ma si è considerato il caso specifico alla scala dell'edificio e, in taluni casi, si è modificata la strategia di intervento (ad esempio, per gli edifici che presentavano una finitura di pregio si è ipotizzato un isolamento delle pareti dall'interno).

CAPITOLO 1

Clima ed emissioni,
policy e scenari

1 Framework a livello europeo

La politica di lotta al cambiamento climatico, a livello europeo, si compone di tre steps fondamentali: 2020 climate & energy package [1], 2030 climate & energy framework [2], 2050 low-carbon economy [3].

Questi tre accordi pongono restrizioni progressive decennali rispetto ad un anno base di riferimento (1990), con l'obiettivo ultimo di raggiungere la sostanziale de-carbonizzazione dell'economia in modo competitivo.

I primi due documenti pongono degli obiettivi differenziati in tre aree: emissione di gas climalteranti, percentuale di produzione energetica da fonti rinnovabili ed efficienza energetica; l'ultimo documento, invece, pone l'accento sulla quantità di CO₂ ed emissioni co-responsabili del surriscaldamento globale [IPCC, 2014], fissando un obiettivo sinergico che deve essere raggiunto di concerto da tutti i settori dell'attività umana.

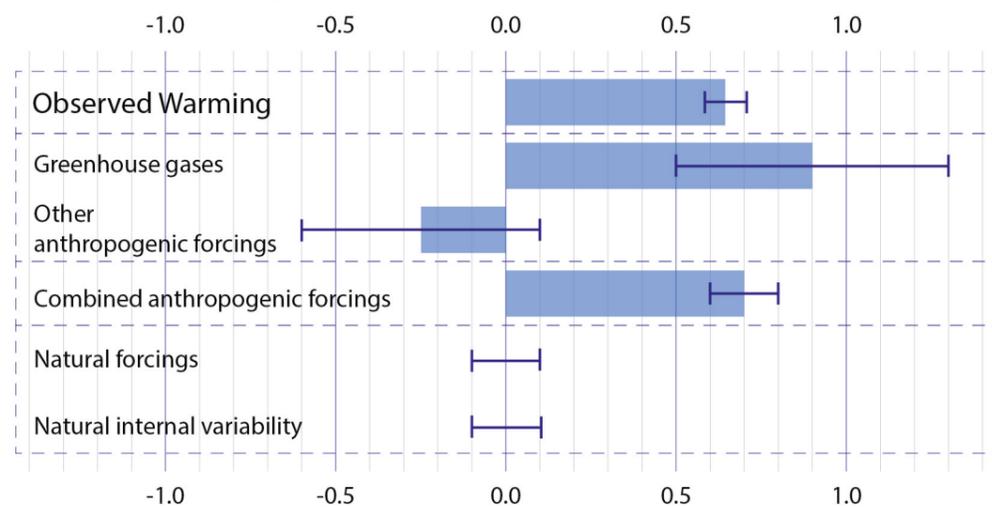


FIGURA 1 _Variazioni potenziali previste nei trend di riscaldamento nel periodo 1951-2010 da gas serra, altre forzanti antropogeniche (compresi aerosol e cambiamenti nell'uso dei suoli), forzanti antropogeniche combinate, forzanti naturali e variabilità climatica naturale interna (variazione spontanea interna al sistema). Il riscaldamento osservato (observed warming) è presentato con un range di incertezza dal 5 al 95% dato dalla incertezza della misurazione.

Fonte: [IPCC, 2014]

Nel definire le restrizioni o i requisiti minimi ambientali volti alla riduzione degli impatti sul clima dovuti all'attività umana [IPCC, 2013], impatti che hanno fatto meritare all'era attuale la denominazione di Antropocene [Verburg et al.2016, Pincetl S. 2017], data la capacità della società di interagire con le dinamiche della biosfera, viene posto l'accento sugli ulteriori impatti positivi che il raggiungimento di un'economia povera di carbonio produrrebbe.

Questi porterebbero sia alla riduzione della dipendenza energetica, un ambito con cui l'Europa ha da sempre fatto i conti, e che, stando agli scenari prospettati, aumenterà il suo impatto nel lungo periodo per quasi tutti gli stati membri [COM, 2014; GU, 2010], sia all'aumento del numero di posti di lavoro e della competitività [1; COM, 2014; GU, 2010], oltre a produrre benefici legati all'ambiente e la salute [SWD(2014)].

Per quanto invece concerne la sostenibilità economica degli investimenti di efficientamento nel campo energetico, nel "2030 climate & energy framework", viene affermato il concetto secondo cui il costo dell'investimento non varia di molto rispetto a quello dovuto alla necessità di ammodernamento del sistema energetico datato [SWD(2014)]. A questa idea fa eco la strategia energetica nazionale che, in riferimento alla produzione energetica da fonti rinnovabili, afferma: "considerato quanto già detto sulla disponibilità di tecnologie vicine alla market parity, o comunque con costi in diminuzione, va rimarcato ancora una volta come la nuova sfida per una completa integrazione nel sistema elettrico di queste fonti si sposterà dagli incentivi sulla produzione alla definizione di nuove regole di mercato e agli investimenti sulle infrastrutture di rete che dovranno svilupparsi in tempi congrui a garantire adeguatezza e flessibilità al nuovo assetto" [SEN, 2017 p78].

La scelta del passaggio da metodi di produzione energetica tradizionale a tecnologie a bassa emissione di carbonio, quindi, implica uno spostamento degli investimenti e non un loro aumento sostanziale, oltre ad una revisione delle dinamiche di accesso al mercato di queste.

La riduzione attesa, nell'ambito delle emissioni di gas climalteranti, non viene vista come un taglio orizzontale, ma viene riconosciuto il diverso ruolo e la potenzialità differenziale che ogni campo socio-economico può rivestire nel percorso che viene prospettato.

Sono quindi il settore residenziale e terziario che vengono individuati come

quelli da cui, nel breve periodo, ci si possono aspettare i risultati migliori nel tentativo sia di raggiungere un alto livello di efficienza energetica, sia una buona riduzione della quantità di gas climalteranti attraverso l'aumento degli interventi di retrofit energetico sul patrimonio esistente e ad un progressivo spostamento da vettori energetici con alto tasso di emissioni specifiche di CO2 ad altri meno inquinanti (elettrico e gas naturale).

Questa attenzione ha portato all'emanazione di pacchetti di norme (EPBD [GU, 2010; COM, 2016-2], Clean Energy for all Europeans [4]), e alla pubblicazione di una serie di studi [5] [6] [Schimschar S. et al, 2014] che, all'interno di questi framework di indirizzo, mirano ad instradare il settore verso il raggiungimento degli obiettivi prefissati a livello comunitario.

Sull'efficienza energetica negli edifici si esprime, in particolare, la Energy Performance of Building Directive recast (EPBD recast) che impone, per le nuove costruzioni e per le ristrutturazioni importanti, il raggiungimento della categoria di Nearly Zero Energy Building (NZEB) definito come un edificio che "has a very high energy performance with the nearly zero or very low amount of energy required covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby" [GU, 2010]; la definizione numerica dei concetti di bassissimo consumo e di elevata quota da fonti rinnovabili sono lasciati agli stati membri. Questa libertà lasciata nella definizione degli standard sotto cui far ricadere la categoria di NZEB è stata vista, però, come limite all'efficacia della EPBD [COM,2013] che sconta anche critiche sulla sua mancanza di incisività normativa nei confronti degli edifici esistenti.

L'Italia ha dato la sua definizione di NZEB con il Decreto ministeriale del 26 giugno 2015 fissando i parametri che un edificio deve avere per ricadere in questa categoria, fornendo anche dei valori intermedi rispetto alla data del 2019/2021 imposta dall' EPBD; in questa norma, comunque, non viene specificato il valore limite di consumo energetico degli NZEB ma un coefficiente di prestazione di un edificio ideale che abbia le stesse caratteristiche dell'edificio (esistente o di progetto) e rispetti le prescrizioni date dalla norma riguardo i livelli prestazionali del sistema edificio-impianto.

La norma sull'efficienza energetica degli edifici, ad esempio, impone il rispetto delle prescrizioni sull'efficienza prestazionale per gli edifici

esistenti solo nel caso di ristrutturazioni importanti (anche qui definiti discrezionalmente dagli stati membri) proponendo, ad ogni modo, strumenti incentivanti e non forzanti il recupero di tale patrimonio [Groezinger J. et al 2014].

La mancanza, inoltre, di una linea comune di definizione, prima anche che di valutazione, del concetto e dei requisiti di un NZEB, ha portato ad una sostanziale difficoltà nel valutare l'evoluzione delle politiche e dei trend di efficientamento del settore degli stati membri [Groezinger J. et al.,2014-2; D'Agostino et al., 2016].

Queste criticità hanno portato alla proposta di una sua revisione in cui

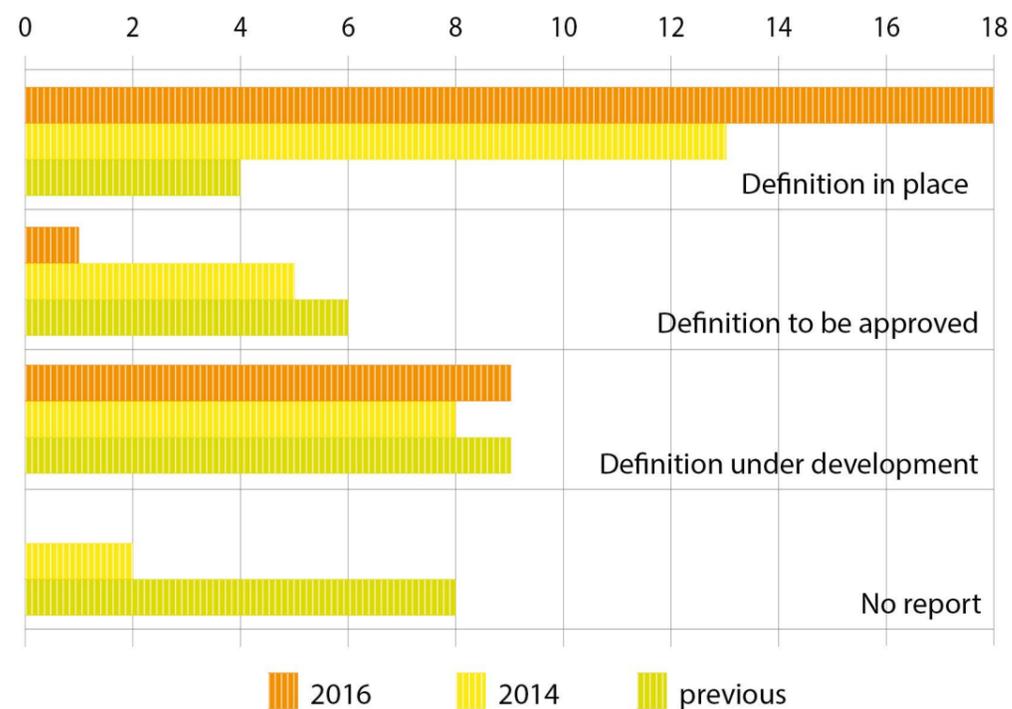


FIGURA 2_ Stato di approvazione della definizione di NZEB negli stati Membri.

I dati relativi a "No Report" si riferiscono sia alla mancanza reale del dato, sia a problemi di traduzione riscontrati dall'autore dell'indagine.

I dati qui riportati non sono da interpretare come la presenza di definizioni omogenee ma solamente della loro esistenza o meno a livello nazionale.

Fonte: [D'Agostino D. et al, 2016]

	Residenziali		Classe Energetica
	Nuova costruzione	Edifici esistenti	
Italia	Classe A1	Classe A1	kWh/m ² anno
Spagna	Classe A		
Austria	160	200	
Bulgaria	30-50	40-60	
Cipro	100	100	
Danimarca	20	20	
Francia	40-65	80	
Ungheria	50-72	-	
Irlanda	45	75-150	
Lettonia	95	95	
Paesi Bassi	0	-	
Polonia	60-75	-	
Svezia	30-75	-	
Slovenia	75 (sf) 80 (mf)	95 (sf) 90 (mf)	
Slovacchia	32 (ab) 54 (fh)	-	
Regno Unito	44	-	
Germania	40%	55%	% PE di riferimento
Repubblica Ceca	75-80%	75-80%	

TABELLA 1_Parametri per essere consideranti NZEB secondo le definizioni presenti in alcuni degli stati membri dell'Unione.
Fonte: [D'Agostino D. et al, 2016]

si stressa la richiesta, diretta agli stati membri, di stilare un percorso più deciso nel campo dell'efficientamento del patrimonio esistente, oltre che un impegno verso la promozione di strumenti che permettano l'aggregazione di progetti di efficientamento (viene paventata anche la possibilità di introdurre misure che rendano obbligatori gli interventi di recupero energetico dell'esistente nel caso di compravendite)[COM, 2016-2].

E' interessante sottolineare come, all'interno della proposta di revisione della EPBD del 2016, si metta in guardia da una possibile disattenzione degli impegni di riduzione delle emissioni a livello comunitario dovuta alla incapacità della policy di proporre strumenti in grado di sfruttare maggiormente le potenzialità di efficientamento del patrimonio edilizio esistente [COM, 2016-2, Groezinger J. et al 2014] (cfr. capitoli successivi). Gli obiettivi al 2050 si caratterizzano per una riduzione globale delle emissioni di gas serra del sistema economico, andando, comunque, a valutare le potenzialità specifiche di ogni settore.

Queste riduzioni, inoltre, devono essere previste come interne, cioè non basate sullo sfruttamento di crediti internazionali e ribadiscono la progressività delle limitazioni (riduzione del 40% al 2030, del 60% al 2040). Nel documento contemplante la prospettiva temporale più distante viene ribadita la necessità di un percorso di de-carbonizzazione che non

	2020 C&E package	2030 C&E framework	2050 roadmap
riduzione emissioni	20%	40%	80-95%
ETS	21%	43%	
non ETS	20%	30%	
quota rinnovabili	20%	27%	
efficienza energetica	20%	27%	

TABELLA 2_Riduzione percentuale delle emissioni di gas climalteranti nei tre diversi framework europei di indirizzo
Fonte: elaborazione dati da [https://ec.europa/clima/policies/strategies_en]

diminuisca la competitività dell'economia, e che tenga in considerazione la crescita economica e demografica che si prevedono, seppur con indici relativamente contenuti rispetto ai trend precedenti, di segno positivo [3,

COM 2011].
Tutti i settori sono interessati, in maniera differente e secondo le potenzialità individuate per ciascuno, dalla riduzione delle emissioni rispetto all'anno base (1990)
Il settore chiave per il passaggio ad un'economia de-carbonizzata è il settore energetico, settore con le potenzialità maggiori di riduzione grazie

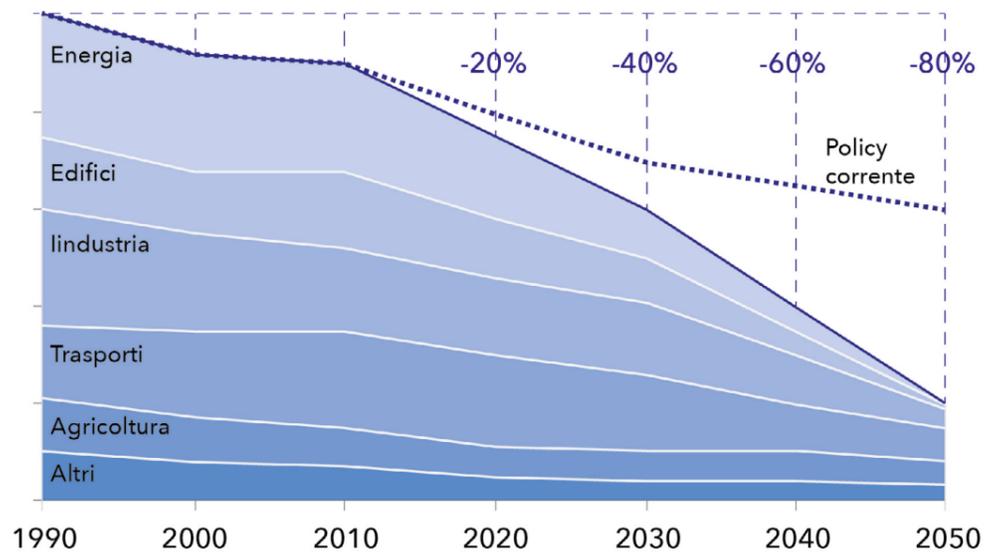


FIGURA 3_Contributo dei diversi settori dell'attività umana alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti secondo la Roadmap 2050 dell'Unione Europea
Fonte: [COM, 2011]

al prospettato passaggio dalle fonti tradizionali a quelle rinnovabili, oltre che dall'aumento delle tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS).

Il secondo settore che può raggiungere livelli elevati di contenimento energetico è quello residenziale e terziario; anche qui il passaggio a fonti di generazione pulite è fondamentale, ad esso si aggiungono le misure di recupero del patrimonio esistente oltre che l'impulso verso l'edilizia passiva.

Trasporti ed agricoltura mostrano possibilità più contenute, mentre

l'industria, grazie ad un forte disaccoppiamento tra ricchezza prodotta ed energia consumata, riduce di molto il suo impatto
Uno degli aspetti caratterizzanti la policy a livello comunitario è quello di integrare e coordinare le azioni di politica energetica dei vari stati membri; ad ogni Stato Membro, infatti, viene richiesta la redazione di un "Piano Nazionale integrato per l'Energia e il Clima".
Questo documento deve presentare gli obiettivi e le politiche nazionali nell'ambito delle "5 dimensioni dell'Energia"[SEN 2017]: de-carbonizzazione, efficienza energetica, sicurezza energetica, mercato interno, ricerca/innovazione/competitività. La Commissione ha, inoltre, la possibilità di fornire raccomandazioni o misure obbligatorie nel caso che la revisione biennale delle misure riveli un mancato raggiungimento dei target prefissati.

Emissioni di GHG rispetto al 1990	2005	2030	2050
totale	-7%	-40/-44%	-79/-82%
Settori			
energetico (CO ₂)	-7%	-54/-68%	-93/-99%
industriale (CO ₂)	-20%	-34/-40%	-83/-87%
trasporti (incluso CO ₂ , aviazione, escluso marittimo)	+30%	+20/-9%	-54/-67%
residenziale e servizi (CO ₂)	-12%	-37/-53%	-88/-91%
agricolo (non CO ₂)	-20%	-35/-37%	-42/-49%
altre emissioni non CO ₂	-30%	-72/-73%	-70/-78%

TABELLA 3_Riduzione gas climalteranti per settore
Fonte: [ENEA, 2013]

2 Refernce scenario 2016 e SEN

Quanto visto finora rappresenta gli obiettivi che la Comunità Europea si è data per raggiungere un sistema economico competitivo caratterizzato da un basso tenore di carbonio.

La Comunità Europea si dota anche di uno strumento che fotografa la condizione contingente, in merito a policy e contesto globale, e fornisce previsioni future sullo sviluppo del sistema economico dell'Unione.

Questo strumento è il Reference Scenario [EU 2016] ed è il documento di benchmark su cui si testano le azioni comunitarie e degli stati membri, andando a valutare il discostamento che si produce rispetto agli obiettivi prefissati e, di conseguenza, correggere le traiettorie di policy.

Il Reference Scenario, che per l'anno 2016 prende il nome di "Energy, transport and GHG Trends to 2050", viene periodicamente aggiornato per accogliere le modifiche delle ipotesi e dei dati su cui si basa; si può notare, ad esempio, un sostanziale scostamento tra i prezzi delle fonti fossili forniti dalla versione del 2013 [EU, 2013] con quelli riportati nello scenario del 2016 (effetto dell'aggiornamento dei trend di ripresa delle stime di crescita e dall'ingresso sul mercato di fonti derivanti dall'impiego di nuove tecnologie (shale gas), oltre che dall'ingresso di nuovi produttori sul mercato [cfr. EU 2016, sezione 2.4, ENEA, 2013]) con una conseguente variazione di alcuni esiti delle previsioni (costo dell'energia e conseguente modifica dei trend di shift energetico).

Questo consente di mantenere monitorata l'evoluzione del percorso verso la de-carbonizzazione, e di prevedere le modifiche alle policy necessarie al suo raggiungimento.

Il Refernce Scenario fotografa un trend europeo caratterizzato da valori di domanda energetica in calo dopo un sostanziale aumento nei primi anni del nuovo millennio, con un picco intorno al 2010; il trend di riduzione inverte, poi, la sua tendenza, tornando a crescere in maniera lenta ma costante intorno al 2030, fino ad attestarsi su valori simili a quelli di inizio millennio.

In particolare, per quanto riguarda il settore delle abitazioni, la domanda energetica rimane inferiore ai livelli del 2015 (intorno alle 300 Mtoe)

nonostante gli interventi decrescano in conseguenza dell'assenza di ulteriori politiche di contenimento dei consumi; tra di essi, il maggiore è rappresentato dal riscaldamento degli ambienti, responsabile del 65% dei consumi al 2010, anche se il suo ruolo tende a ridursi fino ad assestarsi intorno al 58% nel 2050 grazie agli interventi di rinnovamento del patrimonio edilizio.

Per quanto riguarda, invece, i vettori per la copertura della domanda, si assiste ad uno shift verso l'elettrificazione dei consumi con un aumento dello sfruttamento di fonti rinnovabili non più strettamente dipendenti dall'incentivazione (prospettata come sospesa dopo il 2018) per la loro diffusione, ma abbastanza mature per essere competitive sul mercato [DDPP 2015 p34].

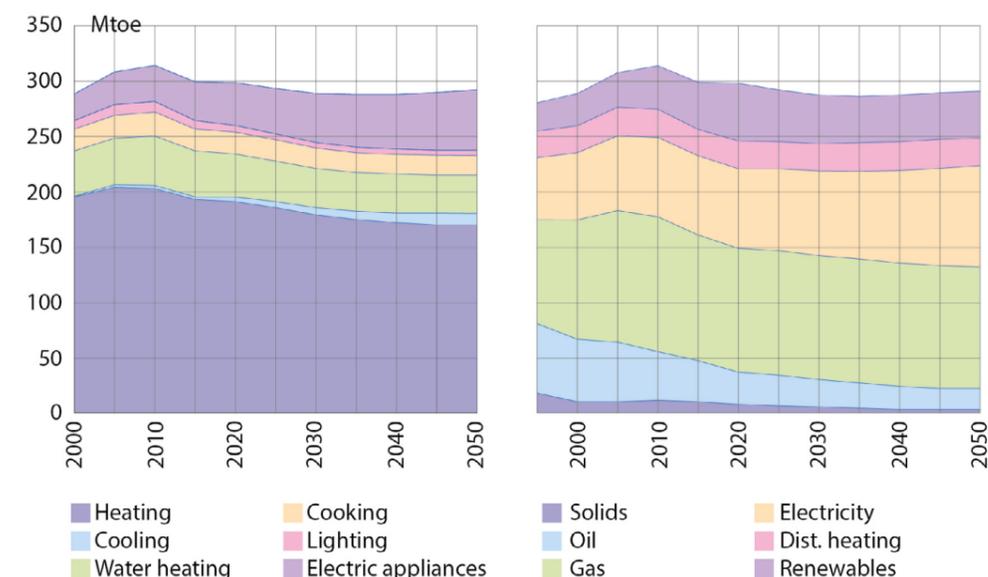


FIGURA 4_Domanda energetica per uso nel settore edilizio e sua copertura secondo la fonte energetica utilizzata

Fonte: [Reference Scenario 2016]

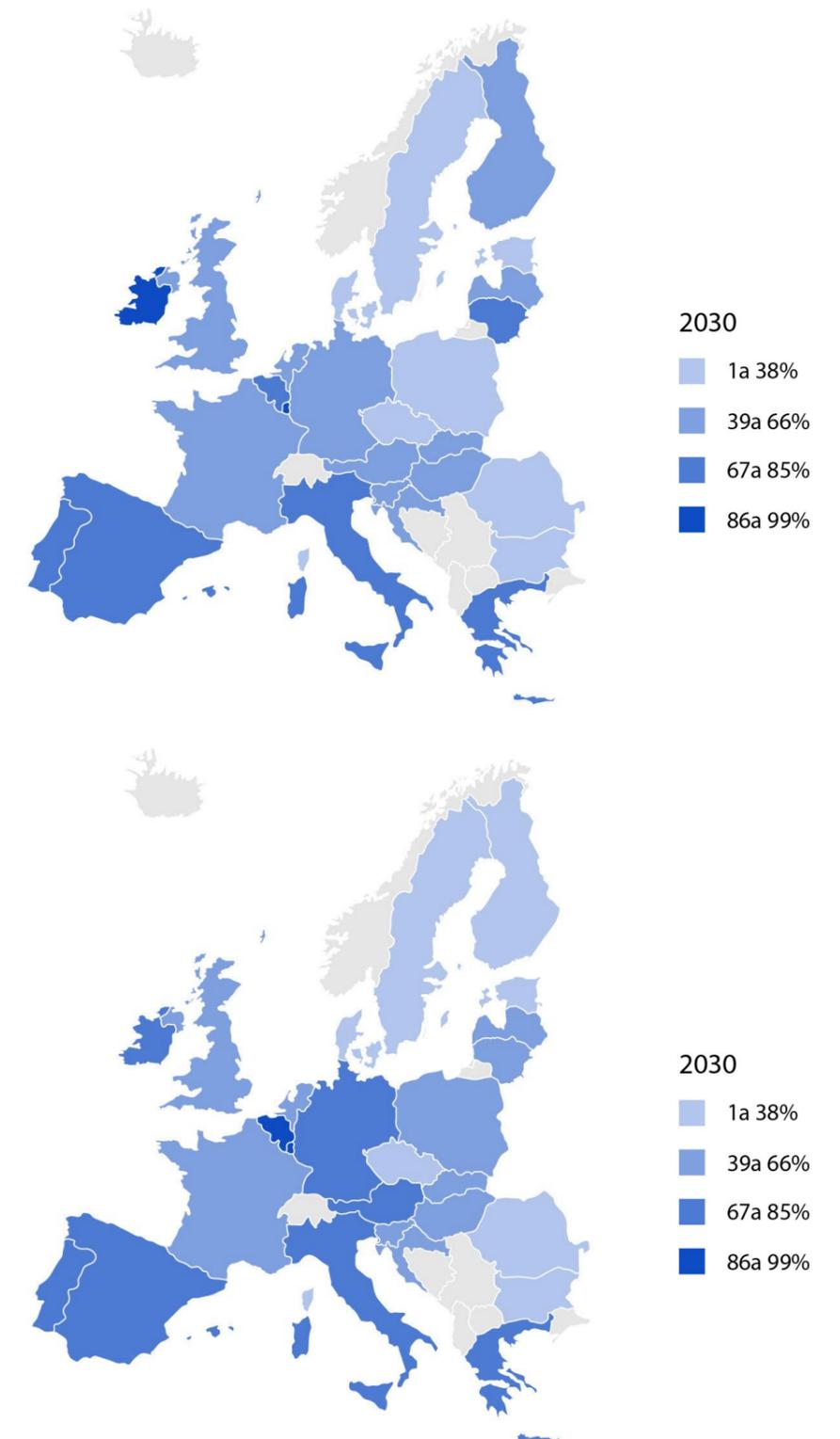
Nonostante la loro maturità, la produzione da fonti rinnovabili risente del venire meno dei programmi di incentivazione vedendo una riduzione del trend di aumento della penetrazione nel mix energetico (19% nel 2020, del 25% al 2030 e del 36% nel 2050).

Uno dei punti fondamentali formanti la volontà degli stati membri di decarbonizzare l'economia, è dovuto al tema della dipendenza energetica. storicamente gli Stati Membri si affidano in larga parte all'importazione per coprire la domanda energetica interna.

Lo scenario prevede un trend di aumento di tale dipendenza energetica, con il raggiungimento di un picco del 59% nel 2040-45 e una leggera riduzione (al 58%) nel 2050. L'aumento è dovuto alla compensazione dell'efficienza energetica con la riduzione della produzione da fonti fossili, andando ad aumentare la spesa energetica del 41% e del 88% nel 2030 e 2050, raggiungendo una spesa di 578 miliardi di euro.

L'Italia, in particolare, sconta una dipendenza energetica nell'ordine del 75-76% in leggera diminuzione grazie al largo utilizzo di fonti rinnovabili; strategicamente, il contenimento di questa diventa fondamentale per il rischio connesso, anche, alle situazioni geopolitiche dei fornitori [SEN 2017].

Nella pagina a fianco
FIGURA 5_Dipendenza energetica negli Stati Membri al 2020 e al 2030
Fonte: [Refernce scenario 2016]



Le emissioni continuano a diminuire, principalmente guidate dalla forte riduzione di queste nel settore energetico, anche se gli obiettivi dell'unione non vengono raggiunti: diversamente dai valori prospettati dalla UE, e cioè un trend di riduzione del 40%, 60 % e 80% al 2030, 2040 e 2050, il Reference Scenario valuta il raggiungimento di valori del 35% al 2030 e del 48% al 2050.

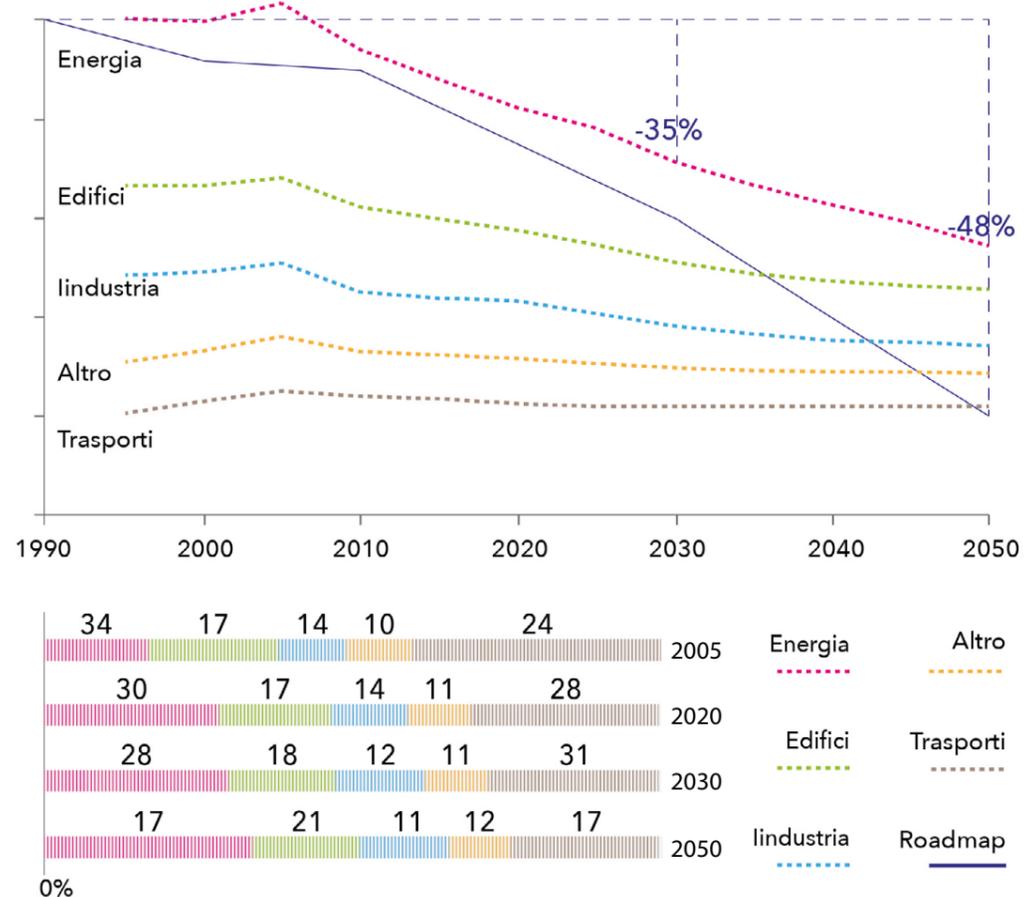


FIGURA 6_Evoluzione delle emissioni di CO₂ per settore e contributo percentuale negli anni indicati
Fonte: [Reference Scenario 2016]

Si rileva, quindi, un raggiungimento degli obiettivi posti dall'unione sul breve periodo (anche se di poco più di un punto sotto la soglia stabilita per quanto riguarda l'efficientamento energetico) mentre fallisce il raggiungimento degli obiettivi di medio e lungo periodo.

Anche a livello nazionale viene fornito uno scenario di riferimento tenente conto delle tendenze delle policy in corso; questo viene elaborato in maniera propedeutica alla Strategia Energetica Nazionale (SEN), il documento, cioè, che si pone come base per il piano integrato per l'energia e il clima, così come previsto dall'unione europea, con il compito di indicare gli obiettivi al 2030.

Lo scenario di riferimento (scenario BASE), nonostante affermi un buon livello di penetrazione delle fonti rinnovabili nel mix italiano, mette però in luce un mancato raggiungimento nel contenimento dei consumi energetici se paragonato allo scenario di riferimento dell'Unione.

Viene proposto, quindi, uno scenario alternativo (scenario SEN) in cui ridurre i consumi finali di energia dell'1,5% all'anno nel periodo 2021-2030 ed il raggiungimento del 55% di energia da fonti rinnovabili con l'obiettivo di riallinearsi con gli impegni di riduzione presi a livello comunitario.

Da notare come i risultati conseguiti dallo scenario SEN siano allineati con il Reference Scenario e, quindi, non raggiungano nel medio periodo gli obiettivi europei in termini di contenimento dei consumi, anche se la forte penetrazione delle rinnovabili potrebbe determinare una quota leggermente migliorativa di riduzione delle emissioni.

La soluzione viene vista, sul lungo periodo, attraverso un affidamento sistematico alla generazione da fonti rinnovabili che va a coprire (nelle proiezioni dello scenario) la quasi totalità della produzione energetica elettrica.

Le due strategie principali da perseguire sono, quindi, l'elettrificazione degli usi, con la loro copertura da fonti rinnovabili, e la riduzione dei consumi.

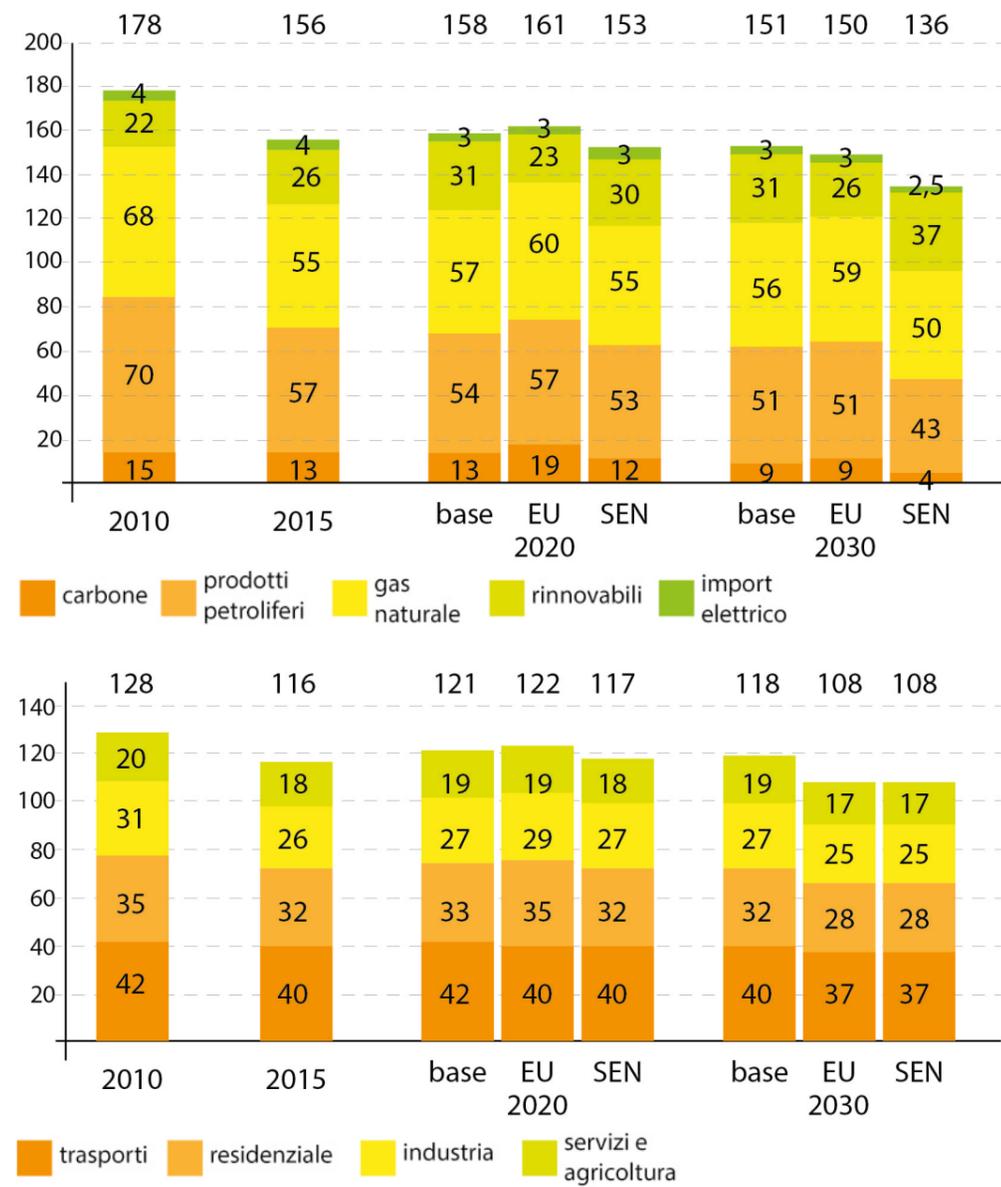


FIGURA 7_(sopra) fonti per la copertura del fabbisogno di energia primaria (Mtep) nei settori base e SEN e secondo il Reference Scenario europeo, (sotto) consumi energetici finali (Mtep) per settore nei medesimi scenari
Fonte: [SEN 2017]

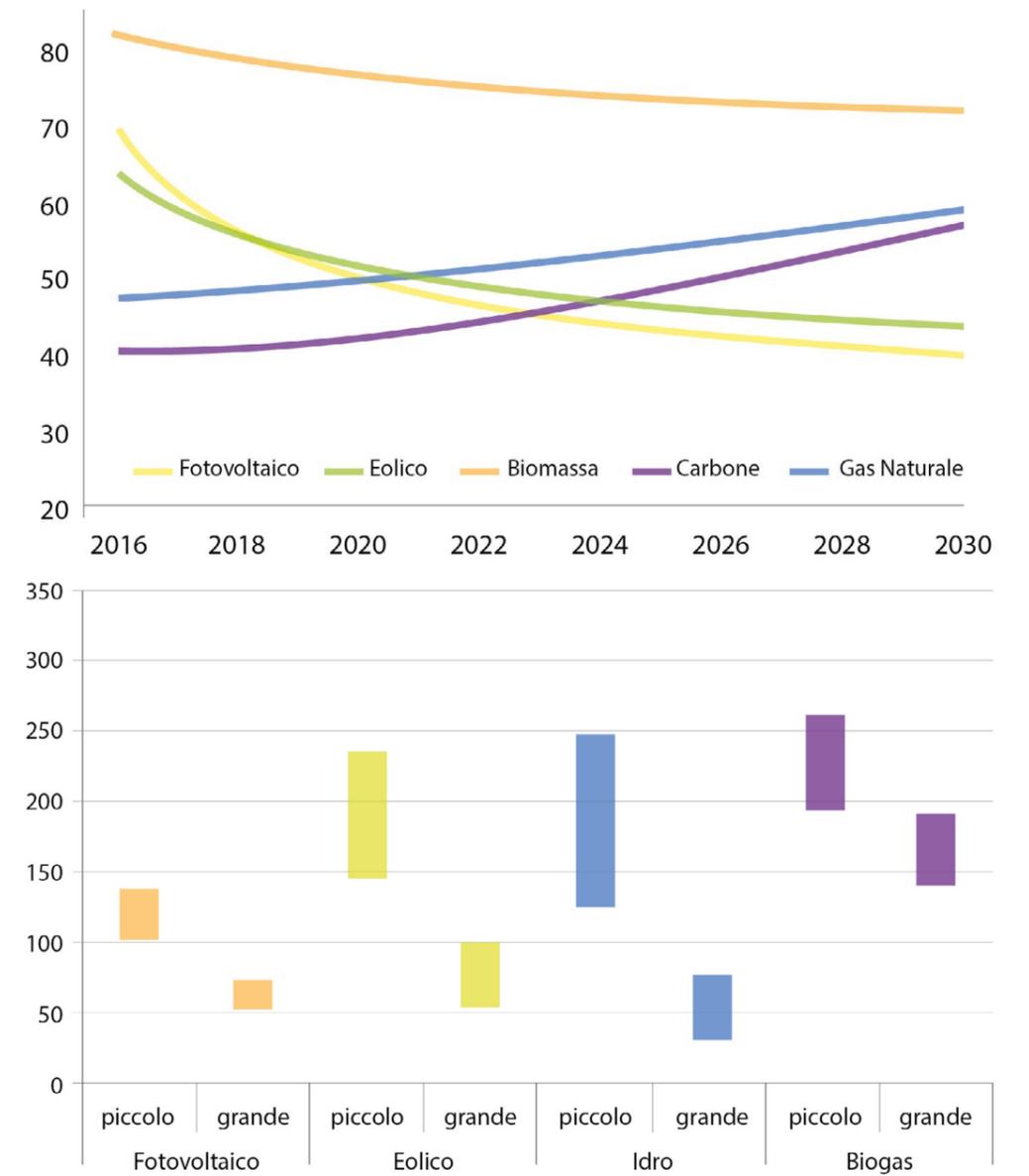


FIGURA 8_(sopra) Evoluzione attesa del costo medio dell'elettricità (€/MWh) di alcune tecnologie e (sotto) costi di generazione (€/MWh) tipici delle tecnologie delle tecnologie per la produzione elettrica da fonti rinnovabili per grandi e piccoli impianti
Fonte: [SEN 2017]

Per la prima si prospetta una forte riduzione del costo energetico da fonti rinnovabili ed un impulso alla generazione diffusa in ottica di autoconsumo con forte enfasi sulle potenzialità connesse al fotovoltaico anche di piccola scala, con il ricorso ad una serie di strumenti incentivanti anche attraverso forme di garanzia statale [SEN 2017 p 80].

Per quanto riguarda l'efficienza energetica si prospetta un forte miglioramento dallo scenario base, questo è tanto più affermato per l'ambito residenziale, dove si propone una linea d'azione incentivante premiale con misure che tengano in considerazione i problemi legati all'alto costo iniziale (costituzione di un Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica), oltre che promuovere interventi aggreganti più unità, andando a sfruttare i possibili vantaggi dell'economia di scala (direzione presa anche dalle politiche europee [COM, 2016-4]).

	Unità di Misura	STORICO			SCENARI 2030	
		2005	2010	2015	BASE	SEN
Energia primaria	Mtep	190	177.9	156.2	151.2	135.9
Consumi finali	Mtep	137.2	128.5	116.4	118	108
Consumi pro capite (res)	tep/ab	0.58	0.60	0.53	0.50	0.44
Emissioni gas effetto serra	MtCO _{2eq}	579	505	433	392	332
Dipendenza energetica	%	83%	83%	76%	72%	64%
Elettrificazione usi finali	%	18.9%	20.0%	21.2%	22.5%	24%
FER (Heating&Cooling)	%	8.2%	15.6%	19.2%	23.9%	30%
Emissioni non-ETS (vs 2005)	%	0%	-8%	-16%	-24%	-33%
Emissioni ETS (vs 2005)	%	0%	-19%	-37%	-44%	-57%

TABELLA 4_Indicatori di sintesi per il confronto tra lo scenario SEN e lo scenario base elaborati nel contesto della Strategia Energetica Nazionale
Fonte: [SEN, 2017]

3 L'efficienza energetica nel settore edile

Per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni proposte dall'UE, in linea con l'impegno globale di mantenere l'aumento prospettato delle temperature al di sotto dei 2°C [COM 2016], un ruolo prioritario viene dato all'efficientamento energetico.

Come afferma Laura Cozzi, a capo dell'Energy Demand Outlook Division dell'IEA: "The IEA has identified energy efficiency as the first fuel in the transition to a low-carbon economy. Our latest World Energy Outlook has shown that over a third of all emissions reductions needed to reach climate goals by 2040 can come from energy efficiency policies that would pay for themselves. Energy efficiency is the one energy resource that all countries possess in abundance. Energy efficiency is also key in providing access to those who don't have it and minimise local pollution." [ENEA a cura di, 2017, (cfr anche COM, 2016-3)]

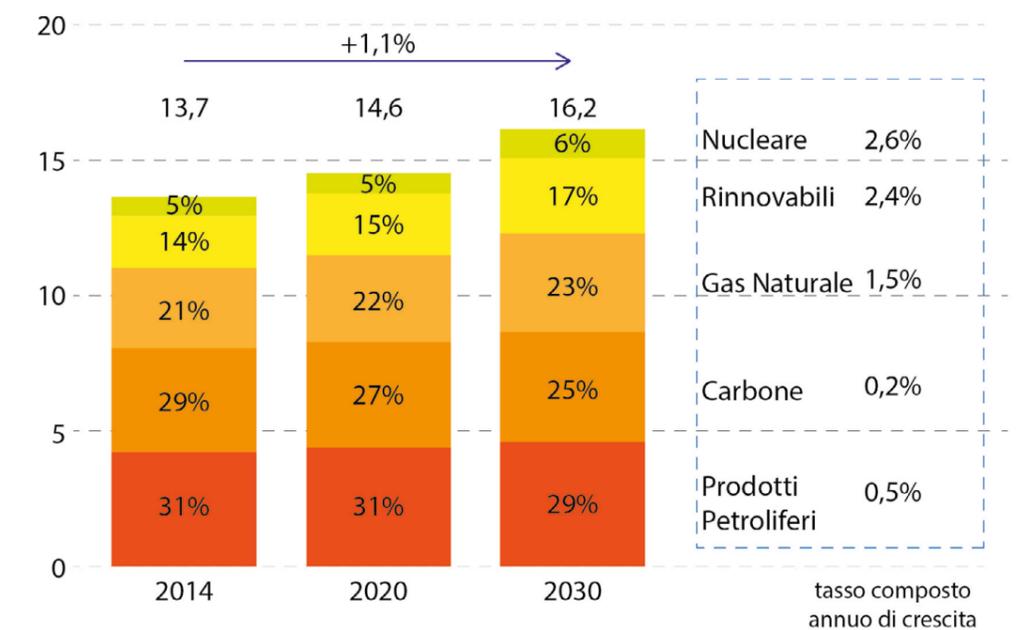


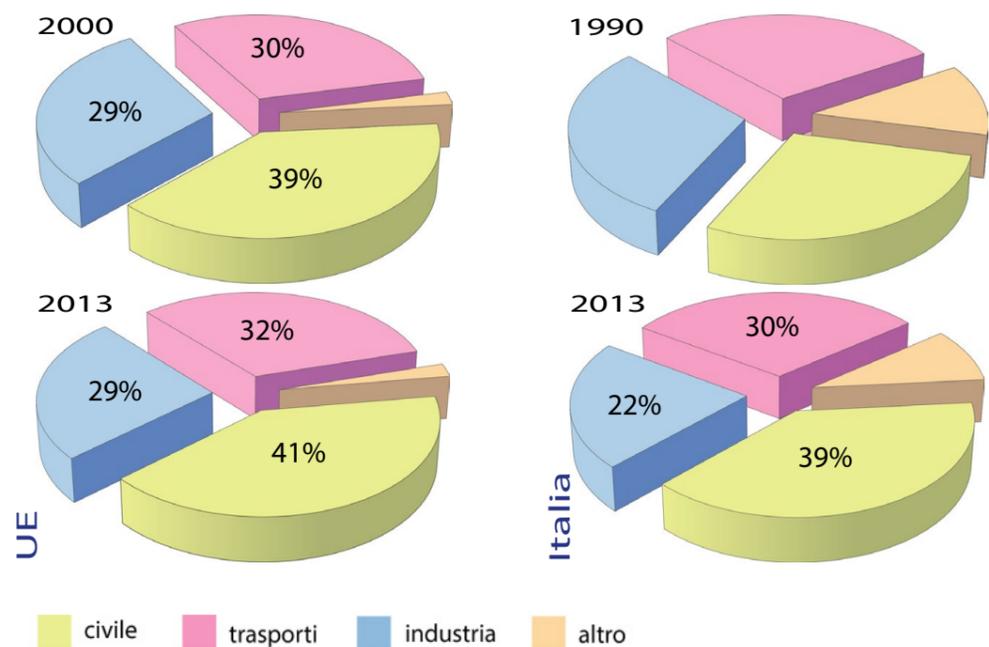
FIGURA 9_Evoluzione del mix di energia primaria per fonte nel Mondo (Gtep)
Fonte: [SEN 2017]

A supporto di ciò, è anche interessante vedere i dati forniti dall'IEA nel World Energy Outlook 2016 sulla crescita della domanda di energia globale (+18% al 2030) (cfr. anche [Calwell C. 2010] a proposito dell'aumento dei consumi assoluti nelle abitazioni ad alte prestazioni dovute all'aumento delle dimensioni pro capite richieste).

Se guardiamo la tabella riportante il mix di energia primaria, si nota che le fonti maggiormente responsabili delle emissioni di CO2 vedono ridurre il loro peso in termini percentuali sulla domanda totale di energia; tuttavia, il loro sfruttamento aumenta in termini assoluti, va ricordato che su questi dati gravano soprattutto i consumi dei paesi in via di sviluppo più legati alle fonti fossili, e in particolare all'utilizzo del carbone.

E' quindi necessario, nonostante il costante aumento della penetrazione delle fonti rinnovabili, tendere alla riduzione della quantità di energia richiesta per soddisfare i bisogni degli individui.

E' stimato che il settore edilizio, da solo, consumi circa il 40% dell'energia primaria lorda a livello comunitario (dato che aggrega sia il settore residenziale, che quello legato ai servizi, coprenti rispettivamente il 27% ed il 13% dei consumi finali), e che il 75% circa degli edifici non sia efficiente.



Questo fa sì che esso venga ritenuto un settore strategico nel raggiungere l'obiettivo dell'efficienza con i risultati migliori dal punto di vista del bilancio costi-benefici [BPIE, 2011 pag 21, Virdis, M.R. et al 2015., ENEA, 2013, SEN 2017], con una serie di implicazioni positive sull'intero sistema economico a più livelli.

Il Building Performance Institute Europe (BPIE), ad esempio, annovera una serie di benefici a livello sociale e privato derivanti dalle misure di efficientamento [BPIE 2011]:

- aumento della sicurezza della fornitura energetica (sociale)
- riduzione dei gas climalteranti (sociale)
- riduzione della spesa per il consumatore, con conseguente contenimento della povertà energetica (privato)
- economicità rispetto all'investimento per l'aumento della capacità energetica [sociale]
- Aumento del comfort (privato)
- contribuzione al recupero di certe tipologie edilizie, soprattutto nelle aree centro-orientali europee (questo forse un riferimento ad alcune tipologie dell'architettura in paesi ex-socialisti vedi [EU, 2014 p 29]) (entrambi)
- Contributo sostanziale all'obiettivo dello sviluppo sostenibile (sociale)
- Aumentare l'efficienza negli edifici è importante per le aziende legate alle forniture energetiche in quanto settori di impiego di rilevanza in Europa (entrambi)

L'enfasi posta sulle potenzialità del settore edilizio di ridurre i propri consumi nasce dal riconoscimento del fatto che il patrimonio edilizio europeo è datato: la maggior parte degli edifici dell'Unione è stata costruita prima dell'entrata in vigore delle misure restrittive sull'efficienza energetica e, in particolare per quanto riguarda la fascia mediterranea, la ripartizione per fasce temporali di edificazione si attesta nel 37%, 49% e 14%, rispettivamente per il periodo antecedente al 1960, quello dal 1961 al 1990 e, da ultimo, quello tra gli anni '90 e il 2010.

Il patrimonio italiano si discosta di poco da questi valori presentando una maggiore incidenza del periodo 1961-1990 (52%) e antecedenti il 1960 (40%), e leggermente inferiore per il periodo 1991-2010 (8%).

Nella pagina a fianco

FIGURA 10_Consumi finali di energia per settore

Fonte: [ODYSSEE-Mure; ENEA,2017]

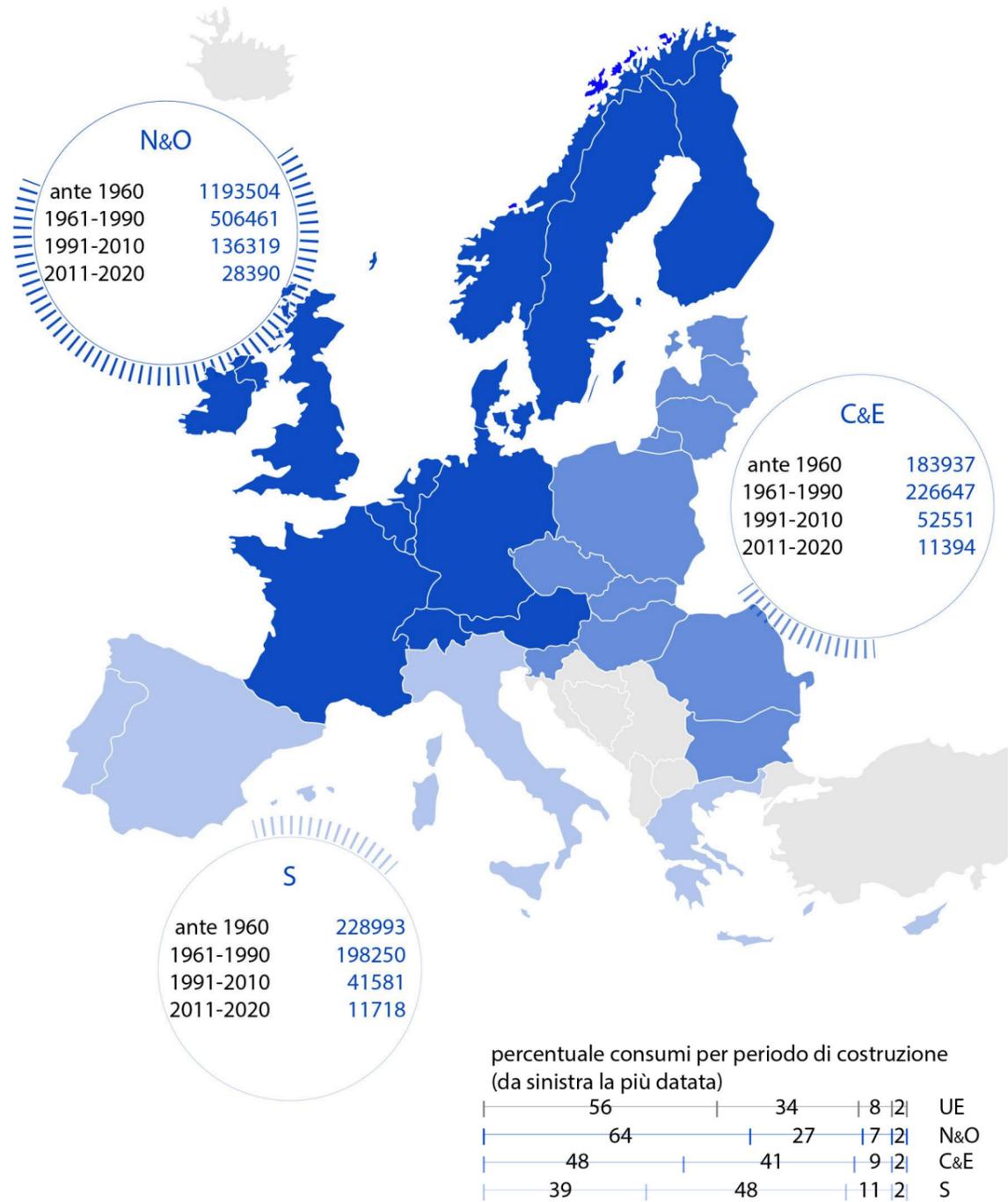


FIGURA 11_Consumo energetico (GWh/anno) nel settore residenziale per diverse epoche di costruzione nelle 3 macro-aree europee (nord&ovest, sud, centro&orientale). (in basso a destra) consumi percentuali del settore residenziale per epoca costruttiva
Fonte: [elaborazione dati BPIE 2011]

Prendendo, poi, in considerazione il dato aggregato del numero di edifici per epoca costruttiva e il consumo a essi legato, notiamo l'incidenza che le varie fasce dello stock edilizio hanno rispetto ai consumi; così, nelle aree nord-occidentali i consumi della fascia più vecchia sono di gran lunga superiori alla somma delle altre, conseguenza, questa, dell'epoca in cui si può individuare l'entrata in vigore delle politiche di contenimento dei consumi.

Nell'area meridionale, invece, le due fasce iniziali (quelle comprendenti gli edifici antecedenti al 1990) consumano 8 volte di più delle due fasce più recenti, anche qui, il dato è figlio sia del numero di edifici, sia della data di introduzione delle specifiche politiche sui consumi.

Tutto ciò dimostra come le potenzialità di un efficientamento energetico del patrimonio siano qualitative e quantitative:

- qualitative, in quanto il gap tecnologico tra le tecniche costruttive del patrimonio esistente e le attuali rappresenta una grande possibilità di risparmio [cfr. Corrado V. et al 2011 nel progetto Tabula],
- quantitative in quanto le azioni che si possono intraprendere, tenendo presente il rapporto costi-benefici, interessano la maggior parte del patrimonio stesso.

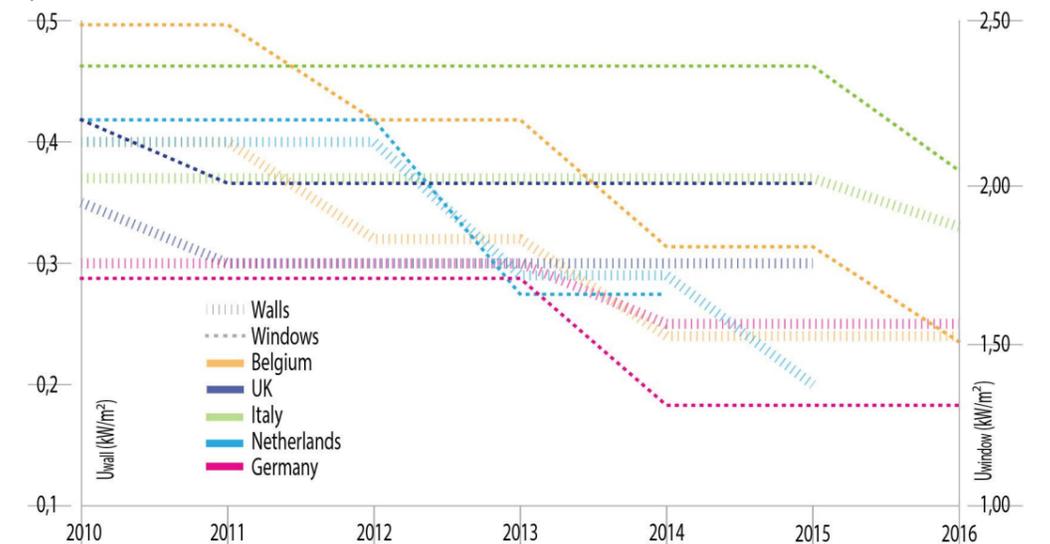


FIGURA 12_evoluzione della trasmittanza massima delle pareti e dei serramenti per alcuni stati membri
Fonte: [elaborazione dati Zebra]

L'intervento sull'esistente si rivela fondamentale, anche, per il fatto che il trend di realizzazione di nuove costruzioni è di meno dell'1% all'anno, questo significa che la maggior parte del patrimonio edilizio esistente sarà lo stesso per tutta la durata del periodo di riferimento delle politiche concernenti il risparmio energetico [Caputo P. e Pasetti G. 2015]; La preminenza nei consumi del settore è presa in considerazione nell'ambito del Piano D'azione Nazionale per l'Efficienza Energetica: "the Italian "Action Plan for the Energy Efficiency" (PAEE, 2014) identifies the building sector as a key element for achieving the objectives set by the country in 2020. The PAEE, among other things, establishes: (1) the strengthening of minimum energy performance requirements for new buildings and for the refurbishment of existing buildings, leading progressively to the increase of nearly zero-energy buildings (nZEBs), in line with the Directive 2010/31/EU (EPBD recast); (2) the consolidation of the tax deduction system for the energy refurbishment of the existing buildings. " [Corrado V. e Ballarini I.2016]

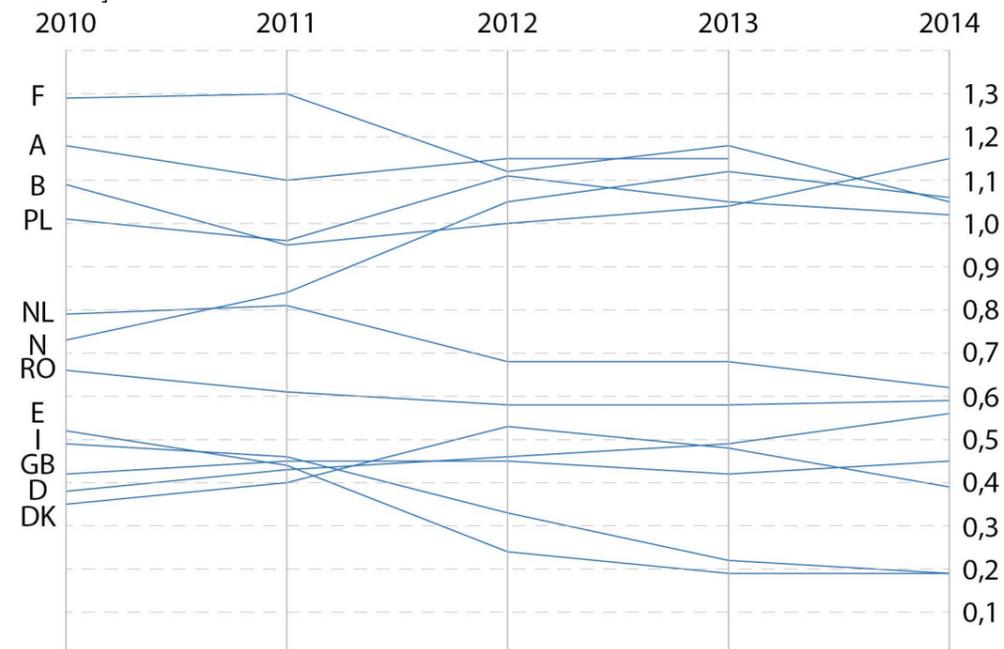


FIGURA 13_trend di nuove costruzioni in percentuale rispetto al patrimonio esistente in diversi paesi europei
Fonte: [elaborazione dati Zebra]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Austria	42,6	40,2	42,1	42,7	42,7	-
Belgio	50,5	44,4	46,8	49,1	54,9	44,0
Danimarca	9,6	10,9	14,4	13,1	10,7	-
Spagna	91,7	78,3	44,2	34,3	34,3	-
Francia	351,4	358,7	311,9	331,9	331,9	308,3
UK	112,3	119,7	121,0	115,1	115,1	149,0
Italia	119,0	112,0	82,0	53,0	53,0	21,9
Paesi Bassi	56,0	57,7	48,6	49,3	49,3	47,9
Norvegia	17,0	19,7	25,5	27,7	27,7	27,3
Polonia	135,8	130,9	152,9	146,1	146,1	136,8
Portogallo	35,4	26,1	27,7	19,1	19,1	-
Rep. Ceca	30,7	23,9	24,5	21,5	21,5	21,3
Germania	143,4	164,1	176,6	188,4	188,4	-
Romania	48,9	45,4	44,0	43,6	43,6	-
Slovacchia	17,1	14,6	15,3	15,1	15,1	15,5
Svezia	19,5	20,1	26,0	29,2	29,2	31,9

TABELLA 5_numero di nuove costruzioni all'anno (in migliaia)
Fonte: [Elaborazione dati Zebra]

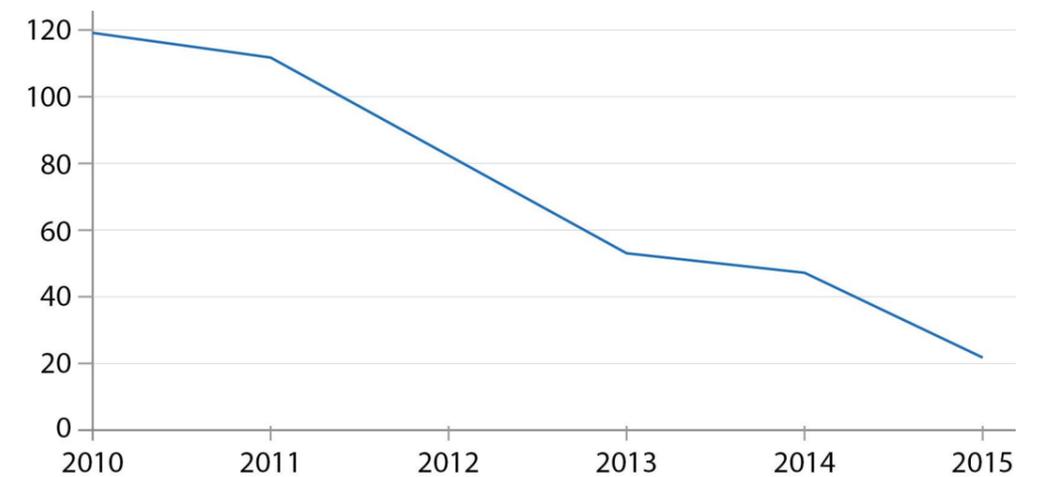


FIGURA 14_trend del numero di nuove costruzioni all'anno in Italia
Fonte: [Zebra]

Per quanto riguarda la situazione italiana, il rapporto ENEA rivela che il trend di consumo energetico del settore edilizio è in crescita, con un aumento di tutte le fonti energetiche, ed una prevalenza dell'uso del gas naturale come fonte energetica, in linea con la percentuale predominante di consumo energetico dovuto al condizionamento (70%-75%) [ENEA 2017, ODYSSE-MURE 2015].

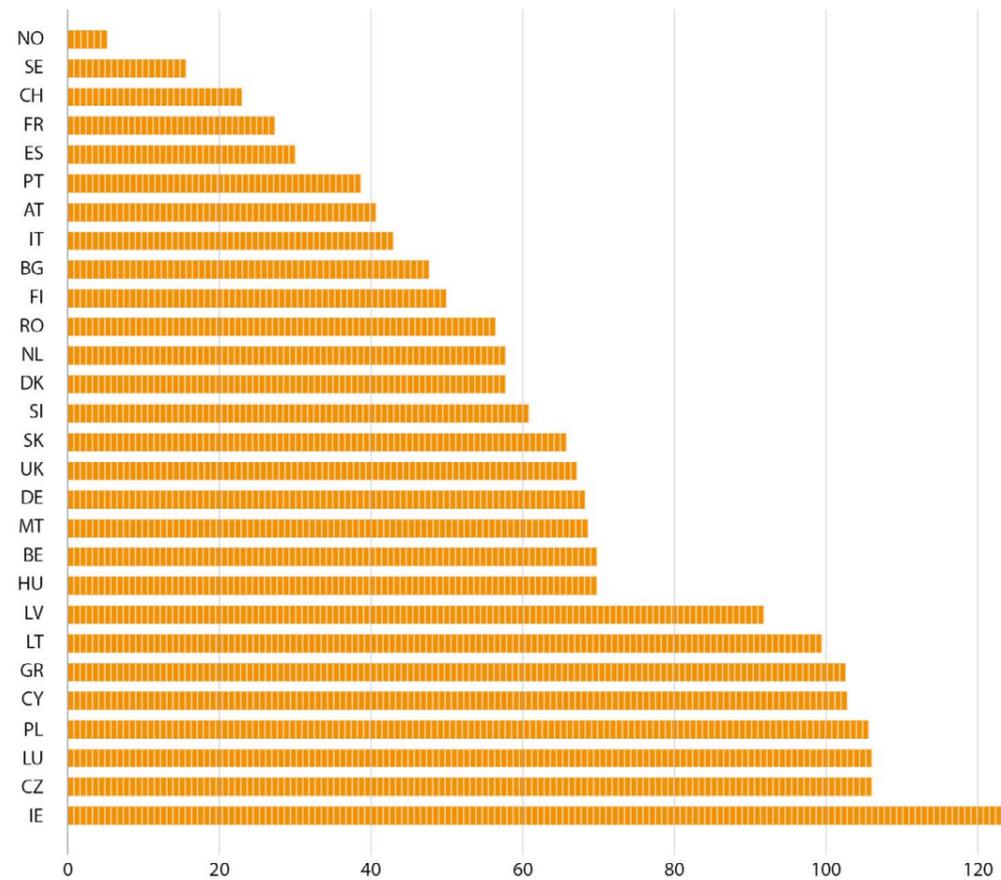


FIGURA 15_ emissioni di CO₂ per m² di superficie utile (kgCO₂/m²)
Fonte: [BPIE 2011]

Nonostante la grande enfasi data alle capacità di contenimento dei consumi, dovute all'efficientamento energetico, gli interventi in questo campo registrano percentuali basse rispetto alla totalità del patrimonio edilizio (1% secondo l'Eu Building under the microscope [BPIE 2011]); a limitare il trend è la presenza di numerose barriere tra le quali quelle della dimensione degli investimenti, ed una difficoltà a prevedere la reale entità dei risultati attesi dovuta ad una serie di effetti secondari e concause legate alla spesa energetica, primi tra i quali i fenomeni dello split incentive e del rebound effect.

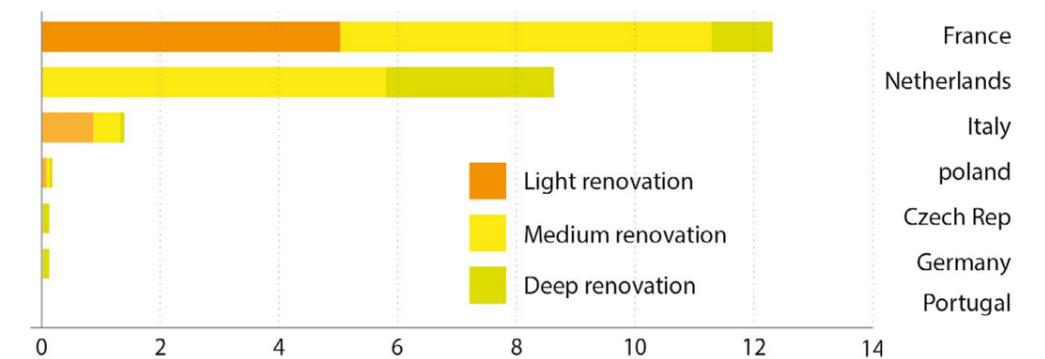


FIGURA 16_percentuale di edifici sottoposti ad interventi di efficientamento per profondità di intervento (riferiti all'anno 2015)
Fonte: [elaborazione dati Zebra]

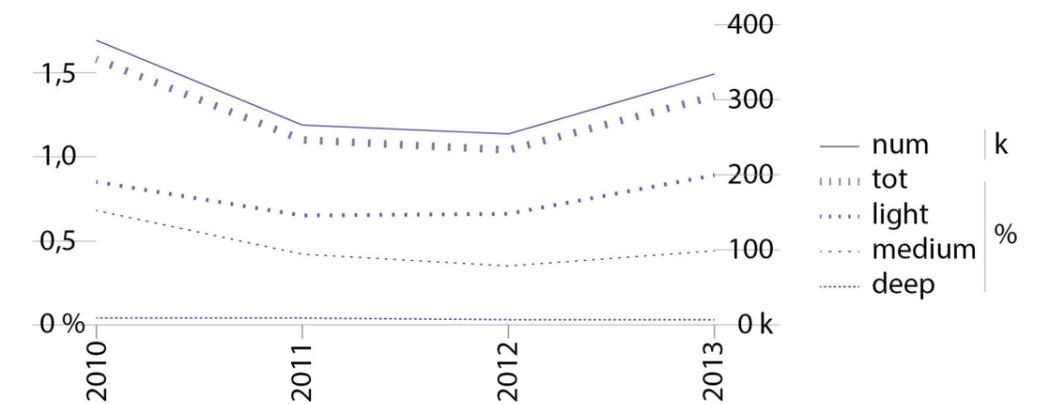


FIGURA 17_edifici sottoposti ad intervento di efficientamento energetico in Italia
Fonte: [elaborazione dati Zebra]

Stando ai dati forniti da ENEA per quanto riguarda la richiesta di incentivazione per interventi legati al recupero energetico degli edifici dal 2007 al 2016, la stragrande maggioranza degli interventi effettuati ha riguardato la sostituzione di serramenti; degli 1,08Mtep/anno di energia primaria risparmiata, il 53% è dovuto ad interventi di coibentazione di pareti, sostituzione serramenti o schermature solari, mentre il 43% degli interventi ha riguardato l'efficientamento degli impianti di riscaldamento; solo il 7% degli interventi hanno trattato una riqualificazione globale dell'edificio

Questa avversione verso interventi che coinvolgano l'interezza dell'edificio supporta l'assunzione fatta nel Reference Scenario secondo cui i consumatori sono restii ad investire negli interventi di risparmio energetico, e percepiscono un costo superiore a quello reale quando devono decidere se adottare o meno una soluzione tecnologica.

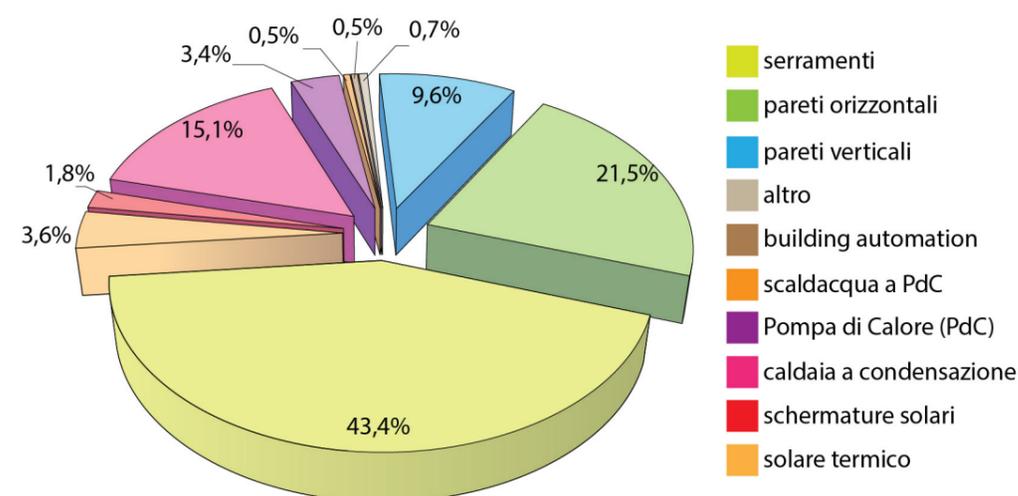
I fattori che determinano questo comportamento non sono di facile soluzione: "There are very complex issues involved in the building energy refurbishment, ranging from economic, aesthetic, historical, cultural and emotional aspects.(...)

"Therefore partial building refurbishments (e.g. changing glazing) are commonly preferred even though they do not yield the desired results and might cause discomfort problems [Corrado V. e Ballarini I. 2016 p 93]. Le possibilità di limitare le emissioni risultano, quindi, ancora largamente inespresse nonostante una serie di studi dimostri la convenienza di questi interventi:

"For most of Europe's buildings, that probably means improving the current average energy consumption by a factor four or five and the installation of renewables. For some it could even mean a factor 10 improvement. This may be hard to imagine but is definitely doable

[...]The IEA analytical work related to policy recommendations show this could be both possible and economically rational. This has been presented, for instance at Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 6 (2009) in the paper "Global policy for dramatic reduction of energy consumption in buildings - Factor 3 is both possible and economic rational", by Jens Laustsen, International Energy Agency IEA. [BPIE 2011 p 21]

	2007-2013	2014	2015	2016	Totale
Riqualificazione globale	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07
Coibentazione pareti, sostituzione serramenti, schermi solari	0,33	0,07	0,06	0,07	0,53
Efficientamento impianti	0,37	0,02	0,02	0,02	0,43
Intervento multiplo	0,05	-	-	-	0,05
Totale	0,79	0,09	0,09	0,10	1,08



	Investimenti mln €	Valore aggiunto mln €	Occupati temporanei diretti (ULA)	Occupati temporanei indiretti (ULA)	Occupati temporanei totali (ULA)
Pareti orizzontali o inclinate	651	441	4575	3492	8068
Pareti verticali	301	204	2115	1615	3730
Serramenti	1448	981	10173	7765	17938
Schermature	148	101	1043	796	1839
Caldaia a condensazione	543	365	3368	3042	6411
Automazione	4	2	25	19	43
Scaldacqua pompa di calore	21	14	116	97	213
Totale	3116	2108	21415	16826	38242

FIGURA 18_(sopra) risparmi da detrazioni fiscali per riqualificazione energetica (Mtep/anno) e distribuzione dei risparmi energetici conseguiti attraverso le detrazioni (anno 2016). (sotto) Risultati economici ed occupazionali delle detrazioni fiscali al 65% per interventi di efficienza energetica (2016)
Fonte: [ENEA, 2017; SEN, 2017]

4 Barriere all'investimento di efficientamento nel settore edile

Una delle sfide fondamentali di cui occuparsi nell'ambito dei progetti di efficientamento energetico del patrimonio edilizio è quella delle barriere, di varia natura, che si oppongono all'implementazione di tali progetti, siano esse finanziarie, amministrative, sociali e di "separazione tra benefit e spesa".

Per quanto riguarda le barriere finanziarie, l'investimento iniziale è considerato una delle principali cause limitanti a procedere, nonostante il ritorno economico dovuto al risparmio energetico, anche in vista dei prospettati aumenti del costo pro-capite dell'energia [EU 2016]; il tempo di ritorno dell'investimento è un altro dei problemi principali in quanto, a seconda del singolo portatore di interessi, varia l'accettabilità del tempo di pay back; è, inoltre, dimostrata una sostanziale avversione al rischio per gli investimenti in campo energetico [Boeri M. e Longo A 2017].

La scelta di investire sconta, inoltre, la competizione con altri tipi di beni recanti benefit dal punto di vista del riconoscimento sociale e del raggiungimento di condizioni determinanti un particolare status symbol [BPIE 2011].

Non bisogna dimenticare, poi, le questioni legate allo split investment e al rebound effect; il primo si riferisce ad una separazione tra chi si sobbarca dell'onere del costo dell'intervento e chi ne beneficia, è il caso delle abitazioni in cui il proprietario differisce dall'occupante; in questi casi, si può ricorrere a strumenti quali, ad esempio, la stipula di contratti di locazione basati sulla efficienza energetica denominati Energy Performance Contract (EPC) [ENEA 2017].

Per quanto riguarda il rebound effect, invece, esso si riferisce al rischio che il risparmio derivante dall'efficientamento energetico sia parzialmente o interamente assorbito da un aumento dello standard di comfort degli occupanti, determinando, quindi, un mancato raggiungimento sia del risparmio stesso, sia della riduzione dei consumi prospettata [cfr. Calwell C.,2010].

A livello nazionale, la SEN ribadisce quanto sopra affermando: "Le iniziative in ambito residenziale rappresentano la priorità di intervento della SEN 2017. Si tratta di un segmento di consumo ad alto potenziale, ma in cui

gli interventi di efficienza energetica sono ostacolati da alcune importanti barriere all'adozione:

- la scarsa consapevolezza da parte dei consumatori sui potenziali benefici del risparmio energetico rappresenta un ostacolo per la riduzione di consumi;
- l'elevato costo degli investimenti iniziali scoraggia gli interventi dei piccoli consumatori anche a causa della mancanza di sistemi di credito agevolato. " [SEN 2017 pag100]

A quanto riportato sopra, va poi aggiunta una constatazione legata alla percezione ed ai valori che il patrimonio edilizio rappresenta (culturali, estetici, emotivi, memoriali); questi rendono difficile una generalizzazione degli interessi portati che si vanno a sommare quando si prende in considerazione l'ipotesi di un recupero sostanziale del patrimonio edilizio esistente.

5 Scenari alternativi per il raggiungimento degli obiettivi al 2050 nel settore edile

Come già sottolineato in precedenza (confronta paragrafo 3) il Reference scenario fallisce nel raggiungimento degli obiettivi di efficientamento energetico richiesti sia, anche se di poco, nel breve periodo (raggiungendo un valore di +18,4% rispetto al prospettato 20%) che, con più grande margine, nel periodo di lunga durata.

Per quanto riguarda il settore edilizio una delle cause viene riconosciuta nella debolezza delle direttive riguardanti il patrimonio esistente e nella loro incapacità di virare gli interventi realizzati verso una profondità di intervento maggiore ("deep" intervention) [BPIE 2011].

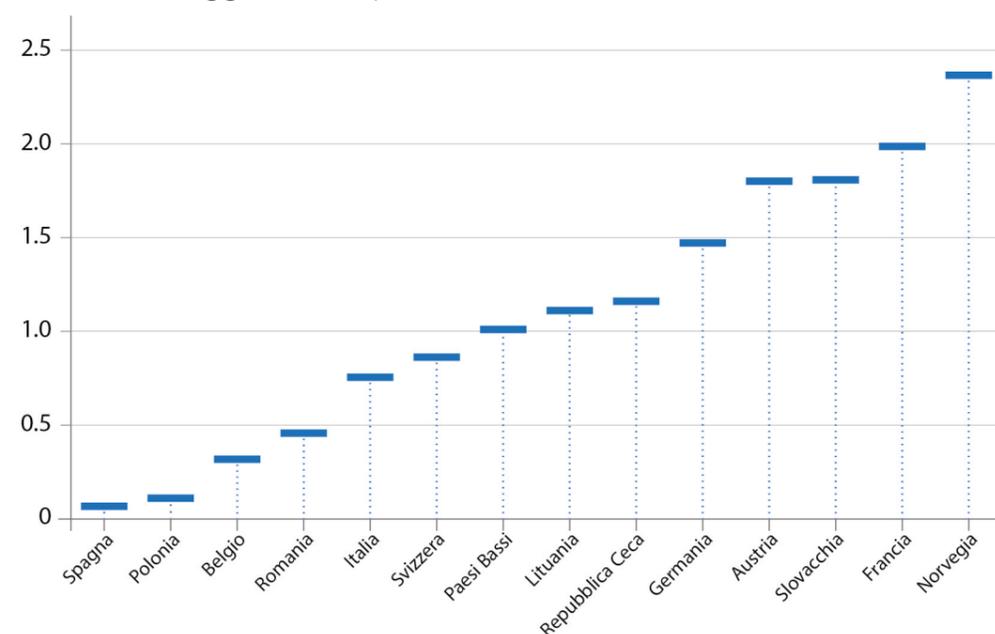


FIGURA 19_trend di rinnovamento profondo (major) secondo il progetto ZEBRA (2015) in alcuni stati membri (Italia 0,77%). ZEBRA definisce un rinnomanto profondo quando esso interessa più del 25% dell'involucro o quando la spesa eccede il 25% del costo dell'immobile stesso, ipotizzando una diminuzione del consumo energetico compreso tra il 50 e l'80%

Fonte: [Elaborazione dati Zebra]

L'Eu building under the microscope fornisce una serie di scenari possibili, a seconda della "profondità" dell'intervento, per valutare la capacità del settore di rispondere agli obiettivi della 2050 Roadmap,

Si hanno così quattro livelli di recupero energetico:

- Minor (fino al 30% energia risparmiata)
- Moderate (30-60% energia risparmiata)
- Deep (60-90% energia risparmiata)
- nZEB (90%+ energia risparmiata)

Tipo di rinnovamento	Final energy saving (% reduction)	Indicative saving (modellazione)	Average total project cost (€/m ²)
Minor	0-30%	15%	60
Moderate	30-60%	45%	140
Deep	60-90%	75%	330
nZEB	90% +	95%	580

TABELLA 5_tipo di rinnovamento energetico e suo costo stimato
Fonte: [BPIE 2011]

La tabella fornisce i dati relativi ai risparmi percentuali prospettati nell'esercizio della produzione degli scenari, oltre che il prezzo medio utilizzato per valutare l'investimento (da notare che i dati riportati seppur inglobando i costi relativi a manodopera, materiali e parcelle professionali, non tengono in considerazione quelli relativi a beni e servizi diversi da quelli direttamente collegati al risparmio energetico)

Il trend di rinnovamento annuo, a scala europea, si aggira in un range che va da 0,5% a 2,5% del patrimonio edilizio, questo in conseguenza anche della presenza di svariati fattori tra cui piani specifici di rinnovamento, a livello medio, viene assunto un valore dell'1% annuo in linea con uno studio condotto dal Fraunhofer Institute per conto della Commissione Europea; in particolare, il dato riguardante la situazione italiana è dell' 1,2% annuo

Le variabili principali che guidano lo sviluppo futuro prospettato riguardano la percentuale di rinnovamento e la sua "profondità", tenendo sempre conto della potenzialità di sviluppo del settore energetico.

La variabile del sistema energetico centrale è una discriminante in tutti gli scenari prodotti dalle varie istituzioni che si cimentano nella definizione di questi strumenti, e per tutti rappresenta la condizione sine qua non per raggiungere gli obiettivi minimi di contenimento delle emissioni.

Si sottolinea, pertanto, il ruolo necessariamente sinergico che l'efficienza energetica della domanda e la de-carbonizzazione dell'offerta hanno, sia dal punto di vista dell'emissione, sia come costo dell'investimento necessario per modificare la rete distributiva [DEEP 2015, COM 2011]

Il trend di recupero energetico e la profondità di tale intervento vengono combinati nelle loro potenzialità e generano 5 scenari possibili, a loro volta influenzati dal grado di de-carbonizzazione della domanda.

Delle 10 possibilità così risultanti, solo due si dimostrano allineate con le disposizioni europee di contenimento: lo scenario definito Deep, caratterizzato da un intervento profondo e un trend di recupero energetico medio, e lo scenario Two-stage, in cui viene ipotizzata una prima tornata di efficientamenti, riguardanti solo parti del sistema edificio-impianto, e una seconda più profonda che sfrutti i benefici generati dalla curva di apprendimento.

Entrambi presuppongono una de-carbonizzazione massiccia del sistema energetico centrale.

Da notare che gli scenari che raggiungono con successo gli obiettivi prefissati hanno sia un alto costo di investimento iniziale, che un tempo di ritorno di circa 10 anni.

La necessità di un cambio di passo nel trend di recupero del patrimonio esistente risulta evidente anche da altri studi relativi al caso più specifico italiano [ENEA 2013, Corrado V. e Ballarini I.,2016], identificando in questo il fattore chiave per il raggiungimento degli obiettivi di lungo termine proposti.

E' comunque importante l'obiezione secondo cui, se da un lato l'aumento degli interventi di efficientamento energetico permetterebbero una maggiore capacità di rispondere agli impegni in vista di un passaggio ad un'economia de-carbonizzata, dall'altro mancherebbero di sfruttare un miglior rapporto costi-benefici dovuti all'evoluzione della curva di apprendimento e, cioè, dell'evoluzione delle tecnologie efficienti (o

efficientanti) e della loro conseguente riduzione di costo [BPIE 2011]
Le misure da attuare per instradare lo sviluppo verso questi obiettivi devono prendere due strade: una top-down volta alla riduzione delle barriere all'investimento, ed una bottom-up il cui obiettivo sia quello di educare la domanda riducendo il gap di informazione e favorendo investimenti collegiali [SEN 2017].

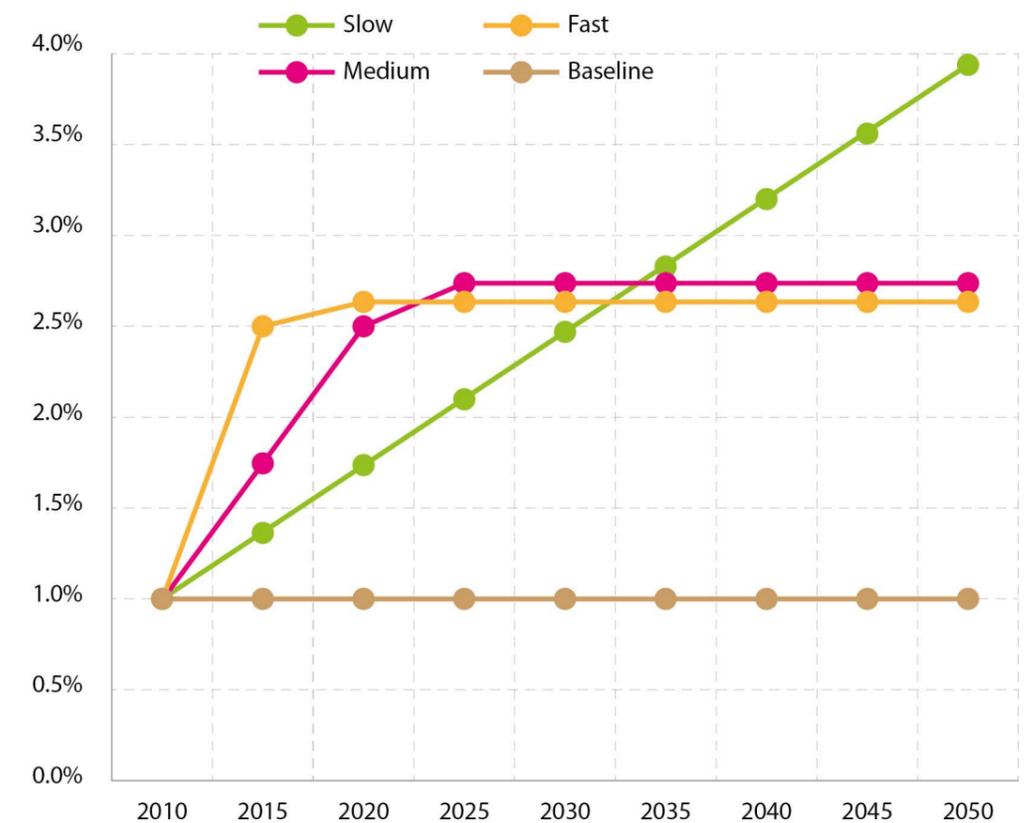


FIGURA 20 _profili di trend di rinnovamento considerati negli scenari prodotti nel EU Building under the microscope
Fonte: [BPIE 2011]

Scenario		0	1A	1B	2	3	4
		Baseline	Slow & Shallow	Fast & Shallow	Medium	Deep	Two stage
Annual energy saving in 2020	TWh/a	94	169	271	283	527	283
2020 saving as % of today	%	2%	4%	7%	7%	13%	7%
Investment cost (present value)	billion €	107	161	255	252	477	252
Savings (present value)	billion €	94	163	260	265	478	265
Net saving (cost) to consumer	billion €	-13	2	5	13	10	13
Net saving (cost) to society (no externality)	billion €	238	462	742	787	1441	787
Net saving (cost) to society (with externality)	billion €	277	532	853	902	1656	902
Internal Rate of Return	IRR	8%	9%	9%	10%	9%	10%
Fast Decarbonization							
Annual CO saving in 2020	MtCO /a	286	300	319	321	367	321
2020 CO saved (% of 2010)	%	28%	29%	31%	31%	35%	31%
CO abatement cost	€/tCO	-4	-9	-14	-14	-26	-14
Slow Decarbonization							
Annual CO saving in 2020	MtCO /a	54	73	98	101	161	101
2020 CO saved (% of 2010)	%	5%	7%	9%	10%	16%	10%
CO abatement cost	€/tCO	-26	-46	-66	-70	-105	-70
Average annual net jobs generated	million	0,3	0,4	0,6	0,6	1,2	0,6

TABELLA 6_risultati degli scenari al 2020
Fonte: [BPIE 2011]

Scenario		0	1A	1B	2	3	4
		Baseline	Slow & Shallow	Fast & Shallow	Medium	Deep	Two stage
Annual energy saving in 2050	TWh/a	365	1373	1286	1975	2798	2896
2050 saving as % of today	%	9%	34%	32%	48%	68%	71%
Investment cost (present value)	billion €	164	343	451	551	937	584
Savings (present value)	billion €	187	530	611	851	1318	1058
Net saving (cost) to consumer	billion €	23	187	160	300	381	474
Net saving (cost) to society (no externality)	billion €	1116	4512	4081	6451	8939	9908
Net saving (cost) to society (with externality)	billion €	1226	4884	4461	7015	9767	10680
Internal Rate of Return	IRR	10,1%	12,4%	11,5%	12,5%	11,8%	13,4%
Fast Decarbonization							
Annual CO saving in 2050	MtCO /a	742	821	814	868	932	939
2050 CO saved (% of 2010)	%	71,7%	79,3%	78,6%	83,6%	89,9%	90,7%
CO abatement cost	€/tCO	-20	-74	-68	-103	-136	-151
Slow Decarbonization							
Annual CO saving in 2050	MtCO /a	182	410	391	547	732	755
2050 CO saved (% of 2010)	%	18%	40%	38%	53%	71%	73%
CO abatement cost	€/tCO	-89	-196	-185	-221	-238	-255
Average annual net jobs generated	million	0,2	0,5	0,5	0,7	1,1	0,8

TABELLA 7_risultati degli scenari al 2050, gli scenari Deep e Two-stage raggiungono gli obiettivi prefissati dall'Unione Europea ma solo in concomitanza con una rapida decarbonizzazione del sistema di produzione energetica
Fonte: [BPIE 2011]

CAPITOLO
Metodologia **2**

0 Introduzione

Come si è potuto dimostrare nel capitolo precedente, il settore edilizio (residenziale in particolare) si rivela strategico negli obiettivi comunitari per il raggiungimento di una economia a basso contenuto di carbonio e a basso tenore di emissioni di gas climalteranti.

I livelli limitati di sostituzione del parco immobiliare con nuove costruzioni fanno sì che il patrimonio costruito diventi il perno degli sforzi volti a conseguire gli obiettivi in termini di efficienza che questo settore dovrebbe raggiungere stando a quanto si propone la policy comunitaria.

Questa sostanziale inefficienza degli sforzi pubblici per incentivare il trend di recupero è stata imputata alle barriere all'investimento che si presentano ai soggetti che, poi, dovranno sobbarcarsi l'onere necessario ad implementare tali misure.

In questo lavoro si cerca di valutare se i soggetti protagonisti nell'opera di efficientamento energetico, e, cioè, i cittadini, reputino desiderabili o meno le misure in grado di limitare i consumi una volta eliminato parzialmente il gap di informazione che può esserci nel libero mercato.

Ci sembra fondamentale notare che l'operazione svolta per determinare tale preferenza può essere considerata una forzante in quanto, come si vedrà in seguito, la determinazione della preferenza dell'individuo presuppone, necessariamente, una focalizzazione dell'individuo "esaminato" verso la potenzialità di intervenire sul patrimonio edilizio su cui lo si chiama ad operare una scelta.

Per poter arrivare a descrivere la predisposizione all'investimento sul patrimonio edilizio degli individui, si è seguita una metodologia che, partendo dalla definizione di un'area della città di Torino e determinandone i consumi, sottopone ad un campione di intervistati una serie di possibili misure di investimento volte al recupero energetico o estetico-funzionale degli edifici, e termina con il calcolo analitico della preferibilità di tali interventi.

Nonostante la parte relativa alle preferenze individuali sia necessariamente da rapportare al caso del singolo, la determinazione energetica e la scala dell'analisi si pongono a livello dell'isolato, in linea con le direzioni intraprese sia a livello comunitario (EPBD recast), sia nazionale (SEN).

La scala dell'isolato è funzionale alla standardizzazione delle misure di intervento [SEN 2017] e permette, oltre che aumentare il numero di edifici efficientati, l'integrazione di ulteriori benefici rispetto al caso singolo.

In primo luogo, l'estensione della scala permette di prendere in considerazione tecnologie che, altrimenti, non sarebbero adatte a scale minori come vuole dimostrare, ad esempio, CONCERTO; l'iniziativa dell'Unione Europea, finanziata dall' European research framework programme, ha lo scopo di attuare piani di intervento finalizzati alla riduzione dei consumi energetici, ed alla diminuzione dell'emissione di CO₂, intervenendo su progetti di larga scala, in quanto "energy optimisation of districts and communities as a whole is more cost-effective than optimising each building individually." [EU, 2014].

Un altro fattore da tenere in considerazione è che la crescita della dimensione dell'intervento permette una riduzione dei prezzi, in conseguenza di meccanismi legati all'economia di scala, e alla maggiore capacità negoziale dei consumatori [confronta, a questo proposito Aylett A. 2013].

In uno studio riguardante il concetto di net Zero Energy Neighbourhood (nZEN, utilizzato anche in alternativa a net Zero Energy District), invece, Marique A.-F. et al. introducono il concetto di mutualizzazione riferendosi alla possibilità, ad esempio, di ottimizzare l'installazione di pannelli fotovoltaici posizionandoli sulle coperture con più alto potenziale di produzione, ignorando le limitazioni legate alla proprietà del singolo fabbricato [Marique A.-F. et al. 2013].

La scala del distretto ha, poi, margini più vasti di rispondenza e flessibilità soprattutto nel campo della generazione distribuita e nella gestione delle curve dei fabbisogni dovuti alle diverse destinazioni d'uso.

La gestione della domanda, in particolare, permette un maggiore controllo del mismatch energetico in base al bacino d'utenza [Kilkiş 2015]; inoltre, la replicabilità degli interventi a scala di isolato, con un conseguente aumento della generazione distribuita e del controllo della domanda, può essere visto come una progressiva modificazione del tradizionale sistema centralizzato verso un modello sistemico tra produzione e consumo [ENEA 2007].

Il Portland Sustainability Institute (PoSI) sottolinea, oltre alla maggiore

efficacia che le iniziative alla scala del vicinato possono raggiungere, la necessità di coinvolgere nel processo anche le comunità costituenti il tessuto urbano: "Sustainability [in Portland] won't be achieved one building or one household at a time, and conversely, the scale of the city is too big. A neighborhood or district approach offers the most likely and effective scale at which the overall goals for City sustainability can be addressed. Sustainability is ultimately socially constructed: It's the product of what people in communities do collectively much more than what individual households are likely or inclined to do." [Seltzer E., et al. 2010]

1 Valutazione energetica

La prima parte dell'analisi si esprime nella valutazione energetica dell'area in esame secondo i procedimenti di calcolo definiti dalla serie di norme UNI 11300.

Per effettuare la valutazione energetica è necessario avere accesso ad una serie di dati, sia geometrici, che tecnologici degli edifici di cui si vogliono calcolare i consumi; i primi sono ricavabili attraverso gli strumenti forniti dalla pubblica amministrazione (geoportale) o attraverso analisi sul campo, per i secondi, invece, sarebbe complicato (e molto probabilmente impossibile) ricavare le caratteristiche reali degli edifici in esame; si ricorre, pertanto, ai dati statistici fornito dal progetto Tabula (Typology Approach for BUiLding stock energy Assessment [Corrado V. et al.2011]).

1a Il progetto Tabula

Il progetto Tabula è stato condotto tra il 2009 ed e il 2010, coinvolgendo tredici paesi dell'unione, finanziato dal programma europeo Intelligent Energy Europe (IEE [5]).

Tabula fornisce una schedatura delle più frequenti soluzioni costruttive ed impiantistiche europee in base ad alcuni parametri quali l'epoca di costruzione e la tipologia dell'edificio preso in considerazione; il caso italiano, in particolare, fa riferimento a edifici locati in zona climatica E in cui, tra l'altro, insiste la città di Torino.

Il fine del progetto è quello di fornire parametri standardizzati per una determinazione delle prestazioni energetiche dell'esistente in modo da dare una indicazione statistica delle potenzialità di recupero energetico del patrimonio edilizio.

Da qui ne derivano categorie temporali e tipologiche che mirano a restituire le variazioni fondamentali nei dati funzionali al calcolo energetico.

Il database fornisce, anche, dati tipo sui consumi finali e sulle potenzialità di risparmio energetico delle categorie individuate in base a diversi scenari di retrofit.

Tabula individua 8 epoche costruttive definite classi:

- classe 1, fino al 1900, rappresentata dal diciannovesimo secolo;
- classe 2, dal 1901 al 1920, identificata dall'inizio del ventesimo secolo;
- classe 3, dal 1921 al 1945, compresa tra le due Guerre Mondiali;
- classe 4, dal 1946 al 1960, caratterizzata dal Dopoguerra e dalla Ricostruzione;
- classe 5, dal 1961 al 1975, definita dal periodo della crisi petrolifera;
- classe 6, dal 1976 al 1990, con le prime direttive legislative in materia energetica negli edifici;
- classe 7, dal 1991 al 2005, caratterizzata dai regolamenti sulle prestazioni energetiche (Legge 10 del 1991 fino al D.lgs. 192 del 2005)
- classe 8, dopo il 2005, rappresentata da requisiti prestazionali più stringenti

Ogni classe contiene, poi, una serie di raggruppamenti, definiti su base dimensionale:

- casa monofamiliare, caratterizzata da un'unica unità immobiliare, su uno o due piani, di tipo isolato o confinante con un altro edificio;
- casa a schiera, costituita da un'unica unità immobiliare, su uno o due piani, confinante con altre unità abitative (complesso a schiera);
- edificio multifamiliare, edificio di ridotte dimensioni caratterizzato da un numero limitato di unità immobiliari (da 2 a 5 piani e fino a 20 appartamenti);
- blocco di appartamenti, edificio di grandi dimensioni caratterizzato da un numero elevato di unità immobiliari (più di 4 piani e più di 15 appartamenti).

Quanto sopra va a definire la matrice della Tipologia Edilizia riportante nelle righe l'epoca di costruzione, e nelle colonne le categorie dimensionali. Una volta definita la tipologia e l'epoca di costruzione del fabbricato in esame, è possibile accedere ad una serie di dati indispensabili al calcolo energetico quali le stratigrafie e le caratteristiche dei componenti edilizi e dei sistemi di impianto più frequenti nel patrimonio edilizio che possono, quindi, essere ipotizzate nel determinare i consumi dell'edificio reale di cui si stanno valutando le prestazioni energetiche.

Nella pagina a fianco
FIGURA 21 _matrice del progetto TABULA
 Fonte: [TABULA]



Si è comunque scelto di non utilizzare in toto i dati forniti da Tabula e, quindi, di non considerare il Reference Building e cioè l'edificio di riferimento per la costruzione della matrice della tipologia edilizia, ma di utilizzarne i dati laddove non era possibile ricavarli in altro modo; questo ha determinato una variabilità maggiore dei dati di output del calcolo dei consumi e una aderenza maggiore al caso in esame oltre che un maggiore consumo temporale.

1b Calcolo dei consumi, il software Seas

Le precedenti considerazioni permettono di reperire i dati di input per le analisi energetiche effettuate tramite il software SEAS [Testi ed al.2014, Testi et al. 2015].

SEAS (Software Energetico per Audit Semplificati) è uno strumento nato dalla collaborazione di ENEA con l'Università di Pisa che permette il calcolo delle prestazioni energetiche di un edificio secondo il modello semi-stazionario definito dalla serie di norme UNI EN 11300.

Il software nasce per permettere una valutazione adattata all'utenza delle prestazioni dell'edificio, dando la possibilità di definire i comportamenti tipici adottati dall'occupante in modo da sovrapporre le prestazioni dell'edificio con i profili di utilizzo di chi lo abita: si possono così andare a definire le fasce orarie di utilizzo dell'abitazione e il numero di persone per fascia oraria oltre che i pattern di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, fino a permettere l'inserimento di dati riguardanti i tempi di chiusura e di apertura degli oscuranti e delle finestre.

Questo tipo di analisi non rientra negli scopi della tesi e non si rivela fondamentale in quanto, come si vedrà in seguito, interesserà capire lo scarto che si genera tra lo stato di fatto e possibili alternative di intervento (il comportamento dell'occupante è un filone di studio autonomo e meriterebbe lo studio dedicato di esso).

Inserendo, ad ogni modo, dei dati standardizzati forniti dalla normativa, è possibile operare l'analisi in regime di calcolo standard.

SEAS permette la valutazione delle destinazioni d'uso più comuni (residenziale, uffici, scuole, degenze ospedaliere), e degli impianti più frequenti, oltre a dare la possibilità di valutare un'ampia gamma di

generazione energetica da fonti rinnovabili.

L'analisi energetica effettuata attraverso il software SEAS ha necessità di essere affiancata ad un foglio di calcolo per ricavare molti dei dati che il programma richiede (in linea con quanto specificato dalla normativa sempre) come gli angoli caratteristici di ombreggiatura o il fabbisogno di acqua calda sanitaria (ACS).

Per quest'ultimo dato, infatti, il programma permette la scelta sia dell'utilizzo del procedimento standard secondo normativa, sia l'inserimento del consumo effettivo di ACS; l'iter utilizzato di considerare l'edificio per piani (sarebbe stato possibile, per i casi di impianto di riscaldamento centralizzato, considerare l'edificio come blocco unitario ma per un miglior controllo dell'interfaccia si è operato sempre scomponendo l'edificio) avrebbe, nei casi di più unità immobiliari per piano, portato ad una stima diversa dell'effettivo consumo di acqua calda se si fosse impostato il calcolo da normativa senza specificare la presenza di più unità immobiliari, cosa che, data la vocazione del software, non è possibile fare.

La norma UNI TS 11300 parte 2, infatti, fornisce una l'equazione per il calcolo del fabbisogno di ACS V_w come

$$V_w = a * S_u + b$$

con S_u superficie utile dell'appartamento e a e b parametri tabellati in base alla dimensione dell'appartamento.

Superficie utile S_u (m ²)	$S_u \leq 35$	$35 < S_u \leq 50$	$50 < S_u \leq 200$	$200 < S_u$
Parametro a (litri/m ² giorno)	0	2,667	1,067	0
Parametro b (litri/giorno)	50	-43,33	36,67	250

TABELLA 8_parametri a e b per il calcolo del fabbisogno d'ACS giornaliera
Fonte: [UNI EN 11300]

Come si può notare dalla formula, la presenza di più unità immobiliari, anche nel caso che la loro superficie utile aggregata non superi i 200 m², darebbe valori differenti rispetto a considerare il fabbisogno di ogni piano per via della presenza del parametro b indipendente da S_u nella formula. Si è perciò calcolato a parte il fabbisogno di acqua calda e lo si è poi

inserito come consumo noto nel programma.

Nei casi, inoltre, di impianto di riscaldamento centralizzato e impianto di produzione di acqua calda sanitaria individuale al piano, i consumi relativi a tale servizio sono stati calcolati in maniera unitaria e poi, in fase di aggregazione dei dati, si sono moltiplicati per l'effettivo numero di unità immobiliari.

Ultimo dato necessario alla routine di calcolo, che non è stato preso da Tabula ma si è dovuto calcolare in maniera separata, è stato il carico termico di progetto per ipotizzare la potenza installata del generatore di calore e la sua efficienza.

Il calcolo del carico termico di progetto, secondo la norma UNI EN ISO 12831, ha lo scopo di determinare la potenza termica richiesta per garantire le condizioni di climatizzazione dell'edificio nella situazione ragionevolmente peggiore e, cioè, nel giorno più freddo dell'anno; per quanto riguarda la città di Torino questo si traduce nell'utilizzo, nel calcolo per la determinazione della potenza necessaria del generatore, di un valore di temperatura dell'aria esterna pari a -8 °C.

Per quanto riguarda, infine, l'efficienza del generatore, è sempre possibile fare riferimento alla norma UNI TS 11300-2 che fornisce dati tabulari per determinare tale valore in base alla configurazione dello stesso.

Valore base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2

TABELLA 9_Fn sono fattori di correzione del valore di base a seconda della configurazione del generatore di calore e della sua installazione.

Fonte: [UNI EN 11300]

Uno dei limiti più importanti del software SEAS è l'impossibilità di eseguire il calcolo dei fabbisogni per il raffrescamento estivo; non viene, infatti, riconosciuto come attendibile il metodo quasi stazionario in regime estivo, ritenendo necessario l'utilizzo di codici dinamici.

Il software permette un buon controllo del flusso dei risultati, dando così la possibilità di valutare l'incidenza dei diversi elementi di involucro ed impianto nella determinazione dei consumi.

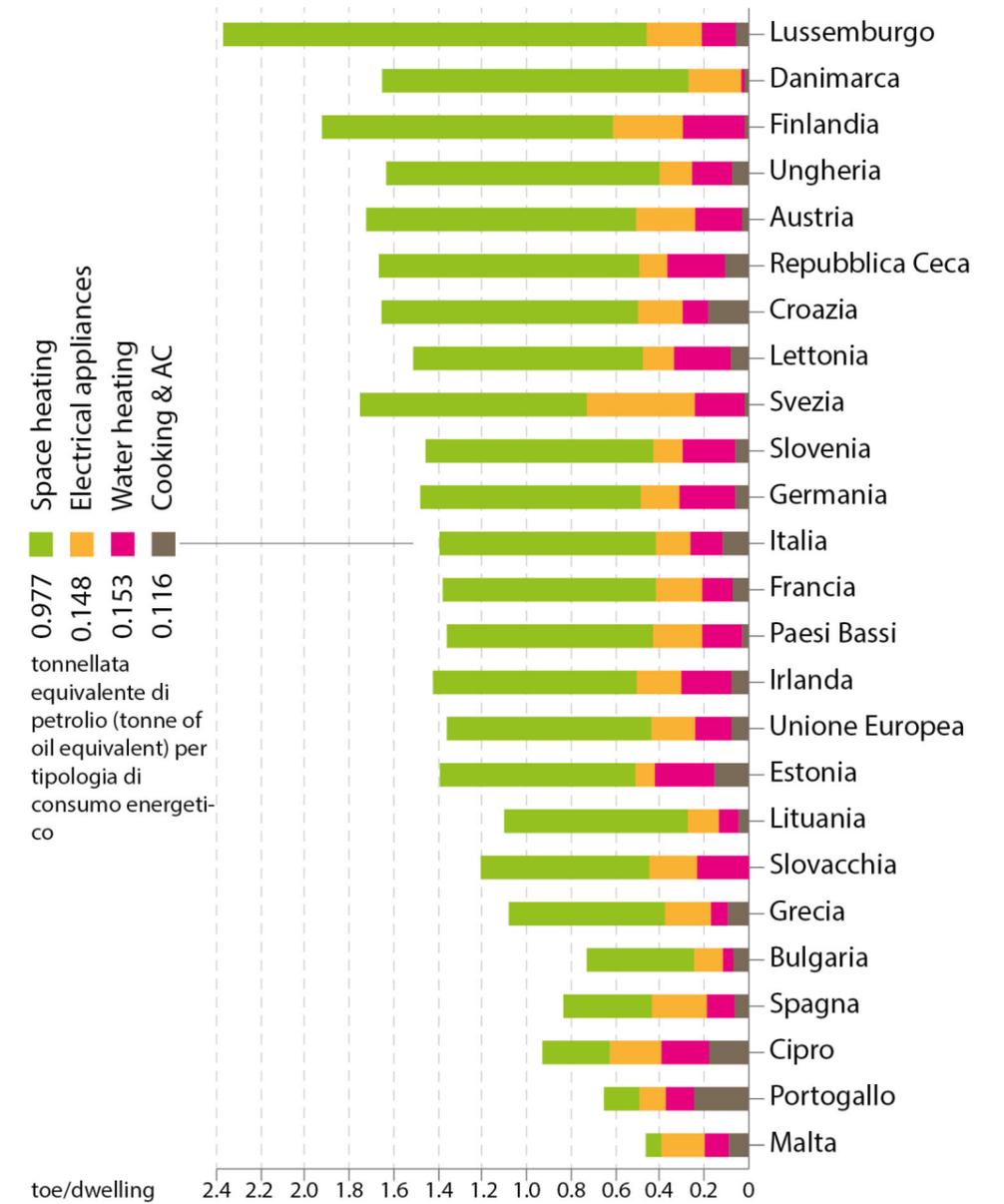


FIGURA 22_consumi energetici in base all'uso nel settore residenziale per diversi stati membri

Fonte: [elaborazione dati Zebra]

2 Valutazione delle preferenze

Una volta definito lo stato di fatto energetico dell'area in esame, si è passati a determinare le preferenze degli individui in materia di retrofit energetici valutando tali interventi in alternativa ad altri di ristrutturazione semplice dell'edificato; per fare ciò si è fatto ricorso ad un metodo di analisi conosciuto come Choice Experiment

2a Introduzione del Choice Experiment

Il Choice Experiment, di cui si parlerà più approfonditamente nei capitoli 3 e 4, dove lo si vedrà applicato al caso in esame, permette di valutare le preferenze di un individuo tra due o più alternative di scelta; tali alternative, dette anche multiattributo, sono costruite come una somma di caratteristiche che prendono il nome di attributi, appunto, e, variando la combinazione di tali caratteristiche è possibile determinare la predominanza relativa di un attributo sugli altri, definendo quali siano quelle che più influenzano la scelta dell'individuo.

Il metodo del Choice Experiment ha dei punti di analogia con il modello delle Conjoint Analysis usato spesso in campo economico per determinare la preferenza degli individui nell'ambito dei consumi, differenziandosene in base ad alcune premesse teoriche quali l'assunzione di modelli di comportamento non completamente spiegabili dalla sola presenza di fattori osservabili (sempre nel capitolo 3 si parlerà in maniera più estesa delle premesse teoriche al metodo).

Per operare un Choice Experiment si deve definire un campione di individui a cui sottoporre una serie di volte la scelta tra un gruppo di alternative determinate, come detto prima, da una combinazione di attributi su cui l'individuo baserà la propria preferenza.

Questa fase si esplica nella forma di un questionario sottoposto, in forma cartacea o in formato elettronico, ad un campione di individui che sceglieranno l'alternativa preferita tra una collezione di possibilità definita Choice set; questa operazione è quindi ripetuta più volte in una serie di esercizi di scelta.

Una volta raccolti un numero sufficiente di questionari (non c'è un numero

standard di rispondenti definito dalla letteratura, come si vedrà, poi, nel capitolo 3) è possibile estrapolare dei coefficienti che descrivono, in maniera paragonabile, la preferibilità di una caratterizzazione delle alternative di scelta rispetto ad un'altra.

La determinazione di tali parametri è possibile ricorrendo a software statistici che permettono la risoluzione dei processi iterativi attraverso cui vengono stimati tali parametri.

2b Determinazione degli attributi e calcolo misure

Come si è detto, la determinazione delle alternative, tra cui gli individui hanno dovuto operare la scelta di preferenza, sono costruite secondo delle caratteristiche definite attributi.

Tali caratteristiche sono state definite come dei possibili interventi effettuabili sulle abitazioni, si sono così individuati tre filoni principali: la possibilità di intervenire sostituendo le parti meno efficienti dell'edificio come il generatore di calore o i serramenti, l'efficientamento delle parti condominiali dell'edificio (come si vedrà nella parte relativa al caso studio, nel capitolo 4, si è ipotizzato un appartamento posto in un edificio multifamiliare) come l'aggiunta di componenti isolanti nella stratigrafia dei componenti edilizi o l'inserimento di sistemi di generazione energetica rinnovabile in copertura, e la possibilità di intervenire in modo da migliorare qualitativamente la proprietà.

Per quanto riguarda gli interventi di recupero energetico si è reimpostato il modello di calcolo effettuato in SEAS per ogni misura di intervento scelta andando a modificare i dati di input ad essa relativi e si è ricavata la differenza in termini di consumi rispetto allo stato di fatto, oltre che la spesa necessaria all'intervento attraverso un computo metrico estimativo. Lo stesso calcolo dell'investimento si è effettuato per determinare il costo delle misure incrementanti la qualità estetica.

Una volta determinati i fattori variabili su cui l'individuo poteva basarsi per effettuare la propria scelta di preferenza, si sono composti i questionari di scelta secondo quanto descritto al capitolo 4.

3 Calcolo delle preferenze e disponibilità a pagare

I dati raccolti sono stati processati attraverso il software NLogit che ha fornito i parametri su cui si può valutare la preferibilità delle diverse alternative di intervento, andando a determinare, quindi, quali potrebbero essere le scelte effettuate dagli individui nell'ambito del recupero energetico rispetto ad altri investimenti sul patrimonio esistente.

Questo, è da ricordare, si riferisce solo alle preferenze dell'allocazione delle risorse rispetto alle alternative proposte e non da una indicazione sul comportamento globale degli individui: non ci è dato sapere, in base a quanto analizzato qui, se l'individuo generico ritenga più utile investire nella proprietà abitativa piuttosto che in altre tipologie di beni; ne ci rivela il suo interesse verso tali tematiche in assenza di una causa forzante esterna che concentri la sua attenzione su di esse come può costituire l'essere sottoposti ad un'intervista a riguardo, ma ci può fornire dei dati sulla recettività che, questi, possono avere rispetto alle possibilità di intervento che possono essere proposte, magari, da soggetti terzi interessati ad investire attraverso forme contrattuali innovative come potrebbero essere le ESCO, oltre che la loro risposta se forniti dei dati utili a comparare tra loro le misure di intervento possibile e, quindi, riducendo il gap informativo che si genera in questi casi.

Si è, infine, calcolata la disponibilità a pagare degli individui per diversi interventi possibili di recupero energetico utilizzando i coefficienti calcolati come visto precedentemente.

Si può infatti calcolare tale valore come il rapporto tra il coefficiente della misura presa in esame ed il coefficiente del prezzo.

$-(\text{coefficiente misura})/(\text{coefficiente prezzo})$

Il coefficiente di prezzo indica la variazione della preferibilità all'aumentare de costo della misura: più una misura è costosa, meno l'intervistato sarà propenso a sceglierla.

Tale considerazione spiga, anche, perché nella formula sopra indicata compaia il segno meno: dato che il coefficiente di prezzo avrà segno negativo in quanto inversamente proporzionale all'aumento dei costi, il risultato del rapporto tra il coefficiente della misura e questo avrà segno positivo (sulla questione dei segni nella disponibilità a pagare confronta il

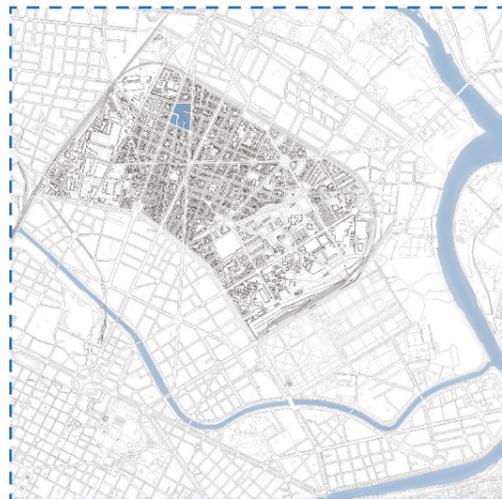
capitolo 3).

La disponibilità a pagare può essere anche estesa a livello dell'isolato per valutare se essa superi o meno il costo previsto per attuare tale misura.

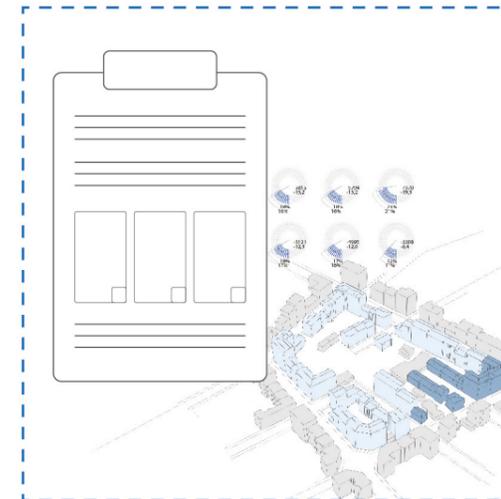
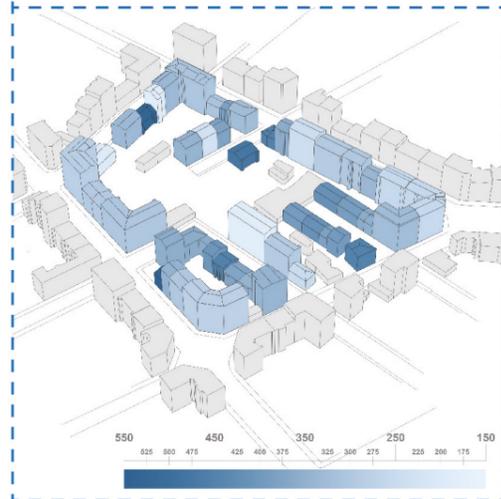
Non è stato possibile fare valutazioni di economia di scala a causa della mancanza di dati sul possibile abbattimento dei costi ma, comunque, ci si può aspettare che l'aumento dell'estensione degli interventi generi costi minori di quelli calcolati secondo i valori standard reperibili nel prezzario regionale

Caratterizzazione dell'area secondo i parametri del progetto TABULA e rilievo dei dati geometrici e di configurazione del sistema edificio-impianto

Calcolo dei consumi energetici e di emissione di CO₂ dovuti alla climatizzazione invernale e alla produzione di ACS attraverso il software SEAS



Individuazione dell'area oggetto di analisi



Costruzione del Labelled Choice Experiment e del questionario per raccogliere le preferenze degli individui e contestuale ricalcolo dei risparmi e dei costi potenziali per attuare gli interventi tra cui operare la scelta

Somministrazione del questionario in formato cartaceo sul campo ed elettronico via posta elettronica

Calcolo della disponibilità ad investire per attuare gli interventi proposti e stime di budget disponibile

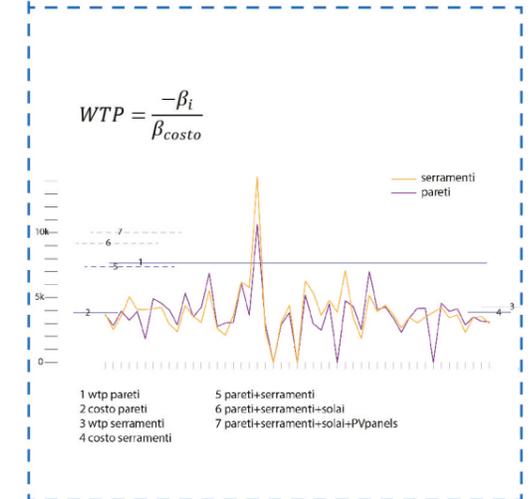


FIGURA 23_schema della metodologia seguita

CAPITOLO 3
Calcolo dei consumi

0 Introduzione

L'area scelta come oggetto di studio si compone di due isolati nel quartiere Barriera di Milano ed è delimitato ad est ed ovest da via Renato Martorelli e Corso Vercelli ed a sud e nord da via Lauro Rossi e via Rondissone.

La scelta dell'area di analisi è frutto della necessità di mantenere un numero di edifici non eccessiva per permetterne il calcolo energetico e, di poterla individuare in maniera generica: non ci sono caratteristiche peculiari che rendono questa area particolare rispetto ad un'altra possibile scelta: questo, oltre che escludere l'interferenza di altri possibili caratteri quali potevano essere la vicinanza a particolari centri di interesse o ad amenità, permette di generalizzare i dati che si raccolgono, poi, nel momento della valutazione delle preferenze degli individui.

Anche la varietà delle caratteristiche dimensionali e di epoca di costruzione degli edifici permette l'estensione del metodo a più parti dell'agglomerato urbano non limitando l'analisi a particolari casi di omogeneità del tessuto. Da ultimo, l'ubicazione di essa in una zona periferica potrebbe essere funzionale alla raccolta di altri dati sulle potenzialità di recupero delle aree meno centrali filtrandole attraverso la percezione di chi vi abita.

I due isolati, caratterizzati in larga parte da un fronte urbano continuo, contano un totale di 56 edifici; non sono stati presi in considerazione gli edifici non residenziali e, di quelli considerati, non si sono calcolati gli usi diversi dalla civile abitazione.

Da queste premesse ne deriva quindi un totale di 49 edifici analizzati, costruiti tra il secondo decennio del 1900 e i primi anni del 2000 (si rimanda all'appendice per una schedatura dei singoli edifici comprendente i dati considerati per la valutazione dei consumi). (schede edifici in appendice) Il lotto centrale dell'area si nota la presenza di un vuoto urbano creato dalla dismissione di una antecedente attività produttiva, potenzialità, questa, che non ha ripercussioni dirette sul procedimento di calcolo (se non, ovviamente, per quanto riguarda i dati geometrici e di influenza reciproca degli edifici dell'area per fattori quali possono essere, ad esempio, gli angoli caratteristici di ombreggiamento sulle superfici di involucro seppur con effetti molto limitati sul calcolo stesso), ma potrebbe essere una risorsa a favore dell'area in generale in ottica di un intervento di maggior

respiro dal punto di vista energetico come potrebbe essere, ad esempio, l'impianto di sistemi per la produzione di energia da fonte rinnovabile.

Se le caratteristiche geometriche dell'isolato sono facilmente reperibili attraverso una ricognizione sul posto ed il ricorso al Geoportale di Torino [4], altri dati necessari al calcolo del consumo energetico (nello specifico quelli richiesti dalla serie UNI TS 11300) devono necessariamente essere desunti in modo alternativo all'analisi del caso per caso.

Si passa, perciò, alla categorizzazione dell'area all'interno della matrice tipologica di Tabula per poter determinare le caratteristiche non note degli edifici.

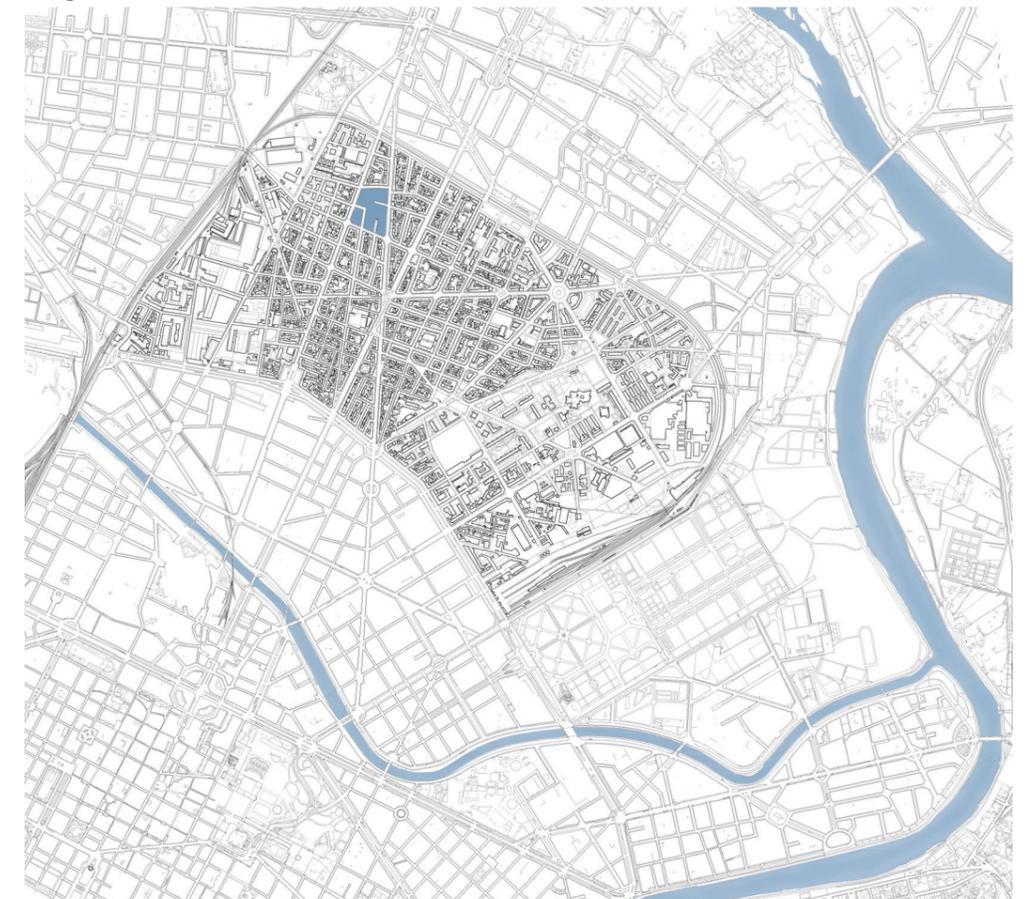


FIGURA 24 _individuazione dell'area oggetto di analisi (scala 1:25000)
Fonte: [elaborazione dati Geoportale]

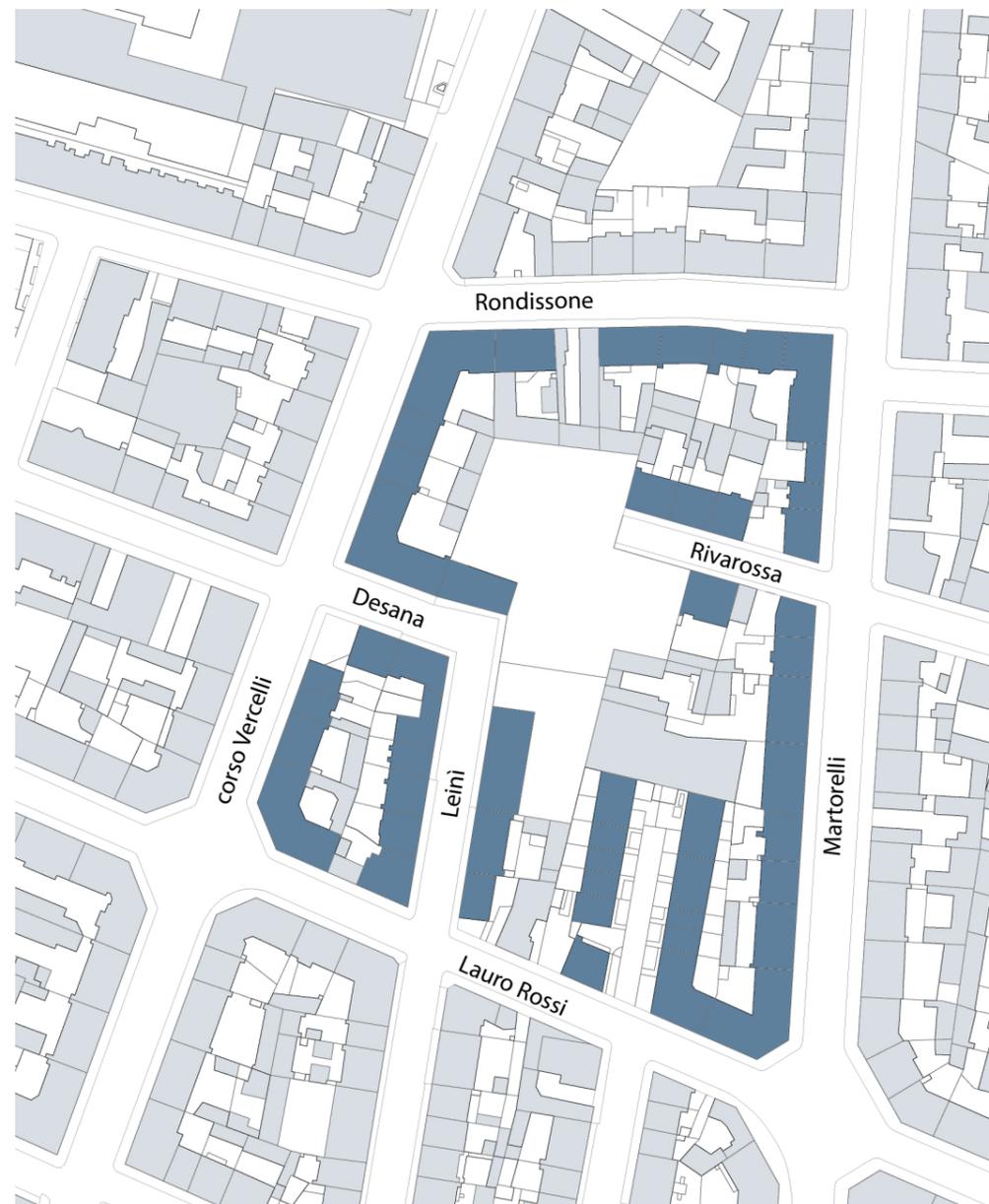


FIGURA 25 individuazione dell'area oggetto di analisi, in scuro gli edifici considerati nei calcoli (scala 1:1000)
Fonte: [elaborazione dati Geoportale]

1 Determinazione dell'area secondo la matrice di Tabula

Utilizzando la matrice fornita da TABULA si può, quindi, andare a caratterizzare l'area.

Per quanto riguarda l'epoca di costruzione, è opportuno fare una piccola precisazione: in alcuni casi il Geoportale della città di Torino restituisce dati poco attendibili per quanto riguarda gli edifici più datati; si è deciso, nei casi meno probabili, di utilizzare una categoria diversa (e cioè precedente) di Tabula*.

*a tal proposito si può confrontare la carta tematica "Lo Sviluppo Edilizio di Torino dal 1946 al 1971" curata da Guido Morbelli presso il Dipartimento "Territorio" del Politecnico di Torino.

Per le ipotesi specifiche, quali stratigrafie e prestazioni degli elementi costruttivi e di impianto, derivate dalle categorie indicate precedentemente, si rimanda all'appendice [appendice 1] e ai documenti specifici di tabula [Corrado V. et al.2011, 6]

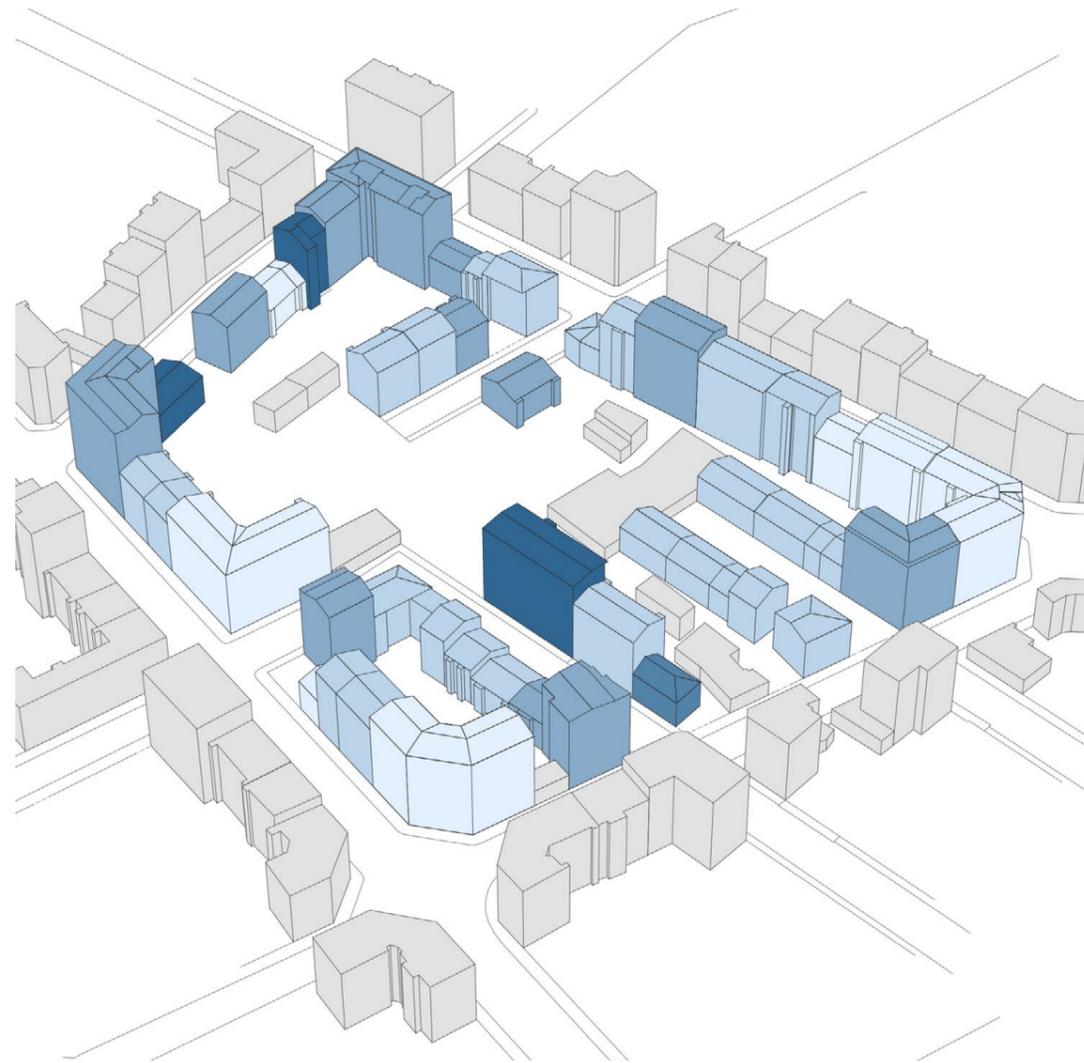
Nelle pagine seguenti

FIGURA 26 definizione classe di epoca costruttiva degli edifici dell'area

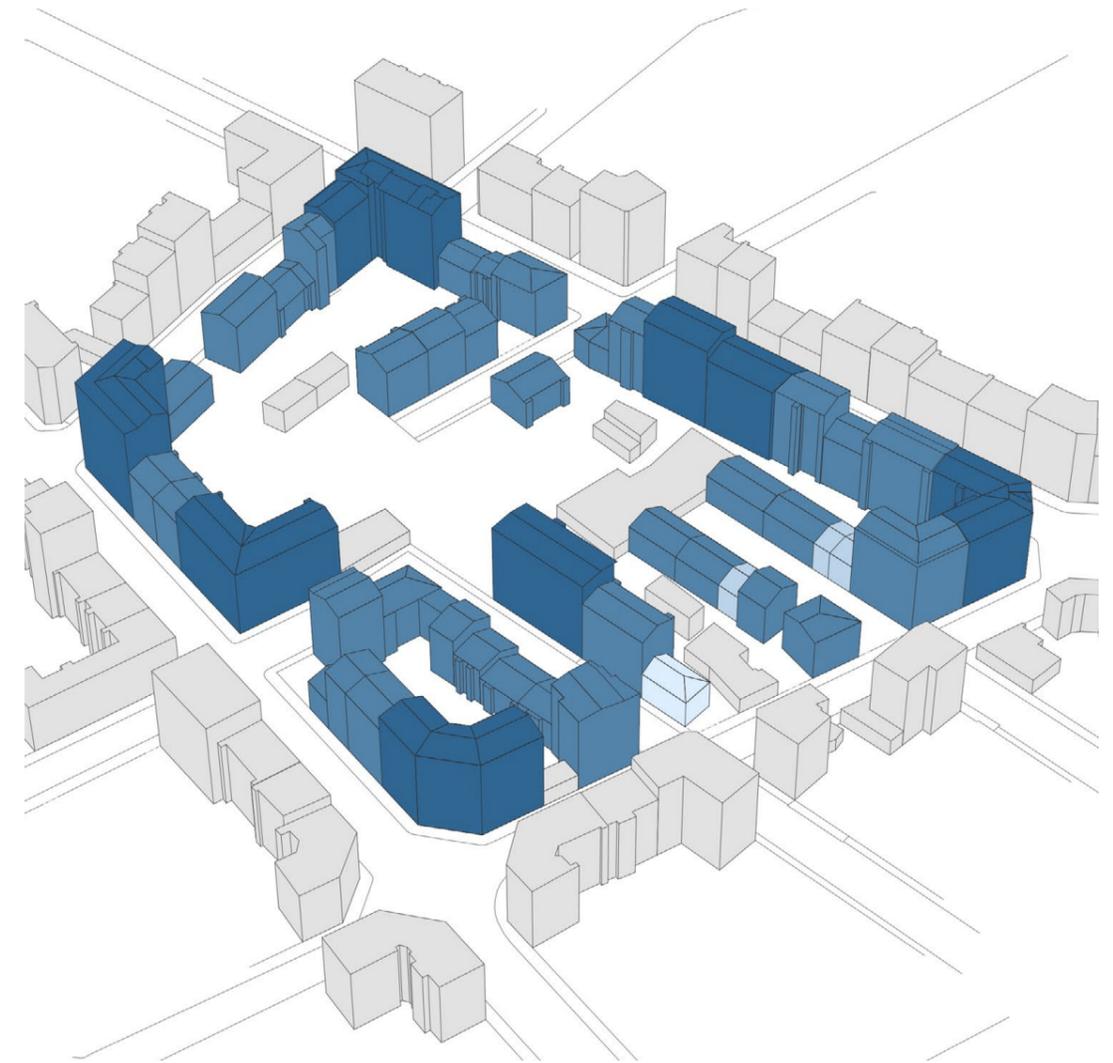
Fonte: [dati Geoportale elaborati secondo parametri TABULA]

FIGURA 27 definizione tipologia edilizia degli edifici dell'area

Fonte: [dati Geoportale elaborati secondo parametri TABULA]



classe	epoca costruttiva	numero edifici	% sul totale
3	1921-1945	9	18,4
4	1946-1960	24	49,0
5	1961-1975	12	24,5
6	1976-1990	1	2,0
7	1991-2005	3	6,1



tipologia	numero edifici	% sul totale
casa singola	1	2,0
casa a schiera	3	6,1
edificio multifamiliare	37	75,5
blocco appartamenti	8	16,3

Come si può notare dalla caratterizzazione secondo i parametri di Tabula, l'area è composta, per la quasi totalità degli edifici risalenti a prima degli anni ottanta e, di questi, la maggior parte si inserisce nella categoria temporale compresa tra gli anni '40 e '60.

Questo implica che la maggior parte degli edifici non presenti tecnologie per il contenimento dei consumi; le stratigrafie, ad esempio, sono caratterizzate dalla sola presenza di componenti strutturali senza, a parte alcuni casi, presentare strati di materiale isolante.

Per quanto riguarda l'involucro trasparente, poi, possiamo notare la presenza quasi esclusiva di vetri singoli poco prestanti (non si è potuto tenere in conto di eventuali sostituzioni operate dagli abitanti nel caso singolo in quanto la scala dell'analisi e l'afflato di generalità non contemplava un tale grado di dettaglio dell'analisi).

	casa singola	casa a schiera	edificio multifamiliare	blocco appartamenti
3 1921-1945	-	-	6	3
4 1946-1960	-	3	20	1
5 1961-1975	-	-	9	3
6 1976-1990	1	-	-	-
7 1991-2005	-	-	2	1

TABELLA 10_frequenza delle classi di epoca costruttiva e tipologia edilizia nell'area

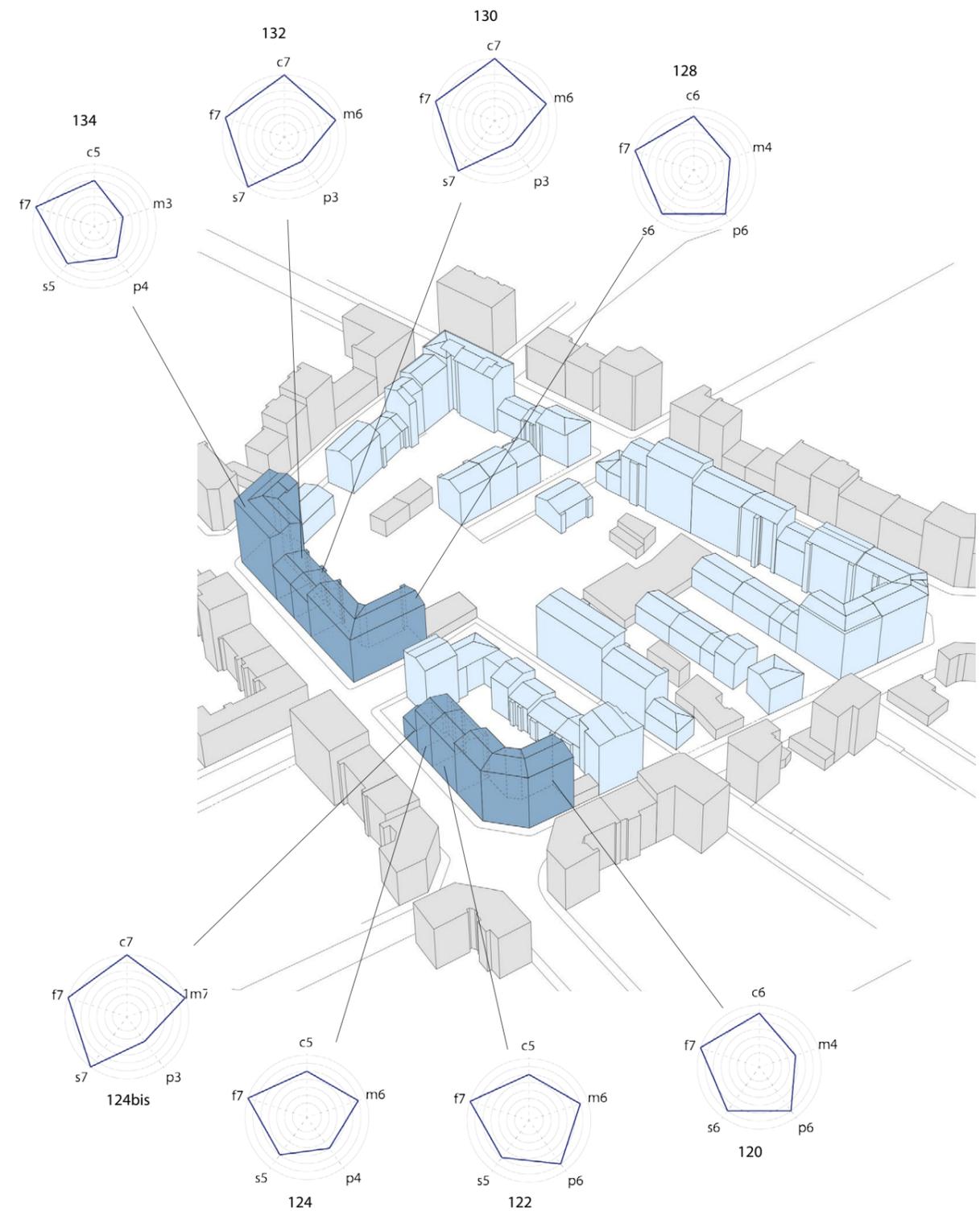
copertura	c3	solaio latero-cementizio, medio livello di isolamento	U=0,77
	c4	solaio latero-cementizio, basso livello di isolamento	U=0,98
	c5	solaio latero-cementizio	U=1,3
	c6	solaio a profilati in acciaio e tavelloni in laterizio	U=1,81
	c7	soletta in calcestruzzo armato	U=1,95
muri involucro	m2	muratura a cassa-vuota con mattoni forati, basso livello di isolamento	U=0,76
	m3	muratura a cassa-vuota con mattoni forati (40 cm)	U=1,10
	m4	muratura in mattoni pieni (50 cm)	U=1,14
	m5	muratura a cassa vuota con mattoni forati (30 cm)	U=1,15
	m6	muratura in mattoni pieni (38cm)	U=1,48
	m7	muratura in mattoni pieni (25 cm)	U=2,01
	solai	s3	solaio latero-cementizio, medio livello di isolamento
s4		solaio latero-cementizio, basso livello di isolamento	U=0,97
s5		solaio latero-cementizio	U=1,65
s6		solaio a profilati in acciaio e tavelloni in laterizio	U=2,48
s7		soletta in calcestruzzo armato	U=2,66

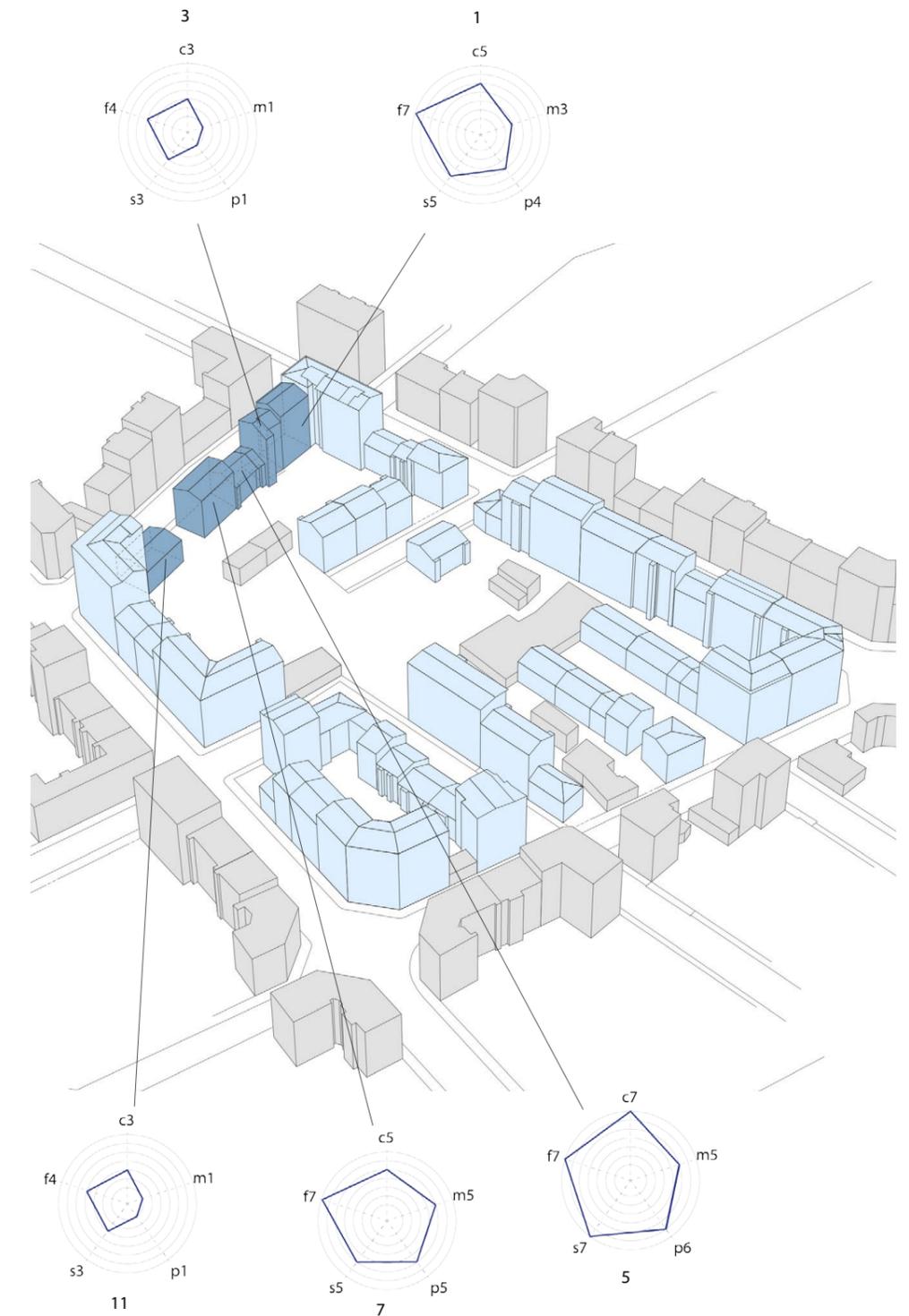
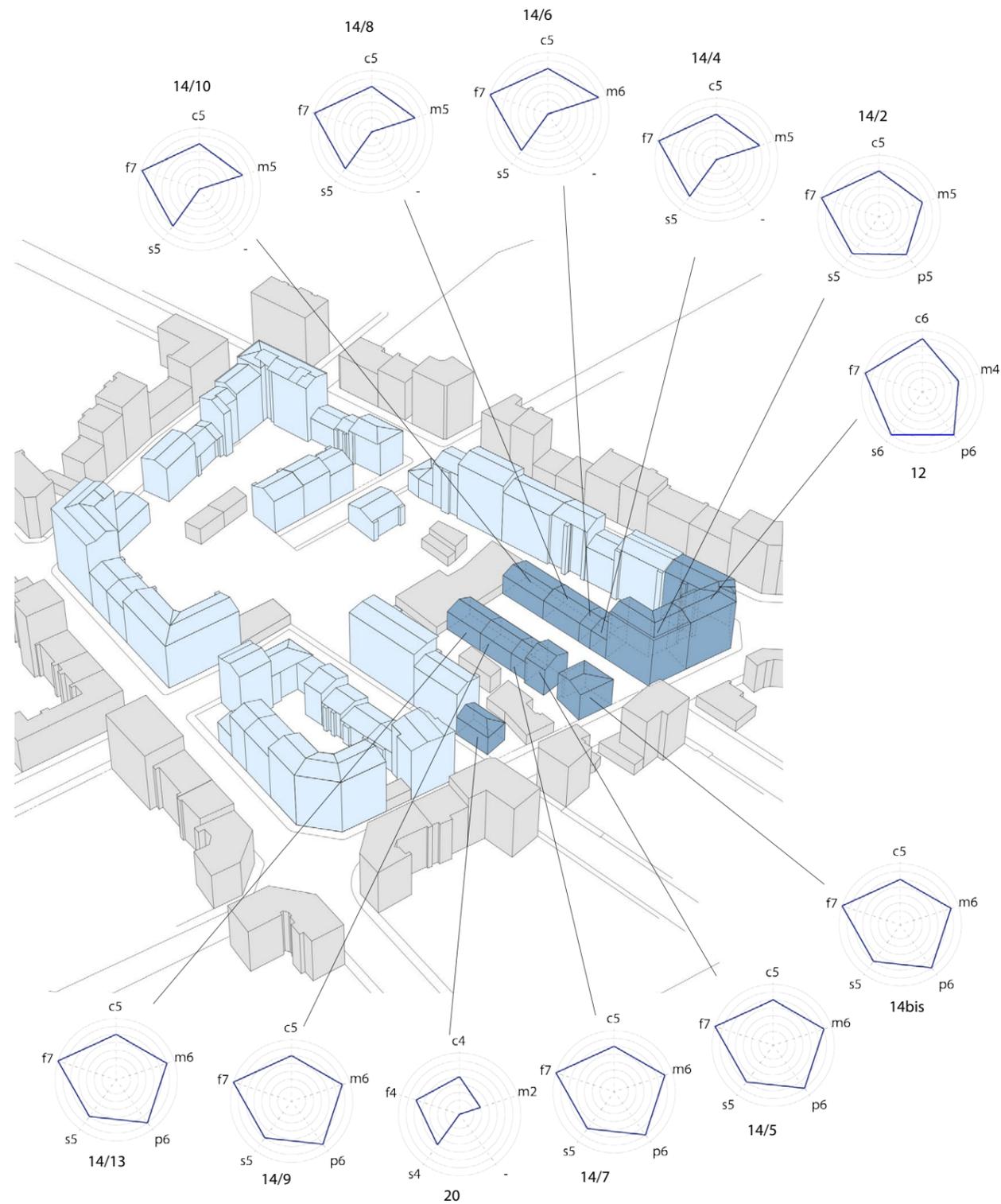
TABELLA 11_stratigrafie dei componenti edilizi probabilmente presenti negli edifici dell'area secondo il progetto TABULA
Fonte: [elaborazione dati TABULA]

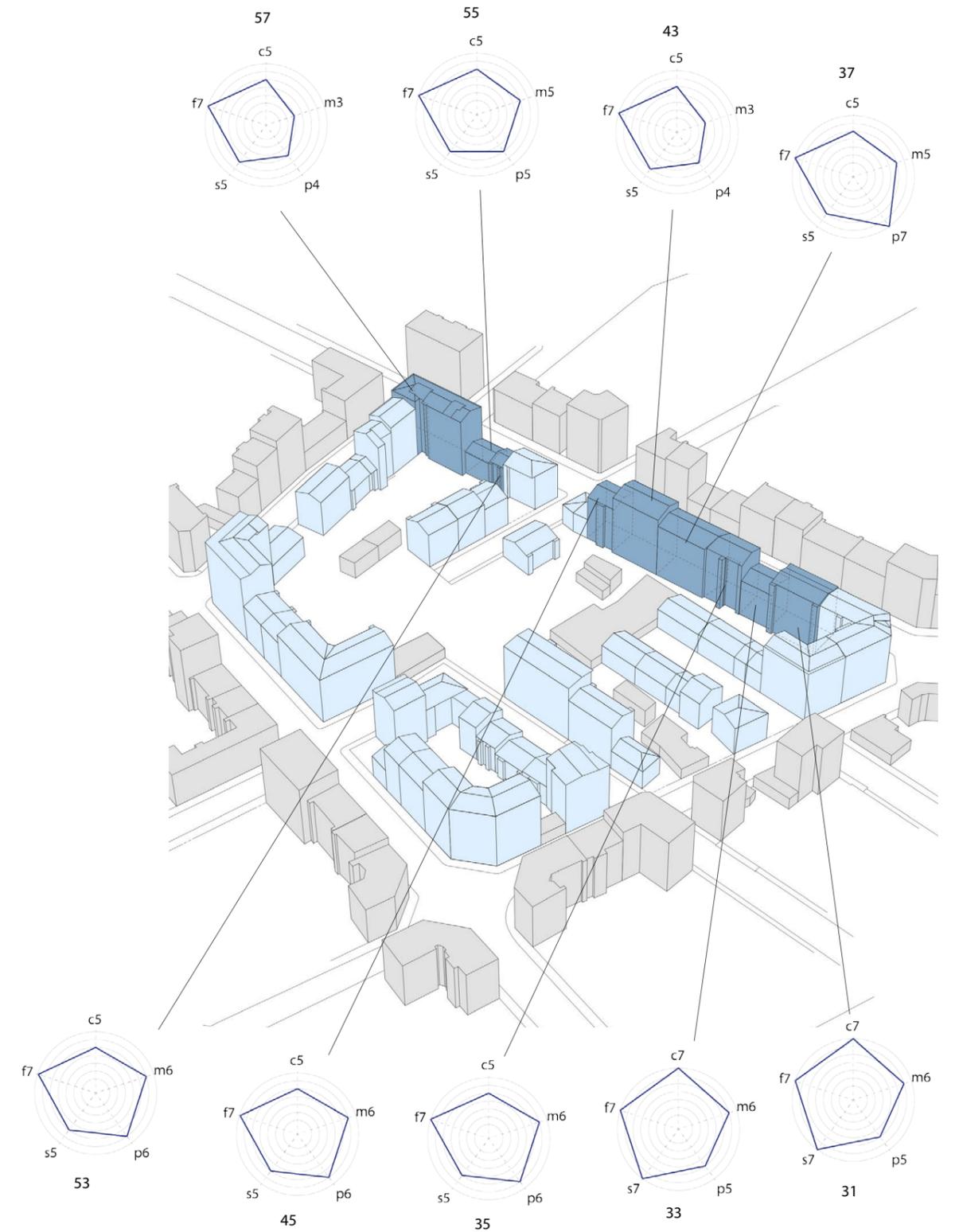
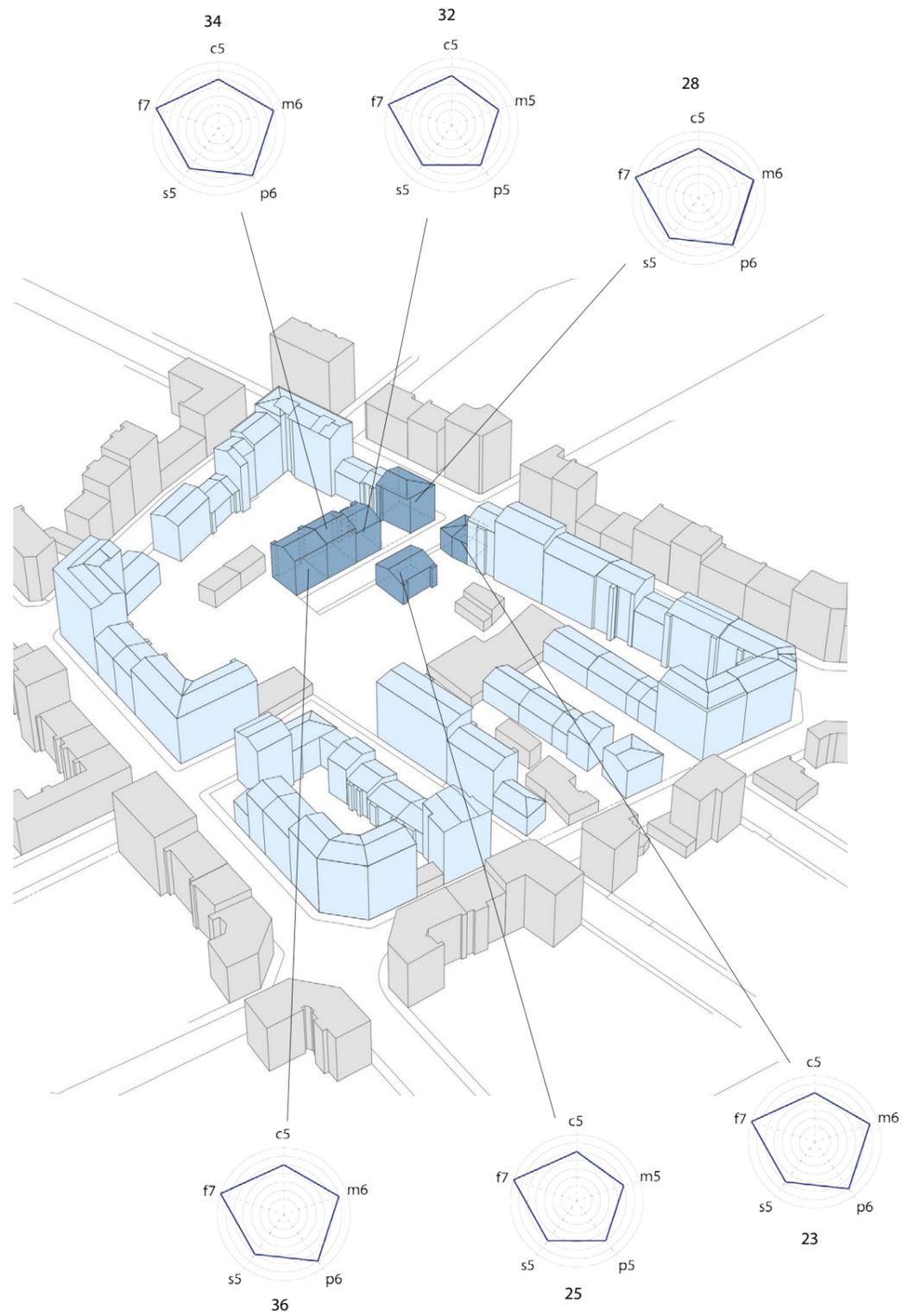
infissi	f4	vetro-camera con basso-emissivo, intercapedine d'aria o altri gas, telaio in legno	U=2,20
	f5	vetro-camera con intercapedine d'aria, telaio in legno	U=2,80
	f6	vetro-camera con intercapedine d'aria, telaio metallico con taglio termico	U=3,40
	f7	vetro singolo, telaio in legno	U=4,90
muri partizione	p1	muratura in calcestruzzo, medio livello di isolamento	U=0,60
	p2	muratura in calcestruzzo, medio livello di isolamento	U=0,62
	p3	muratura a cassa vuota con mattoni forati	U=1,15
	p4	muratura in mattoni forati (40 cm)	U=1,26
	p5	muratura in mattoni forati (25 cm)	U=1,76
	p6	muratura in mattoni pieni (25 cm)	U=2,01
	p7	muratura in calcestruzzo (18 cm)	U=3,40

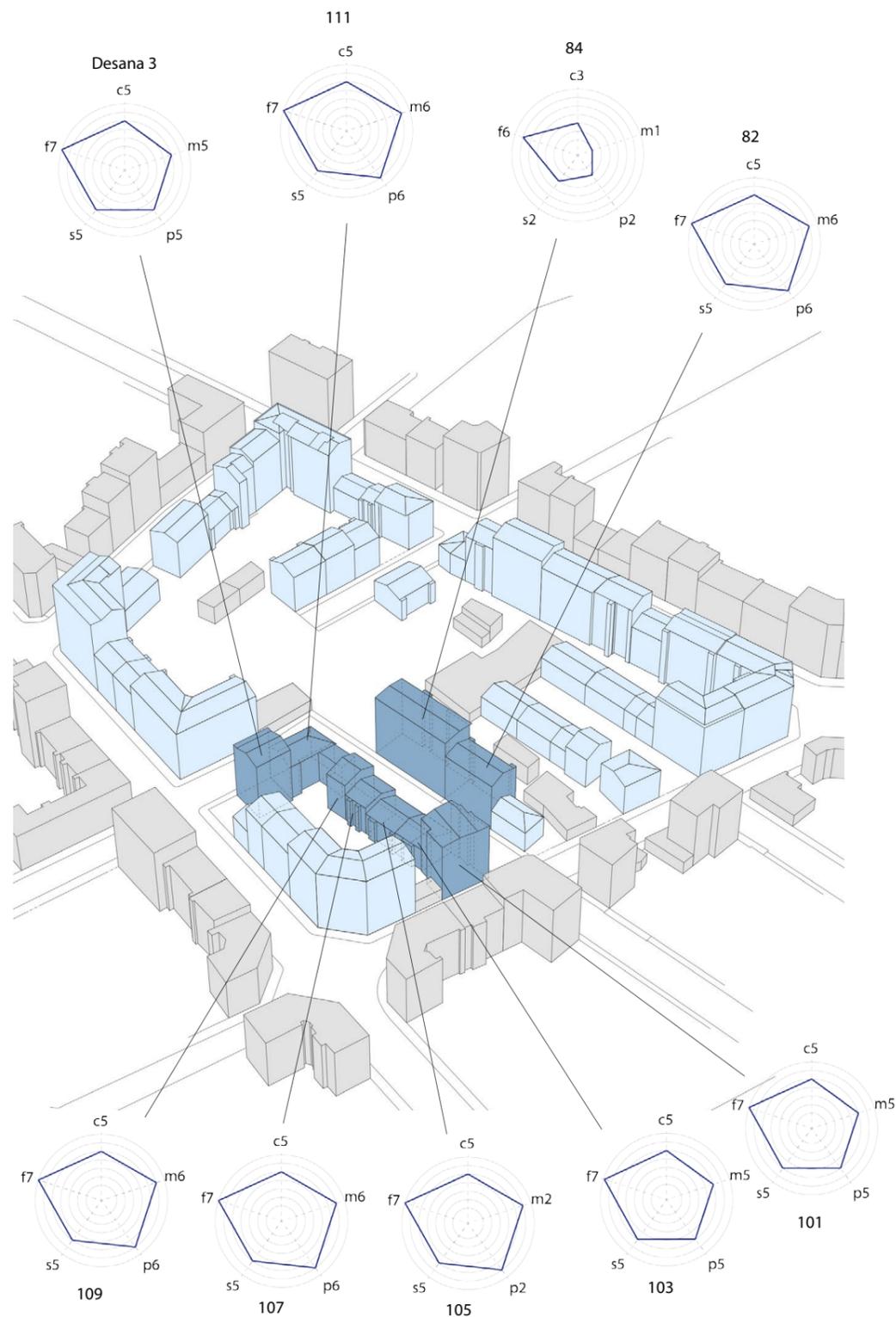
TABELLA 11_segue da pagina precedente

Nelle pagine seguenti
[FIGURA 28](#)_stratigrafie degli edifici su corso Vercelli
[FIGURA 29](#)_stratigrafie degli edifici su via Rossi
[FIGURA 30](#)_stratigrafie degli edifici su via Rondissone
[FIGURA 31](#)_stratigrafie degli edifici su via Rivarossa
[FIGURA 32](#)_stratigrafie degli edifici su via Martorelli
[FIGURA 33](#)_stratigrafie degli edifici su via Leinì e Desana









2 Calcolo dei consumi

L'interfaccia del software SEAS si compone di 4 pulsanti principali che definiscono altrettante sezioni del calcolo: la prima per l'inserimento dei dati generali dell'area, la seconda con i dati relativi all'involucro, la terza relativa all'impianto, la quarta con la possibilità di valutare la fatturazione della spesa energetica; ognuna di tali sezioni permette di valutare gli esiti del calcolo in maniera incrementale alla sezione prima, così, ad esempio, alla fine della sezione relativa all'involucro è possibile valutare il diverso peso che ogni componente di esso ha in termini di apporti e dispersioni termiche.

Questo permette un immediato controllo delle possibili valutazioni in termini del successivo impatto degli interventi di retrofit energetico.

Di seguito vengono forniti i dati relativi ai consumi dell'area. Sono stati valutati i consumi riguardanti il riscaldamento invernale e la produzione di ACS secondo le prescrizioni della norma UNI EN 11300 (ricordiamo che SEAS non permette la valutazione dei consumi per raffrescamento estivo).

Come ci si può aspettare, le parti che più incidono sulle basse prestazioni degli edifici sono i componenti dell'involucro opaco.

Soprattutto gli alti valori di trasmissione degli orizzontamenti incidono sul consumo totale dell'edificio data, anche, la loro estensione (siamo infatti in un'area di edifici a fronte continuo e di limitata altezza: le superfici disperdenti opache orizzontali hanno, pertanto, superficie non troppo discostanti dall'estensione di quelle verticali). Anche la bassa efficienza dei sistemi di generazione del calore contribuiscono ad aumentare in maniera preponderante il consumo energetico.

Nelle pagine seguenti
[TABELLA 12](#) consumi degli edifici considerati dell'area
Fonte: [risultati da SEAS]

	Q interni occupanti	Q solari inv opaco	Q solari inv trasp	H ventil	H inv opaco	H inv trasp	
vercelli	120	30187,1	6399,14	35499,33	-91048,32	-138026,1	-61983,03
	122	8781,68	1945,38	10792,58	-33831,92	-47289,7	-19195,19
	124	4390,84	1255,98	5623,2	-17850,28	-31319,51	-13026,04
	124bis	1097,71	533,93	1441,1	-4463,45	-19167,71	-266,25
	128	32931,36	8561,9	30517,1	-100384,72	-160952,71	-65615,91
	130	6586,26	1162,88	5453,55	-16545,54	-42280,54	-13485,08
	132	6586,26	1194,33	5719,97	-20414,64	-42458,53	-13532,19
	134	45006,21	13278,47	56945,84	-116369,61	-178517,67	-118837,46
rossi	12	36773,36	5595,81	42537,72	-93175,86	-148940,93	-83917,4
	14/2	21503,1	4727,19	27426,61	-82879,02	-98164,68	-65304,6
	14/4	2195,42	241,47	1968,89	-7962,97	-15324,71	-5238,53
	14/5	3293,13	1188,41	5504,58	-12236,37	-30048,72	-10500,82
	14/6	1646,57	110,37	855,58	-4568,71	-11282,61	-4206,12
	14/7	2744,28	298	1903,56	-8294,34	-15234,48	-6679,89
	14/8	5488,56	639,08	4220,2	-16298,54	-40633,5	-11857,5
	14/9	4390,84	589,04	4725,27	-15492,5	-33396,59	-12106,75
	14/10	6037,42	907,59	3924,28	-16590,69	-51909,64	-12397,34
	14/13	4390,84	1020,06	5199,88	-10045,5	-41366,49	-12777,56
	14bis	6037,41	2078,43	4534	-17045,24	-57207,67	-14539,22
20	3841,99	1286,7	5242,02	-8910,14	-20264,27	-8321	
rondissone	1	10977,1	1425,38	11396,37	-39104,3	-47702,56	-30923,31
	3	5488,55	712,37	5589,08	-19234	-14659,65	-4674,08
	5	2744,28	923,43	3244,67	-8977,59	-34081,41	-4833,01
	7	10977,13	2540	13308,19	-32040,2	-62609,24	-24533,76
	11	3293,14	421,25	3920,79	-9850,77	-13408,9	-3970,04

H ponti term	Q risc	Q acs	Q tot	kWh/m ² anno	CO ₂ risc	CO ₂ acs
-23778,69	372043,31	33916	405959,31	275,41	76,67	6,99
-7800,99	132961,67	11849,28	143910,95	295,87	27,21	2,44
-5608,12	86017,27	6428,96	92446,23	345,46	17,73	1,32
-2123,23	37222,2	1545,45	38767,65	542,66	7,67	0,32
-25641,64	428420,34	35366,8	463787,14	302,93	88,29	7,29
-5460,3	94804,26	6022,53	100826,79	285,14	19,54	1,24
-5524,13	100485,98	6118,53	106604,51	294,81	20,71	1,26
-50509,3	535818,78	47589,72	583408,5	280,35	110,42	9,81
-28106,57	412347,86	38775,82	451123,68	263,51	84,98	7,99
-26405,99	333146,64	29005,94	362152,58	321,34	68,65	5,98
-4707,47	40988,32	2438,18	43426,5	354,41	8,45	0,5
-5446,56	73666,84	4754,71	78421,55	392,30	15,18	0,98
-3792,76	31882,87	1766,41	33649,28	359,27	6,57	0,36
-4870,07	45313,74	2199,23	47512,97	380,01	9,34	0,45
-6284,26	96441,97	6325,24	102767,21	386,9	19,87	1,30
-5328,07	85279,13	5627,44	90906,57	411,08	17,57	1,16
-7504,8	116549,64	6839,38	123389,02	413,53	24,02	1,41
-6531,44	89120,14	4224,06	93344,2	393,16	18,37	0,87
-9839,75	131310,09	6898,78	138208,87	450,47	27,06	1,42
-5588,68	44370,77	3463,2	47833,97	242,92	9,14	0,71
-20408,48	173855,99	14023,1	187879,09	336,58	35,83	2,89
-7523,15	48437,79	6902,1	55339,89	184,22	9,98	1,42
-3787,94	65837,32	3062,78	68900,1	527,65	13,57	0,63
-19634,3	170508,95	12153,8	182662,75	332,48	35,14	2,50
-4728,57	30563,35	3372,16	33935,51	194,93	6,30	0,69

	Q interni occupanti	Q solari inv opaco	Q solari inv trasp	H ventil	H inv opaco	H inv trasp	
rivarossa	23	1646,57	425,41	2137,99	-4571,07	-17399,72	-5146,32
	25	4390,85	1705	4433,37	-13046,12	-47833,73	-8931,35
	28	6586,26	3825,06	6680,16	-23305,36	-41139,37	-12331,2
	32	5488,55	1016,93	8614,7	-13192,02	-36819,96	-14706,31
	34	7315,05	2532,02	35143,06	-19258,05	-49605,40	-5524,93
	36	6586,26	3255,73	9544,65	-15946,41	-54786,15	-12026,52
martorelli	31	18112,24	4599,75	22148,01	-44827,3	-85177,4	-35798,39
	33	6586,26	1089,17	7136,2	-23285,19	-36170,22	-15065,19
	35	10977,1	4436,02	17182,3	-24056,75	-55394,12	-33622,25
	37	22503,09	4861,87	19751,36	-61049,71	-109783,84	-45748,21
	43	19758,84	5302,8	26226,21	-54242,57	-82377,5	-52319,19
	45	8232,85	2182,6	8367,69	-16606,06	-45706,54	-11836,07
	53	2195,42	638,76	1736,86	-7600,14	-17794,59	-4756,37
	55	3293,14	495,48	2798,78	-8590,56	-20515,19	-6686,7
	57	32931,36	7043,18	38929,7	-98426,64	-120692,54	-100890,49
leini	82	13172,56	4876,16	19288,29	-39368,92	-62934,97	-27637,93
	84	29638,2	5092,38	45738,61	-91110,58	-64932,43	-68363,38
	101	10977,1	5844,93	17384,83	-38608,77	-79088,39	-44463,27
	103	3841,99	146,51	1223,43	-9001,16	-21022	-7674,7
	105	4390,84	245,49	1444,91	-9243,25	-27293,18	-6609,34
	107	4390,85	499,37	2122,95	-20370,42	-33538,87	-9252,69
	109	3841,99	753,77	2765,17	-15253,3	-34225,98	-10989,04
	111	8232,84	1934,15	7717,83	-27633,03	-54350,62	-19274,58
desana	3	11525,96	3540,81	21154,91	-42190,34	-68817,85	-33755,75

H ponti term	Q risc	Q acs	Q tot	kWh/m ² anno	CO risc	CO acs
-3231,25	38043,28	1934,47	39977,75	451,72	7,84	0,40
3677,14	106679,75	5312,96	111992,71	475,61	21,98	1,09
-6488,02	100093,04	8417,4	108510,44	323,52	20,63	1,73
-13255,45	96383,68	5628,95	102012,63	383,71	19,86	1,16
-8968,39	77963,37	8092,36	86055,73	227,52	7,84	1,67
-9380,59	111068,66	7046,22	118114,88	341,47	22,89	1,45
-16338,11	211221,76	18566,9	229788,66	268,95	43,53	3,83
-5303,63	99169,56	8110,68	107280,04	339,28	20,43	1,67
-12138,53	141775,89	9516,6	151292,49	298,17	29,22	1,96
-18119,98	282909,36	22540,3	305449,66	292,02	58,30	4,64
-15023,21	232322,39	22521,78	254844,17	247,66	47,88	4,64
-10683,07	147765,81	9912,18	157677,99	356,33	30,45	2,04
-3123,65	41702,73	2925,4	44628,13	378,08	8,59	0,60
-5596,51	51104,85	3591,01	54695,86	313,05	10,53	0,74
-58587,87	458115,74	37637,48	495753,22	311,79	94,41	7,76
-11717,98	161188,44	14083,04	175271,48	287,09	33,22	2,90
-22151,47	220438,24	32682,64	253120,88	179,39	45,43	6,73
-28658,82	238977,27	16550,22	255527,49	342,81	49,25	3,41
-6558,19	58563,18	3429,35	61992,53	344,75	13,52	0,71
-6019,82	64462,11	3930,91	68393,02	371,26	13,28	0,81
-6463,56	95420,9	4939,14	100360,04	448,04	17,98	1,02
-6717,42	90740,96	5560,02	96300,98	402,76	18,70	1,15
-8087,09	139313,13	9656,46	148969,59	364,05	28,71	1,99
-21683,93	199475,2	14708,17	214183,37	352,62	41,11	3,03

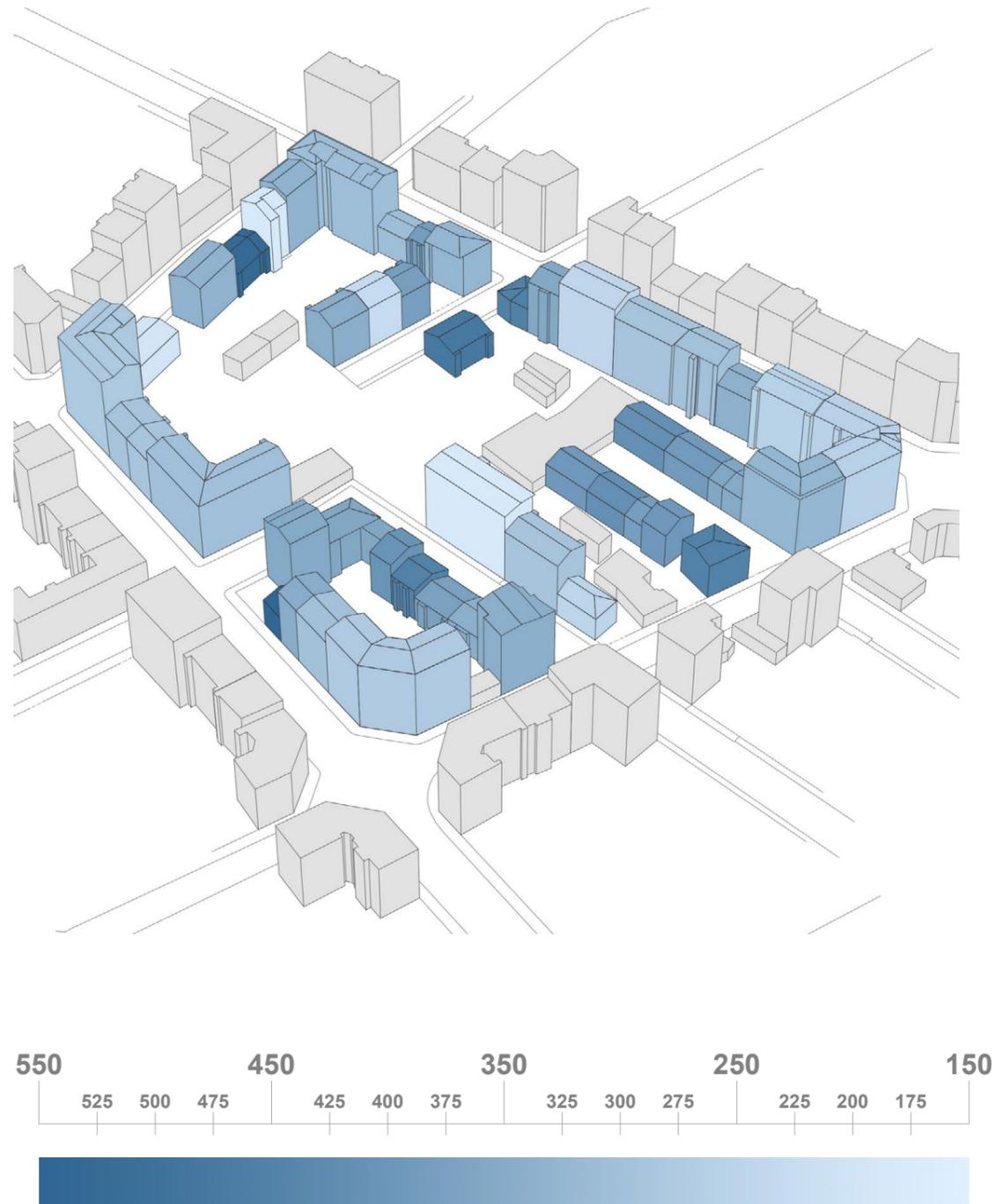


FIGURA 34 consumi energetici degli edifici dell'area ($\text{KWh}_{\text{gas}}/\text{m}^2\text{anno}$)
Fonte: [elaborazione risultati SEAS]

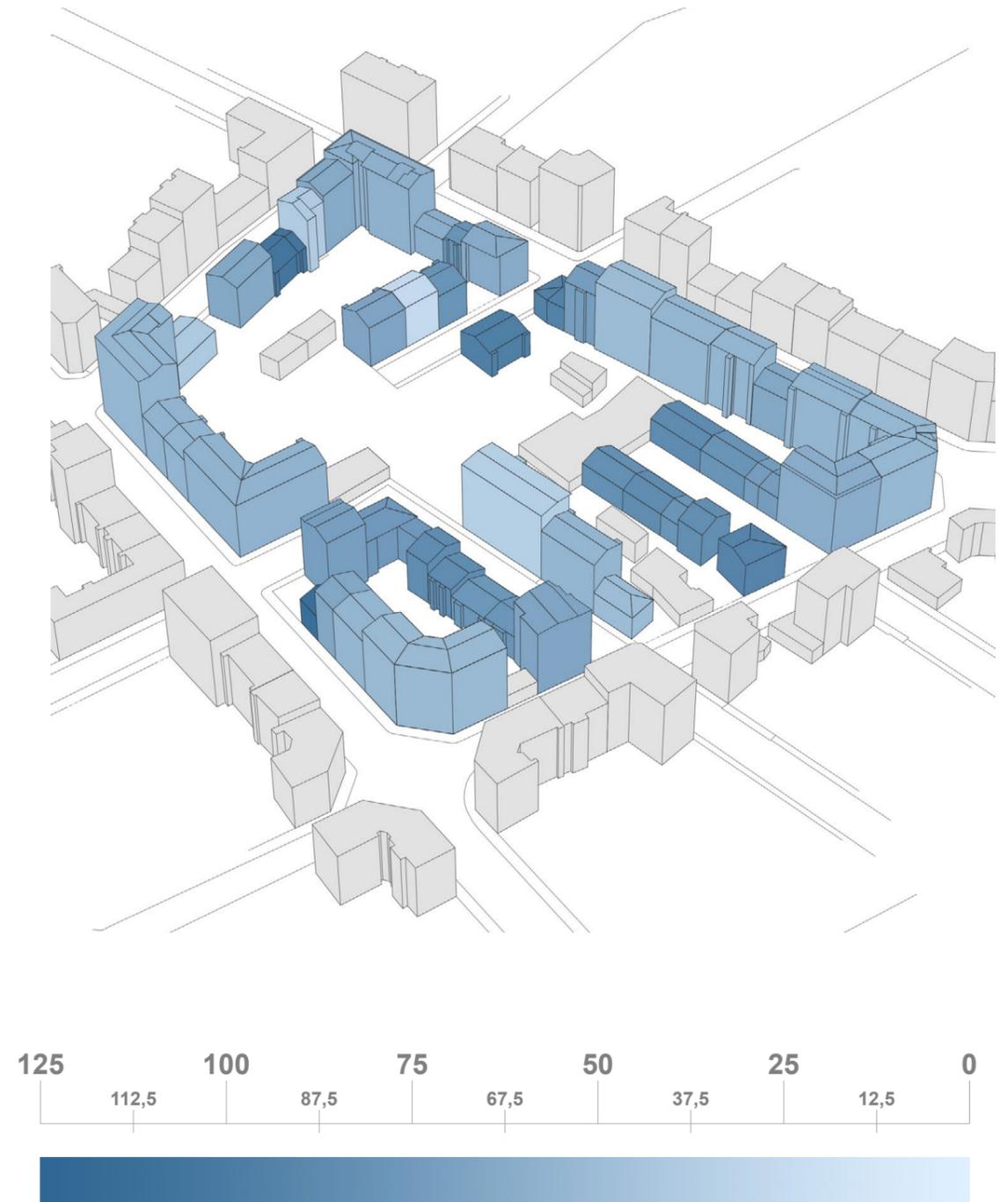


FIGURA 35 emissioni di CO_2 degli edifici dell'area ($\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{anno}$)
Fonte: [elaborazione risultati SEAS]

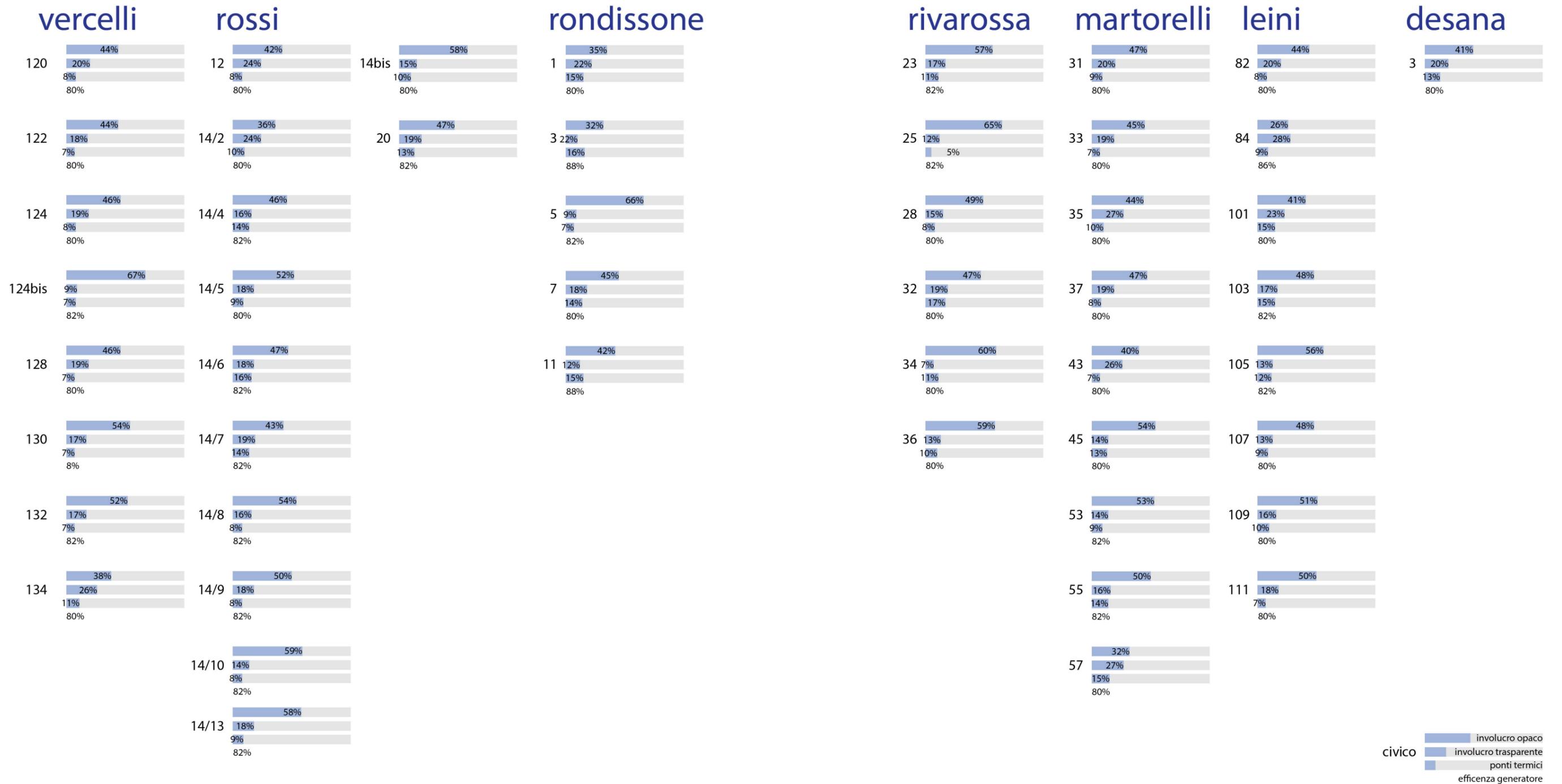


FIGURA 36_dispersione percentuale per componente edilizio e efficienza dei generatori di calore
Fonte: [elaborazione risultati SEAS]

Valori totali di consumo ed emissioni:
1483,84 ton CO2 Risc, 119,06 ACS, 1602,9 TOT
TOT kWh/anno 7660284,28

civico
■ involucro opaco
■ involucro trasparente
■ ponti termici
■ efficienza generatore

CAPITOLO
Valutazione dei beni
fuori mercato **4**

0 Introduzione

Le valutazioni dei beni fuori mercato (o valori non di mercato) sono analisi economiche che hanno l'obiettivo di dare un prezzo "fittizio" a quei beni che non vengono scambiati sul mercato, ai quali, in altre parole, non viene dato un valore monetario in termini di preferibilità nei confronti di un altro. Tra di loro possiamo annoverare i beni ambientali o i beni ancora non presenti sul mercato stesso ma con la potenzialità di entrarvi.

Altro fine di queste valutazioni è quello di estrapolare, dal valore di scambio di un bene, la quota relativa alle caratteristiche che non compongono il bene scambiato, ma che vanno a contribuire alla costruzione del suo valore (potremmo, a titolo di esempio, annoverare il mercato abitativo in cui una parte del valore dei beni che vi si scambiano è dovuto a caratteristiche esterne al bene stesso, quali la qualità dell'ambiente circostante, la concentrazione di agenti inquinanti o la presenza di altri edifici nelle vicinanze che aumentino o diminuiscano il pregio del contesto).

La presenza di valori non direttamente scambiabili è spesso associata ad un fallimento del mercato, quando, in altre parole, non è presente un'allocazione ottimale delle risorse (assenza di un ottimo di Pareto) a causa dell'assenza anche di solo una delle caratteristiche che costituiscono le condizioni necessarie all'esistenza del Primo Teorema del Benessere: medesimo livello di informazione tra gli operatori, assenza di beni pubblici, assenza di esternalità, concorrenza perfetta tra gli operatori e assenza di barriere all'entrata e all'uscita. [http://www.treccani.it/enciclopedia/fallimenti-del-mercato_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/]

L'idea della possibilità di raggiungere un miglioramento paretiano è la base teorica che giustifica un intervento statale attraverso policy tese a rendere più efficiente l'allocazione delle risorse, nonostante questo si scontri, a volte, con l'accettazione di tali misure [Haab T. C., McConnel 2003].

A tale proposito, è interessante citare il lavoro di Cherry et al. [2017] che dimostrano come, all'interno di un esperimento in cui un'allocazione non ottimale delle risorse, dovuta alla presenza di esternalità conseguenti al comportamento degli individui, poteva essere limitata attraverso delle restrizioni alla libertà d'azione individuale, le policy restrittive, correttive

della mancata allocazione ottimale, venivano rifiutate in base alle (come le definiscono gli autori) "rappresentazioni individuali del mondo" secondo il modello elaborato da Kahnman et al [2011] [cfr anche Polyzou E et al 2011]. Alla luce di questo esperimento, gli autori arrivano a concludere che "worldviews significantly explain policy aversion. In our laboratory referenda, people with different worldviews exhibit substantially different levels of policy aversion (and)[...] The implication is that improving the prospects for enacting promising environmental policy requires moving beyond arguing the material merits of specific policies. To improve the prospects for implementation of welfare-enhancing policies, experts must recognize that policy design and communication requires an understanding and consideration of individual cultural worldviews" [Cherry T et al. 2017].

Il concetto di esternalità, ha preso sempre più piede nell'andare a comporre una visione più olistica della composizione del valore dei beni.

L'obiettivo è quello di inglobare le implicazioni macroeconomiche delle esternalità ambientali [Bresso M, 1998], spostando la visione dalla sola produzione di beni e servizi al loro impatto sull'ecosistema in generale; come afferma Mercedes Bresso [1998], ricordando un articolo di K. Boulding [1966], se nell'economia preindustriale, come nell'America del West, la frontiera della ricerca delle risorse poteva essere spostata progressivamente, l'economia attuale, invece, viene paragonata ad una navicella spaziale; in questo sistema chiuso, è necessario risparmiare le risorse e riciclare gli scarti, ponendo un limite alla crescita continua. "L'economia del cowboy, rappresentativa dell'approccio tradizionale, non si preoccupava della limitatezza delle risorse e della carrying capacity (capacità di carico, cioè di smaltimento delle emissioni inquinanti) del pianeta, mentre quella della navicella spaziale è costretta a farsene carico." [Bresso M 1998]

Questa tendenza alla valutazione complessiva degli impatti delle attività economiche porta al tentativo di superare gli strumenti che esprimono la crescita nei termini tradizionali (contabilizzazione del prodotto interno lordo), con altri, ad esempio la cosiddetta "contabilità verde", che mirino a "tener conto anche di esternalità come i costi sociali ed economici che hanno effetti sull'ambiente esterno. Sebbene spesso siano trascurate, la loro inclusione come fattori interni nella contabilità potrebbe favorire una

distribuzione più efficiente delle risorse scarse" [https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/eu/703_it].
Le misurazioni tradizionali possono portare a "effetti contabili perversi: ad esempio, non inquinare non fa aumentare il PIL, mentre inquinare e depurare lo fa aumentare. In generale, tutte le esternalità ambientali non riparate corrispondono a costi che dovrebbero essere (e invece non sono) portati in sottrazione del PIL, mentre vengono considerate (e fanno aumentare il PIL) le risorse naturali non rinnovabili, [...] che costituiscono invece un prelievo netto dal capitale naturale e non un aumento di ricchezza." [Bresso M, 1998].

1 Composizione dei Valori e loro stima

Per poter meglio definire il valore di un bene è necessario andare a considerare quali sono le parti che compongono questo valore, e quali, tra esse, si possono definire non di mercato e cioè non direttamente scambiati con il bene stesso.

La scomposizione risulta ben comprensibile quando si vanno a stimare beni i cui valori, diversi dall'uso diretto, sono potenzialmente di grande entità per una vasta parte della popolazione come possono essere i beni ambientali.

Essi sono stati spesso oggetto di valutazione (come si vedrà più avanti nella trattazione) in quanto si è riconosciuto il carattere di finitezza delle risorse ambientali stesse (cfr. paragrafo precedente). Come afferma Pigou: "It is the clear duty of Government, which is the trustee for unborn generations as well as for its present citizens, to watch over, and if need be, by legislative enactment, to defend, the exhaustible natural resources of the country from rash and reckless spoliation."(A.C.Pigou, The Economic of Welfare.4th ed., London 1952 citato in [Krutilla 1967])

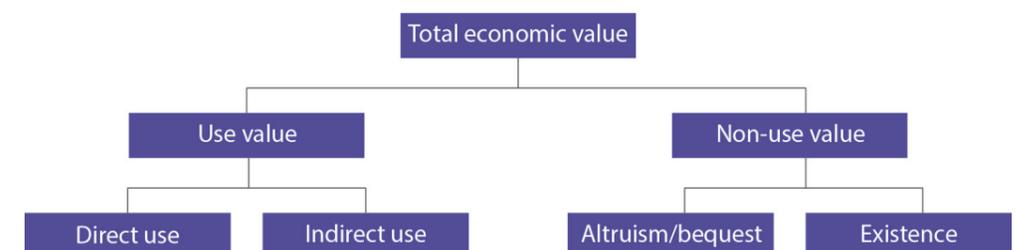


FIGURA 37_composizione del valore totale dei beni

Fonte: [Haab T. C. e McConnel K. E.,].

Per immediatezza di comprensione, considereremo esempi di composizione di un bene ambientale.

Il valore di un bene può essere diviso in due macro-componenti principali: una d'uso (use value), legata alla fruizione del bene da parte dell'individuo (o della comunità), ed una indipendente alla fruizione ma data dall'esistenza intrinseca del bene (non-use value).

Queste due categorie si possono, poi, ulteriormente scindere in valori di uso diretto (direct use) ed indiretto (indirect use) per la prima, e valore altruistico o di lascito (altruism/bequest) e di esistenza (existence value) la seconda.

Nella prima categoria dei valori di uso diretto ricadono gli usi legati alla competizione nello sfruttamento delle risorse e, quindi, la loro allocazione ottimale è legata al calcolo del valore attualizzato.

Il valore di uso indiretto si compone, invece, sia dell'uso non competitivo della risorsa, che dei servizi forniti per la costruzione stessa dei valori diretti; il primo è legato all'utilizzo ricreativo delle risorse ambientali, mentre il secondo nasce dalla concezione secondo cui i beni ambientali sono fondamentali nella costituzione dei beni scambiati sul mercato; esempi possono essere il ruolo svolto dagli insetti per l'impollinazione o il controllo della salinità delle terre dovuto alla vegetazione spontanea [Baker R., Ruting B., 2014], oppure il valore scientifico ancora non completamente espresso di alcuni ecosistemi (option demand) [Krutilla 1967].

Quest'ultima categorizzazione del valore indiretto è legata direttamente alle implicazioni ecosistemiche dell'esistenza dei beni ambientali o del riconoscimento del loro potenziale di contribuire al progredire della conoscenza scientifica.

La seconda macro categoria è legata alla soddisfazione generata dal sapere che altri individui hanno la possibilità di usufruire del bene ambientale, sia su un piano infratemporale (altruism value), sia su un piano intertemporale (bequest value), oltre che dalla sola consapevolezza dell'esistenza del bene ambientale stesso: "There are many persons who obtain satisfaction from mere knowledge that part of wilderness North America remains even though they would be appalled by the prospect of being exposed to it. Subscriptions to World Wildlife Fund are of the same character. The funds are employed predominantly in an effort to save exotic species in remote areas of the world which few subscribers to the Fund ever hope to see" [Krutilla 1967].

Ci sono, poi, casi in cui è più complicato estrapolare la classe di valori entro cui far ricadere "la fruizione" del bene ambientale. Prendiamo, a titolo di esempio, il consumo vicariale (vicarious consumption) derivante dalla lettura di libri o la visione di documentari a proposito dei beni

ambientali, questo può essere considerato come un valore di uso indiretto ma è difficilmente estrapolabile dall'esistenza stessa del bene [Sills E. O. e Abt K. L. 2003].

Il riconoscimento di questi valori non di mercato può essere concepito, anche, come la base su cui si sono formati molti degli impegni presi, a vari livelli di governance, sulla preservazione ambientale. Se consideriamo il valore di lascito, ad esempio, possiamo notare un'analogia con quanto afferma l' "Agenda 21" della commissione Brundtland secondo cui c'è la necessità di prevedere un consumo delle risorse che non precluda alle generazioni future l'accesso ad esse [UN 1987]; queste considerazioni sostengono anche un limite nella sostituibilità dei beni naturali con beni artificiali, andando ad avvalorare, ad esempio, il concetto della sostenibilità forte a discapito della sostenibilità debole [Bresso M 201998, Krutilla 1967].

Nonostante ci siano state critiche nell'uso che si è fatto dell'incorporazione di alcune stime dei valori non di mercato nella valutazione dei beni ambientali [cfr Exxon Valdez Diamond & Hausman 1994], o sulla costruzione antropocentrica di tali valori [Spash 1997], "there is a now widespread acceptance that non-use values are a legitimate component of total economic value [Baker R. e Ruting B., 2014]).

Generalmente, la stima dei valori non di mercato, e della variazione delle caratteristiche del bene (singolo o aggregato ad altri) che li genera, comporta delle difficoltà; si ha, perciò, la tendenza ad assegnare loro un valore infinito considerandoli preminenti, o ignorarli, e quindi assegnarvi un valore nullo. Carson [2012, p.28], infatti, afferma: " Those working on benefit-cost analysis have long recognized that goods and impacts that cannot be quantified are valued, implicitly, by giving them a limitless value when government regulations preclude certain activities, or giving them a value of zero by leaving certain consequences out of the analysis.

Ancora Pannell [2013] nota come, nei programmi agricolo-ambientali, spesso si investe in ciò che è percepito come pratiche a favore dell'ambiente, senza avere una reale conoscenza degli outputs e dei benefits, ma per una generica fede nella bontà delle misure intraprese nei confronti dell'ambiente; la Productivity Commission del Governo australiano

[Baker R. e Ruting B., 2014], ancora, afferma come spesso i programmi di diversione dei rifiuti dalle discariche tendano a livelli nulli di utilizzo delle stesse, senza comparare costi e benefici delle policy in questione.

Si potrebbe argomentare che, avendo i valori non di mercato degli effetti sulla composizione del prezzo dei beni di scambio [Hervani A. A., 2017], la loro stima dovrebbe essere effettuata da esperti che valutino queste ricadute; questa posizione è tenuta da alcuni autori che, affermano, potrebbe essere l'opzione preferita da alcuni individui [Clark J, Burgess J and Harrison C.M 2000]. Tenendo però conto della ristrettezza delle risorse e della necessità di una loro ottimale distribuzione, non è detto che i trade-off che dovrebbero essere sopportati dalla comunità, rispecchino le sue reali preferenze tra le possibili alternative di allocazione: "there is potential for the relative environmental values set by experts to depart substantially from those of the community. For example, the community may place a substantially higher value on an environmental asset that is close to a population centre because of the recreational opportunities it provides, but this proximity may not be factored into expert valuation that focus on environmental condition [Baker R. e Ruting B., 2014].

Le valutazioni "affidate agli esperti", infatti, tengono in considerazione, principalmente, i valori d'uso (diretto ed indiretto), non riuscendo a carpire l'entità di quelli non d'uso; diventa quindi fondamentale il ricorso a metodi che vadano ad indagare la totalità dei valori economici.

Le unità di misura nella stima dei valori non di mercato sono la disponibilità a pagare (WTP, tradotto dalla forma inglese usata in letteratura "Willingness to pay") e la disponibilità ad accettare (WTA cioè "Willingness to Accept"). "Willingness to pay is the maximum amount of income a person will pay in exchange for an improvement in circumstances, or the maximum amount a person will pay to avoid a decline in circumstances. Willingness to accept is the minimum amount of income a person will accept for a decline in circumstances, or the minimum amount a person will accept to forego an improvement in circumstances." [Haab T. C. e McConnel K. E., 2003]

La WTP e la WTA sono due grandezze che valutano la compensazione di variazione di benessere, in termini di utilità, di un individuo nel modo che segue: se prendiamo in considerazione due stati, uno iniziale e uno finale, se il livello di benessere dell'individuo allo stato finale è superiore allo stato

di benessere iniziale, e si ha, pertanto, una variazione compensativa, allora la Willingness to pay è la massima somma che l'individuo è disposto a spendere per il raggiungimento dello stato migliorato; se, invece, lo stato finale è caratterizzato da un livello di benessere inferiore a quello iniziale, la Willingness to accept è la minima somma che l'individuo è disposto ad accettare per compensare la variazione [Haab T. C. e McConnel K. E., 2003].

Di contro, se la valutazione è incentrata sul livello iniziale, e cioè nel caso di una variazione equivalente, si avrà una Willingness to pay definita come la somma massima pagata per evitare una decrescita del livello di benessere, o una Willingness to accept come la minore somma accettata per non proseguire nell'attuazione di un'azione che aumenti il benessere dell'individuo allo stato finale.

		Variatione equivalente	Variatione compensativa
Utilità	cresce	WTA	WTP
	decresce	WTP	WTA

TABELLA 12_ definizione di WTA e WTP in base alla condizione di partenza
Fonte: [Haab T. C. e McConnel K. E., 2003]

La valutazione della presenza di WTA o WTP fornisce informazioni su dove si trovi il diritto su di un bene: se ad un individuo è chiesto di pagare per mantenere un certo livello di benessere, o per raggiungerne uno superiore, allora il diritto su quel livello di benessere si trova altrove [Horowitz J. K. e McConnell K. E., 2002]; in alternativa, se all'individuo è richiesto di accettare una somma in ragione di una diminuzione del livello di benessere, o per la rinuncia a perseguire un livello maggiore di benessere, allora il diritto su di esso è dell'individuo che accetta il pagamento.

Richiamando la funzione di utilità indiretta:

$$V(p, q, y) = \max_x [u(x, q) | p * x \leq y]$$

ciò significa che l'individuo massimizza la sua utilità secondo una funzione di preferenza u funzione di x e q vettori rispettivamente di beni privati (x1,x2,...xn) e pubblici (q1,q2,...qn) disponibili a prezzi variabili p1,p2... pm=p ed y reddito.

Per un individuo, quindi, la WTP è l'ammontare di reddito che mantiene invariata la situazione iniziale di utilità all'aumentare del bene pubblico q

$$V(p, q^*, y - WTP) = V(p, q, y) | q^* > q$$

analogamente per la WTA

$$V(p, q, y + WTA) = V(p, q^*, y) | q^* > q$$

La stima dei valori non di mercato ha avuto svariate implicazioni nell'ambito delle policy e delle valutazioni delle perdite di valore nei confronti della collettività.

Carlson et al [1992], ad esempio, valutano, attraverso un referendum di scelta, la disponibilità a pagare delle famiglie americane per evitare il ripetersi di un danno ambientale simile a quello causato dall'incidente alla Exxon Valdez (1989, <http://www.evostc.state.ak.us/index.cfm?FA=facts.home>): proponendo due domande in serie del tipo: "voteresti sì o no ad un referendum che proponesse di aumentare la tassazione di 'x' per evitare il verificarsi di danni ambientali?" dove l'ammontare "x" veniva variato su quattro diversi questionari somministrati a quattro differenti campioni; la seconda domanda proponeva una somma maggiore o minore in base alla risposta data alla prima (Double bounded dichotomous choice). Analizzando il pattern di risposta, ed estendendolo all'intero numero di famiglie degli Stati Uniti, lo studio ha portato alla stima della perdita di valore non d'uso dell'area dell'incidente, ed all'aumento della somma compensativa a carico della società responsabile del danno di 2,8 miliardi di dollari (questa somma si riferisce alla sola parte relativa ai valori non d'uso danneggiati). È interessante notare come, a detta degli autori, il procedimento garantisce la valutazione dei soli valori non d'uso, in quanto, i campioni di popolazione sono stati scelti in modo che l'area del danno non avesse per loro valori di uso indiretti (si sono quindi escluse le comunità locali e gli utilizzatori a fini ricreativi).

L'analisi così condotta ha portato a molte controversie sull'utilizzo o meno delle stime dei valori non di mercato all'interno delle valutazioni compensative [Hausman 1993], oltre alla formazione del Blue Ribbon Panel della NOAA con l'obiettivo di determinare delle "best Practices" per

le analisi di questo tipo.

Bennet et al [2007] hanno stimato la variazione dei valori non di mercato dell'area della River Red Gum Forest, nello stato di Victoria in Australia, relativi a possibili cambiamenti nella gestione del territorio e uso del suolo, (impianto industrie estrattive o di utilizzo del legname a fini commerciali) ed alla preservazione, a vari livelli di profondità, del suo ecosistema.

La ricerca si è basata sull'intervista di un campione di individui a cui sono stati sottoposti diversi possibili scenari evolutivi dell'area, con diverse caratteristiche scalari (area di foresta preservata, specie animali a rischio, numero di siti per campeggio, costo annuale di mantenimento); lo studio è risultato in una disponibilità a pagare marginale positiva per l'aumento di una unità delle caratteristiche scalari, portando la Victorian Environmental Assessment Council a stabilire nuovi parchi naturali nell'area, riducendo gli altri usi del suolo.

Uno studio analogo nel metodo è quello commissionato nel 2008 dall'Environment Protection and Heritage Council [URS 2009] per stimare il valore riposto dai cittadini australiani nel riciclo di materiale elettronico; obiettivo dello studio era quello di valutare la soddisfazione degli individui nel sapere che i rifiuti elettronici erano riciclati e non depositati in discarica. Si sono cercati di escludere i valori d'uso residuale, non facendo riferimento a quelli connessi al riuso della componentistica, ed anche le informazioni legate alla possibile riduzione dei rischi per la salute dovuta all'aumento del tasso di riciclo sono state omesse. Anche qui si è notata una WTP aggregata positiva (tra i 3,6 e i 4,2 milioni di dollari in 5 anni) per l'aumento dell'1% del tasso di riciclo, ed una WTP di 3,55 dollari per ogni apparecchio acquistato se raccolto porta a porta una volta dismesso; questa propensione, svelata dalla ricerca, ha portato all'emanazione di uno schema per il riciclo della componentistica elettronica a carico dell'industria del settore.

Englin et al. [1995] stimano la perdita di valore ricreazionale dovuto agli incendi boschivi in uno studio riguardante il Nopiming Provincial Park, nella provincia di Manitoba (Canada). La stima è fatta analizzando le preferenze rispetto alle rotte di canottaggio fluviale nel parco, in base alla quantità di tracce riconoscibili di una serie di incendi che hanno colpito il parco nel 1983. Calcolando il costo di viaggio per godere del valore ricreazionale (tenendo conto anche del costo del tempo libero impiegato), viene

espresso il danno potenziale da incendio in termini monetari rispetto alle varie rotte canottiere (da notare che questo modello tiene in conto i valori legati all'uso indiretto ma non i valori non d'uso, nel prossimo capitolo la questione del metodo verrà trattata più approfonditamente).

In uno studio sempre sulla protezione forestale, Walsh et al (1990 citato in [Sills E. O., Abt K. L 2003]) confermano una forte preponderanza dei valori non di mercato: chiedendo ai rispondenti di scomporre in categorie il valore totale attribuito durante la ricerca (uso ricreazionale, opzionale, di esistenza e di lascito), si conclude la presenza di una quota del 27,4% di valore d'uso e il 72,6% quelli non d'uso (opzionale, lascito, esistenziale). Riconoscendo un'analogia di caratteristiche tra beni pubblici e testimonianze storiche [Navrud S e Ready R.C ,2002], Poor & Smith [2004] applicano la valutazione dei valori non di mercato ad un sito storico culturale in Maryland. I due autori valutano la WTP estrapolandola dal costo di viaggio sostenuto dai visitatori per accedere al sito stesso, riconoscendo, allo stesso tempo, la limitatezza del metodo utilizzato, in quanto non reputato in grado di cogliere la globalità dei valori di cui sono portatori i beni culturali e testimoniali [Navrud S e Ready R.C ,2002].

Come si è visto, la valutazione dei valori non di mercato ha avuto una grande risonanza sia nella letteratura, che nelle implicazioni politiche ed economiche delle comunità; questo, di pari passo con la generalizzazione del concetto di esternalità [https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/eu/703_it], ha portato all'applicazione di tali analisi anche alle scelte in termini di utilizzo di energie alternative e alla lotta al cambiamento climatico, campi in cui, spesso, la mancanza di un mercato maturo, rende il ricorso alla formazione di un mercato fittizio necessario a cogliere le preferenze degli individui, e ad attuare scelte strategiche di conseguenza.

Autori	Tema dello studio	Metodo*
Englin J. et al., 1995	Valutazione della perdita di valore dovuto agli incendi boschivi (Nopiming Provincial Park, Manitoba, Canada)	Valutazione del costo di viaggio
Poor P.J. and Smith J.M., 2004	Valutazione del valore d'uso indiretto di un sito archeologico (St Mary's river Horseshoe bend, Maryland, USA)	Valutazione del costo di viaggio
AECOM, 2009	Valutazione delle preferenze sulla percentuale di riciclo degli apparecchi elettronici (Australia)	Choice experiment
Carson R.T. et al., 1992	Valutazione della perdita di valore non d'uso dovuto allo sversamento di petrolio dovuto all'incidente alla Exxon Valdez (stretto di Prince William, Alaska, USA)	Contingent Valuation (Double bounded dichotomous choice)
Bennet J. et al., 2007	Stima dei valori non di mercato relativi alla River Red Gum Forest per la variazione della pianificazione dell'uso dei suoli (Victoria, Australia)	Choice experiment
Becker N. and Friedler E., 2012	Valutazione della variazione dei valori d'uso indiretti del fiume Alexander-Zeimar dopo la realizzazione di piani di contenimento degli inquinanti sversati nel bacino fluviale (Alexander-Zeimar river, Palestina/Israele)	Valutazione del costo di viaggio
Morancho A.B., 2003	Effetto delle aree verdi sul mercato immobiliare, viene rilevato un peso modesto di queste, da tenere conto il regime di proprietà pubblico di esse (Castellón, Spagna)	Prezzo edonico
Kiel K.A. and McClain K.T., 1995	Variazione nel tempo dei prezzi del mercato immobiliare in base al variare della percezione rispetto ad una disamentità (North Andover, Massachusetts, USA)	Prezzo edonico
Polyzou E. et al., 2011	Correlazione tra stima del capitale sociale individuale e disponibilità a pagare per l'aumento della qualità del servizio di acqua pubblica (Mytilene, Lesvos Island, Grecia)	Dichotomous choice e open-ended question
Pek C., Jamal O., 2011	Valutazione differenti opzioni nella gestione dei rifiuti (state of Selangor Darul Ehsan, Malesia)	Choice experiment

TABELLA 13_ articoli consultati e metodi di stima in essi utilizzati

2 Metodi delle preferenze rivelate e delle preferenze dichiarate

There are two main types of non-market valuation methods: revealed preference and stated preference.

-The validity of revealed preference methods is widely accepted, but there are many circumstances where they cannot provide the estimates needed for environmental policy analysis.

-Stated preferences methods can be used to estimate virtually all types of environmental values, but their validity is more contentious. [Baker R. e Ruting B. 2014].

Come si è visto nel paragrafo precedente, l'esercizio di stima dei beni deve avvalersi di metodi indiretti per quantificare, spesso in termini monetari, l'entità del valore attribuito ad un bene non scambiato sul mercato.

Questi metodi ricadono in due filoni principali [Hervani A.A et al.2017]: delle preferenze rivelate (revealed preferences) e delle preferenze dichiarate (stated preferences).

Il primo basa le analisi sui dati ricavati dal comportamento effettivo ("rivelato" attraverso le scelte attuate) che gli individui hanno nei confronti dei beni, sia che essi siano beni pubblici fruibili, sia fattori eterogeni che modificano il prezzo effettivo dei beni.

Tra questi, i due metodi più usati sono quello del costo di viaggio (travel-cost-method), ed il metodo del prezzo edonico (Hedonic price); in particolare, il metodo del costo di viaggio stima il valore di un bene (il più delle volte questo è un bene ambientale fruito a scopo ricreativo) in base al costo sostenuto da un fruitore per raggiungerlo; esso tiene in conto sia del costo economico materiale del viaggio, che del costo alternativo del tempo impiegato [Englin J et al. 1995,]. Questo metodo sconta svariate limitazioni, tra le quali l'impossibilità, salvo rari casi [Poor P.J and Smith J.M, 2004, Becker N e Friedler E, 2013], di avere dati che permettano di valutare le variazioni nelle caratteristiche del bene preso in esame, oltre che la difficoltà a scorporare il peso della fruizione di quest'ultimo dalle altre motivazioni a cui è dovuto il viaggio (problema del multipurpose travel cost).

Il metodo dei prezzi edonici, invece, "exploits the fact that some market

goods comprise a bundle of attributes that include non-market elements" [Baker R. e Ruting B. 2014]. Utilizzando metodi di regressione, è possibile analizzare la composizione del prezzo, stimando il peso delle caratteristiche proprie del bene e di quelle legate ai valori non di mercato. Facendo un esempio in campo immobiliare, è possibile valutare il valore marginale dato dalle caratteristiche intrinseche dell'abitazione, come la dimensione o il numero di bagni, da altre estrinseche, come la qualità dell'aria o la presenza di amenità o disamenità [Morancho A.B, 2003, Kiel K.A e McClain K.T, 1995].

Se da un lato "the overall validity of revealed preference methods is generally accepted by economists(. This is)because they apply well-established econometric techniques from people's actual behaviour"[Baker R. e Ruting B. 2014, Park J. Y. 2017], dall'altro, non sono in grado di stimare il valore globale di un bene nel momento in cui sia riconosciuta una parte rilevante di valori non di mercato [Poor P.J e Smith J.M, 2004, Navrud S e Ready 2004], o ci sia un mercato non abbastanza sviluppato da permettere un'analisi esaustiva dei dati [Banfi S et al 2008].

In contrasto a ciò, i metodi afferenti alla categoria delle preferenze dichiarate superano il problema dell'indisponibilità di dati riscontrabili sul mercato, avvalendosi di interviste dirette agli individui: attraverso diversi meccanismi di scelta creati, sostanzialmente, un mercato fittizio di scambio, essi vengono portati ad esplicitare una disponibilità a pagare con cui stimare la globalità dei valori incorporati da un bene o la loro variazione dovuta ad ipotetici cambiamenti nelle caratteristiche stesse del bene.

La validità delle stime basate sulle preferenze dichiarate è stata per lungo tempo oggetto di dibattito: "Economists initially viewed the former (stated preference methods), especially in their contingent valuation form, as inferior to behavioral methods (metodi comportamentali o delle preferenze rivelate). The idea that one could learn about values except from what was revealed by behaviour had seemed foreign to economists" [Haab T. C. e McConnel K. E., 2003]. Il dibattito sulla validità di questi metodi ha preso preminenza dopo il caso dello sversamento di petrolio dovuto al naufragio della petroliera Exxon Valdez nel 1989 [<http://www.evostc.state.ak.us/index.cfm?FA=facts.home>] ed il conseguente studio

di Carson et al. [1992], mirante a valutare la perdita di valore non d'uso incorsa nell'area dell'incidente, sfociato nella sanzione amministrativa somministrata alla compagnia. A tale studio ha fatto seguito il lavoro di Diamond e Hausman [1994] con una serie di critiche, fondate su evidenze di lavori di autori precedenti, portate all'assunzione che il metodo delle preferenze dichiarate fosse in grado di fornire valutazioni attendibili in tema di perdita di valori non di mercato, concludendo con l'affermazione: "we think that the evidence supports the conclusion that to date, contingent valuation surveys do not measure the preferences they attempt to measure, [...] Thus, we conclude that reliance on contingent valuation surveys in either damage assessment or in government decision making is basically misguided" [Diamond A., Hausman A., 1994], e criticando anche le linee guida pubblicate dal Blue Ribbon Panel della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sulle valutazioni contingenti, reputate come non garanzia dell'attendibilità del metodo.

E' curioso (con accezione decisamente negativa) rilevare che un'ulteriore occasione per verificare lo stato dell'arte e l'attendibilità dei metodi delle preferenze dichiarate è stato un altro disastro ambientale, nello specifico, l'affondamento della piattaforma petrolifera Deepwater Horizon nel Golfo del Messico. L'incidente si è rivelato il "pretesto narrativo" per la disamina dell'evoluzione dei metodi suddetti da parte di Kling et al [2012] in cui gli autori, riprendono le argomentazioni espresse nel lavoro di Diamond e Hausman, dando nuovi framework teorici aggiornati entro cui interpretare le criticità riscontrate nella validità dei metodi delle preferenze dichiarate. Questa continuità viene anche ribadita nel titolo dell'articolo che richiama direttamente il lavoro dei due studiosi pubblicato dopo il caso della Exxon Valdez (da "is some number better than no number?" di Diamond e Hausman, a "has some number become better than no number?" di Kling, Phaneuf e Zhao [2012]), affermando: " our sense is that the last 20 years of research have shown that some carefully constructed number based on stated preference analysis is now likely to be more useful than no number in most instances for both cost-benefit analysis and damage assessment"

Possiamo annoverare tre macro-criticità su cui si è giocata (e si gioca) la diatriba sulla validità o meno dello strumento delle preferenze dichiarate: variazione di scala, sensibilità allo strumento, differenza tra WTP e WTA.

Per quanto concerne la prima, viene notata una mancata corrispondenza del variare delle risposte con l'aumento di quantità del bene preso in esame, facendo ipotizzare una sorta di "buonismo" (warm glow), per cui si nota una generica soddisfazione a rispondere positivamente alla domanda di disponibilità a pagare per la conservazione di un bene (spesso ambientale), piuttosto che valutare la preferenza stessa verso di esso, denotando un generico senso di altruismo [Baker R. e Ruting B 2014, Diamond A. e Hausman A.,1994]. Studi più recenti hanno notato risultati in contrasto con la posizione precedente, mentre altri hanno criticato disattenzioni nella costruzione dell'indagine come spiegazione del perché dell'emergere di tale discrepanza. Sempre in questa categoria di criticità nei confronti della variazione di scala, si è notato un "embedding effect" e cioè una tendenza a sottostimare un bene quando questo fa parte di un pacchetto di altri beni [Kahneman D., Knetsch J. L.,1992]. Un'ulteriore obiezione a questa "famiglia" di critiche, è quella secondo cui ci sia un forte aumento iniziale dell'utilità marginale, che si riduce di entità all'aumentare della quantità del bene [Banfi S et al 2008, Kahneman D.e Knetsch J 1992]. La sensibilità allo strumento fa leva sui risultati di alcuni studi che hanno rilevato una differenza nelle preferenze espresse al variare dei modi con cui si proponeva l'indagine.

Samples e Hollyer [1990], per esempio, notano una differenza nella preferenza dichiarata di esborso per la preservazione di due specie marine a rischio, in base all'ordine con cui le due specie venivano valutate nell'esperimento; Carson et al. [1992] optano per due domande dicotomiche in successione, dichiarando di accettare una diminuzione dell'attendibilità delle preferenze dovuto ad un aumento della pregiudizialità della seconda risposta; Diamond ed Hausman [1994] obiettano un comportamento strategico del rispondente nel caso l'analisi non sia percepita come consequenziale; in particolare, viene criticato come la scarsa informazione dei rispondenti sull'argomento proposto porti ad un tentativo di operare un'analisi costi-benefici piuttosto che esprimere la vera preferenza e, questo, comporti una sovrastima da parte del rispondente del reale valore percepito.

A supporto di questa posizione, i due autori [Diamond A ed Hausman A 1994] citano uno studio di Schkade e Payne [1993] in cui, ai rispondenti, viene chiesto di esprimere tutte le considerazioni fatte nel processo di

Summary of Validity concepts for Stated Preference Methods

Criterion validity	
Favorable relation to other measures considered legitimate	Is the estimate generated by SP methods the same as a willingness-to-pay value that would be generated if real payment was made?
Criterion validity	
Correlation with other measures of the same thing	Is the estimate generated by a SP method the same as the willingness-to-pay value that is estimated from a RP method?
Construct validity	
Correlation to other measures as predicted by theory	Does the estimate generated by a SP method relate to income, prices, and other variables in the way economic theory predicts?
Content validity	
Does the measure adequately cover the construct's domain?	Does the estimate arise from the best study design practices-including scenario description, econometric analysis, elicitation format, follow up questions, etc.?

Summary of Author's assessment

Content validity	
Some Yes, Some No	Persistence of hypothetical bias in homegrown value experiments implies invalidity Emerging consequentialist paradigm suggests potential for validity Difficult to conclude purely in favor of validity, but also difficult to outright reject validity
Criterion validity	
Likely Yes	Formal tests often accept revealed and stated preference quality, Even when statistically different estimates occur, they appear to illustrate common economic phenomena Practice has migrated towards using revealed and stated preferences data as complements rather than substitutes
Construct validity	
Strongly Yes	Further development of standard theory suggests a wider range of outcomes can still be considered neoclassically rational New behavioural theories suggests alternative paradigms might be needed to assess validity Definitive construct validity tests are now more difficult to formulate
Content validity	
Variable	Content validity is a study-specific concept but the stock of accumulated wisdom suggests adherence to best practice is now a stronger validity concept than in the past

scelta della preferenza (verbal protocol), notando come questa venga costruita durante l'intervista attraverso una varietà di considerazioni non direttamente legate alla tematica oggetto d'indagine.

Queste obiezioni, sul tema della sensibilità, sono state interpretate come mancanza di reale preferenza da parte dei rispondenti per le tematiche proposte, "an alternative interpretation is that people respond to a survey in a rational (and predictable) way given the circumstances. If the observed patterns can be explained and adjusted for, there would be greater confidence that stated preference surveys can provide unbiased estimates of the value that people place on the underlying non-market outcomes [Baker R. e Ruting B., 2014].

Anche la discrepanza tra il valore della WTP e della WTA ha sollevato ulteriori critiche. Secondo la teoria economica, i due valori dovrebbero essere allineati ma, generalmente, viene rilevata una forte divergenza dall'unità nel loro rapporto [Horowitz J. K. e McConnell K. E. 2002, List J. A. e Gallet C. A 2001, Little J e Berrens R 2004]; una giustificazione a questo problema viene da un modello psicologico che valuta come maggiormente pregnante l'avversione alla perdita rispetto alla valutazione del livello di benessere tra il prima ed il dopo [vedi anche Boeri M e Longo A 2017]; inoltre, in alcuni casi specifici in cui la variazione dell'accesso ad un bene pubblico porta a variazioni sostanziali del reddito, come può essere nei paesi poveri [Haab T. C., McConnel K. E., 2003], questa divergenza viene reputata non inficiante il metodo.

La diatriba sulla validità (o meglio sul livello di attendibilità dei risultati) dei metodi delle preferenze dichiarate non è definitivamente conclusa [Kling C. L., Phaneuf D. J., Zhao J 2012], ma viene riconosciuta loro la capacità di ampliare il livello di informazione riguardo alla valutazione dei valori in gioco.

Come già anticipato, il metodo delle preferenze dichiarate stabilisce un mercato fittizio in cui poter scambiare beni il cui valore non è generalmente estrapolabile dalla formazione di un prezzo di mercato; tra di essi possiamo annoverare, in maniera non esaustiva, le valutazioni contingenti e il Choice experiment.

Nella pagina precedente
TABELLA 14_sommario della rispondenza ai concetti di validità degli Stated Preferences
Fonte: [Kling C. L., Phaneuf D. J., Zhao J., 2012]

Le prime si esplicitano attraverso la richiesta di definire un prezzo per un bene o servizio attraverso domande aperte sulla disponibilità a pagare [Buso T. et al 2017], giochi al rilancio (bidding games), domande dicotomiche del tipo "si/no" come può essere la risposta ad un ipotetico referendum [Carson R.T et al.1992, Smith V.K 1996], ad esempio, per l'imposizione di una tassa per la conservazione di un bene ambientale. I Choice experience (CE), invece, forniscono all'intervistato una collezione di alternative, composte da una serie di attributi, ed una situazione di status quo tra cui scegliere [Louviere J.J. et al 2000](si rimanda al paragrafo 5 per una trattazione più approfondita dei CE).

Revealed Preferences data typically

- depict the world as it is now (current market equilibrium)
- possess inherent relationships between attributes (technological constraints are fixed)
- have only existing alternatives as observables
- embody market and personal constraints on the decision maker
- have high reliability and face validity
- yield one observation per respondent at each observation point

Stated Preferences data typically

- describe hypothetical or virtual decision contexts (lexibility)
- control relationships between attributes, which permits mapping of utility functions with technologies different from existing ones
- can include existing and/or proposed and/or generic (i.e., unbranded or unlabelled) choice alternatives
- cannot easily (in some cases, cannot at all) represent changes in market and personal constraints effectively
- seem to be reliable when respondents understand, are committed to and can respond to tasks
- (usually) yield multiple observations per respondent at each observation point

TABELLA 15_differenze tra i dati forniti dagli Stated Preferences e i Revealed Preferences methods

Fonte: [Louviere J.J. et al 2000]

3 Metodi delle preferenze dichiarate ed energia

I metodi delle preferenze rivelate e dichiarate hanno avuto una grande risonanza nella valutazione delle scelte su risparmio ed investimento energetico; i secondi, in particolare, si rivelano utili quando vi è una ristrettezza di dati provenienti dal mercato [Banfi S et al 2008, Scarpa R e Willis K 2010, Bravi M e Duarte C 2017] o si tenta di stimare i co-benefits derivanti dalle possibili scelte intraprese [Buso T et al 2017, Achtnicht M 2011].

Banfi S et al. [2008] analizzano le preferenze di un campione di proprietari svizzeri a proposito delle caratteristiche dell'abitazione, dimostrando una WTP alta per alternative volte al miglioramento energetico (da notare che non vengono forniti dati quantitativi in termini di risparmi energetici). L'analisi rileva, anche, la presenza di benefici percepiti ulteriori, legati a caratteristiche come gli infissi che presentano una WTP fino al 13% di aumento del costo totale dell'alloggio per l'aumento del livello di tale caratteristica; questo sottende la presenza di ulteriori benefit di comfort che il rispondente considera portati da date caratteristiche. I dati rilevati risultano paragonabili con uno studio, condotto con la metodologia dei prezzi rivelati, sull'effetto dell'etichetta energetica Minergie sul mercato dell'area di Zurigo [Ott W et al. 2006].

Analogamente, Kwak et al. [2010] stimano una disponibilità a pagare positiva per aumenti nelle caratteristiche delle abitazioni legate alle potenzialità di risparmio energetico in Corea.

Bravi e Duarte [2017] analizzano la differenza nella disponibilità a pagare in base alla classe energetica di un ipotetico appartamento in confronto ad altre caratteristiche frequenti nel mercato immobiliare spagnolo, rilevando una WTP di -27,7 nel passaggio da una classe energetica media (C) ad una peggiorativa (E), ed una di 15,41 nel passaggio dalla classe media alla alta (A); interessante notare la discrepanza tra i valori rilevati per gli affittuari ed i possidenti, i primi dei quali minori, con potenziali impatti sulla reale implementazione di interventi di efficientamento (la minore disponibilità a pagare da parte degli affittuari per condizioni di efficienza maggiore può essere un deterrente per quei possidenti che potrebbero investire in immobili diversi dalla residenza).

L'effetto delle etichette energetiche ha un forte valore di superamento delle asimmetrie di informazione [Bravi M e Duarte C 2017, Park J.Y 2017] anche per aggirare una mancanza di conoscenza tra tecnologie ed effetti notata da numerosi autori [Poortinga W et al. 2003, Achtnicht M 2011]; Achtnicht [2014], ad esempio, nota come, in uno studio sulle preferenze tra misure di isolamento per ridurre la spesa energetica e la sostituzione dell'impianto di riscaldamento, la minore consunzione di CO2 sia saliente solo in quest'ultima, denotando una possibile relazione con la percezione di diretta emissione dovuta all'uso del vettore energetico, e una mancata valutazione della riduzione della domanda come mezzo per raggiungere una minore emissione di anidride carbonica.

Tra gli utilizzi dei metodi delle preferenze rivelate, possiamo annoverare lo studio di Grösche P e Vance C [2009] valutante il fenomeno del free-riding, il fenomeno, cioè, per cui la volontà a pagare risulta maggiore del costo totale dell'investimento, determinando una disutilità da parte dell'autorità fornitrice dell'incentivazione, stimando un effetto di free-riding nel 50% degli accessi al finanziamento. Di contro, Scarpa e Willis [2010] rilevano una WTP non sufficiente a coprire i costi necessari per l'implementazione di interventi per la generazione energetica distribuita in Inghilterra, suggerendo una revisione del sistema di incentivazione; è interessante notare come i due autori sottolineino anche le disutilità derivanti dall'integrazione delle misure di generazione nel costruito, con conseguenze sulle potenzialità d'azione sul patrimonio esistente.

Sempre sulla generazione energetica, Salm et al [2016], analizzano le preferenze di investimento nella partecipazione degli individui alle comunità energetiche (energy community) in Germania. Nel contesto tedesco la capacità energetica da fonti rinnovabili ha una grande partecipazione da parte dei cittadini, con alcuni benefici tra cui la chiusura dei gap finanziari per tali progetti oltre che una loro maggiore accettazione da parte della popolazione. Alle energy community viene riconosciuta una grande capacità di incidere sull'evoluzione energetica tedesca [Yildiz Ö 2014] ed un'importante propensione all'investimento nonostante, all'interno dello studio in oggetto, gli autori notino una percezione del rischio molto alta per gli investimenti legati ai progetti di generazione energetica (paragonabile a quelli legati agli investimenti in start-up) e una conseguente WTA per variazioni dall'alternativa reputata come preferibile, con percentuali di

richieste di ritorno dell'investimento maggiori all'allontanarsi da esso; risulta, inoltre, interessante notare come venga preferito l'investimento geograficamente vicino al rispondente, in contrasto con altre tecnologie di produzione energetica [Kiel K.A e McClain K.T, 1995]

4 Il metodo Choice experiment

Posto all'interno della teoria della domanda, il metodo dei Choice experiment ha il suo fondamento nella teoria del comportamento d'acquisto. Questo strumento afferma che l'utilità per il consumatore dipende dalla composizione delle caratteristiche del bene in esame [Louviere J.J et al.2000]: "Looking at the theoretical pillars, CE is based on Lancasterian Consumer Theory and Random Utility Models (RUMs). The first assumes that utility is derived from the properties/characteristics of goods/services rather than directly from the goods themselves. The goods/service characteristics (referred to as "attributes" in CE) are therefore determinants of the goods/service utility. [Vecchiato D. e Tempesta T 2015].

Il RUM prende le mosse da alcune considerazioni sul comportamento individuale (per una trattazione teorica esaustiva si rimanda al testo di Louviere J. J. et al. [2000] di cui qui riprendiamo alcuni concetti): prendendo un individuo generico definito da una serie di caratteristiche s , posto davanti ad un set di alternative A , allora:

$P(x|s,A)$ è la probabilità che l'individuo scelga l'alternativa x (definita come vettore di attributi) appartenente al set di alternative possibili A , date le caratteristiche s dell'individuo ed il set di alternative A .

Si definisce una regola di comportamento individuale (individual behaviour rule, IBR) come una funzione che massimizza una funzione di utilità appartenente ad un set di funzioni (SIBR) a loro volta massimizzanti l'utilità.

Esprimiamo, allora, la funzione precedente come

$$P(x|s,A) = P(IBR \in SIBR | IBR(s,A) = x)$$

e cioè la probabilità che l'individuo scelga una specifica regola di comportamento individuale sapendo che essa porta alla scelta dell'alternativa x .

L'individuo valuta l'utilità di un alternativa secondo l'equazione

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

Questa esprime l'utilità della i -esima alternativa per il q -esimo individuo come composta da una parte osservabile V_{iq} ed una parte stocastica non

osservabile ε_{iq} .

Assumendo che l'individuo q sceglie l'alternativa i -esima sulla j -esima se $U_{iq} > U_{jq}$, possiamo definire

$$P(x_{iq}|s_q,A) = P[\varepsilon(s, x_j) < V(s, x_i) - V(s, x_j) + \varepsilon(s, x_i)]$$

Quanto sopra afferma che la probabilità di scegliere l'alternativa x_i è uguale alla probabilità che la parte stocastica della j -esima alternativa sia inferiore alla utilità della i -esima alternativa meno la parte osservabile della j -esima alternativa [Louviere J. J.]

Questa ultima equazione definisce il Random Utility Method (RUM) ed è risolvibile nel multinomial logit model (MNL)*

$$P_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^J e^{-(V_i - V_j)}}$$

Per concludere, dato che

$$V_j = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_{jk}$$

con β_k parametri riferiti ad ogni attributo X_k che compone la parte osservabile della funzione d'utilità, si può procedere ad assegnare i parametri che approssimano le preferenze ricavate nell'esperimento di scelta attraverso un processo iterativo

Definiti i principi teorici basilari che sottendono l'esperimento di scelta (e i metodi delle preferenze dichiarate in genere), possiamo andare a trattare la definizione pratica del Choice Experiment.

L'esperimento di scelta si esplica nel sottoporre, ad un campione di intervistati, una successione di set di alternative (Choice tasks) tra cui indicare l'opzione preferita.

Le alternative proposte vengono definite attraverso un definito numero di attributi che le caratterizza, questi, a loro volta, sono specificati in una serie di livelli.

*questo assume il fatto che la frazione di probabilità di scegliere una alternativa a scapito di un'altra non è condizionata alla presenza o assenza di altre alternative nel choice set [Louviere J.J et al. 2000 pag 44]

Ipotizzando una serie di attributi $x = x_1, x_2, \dots, x_n$ ognuno composto da una serie di livelli $l = l_1, l_2, \dots, l_n$, l'alternativa i , ad esempio, può essere definita come una combinazione del livello j -esimo per ogni attributo x : $i = [l_j, x_1, l_j, x_2, \dots, l_j, x_n]$.

Il Choice Experiment permette, attraverso la ripetizione dell'esercizio di scelta, di identificare la rilevanza di ogni attributo rispetto agli altri e, all'interno di essi, determinare quale livello orienta maggiormente la scelta dell'individuo, svelando i trade-off che quest'ultimo mette in atto tra le caratteristiche proposte nelle alternative.

Uno dei maggiori punti di forza di questo metodo è quello di fornire una preferenza in modo indiretto, permettendo di ridurre le risposte pregiudiziali auto-esplicative [Bravi M e Duarte C 2017, Mangham L.J et al. 2009]

Va ricordata, in ogni caso, la natura ipotetica legata alla contingenza dell'esperimento e che, quindi, non è possibile avere la certezza che l'individuo si comporti come dichiarato non essendo percepita una consequenzialità tra la dichiarazione ed un eventuale comportamento attuato. Questa discrepanza è stata notata in termini di una sovrastima della WTP espressa rispetto ai valori "reali" (reali nel senso della percezione dell'individuo e non dell'attinenza ad un valore di scambio potenziale), e viene riconosciuta necessaria una calibrazione dei valori derivati dai metodi delle preferenze dichiarate [Little J e Berrens R 2004, List J.A e Gallet C.A 2001]; questa sovrastima, comunque, non è costante, ma ha un peso differente in base alle caratteristiche del bene valutato e della sua natura [List J.A e Gallet C.A 2001, Little J e Berrens R 2004] rendendo possibile controllare la sua potenziale incisività [Bravi M e Duarte C 2017]. Nel momento della definizione del CE sono due le principali attenzioni da considerare nella scelta dei livelli e degli attributi: la mancanza di una loro scelta univoca, e la scelta del loro numero.

Per quanto riguarda la prima, non c'è un modo unitario di scegliere quali attributi e livelli impiegare per definire le alternative da inserire nei CS [Marmolejo C e Ruiz M 2013] per cui, si ricorre a svariati metodi (letteratura precedente [Kwak S-Y et al 2010, Salm S et al- 2016, Vecchiato D e Tempesta T 2015, Ruokamo E 2016], focus group [Bravi M e Duarte C 2017, Ruokamo E 2016, Norden A et al 2017, Boeri M e Longo A 2017], giudizio di esperti [Kwak S-Y et al. 2010, Salm S et al. 2016, Ruokamo E

2016, Norden A et al 2017, Bravi M e Duarte C 2017], obiettivi di policy [Boeri M e Longo A 2017], ricerche di mercato [Bravi M e Duarte C 2017]. La seconda delle istanze da tenere in conto è la necessità di mantenere un numero limitato di attributi in modo da non sovraccaricare l'intervistato rischiando di invalidare l'attendibilità delle risposte e quindi dei risultati [Ruokamo E 2016, Mangham L.J et al 2009]. Risulta, quindi, fondamentale raggiungere un giusto compromesso tra il carico cognitivo imposto al rispondente (e quindi la limitazione del numero di attributi e livelli), e la completezza della caratterizzazione dell'alternativa (e quindi la suddivisibilità dell'alternativa nelle caratteristiche che potrebbero determinare la sua preferibilità).

Anche in questo caso non c'è un modo giusto o sbagliato di procedere se non pre-testando l'esperimento di scelta. E' interessante notare lo studio di Achtnicht [2011] in cui viene testata (a posteriori) la possibile presenza di fatica cognitiva da parte dei rispondenti, andando ad analizzare l'omogeneità dell'esperimento dividendolo in due serie di Choice Sets, e confrontando l'omogeneità dei risultati raccolti nelle due serie.

Una volta definiti nel numero, i livelli dei vari attributi possono essere combinati in modo da creare le alternative del CE, andando a comporre il Full Factorial Design comprendente tutte le alternative creabili, pari al prodotto del numero di livelli di ogni attributo (ipotizzando una serie di attributi $A = a, b, \dots, n$ composti da un numero di livelli J si avranno un numero di alternative $i = J_a \times J_b \times \dots \times J_n$).

A meno di non avere a che fare con un Choice Experiment composto da pochi attributi e livelli, e quindi relativamente semplice nella descrizione delle alternative, spesso il Full Factorial Design porta ad un numero di CS difficilmente gestibili in un'intervista; si ricorre, quindi, al Fractional Factorial Design e cioè un sotto-insieme di alternative del Full Fractional Design. Questa riduzione porta ad una significativa riduzione del peso cognitivo a cui sottoporre il rispondente, a fronte di una perdita di informazioni statistiche, oltre che alla mancata stima di alcune possibili correlazioni tra alcuni fattori che, tuttavia, se controllate, inficiano in maniera minoritaria i risultati dell'esperimento [Louviere J. J et al. 2000].

CAPITOLO 5
Applicazione del CE
al caso studio

1 Determinazione degli attributi e dei livelli

L'obiettivo dell'analisi è quello di determinare le preferenze degli individui riguardo agli investimenti sul patrimonio esistente.

Si è definito un questionario in cui, ai rispondenti, è stato chiesto di immaginarsi proprietari di un appartamento generico all'interno dell'area in esame (descritto nel paragrafo appartamento tipo N), e di esprimere la propria preferenza di intervento tra un set di alternative.

L'espressione della preferenza può assumere varie forme: all'intervistato, infatti, può essere chiesto di ordinare le alternative* che gli vengono proposte (ranking), di dare un voto ad ognuno di esse (rating) oppure, ed è il caso dell'esercizio svolto in questa sede, di scegliere uno solo dei profili presentati in ogni esercizio di scelta (choice).

Si è proceduto alla definizione di una serie di attributi per caratterizzare i possibili interventi eseguibili su tale appartamento ipotetico in modo da individuare, appunto, le alternative di scelta.

Si è tenuto conto dei dati Enea riguardanti le richieste di incentivazione per l'efficientamento energetico [ENEA 2017], e degli indirizzi di policy derivati dagli scenari descritti nei capitoli precedenti (cfr. capitolo 1), oltre che sull'ipotesi delle possibili variazioni estetico-funzionali desiderabili (cfr. cap. N barriere).

*nota: durante la trattazione si userà in modo intercambiabile il termine alternative e il termine profili per indicare le combinazioni multiattributo tra cui operare l'esercizio di scelta

Si definiscono quindi 3 attributi riguardanti l'intervento attuabile sull'appartamento generico:

- attributo energetico
- attributo estetico-funzionale
- attributo condominiale

Il primo contiene le misure rivolte alla sostituzione di componenti del sistema edificio-impianto poco efficienti, con i relativi livelli che lo specificano: sostituzione serramenti [sost_serr], sostituzione generatore di calore [sost_caldaia], installazione di pompa di calore [inst_pdc].

Il secondo attributo contiene gli interventi aumentanti la qualità estetica

del singolo appartamento: sostituzione cucina [sost_cucina], rifacimento bagno [rif_bagno], tinteggio pareti+sostituzione pavimenti [tint&pav].

Il terzo attributo è costituito dalle misure che coinvolgono le parti condominiali dell'edificio e il loro miglioramento prestazionale, oltre che la possibile aggiunta di un sistema di produzione energetica in regime comune di proprietà: realizzazione cappotto esterno [isol_pareti], isolamento solai [isol_solai], installazione impianto fotovoltaico [pv_panel]. La definizione del Full Fractional Design, nel caso specifico in esame, porterebbe ad un totale di $3^3=27$ alternative da sottoporre all'intervistato, determinando un eccessivo carico cognitivo; il passaggio al Fractional Factorial Design, determinato attraverso il software SPSS, permette di ridurre a 16 il numero minimo di combinazioni.

Il numero minimo di combinazioni fornito dal software è 9 ma, per necessità dovute al modo con cui è stata condotta l'indagine, e cioè la suddivisione del set di scelta in 3 questionari distinti (come si vedrà più avanti, questa è una ulteriore strategia adottabile per ridurre il peso sul singolo intervistato), si è impostato un Fractional Factorial Design con più combinazioni. L'aumento del numero di alternative avrebbe comunque un aspetto positivo: permette, infatti, di andare a ridurre la quantità di informazioni statistiche perse per via della riduzione dal Full Fractional Design al Fractional Factorial Design [Louviere J. J. et al. 2000, Araujo, P. W. R. e Brereton, G 1996; Louviere J.J. e WoodWorth G 1983].

Per contenere ancora il numero di esercizi di scelta a cui ogni individuo è sottoposto si può ricorrere a svariate strategie oltre che, e in combinazione con, il Fractional Factorial Design; tra queste, oltre alla riduzione del numero di livelli e attributi in fase di costruzione del modello, o nella rimozione dei profili dominanti o dominati (quelli, cioè, che contengono tutti i livelli migliori o peggiori per ciascun attributo), c'è anche quella che prevede la scomposizione del Fractional Design (Full o Factorial) in sottoinsiemi di profili di scelta da somministrare a campioni diversi di rispondenti in modo tale che nell'insieme vengano somministrati tutti i profili.

Per valutare in maniera efficiente i profili, si sono dovuti definire i livelli in maniera univoca, in modo che la loro combinazione, in una data alternativa, non generasse una sovrapposizione degli effetti ma una loro somma: l'interazione, infatti, tra due misure di efficientamento energetico, quali

potavano verificarsi in certe configurazioni (ad esempio la sostituzione del generatore di calore e l'aumento della resistenza termica dell'involucro, oppure, anche se in misura inferiore, l'eliminazione o meno dei ponti termici in base agli interventi sull'involucro), avrebbe avuto delle ripercussioni sul prezzo complessivo dell'alternativa definita per computo metrico, basti pensare alla differenza dovuta al dimensionamento del generatore di calore in base alle diverse prestazioni dell'involucro.

La sovrapposizione degli effetti delle misure di efficientamento energetico produrrebbe degli effetti di interferenza nell'indipendenza di tali livelli; per ovviare a tale problema gli attributi (e di conseguenza i loro livelli) vengono valutati in maniera indipendente, con l'aggiunta dell'alternativa "status quo".

Per ridurre l'impegno richiesto ai rispondenti, come accennato precedentemente, si è ricorso alla scomposizione degli esercizi di scelta in 3 sottoinsiemi di profili presentati in altrettanti questionari a gruppi distinti di rispondenti in modo che tutti i profili venissero comunque valutati aggregando le risposte ricavate da essi.

Il passaggio dalle 9 alternative alle 16 ha necessariamente dei compromessi (cfr appendice full fractional design): il modello non risulta più bilanciato nei livelli perché, se prima ciascun livello appariva con frequenza 1/3, adesso, per ogni attributo, uno di essi ha frequenza 1/2 e due 1/4.

Per quanto, invece, riguarda l'ortogonalità, si nota la presenza di un esercizio di scelta che si ripete due volte, questo è facilmente risolvibile quando si va a scomporre il questionario e si può, quindi, riguadagnare l'ortogonalità all'interno del sub set di scelte presentate in ciascun questionario.

Non vi è, comunque, unanimità di interpretazione sull'importanza di tali caratteristiche del modello: molti autori, infatti sottolineano benefici o limitazioni a seconda del rispetto o meno di tali caratteristiche.

Huber [2005], ad esempio, ritiene che tale caratteristica sia un deterrente agli errori legati alla multicollinearità (cioè una correlazione tra le variabili esplicative dell'esperimento stesso), concetto sostenuto anche da Kuhfeld et al. [1994] che affermano, anche, la migliore capacità di questi modelli (quelli ortogonali) di stimare la varianza dei coefficienti anche se con delle eccezioni; di opinione diversa risulta, invece Watson et al. [2000] che notano una migliore efficienza in casi in cui il test non sia perfettamente

ortogonale.

Il fatto che i livelli vengano valutati singolarmente riduce il rischio di multicollinearità e di valutazione semplificata da parte dell'intervistato; come già visto in precedenza, infatti, una delle critiche portate al metodo delle stated preference è quella che il rispondente valuti l'alternativa su un numero limitato di caratteristiche tralasciandone altre [Huber J., 2005]

L'aggiunta della alternativa "status quo", e cioè la possibilità di scegliere di mantenere lo stato attuale del bene in esame, permette di mantenere un grado superiore di verosimiglianza nelle risposte: l'assenza di questo genererebbe un effetto distorsivo nei casi in cui l'intervistato non abbia una reale preferenza per alcuno dei profili di scelta proposti.

Una parte importante nella definizione delle alternative di scelta è anche quella di fornire dei dati comprensibili, su cui l'intervistato possa basare la sua percezione dell'utilità marginale dei diversi livelli ed attributi, in quanto, come affermato da Huber e Zwerina, "the lack of prior information on the utility of attributes limits the applicability of this criterion" [Mangham L. J et al.2009].

Ogni livello è stato quindi accompagnato da un'etichetta (label in letteratura) che permette di definire i benefici ricavabili in maniera quantitativa, facendo riferimento a unità di misura non canoniche, ma di facile comprensione da parte del rispondente. Tra queste specificazioni sono stati inclusi il prezzo dell'intervento, i risparmi energetici e di emissione di CO2, e la percentuale dell'intervento coperta da incentivazione.

Per quanto riguarda costi di investimento e risparmi, si è rilanciata la definizione impostata su SEAS per determinare i consumi di ogni edificio modificandone le prestazioni nelle parti interessate dall'intervento proposto; per gli altri dati si è fatto riferimento a report e letteratura:

-come già detto (paragrafo risparmi), i valori delle trasmittanze richieste dell'involucro sono stati desunti dal DM 26 giugno 2015 riguardante i requisiti minimi per gli edifici [DM26-06-15],

-i costi di intervento sono definiti secondo computo metrico estimativo con riferimento al prezzario della regione Piemonte [Regione Piemonte 2016],

-la percentuale detraibile degli interventi è stata determinata secondo i

dati forniti dall'agenzia delle entrate aggiornati alle date della realizzazione del questionario (<http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Cittadini/Agevolazioni> , consultato nel mese di gennaio 2018)
-il costo della materia energia è stato calcolato secondo i dati forniti dall'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente (ARERA) [<https://www.arera.it/it/prezzi.htm>]
-la quantità di anidride carbonica evitata è stata determinata in accordo con i dati dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) contenuti nel report "Italian Greenhouse Gas Inventory" [ISPRA 2017]
-la conversione di quest'ultima in litri di benzina risparmiati viene espressa per rendere comprensibile il dato di salvaguardia ambientale e si basa sui dati forniti dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) [Contaldi M. e Ilacqua M. 2003].

2. Misure di efficientamento energetico ed estetico-funzionale e risparmi

Come detto nel paragrafo precedente, le misure che fanno riferimento all'involucro edilizio sono la sostituzione dei serramenti, l'isolamento delle pareti esterne e l'isolamento delle superfici orizzontali di copertura e del solaio tra le cantine ed il primo piano a destinazione d'uso residenziale (si sono cioè esclusi gli interventi che prevedessero l'inserimento di uno strato isolante tra il solaio inferiore e gli ambienti a destinazione d'uso non residenziale, nello specifico commerciale o ricettivo).

Il Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015, come già accennato, definisce i valori di trasmittanza massimi richiesti per gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica; il DM fissa due differenti parametri per ogni componente in ciascuna determinata zona climatica, uno obbligatorio con decorrenza dal 2015 e uno dal 2021, si è scelto, in questa sede, di tenere in considerazione il dato richiesto dal 2021.

2a Serramenti

Per quanto riguarda i serramenti, nella zona climatica in cui ricade la città di Torino, (zona climatica E) si impone un valore di trasmittanza termica U inferiore a 1,40 W/m²K, calcolato facendo riferimento alla totalità del serramento comprensivo di telaio.

Si è quindi scelto un serramento composto da un telaio in PVC a 2-3 camere con trasmittanza compresa tra 1,6 e 1,9 W/m²K, e vetrocamera 4/15/4 con basso emissivo avente riempimento in krypton con valore di trasmittanza di 1,0 W/m²K.

Per il calcolo della trasmittanza globale del serramento si è quindi utilizzata la formula standard fornita dalla norma UNI 10077-1 definita come:

$$U_w = (A_g U_g + A_{f1} U_{f1} + A_{f2} U_{f2} + I_g \psi_g) / (A_g + A_{f1} + A_{f2})$$

con

U_w = trasmittanza del serramento

A_g = Area complessiva delle superfici vetrate

U_g = trasmittanza termica del vetro

A_{f1} = area del telaio esterno

Uf1= trasmittanza termica del telaio nelle sezioni esterne
Af2= area della sezione centrale
Uf2= trasmittanza termica del telaio nella sezione centrale
lg= perimetro complessivo della superficie vetrata
 ψ_g = trasmittanza lineica (per serramenti in PVC con vetro doppio basso emissivo, da normativa per doppi vetri basso emissivi, esso è calcolabile in 0,8 W/m²K)

La formula sopra indicata è valida per i serramenti a due ante, per quelli a un'anta non si avranno i valori relativi alla sezione centrale del telaio. Risulta, pertanto, l'impiego di serramenti trasparenti con trasmittanza termica pari a 1,39 W/m²K.

L'intervento di sostituzione dei serramenti si compone di più voci di capitolato, relative al costo del materiale e della manodopera necessaria alla posa in opera e allo smantellamento e dismissione dei serramenti esistenti; in tabella si forniscono le voci del prezzario e i relativi costi specifici considerati.

I costi forniti in tabella, sono scevri di IVA; essa è stata calcolata successivamente nell'ordine del 10% per le opere edili; per la fornitura dei materiali, invece, si compone di una aliquota al 10% per una quota parte di valore pari a quello delle opere, e del 22% per quella restante; in altre parole, se un intervento prevede la fornitura di materiale per un costo X e opere per un costo Y, la maggiorazione d'IVA si applica al 10% sul costo Y ed al costo del materiale per la stessa quota parte, il restante costo dei materiali, X-Y, è maggiorato di una aliquota IVA del 22% (<http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Cittadini/Agevolazioni>).

materiali		
Telaio per serramenti esterni in PVC (UNI EN 12608); sistema per finestre, con telaio in profilati pluricamera antiurto rinforzato internamente in acciaio e con spessore minimo della parete esterna del profilo di mm 3, comprensivo di profili fermavetro ad incastro, gocciolatoio, ferramenta ad incasso, serratura, accessori e maniglia in alluminio; compreso il montaggio della vetrata, ma esclusa la fornitura; trasmittanza termica dei telai $U_f = <2,0 \text{ e } \Rightarrow 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (UNI EN ISO 10077-2).		
finestre	codice	costo [€/m ²]
a battente, 1 anta $S < 2\text{m}^2$	01.P20.G00.015	154,38
a battente, 1 anta $S > 2\text{m}^2$	01.P20.G00.020	140,96
a 2 ante, anta-anta $S < 3,5\text{m}^2$	01.P20.G00.045	209,57
a 2 ante, anta-anta $S > 3,5\text{m}^2$	01.P20.G00.050	138,72
portefinestre	codice	costo [€/m ²]
ad anta battente $S < 3,5\text{m}^2$	01.P20.G10.015	161,09
ad anta battente $S > 3,5\text{m}^2$	01.P20.G10.020	151,65
a 2 ante, anta-anta $S < 3,5\text{m}^2$	01.P20.G10.035	192,42
a 2 ante, anta-anta $S > 3,5\text{m}^2$	01.P20.G10.040	181,48
Vetrata isolanti tipo vetrocamera con basso emissivo; formate da due lastre di vetro, normale o stratificata, con interposta intercapedine d'aria o gas; complete di profilati distanziatori, giunti elastici, sali disidratanti etc.; i vetri antisfondamento sono costituiti da due lastre con interposta pellicola di polivinilbutirale.		
Vetro	codice	costo [€/m ²]
4/15/4 +krypton $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	01.P20.B04.090	53,29
Opere edili		
Rimozione di infissi di qualsiasi natura, in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombrò dei detriti, il trasporto degli stessi alle discariche, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione		
	codice	costo [€/m ²]
con una superficie di almeno $\text{m}^2 0,50$	01.A02.C00.005	12,58
Posa di serramenti esterni completi di telaio e vetrata aventi qualsiasi dimensione e tipo di apertura		
	codice	costo [€/m ²]
In PVC antiurto	01.A16.B00.005	27,76

TABELLA 16_voci di capitolato per la sostituzione dei serramenti
Fonte: [regione Piemonte]

2b Involucro opaco

Le misure di efficientamento relative all'involucro opaco si concentrano sulle pareti perimetrali e sugli orizzontamenti di chiusura dell'ambiente riscaldato.

I valori fissati da normativa per la zona climatica E sono:

elemento	U [W/m ² K]
opache verticali	0,26
opache di copertura	0,22
opache di pavimento	0,26

TABELLA 17_requisiti prestazionali di trasmittanza dell'involucro opaco
Fonte: [DM requisiti minimi]

Questi dati fanno riferimento all'appendice A del decreto, e si applicano agli interventi di ristrutturazione importante, interessanti, cioè, più del 25% della superficie disperdente dell'involucro edilizio (cfr capitolo 1, Allegato 1, DM 26 giugno 2015). Per gli interventi che prevedano l'isolamento dell'involucro dall'interno, il DM prescrive l'utilizzo di parametri relativi alle ristrutturazioni energetiche (Appendice B), non ricadenti, cioè, nei casi delle ristrutturazioni importanti, e permette un'ulteriore deroga del 30% rispetto ai valori forniti; ciò si concretizza in valori meno restrittivi e, di conseguenza, in misure meno invasive per quanto riguarda la necessaria riduzione di superficie utile che tali misure (di cappottatura interna) presuppongono.

Nel caso preso in esame, questa eventualità non era necessaria a priori, non essendoci vincoli sugli edifici presi in esame; si è, comunque, scelto di optare per la soluzione di isolamento a cappotto interno per quegli edifici che si sono reputati qualitativamente più interessanti dal punto di vista delle finiture, ipotizzando, quindi, la possibilità che, in una situazione reale, ci possano essere opposizioni da parte degli abitanti verso misure che varino in maniera sostanziale i caratteri di alcuni edifici che determinano l'aspetto percettivo dell'area.

Per tale eventualità, quindi, la norma fornisce un valore di trasmittanza massimo delle superfici opache verticali di 0,28 W/m²K, aumentato del

30% per via della deroga e, quindi, in un valore finale massimo di 0,36 W/m²K.

A differenza dell'intervento sui serramenti che, sostituendo il componente, uniforma il valore di trasmittanza, l'intervento sui componenti opachi è dipendente dalla stratigrafia originale dell'elemento stesso, perciò, anche se la strategia è la stessa a prescindere dalle caratteristiche originarie del componente (l'inserimento, cioè, di uno strato di materiale isolante su uno dei lati dell'elemento fino al raggiungimento del valore più prossimo a quello stabilito dalla normativa), lo spessore di tale strato è variabile in un range che va dagli 8 cm ai 12 cm.

Il valore di trasmittanza finale dei componenti verticali, con l'aggiunta dello strato isolante, si può facilmente calcolare come

$$U_{ret} = 1 / (R_0 + R_i)$$

con

R_0 = resistenza termica del componente originale come definito da Tabula
 R_i = resistenza termica dello strato isolante definito come il rapporto d/λ con d spessore dello strato isolante e λ conduttività termica del materiale dello strato.

Si rimanda alle immagini da 39 a 44 per una descrizione di dettaglio dei valori utilizzati per il calcolo di retrofit.

Anche qui il calcolo dei costi si compone di varie voci di capitolato

Anche qui vale quanto detto per i serramenti a proposito dell'applicazione dell'aliquota IVA, con la differenza che la parte preponderante dell'intervento è la manodopera, ragione per cui, questa viene applicata globalmente nella misura del 10%.

materiali		
Materiali leggeri e similari per isolamenti e controsoffittature		
Pannelli isolanti*	codice	costo [€/m ²]
Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, dimensioni varie	01.P09.A	variabile in base allo spessore
nolo ponteggi		
Trabattello completo e omologato, su ruote, prefabbricato, di dimensioni 1,00x2,00 m, senza ancoraggi		
	codice	costo [corpo]
altezza fino a 6,00 m: trasporto, montaggio, smontaggio e nolo fino a 1 mese o frazione di mese	28.A05.A10.005	164,26
Nolo di piano di lavoro, per ponteggi di cui alle voci 01.P25.A60 e 01.P25. A75, eseguito con tavolati dello spessore di 5 cm e/o elementi metallici, comprensivo di eventuale sottopiano, mancorrenti, fermapiedi, botole e scale di collegamento, piani di sbarco, piccole orditure di sostegno per avvicinamento alle opere e di ogni altro dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, pulizia e manutenzione; (la misura viene effettuata in proiezione orizzontale per ogni piano).		
	codice	costo [€/m ²]
per ogni mese	01.P25.A91.005	2,45
Opere edili		
Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)		
	codice	costo [€/m ²]
Su superfici esterne verticali	03.A07.A01.005	43,62
Su superfici esterne orizzontali	03.A07.A01.010	40,88
Su superfici interne verticali	03.A07.A01.015	53,12
Su superfici interne orizzontali	03.A07.A01.020	40,88
*Come detto, i pannelli isolanti utilizzati variano in base alle stratigrafie originarie dei componenti a cui sono applicati, sarebbe ridondante specificare in questa tabella i valori relativi ad ogni singolo pannello, si rimanda, pertanto, all'immagine * per una descrizione puntuale dei valori di trasmittanza e dei codici relativi al pannello specifico, per altre informazioni sui materiali utilizzati si rimanda al prezziario regionale piemontese		

TABELLA 18_voci di capitolato isolamento termico di elementi dell'involucro opaco
Fonte: [Regione Piemonte]

2c Sostituzione del generatore di calore

L'intervento di sostituzione del generatore di calore necessita del calcolo del carico termico invernale relativo all'edificio (stessa cosa è stata fatta per il dimensionamento dello stesso in fase di calcolo dei consumi). Questo ha lo scopo di determinare la potenza termica richiesta per garantire le condizioni di climatizzazione dell'edificio nella situazione ragionevolmente peggiore; per quanto riguarda la città di Torino questo si traduce nell'utilizzo, nel calcolo per la determinazione della potenza necessaria del generatore, di un valore di temperatura dell'aria esterna pari a -8 °C. La sostituzione del generatore di calore con caldaia si traduce nell'utilizzo di una caldaia a condensazione modulante per cui si sono determinati i valori di efficienza a pieno carico ed a carico parziale secondo la norma UNI TS 11300-2, considerando i valori minimi richiesti secondo il procedimento di calcolo in essa contenuto (non essendo stato individuato un modello specifico di caldaia si è utilizzato il valore minimo normato come dato di ingresso imprescindibile), inseriti poi nel software SEAS per determinare i nuovi consumi.

La norma fornisce l'equazione di calcolo del rendimento minimo a pieno carico come:

$$\eta_{gn,Pn} = A + B \cdot \log \Phi'P_n$$

e del rendimento minimo a carico parziale (30%) come:

$$\eta_{gn,Pint} = C + D \cdot \log \Phi'P_n$$

dove:

$\Phi'P_n$ è la potenza utile nominale espressa in kW con limite massimo 400 kW

A, B, C, D sono parametri dipendenti dalla tipologia di generatore (nel nostro caso rispettivamente 91, 1, 97, 1)

La pompa di calore scelta, invece, è della tipologia aria-acqua per ridurre al minimo l'invasività dell'intervento (non sono stati, ad ogni modo, calcolati gli ingombri necessari all'unità preposta allo scambio di calore con l'esterno che sarebbero da prevedere nel lotto di inserimento della macchina termica), il COP utilizzato da prezziario regionale è di 3,9.

Anche in questo caso i prezzi utilizzati variano in base alle potenze installate,

si da quindi un'indicazione sommaria di dove reperire i dati di input che vengono espressi in maggior dettaglio nelle immagini da 39 a 44.

I dati per la fornitura in opera di caldaie a condensazione è reperibile alla sezione 05.A01 del prezziario regionale, sottocategoria 05.A01.A per le caldaie murarie, 05.A01.B01 per quelle a basamento; per la posa in opera 05.A01.E e 05.A01.G; per le pompe di calore si fa riferimento alla sezione 03.P13, per le opere edili relative allo smantellamento del generatore di calore esistente 05.A01.R25.010.

L'IVA viene poi calcolata come specificato in precedenza nelle aliquote del 10% e del 22% per la parte di fornitura di materiale eccedente il valore delle opere edili effettuate.

2d Impianto fotovoltaico

L'intervento relativo al fotovoltaico consta nell'istallazione di un impianto da 1kWp in copertura; questo impianto ha lo scopo di ridurre i costi elettrici dovuti agli usi comuni (impianto di illuminazione condominiale, appliances, ausiliari elettrici) dovendo rientrare, quest'ultimo, nel livello condominiale del modello di scelta.

Il software SEAS permette lo svolgimento di una routine di calcolo dedicata alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Sono stati ipotizzati moduli ad integrazione architettonica completa in celle di silicio monocristallino

2e Risparmi

Di seguito si riportano i dati relativi al consumo originario dei vari edifici ed il valore specifico riferito al m², oltre che il consumo successivo all'implementazione delle varie misure di efficientamento proposte, con il relativo valore specifico riferito al m² e la differenza tra il consumo specifico originale e dopo l'attuazione del dato intervento.

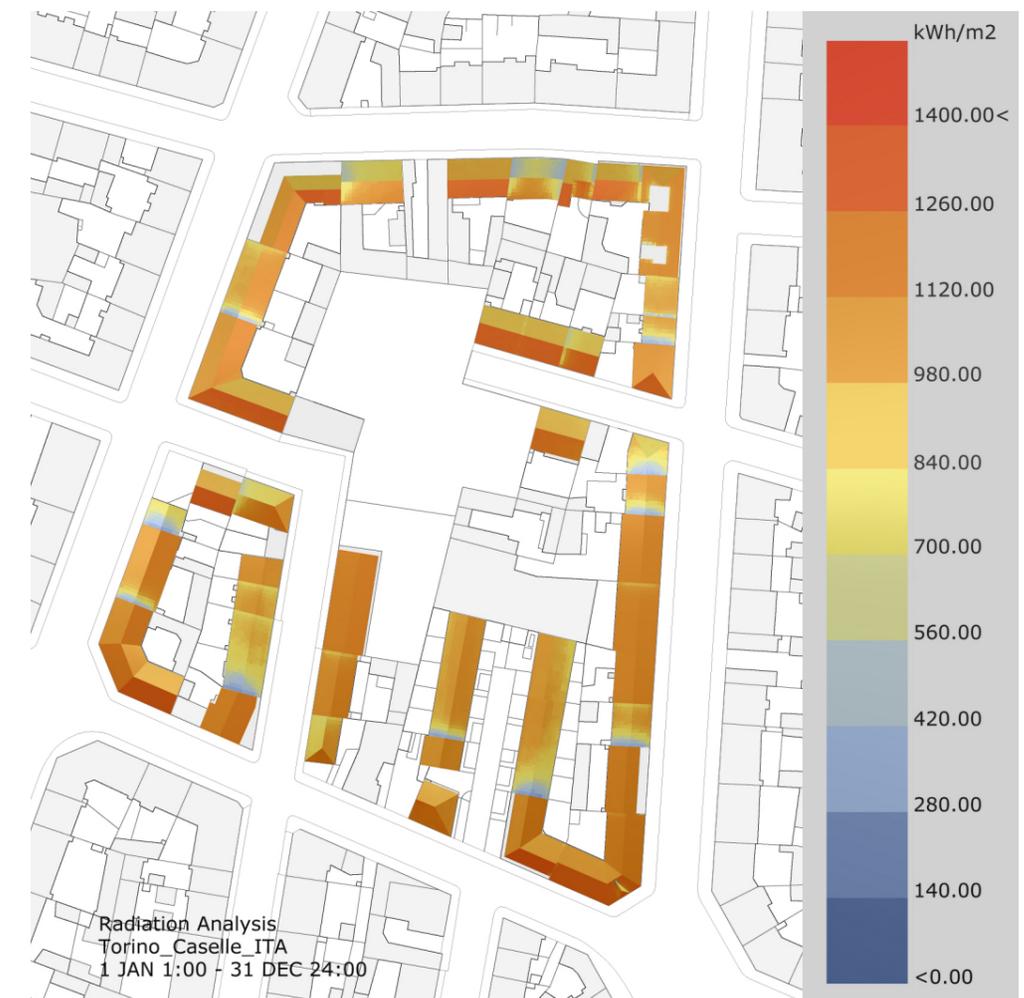


FIGURA 38_radiazione incidente annuale sulle coperture degli edifici dell'area. A parte alcuni casi isolati, si riscontra la possibilità di installare un impianto fotovoltaico senza soffrire dell'ombra portata dagli edifici circostanti. Come si vede in figura, molti degli impianti ipotizzati non sono ottimizzati dal punto di vista dell'orientamento
Fonte: [analisi effettuata con Grasshopper e Ladybug, in appendice si fornisce la definizione parametrica per effettuare l'analisi e altre visualizzazioni su base mensile]
Nelle pagine seguenti
TABELLA 19_risparmi conseguiti con le misure di retrofit energetico prospettate
Fonte: [risultati calcoli SEAS]

	stato di fatto		sostituzione serramenti			sostituzione caldaia			
	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	Δ kWh _p /m ² anno	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	Δ kWh _p /m ² anno	
rivarossa	23	38043,28	429,87	34367	388,33	43,62	32836,55	371,03	61,77
	25	106679,75	453,05	96149,62	408,33	46,96	90579,2	384,67	71,80
	28	100093,04	298,43	89490,95	266,82	33,19	82952,18	247,32	53,67
	32	96383,68	362,53	80086,87	301,24	64,37	79099,14	297,52	68,26
	34	77963,37	206,13	-	-	-	64064,34	169,38	38,59
	36	111068,66	321,10	101390,14	293,12	29,38	92003,73	265,98	57,88
martorelli	31	211221,76	247,22	180332,14	211,06	37,96	172964,46	202,44	47,02
	33	99169,56	313,63	85772,39	271,26	44,49	82373,65	260,51	55,78
	35	141775,89	279,42	111103,2	218,97	63,47	117536,26	231,64	50,16
	37	282909,36	270,47	234147,62	223,85	48,95	230724,04	220,58	52,38
	43	232322,39	225,77	185949,61	180,71	47,32	190262,68	184,9	42,91
	45	147765,81	333,93	128508,95	290,42	45,70	122654,9	277,19	59,59
	53	41702,73	353,29	37283,67	315,86	39,31	34894,12	295,61	60,56
	55	51104,85	292,5	43473,77	248,82	49,01	42840,33	245,19	49,67
	57	458115,74	288,12	337504,48	212,27	79,65	377179,97	237,22	53,45
leini	82	161188,44	264,03	139091,33	227,83	38,0	132033,25	216,27	50,15
	84	220438,24	156,23	-	-	-	-	-	-
	101	238977,27	320,60	183800,44	246,58	77,72	196781,77	263,99	59,44
	103	58563,18	325,68	48846,97	271,64	56,73	49130,48	273,22	55,08
	105	64462,11	349,92	56213,49	305,14	47,02	54114,46	293,75	58,98
	107	87237,68	389,45	77980,62	348,13	43,40	78517,44	350,52	40,88
	109	90740,96	379,51	79844,59	333,94	47,85	74756,13	312,66	70,19
	111	139313,13	340,45	121106,53	295,96	46,71	115226,64	281,59	61,80
desana	3	199475,2	328,41	162886,94	268,17	63,25	163665,79	269,45	61,90

	isolamento solai			isolamento pareti			pompa di calore		
	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	Δ kWh _p /m ² anno	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	Δ kWh _p /m ² anno	kWh _{gas}	kWh _{gas} /m ² anno	Δ kWh _p /m ² anno
	26526,69	299,74	136,64	29463,88	332,92	101,79	8192,27	92,57	227,35
	71783,22	304,85	155,61	83454,89	354,42	103,56	22423,80	95,27	245,15
	87898,28	262,07	38,18	74398,55	221,82	80,44	20554,26	61,28	165,05
	73240,2	275,48	91,40	78873,28	296,67	69,15	19769,65	74,36	200,71
	54927,45	145,22	63,95	56501,1	149,38	59,58	15995,65	42,29	114,09
	87096,36	251,8	72,77	75691,72	218,82	107,38	22775,24	65,84	177,81
	160741,25	188,13	62,03	159254,53	186,39	63,86	43434,66	50,84	136,55
	70837,17	224,03	94,08	84240,74	266,42	49,57	20334,30	64,31	173,68
	125970,41	248,27	32,71	104065,56	205,1	78,04	28999,60	57,15	155,08
	242660,86	231,99	40,40	205384,61	196,35	77,82	58125,99	55,57	149,51
	207058,09	201,22	25,78	165442,56	160,78	68,24	47583,68	46,24	125,16
	127448,62	288,02	48,21	107939,83	243,93	94,50	30257,14	68,38	185,16
	30366,09	257,25	100,84	30411,77	257,64	100,43	8768,27	74,28	191,19
	36951,3	211,49	85,06	43389,6	248,34	46,37	14246,49	81,54	109,80
	416959,76	262,24	27,17	355352,75	223,49	67,86	94575,28	59,48	158,58
	137351,04	224,98	41,00	115181,63	188,67	79,13	33065,14	54,16	146,16
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	204895,12	274,88	48,01	180567,05	242,24	82,28	49067,55	65,83	177,33
	42882,27	238,47	91,56	55357,9	307,85	18,71	12313,28	68,48	176,25
	49969,27	271,25	82,60	57000,59	309,42	42,53	13553,57	73,57	189,37
	76849,39	343,08	48,70	80363,11	358,76	32,22	19616,34	87,57	235,36
	75569,54	316,06	66,62	67984,57	284,33	99,93	18640,59	77,96	209,82
	111028,76	271,33	72,58	101177,53	247,26	97,85	28563,08	69,80	188,55
	174451,45	287,21	43,26	159100,52	261,94	69,79	40777,61	67,13	182,36

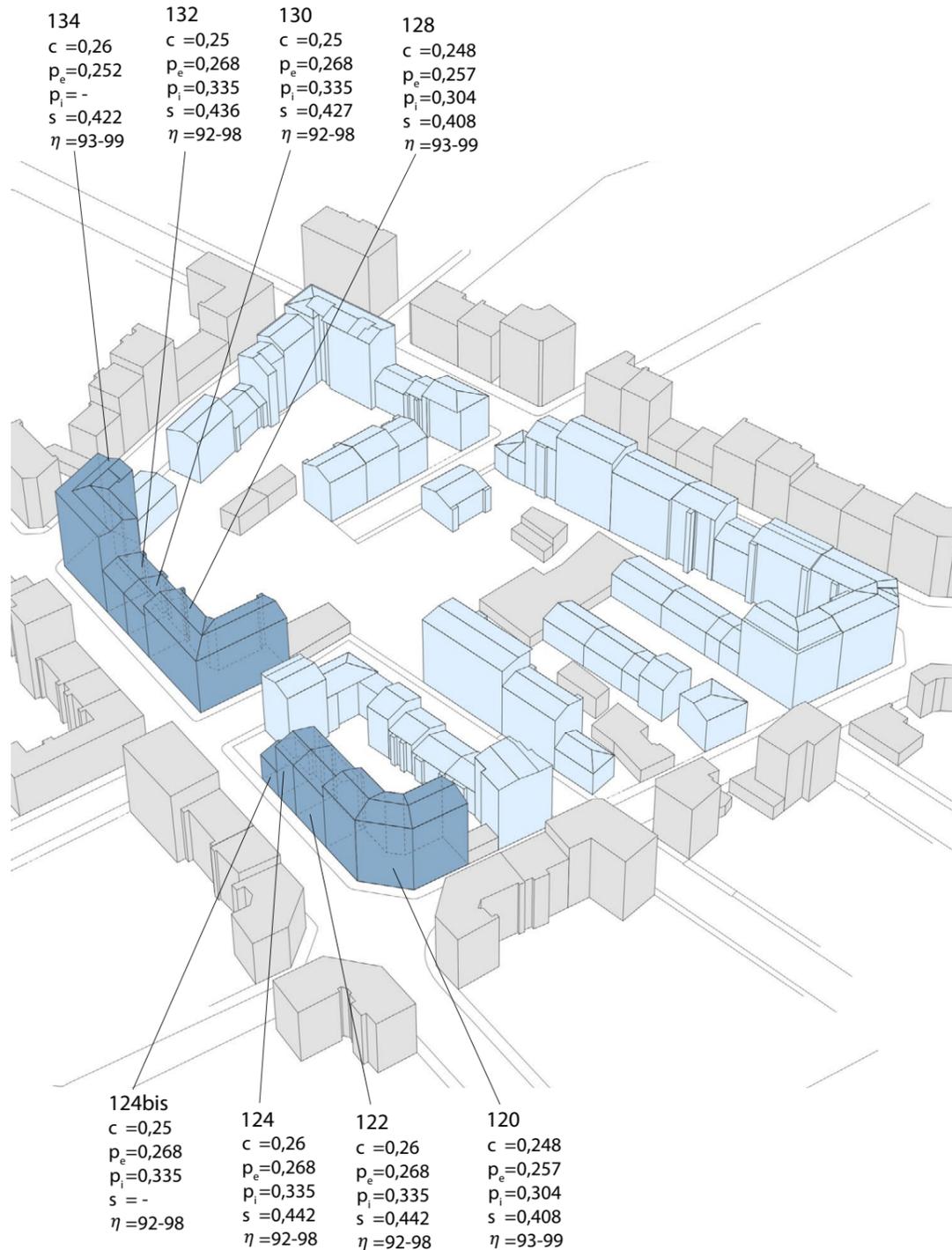
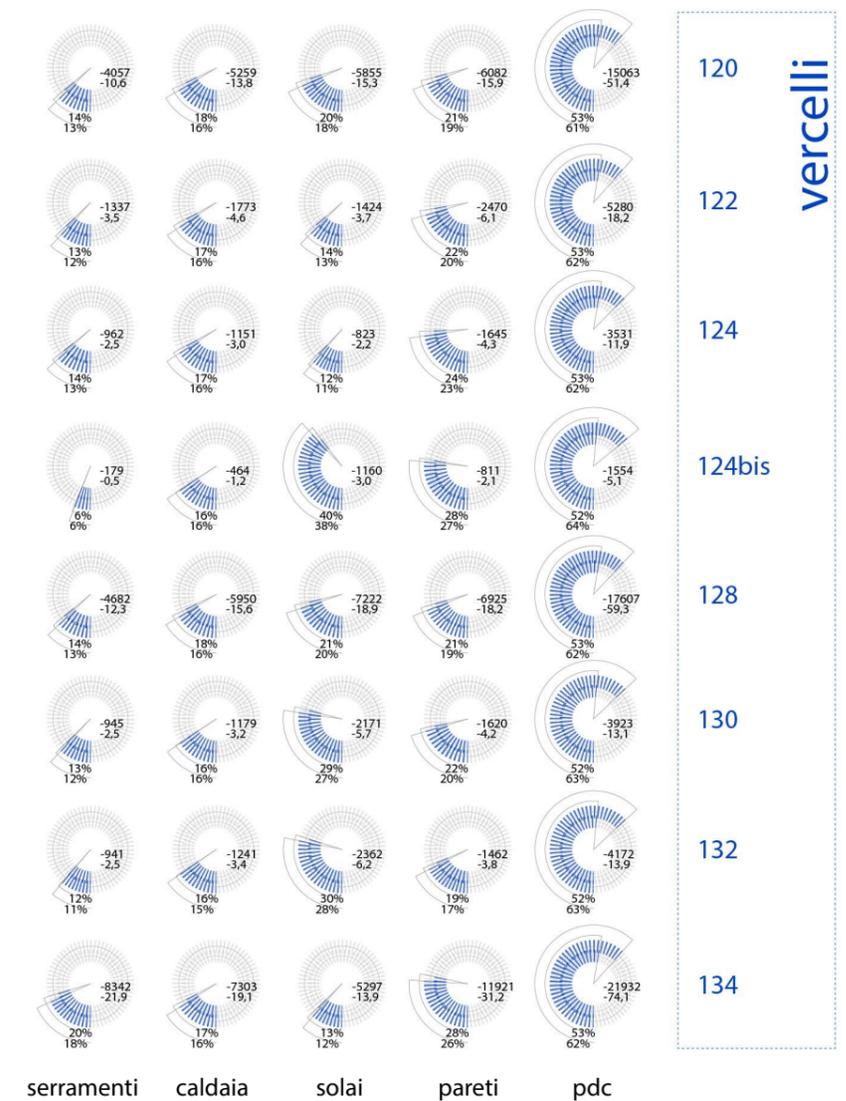


FIGURA 39_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*



*nella rappresentazione assonometrica vengono forniti i numeri civici degli edifici oltre che i coefficienti di trasmittanza termica raggiunta dai componenti opachi dell'involucro (W/m²K), ricordiamo che, per quanto riguarda i componenti trasparenti essi raggiungono un valore di trasmittanza termica di 1,39W/m²K.

c=copertura, p_e=parete con isolamento dall'esterno, p_i=parete con isolamento dall'interno, s=solaio inferiore, η=efficienza del generatore (%)

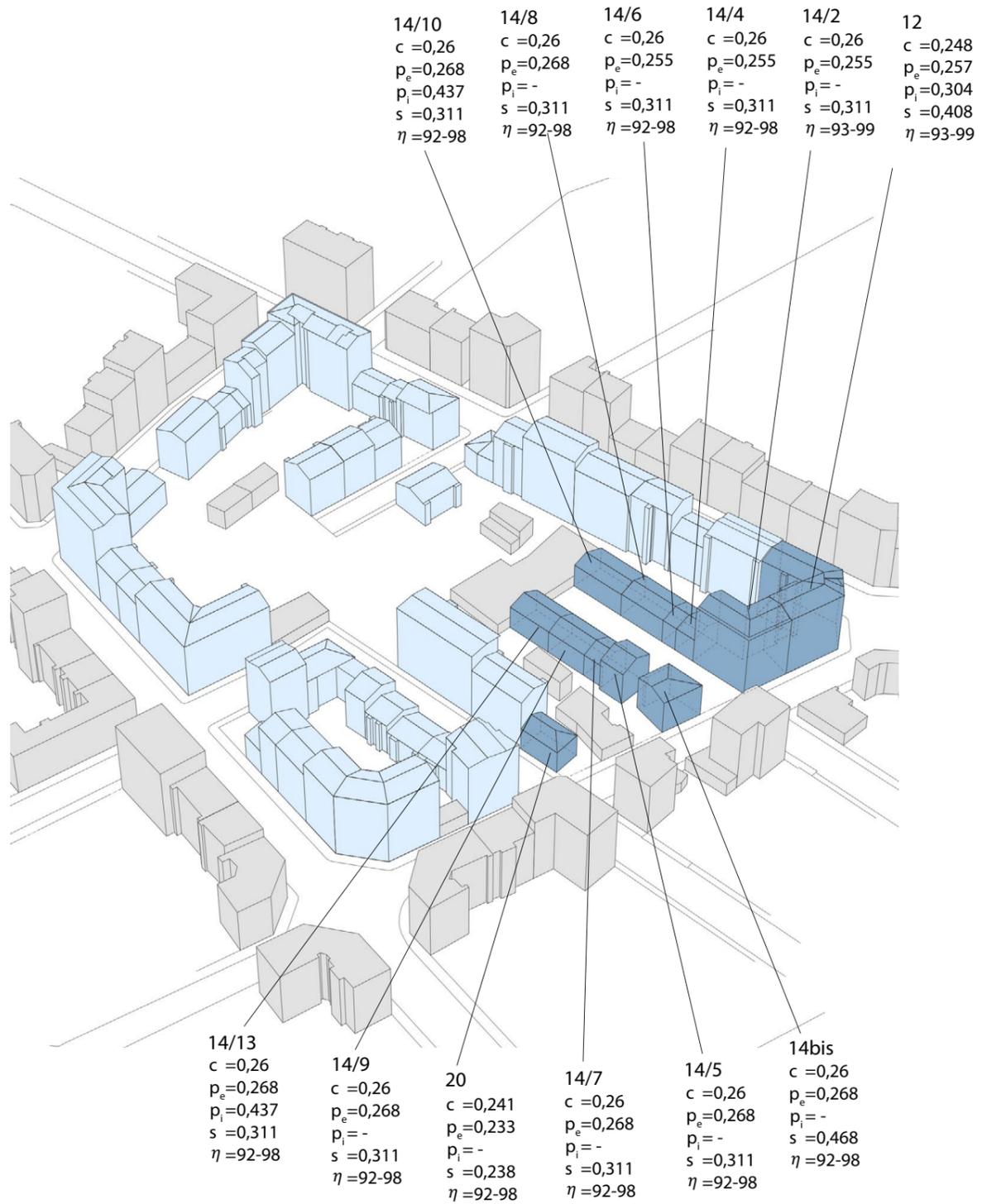
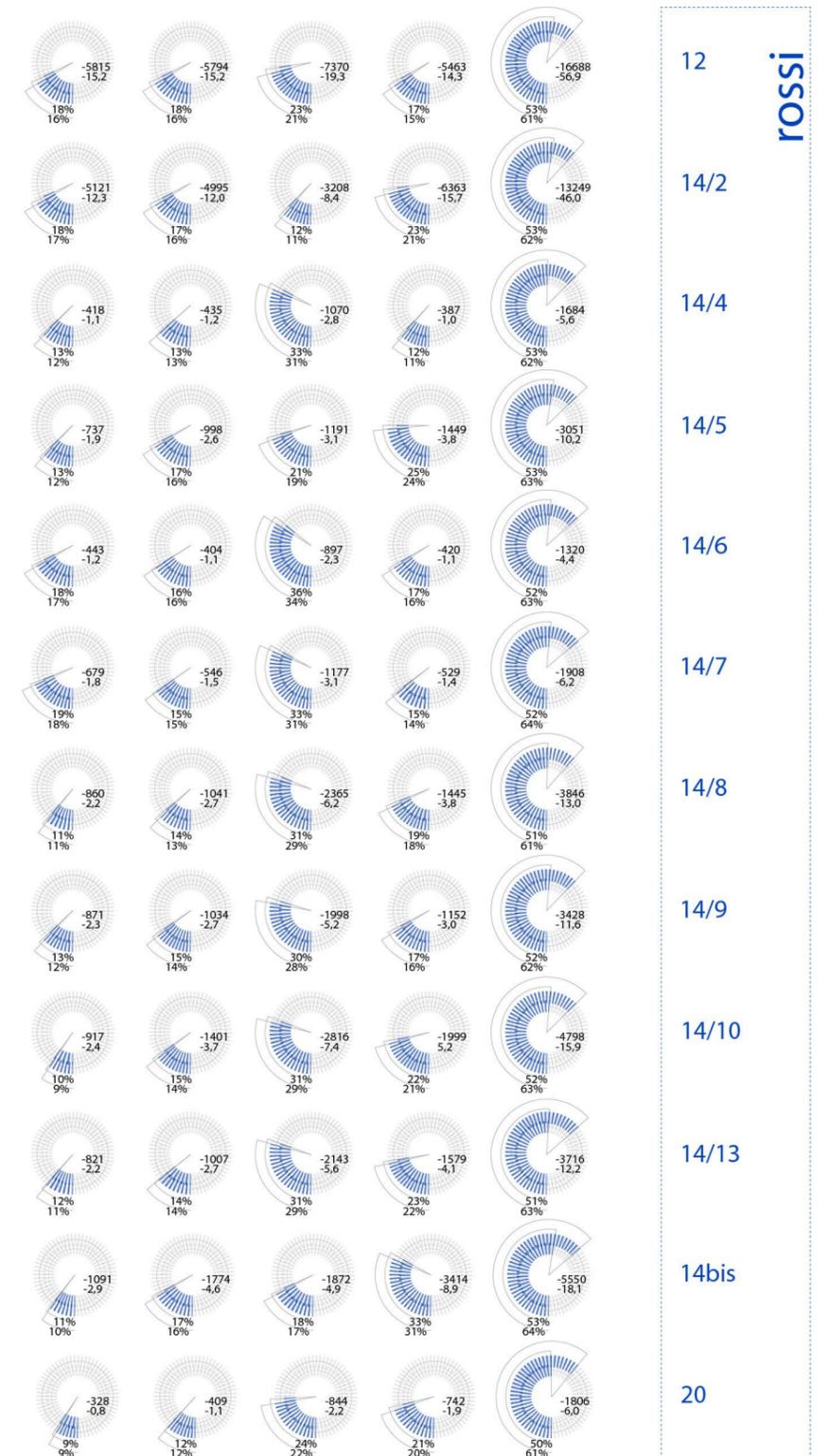


FIGURA 40_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*



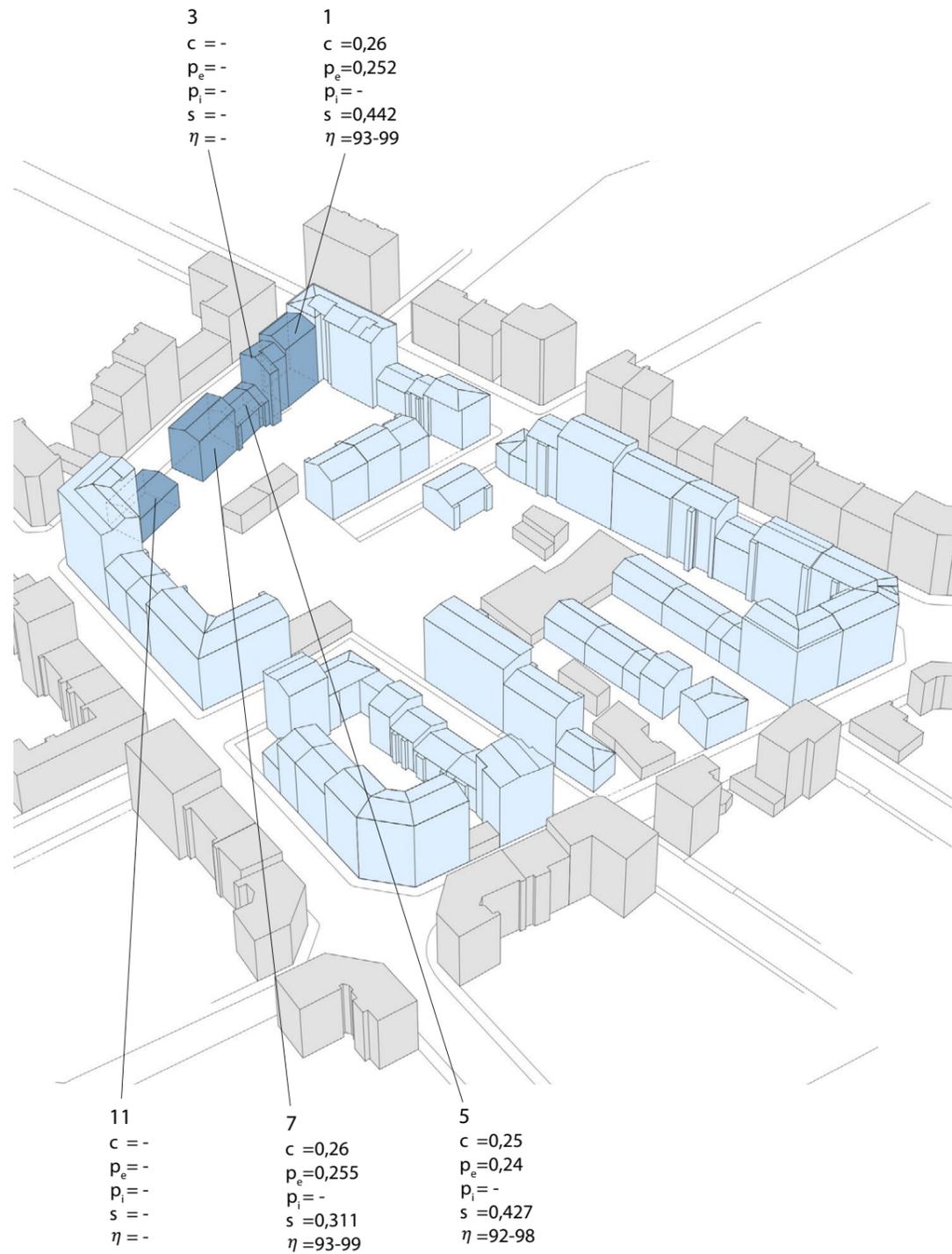
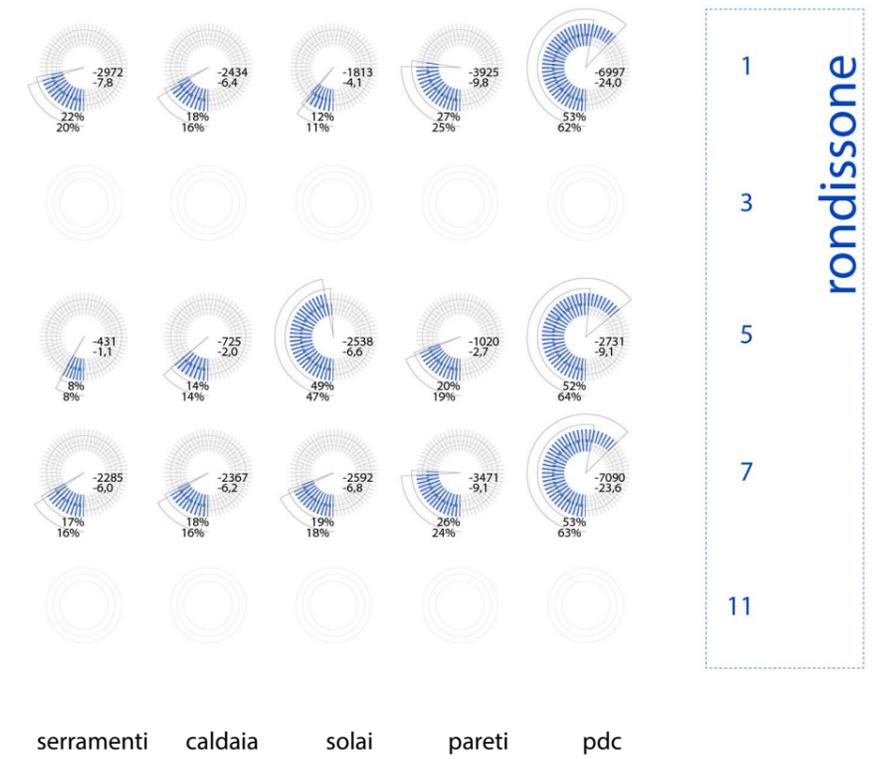


FIGURA 41_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*



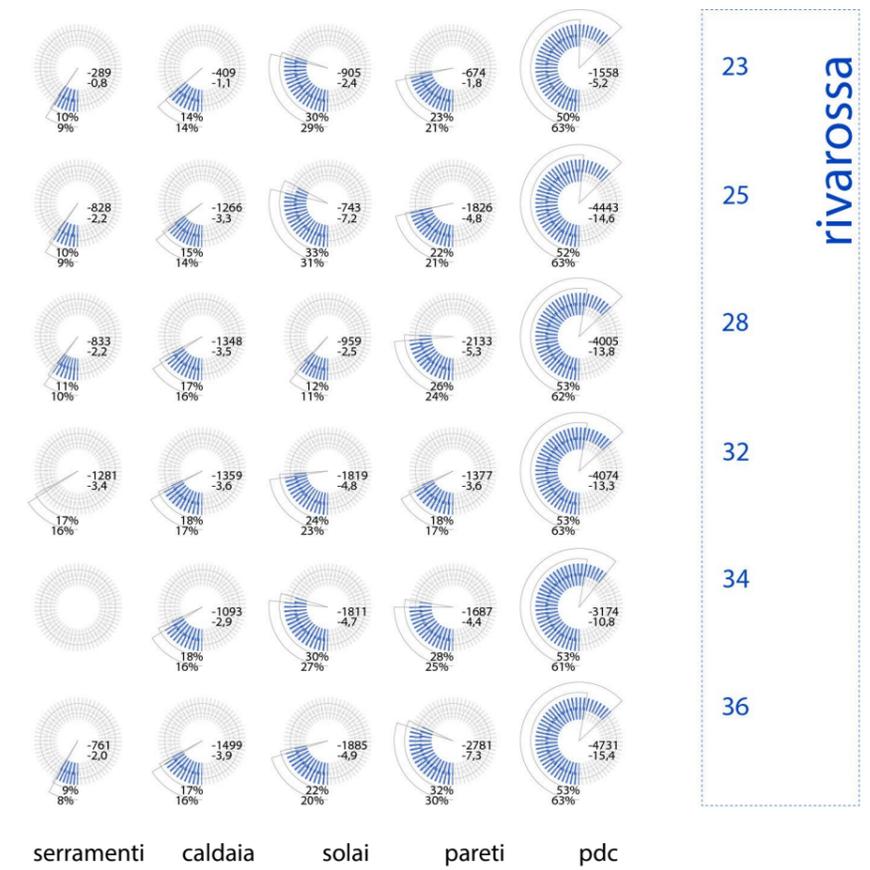
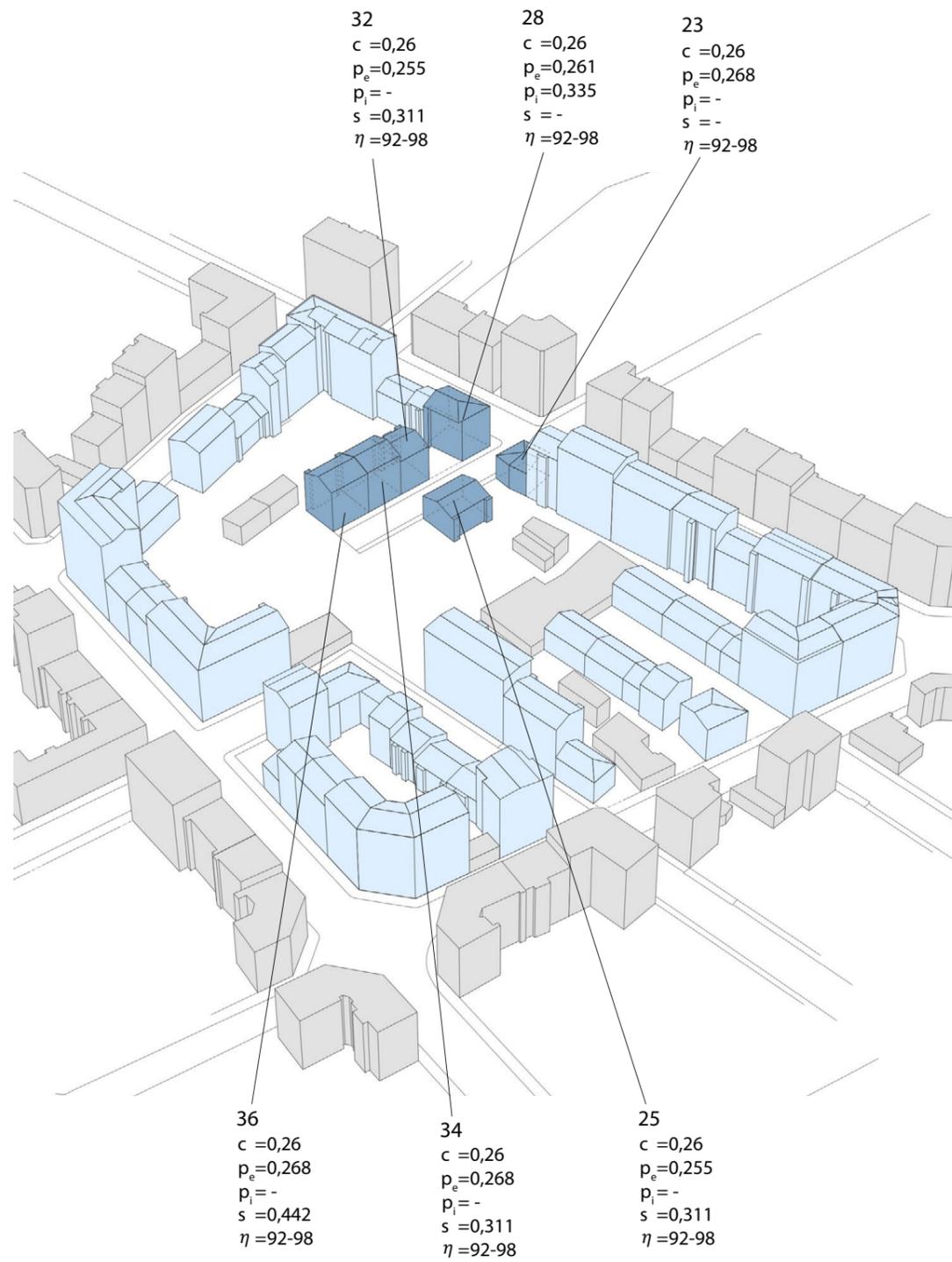


FIGURA 42_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*

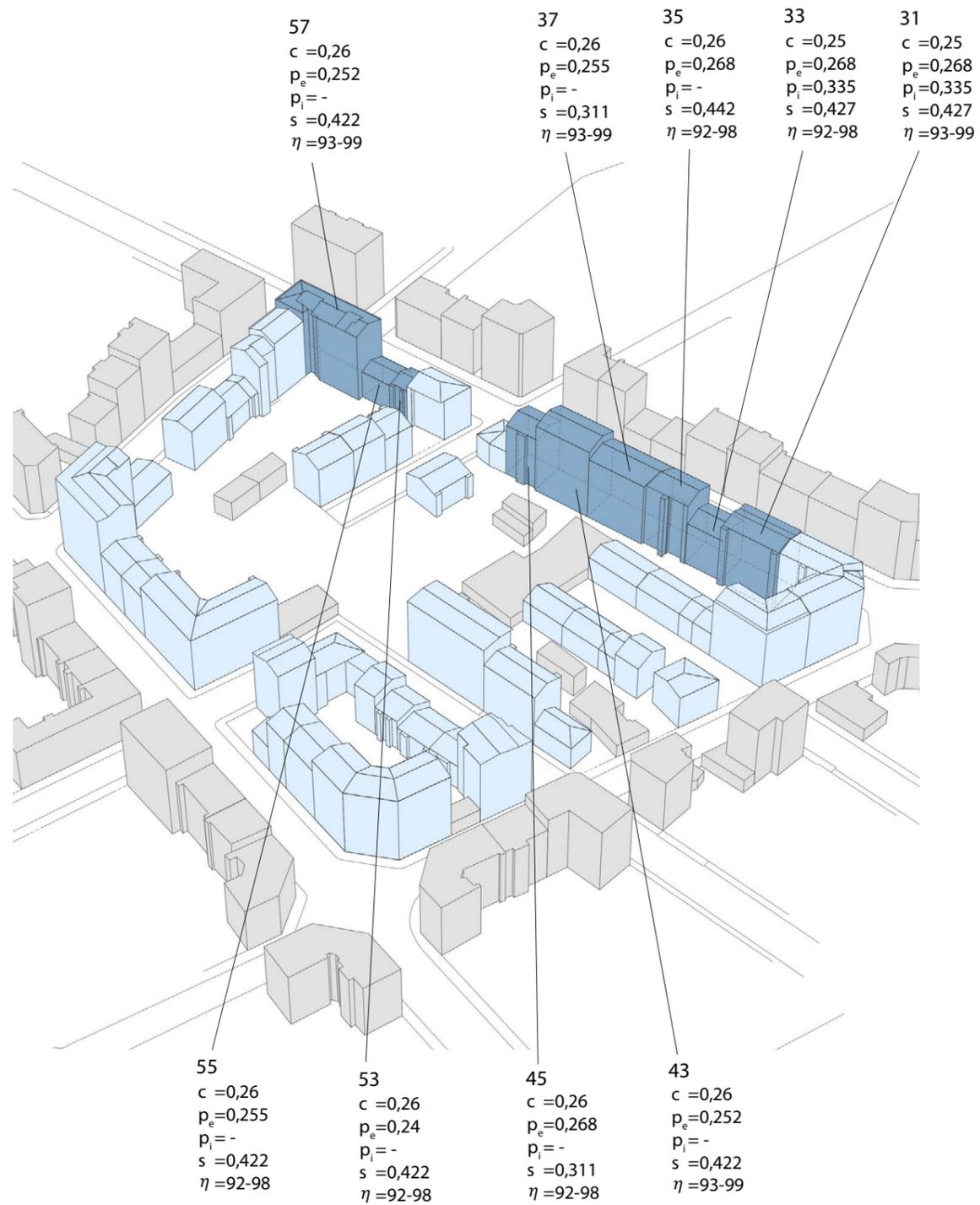
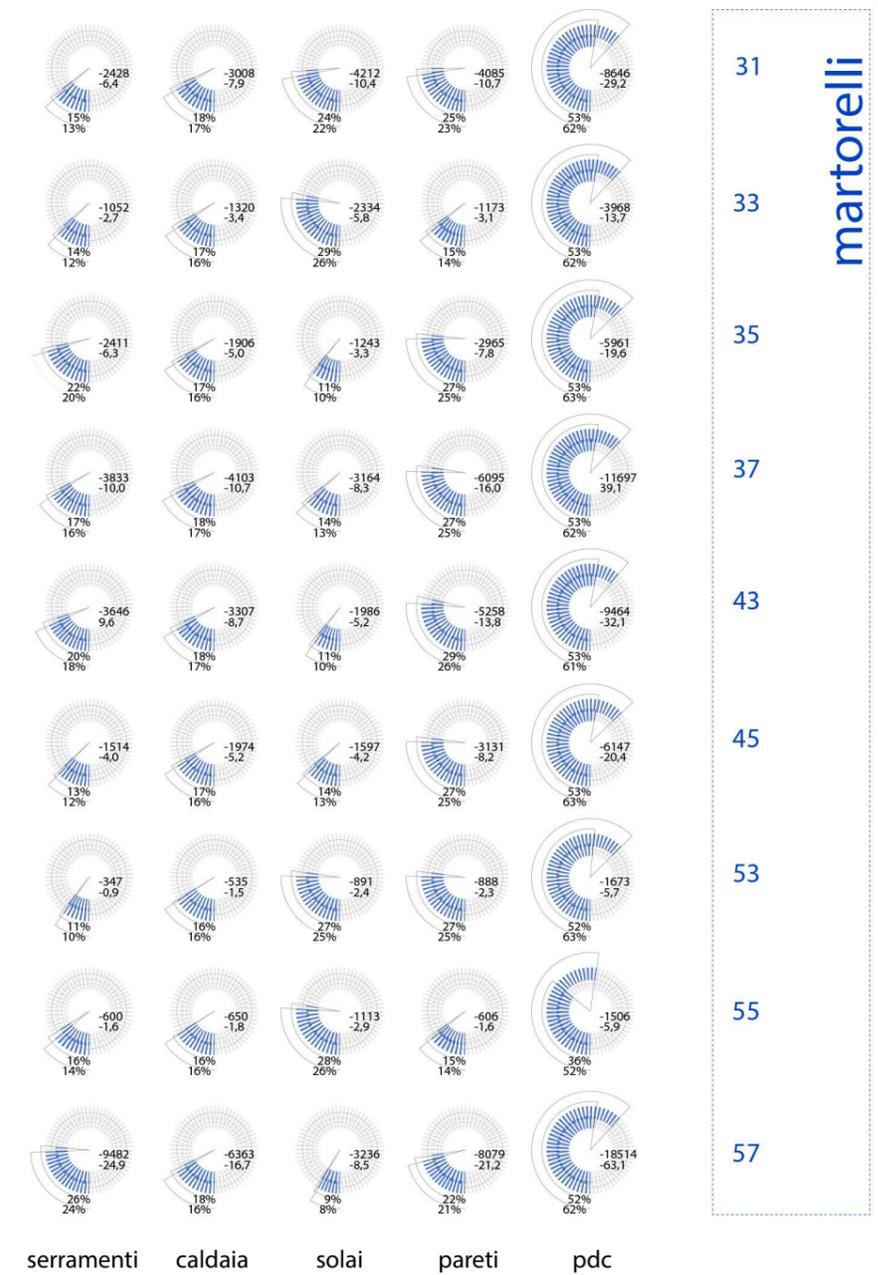


FIGURA 43_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*



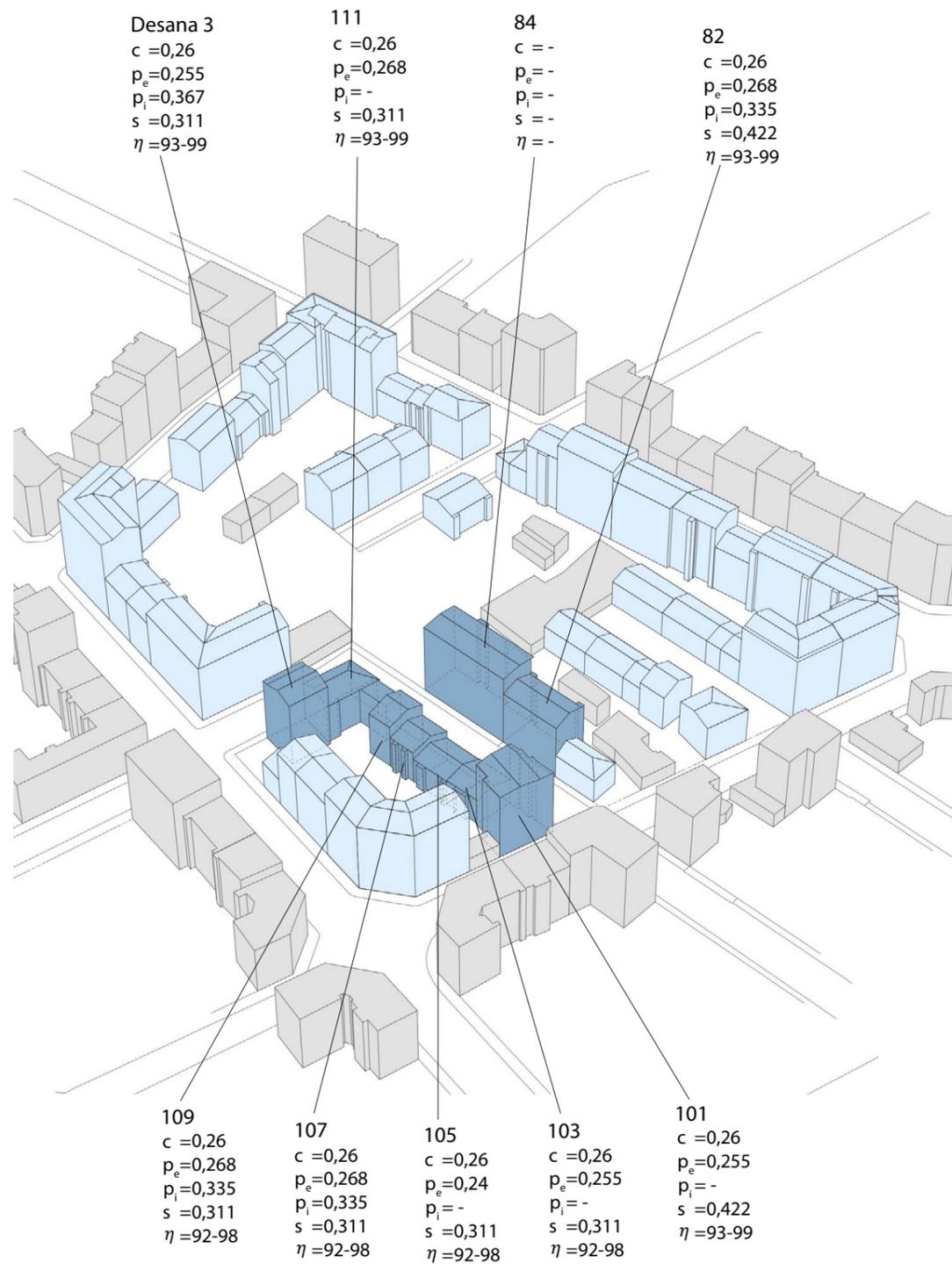
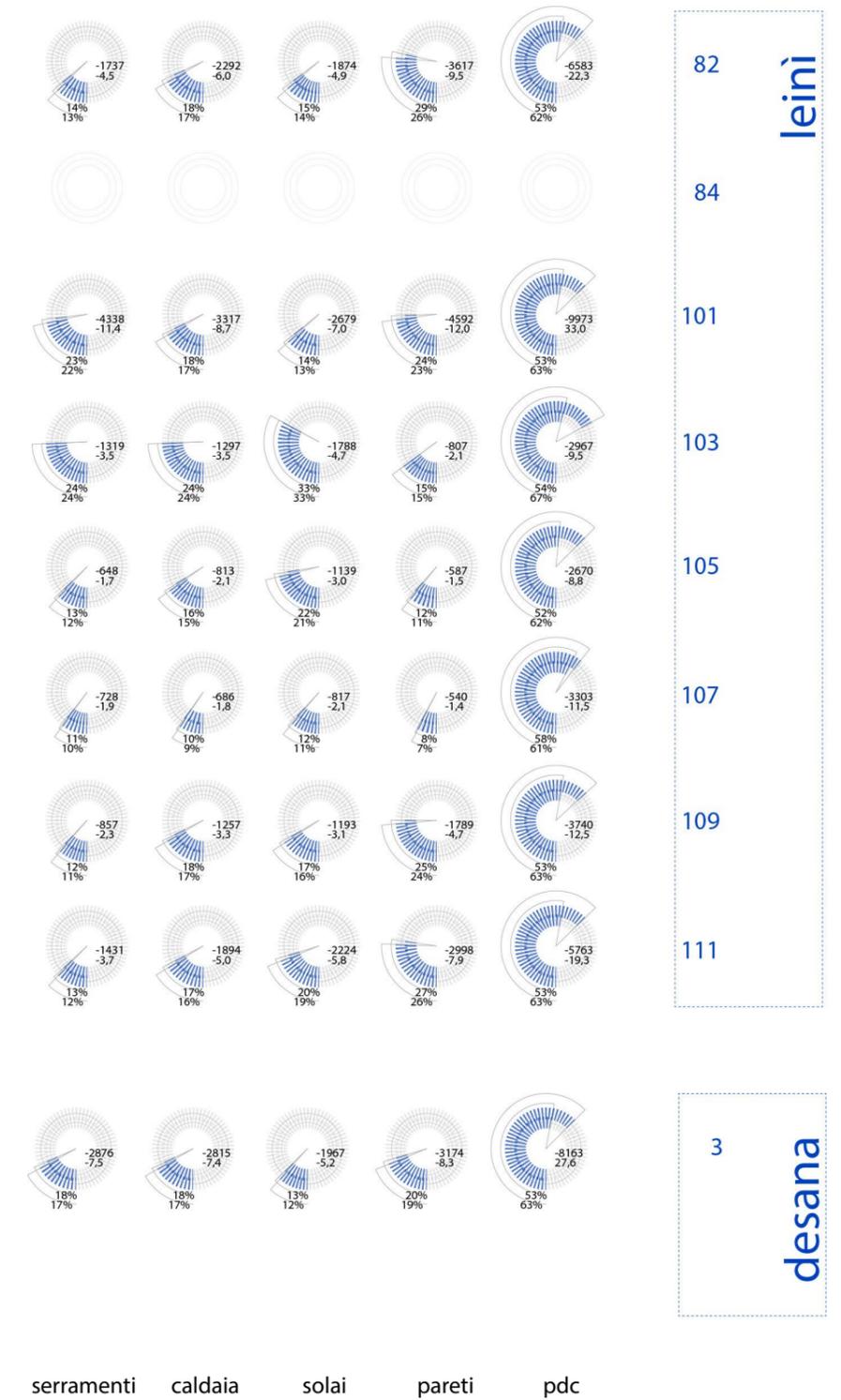


FIGURA 44_risparmi percentuali conseguiti in base all'intervento di retrofit proposto in termini di kWh/anno e di kgCO₂/anno, trasmittanze ed efficienza del generatore*



2f Interventi di ristrutturazione edile

Gli interventi volti all'aumento della qualità estetico-funzionale sono, come detto in precedenza, la sostituzione completa della cucina, il rifacimento di un bagno (compreso anche il rifacimento del rivestimento ceramico), il ritinteggiamento di tutti gli ambienti dell'abitazione e la sostituzione dei pavimenti.

Le voci di capitolato considerate sono così definite:

cucina	codici
fornitura e posa in opera di cucina a gas, lavello, lavastoviglie, frigo e frizer	05.P74.A55.005
	01.P22.A25.005
	05.P64.F75.005
	05.P64.G80.005
	01.A19.G10.015
bagno	
fornitura e posa in opera di vaso, bidet, lavabo, colonna lavabo, piatto doccia, box doccia, rimozione dei sanitari esistenti e posa in opera dei nuovi	01.P22.A60.015
	01.P22.A49.005
	01.P22.A10.020
	01.P22.A12.005
	01.P22.A12.005
	01.P22.T15.005
	01.A19.E60.005
	01.A19.G10.005
	01.A19.G10.060
	01.A19.G10.110
01.A19.G10.165	
fornitura di piastrelle 15x15, rimozione piastrelle esistenti, posa in opera a parete, posa in opera a pavimento	01.P11.A30.010
	01.A02.B50.010
	01.A12.G00.005
	01.A12.B70.005
tinteggiamento e pavimenti	
fornitura di piastrelle 20x20, rimozione piastrelle esistenti, posa in opera a pavimento,	01.P07.B40.005
	01.A02.B50.010
	01.A12.B70.005
Pittura coprente in 2 mani	03.A10.C04.005

tabella 20_voci di capitolato per misure di ristrutturazione edilizia prese in considerazione nell'analisi

Fonte: [regione Piemonte]

2g Incentivi

Il quadro incentivante per le riqualificazioni energetiche è normato dalla legge di bilancio, e la validità ed entità delle misure è prorogata di anno in anno.

Gli incentivi si traducono nella detrazione dalle imposte Irpef ed Ires per un ammontare definito in percentuale a seconda del tipo di intervento eseguito, e di un massimale incentivabile dipendente, nuovamente, dalla tipologia stessa dell'intervento [MEF, 2017].

Si può, quindi, accedere ad una agevolazione percentuale che va dal 50% al 65% per gli interventi di riqualificazione energetica; sono, in particolare, incentivati al 65% gli interventi sugli impianti con sostituzione dei sistemi di generazione con caldaie a condensazione o sistemi a pompa di calore, oppure interessanti le parti opache degli edifici esistenti; sono invece incentivati al 50% la sostituzione degli infissi o l'installazione di moduli fotovoltaici.

All'interno di queste misure, caso a parte è costituito dagli interventi che interessano le parti comuni degli edifici condominiali che vedono la percentuale incentivabile dell'intervento aumentare fino al 70% e 75% se, rispettivamente, l'intervento interessa più del 25% dell'involucro, e se la miglioria interessa le prestazioni sia invernali che estive*.

Misura ulteriore è la possibilità di cedere il credito ai fornitori degli interventi o ad altri privati; questa ha anche lo scopo di permettere la fruizione completa dell'incentivo che, per i redditi più bassi soprattutto, può avere delle potenzialità maggiori rispetto alla detrazione effettuabile dai contribuenti che si posizionano nelle fasce di reddito meno elevate (la misura dell'incentivazione è infatti una misura regressiva, nel senso che chi dispone di un reddito maggiore trae da essa i benefici maggiori come si può vedere in figura) [MEF, 2017].

Allo stesso modo, anche le ristrutturazioni degli edifici esistenti senza miglioramento energetico degli stessi è incentivato per il 50% dell'entità dell'investimento.

La quota detratta può essere ratealizzata su un periodo massimo di 10 anni per entrambe le categorie di intervento e lo stesso vale per il credito ceduto nel caso di riqualificazione energetica.

*nota: le percentuali utilizzate nel questionario fanno riferimento a quelle fornite dall'Agenzia delle Entrate alle date di compilazione delle stesso

Ulteriore forma incentivante è, come già descritto in precedenza, la riduzione dell'IVA ad un'aliquota del 10% per le opere edili e la fornitura di materiali per un valore non eccedente il valore della manodopera impiegata.

L'effetto delle incentivazioni come propulsore degli interventi di ristrutturazione edilizia e riqualificazione energetica è tema dibattuto in letteratura e non trova un consenso univoco.

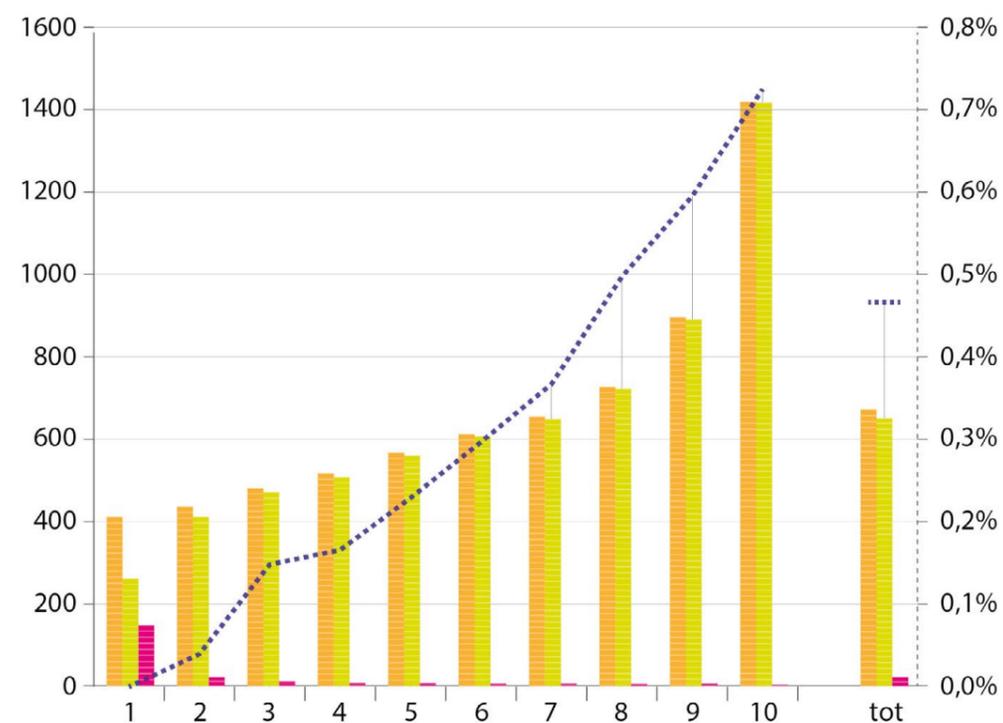


FIGURA 45 (linea tratteggiata) Incidenza (in percentuale) sul reddito disponibile delle detrazioni per ristrutturazioni edilizie e riqualificazione energetica, per decimi di reddito equivalente. (istogramma) Importo detraibile, detrazione effettivamente fruita e incapienza per decimi di reddito, anno 2014; l'incapienza è la differenza tra l'importo detraibile e la detrazione effettivamente fruita, questa figura dà un'idea del concetto di regressività (da leggersi in antitesi al concetto di progressività del sistema contributivo) e, cioè, della maggiore capacità di beneficiare degli incentivi da parte dei soggetti più abbienti
Fonte: [MEF,2017]

Il report "Immobili in Italia; Ricchezza, reddito e fiscalità immobiliare", ad esempio, nell'analizzare gli effetti di tali misure, fa riferimento ad una serie di studi dall'esito contraddittorio; si può citare, in particolare, uno studio di Alberini et al del 2013, in cui nel valutare gli incentivi alla sostituzione del generatore di calore o degli infissi, questi ultimi abbiano efficacia maggiore (cfr. dati ENEA capitolo 2), mentre, sempre nel contesto italiano, Berton e Cavallari [2013] analizzano gli effetti della normativa sull'incentivazione in merito alle ristrutturazioni edilizie dal 2003 sul numero di permessi di costruzione.

Il report conduce, poi, una analisi econometrica sui fattori che influenzano la probabilità di ristrutturare concentrandosi, tra gli altri, sull'aumento della percentuale incentivabile per le ristrutturazioni edilizie, passata dal 36% al 50%, notando come essa abbia avuto un effetto positivo e statisticamente significativo sull'aumento di tale probabilità, oltre che sull'emersione della base imponibile e il conseguente aumento del gettito tributario.

Il report nota come i fattori determinanti il benessere economico influenzino tale probabilità.

Nelle tabelle sottostanti, in particolare, vengono riportate le probabilità di intraprendere una ristrutturazione in base alla quota di consumo di beni alimentari e alla capacità economica di sostenere consumi non alimentari non durevoli, due parametri di segno opposto nel determinare il benessere economico di un individuo (il primo determina un livello elevato di benessere se si rivela contenuto, il secondo, all'opposto, è direttamente proporzionale al benessere).

Ciò conferma quanto detto a proposito della capacità di beneficiare del sistema degli incentivi.

E', inoltre, interessante porre l'accento su un altro aspetto evidenziato da questo documento, e, cioè, il fatto che la propensione ad attuare misure di recupero degli immobili è inversamente proporzionale alle dimensioni dell'abitazione stessa; questo può essere visto come una conferma dell'esborso iniziale come barriera all'intervento (edifici più grandi presuppongono un costo complessivo maggiore).

Il parallelo con quanto detto nel capitolo 1 è tracciato testualmente nel report: "Per le riqualificazioni energetiche sono state individuate numerose «barriere» che impediscono ai consumatori di effettuare interventi. Fra

queste troviamo gli alti costi di realizzazione e le asimmetrie informative [Murphy L.C e Meier F.M, 2011]; tali barriere sono presenti anche per le ristrutturazioni edilizie. Inoltre i consumatori tendono a dare maggior peso ai risparmi attuali piuttosto che a eventuali risparmi futuri, quindi sulla base della teoria delle scelte del consumatore si può affermare che le ristrutturazioni ricadono nella categoria dei beni voluttuari, per i quali l'elasticità al reddito (e al prezzo) è relativamente alta" [MEF, 2017].

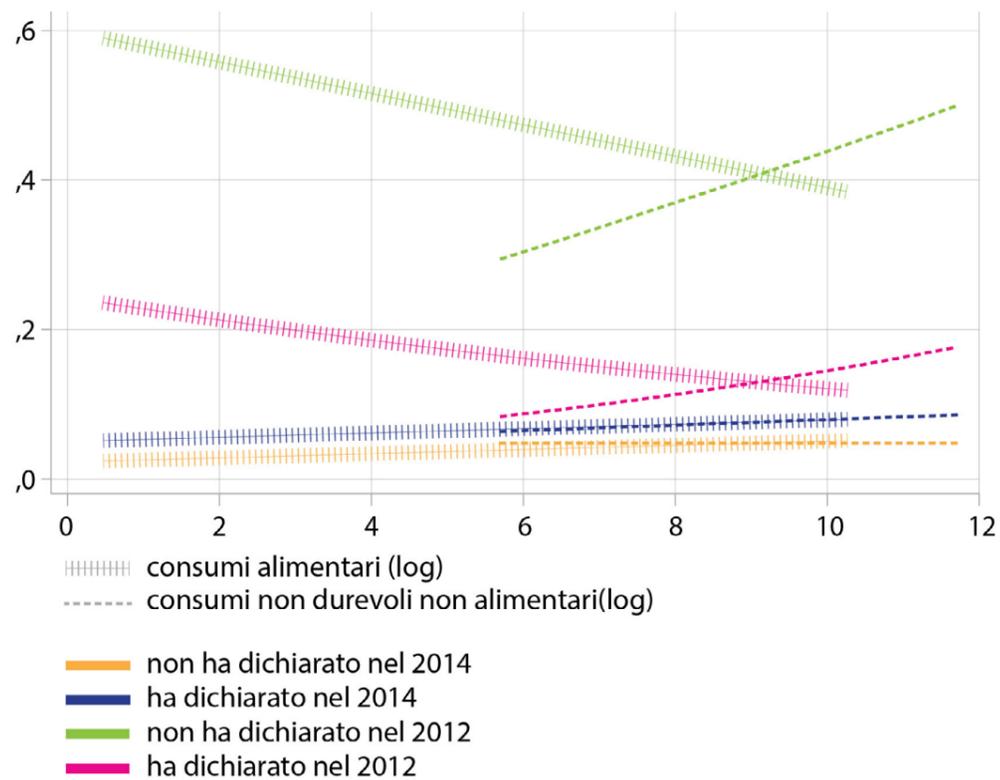


FIGURA 46_probabilità di ristrutturare in base ai due indicatori del benessere dei consumi alimentari e dei consumi non durevoli non alimentari
Fonte: [MEF, 2017]

Nella pagina a fianco

TABELLA 21_costi totali e riferiti all'appartamento ipotetico per le varie misure di retrofit energetico

3 L'appartamento ideale ed il Choice Set

Per valutare le preferenze dell'individuo riguardo i possibili interventi da eseguire, è stato necessario definire un appartamento generico all'interno dell'area, di cui il rispondente si sarebbe dovuto immaginare proprietario. Si è, pertanto, definito un appartamento ideale partendo dai dati medi riscontrati nell'area di analisi, e cioè un appartamento di circa 75 metri quadrati in condominio, situato genericamente nell'area, costruito precedentemente agli anni '70, in condizioni mediocri, servito da un impianto di riscaldamento centralizzato.

Sono stati calcolati costi e risparmi specifici, dividendo, cioè, i valori accorpatis per il totale di m2 residenziali dell'area, moltiplicandoli, poi, per la superficie dell'appartamento tipo; i costi dell'attributo estetico-funzionale, invece, sono stati calcolati direttamente sull'appartamento fittizio, senza calcolare il costo aggregato su tutta l'area residenziale.

Di seguito si riportano i dati relativi all'appartamento sopra citato e l'iter seguito per ricavarli.

Dimensione appartamento:

totale SUarea residenziale = 25583,97 m2

totale UI = 347 unità

da cui

$25583,97/347 = 73,729 \text{ m}^2$

la superficie netta dell'appartamento medio viene quindi approssimata a 75 m2

intervento	costo di intervento		
	totale (€)	specifico (€/m ²)	app. ipotetico (€)
sost serramenti	1192682,32	46,61	3411,12
sost caldaia	368642,07	14,40	1054,08
pv panels	261473,31	10,22	748,10
isol solai	573956,97	22,43	1639,68
isol pareti	1142782,61	44,66	3264,72

Per quanto riguarda il livello "pompa di calore" si è ritenuto necessario operare una semplificazione, in quanto, l'utilizzo di tale tecnologia in maniera isolata, oltre ad essere poco efficiente, risulta in potenze installate poco credibili e difficilmente integrabili con l'esistente, si è quindi ipotizzato un costo 10 volte superiore all'installazione di una caldaia di pari potenza (analogia effettuata con riferimento al prezzario regionale)

I livelli dell'attributo estetico-funzionale, tenendo conto di quanto specificato in precedenza, sono così definiti:

intervento	costo di intervento (€)
sost cucina	4940,4
rif bagno	3588,3
tint&pav	8063,3

TABELLA 22_costi per gli interventi di ristrutturazione edilizia riferiti all'appartamento ipotetico

Ogni intervento viene poi corredato con un'etichetta recante i risparmi conseguiti in termini di costo del vettore energetico impiegato, CO2 non emessa, litri di carburante (benzina) equivalenti, oltre che dalla percentuale del costo di investimento incentivata e dell'ammontare incentivabile nel lasso temporale specifico.

Il dato riportato nel questionario è frutto della media pesata, riferita al m2, dei rispettivi risparmi in termini economici e di emissioni realizzati per ognuno degli interventi ipotizzati negli edifici oggetto di analisi.

La spesa energetica è stata calcolata convertendo i kWh/anno consumati, in metri cubi standard di gas naturale secondo un fattore di 9,6 (ogni metro cubo standard produce 9,6 kWh) ed è stata poi applicata la tariffazione fornita dall'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente (ARERA) [<https://www.arera.it/prezzi.htm>] in accordo con le fasce di consumo, ipotizzate dividendo la quantità totale di kWh consumati per il numero stimato di unità immobiliari di ciascun edificio.

Stessa cosa è stata fatta per i costi energetici relativi al consumo elettrico, attingendo dai dati forniti dalla stessa Autorità.

Una volta calcolati i consumi relativi all'appartamento tipo, moltiplicando i consumi al metro quadro per l'estensione dello stesso, si è calcolata la contestuale riduzione in termini di anidride carbonica considerando una produzione di 0,206 kg di CO2 per ogni kWh gas consumato e 0,33 kg di CO2 per ogni kWh generato sfruttando il vettore elettrico [ISPRA 2017]. Infine, è stata calcolata l'equivalenza dell'ammontare della CO2 prodotta con quello prodotto da un litro di benzina, considerando la produzione di 2,3 kg di CO2 per ogni litro di carburante consumato.

intervento	risparmio			incentivazione*	
	costo energia (€)	CO ₂ (kg/anno)	carburante (l)	(%)	(€)**
sost serramenti	256,2	671,57	291,99	50	1705
sost caldaia	270,84	709,95	308,67	65	682
inst pdc	812,52	2734,19	1188,78	65	6852
sost cucina	0	0	0	50	2479
rif bagno	0	0	0	50	1795
tint&pav	0	0	0	50	4030
PVpanels	43,92	14,52	6,31	50	375
isol solai	300,12	786,71	342,05	70	1148
isol pareti	366	959,40	417,13	70	2282

*l'ammontare incentivabile del costo di investimento riportato si riferisce al costo arrotondato all'unità fornito nei questionari
**l'ammontare incentivabile è da considerarsi distribuito in 10 anni

TABELLA 23_sommario dei risparmi energetici e di emissioni di anidride carbonica per le diverse misure proposte, i risparmi sono anche espressi in litri equivalenti di carburante non consumati. Sono forniti anche i valori dell'incentivazione per le diverse misure

1 ENERGETICO Pompa di calore	2 ESTETICO Bagno	3 CONDOMINIALE Fotovoltaico	4 STATO DI FATTO
Sostituzione della caldaia condominiale con un generatore alimentato ad energia elettrica.	Sostituzione di tutti i sanitari (wc, bidet, lavabo, doccia, rubinetteria) e rifacimento del rivestimento in piastrelle	Installazione di un impianto fotovoltaico sul tetto dell'edificio per la produzione di energia e ridurre i costi per l'energia elettrica condominiale.	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 10540 €	costo intervento 3590 €	costo intervento 750 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 812 €/anno CO ₂ non emessa: 2734 kg/anno (equivalenti a 1189 litri di benzina) Intervento scaricabile al 65% (6852 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (1795 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 44 €/anno CO ₂ non emessa: 14 kg/anno (equivalenti a 6 litri di benzina) Intervento scaricabile al 50% (375 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

FIGURA 47_ esempio di Choice Set come presentato agli intervistati

Nella pagina a fianco
FIGURA 48_ percentuali di intervistati proprietari ed affittuari e loro genere

4 Risultati di frequenza

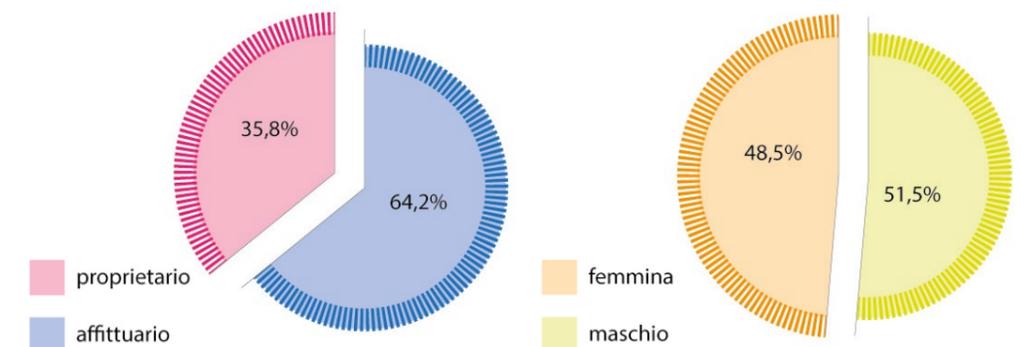
I tre questionari sono stati sottoposti, tra i mesi di gennaio e febbraio 2018, ad un numero totale di 138 rispondenti (al netto dei questionari scartati perché incompleti in modo pregiudiziale alla raccolta di dati consistenti) attraverso sia la piattaforma online Google Form, sia attraverso la somministrazione sul campo in formato cartaceo.

In particolare, per quanto riguarda la somministrazione sul campo, si è scelto di concentrarsi nel quartiere di Barriera di Milano ove insiste l'area d'esame; questo per riuscire a intercettare un numero maggiore di individui che potessero avere familiarità con la zona e, quindi, fornire dati consistenti anche sull'area: è infatti possibile che, una scarsa preferibilità degli interventi volti ad aumentare la qualità degli immobili posti in zone periferiche, denoti una possibile tendenza a preferire soluzioni alternative quali potrebbero essere, ad esempio, la possibilità di variare la locazione della stessa proprietà.

Risposte ad interrogativi di tale tipo risultano difficilmente analizzabili in questo contesto e presupporrebbero un'estensione dello studio di gran lunga maggiore di quello in esame.

Il campione di rispondenti si compone di 67 individui di sesso femminile e 71 maschile, in età compresa tra i 23 e 82 anni; tra di essi vi sono 88 proprietari dell'abitazione in cui risiedono e 49 affittuari. La maggior parte degli intervistati risiede nella circoscrizione 6 di cui fa parte l'area oggetto di analisi (55 rispondenti pari al 39,9% degli intervistati).

Di seguito si fornisce un estratto dei dati socioeconomici ricavati.



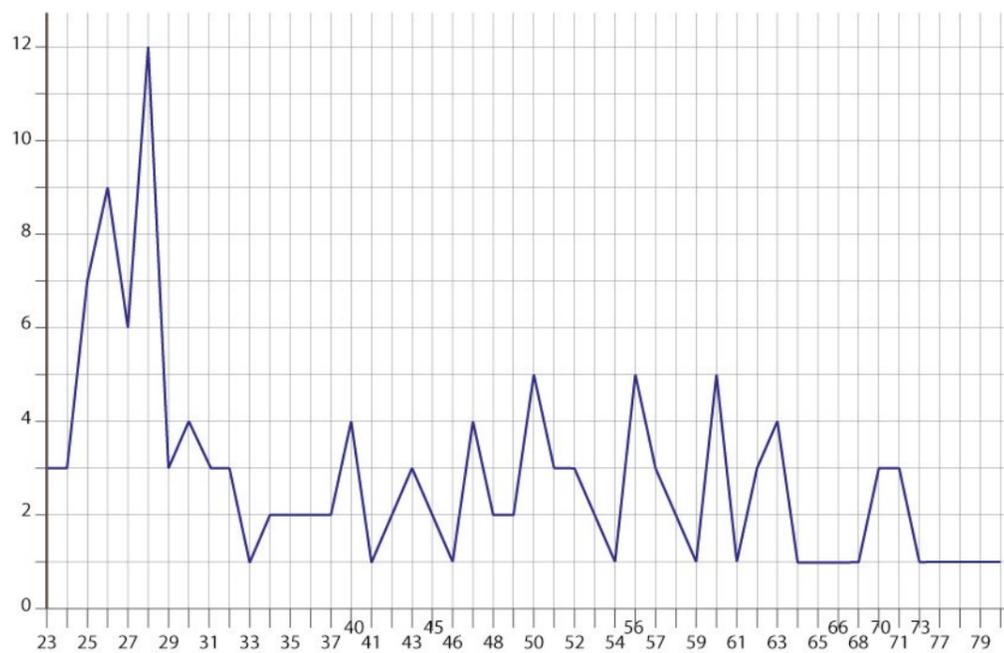


FIGURA 49_frequenza dell'età dei rispondenti

livello istruzione	frequenza	percentuale
elementare	2	1,4
media	21	15,2
superiore	53	38,4
laurea	56	40,6
master/phd	5	3,6
mancante	1	0,7
totale	138	100

TABELLA 24_livello di istruzione dei rispondenti

Nella pagina a fianco
TABELLA 25_frequenza della categoria di reddito e tavola di contingenza reddito-numero di componenti del nucleo familiare

Possiamo notare come il campione non si discosti molto dalla media del reddito (dipendente e non) piemontese e, comunque, appartenga ad una fascia medio-bassa: analizzando il reddito per nucleo familiare, più di 100 rispondenti dichiarano un reddito mensile inferiore ai 3000€, considerando due lavoratori nel nucleo familiare (a parte, ovviamente i casi in cui si attesta un nucleo familiare mono-individuo), questo si pone al di sotto del reddito pro-capite mensile piemontese. [14] (probabilmente non è il caso dei dati in esame ma è interessante ricordare la propensione, analizzata in altri studi, dei rispondenti italiani all'under reporting e cioè a sottostimare le proprie entrate economiche quando intervistati [Albarea A. et al 2018])

reddito	frequenza	percentuale
<1500	50	36,2
1500-3000	53	38,4
3000-4500	10	7,2
4500-6000	3	2,2
>6000	2	1,4
non risponde	17	12,3
mancante	3	2,2
totale	138	100

reddito	componenti nucleo familiare						totale
	1	2	3	4	5	7	
<1500	15	19	10	3	1	0	48
1500-3000	2	21	12	16	1	1	53
3000-4500	0	4	3	1	1	0	9
4500-6000	0	0	0	3	0	0	3
>6000	0	0	1	0	0	1	2
non risponde	3	9	2	3	0	0	17
totale	20	53	28	26	3	2	132

Quasi la metà degli intervistati risiede in una costruzione edificata tra il 1921 ed il 1975; il dato aggregato restituisce un patrimonio edilizio abbastanza datato anche se non completamente allineato con le medie (Tabula p7), questo è facilmente spiegabile data la zona in cui insiste l'area presa in esame.

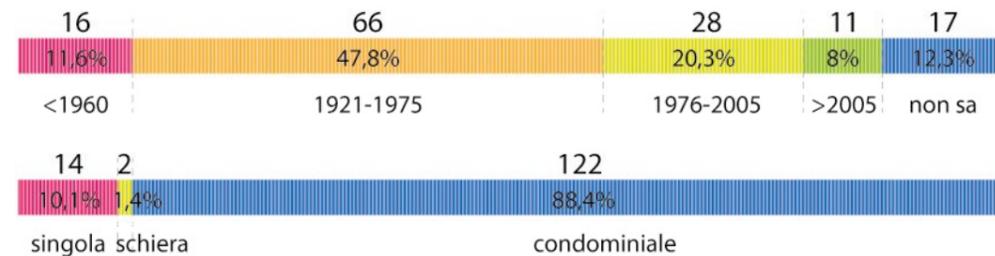


FIGURA 50_frequenza delle epoche di costruzione e delle tipologie edilizie delle abitazioni dei rispondenti

reddito	frequenza	percentuale
A o migliore	5	3,6
B	4	2,9
C	3	2,2
D	6	4,3
E	5	3,6
F	3	2,2
G	4	2,9
non sa	89	64,5
non presente	18	13,0
mancante	1	0,7
totale	138	100

TABELLA 26_classe energetica delle abitazioni dei rispondenti

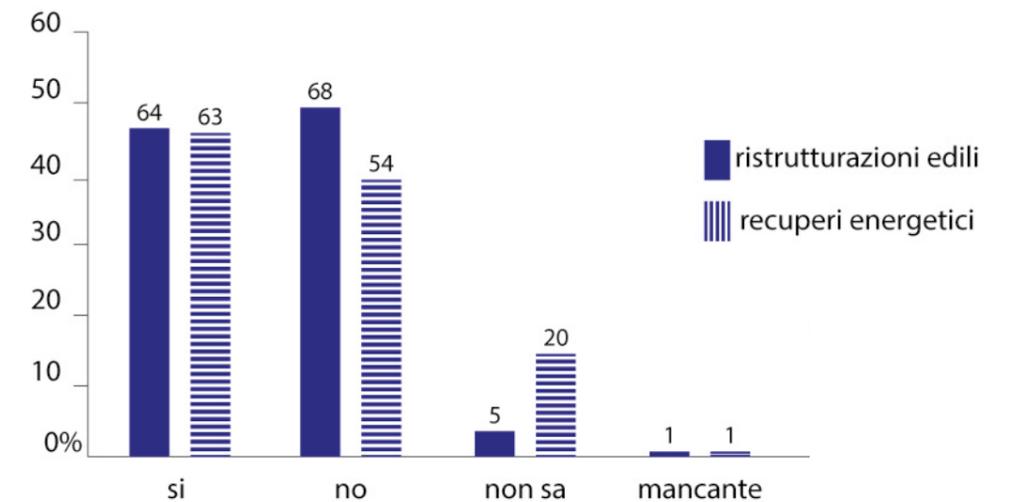


FIGURA 51_numero di edifici sottoposti a ristrutturazione edilizia a interventi di recupero energetico

La tipologia più frequente è quella del condominio, con un gap considerevole rispetto a casa singola e a schiera, anche qui, legato al fatto che il campione in esame è prevalentemente cittadino.

Una minima parte degli intervistati ha coscienza della classe energetica dell'edificio in cui risiede, fallendo nel proposito di colmare il gap informativo sulle prestazioni dell'edificio [Bravi M e Duarte C 2017, Kwak S-Y et al 2010].

Nelle due tabelle precedenti vengono riportati i dati riguardanti gli appartamenti oggetto di interventi di ristrutturazione e volti al risparmio energetico; tra questi ultimi, 20 hanno riguardato l'isolamento di parti dell'involucro edilizio, in 6 casi sono state isolate pareti ed una superficie orizzontale di chiusura, mai c'è stata la realizzazione di un isolamento a cappotto completo (sono anche limitati i casi in cui la condizione di partenza, sottoposta ad intervento di miglioramento energetico, lasci pensare al raggiungimento di un elevato risparmio energetico).

28 sono stati gli interventi che hanno implicato la sostituzione degli infissi, in 29 casi si è sostituito l'impianto di riscaldamento.

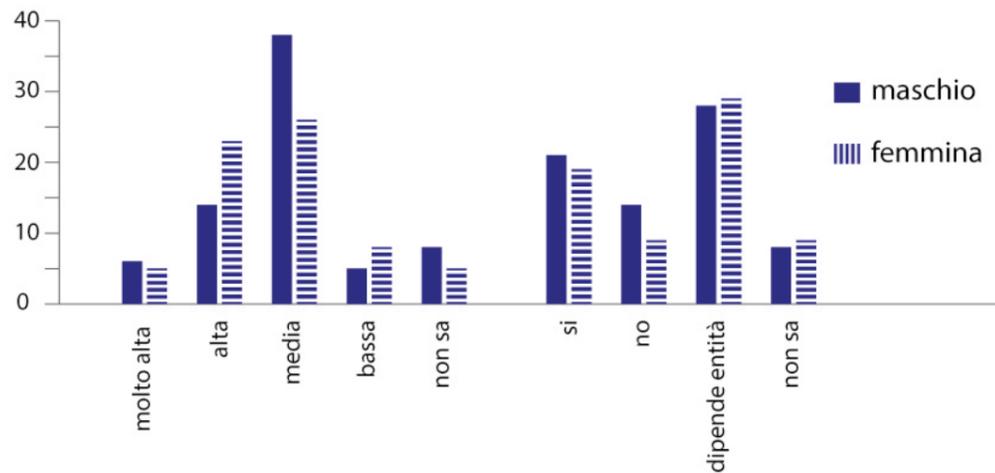


FIGURA 52_percezione dell'entità della spesa energetica (sinistra) e disponibilità all'intervento di efficientamento energetico (destra) in base al genere

Gli interventi più frequenti sono, comunque, quelli che contemplan una sola misura di efficientamento alla volta, senza, quindi, lasciare supporre che alcuno di essi possa rientrare in una categoria superiore ad un efficientamento superficiale o moderato [Eu Building under the microscope 2011].

Per quanto riguarda la disponibilità all'investimento per gli interventi di risparmio energetico, si nota una maggiore disponibilità nelle fasce d'età giovani, mentre, questa, trova un'opposizione maggiore nella fascia tra i 45 e i 65 (attenzione: le percentuali nei grafici riguardanti la disponibilità all'investimento non si riferiscono al totale di rispondenti dell'età indicata in ascissa che hanno dato la risposta che titola il grafico, ma della composizione in percentuale di chi ha risposto in quel modo).

Una buona parte del campione, ad ogni modo, non da un rifiuto netto, ma dimostra una posizione cauta: non risponde che non sa se investire, ma esprime attenzione all'investimento, denotando una disponibilità, e non una mancanza di interesse. Questo fa presupporre una posizione attendista e relativamente passiva rispetto alla possibile proposta di intervento; in questa chiave, forse, si può pensare il limitato trend di recupero energetico del patrimonio edilizio (alcuni autori, ad esempio, notano come gli interventi di efficientamento siano presi in considerazione solo a fine vita dei componenti esistenti [Achnicht, M. e Madlener R 2014]).

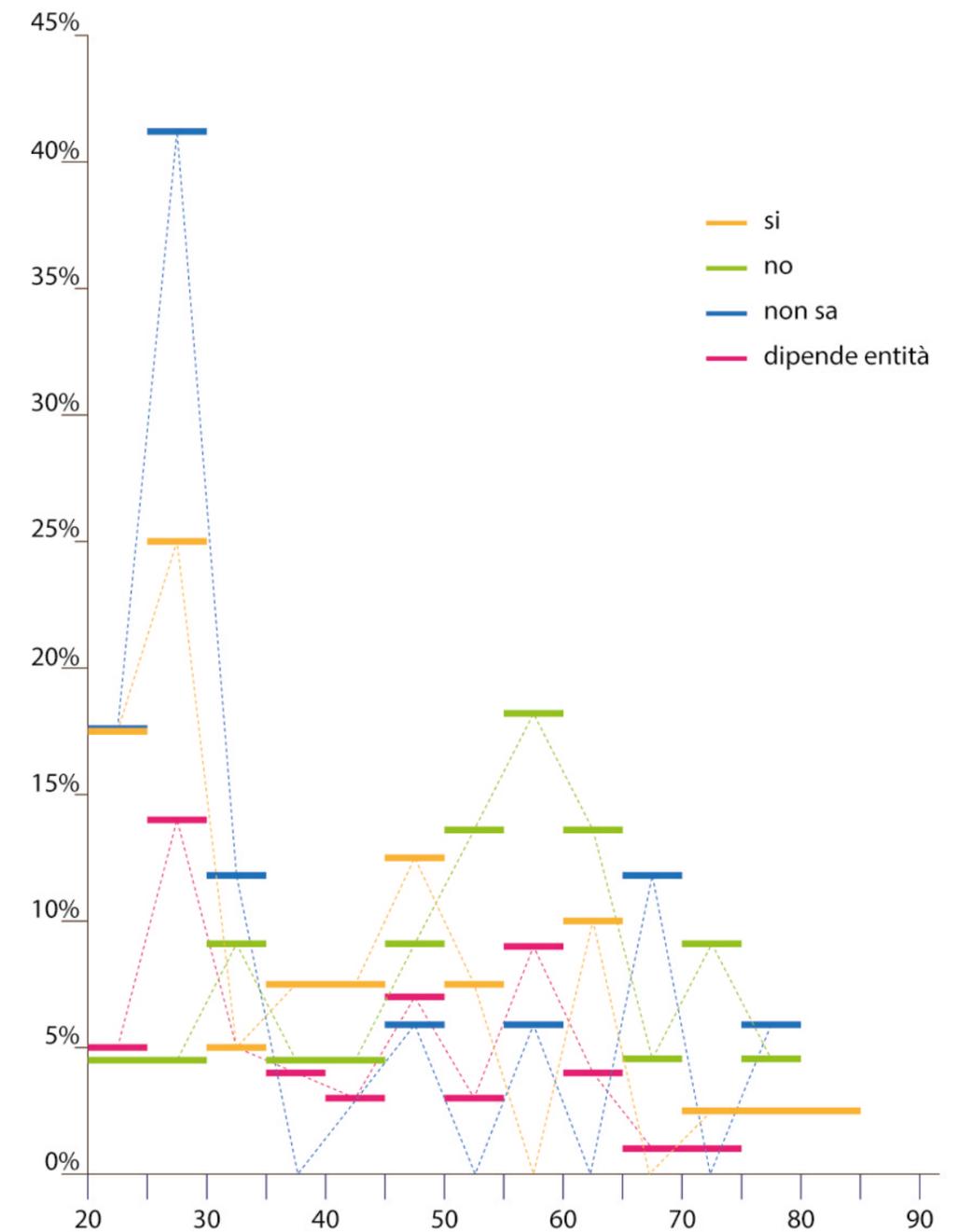


FIGURA 53_disponibilità all'intervento di retrofit energetico in base all'età

Infine, i dati di risposta ai choice sets sono andati a costituire un database di preferenze.

Per la codifica dei dati, funzionale ad effettuare le analisi econometriche, si è utilizzato il metodo dummy-variable coding che prevede l'omissione di un livello, e l'assegnazione di un valore di 0 o 1 in base alla presenza o assenza di un determinato livello esplicitato [Huber A. B. et al.2016]. Nel caso specifico in esame, si considera omesso un livello fittizio (cioè non presente nell'elenco di attributi e livelli) di "non intervento" per ogni attributo.

L1 _{energ}	L2 _{energ}	L3 _{energ}	L1 _{funzi}	L2 _{funzi}	L3 _{funzi}	L1 _{cond}	L2 _{cond}	L3 _{cond}	dummy
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELLA 27_tabella di codifica dei diversi Choice Set proposti nei questionari

Le righe rappresentano le alternative tra cui scegliere, l'ultima colonna è una variabile dicotomica che esprime la scelta effettuata (0 = alternativa non scelta, 1 = alternativa scelta)

Volendo esprimere, quindi, il Choice Set fornito in figura codificato, si avrà una matrice così composta (per una definizione completa della codifica vedere appendice):

L1 _{energ}	L2 _{energ}	L3 _{energ}	L1 _{funzi}	L2 _{funzi}	L3 _{funzi}	L1 _{cond}	L2 _{cond}	L3 _{cond}	dummy
0	0	1	0	0	0	0	0	0	-
0	0	0	0	1	0	0	0	0	-
0	0	0	0	0	0	1	0	0	-
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

TABELLA 28_eseempio di codifica del Choice Set rappresentato in figura 46

Come già detto, le righe si riferiscono alle 4 alternative tra cui operare la scelta, mentre le colonne indicano il livello dell'attributo presente nello specifico Choice Set.

La prima riga rappresenta l'attributo energetico e, nello specifico, la pompa di calore; cosicché, i primi due livelli possibili dell'attributo energetico (prima colonna=serramenti, seconda colonna=caldaia) assumono il valore 0 (assenti) mentre il terzo livello (terza colonna) assume valore 1 (presente); i livelli relativi agli altri attributi (colonne da 4 a 9) assumono valore 0, significando il livello omesso "non intervento".

Ragionando analogamente per le successive righe, abbiamo che l'attributo estetico-funzionale (riga 2) presenta le prime 3 colonne nulle (assenza dei livelli relativi all'intervento energetico e presenza quindi del livello fittizio "non intervento"), così come le colonne da 6 a 9, mentre, nelle colonne specifiche dei livelli dell'attributo (da 4 a 6) l'unica colonna ad assumere il valore 1 è quella relativa al livello "rifacimento bagno".

Ancora, la terza riga assume il valore 1 solo in corrispondenza del livello condominiale "pv_panels".

Da ultimo, la quarta riga esprime la presenza del "non intervento" in corrispondenza di tutti gli attributi, identificando la scelta dello status quo. In base a quale sarà l'alternativa scelta, si compilerà l'ultima colonna relativa alla variabile dicotomica di scelta.

CAPITOLO
Risultati 6

1 Risoluzione del Multinomial Logit

Come anticipato nel capitolo 3, possiamo valutare la probabilità che una alternativa venga scelta rispetto all'alternativa di base (status quo) attraverso una regressione multivariata.

Il software NLogit [Greene W. H.] permette di valutare i coefficienti con cui si cerca di prevedere il comportamento di scelta degli individui secondo la già citata ipotesi della massimizzazione dell'utilità come regola di comportamento dell'individuo sottoposto all'esercizio di scelta (l'individuo, cioè, sceglie l'alternativa che percepisce come portatrice dell'utilità maggiore tra quelle che gli vengono proposte in ogni esercizio di scelta).

Di seguito si inserisce l'output fornito dall'analisi del modello Multinomial Logit (MNL).

Discrete choice (multinomial logit) model

Dependent variable	Choice		
Log Likelihood function	-895.91755		
Estimation based on	N = 730	K = 4	
	Log Likelihood	R-sqrd	R Adj
Constants only	-902.2492	.0070	.0052
Chi-sqrd [1]	12.66325		
Pr [Chi-sqrd > value]	.00037		

Response data are given as individual choice

Number of observations = 738, skipped = 105 observations

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
COST	-.73697x10 ⁻⁴ ***	.2110x10 ⁻⁴	-3.49	.0005	-.11506x10 ⁻⁴	-.32335x10 ⁻⁴
A_EN	1.04300 ***	.13994	7.45	.0000	.76873	1.31727
A_FU	-.56470 ***	.19674	-2.87	.0041	-.95029	-.17910
A_CO	.81910 ***	.11221	7.30	.0000	.59918	1.03903

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 54_risultati del Multinomial Logit

Prima di operare delle valutazioni, è opportuna una digressione per definire i dati di output della regressione per quanto riguarda la bontà generale del modello di prevedere i pattern di scelta (per queste ci si riferisce a [16]).

Il modello dichiara, innanzitutto, la variabile dipendente che si sta analizzando e, nel nostro caso, questa è la "CHOICE", quindi la scelta effettuata tra le alternative proposte.

Il secondo dato è la log likelihood function e cioè il logaritmo della funzione verosimiglianza; la regressione logistica si basa su una serie di iterazioni con lo scopo di massimizzare la verosimiglianza del modello espressa, appunto, da tale valore.

Esso parte da un modello nullo o vuoto, in cui, cioè non sono presenti i predittori, e, attraverso una successione di iterazioni, massimizza la funzione di verosimiglianza; quando la variazione di questa funzione tende a zero il modello è detto convergente e, quindi, si ricavano i parametri che predicono l'esito dell'esperimento di scelta.

Nel nostro caso, la log likelihood di partenza, a modello vuoto, è pari a -902,2492 e dopo 4 iterazioni, il modello converge con una log likelihood di -895,91755.

Il Chi-squared è utilizzato per effettuare test sulla validità statistica delle distribuzioni ed è calcolato come 2 volte la log likelihood iniziale meno la likelihood di convergenza del modello:

$2(-902,2492 - (-895,91755))$; per vedere se il modello ha validità statistica, si paragona il risultato dell'ultima equazione, con i valori statistici di Chi-squared per modelli con gli stessi gradi di libertà e, se il risultato è maggiore, allora il modello è statisticamente significativo. Tra parentesi vengono espressi i gradi di libertà del modello, nel nostro caso 1.

Con $\text{prob}(\text{chi-square} > \text{value})$ si esprime la probabilità che il valore di Chi-square venga raggiunto in assenza di influenza delle variabili indipendenti sulla variabile dipendente.

Questo valore prende il nome di p-value e, nel caso assuma un valore inferiore a 0,5, il modello si può considerare statisticamente significativo.

Per valutare, invece, la capacità di un modello di descrivere le scelte effettuate si ricorre al parametro dello pseudo-R2 analogo al parametro R2 associato alle regressioni lineari [Hensher D. A. et al 2015].

Nelle regressioni lineari, il parametro R² permette di valutare l'attendibilità dei risultati: esso, variando tra 0 (nessuna relazione tra il fenomeno analizzato e il modello che tenta di spiegarlo) ed 1 (perfetta correlazione), permette di determinare quanto la stima del modello sia accurata e, quindi, di paragonare diverse stime.

Il calcolo dello pseudo-R² si calcola come

$$R^2 = 1 - \frac{LL_{\text{modello stimato}}}{LL_{\text{modello base}}}$$

e, cioè, la differenza tra la log likelihood del modello vuoto ed il modello stimato con i predittori, fratto la verosimiglianza del modello vuoto.

Come già anticipato, lo pseudo-R² e R² non sono la stessa cosa, ma esiste una correlazione empirica tra i due individuata da Domencich e McFadden che permette di mettere in relazione i due indici [Hensher D. A. et al 2015].

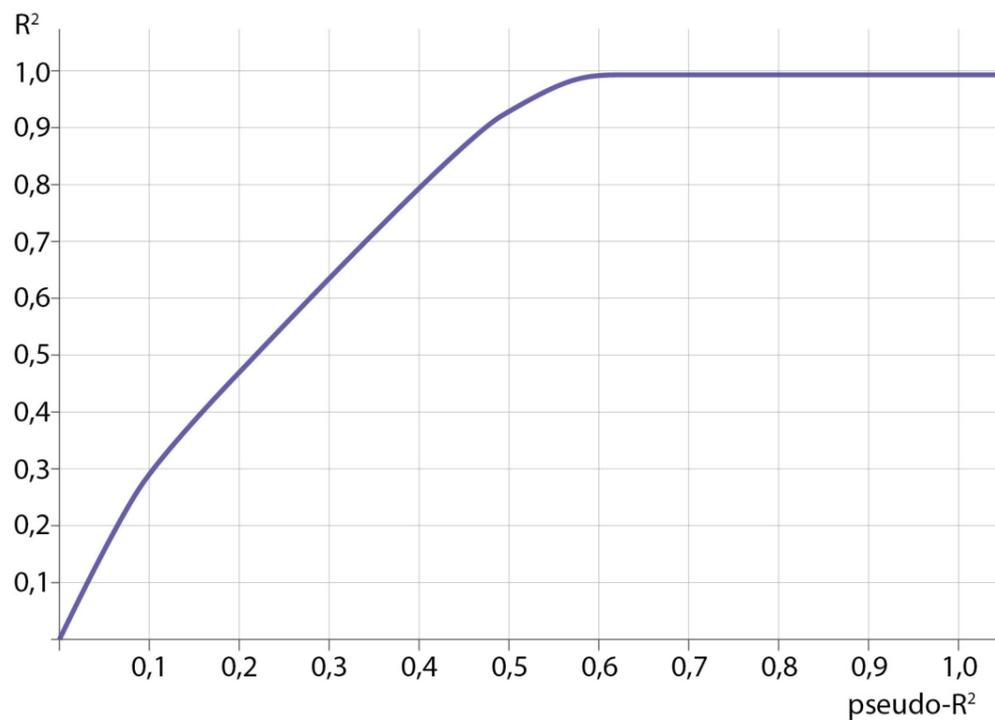


FIGURA 55 _Relazione tra R² e pseudo-R²
Fonte: [Hensher D. A. et al 2015].

Ci possiamo ora concentrare sui risultati relativi alle quattro variabili indipendenti prese in esame.

I coefficienti sono i valori utilizzati dal modello per prevedere la probabilità con cui l'intervistato sceglie l'alternativa *i* secondo il concetto della massimizzazione dell'utilità secondo la funzione

$$Prob(i|j) = \frac{expV_i}{\sum_{j=1}^J expV_j}$$

secondo l'utilità fornita dalle diverse alternative

$$V_{en} = \beta_{cost} \times cost + A_{EN}$$

$$V_{fu} = \beta_{cost} \times cost + A_{FU}$$

$$V_{co} = \beta_{cost} \times cost + A_{CO}$$

e quindi, sostituendo i parametri

$$V_{en} = (-0,73697 \times 10^{-4}) \times cost + 1,043$$

$$V_{fu} = (-0,73697 \times 10^{-4}) \times cost - 0,5647$$

$$V_{co} = (-0,73697 \times 10^{-4}) \times cost + 0,8191$$

e la probabilità di scelta di una di esse rispetto alle altre diventa

$$Prob(i|j) = \frac{e^{V_i}}{e^{(-0,73697/10000) \times cost + 1,043} + e^{(-0,73697/10000) \times cost + 0,8191} + e^{(-0,73697/10000) \times cost - 0,56}}$$

Quanto riportato ci dice che, come ci si poteva aspettare, la variabile costo è negativa e, cioè, all'aumentare del prezzo della misura diminuisce la probabilità che essa venga scelta.

Per quanto riguarda, invece, le 3 alternative di scelta A_EN, A_FU e A_CO, rispettivamente l'intervento energetico, l'intervento estetico funzionale e l'intervento condominiale, il primo e l'ultimo hanno coefficienti positivi denotando una disponibilità a passare dalla condizione di status quo a quella rappresentata dall'alternativa specifica; per quanto riguarda, invece, l'alternativa estetico-funzionale, il coefficiente negativo rappresenta una preferibilità negativa ad attuare questa misura rispetto al mantenimento della condizione corrente.

E' doveroso specificare che i coefficienti delle tre alternative di scelta non sono valutabili matematicamente rapportandole tra loro ma rappresentano una preferenza generica (semplificando: se A_EN avesse valore 2 e A_

CO avesse valore 1 non significa che la preferenza per il primo è doppia rispetto a quella per il secondo ma solo che il primo è preferito al secondo) La percentuale di variazione spiegata dal modello è limitata all'1% (vedi asterischi accanto ai parametri e il valore molto basso di pseudo-R2).

Si potrebbe provare a spiegare questa propensione per gli interventi di efficientamento energetico rispetto a quelli estetico-funzionali in due modi principalmente.

Da un lato, si potrebbe riconoscere un'influenza della modalità di somministrazione del questionario sulle scelte effettuate dal rispondente: l'attenzione posta sui consumi energetici ed i costi correlati potrebbe aver spinto l'intervistato a propendere per gli interventi rivolti a ridurre tali costi, preferendo, di conseguenza, le alternative energetiche e funzionali.

Questo, soprattutto, se si fa riferimento all'ammontare delle richieste di detrazione fiscale per interventi di ristrutturazione edilizia e di riqualificazione energetica, da cui risulta chiaro come gli incentivi riconosciuti alle prime siano di magnitudo molto maggiore delle seconde (guardando la tabella riportata sotto, è opportuno precisare che i dati riguardanti le ristrutturazioni registrano i dati dal 2005 mentre le riqualificazioni energetiche dal 2008: per avere un dato confrontabile dal punto di vista temporale si può tenere conto che dal 2005 al 2008 l'ammontare del numero di detrazioni fiscali per ristrutturazioni edilizie sono state 3.053.820 per un ammontare di spesa sostenuta pari a 16.692.048.156€)

Dall'altro, però, si potrebbe osservare come il rispondente fosse pienamente informato dei costi e risparmi (sia energetici che economici) conseguenti alle scelte che poteva operare ed avesse, all'interno delle etichette di accompagnamento alle alternative proposte, dati paragonabili facilmente gli uni con gli altri, riducendo, quindi, la barriera di gap di informazioni che, di solito, si potrebbe incontrare in queste occasioni [COM, 2016].

Questa problematica rientra, come si è visto nel capitolo 3, nella sensitività allo strumento e nell'assunzione stessa del fatto che il metodo delle preferenze dichiarate non è legato ad un comportamento effettivamente attuato dal rispondente e dall'assenza di conseguenze delle sue risposte

Nella pagina a fianco

FIGURA 56 Ammontare delle detrazioni per ristrutturazioni edilizie, riqualificazione energetica e totali tra il 2010 e il 2014

Fonte: [MEF, 2017]

	frequenza	importo spesa		detrazione		
		ammontare	media	ammontare	media	
ristrutturazioni edilizie	ante 2010	5.392.263	28-570.784.790	5.298	1.068.670.432	198
	2010	1.480.574	7.378.544.427	4.983	283.053.993	191
	2011	1.669.582	8.062-941-819	4.829	303.1504.694	182
	2012	2.276.473	12.441.921.819	5.465	570.343.936	251
	2013	3.172.840	20.271.763.062	6.389	1.018.984.771	321
	2014	3.135.303	17.529.377.759	5.590	882.132.582	281
	totale	17.127.035	94.255.333.240	5.503	4.126.340.408	241
ristrutturazioni energetiche	ante 2010	34.423	596.350.035	17.324	35.245.758	1.023
	2010	586.706	4.858.077.878	8.280	534.408.705	910
	2011	427.161	3.475.313.025	8.135	191.168.660	447
	2012	440.470	2.992.793.393	6.794	164.631.942	373
	2013	672.763	4.093.893.619	6.085	256.369.406	381
	2014	514.089	3.315.281.664	6.448	215.532.528	419
	totale	2.675.612	19.331.709.614	7.225	1.397.356.999	522

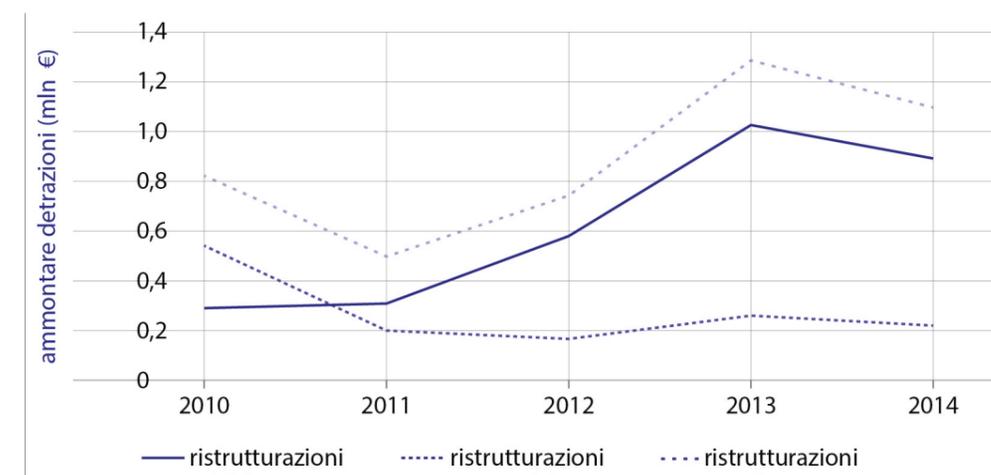


TABELLA 29 Frequenza, ammontare e media degli interventi e delle detrazioni per ristrutturazioni edilizie, energetiche e totali tra il 2005 (edilizie) e il 2014, e tra il 2008 (energetiche) e il 2014

Fonte: [MEF, 2017]

	fascia di età	numero	importo spesa		detrazione		
			ammontare	media	ammontare	media	
ristrutturazioni edilizie	fino 30	5.392.263	1.961.379.010	19.751	91.531.810	947	
	30 - 45	1.480.574	23.151.403.854	21.378	1.002.666.087	963	
	45 - 60	1.669.582	32.161.905.529	22.919	1.385.270.492	1.014	
	oltre 60	2.276.473	36.980.644.47	21.792	1.646.872.019	993	
		classe reddito	numero	importo spesa		detrazione	
				ammontare	media	ammontare	media
		fino 15 k	1.184.385	9.247.386.814	7.808	402.673.748	340
		15 - 28 k	3.053.644	30.278.228.523	9.915	1.335.438.263	437
		28- 40 k	1.768.363	22.177.475.729	12.541	968.039.739	547
		40 - 55 k	729.435	11.469.008.336	15.723	499.839.860	685
		55 - 70 k	326.108	6.176.296.463	18.939	269.309.633	826
		70- 100 k	310.866	6.866.136.658	22,087	299.158.500	962
		oltre 100 k	243.860	8.040.800.717	32.973	351.880.665	1,443
		totale	7.616.661	36.980.644.47	12.375	4.126.340.408	542
ristrutturazioni energetiche	fino 30	31.526	321.689.798	10.204	21.439.695	680	
	30 - 45	399.018	4.772.512.461	11.961	339.440.121	851	
	45 - 60	607.293	6.959.371.447	11.460	505.194.335	832	
	oltre 60	787.713	7.278.135.908	9.240	531.282.848	674	
		classe reddito	numero	importo spesa		detrazione	
				ammontare	media	ammontare	media
		fino 15 k	212.171	1.457.528.602	6.870	104.417.444	492
		15 - 28 k	688.319	5.680.041.771	8.252	406.677.352	591
		28- 40 k	446.503	4.562.522.919	10.218	328.555.674	736
		40 - 55 k	202.044	2.570.706.774	12.724	186.977.899	925
		55 - 70 k	96.245	1.419.935.382	14.754	103.601.716	1.076
		70- 100 k	95.482	1.593.428.095	16.688	116.946.402	1.225
		oltre 100 k	84.786	2.047.546.071	24.150	150.180.512	1.771
		totale	1.825.550	19.331.709.614	10.590	1.397.356.999	765

Le ultime colonne della tabella N ci danno delle informazioni ulteriori sui coefficienti individuati.

Il parametro z è il rapporto tra il valore espresso dal coefficiente e l'errore standard.

Questi dati sono utili a testare la validità statistica dei coefficienti ottenuti; in particolare, il valore $|z| > Z^*$, che prende il nome di valore p (p-value), serve a testare l'ipotesi nulla, il caso, cioè, in cui il coefficiente sia o no statisticamente significativo: scegliendo un valore di riferimento a, tutte le volte che il valore di p è minore di quel valore, si può rigettare l'ipotesi nulla e accettare il valore come significativamente diverso da 0 [16].

Un altro test per determinare la validità o meno del coefficiente in esame è il Wald test: calcolando il rapporto tra il coefficiente in output ed il suo errore standard e paragonando il valore assoluto del risultato con un coefficiente critico di Wald, si può determinare o meno la rilevanza statistica di tale parametro. Il coefficiente di Wald critico assume valore 1,96 [Hensher D.A et al 2015].

Le ultime due colonne, invece, definiscono l'intervallo di confidenza al 95% e, cioè, quanto alto e quanto basso il parametro potrebbe essere all'interno della popolazione; se l'intervallo di confidenza include il valore 0, allora il coefficiente non è statisticamente rilevante [16].

Nel caso preso in esame possiamo vedere come tutti i coefficienti siano statisticamente significanti e diversi da zero.

Il modello così definito ha una capacità limitata di spiegare la variazione nelle scelte effettuate (pseudo-R²), lo si può quindi affinare introducendo le caratteristiche del rispondente nella determinazione delle diverse utilità percepite rispetto alle alternative proposte.

Nella pagina a fianco

TABELLA 30_ (sopra) Importo delle spese e detrazioni per lavori di ristrutturazione edilizia, per caratteristiche del contribuente, anni 2005-2014. **(sotto)** Importo delle spese e detrazioni per lavori di riqualificazione energetica per caratteristiche del contribuente, anni 2008-2014. Le variabili socio-economiche legate al numero di richieste di detrazioni fiscali è paragonabile tra ristrutturazioni edilizie e riqualificazioni energetiche con, come si è già detto, una forte predominanza delle prime rispetto alle seconde

Fonte: [MEF, 2017]

Discrete choice (multinomial logit) model

Dependent variable	Choice		
Log Likelihood function	-1256.90060		
Estimation based on	N = 633 K = 5		
	Log Likelihood	R-sqrd	R Adj
Constants only	-774.4218	-.6230	-.6273

Response data are given as individual choice
Number of observations = 738, skipped = 105 observations

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
COST	-.00326 ***	.2279x10 ⁻⁴	-143.15	.0000	-.00331	-.00322
INC_1	-.10584 ***	.00103	-102.98	.0000	-.10786	-.10383
A_EN	61.5852 ***	.15568	395.59	.0000	61.2801	61.8904
A_FU	-23.0390 ***	.16645	-138.41	.0000	-23.3653	-22.7128
A_CO	54.3618 ***	.12081	449.96	.0000	54.1250	54.5986

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 57_risultati del Multinomial Logit con l' inserimento della variabile reddituale

Nel modello seguente, ad esempio, è stata inserita la variabile reddito (INC_1) indipendente dalla specifica alternativa.

Il reddito risulta una variabile significativa, anche se il modello, così specificato, non è propriamente corretto come determinazione in quanto non tiene conto del fatto che ad ogni rispondente sia stato chiesto di operare la scelta ripetutamente.

Inoltre, la significatività dei parametri rimane limitata.

2 passaggio al Random Parameter Logit

L'introduzione delle caratteristiche del rispondente interagisce in maniera non bilanciata con la variazione degli attributi che determinano le alternative sottoposte agli individui: il Multinomial Logit, infatti, non tiene in conto dell'invarianza di una o più caratteristiche del rispondente sottoposto a più esercizi di scelta, né che individui appartenenti ad una stessa classe (di reddito, di età) propendano per scelte simili.

Per ovviare a questo limite si può passare ad un modello Random Parameters Logit (RPL), spesso definito Mixed Logit [Greene W. H.], che permette di valutare gli effetti delle caratteristiche non dipendenti dalla scelta nelle osservazioni ripetute [Bartczak A. et al 2017], come è, appunto, il Choice Experiment (Una soluzione alternativa, proposta da Louviere, è quella di clusterizzare le risposte per classi simili e poi combinare le analisi effettuate su di esse [Louviere J.J. e WoodWorth G. 1983]).

Il Random Parameter Logit, interpreta la funzione

$$V_j = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_{jk}$$

con V_i la parte osservabile nella determinazione dell'utilità percepita dall'individuo per la specifica alternativa j , come composta da una parte specifica relativa all'alternativa j ed una parte specifica dell'individuo i ; possiamo, quindi scomporre la parte osservabile in $\beta_{jk} X_{jk}$ relativa alla alternativa j , e $\beta_{ik} X_{ik}$ relativa all'individuo i .

In altre parole, si tiene conto del fatto che uno stesso individuo abbia dato più risposte consecutive e che, quindi, queste siano determinate, oltre che dalle specifiche delle alternative tra cui si opera la scelta, dal vettore di caratteristiche che identificano il rispondente stesso e che, a differenza delle caratteristiche delle alternative, non cambiano durante tali esercizi di scelta.

Il Random Parameter Logit, così come altri modelli di recente sviluppo (Nested Logit), permette di catturare l'eterogeneità dei gusti dei soggetti [Rocchi L. 2009]

Generalizzando il concetto, il Mixed Logit tratta i coefficienti di pesatura dei vettori degli attributi come distribuiti all'interno della popolazione ed esegue, perciò, una media pesata dei fattori in base alla densità con cui essi

si presentano della popolazione stessa quindi secondo una distribuzione $f(\beta|\phi)$, se questa distribuzione è costante allora si rientra nel caso specifico del Multinomial Logit, se è discretizzabile in classi si rientra nel modello a classi latenti (simile a quanto detto più sopra riguardo al metodo proposto da Louviere [Rocchi L. 2009]); se, infine, la distribuzione dei coefficienti è continua, si è in un Random Parameter Logit, e la probabilità $P_n^m(i)$ che un individuo scelga un'alternativa rispetto ad un'altra diventa l'integrazione della probabilità di scelta già vista per il Multinomial Logit, pesata sulla distribuzione di $f(\beta|\phi)$:

$$P_n^m(i) = \int_x \frac{\exp(\beta_i X_{in})}{\sum_l \exp(\beta_l X_{in})} f(\beta|\phi) d\beta$$

Con queste premesse, si possono inserire alcune caratteristiche specifiche dell'individuo e valutare il loro peso sulla determinazione delle preferenze. Inseriamo, ad esempio, il fattore socio-economico del reddito all'interno del modello di scelta.

La funzione utilità per ciascuna alternativa rappresentata dall'intervento energetico, estetico -funzionale e condominiale si può scrivere come:

$$U_{en} = A_{EN} + b_1 \times cost + b_3 \times INC_1$$

$$U_{fu} = A_{FU} + b_1 \times cost + b_3 \times INC_1$$

$$U_{co} = A_{CO} + b_1 \times cost + b_3 \times INC_1$$

per cui l'utilità percepita per ciascuna alternativa si compone della costante specifica dell'alternativa stessa (A_{EN} per l'energetica, A_{FU} per l'estetico-funzionale, A_{CO} per la condominiale), sommata al costo pesato dal parametro b_1 , più il reddito moltiplicato per il fattore random b_3 .

Response data are given as individual choices

RPL model with panel has 138 groups
Fixed number of observations/group 5
Number of observations = 690, skipped = 101 observations

FIGURA 58_dati di rispondenza analizzati nel Random Parameter Logit

Come si può vedere da questa schermata di output del programma NLogit, il software tiene in considerazione la presenza di 138 gruppi (i rispondenti ai questionari) ognuno comprendente 5 risposte e, cioè, il numero di esercizi di scelta a cui ogni intervistato è stato sottoposto. E' opportuno precisare che il software non tiene in considerazione la possibilità che ai rispondenti venga chiesto di operare la scelta su un numero differente di Choice Sets e, perciò, il sesto esercizio di scelta, che differenziava il numero di ripetizioni a cui l'individuo era sottoposto in uno dei tre questionari rispetto agli altri due, è stato escluso dalla simulazione: possiamo notare, infatti, che il Multinomial Logit calcolato in apertura di capitolo conta 738 osservazioni mentre il Random Parameter Logit ne conta 690, vi è, appunto, la perdita di 48 osservazioni: una osservazione per ognuno dei 48 questionari caratterizzati da 6 esercizi di scelta.

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
Random parameters in utility functions						
b3	.00081 ***	.00018	4.41	.0000	.00045	.00116
Nonrandom parameters in utility functions						
A_EN	-.14905	.49830	-.30	.7648	-1.12569	.82759
b1	-.85248x10 ⁻⁴ ***	.2384x10 ⁻⁴	-3.58	.0003	-.13198x10 ⁻⁴	-.38519x10 ⁻⁴
A_FU	-1.94016 ***	.52441	-3.70	.0002	-2.96798	-.91234
A_CO	-.32468	.48982	-.66	.5074	-1.28471	.63535

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 59_coefficienti stimati nel Random Parameter Logit con reddito variabile random

I parametri si differenziano in parametri Random e parametri non Random andando a individuare, come detto, un Mixed Logit con parametri random legati alle caratteristiche proprie dell'individuo che opera la scelta. Ogni RPL è preceduto dal calcolo di un MNL che gli fornisce i dati di input su cui effettuare il calcolo dei parametri.

Dai dati riportati in tabella, i parametri di costo e reddito risultano coerenti: al crescere del prezzo la propensione dell'individuo all'intervento diminuisce, al crescere del reddito, invece, la propensione all'intervento cresce.

Le alternative, però, assumono tutte segno negativo determinando un'avversione verso lo scostamento dallo status quo.

Ancora, la variazione spiegata dal modello risulta limitata anche se in miglioramento rispetto ai modelli precedenti.

Il modello seguente, invece, sostituisce la variabile di costo con la variabile di risparmio, in termini di diminuzione della spesa energetica, legata agli interventi, secondo la scrittura:

$$U_{en} = A_{EN} + b_1 \times SPEN_{SAV} + b_2 \times INC_1$$

$$U_{fu} = A_{FU} + b_1 \times SPEN_{SAV} + b_2 \times INC_1$$

$$U_{co} = A_{CO} + b_1 \times SPEN_{SAV} + b_2 \times INC_1$$

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
Random parameters in utility functions						
b3	.00081 ***	.00018	4.41	.0000	.00045	.00117
Nonrandom parameters in utility functions						
A_EN	.09262	.50552	.18	.8546	-.89819	1.08342
b1	-.00159 ***	.00034	-4.66	.0000	-.00226	-.00092
A_FU	-2.37240 ***	.51383	-4.62	.0000	-3.37950	-1.36531
A_CO	-.06699	.49667	-.13	.8927	-1.04045	.90648

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 60_coefficienti stimati nel Random Parameter Logit con sostituzione della variabile risparmio energetico alla variabile di costo

Di nuovo, il reddito ha un valore coerente con quanto ci si aspetta; questo non vale per quanto riguarda il risparmio energetico che, assumendo un coefficiente negativo, indica una mancata preferenza all'aumentare del risparmio conseguito quando sarebbe razionale ipotizzare il contrario.

I modelli presentati finora confrontavano le preferenze dei rispondenti con la possibilità di mantenere lo status quo; il fatto che esse risultassero in segni dei coefficienti discordi rende legittimo porsi degli interrogativi sulle preferenze espresse: se guardiamo, infatti, la percentuale di risposte per una o per l'altra alternativa, notiamo come l'alternativa invariata di status quo, risulta scelta più frequentemente di quella estetica funzionale. Si può, pertanto, specificare il modello confrontando le risposte raccolte

con l'alternativa estetico-funzionale come condizione base di intervento.

$$U_{en} = A_{EN} + b_1 \times cost + b_2 \times EN_1 + b_4 \times INC_1$$

$$U_{co} = A_{CO} + b_1 \times cost + b_5 \times CO_2 + b_4 \times INC_1$$

$$U_{sq} = A_{SQ} + b_4 \times INC_1$$

Nella formulazione soprastante, ritroviamo di nuovo il parametro random del reddito dell'individuo in ognuna delle 3 definizioni; il costo, invece, è necessariamente assente nella determinazione dell'utilità per lo status quo (SQ) che non presenta la necessità di un investimento per attuare tale misura (non essendoci, appunto, variazione della condizione).

In questa specificazione sono inseriti anche due livelli legati agli attributi energetico e condominiale, nello specifico il livello "sostituzione serramenti" ed il livello "isolamento solai": aggiungendo parametri alla definizione si aumenta il numero di fattori presi in considerazione nell'andare a determinare il comportamento dei rispondenti.

Il costo delle misure incide negativamente sulle scelte espresse, mentre il reddito è positivamente correlato con l'utilità percepita.

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
Random parameters in utility functions						
b4	.00011	.9699x10 ⁻⁴	1.15	.2514	-.00008	.00030
Nonrandom parameters in utility functions						
A_EN	2.25890 ***	.51503	4.39	.0000	1.24947	3.26833
b1	-.60361x10 ⁻⁴ **	.2599x10 ⁻⁴	-2.32	.0202	-.11131x10 ⁻³	-.94166x10 ⁻⁵
b2	.50685 ***	.18907	2.68	.0073	.13629	.87741
A_CO	2.78907 ***	.49475	5.64	.0000	1.81937	3.75877
b5	-.69768 ***	.17370	-4.02	.0001	-1.03812	-.35724
A_SQ	1.53549 ***	.48999	3.13	.0017	.57513	2.49586

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 61_coefficienti stimati nel Random Parameter Logit con l'inserimento dei coefficienti relativi alla sostituzione dei serramenti e dell'isolamento dei solai

Per quanto riguarda gli attributi specifici su cui ci interessa concentrarci, i valori specifici per gli interventi di natura energetica e condominiale sono positivi: questo determina una propensione dei rispondenti verso questi rispetto all'intervento estetico-funzionale; anche rispetto allo status quo, il valore superiore risulta spiegabile in una loro preferibilità relativamente ad esso.

Vale ancora quanto detto nell'analizzare gli output in apertura di capitolo per quanto riguarda la cautela con cui occorre gestire questi dati ma risulta, comunque, che le alternative che prevedono interventi legati all'efficientamento energetico hanno un buon tasso di preferenza considerando anche la presenza dello status quo come alternativa gettonata: nonostante la possibile parziale influenza che la strutturazione del questionario può aver avuto sui rispondenti, il coefficiente preferenziale dello status quo denota una buona attendibilità delle risposte stesse, ci si potrebbe infatti aspettare che, se il rispondente fosse stato influenzato in maniera pregiudiziale dalla presenza, nel questionario, della parte riguardante i consumi, i coefficienti attribuiti agli interventi energetici sarebbero stati ancora maggiori e, inoltre, il livello "sostituzione solai", con ampia capacità di contenimento dei consumi, avrebbe dovuto, ipotizzando, ad esempio un effetto di buonismo (warm glow), esprimersi in un valore positivo (coefficiente b5).

3 Definizioni finali del Random Parameter Logit

All'interno della definizione del Random Parameter Logit inseriamo, da ultimo, il dato socio-economico riguardante l'età e analizziamo gli esiti della nuova specificazione del modello.

La formulazione per descrivere l'utilità percepita assume la forma

$$U_{en} = A_{EN} + b_1 \times cost + b_2 \times EN_1 + b_4 \times INC_1 + b_6 \times AGE$$

$$U_{co} = A_{CO} + b_1 \times cost + b_5 \times CO_2 + b_4 \times INC_1 + b_6 \times AGE$$

$$U_{sq} = A_{SQ} + b_4 \times INC_1$$

L'utilità fornita dalla alternativa energetica e da quella condominiale (ricordiamo che l'alternativa estetico-funzionale è ora quella di confronto) è composta da uno specifico valore costante riguardante l'alternativa (A_EN), il costo per l'attuazione della misura (COST), il livello specifico considerato dell'attributo rispetto all'attributo stesso (EN_1 e CO_2 rispettivamente "sostituzione serramenti" e "isolamento solai"), oltre che dai fattori specifici riguardanti l'individuo quali il reddito (INC_1) e l'età del rispondente (AGE).

I parametri di input vengono definiti facendo girare, inizialmente, un Multinomial Logit da cui risultano i dati in tabella nn

Start values obtained using MNL model

Dependent variable			Choice
Log Likelihood function			-668.52280
Estimation based on		N = 584	K = 8
	Log Likelihood	R-sqrd	R Adj
Constants only	-706.7919	.0541	.0487
Chi-sqrd [1]			76.53811
Pr [Chi-sqrd > value]			.00000

Response data are given as individual choice

Number of observations = 690, skipped = 106 observations

FIGURA 62_dati di significatività statistica del modello

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
b4	-5.0933×10^{-4} **	$.2583 \times 10^{-4}$	-1.97	.0486	$-.10156 \times 10^{-3}$	$-.30201 \times 10^{-6}$
b6	-.03755 ***	.00623	-6.03	.0000	-.04976	-.02535
A_EN	4.08980 ***	.47690	8.58	.0000	3.15509	5.02451
b1	-6.0869×10^{-4} **	$.2608 \times 10^{-4}$	-2.33	.0196	$-.11198 \times 10^{-3}$	$-.97578 \times 10^{-5}$
b2	.49015 ***	.19011	2.58	.0099	.11754	.86275
A_CO	4.61840 ***	.45576	10.13	.0000	3.72513	5.51166
b5	-.71384 ***	.17497	-4.08	.0000	-1.05678	-.37091
A_SQ	1.64895 ***	.34455	4.79	.0000	.97364	2.32425

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 63_coefficienti preliminari stimati con il Multinomial Logit

La definizione risulta statisticamente rilevante (prob chi squared > value molto bassa) e i predittori risultano, anche loro, rilevanti (prob |z|>Z* inferiore a 0.05 per tutti i coefficienti).

Le osservazioni considerate sono già 690 come specificato in precedenza. Una volta definiti i parametri di input, si ricavano i dati in uscita dalla specificazione secondo la logica RPL.

Random Parameters Multinomial Logit model

Dependent variable	Choice
Log Likelihood function	-561.72596
Estimation based on	N = 584 K = 10
Chi-sqrd [1]	495.73989
Pr [Chi-sqrd > value	.00000
McFadden Pseudo R-squared	.3061

FIGURA 64_significatività statistica del modello Random Parameter Logit

I valori che testimoniano la significatività statistica dell'analisi denotano un aumento della capacità del modello di simulare il processo di scelta: si guardi in particolare, l'aumento del valore della Log likelihood function oltre che del valore di pseudo-R2, per questo, in particolare, si può dire che il "fitting" del modello, la sua efficienza appunto, raggiunge un livello accettabile.

[Hensher D. A et al. 2015], in particolare, riconoscono in maniera empirica, che un valore di pseudo-R2 compreso tra 0.3 e 0.4 denotano un fitting accettabile per un modello Discrete Choice, corrispondendo ad un range di R2 compreso tra 0.6 e 0.8.

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
Random parameters in utility functions						
b4	.00015	.00015	1.04	.2972	-.00013	.00044
b6	.00163	.02225	.07	.9416	-.04197	.04523
Nonrandom parameters in utility functions						
A_EN	5.47623 ***	1.15671	4.82	.0000	3.24832	7.70414
b1	-6.9564×10^{-4} **	$.2766 \times 10^{-4}$	-2.51	.0119	$-.12378 \times 10^{-3}$	$-.15350 \times 10^{-4}$
b2	.52872 **	.20676	2.56	.0106	.12347	.93396
A_CO	6.08278 ***	1.12771	5.39	.0000	3.87251	8.29306
b5	-.86222 ***	.18987	-4.54	.0000	-1.23437	-.49008
A_SQ	2.45468 ***	.69039	3.56	.0004	1.10154	3.80782

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 65_coefficienti stimati nel modello Random Parameter Logit con inseriti i livelli relativi alla sostituzione dei serramenti e l'isolamento dei solai, reddito ed età parametri random

I coefficienti random del reddito e dell'età sono positivi: chi ha un reddito maggiore e chi è più vecchio è disposto ad investire di più; questo output risulta coerente con il pattern che ci si potrebbe aspettare di incontrare: chi ricade in categorie di età superiori potrebbe avere disponibilità economiche maggiori rispetto a categorie più giovani che potrebbero aver iniziato da poco a percepire un reddito o il cui reddito potrebbe essere più contenuto.

Questo ragionamento contribuisce, anche, a ridurre il dubbio di possibile discrepanza rispetto al reale in cui si può incorrere ricorrendo al metodo delle stated preference: il fatto che il reddito minore e la giovane età, e quindi una minore disponibilità finanziaria limiti la preferenza per investimenti maggiori, può essere visto come un segnale di coerenza interna delle preferenze espresse dai rispondenti.

Il coefficiente specifico dei diversi attributi è positivo per tutte e tre le alternative determinando una preferibilità di essi rispetto alla possibilità di operare un intervento esteticamente migliorativo, con una forte

propensione per gli interventi volti a ridurre i consumi energetici e, in particolare, quelli di natura condominiale.

E' importante notare come la definizione dell'alternativa, per come è stata presentata nel questionario, si identifica con il nome dell'attributo che la rappresenta andando, quindi, a caratterizzare l'esercizio di scelta come labeled, da qui, abbiamo la determinazione delle costanti specifiche delle alternative (A_EN, A_CO ed A_SQ rispettivamente energetico, condominiale e di status quo).

Per quanto riguarda i livelli specifici presi in esame, la preferenza del livello "sostituzione dei serramenti" è positivo, andando ad indicare una scelta favorevole verso questa misura, in linea, ancora, con i dati provenienti dai report e riguardanti i trend di investimento reali in termini di mercato delle misure efficientanti. Il livello "isolamento solai", invece, non raccoglie consensi tra i rispondenti ed il parametro b5, ad esso associato, presenta segno negativo.

Il seguente modello, invece, sostituisce il livello specifico dell'attributo condominiale con quello relativo all'isolamento delle pareti esterne (CO_3):

$$U_{en} = A_{EN} + b_1 \times cost + b_2 \times EN_1 + b_4 \times INC_1 + b_6 \times AGE$$

$$U_{co} = A_{CO} + b_1 \times cost + b_5 \times CO_3 + b_4 \times INC_1 + b_6 \times AGE$$

$$U_{sq} = A_{SQ} + b_4 \times INC_1$$

Di nuovo, il MNL di partenza restituisce che tutti i predittori risultano significanti così come il modello in generale.

I dati di output del RPL sono invece specificati nella tabella nnn

Random Parameters Multinomial Logit model

Dependent variable	Choice
Log Likelihood function	-567.21607
Estimation based on	N = 584 K = 10
Chi-sqrd [1]	484.75968
Pr [Chi-sqrd > value]	.00000
McFadden Pseudo R-squared	.2993

FIGURA 66_significatività statistica del modello Random Parameter Logit

Ancora i valori di pseudo-R2 e la log likelihood aumentano il loro valore passando dalla determinazione del MNL al RPL, con una significatività elevata.

Choice	Coefficient	Standard error	z	Prob z >Z	95% Confidence interval	
Random parameters in utility functions						
b4	.00015	.00015	1.04	.2965	-.00013	.00044
b6	.00173	.02228	.08	.9382	-.04194	.04539
Nonrandom parameters in utility functions						
A_EN	5.62930 ***	1.13413	4.96	.0000	3.40644	7.85215
b1	-.90995x10 ⁻⁴ ***	.2844x10 ⁻⁴	-3.20	.0014	-.14674x10 ⁻³	-.35253x10 ⁻⁴
b2	.38757 *	.20469	1.89	.0583	-.01361	.78874
A_CO	5.46105 ***	1.11741	4.89	.0000	3.27095	7.65114
b5	.69454 ***	.21906	3.17	.0015	.26520	1.12388
A_SQ	2.44666 ***	.68809	3.56	.0004	1.09804	3.79529

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

FIGURA 67_coeficienti stimati nel modello Random Parameter Logit con inseriti i livelli relativi alla sostituzione dei serramenti e l'isolamento delle pareti, reddito ed età parametri random

Anche in questo caso l'età ed il reddito influiscono positivamente sulle scelte e, a differenza del modello precedente, con unica eccezione della variabile di costo (che è normale sia negativa), tutte le variabili assumono segno positivo, determinando, perciò, una disponibilità all'intervento in questo senso.

Può essere interessante notare, nello specifico, il fatto che la variabile relativa al livello di intervento condominiale di isolamento delle pareti sia positiva.

Rispetto al modello descritto precedentemente, la preferibilità dichiarata per la misura di isolamento delle pareti può essere riferibile alla individuazione stessa dell'appartamento tipo che si è deciso di ipotizzare per la somministrazione del questionario: non è specificata l'ubicazione del suddetto all'interno del condominio fittizio proposto; il rispondente, quindi, non ha elementi per determinare la prossimità o meno della ipotetica proprietà all'orizzontamento oggetto della misura, suggerendo la possibilità che esso non valuti direttamente collegato il risparmio dovuto all'isolamento dei solai di chiusura dell'edificio con una utilità ricavabile

da questo. Dall'altro lato, invece, l'intervento sulle pareti esterne è necessariamente "vicino" al rispondente, in quanto, l'involucro di chiusura dell'abitazione coincide, in parte, con la parte condominiale oggetto dell'intervento e cioè, appunto, le pareti esterne della sua abitazione.

Riscrivendo le funzioni di utilità delle varie alternative abbiamo

$$U_{en} = 5,6293 + 0,90995 \times 10^{-4} + 0,38757 \times EN_1 + 0,00015 \times INC_1 + 0,00173 \times AGE$$

$$U_{co} = 5,46105 + 0,90995 \times 10^{-4} + 0,69454 \times CO_3 + 0,00015 \times INC_1 + 0,00173 \times AGE$$

$$U_{sq} = 2,44666 + 0,00015 \times INC_1$$

Quanto detto finora mette in luce una propensione verso gli interventi di efficientamento energetico o, in alternativa, il mantenimento dello status quo a scapito di possibili interventi di miglioramento estetico-funzionale dell'abitazione. Questa conclusione si discosta parzialmente dai dati che vorrebbero un limitato interesse degli individui verso gli interventi di recupero energetico del patrimonio esistente come, ad esempio, le richieste di incentivazione per ristrutturazione edilizia.

Il fatto che il rispondente sia stato fornito di una quantità di dati sufficiente e comprensibile relativa alle varie possibilità che gli si presentavano può giustificare questo discostamento dato che il gap di informazioni è stato parzialmente colmato.

Altro fattore che avvalorava l'attendibilità delle risposte sta nel metodo di reperimento dei dati e la presentazione dell'esperimento di scelta: i dati presentati, seppure riferiti ad una condizione ipotetica, sono però frutto di valutazioni riguardanti la condizione reale dell'isolato preso in esame, e sono stati presentati riferendoli alla area specifica da cui sono stati desunti; questo, aumentando il livello di attinenza al reale, permette all'intervistato di calarsi nel caso ipotetico in maniera più realistica nonostante il naturale gap di veridicità esistente tra le preferenze dichiarate e quelle rivelate.

4 calcolo della disponibilità a pagare

Una volta in possesso dei coefficienti specifici riguardanti i livelli e il costo delle alternative, è possibile ricavare una disponibilità a pagare (WTP) degli individui per le misure proposte secondo l'equazione

$$WTP = \frac{-\beta_i}{\beta_{costo}}$$

la disponibilità a pagare è, cioè, il rapporto tra il coefficiente del livello cambiato di segno ed il parametro del costo; il cambio di segno si rivela necessario in quanto il coefficiente del costo ha naturalmente segno negativo dato il suo rapporto inverso con la preferenza dell'individuo (più l'esborso è grande, meno un individuo è propenso a sobbarcarselo).

Con riferimento all'ultimo modello stimato si può, quindi, calcolare quant'è l'investimento potenzialmente accettabile da parte del campione di popolazione analizzato.

Ricordiamo dall'ultimo modello i valori per il costo, il livello "sostituzione serramenti" ed il livello "isolamento pareti"

costo	-0,90995x10 ⁻⁴
sostituzione serramenti	0,38757
isolamento pareti	0,69454

da cui, applicando l'equazione sopra riportata, si ottengono le disponibilità a pagare per queste due misure

sostituzione serramenti	4259,24
isolamento pareti	7632,72

noti tali valori, si può, in prima istanza, valutare se essi coprono i costi ipotizzati per attuare nel caso reale la misura di efficientamento proposta. Riportiamo in tabella i valori relativi le misure di retrofit e la copertura, o meno di tale costo da parte della disponibilità a pagare

188

	UI	inv serramenti	inv pareti	inv serramenti/UI	inv pareti/UI	Si/No serramenti	Si/No pareti	
vercelli	120	20	72799,35	74065,44	3639,96	3703,27	✓	✓
	122	8	22684,62	20272,32	2835,57	2534,04	✓	✓
	124	4	15711,02	14269,47	3927,75	3567,36	✓	✓
	124bis	1	3250,05	5044,43	3250,05	5044,43	✓	✓
	128	20	78331,04	81345,31	3916,55	4067,26	✓	✓
	130	3	5473,13	12148,6	1824,37	4049,53	✓	✓
	132	3	14717,6	12421,51	4905,86	4140,50	X	✓
	134	26	118351,86	110347,42	4551,99	4244,13	X	✓
rossi	12	22	88871,65	64610,84	4039,62	2936,85	✓	✓
	14/2	21	60401,48	49666,86	2876,26	2365,08	✓	✓
	14/4	1	5308,12	4355,81	5308,12	4355,81	X	✓
	14/5	3	10518,5	10588,28	3506,16	3529,42	✓	✓
	14/6	1	4243,72	3086,69	4243,72	3086,69	✓	✓
	14/7	1	6856,46	5524,37	6856,46	5524,37	X	✓
	14/8	4	11004,46	10427,85	2751,11	2606,96	✓	✓
	14/9	4	12138,36	8368,24	3034,59	2092,06	✓	✓
	14/10	4	12316,58	14394,1	3079,14	3598,52	✓	✓
	14/13	2	12138,36	12335,25	6069,18	6167,62	X	✓
14bis	4	14617,89	23058,17	3654,47	5764,54	✓	✓	
20	1	10623,51	14286,05	10623,51	14286,05	X	X	
rondissone	1	10	29316,41	24649,69	2931,64	2464,96	✓	✓
	3	5	-	-	-	-		
	5	2	5867,03	6194,16	2933,51	3097,08	✓	✓
	7	7	26679,97	30800,45	3811,42	4400,06	✓	✓
	11	2	-	-	-	-		

TABELLA 31_copertura del costo di investimento degli interventi di sostituzione dei serramenti ed isolamento delle pareti esterne in base alla disponibilità a pagare stimata

189

	UI	inv serramenti	inv pareti	inv serramenti/UI	inv pareti/UI	Si/No serramenti	Si/No pareti	
rivarossa	23	1	5170,82	6259,17	5170,82	6259,17	X	✓
	25	3	8865,17	16013,19	2955,05	5337,73	✓	✓
	28	6	14904,85	6680,16	2484,14	3612,96	✓	✓
	32	3	13484,12	14291,98	4494,70	4763,99	X	✓
	34	4	-	15443,48	-	3860,87	✓	✓
	36	3	14199,58	21142,39	4733,19	7047,46	X	✓
martorelli	31	10	42842,31	34094,23	4284,23	3409,42	X	✓
	33	6	15169,08	11049,05	2528,18	1841,50	✓	✓
	35	5	34876,6	25723,5	6975,32	5144,7	X	✓
	37	12	48818,43	46952,02	4068,20	3912,66	✓	✓
	43	12	51217,73	52872,19	4268,14	4406,01	X	✓
	45	6	20431,56	21988,74	3405,26	3664,79	✓	✓
	53	2	4642,47	5312,28	2321,23	2656,14	✓	✓
	55	2	6863,96	6906,67	3431,98	3453,33	✓	✓
57	24	99718,75	73448,89	4154,94	3060,37	✓	✓	
leini	82	8	33406,26	27856,43	4175,78	3482,05	✓	✓
	84	24	-	-	-	-		
	101	9	40961,86	37993,98	4551,31	4221,55	X	✓
	103	2	7835,05	6866,02	3917,52	3433,01	✓	✓
	105	2	8237,95	7324,23	4118,97	3662,11	✓	✓
	107	4	11558,84	9264,41	2889,71	2316,10	✓	✓
109	4	13922,9	13866,17	3480,72	3466,54	✓	✓	
111	6	19013,39	21184,04	3168,89	3530,67	✓	✓	
desana	3	11	34319,47	32990,44	3119,95	2999,13	✓	✓

Dai dati riportati, possiamo notare come la disponibilità a pagare per la misura di sostituzione dei serramenti ecceda il reale costo di investimento per appartamento nella maggior parte dei casi, con l'esclusione di 13 edifici; di questi solo 5 eccedono la WTP di più di 1000 €.

Nel caso della discrepanza maggiore (Lauro Rossi 20) si ha anche un costo di investimento maggiore della disponibilità a pagare per quanto riguarda l'intervento di isolamento delle pareti.

E' rigoroso notare che il costo di investimento pesato per appartamento non tiene conto delle discrepanze che possono sussistere tra un appartamento e un altro all'interno dello stesso edificio (quale potrebbe essere, ad esempio, una differenza nella tipologia o nella dimensione di alcuni infissi tra i piani) ma, in ogni caso, l'errore che si potrebbe generare da questo tipo di stima è comunque da intendersi spalmato sulla totalità dell'edificio e, quindi, non pregiudiziale all'analisi.

Se, invece, andiamo ad aggregare i costi e le disponibilità a pagare sull'intera area in esame possiamo ricavare dati sulle potenzialità del capitale movimentabile per gli interventi di recupero a scala dell'isolato. Ricordiamo la disponibilità a pagare per le misure "sostituzione serramenti" e "isolamento pareti"

sostituzione serramenti	4259,24
isolamento pareti	7632,72

considerando, queste, espressione della disponibilità di un nucleo familiare, si può moltiplicare tale valore per il numero di unità immobiliari nell'area

	UI _{isol}	UI _{no ret}	WTP _{isol}	WTP _{isol no ret}
sostituzione serramenti	348	313*	1482217,26	1333143,68
isolamento pareti	348	317	2656189,02	2419574,48

**in un edificio l'intervento di sostituzione dei serramenti non è stato considerato in quanto non forniva benefici sufficienti a giustificare la misura, dal numero totale di UI nell'area si sono, quindi, incorporate le UI afferenti a tale caso*

TABELLA 32_disponibilità a pagare aggregata nell'area oggetto dell'analisi, viene fornita la WTP aggregata sia considerando tutte le unità immobiliari dell'area, sia solo quelle per cui sono stati proposti gli interventi di recupero energetico

Considerando solo il capitale movimentabile includendo le unità immobiliari per cui si è proposto l'intervento (se si includessero anche le altre attraverso modelli contrattuali innovativi i valori sarebbero maggiori di circa il 10%), si nota come il costo totale di ciascuna misura sia ampiamente coperto dalla disponibilità espressa dai rispondenti

	costo _{isol}	$\Delta_{WTP-costo}$	$\Delta_{WTP-costo}/UI$
sostituzione serramenti	1192682,32	140461,36	448,75
isolamento pareti	1142782,61	1276791,87	4027,73

TABELLA 33_surplus di WTP rispetto ai costi effettivi e loro valore specifico per unità immobiliare

La WTP estesa all'isolato eccede, quindi, i costi da sostenersi per implementare tale misura; se pesiamo questi valori (come si riporta in tabella) per i nuclei familiari presenti nell'isolato, vediamo come la disponibilità a pagare aggregata per la misura della sostituzione dei serramenti ecceda il costo di investimento di qualche centinaio di euro; mentre la WTP per l'isolamento delle pareti eccede il costo dell'investimento di più del doppio.

Forti di questi risultati, potremmo spingerci ancora oltre, ed ipotizzare degli scenari possibili di investimento considerando il budget a cui si potrebbe attingere.

Sarebbe molto probabilmente scorretto considerare le due disponibilità a pagare risultanti come sommabili, in quanto, questo, presupporrebbe una grande capacità economica degli abitanti, oltre che l'assenza completa della barriera all'investimento legata ai beni concorrenti.

E' opportuno, quindi, scegliere una misura cautelativa e, quindi, ipotizzare il budget composto dalla sola disponibilità a pagare dichiarata attraverso la preferenza riservata alla misura dell'isolamento delle pareti

Se consideriamo un intervento che combini la sostituzione dei serramenti e l'isolamento delle pareti, notiamo un costo totale di 2335464,93€ contro una disponibilità a pagare di 2419574,48€ e, cioè, una copertura totale della spesa.

Ancora, aggiungiamo alla spesa l'isolamento dei solai; la spesa diventa di 2909421,9€ eccedente il budget di 489847,41€ (corrispondenti a 1545,25€ a famiglia).

Considerando, infine, l'intervento con anche l'installazione dell'impianto fotovoltaico si ha una spesa di 3170895,21€: superiore di 751320,72€ rispetto alla disponibilità a pagare (2370,09€ a famiglia).

Per il generatore di calore, come detto precedentemente, sarebbe più opportuno calcolare il costo reale in base al dimensionamento derivante dal calcolo del fabbisogno contemplante le misure specifiche attuate.

In generale, ad ogni modo, si può notare una capacità attuativa aggregata superiore del budget generato dalla somma delle disponibilità a pagare rispetto alla loro considerazione rispetto alla singola unità immobiliare dello specifico edificio, senza contare la potenzialità che tale aggregazione potrebbe avere in termini di richiamo di potenziali investitori terzi sia pubblici che privati.

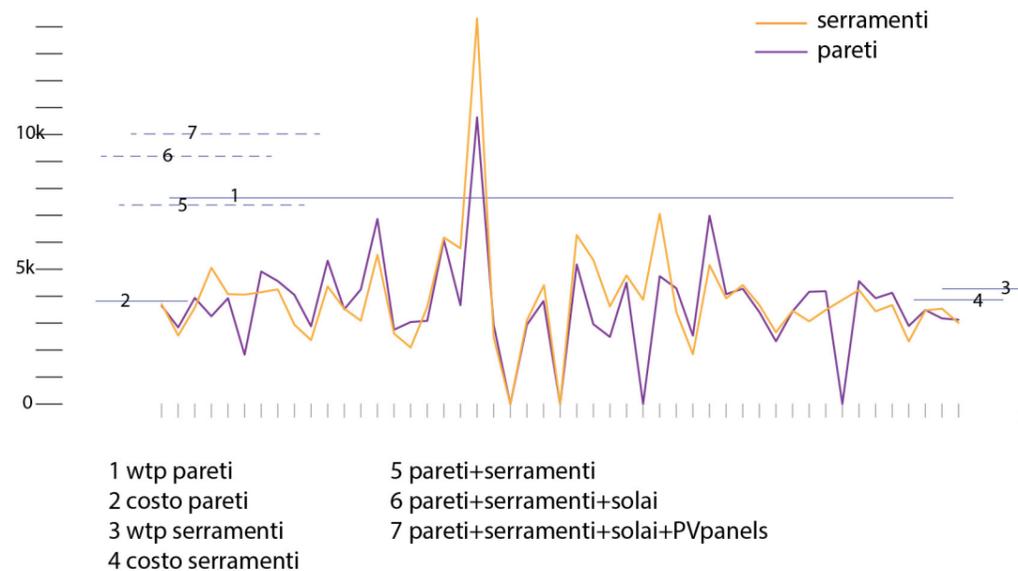


FIGURA 68_costs e WTP aggregata nell'area.

Nella figura 67 vengono descritti i dati riguardanti i costi di investimento per le due misure analizzate (sostituzione dei serramenti ed isolamento delle pareti perimetrali) e la loro copertura considerando la disponibilità a pagare stimata attraverso il modello Random Parameter Logit.

Sul'asse delle x sono indicati gli edifici dell'area considerati indicati dalle tacche sull'asse, riportati secondo l'ordine seguito nel lavoro di tesi (partendo dalla prima si ha, quindi, corso Vercelli 120, poi Vercelli 122, etc. Da ultimo via Desana 3).

Le due spezzate, arancione e viola, individuano la somma necessaria ad attuare l'intervento proposto in ciascuna unità immobiliare dell'edificio specifico; le linee "2" e "4" rappresentano la media dei costi relativi ai due interventi (rispettivamente pareti e serramenti) ottenuti dividendo il costo globale degli interventi per il numero di unità immobiliari sottoposte all'intervento.

Come già detto in precedenza, si può notare, guardando le linee "1" e "3" che indicano le WTP stimata per tali interventi, come i costi mediati sull'area siano coperti dalla WTP aggregata e che la disponibilità a pagare per l'intervento di isolamento delle pareti sia superiore al costo delle due misure combinate e rappresentate dalla linea "5".

Le linee "6" e "7", infine, rappresentano gli interventi ipotetici di cui si è stimato il costo mediato sull'area e che si sono descritti in precedenza nel corso del paragrafo.

5 Conclusioni

L'analisi svolta nel lavoro di tesi ha permesso di rilevare alcune delle potenzialità inesprese nel retrofit energetico degli edifici.

In particolare, si è potuto verificare che il ricorso ai dati statistici forniti dal progetto Tabula, accompagnati dall'analisi sul campo delle condizioni reali del costruito, permette di produrre una serie di dati attendibili sui consumi effettivi degli edifici che, poi, possono essere comunicati in modo agevole agli individui. Questo permette di costruire degli scenari alternativi decisionali colmando, in parte, il gap informativo che sovente si presenta in questo campo.

L'utilizzo del metodo Choice Experiment, inoltre, ha permesso di verificare direttamente quali sono le percezioni che gli individui hanno nel campo del recupero del patrimonio edilizio, andando a rilevare una generale attenzione verso le possibilità di risparmio energetico anche attraverso misure distanti da quelle che il mercato effettivo rivela e che si sono analizzate attraverso i dati di richieste di incentivazione.

In particolare, si è notato come la popolazione sia propensa ad interventi che si rivelano essere capaci di forti riduzioni dei consumi anche a livello più esteso di quello relativo alla proprietà individuale come, ad esempio, le misure condominiali.

Oltre a ciò, si rileva una disponibilità all'investimento capace di coprire i costi prospettati nella maggior parte dei casi.

La disponibilità a pagare, per una misura come quella dell'isolamento dell'involucro opaco verticale, si è rivelata sufficiente a coprire le spese ipotizzate per più misure di retrofit, facendo presupporre che le potenzialità di una comunicazione dati alla mano, potrebbe portare ad investimenti efficienti e in linea con i trend auspicati dagli scenari di sviluppo del recupero energetico del patrimonio edilizio che tendono a rientrare nelle linee programmatiche della policy europea.

Si potrebbe dire, quindi, che ci siano gli estremi per avviare progetti di comunicazione rivolti alla popolazione che superino il livello della sola sensibilizzazione e proponano interventi mirati e calibrati sui casi

specifici presentando dati che, seppur desunti da studi statistici e, quindi, ipotetici, permettano di fornire gli strumenti idonei a valutare le possibilità perseguibili e mobilitino in maniera più efficace le risorse a livello locale. Nello specifico, si è anche dimostrato come l'estensione della scala dell'analisi a livello di area e non di solo del singolo edificio o della singola unità immobiliare, permetta un'allocazione delle risorse più efficiente e permetta a tutti i casi di rientrare nelle soglie, almeno, degli interventi proposti.

Questo tipo di ragionamento dovrebbe, ovviamente, essere accompagnato da modelli contrattuali mutuali che permettano un ritorno economico commisurato al reale investimento nel caso esso sia maggiore o minore di quello che sarebbe dovuto per l'intervento a scala della singola proprietà sfociando, pertanto, nel campo dell'investimento energetico, sfruttando a pieno il concetto secondo cui l'efficienza energetica potrebbe essere considerata una fonte energetica "producibile".

Questo modello andrebbe costruito e testato in modo da costituire una possibilità desiderabile ed economicamente efficace che si presenti come un'alternativa competitiva ad altre forme di investimento, e che, inoltre, riduca gli effetti di rebound o di split incentive citati nel corpo del lavoro di tesi.

Non è possibile, ovviamente, escludere che gli individui siano disposti ad investimenti maggiori rispetto a quelli rivelati dall'esperimento di scelta condotto, cosicché, non si è potuto analizzare le reali condizioni di disponibilità economica esprimibile e movimentabile a livello del caso specifico.

Non si è, inoltre, potuto prendere in considerazione l'effetto che l'ampliamento della scala potrebbe avere sulla diminuzione dei costi materiali per eseguire gli interventi proposti, ma si potrebbe supporre che, a parità di disponibilità a pagare, il gap tra costo e budget ricavabile accorpando il contributo di ogni unità immobiliare dell'area possa essere inferiore a quello stimato permettendo di considerare interventi avanzati di recupero energetico, oltre che misure di scala ed efficacia maggiore come potrebbe essere il ricorso a fonti di energia rinnovabile (questo, anche, considerati gli spazi liberi dell'area nel caso specifico in esame).

Il lavoro qui presentato si è concentrato su una particolare area della città di Torino, oltre che aver cercato di focalizzare l'attenzione sui rispondenti prossimi all'area suddetta. Potrebbe essere auspicabile un'estensione dello studio da un punto di vista sia del numero di rispondenti coinvolti, sia attraverso la variazione dell'area di studio, sia della localizzazione dei rispondenti, andando a formare un quadro più comprensivo delle preferenze degli individui stessi oltre che andando a verificare gli interessi portati su differenti aree urbane. Sarebbe anche auspicabile una variazione nella architettura del questionario in modo da verificare l'incidenza che essa ha sulle reali percezioni dei rispondenti e sulla loro capacità di esprimere giudizi su una tematica abbastanza ostica per neofiti.

Da un punto di vista operativo, diverso dall'ambito accademico, potrebbe essere interessante sviluppare un progetto pilota che verifichi il dispendio economico e temporale e, di contro, la reale applicabilità, di questo, ad una popolazione definita e realmente localizzata nell'area oggetto dell'analisi andando a verificare la possibilità o meno dell'attuazione del progetto stesso.

BIBLIOGRAFIA

- Achtnicht M., *Do environmental benefits matter? Evidence from a choice experiment among house owners in Germany*, Ecological Economics 70, 2011 , pp. 2191-2200
- Achtnicht, M., Madlener, R. *Factors influencing German house owners' preferences on energy retrofits*. Energy Policy 68, 2014, pp. 254-263
- AE Agenzia delle Entrate, *Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico*, Ufficio comunicazione, 2017
- Albarea A., Bernasconi M., Marenzi A., Rizzi D., *Under Reporting. Evadere informazioni sui redditi è indice di evasione fiscale?*, Focus a cura di UVI- Ufficio Valutazione Impatto, Senato della Repubblica, 2018
- Alberini, A., Bigano, A., & Boeri, M., *Looking for free riding: energy efficiency incentives and Italian homeowners*, Energy Efficiency 7(4), 2014, pp. 571-590 (citato in MEF, 2017)
- Araujo, P. W. R. e Brereton, G. *"Experimental design I. Screening"*, Trends in analytical chemistry 15 (1), 1996, pp. 26-31
- Aylett A., *Networked urban climate governance: neighborhood-scale residential solar energy systems and the example of Solarize Portland*, Environment and Planning C: Government and policy 31, 2013. pp. 858-875
- Baker R., Ruting B., *Environmental Policy Analysis: A Guide to Non-Market Valuation*, Productivity Commission Staff Working Paper, 2014
- Banfi S., Farsi M., Filippini M., Jakob M., *Willingness to pay for energy-saving measures in residential buildings*, Energy Economics 30, 2008, pp. 503-516
- Bartczak A., Chilton S., Czajkowski M., Meyerhoff J., *Gain and loss of money in a choice experiment. The impact of financial loss aversion and risk preferences on willingness to pay to avoid renewable energy externalities*, Energy Economics 65, 2017, pp. 326-334
- Becker N., Friedler E., *Integrated hydro-economic assessment of restoration of the Alexander-Zeimar river (Israel-Palestinian Authority)*, Regional Environmental Change 13, 2013, pp. 103-114: <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0318-1>
- Bennett J., Dumsday R., Lloyd C., Kragt, M., *Non-Use Values of Victorian Public Land: Case Studies of River Red Gum and East Gippsland Forests, report to the Victorian*

Environmental Assessment Council, URS Australia, 2007

- Berton, F., & Cavallari, A., *Evaluating consumer incentives: the Italian case of building renovations*, *Politica economica* 29(3), 2013, pp. 269-292 (citato in MEF,2017)

-Boeri M., Longo A., *The importance of regret minimization in the choice for renewable energy programmes: Evidence from a discrete choice experiment*, *Energy Economics* 63, 2017, pp. 253-260

-BPIE, *Europe's Building under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings*, Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011

-Bravi M., Marmolejo-Duarte C., *Does the Energy Label (EL) matter in the residential market? A stated preference analysis in Barcelona*, *Buildings* 7 (2), 2017

-Bresso M., *Economia ecologica*, In: *Economia politica* / a cura di Hosea Jaffe e Alessandro Romagnoli ; prolusioni di Michael Barratt-Brown ... et al. ! ; lemmario a cura di Roberto Censolo ; tavole a colori a cura di Gilberto Pellizzola e Corrado Gavinelli, Jaca book, Milano, 81-90, 1998

-Buso T., Dell'Anna F., Becchio C., Bottero M. C., Corgnati S. P., *Of comfort and cost: Examining indoor comfort conditions and guests' valuations in Italian hotel rooms*, *Energy Research & Social Science* 32, 2017, pp. 94-111

-Calwell C., *Is efficient sufficient? The case for shifting our emphasis in energy specifications to progressive efficiency and sufficiency*, eceee secretariat, Sweden, 2010

-Caputo P., Pasetti G., *Overcoming the inertia of building energy retrofit at municipal level: The Italian challenge*, *Sustainable Cities and Society* 15, 2015, pp. 120-134

-Carson R. T., Mitchell R. C., Hanemann W. M., Kopp R. J., Presser S., Ruud P. A., *A contingent valuation study of lost passive use values resulting from the Exxon Valdez oil spill, a report to the attorney General of the state of Alaska*, 1992

-Carson, R.T., *Contingent valuation: A practical alternative when prices aren't available*, *Journal of Economic Perspectives* 26 (4), 2012, pp. 27-42

-Cherry T. L., Kallbekken S., Kroll S., *Accepting market failure: Cultural worldviews and the opposition to corrective environmental policies*, *Journal of Environmental Economics and Management* 85, 2017, pp. 193-204

- Clark J., Burgess J., Harrison C.M., *"I struggled with this money business": Respondents' perspectives on contingent valuation*, *Ecological Economics* 33, 2000, pp. 45-62

-COM, 2011, *Una tabella di marcia verso un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio nel 2050*, Bruxelles, Belgio

-COM, 2013, *Relazione della commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio: Progressi realizzati dagli stati membri in materia di edifici a energia quasi zero*, Bruxelles, Belgio

-COM, 2014, *Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al*

2030, Bruxelles, Belgio

-COM, 2016, *Dopo Parigi: valutazione delle implicazioni dell'accordo di Parigi a corredo della proposta di decisione del Consiglio relativa alla firma, a nome dell'Unione europea, dell'accordo di Parigi adottato nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici*, Bruxelles, Belgio

-COM, 2016-2, *Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia*

- COM 2016-3, 860 final, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank; Clean Energy for all Europeans*, Bruxelles, Belgio

- COM, 2016-4 860, *Accelerating clean energy in buildings; Annex to the communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank*

-Contaldi M., Ilacqua M., *Analisi dei fattori di emissione di CO2 dal settore trasporti: Metodo di riferimento IPCC, modello COPERT ed analisi sperimentali*, APAT, 2003

-Corrado V., Ballarini I., Corgnati S. P., Talà N., *Building typology Brochure - Italy*, 2011

-Corrado V., Ballarini I., *Refurbishment trends of the residential building stock: Analysis of a regional pilot case in Italy*, *Energy and Buildings* 132, 2016, pp. 91-116

- Dawes, R. e Corrigan, B., *"Linear models in decision making"*, *Psychological Bulletin* 81, 1974, pp.95-106 (citato in Rotaris L)

-DEEP, *Decarbonization Pathways Project (2015). Pathways to deep decarbonization 2015 report*, SDSN - IDDRI, 2015

-D'Agostino D., Zangheri P., Cuniberti B., Paci D., Bertoldi P., *Synthesis Report on the National Plans for NZEBs*; EUR 27804 EN, 2016

-Diamond A., Hausman A., *Contingent Valuation: is some number better than no number?*, *Journal of Economic Perspectives* 8(4), 1994, pp. 45-64

-DM26-06-15, *requisiti minimi*

-ENEA, *Dossier: Dall'Ecobuilding al Distretto Energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su edifici a generazione distribuita*, ENEA, Roma, 2007

-ENEA, *Verso un'Italia low carbon: Sistema energetico, occupazione e investimenti*, ENEA, Roma, 2013

-ENEA a cura di, *Rapporto annuale efficienza energetica: Executive summary*, 2017

-Englin J., Boxall P. C., Chakraborty K., Watson D. O., *Valuing the impacts of forest fires on backcountry forest recreation*, *Forest Science* 42(4), 1996, pp. 450-455

- EU, 2013, *EU Reference scenario 2013: Eu Energy, Transport and GHG emission trends to 2050*, Luxembourg: Publications Office of the European Union,
- EU, 2014, *Energy solutions for smart cities and communities, lesson learnt from the 58 pilot cities of the CONCERTO initiative*, Offizin Scheufele, Stuttgart, Germany
- EU, 2016, *EU Reference scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050*, Luxembourg: Publications Office of the European Union,
- Greene W. H., *NLOGIT Version 4.0, Student Reference Guide*
- Groezinger J., Boermans T., John A., Seehusen J., Wehringer F., Scherberich M., *Overview of Member States informations on NZEBs: Working version of the progress report – final report*, Ecofys, 2014
- Groezinger J., Boermans T., John A., Wehringer F., Scherberich M., *Overview of Member States informations on NZEBs: Background paper – final report*, Ecofys, 2014
- Grösche P., Vance C., *Willingness to pay for energy conservation and free-ridership n subsidization: Evidence from Germany*, *The Energy Journal* 30 (2), 2009, pp. 135-153
- GU, 2010, L 153/13, *Direttiva 2010/31/UE del Parlamento e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)*
- Haab T. C., McConnel K. E., *Valuing Environmental and Natural Resource: the econometrics of non-marjet valuation*, Edward Elgar, 2003
- Hensher D. A., Rose J. M., Greene W. H., *Applied choice analysis*, University Printing House, Cambridge, 2015
- Hervani A. A., Sarkis J., Helmis M. M., *Environmental goods valuations for social sustainability: A conceptual framework*, *Technological Forecasting & Social Change* 125, 2017, pp. 137-153
- Horowitz J. K., McConnell K. E., *A review of WTA/WTP studies*, *Journal of environmental economics and management* 44, 2002, pp. 426-447
- Huber A. B., González J. M., Groothuis.Oudshoorn C. G. M., Prior T., Marshall D. A., Cunnigham C., Ijzerman M., Bridges J. F. P., *Statistical Methods for the analysis of discrete choice experiments: a report of the ISPOR conjoint analysis good research practice task force*, *Value in Health* 19, 2016, pp. 300-315
- Huber, J., 2005, *"Conjoint Analysis: How We Got Here and Where We Are (An Update)"*, Sawtooth Software Conference Proceedings, <http://www.sawtoothsoftware.com/TechPap.htm>
- IEE, *ODYSSEE-Mure, Synthesis: Energy Efficiency Trends and Policies in the EU. An Analysis based on the ODYS- SEE and Mure Databases*, Settembre 2015
- IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis (Cambiamenti climatici 2013:*

- fondamento nella scienza fisica); gruppo di lavoro I dell'IPCC, sintesi destinata ai responsabili politici*, 2013
- IPCC, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014
- ISPRA, *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2015: National Inventory Report*, Roma, 2017
- Kahan, D.M., Jenkins-Smith, H., Braman, D., *Cultural cognition of scientific consensus*. *Journal of Risk Research* 14 (2), 2011, pp. 147-174
- Kahneman D., Knetsch J. L., *Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction*, *Journal of economic and management* 22, 1992, pp. 57-70
- Kiel K. A., McClain K. T., *House prices during siting decision stages: the case of an incinerator from rumor through operation*, *Journal of environmental economics and management* 28, 1995, pp. 241-255
- Kilkiş Ş., *Exergy transition planning for net-zero districts*, *Energy* 92, 2015, pp. 515-531
- Kling C. L., Phaneuf D. J., Zhao J., *From Exxon to BP: has some number become better than no number?*, *Journal of Economic Perspectives* 26 (4), 2012, pp. 3-26
- Krutilla V., *Conservation Reconsidered*, *The American Economic Review* 57 (4), 1967, pp. 777-786
- Kuhfeld, W., Tobias, R. e Garratt, M., *"Efficient Experimental Design with Marketing Research Applications"*, *Journal of Marketing Research* 31, 1994, pp. 545-57.
- Kwak S.-Y., Yoo S.-H., Kwak S.-J., *Valuing energy-saving measures in residential buildings: A choice experiment study*, *Energy Policy* 38, 2010, pp. 673-677
- Laustsen J., *Global policy for dramatic reduction of energy consumption in buildings Factor 3 is both possible and economic rational*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 6 (20), 2009
- List J. A., Gallet C. A., *What experimental protocol influence disparities between actual and hypothetical stated values?, Evidence from a meta-analysis*, *Environmental and Resource Economics* 20, 2001, pp. 241-254
- Little J., Berrens R., *Explaining Disparities between Actual and Hypothetical Stated Values: Further Investigation Using Meta-Analysis*, *Economics Bulletin* 3 (6), 2004, pp. 1-13
- Louviere J. J., Woodworth G., *Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data*, *Journal of Marketing Research* 20 (4), 1983, pp. 350-367

- Louviere J. J., *Conjoint Analysis Modelling of Stated Preferences: A Review of Theory, Methods, Recent Developments and External Validity*, Journal of Transport Economics and Policy 22 (1), 1988, pp. 93-119
- Louviere J.J., Flynn T. N., Carson R., *Discrete Choice experiments are not conjoint analysis*, Journal of choice modelling 3(3), 2010, pp. 57-72
- Louviere J.J., Hensher D.A., Swait J.D., *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000
- Mangham L. J., Hanson K., McPake B., *How to do (or not to do)...Designing a discrete choice experiment for application in a low-income country*, Health policy and Planning 24, 2009, pp. 151-158
- Marique A.-F., *From Zero Energy Building to Zero Energy Neighbourhood. Urban form and mobility matter*, PLEA 2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany, 10-12 September 2013
- Marmolejo C., Ruiz, M., *Using choice-based-experiments to support real estate design decision*. Journal of European Real Estate Research 6 (1), 2013, pp. 63-89
- MEF, *Immobili in Italia; Ricchezza, reddito e fiscalità immobiliare*, Report a cura del Ministero delle Finanze e Dell'Agenzia delle Entrate, 2017
- Morancho A.B., *A hedonic valuation of urban green areas*, Landscape and urban planning 66, 2003, pp. 35-41
- Murphy, L. C., and F. M. Meijer, *Waking a sleeping giant: Policy tools to improve the energy performance of the existing housing stock in the Netherlands*, ECEEE summer study, 2011
- Navrud S., Ready R.C., *Valuing cultural Heritage: Applying environmental valuation techniques to historic buildings, monuments and artifacts*, Edward Elgar, 2002
- Norden A., Coria J., Jönsson A. M., Lagergren F., Lehsten V., *Divergence in stakeholders' preferences: Evidence from a choice experiment on forest landscapes preferences in Sweden*, Ecological Economics 132, 2017, pp. 179-195
- ODYSSEE-Mure, Database, Disponibile al: <http://www.odyssee-mure.eu/data-tools/> (accesso: Giugno 2018)
- Ott, W., Baur, M., Jakob, M., 2006. *Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten (Direct and indirect additional benefits of energy efficiency in residential buildings)*. Study by Econcept and CEPE ETH Zurich on Behalf of the Research Programme EWG (www.ewg-bfe.ch) of the Swiss Federal Office of Energy, Bern. January (cit in Banfi)
- Pannell D.J., *Value for Money in Environmental Policy and Environmental Economics*, School of Agricultural and Resource Economics Working Paper No. 1304, University of Western Australia, 2013

- Park J. Y., *Is there a price premium for efficiency labels? Evidence from the introduction of a label in Korea*, Energy Economics 62, 2017, pp. 240-247
- Pek C.-K., Lamal O., *A choice experiment analysis for solid waste disposal option: A case study in Malaysia*, Journal of Environmental Management 92, 2011, pp. 2993-3001
- Pincetl S., *Cities in the age of Anthropocene: Climate change agents and the potential for mitigation*, Anthropocene 20, 2017, pp. 74-82
- Polyzou E., Jones N., Evangelinos K. I., Halvadakis C. P., *Willingness to pay for drinking water quality improvement and the influence of social capital*, The Journal of Socio-Economics 40, 2011, pp. 74-80
- Poor P. J., Smith J.M., *Travel cost analysis of a cultural heritage site: the case of historic St. Mary's City of Maryland*, Journal of Cultural Economics 28, 2004, pp. 217-229
- Poortinga W., Steg L., Vlek C., Wiersma G., *Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis*, Journal of Economic Psychology 24, 2003, pp. 49-64
- Regione Piemonte, *Prezziario della Regione Piemonte, Prezzi di riferimento per Opere e Lavori Pubblici nella Regione Piemonte*, 2016
- Rocchi L., *Choice experiments ed eterogeneità delle preferenze per i bacini ad uso plurimo: un'applicazione al lago di Montedoglio*, Aestimum 54, 2009, pp. 69-85
- Rotaris L., *La valutazione degli effetti delle politiche dei trasporti. Problemi di progettazione delle indagini basate sulle preferenze dichiarate*, atti della conferenza Riunione annuale della Società Italiana degli Economisti dei Trasporti Palermo - 13 e 14 novembre 2003, <http://www.sietitalia.org/convegni/siet-palermo.htm>
- Ruokamo E., *Household preferences of hybrid home heating system - A choice experiment application*, Energy Policy 95, 2016, pp. 224-237
- Samples, K.C., Hollyer, J.R., *Contingent Valuation of Wildlife Resources in the Presence of Substitutes and Complements*. In: Johnson, R.L., Johnson, G.V. (Eds.), *Economic Valuation of Natural Resources: Issues, Theory, and Applications*. Westview Press, Boulder, CO, 1990, pp. 177- 192 (citato in Diamond e Hausman)
- Salm S., Hille S. L., Wüstenhagen R., *What are retail investors' risk-return preferences towards energy projects? A choice experiment in Germany*, Energy Policy 97, 2016, pp. 310-320
- Seltzer E., Smith T., Cortright J., Bassett E. M., Vivek S., *Making EcoDistricts Concepts & Methods for Advancing Sustainability in Neighborhoods*, Institute for Sustainable Solutions, Portland,, 2010
- SEN, *Strategia Energetica Nazionale*, Roma, 2017
- Scarpa R., Willis K., *Willingness-to-pay for renewable energy: Primary and discretionary choice of British households' for micro-generation technologies*, Energy Economics 32, 2010, pp. 129-136

- Schimschar S., Hermelink A., Ashok J., *Nearly Zero-Energy Building Strategy 2020*, 2014
- Schkade D. A., Payne J. W., *How people respond to contingent valuation questions: a verbal protocol analysis of willingness to pay for an environmental regulation*, *Journal of environmental economics and management* 26 (1), 1994, pp. 88-109
- Sills E. O., Abt K. L., *Forest in a market economy*, Dordrecht Springer Science + Business Media, Paesi Bassi, 2003
- Smith V. K., *Can contingent valuation distinguish economic values for different public goods?*, *Land Economics* 72 (2), 1996, pp. 139-151
- Spash, C.L., *'Ethics and environmental attitudes with implications for economic valuation'*, *Journal of Environmental Management* 50, 1997, pp. 403- 416.
- SWD, *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030: Commission staff Working document*, Impact assessment, Brussels, 2014
- Testi D., Della Vista D., Schito E., Menchetti E., Conti P., Grassi W., Fasano G., Signoretti P., *Sviluppo del software SEAS per le diagnosi energetiche di ambienti ospedalieri dedicati alla degenza*, Report ricerca di Sistema Elettrico, 2014
- Testi D., Schito E., Menchetti E., Conti P., Della Vista D., Pellegrini G., Tiberi E., Grassi W., Fasano G., Signoretti P., *Il software SEAS per le diagnosi energetiche: interventi di assistenza e formazione e sviluppo di un modello semplificato per gli edifici ad uso residenziale*, Report ricerca di Sistema Elettrico, 2015
- URS, *Willingness To Pay for E-Waste Recycling*, report to the Environment Protection and Heritage Council, Melbourne, 2009
- UN, *Our common future, Report of the World Commission on Environment and Development*, 1987
- Vecchiato D., Tempesta T., *Public preferences for electricity contracts including renewable energy: A marketing analysis with choice experiments*, *Energy* 88, 2015, pp. 168-179
- Verburg P. H., Dearing J. A., Dyke J. G., van der Leeuw S., Seitzinger S., Steffen W., Syvitski J., *Methods and approaches to modelling the Anthropocene*, *Global Environmental Change* 39, 2016, pp. 328-340
- Viridis, M.R. et al., *Pathways to deep decarbonization in Italy*, SDSN - IDDRI, 2015
- Watson, S. M., Toner, J. P., Fowkes, T. e Wardman, M., *"Efficiency properties of orthogonal stated preference design"*, in *Stated preferences modelling techniques*, Ortuzar, de D. J. (a cura di), PTRC Education and Research services Ltd, Londra, 2000 (citato in Rotaris L),
- Yildiz Ö., *Financing renewable energy infrastructures via financial citizen participation - The case of Germany*, *Renewable Energy* 68, 2014, pp. 677-685

Sitografia

CAP 1:

- [1]-https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en#tab-0-0 (accesso ottobre 2017)
- [2]-https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (accesso ottobre 2017)
- [3]-https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en (accesso ottobre 2017)
- [4]-<https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition> (accesso giugno 2018)
- [5]-<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings> (accesso giugno 2018)
- [6]-<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu> (accesso giugno 2018)

CAP 2:

- [7]-<http://www.comune.torino.it/geoportale/>
- [8]-<https://ec.europa.eu/easme/en/intelligent-energy-europe> (accesso giugno 2018)
- [9]-<http://webtool.building-typology.eu/#bm>

CAP 4:

- [10]-<http://www.evostc.state.ak.us/index.cfm?FA=facts.home> (accesso gennaio 2018)
- [11]-http://www.treccani.it/enciclopedia/fallimenti-del-mercato_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/ (accesso dicembre 2017)
- [12]-https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/policies-matters/eu/703_it (accesso gennaio 2018)

CAP 5:

- [13]-<http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Cittadini/Agevolazioni>, (accesso gennaio 2018)
- [14]-http://www.ilsole24ore.com/art/norme-e-tributi/2017-02-28/iil-reddito-medio-italiani-e-20320-euro-solo-4percento-contribuenti-dichiara-piu-50mila-euro--171245.shtml?uuid=AELdpHf&refresh_ce=1 (accesso aprile 2018)
- [15]- <https://www.arera.it/it/prezzi.htm> (accesso dicembre 2017)

CAP 6:

- [16]-Logistic Regression Analysis: Stata Annotated Output. UCLA: Institute for digital research and education. <https://stats.idre.ucla.edu/stata/output/logistic-regression-analysis/> (accesso maggio 2018)

APPENDICI

APPENDICE 1_Esempio di questionario

VALUTAZIONE DELLE PREFERENZE DI INTERVENTO NEL RECUPERO DEGLI EDIFICI

Il presente questionario ha lo scopo di valutare le preferenze in termini di interventi di recupero sul patrimonio edilizio esistente con particolare riferimento alla disponibilità a pagare per apportare modifiche che migliorino la qualità estetico-funzionale o energetica degli edifici. I dati da Lei forniti saranno assolutamente anonimi e verranno trattati per finalità di ricerca.

CARATTERISTICHE DELL' ABITAZIONE IN CUI VIVE

1. Risiede in una abitazione di proprietà?

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
 No

2. Qual è la sua circoscrizione di residenza a Torino?

Contrassegna solo un ovale.

- 1 (Centro-Crocetta)
 2 (Santa Rita-Mirafiori nord-Mirafiori sud)
 3 (San Paolo-Cenisia-Pozzo Strada, Cit Turin)
 4 (San Donato-Campidoglio-Parella)
 5 (Borgo Vittoria-Madonna di Campagna-Lucento-Vallette)
 6 (Barriera di Milano-Barca-Bettola-Falchera-Rebaudengo-Villareto)
 7 (Aurora-Vanchiglia-Sassi-Madonna del Pilone)
 8 (San Salvario-Cavoretto-Borgo Po-Nizza Millefonti-Lingotto-Filadelfia)
 Non risiedo a Torino

3. Qual è la tipologia della sua abitazione?

Contrassegna solo un ovale.

- casa singola
 casa a schiera
 appartamento in condominio

4. Qual è l'epoca di costruzione della sua abitazione? (se non ne è certo scelga non so)

Contrassegna solo un ovale.

- antecedente il 1920
 1921-1975
 1976-2005
 successiva al 2006
 Non lo so

5. La sua abitazione è dotata di finestre con doppi vetri (vetrocamera)?

Contrassegna solo un ovale.

- sì
 no
 non lo so

6. Che tipo di impianto di riscaldamento è installato nella sua abitazione?

Contrassegna solo un ovale.

- impianto autonomo a gas
 impianto centralizzato (gasolio, gas metano)
 stufa (pellet, legna)
 teleriscaldamento
 pompa di calore
 non lo so
 Altro: _____

7. E' presente uno strato di isolante nei muri perimetrali?

Contrassegna solo un ovale.

- sì
 no
 non lo so

8. La sua abitazione è stata oggetto di lavori per ridurre i consumi energetici? ("lavori per ridurre i consumi energetici" significa, ad esempio, la sostituzione dell'impianto di riscaldamento, l'isolamento dei muri esterni, del tetto, del locale cantine, la sostituzione delle finestre)

Contrassegna solo un ovale.

- Sì
 No *Passa alla domanda 10.*
 Non lo so *Passa alla domanda 10.*

9. Se sì, quali lavori per ridurre i consumi sono stati eseguiti?

Seleziona tutte le voci applicabili.

- sostituzione dell'impianto di riscaldamento
- isolamento delle pareti esterne
- isolamento del tetto
- isolamento del locale cantine o dell'interrato
- sostituzione degli infissi
- installazione di termovalvole
- Altro: _____

10. Di recente sono stati eseguiti lavori di ristrutturazione edilizia nella sua abitazione? (con "lavori di ristrutturazione edilizia" si intendono lavori quali il rifacimento di alcuni locali (bagno, cucina,...), il ritinteggiamento degli ambienti, etc)

Contrassegna solo un ovale.

- sì
- no *Passa alla domanda 12.*
- non lo so *Passa alla domanda 12.*

11. Se sì, specifichi quali

Seleziona tutte le voci applicabili.

- trasformazione di superfici accessorie (ad esempio sottotetti, scantinati,...) in superfici utili
- ampliamenti o frazionamenti di unità immobiliari
- sostituzione pavimento
- rifacimento bagno/i
- rifacimento cucina
- ritinteggiamento ambienti
- Altro: _____

PERCEZIONE ENERGETICA

12. Specifichi la classe energetica della sua abitazione?

Contrassegna solo un ovale.

- A o superiore
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- non lo so
- non c'è una certificazione energetica dell'abitazione

13. Come valuta la sua spesa energetica per riscaldamento?

Contrassegna solo un ovale.

- molto alta
- alta
- media
- bassa
- non saprei

14. In quale fascia può inserire la sua spesa energetica annua per riscaldamento?

Contrassegna solo un ovale.

- meno di 500€
- 500-1000€
- 1000-1500€
- 1500-2000€
- più di 2000€
- non lo so

15. Crede sarebbe disposto ad un investimento economico per ridurre la spesa in bolletta?

Contrassegna solo un ovale.

- sì
- no
- dipende dall'entità dell'investimento
- non saprei

PREFERENZE DI INTERVENTO

Immagini di abitare in un appartamento di circa 75 metri quadri in un condomino a Torino in zona Barriera di Milano, sito tra Corso Vercelli e via Martorelli, costruito prima degli anni '70.

Immagini, inoltre, che l'appartamento sia in uno stato mediocre, servito da un impianto di riscaldamento condominiale.

Attraverso interventi di miglioramento è possibile ridurre la spesa energetica annuale che sostiene oppure migliorare esteticamente l'appartamento.

Gli interventi proposti sono:

- energetici (riducono la spesa energetica sostituendo parti inefficienti dell'edificio)
- estetico-funzionali (migliorano la qualità interna dell'appartamento)
- condominiali (migliorano le prestazioni dell'edificio intervenendo sulle parti comuni)
- stato attuale (non viene fatto nessun intervento)

Per ogni opzione possibile viene descritto l'intervento e ne viene specificato il costo, il risparmio energetico che se ne ottiene e la quantità di anidride carbonica che si risparmia dovuta al minor utilizzo di energia.

I risparmi sono da considerarsi annui.

Dove specificato, le misure permettono di accedere al sistema di incentivazione che permette di detrarre i costi sostenuti dalle imposte statali nell'arco di 10 anni.

PREFERENZE DI INTERVENTO

Tra le seguenti 4 alternative scegli quella che preferirebbe attuare nella abitazione ipotizzata sopra.

Tenga presente che alcune delle proposte prevedono un risparmio economico sulle utenze energetiche, mentre quelle che non specificano un risparmio presuppongono un aumento dal punto di vista estetico e funzionale dell'abitazione.

I costi ed i risparmi sono considerati per famiglia.

1 ENERGETICO Serramenti	2 ESTETICO Bagno	3 CONDOMINIALE Isolamento pareti	4 STATO DI FATTO
Sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi più efficienti per ridurre la dispersione del calore, questo riduce il consumo di energia per riscaldare l'abitazione	Sostituzione di tutti i sanitari (wc, bidet, lavabo, doccia, rubinetteria) e rifacimento del rivestimento in piastrelle	Posizionamento di uno strato di materiale isolante sui muri esterni, così da ridurre la dispersione di calore attraverso i muri e la spesa per il riscaldamento	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 3410 €	costo intervento 3590 €	costo intervento 3260 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 256 €/anno CO ₂ non emessa: 672 kg/anno (equivalenti a 292 litri di benzina) Intervento scaricabile al 50% (1705 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (1795 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 366 €/anno CO ₂ non emessa: 959 kg/anno (equivalenti a 417 litri di benzina) Intervento scaricabile al 70% (2282 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

16. *Contrassegna solo un ovale.*

- Opzione 1
- Opzione 2
- Opzione 3
- Opzione 4

PREFERENZE DI INTERVENTO

Tra le seguenti 4 alternative scelga quella che preferirebbe attuare nella abitazione ipotizzata sopra.

Tenga presente che alcune delle proposte prevedono un risparmio economico sulle utenze energetiche, mentre quelle che non specificano un risparmio presuppongono un aumento dal punto di vista estetico e funzionale dell'abitazione. I costi ed i risparmi sono considerati per famiglia.

1 ENERGETICO Serramenti	2 ESTETICO Cucina	3 CONDOMINIALE Isolamento solai	4 STATO DI FATTO
Sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi più efficienti per ridurre la dispersione del calore, questo riduce il consumo di energia per riscaldare l'abitazione	Installazione di una cucina completa, dotata di elettrodomestici nuovi (piano cottura, forno, lavastoviglie e frigorifero).	Posizionamento di uno strato di isolante nel sottotetto e sotto il solaio tra cantine e piano terra, così da ridurre la dispersione di calore di questi e la spesa per riscaldamento.	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 3410 €	costo intervento 4940 €	costo intervento 1640 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 256 €/anno CO ₂ non emessa: 672 kg/anno (equivalenti a 292 litri di benzina) Intervento scaricabile al 50% (1705 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (2470 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 300 €/anno CO ₂ non emessa: 787 kg/anno (equivalenti a 342 litri di benzina) Intervento scaricabile al 70% (1148 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

17. *Contrassegna solo un ovale.*

- Opzione 1
 Opzione 2
 Opzione 3
 Opzione 4

PREFERENZE DI INTERVENTO

Tra le seguenti 4 alternative scelga quella che preferirebbe attuare nella abitazione ipotizzata sopra.

Tenga presente che alcune delle proposte prevedono un risparmio economico sulle utenze energetiche, mentre quelle che non specificano un risparmio presuppongono un aumento dal punto di vista estetico e funzionale dell'abitazione. I costi ed i risparmi sono considerati per famiglia.

1 ENERGETICO Pompa di calore	2 ESTETICO Tinte&Pavimenti	3 CONDOMINIALE Isolamento solai	4 STATO DI FATTO
Sostituzione della caldaia condominiale con un generatore alimentato ad energia elettrica.	Ritinteggiare di tutti gli ambienti dell'abitazione e rifacimento dei pavimenti.	Posizionamento di uno strato di isolante nel sottotetto e sotto il solaio tra cantine e piano terra, così da ridurre la dispersione di calore di questi e la spesa per riscaldamento.	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 10540 €	costo intervento 8060 €	costo intervento 1640 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 812 €/anno CO ₂ non emessa: 2734 kg/anno (equivalenti a 1189 litri di benzina) Intervento scaricabile al 65% (6852 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (4030 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 300 €/anno CO ₂ non emessa: 787 kg/anno (equivalenti a 342 litri di benzina) Intervento scaricabile al 70% (1148 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

18. *Contrassegna solo un ovale.*

- Opzione 1
 Opzione 2
 Opzione 3
 Opzione 4

PREFERENZE DI INTERVENTO

Tra le seguenti 4 alternative scelga quella che preferirebbe attuare nella abitazione ipotizzata sopra.

Tenga presente che alcune delle proposte prevedono un risparmio economico sulle utenze energetiche, mentre quelle che non specificano un risparmio presuppongono un aumento dal punto di vista estetico e funzionale dell'abitazione. I costi ed i risparmi sono considerati per famiglia.

1 ENERGETICO Caldaia	2 ESTETICO Cucina	3 CONDOMINIALE Fotovoltaico	4 STATO DI FATTO
Sostituzione della caldaia condominiale con una di efficienza maggiore, riducendo quindi la spesa per riscaldare l'abitazione.	Installazione di una cucina completa, dotata di elettrodomestici nuovi (piano cottura, forno, lavastoviglie e frigorifero).	Installazione di un impianto fotovoltaico sul tetto dell'edificio per la produzione di energia e ridurre i costi per l'energia elettrica condominiale.	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 1050 €	costo intervento 4940 €	costo intervento 750 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 271 €/anno CO ₂ non emessa: 710 kg/anno (equivalenti a 309 litri di benzina) Intervento scaricabile al 65% (682 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (2470 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 44 €/anno CO ₂ non emessa: 14 kg/anno (equivalenti a 6 litri di benzina) Intervento scaricabile al 50% (375 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

19. *Contrassegna solo un ovale.*

- Opzione 1
 Opzione 2
 Opzione 3
 Opzione 4

PREFERENZE DI INTERVENTO

Tra le seguenti 4 alternative scelga quella che preferirebbe attuare nella abitazione ipotizzata sopra.

Tenga presente che alcune delle proposte prevedono un risparmio economico sulle utenze energetiche, mentre quelle che non specificano un risparmio presuppongono un aumento dal punto di vista estetico e funzionale dell'abitazione. I costi ed i risparmi sono considerati per famiglia.

1 ENERGETICO Serramenti	2 ESTETICO Tinte&Pavimenti	3 CONDOMINIALE Isolamento solai	4 STATO DI FATTO
Sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi più efficienti per ridurre la dispersione del calore, questo riduce il consumo di energia per riscaldare l'abitazione	Ritinteggiare di tutti gli ambienti dell'abitazione e rifacimento dei pavimenti.	Posizionamento di uno strato di isolante nel sottotetto e sotto il solaio tra cantine e piano terra, così da ridurre la dispersione di calore di questi e la spesa per riscaldamento.	Non viene effettuato nessun intervento; vengono mantenute le condizioni attuali dell'appartamento
costo intervento 3410 €	costo intervento 8060 €	costo intervento 1640 €	costo intervento 0 €
Risparmio in bolletta: 256 €/anno CO ₂ non emessa: 672 kg/anno (equivalenti a 292 litri di benzina) Intervento scaricabile al 50% (1705 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 € Intervento scaricabile al 50% (4030 € in 10 anni)	Risparmio in bolletta: 300 €/anno CO ₂ non emessa: 787 kg/anno (equivalenti a 342 litri di benzina) Intervento scaricabile al 70% (1148 € in 10 anni)	Risparmio sulla bolletta: 0 €

20. *Contrassegna solo un ovale.*

- Opzione 1
 Opzione 2
 Opzione 3
 Opzione 4

DATI SOCIO-ECONOMICI

Si ricorda che le domande sono completamente anonime ed i dati raccolti saranno utilizzati solamente ai fini di questa ricerca accademica

21. **Età (anni):**

22. **Genere:**

Contrassegna solo un ovale.

- maschio
 femmina

23. **Nazionalità:**

24. **Comune di residenza:**

25. **E' sposato/unito civilmente/convivente?**

Contrassegna solo un ovale.

- sì
 no

26. **Ha figli?**

Contrassegna solo un ovale.

- sì
 no

27. **Di quante persone è composto il suo nucleo familiare?**

28. **Condivide l'abitazione con altre persone diverse dai familiari**

Contrassegna solo un ovale.

- sì
 no

29. **Livello di istruzione**

Contrassegna solo un ovale.

- licenza elementare
 licenza media
 licenza superiore
 laurea
 master/dottorato di ricerca

30. **Professione**

Contrassegna solo un ovale.

- studente
 imprenditore
 lavoratore autonomo (artigiano, commerciante, agricoltore)
 libero professionista
 manager/dirigente
 impiegato/a, insegnante
 operaio
 casalingo/a
 pensionato
 Altro: _____

31. **In quale fascia può inserire il reddito netto mensile del suo nucleo familiare? (ricordi che il questionario è anonimo)**

Contrassegna solo un ovale.

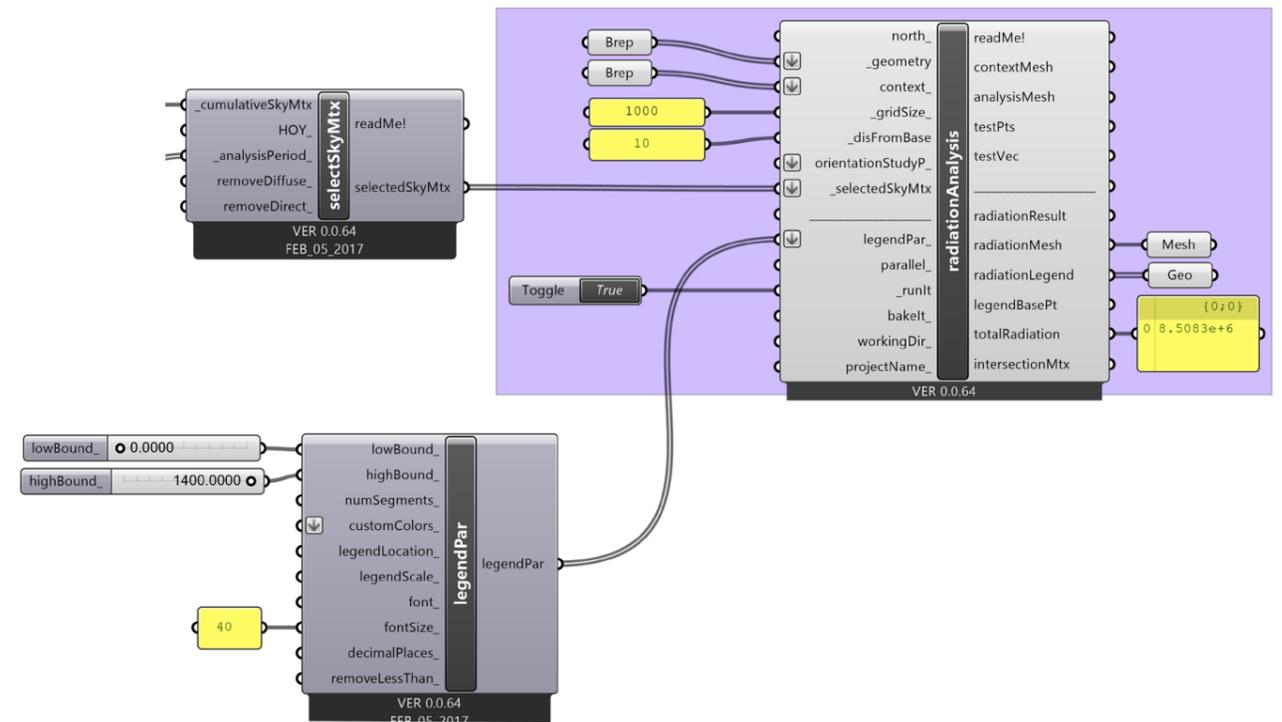
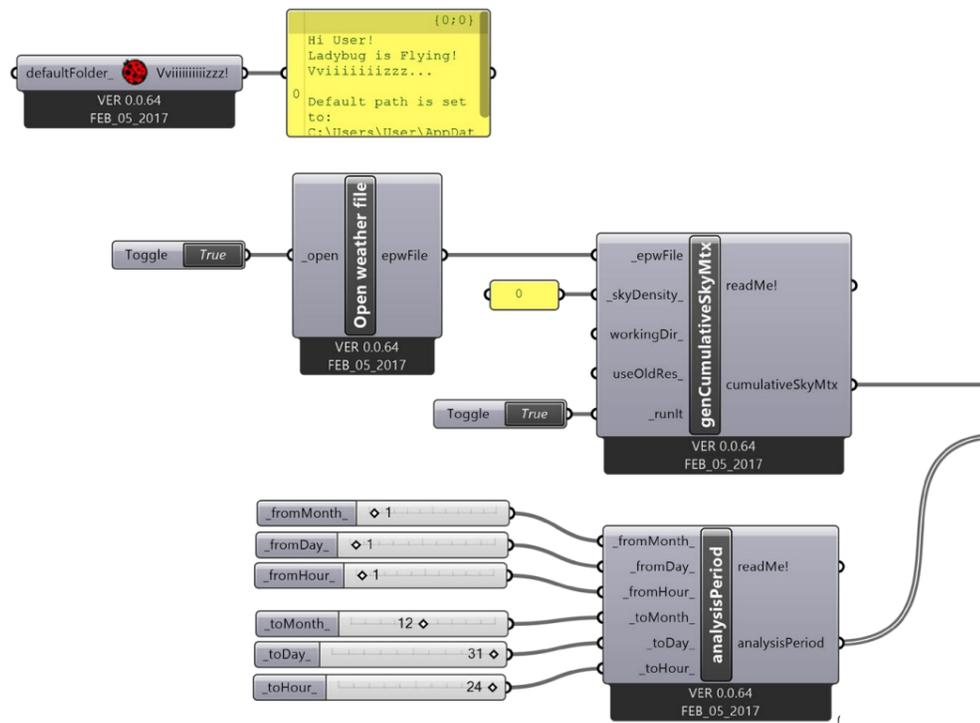
- meno di 1500€
 1500-3000€
 3000-4500€
 4500-6000€
 più di 6000€
 preferirei non rispondere

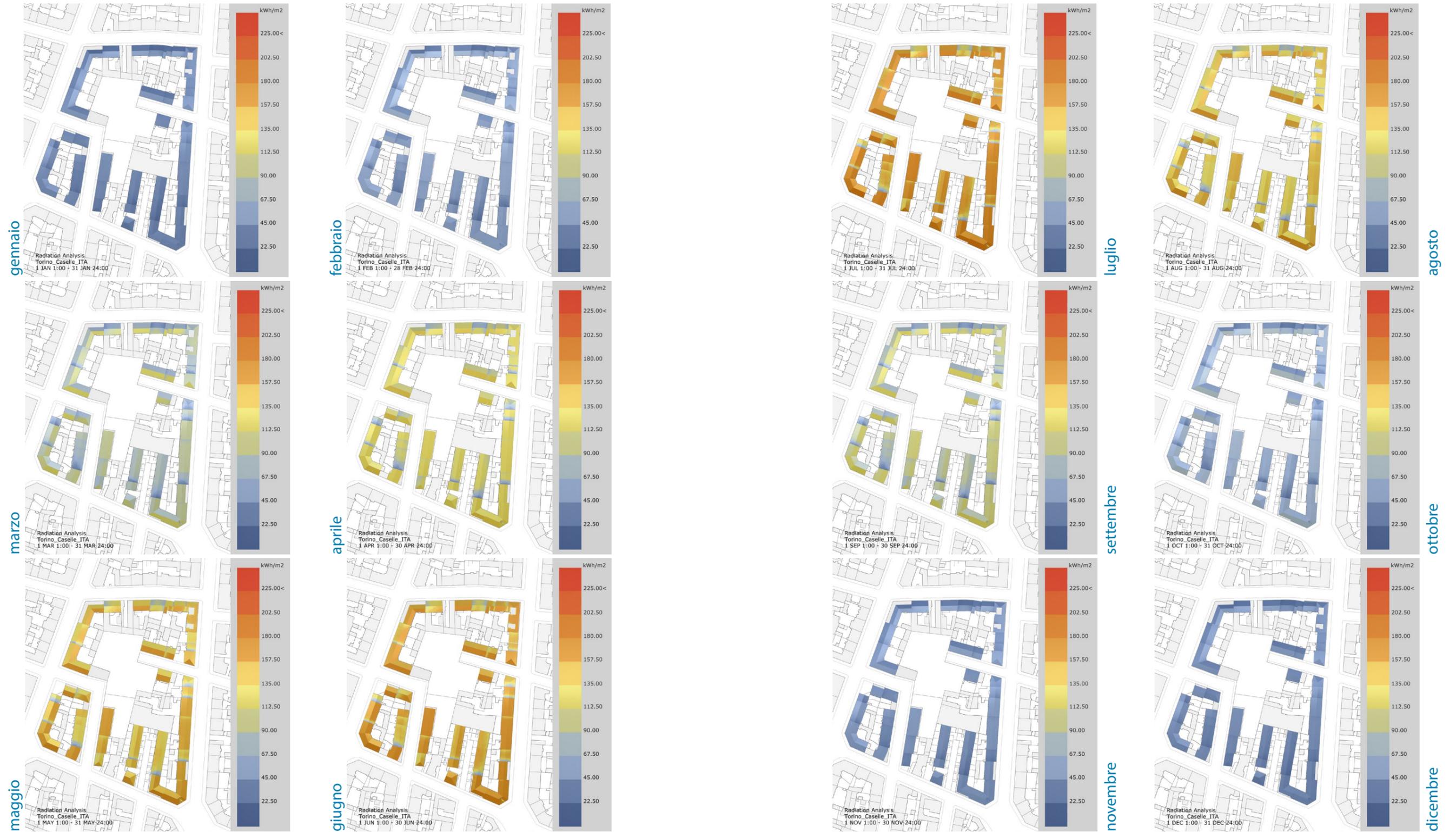
APPENDICE 2_Analisi della radiazione incidente

Di seguito si fornisce la definizione elaborata in ambiente Grasshopper attraverso l'applicativo Ladybug che permette le analisi ambientali.

Si è fatto riferimento ai dati relativi a Torino Caselle in quanto, questa è la località più prossima all'area di analisi tra i dati disponibili nelle banca dati dei Weather Data (.epw).

Si forniscono anche le analisi effettuate mese per mese riguardanti la radiazione incidente sulle coperture dell'area.





APPENDICE 3_Fractional Factorial Design

Per generare il Fractional Factorial Design (cfr. Araujo, P. W. R, 1996; Rotaris L) si è fatto ricorso al software SPSS; risulta però utile, per comprenderne il funzionamento, vedere il processo manuale di costruzione di tale sottoinsieme di profili.

Ipotizziamo un modello formato da $J=5$ attributi e $L=2$ livelli, il Full Fractional Design che se ne genera è composto da 25 profili.

E' possibile estrarre un sottoinsieme di profili L_j-P tale per cui

$P < J$

$L_j - P > J$

Se imponiamo $P=2$, possiamo costruire un di modello di scelta ridotto (Fractional Factorial Design) caratterizzato da 25-2 profili, sostanzialmente dimezzando il numero di ripetizioni dell'esercizio di scelta.

Una volta determinato P e definito il numero di profili estratti, si costruisce un Full Fractional Design con L livelli e $J-P$ attributi, nel nostro caso, quindi, un modello completo con 2 livelli e 3 attributi.

I livelli vengono codificati con numeri ordinali centrati su zero, per cui, nel caso di due livelli, essi prenderanno valori di -1 e +1, nel caso di 3 livelli, la codifica si opererà assegnando alternativamente -1, 0, +1 ai livelli (nel caso di livelli non ordinati, i valori sono assegnati in maniera casuale ad ogni livello).

Così, volendo costruire il modello descritto sopra, si avrà nelle prime due colonne il Full Fractional Design, per un modello a 3 attributi e due livelli (23 combinazioni possibili), mentre nelle ultime due una combinazione di livelli dei restanti attributi:

CE	J1	J2	J3	J4	J5
1	-1	-1	-1	+1	+1
2	+1	-1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1	+1
4	+1	+1	-1	+1	-1
5	-1	-1	+1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1	-1	-1
8	+1	+1	+1	+1	+1

Da notare che, mentre il Full Fractional Design è univoco, esistono molteplici Fractional Factorial Design, in quanto sono molteplici le possibili estrazioni dal modello completo.

Nel caso sopra descritto, le due ultime colonne sono una combinazione delle prime tre (nello specifico $J_4 = J_1 * J_2$ e $J_5 = J_1 * J_3$, se si fossero scelte diverse modalità di combinazione ne sarebbe derivato un differente modello. Quello sopra riportato è caratterizzato da ortogonalità e bilanciatazza in quanto i livelli compaiono lo stesso numero di volte negli esperimenti di scelta ed ogni livello di ogni attributo compare un medesimo numero di volte).

La costruzione dei sottoinsiemi comprendenti i profili di scelta, da presentare all'intervistato in ciascun esercizio, sono costruibili secondo una serie di "tecniche di estrazione".

Tra di esse possiamo ricordarne alcune (per un elenco più esaustivo rimandiamo a [Rotaris L., 2003, Louviere J.J. 1988, Louviere J. J. e Woodworth 1983]):

1) Dato un insieme P di profili e un sottoinsieme M profili presentati in ciascun esercizio di scelta, si creano M-1 duplicati di P e si compongono P esercizi di scelta composti da M profili estraendoli dall'insieme di profili iniziali e dagli M-1 profili duplicati

P=4

M=2

(P1; P2; P3; P4)

$P*(M-1)=1$

gli insiemi P e M-1 saranno:

P=(P1; P2; P3; P4)

M-1=(P1; P2; P3; P4)

allora si possono costruire P=E esercizi di scelta composti da 2 profili

E1=(P1; P2)

E2=(P2; P3)

E3=(P3; P4)

E4=(P4; P1)

2) Nel caso si vogliono sottoporre all'intervistato M=2 profili per ogni esercizio di scelta, si può procedere costruendo tutte le possibili

combinazioni risultanti in $P(P-1)/2$ profili di scelta

P=4

M=2

(P1; P2; P3; P4)

$P(P-1)/2=6$

da cui:

E1=(P1; P2)

E2=(P1; P3)

E3=(P1; P4)

E4=(P2; P3)

E5=(P2; P4)

E6=(P3; P4)

3) Definiti P profili ortogonali, per ognuno di essi si generano M-1 profili ulteriori definiti, per ogni attributo, dal livello successivo a quello caratterizzante il profilo P-esimo nello stesso esercizio di scelta

P=4

M=2

$P1 = X't' + X''s' + X'''z'$

$P2 = X't'' + X''s'' + X'''z''$

$P3 = X't''' + X''s''' + X'''z'''$

$P4 = X't'''' + X''s'''' + X'''z''''$

dove X_n rappresentano gli attributi descrittivi di ogni profilo, e t, s, z i livelli di tali attributi

Si definiscono gli esercizi di scelta come

$E1 = (P1; P1,1) | P1,1 = X't'+1 + X''s'+1 + X'''z'+1$

$E2 = (P2; P2,1) | P2,1 = X't''+1 + X''s''+1 + X'''z''+1$

$E3 = (P3; P3,1) | P3,1 = X't''' +1 + X''s''' +1 + X'''z''' +1$

$E4 = (P4; P4,1) | P4,1 = X't'''' +1 + X''s'''' +1 + X'''z'''' +1$

4) Si crea una matrice in cui le righe rappresentano gli esercizi di scelta, e le colonne gli attributi caratterizzanti i ciascun profilo dell'esercizio di scelta (quindi in numero di N attributi moltiplicato il numero di profili presenti in ogni esercizio di scelta), le celle vengono riempite, poi con i differenti livelli di specificazione dell'attributo in modo che siano ortogonali.

Nell'esperimento di scelta in esame, il Fractional Factorial Design definito attraverso il software SPSS (da notare che i software che permettono la generazione dei Design Ortogonali sfruttano algoritmi dedicati per la definizione degli stessi [Kuhfeld W. et al, Rotaris L.]).

Assegnando una regola di codificazione per i livelli che definiscono gli attributi e, di conseguenza, i profili, avremo

Profili	X'	X''	X'''
P1	0	-1	1
P2	0	1	-1
P3	-1	-1	1
P4	-1	0	-1
P5	-1	1	0
P6	1	0	-1
P7	-1	1	-1
P8	1	1	1
P9	1	-1	-1
P10	-1	-1	0
P11	-1	-1	-1
P12	-1	-1	-1
P13	-1	0	1
P14	0	0	0
P15	1	-1	0
P16	0	-1	-1

X' (energetico) -1: serramenti

0: caldaia

1: pdc

X'' (estetico-funzionale) -1: cucina

0: tinte e pav

1: bagno

X''' (condominiale) -1: solai

0: cappotto

1: pv panels

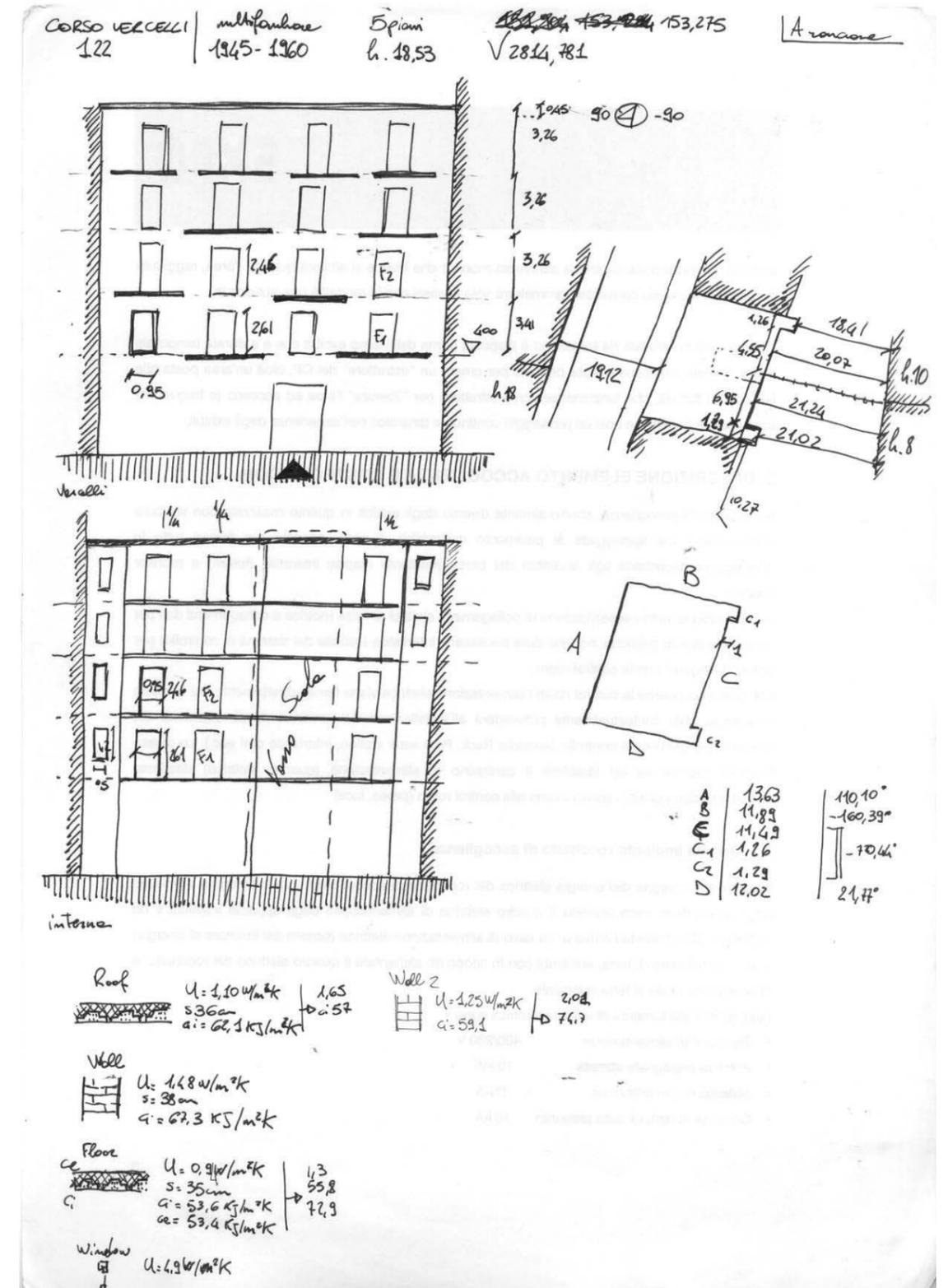
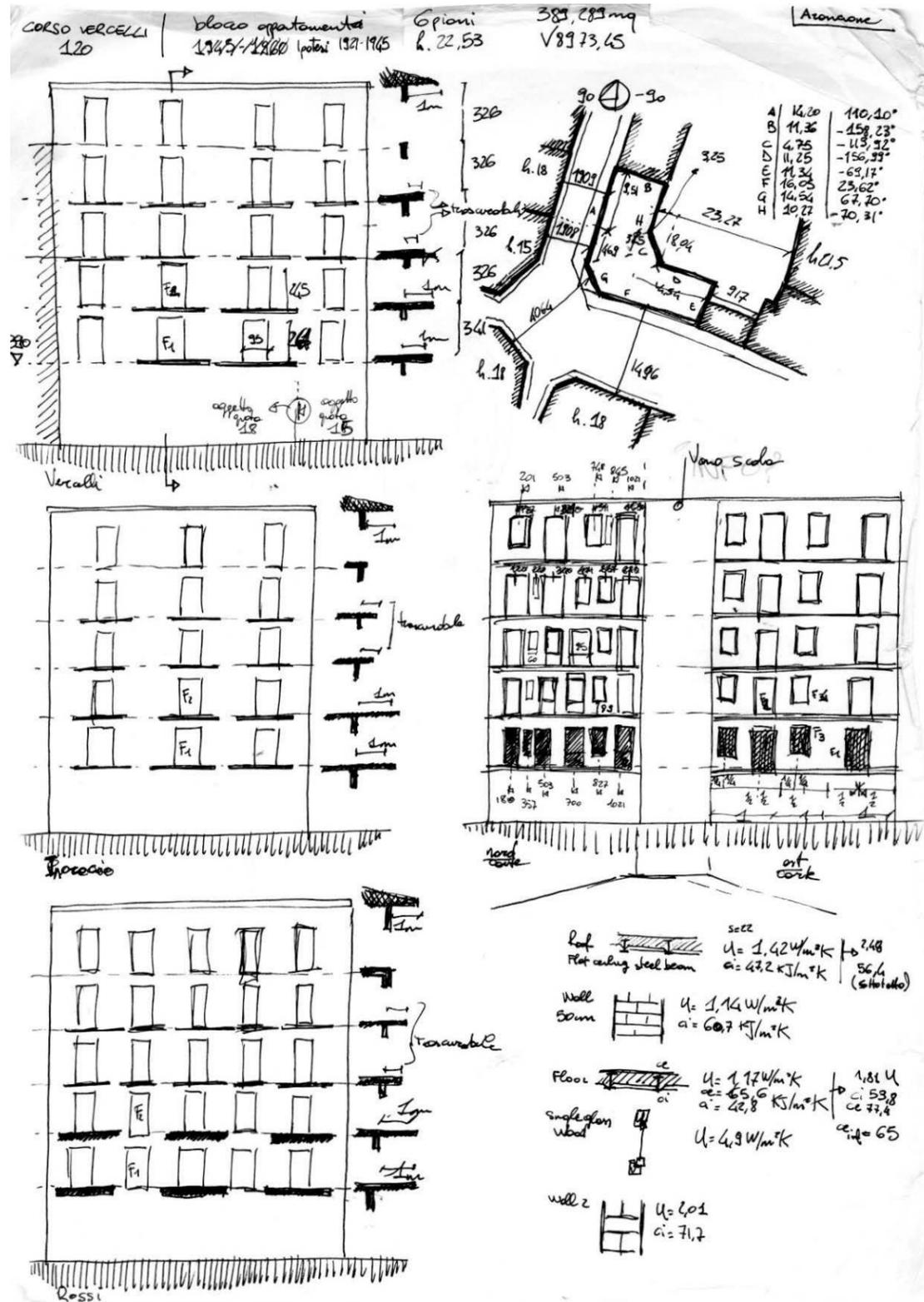
Per evitare la sovrapposizione degli effetti delle misure di efficientamento

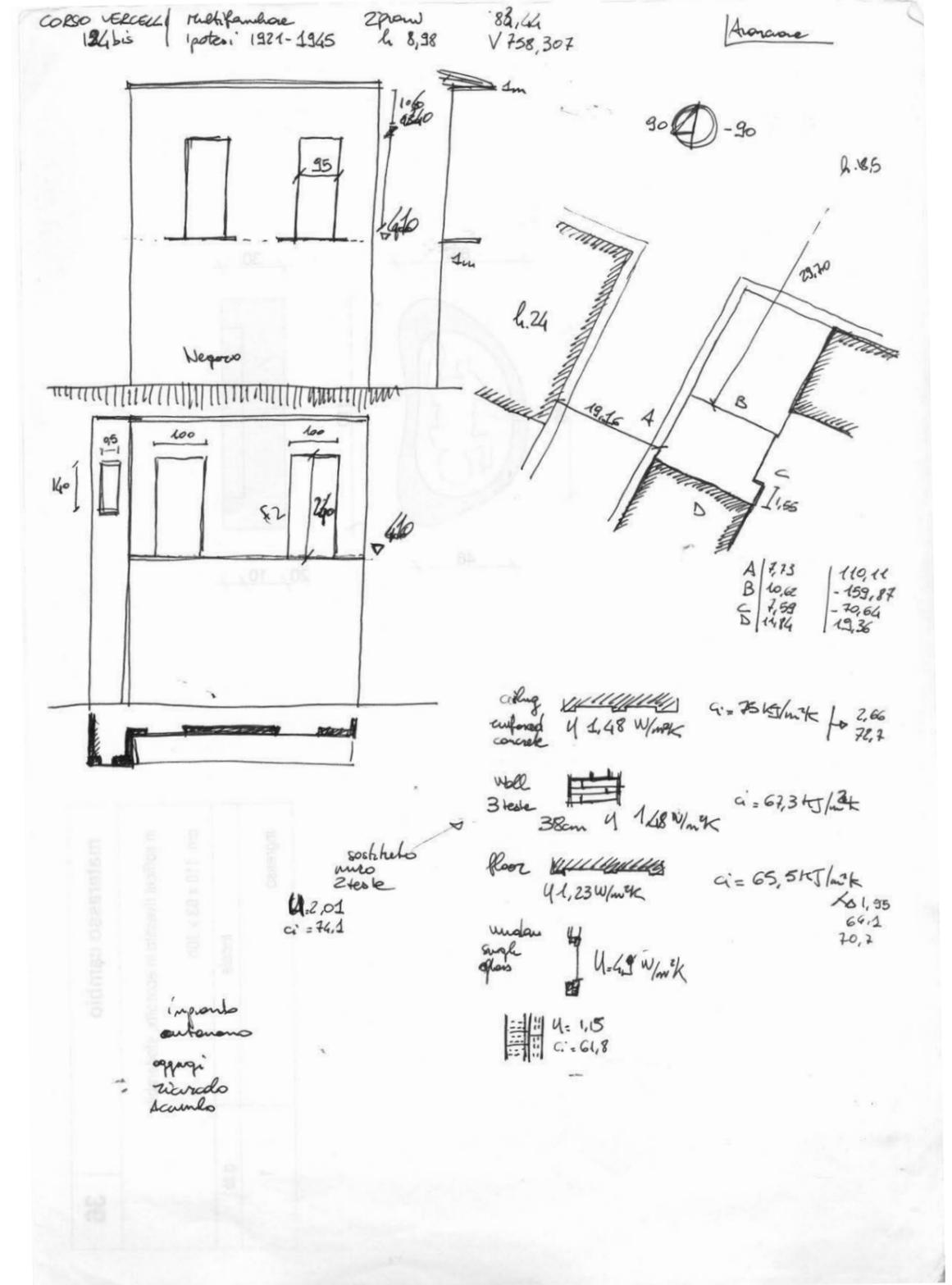
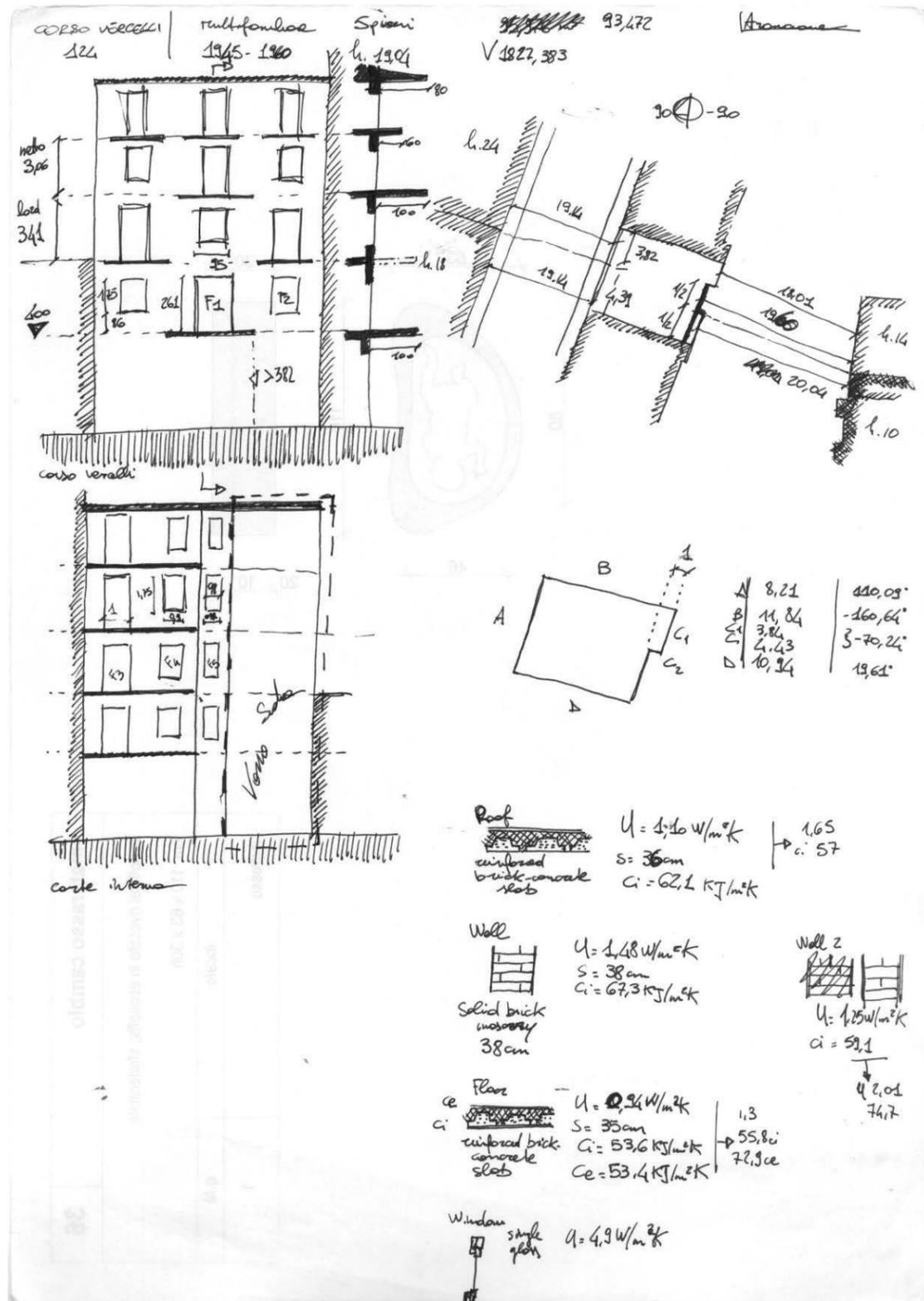
energetico, si è scelto di valutare i livelli determinanti gli attributi in maniera indipendente tra loro andando, quindi, a definire un serie di esercizi di scelta come indicato nella tabella seguente:

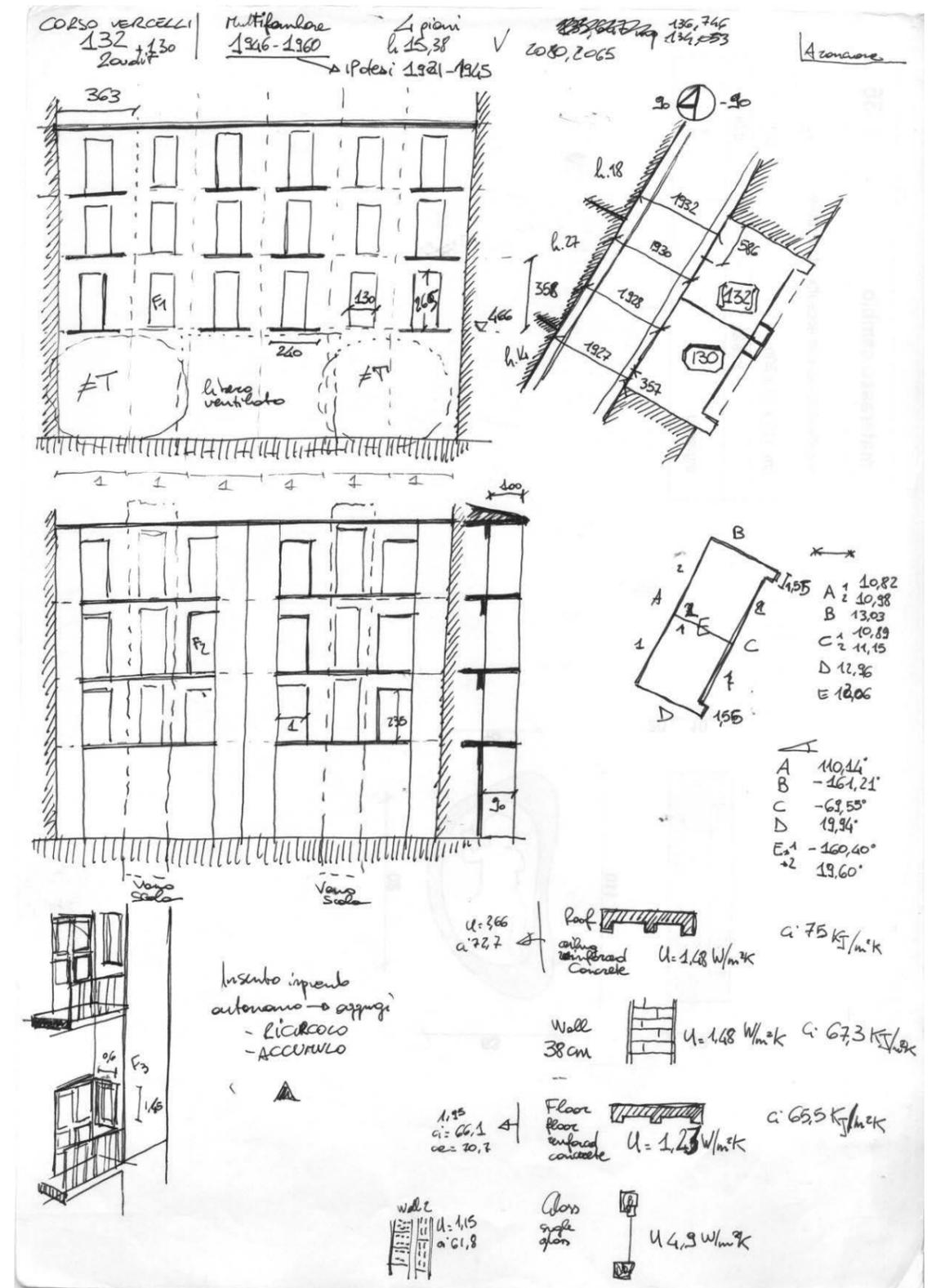
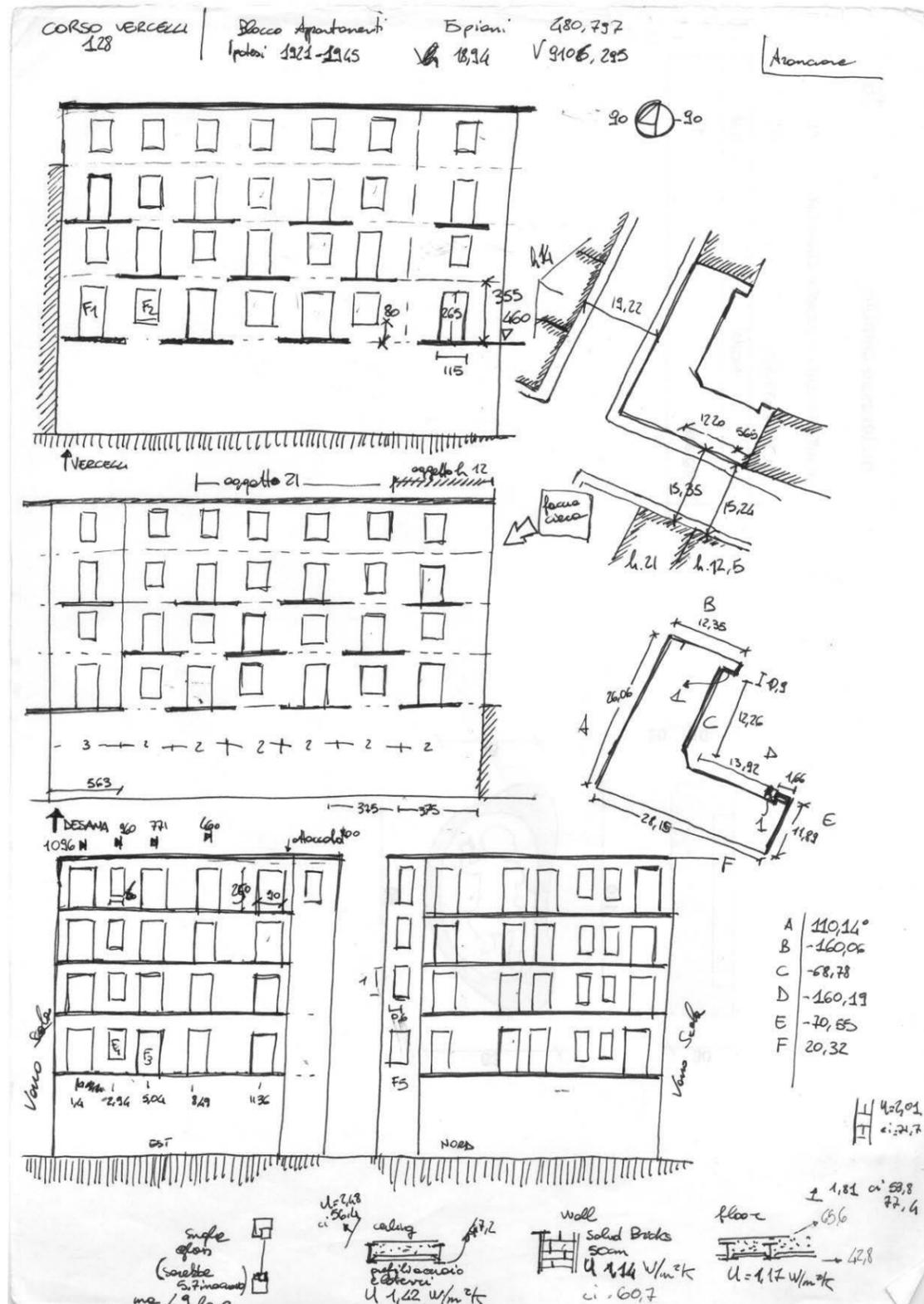
Esercizi di scelta	P1			P2			P3		
	X'1	X'2	X'3	X''1	X''2	X''3	X'''1	X'''2	X'''3
E1	0	1	0	1	0	0	0	-0	1
E2	0	1	0	0	0	1	1	0	0
E3	1	0	0	1	0	0	0	0	1
E4	1	0	0	0	1	0	1	0	0
E5	1	0	0	0	0	1	0	1	0
E6	0	0	1	0	1	0	1	0	0
E7	1	0	0	0	0	1	1	0	0
E8	0	0	1	0	0	1	0	0	1
E9	0	0	1	1	0	0	1	0	0
E10	1	0	0	1	0	0	0	1	0
E11	1	0	0	1	0	0	1	0	0
E12	1	0	0	1	0	0	1	0	1
E13	1	0	0	0	1	0	0	0	1
E14	0	1	0	0	1	0	0	1	0
E15	0	0	1	1	0	0	0	1	0
E16	0	1	0	0	1	0	1	0	0

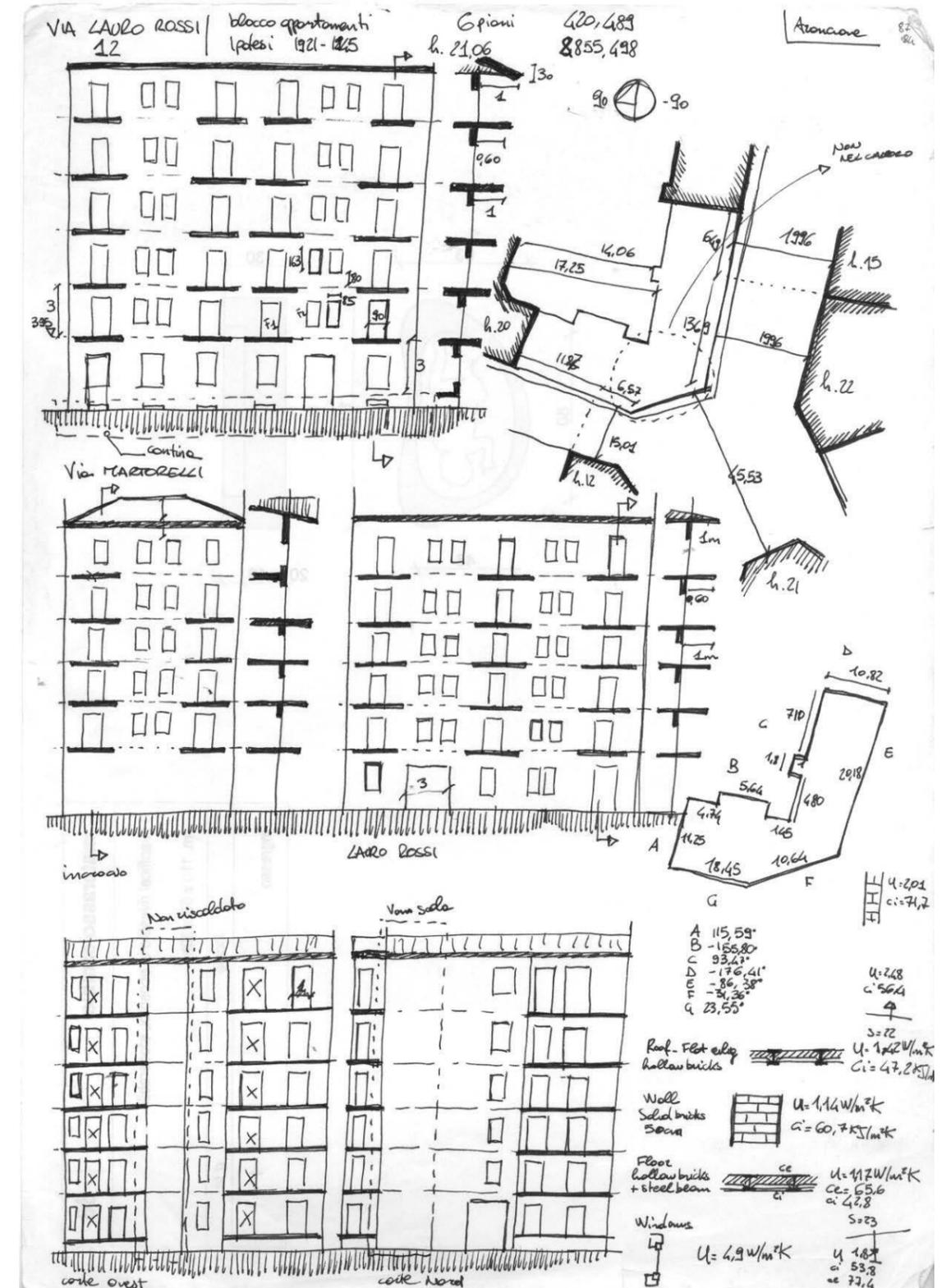
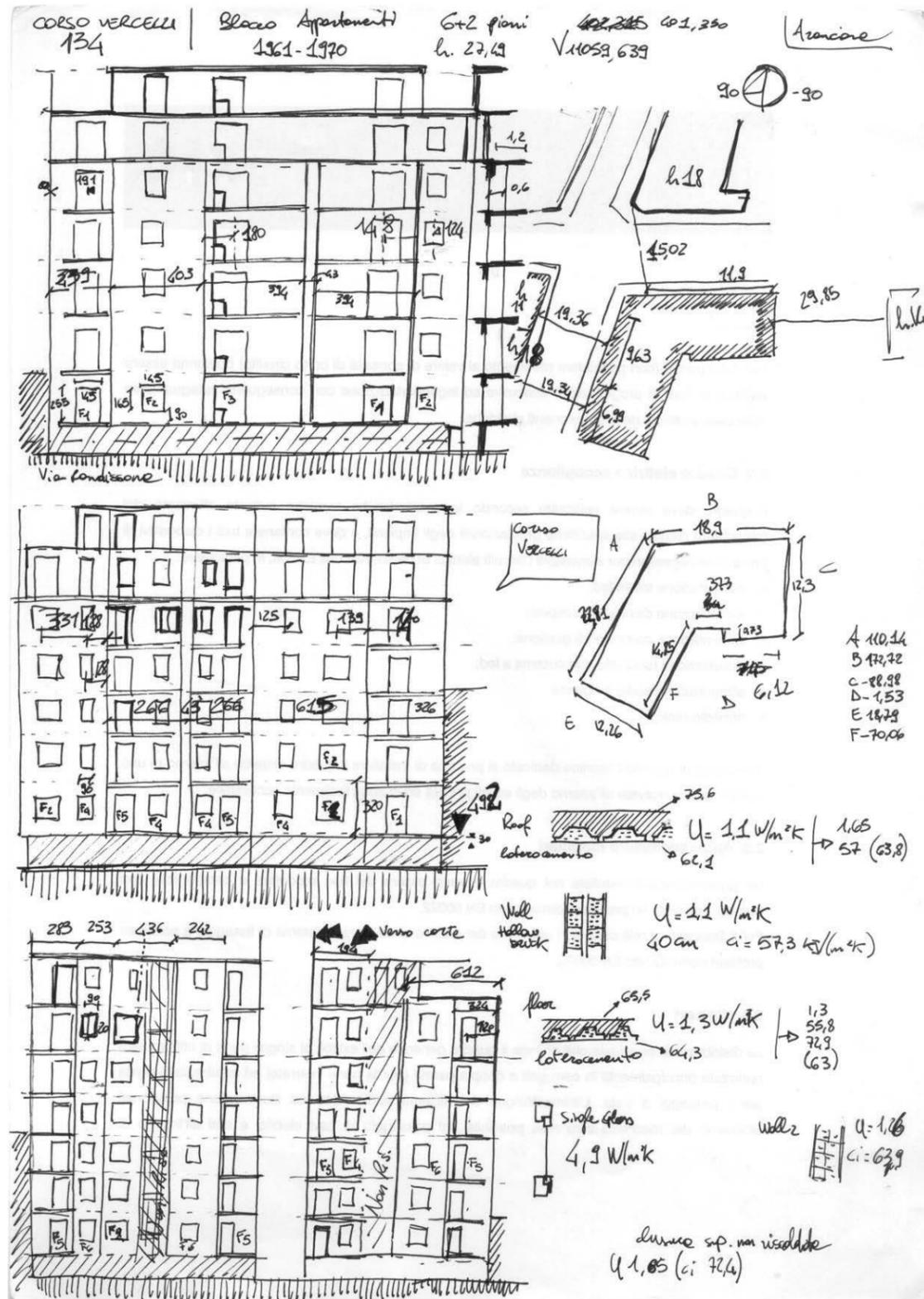
Xan sono i livelli di ogni attributo, la notazione 0-1 è da intendersi come la presenza o assenza del livello n dell'attributo Xa

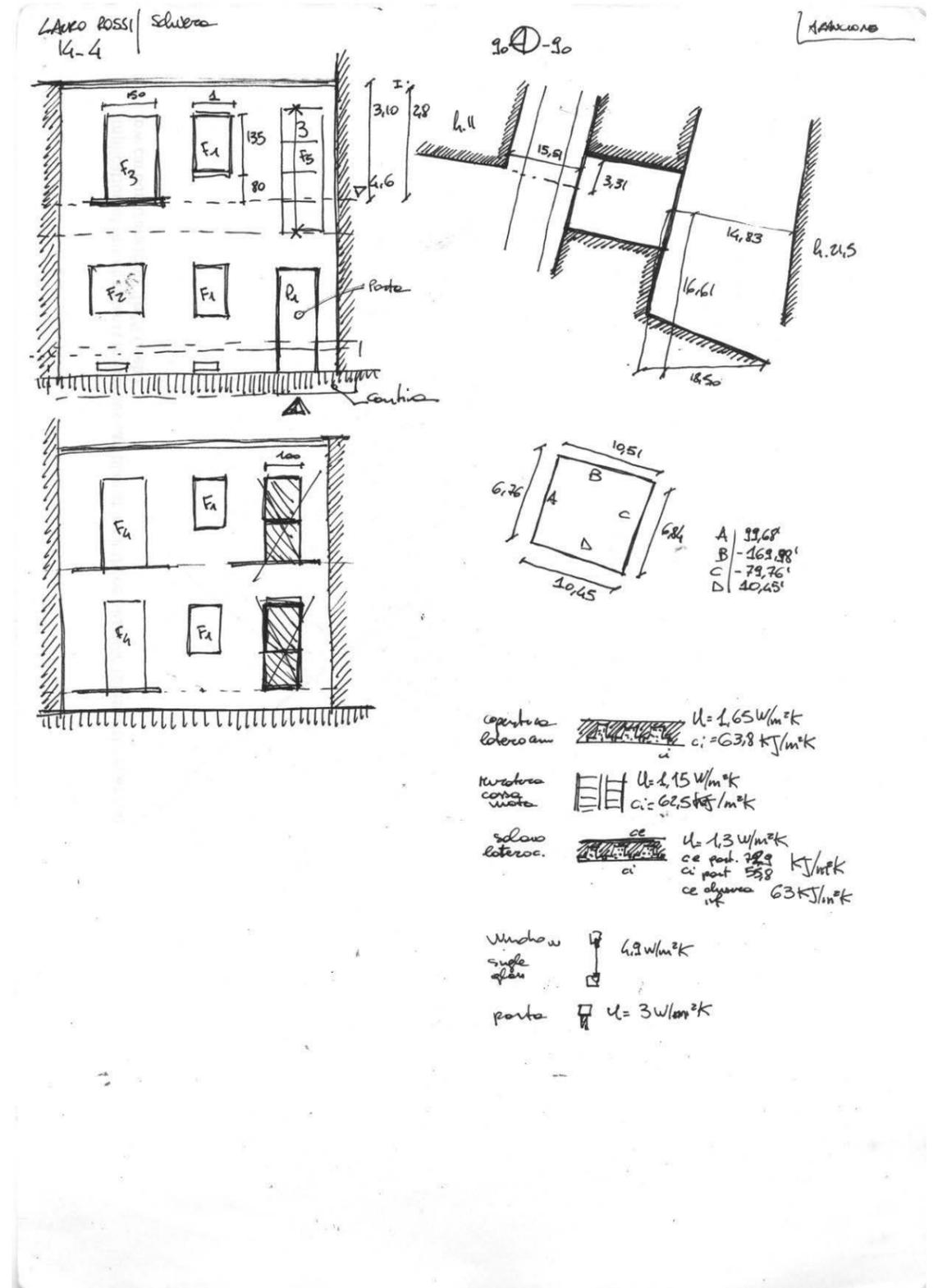
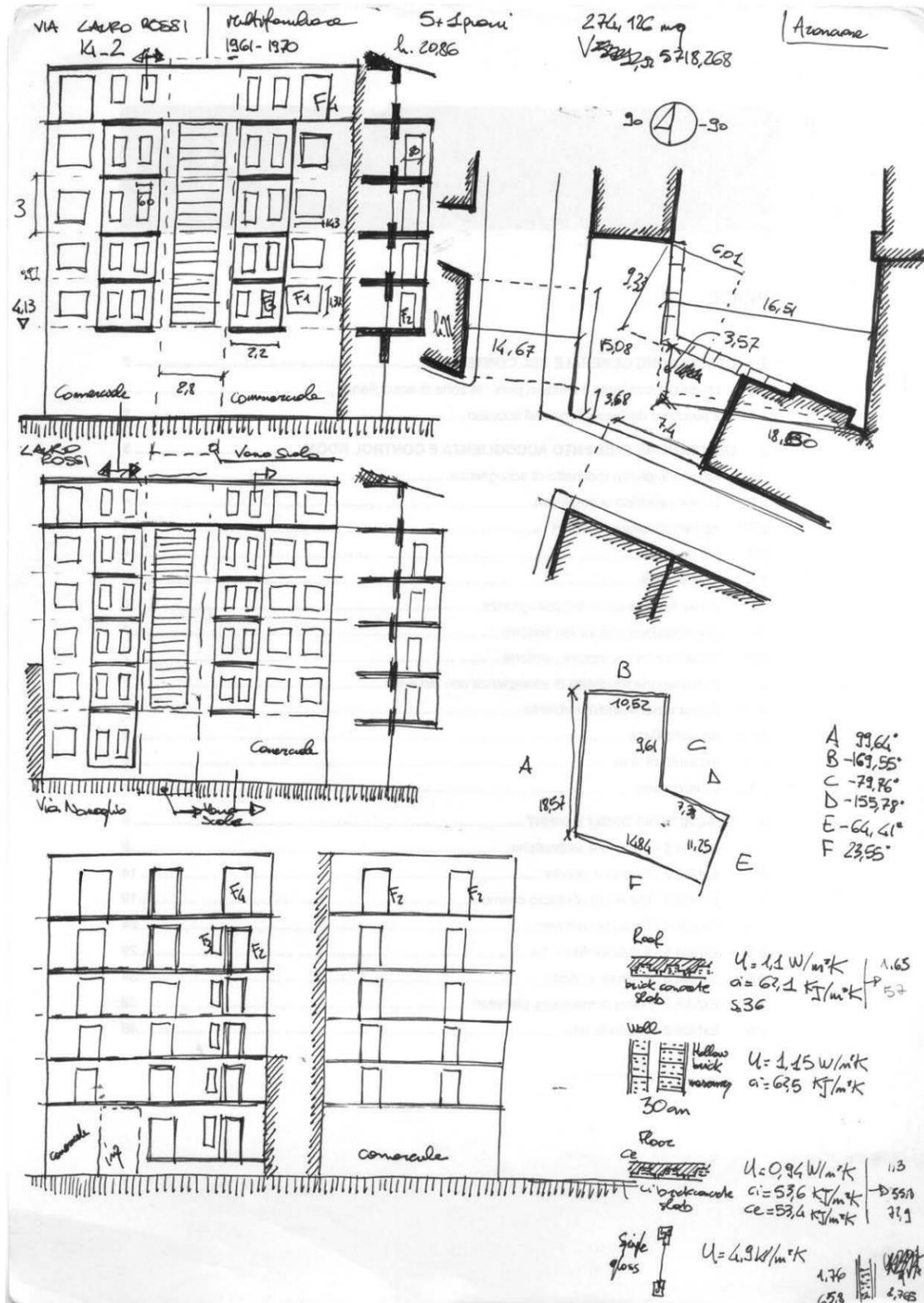
APPENDICE 4_Schedatura edifici

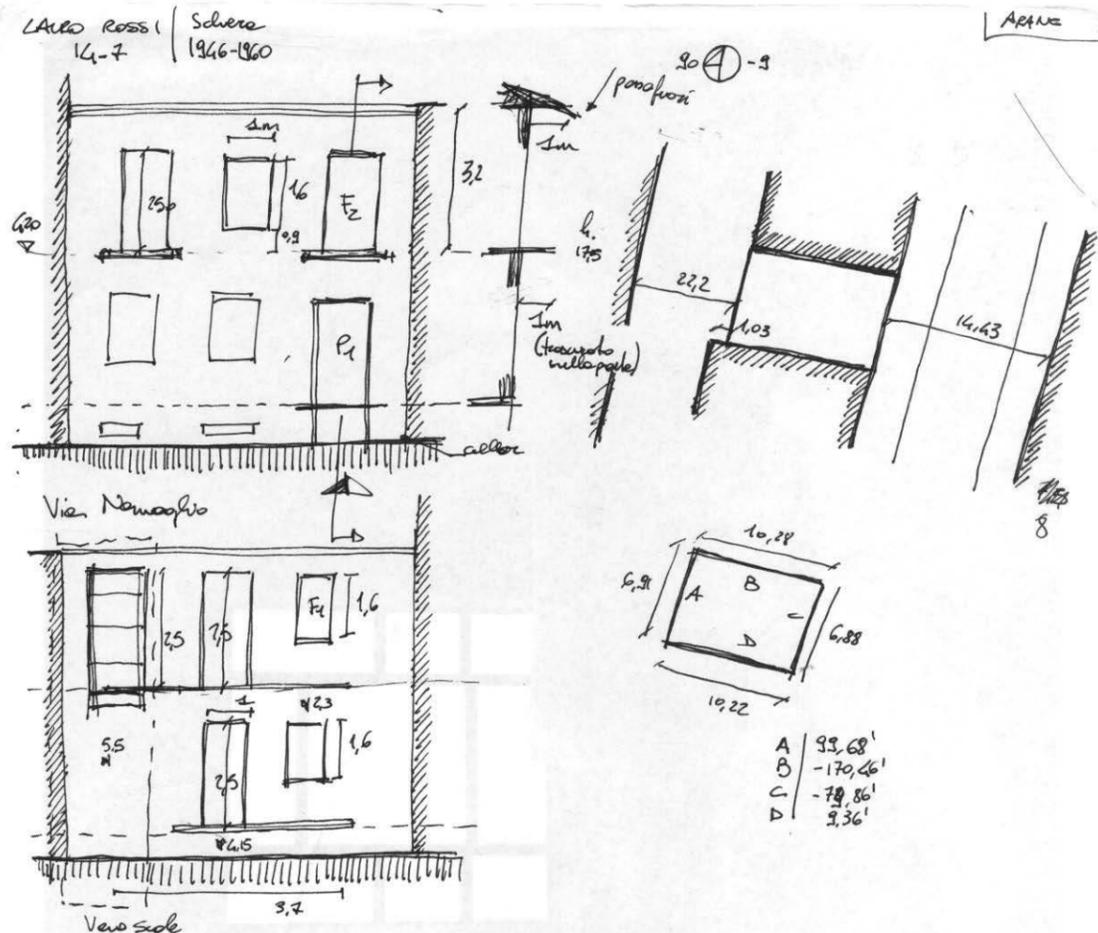












copertura laterale
 $U = 1.66 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 63.8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

finestra con vetri
mattoni forati
 $U = 1.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 62.5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

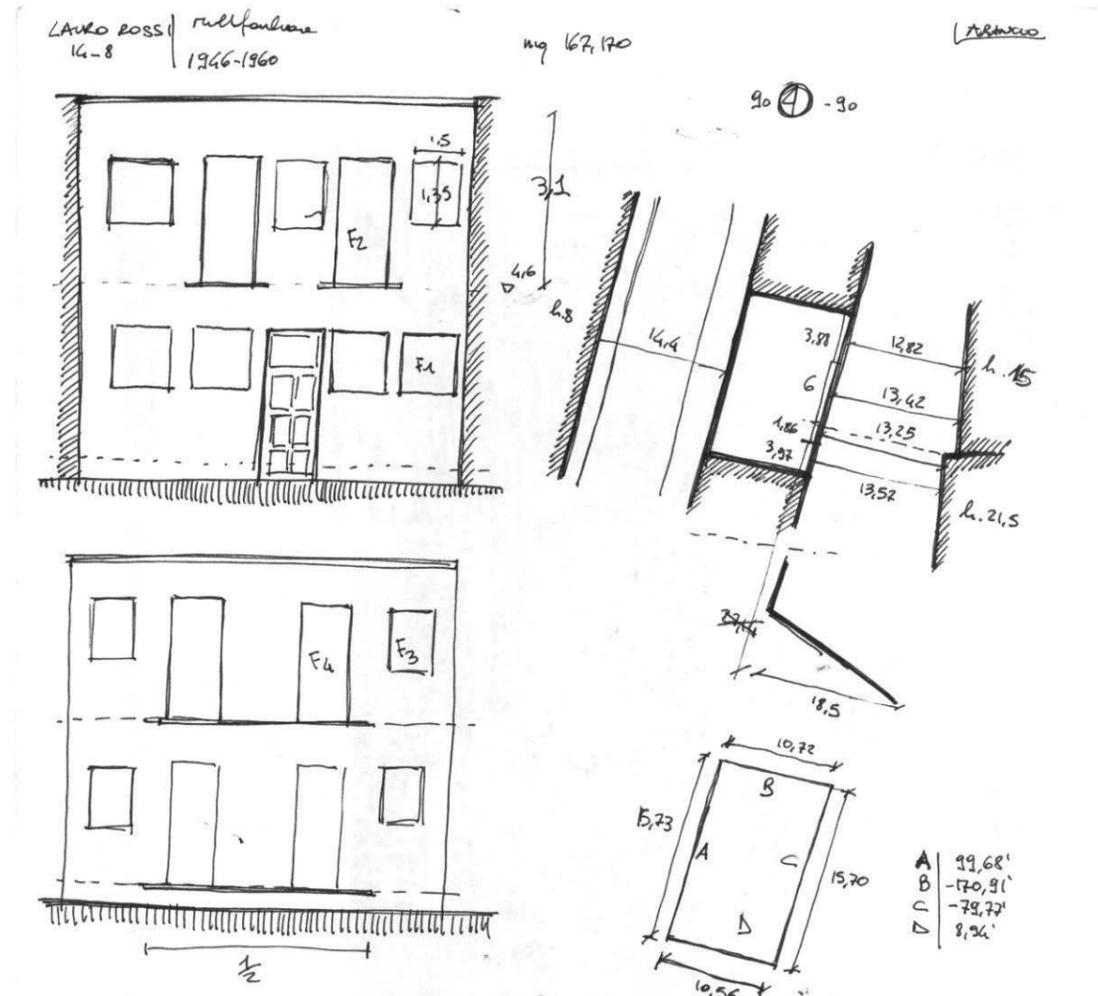
solaio laterale
 $U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 72.9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
 $c_i \text{ [partiz.]} = 55.8$

finestra
 $U = 4.9 \text{ W/m}^2\text{K}$

Porta
 $U = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Porta lpo
 $U = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$

c_i divisione interna $\Sigma/2$



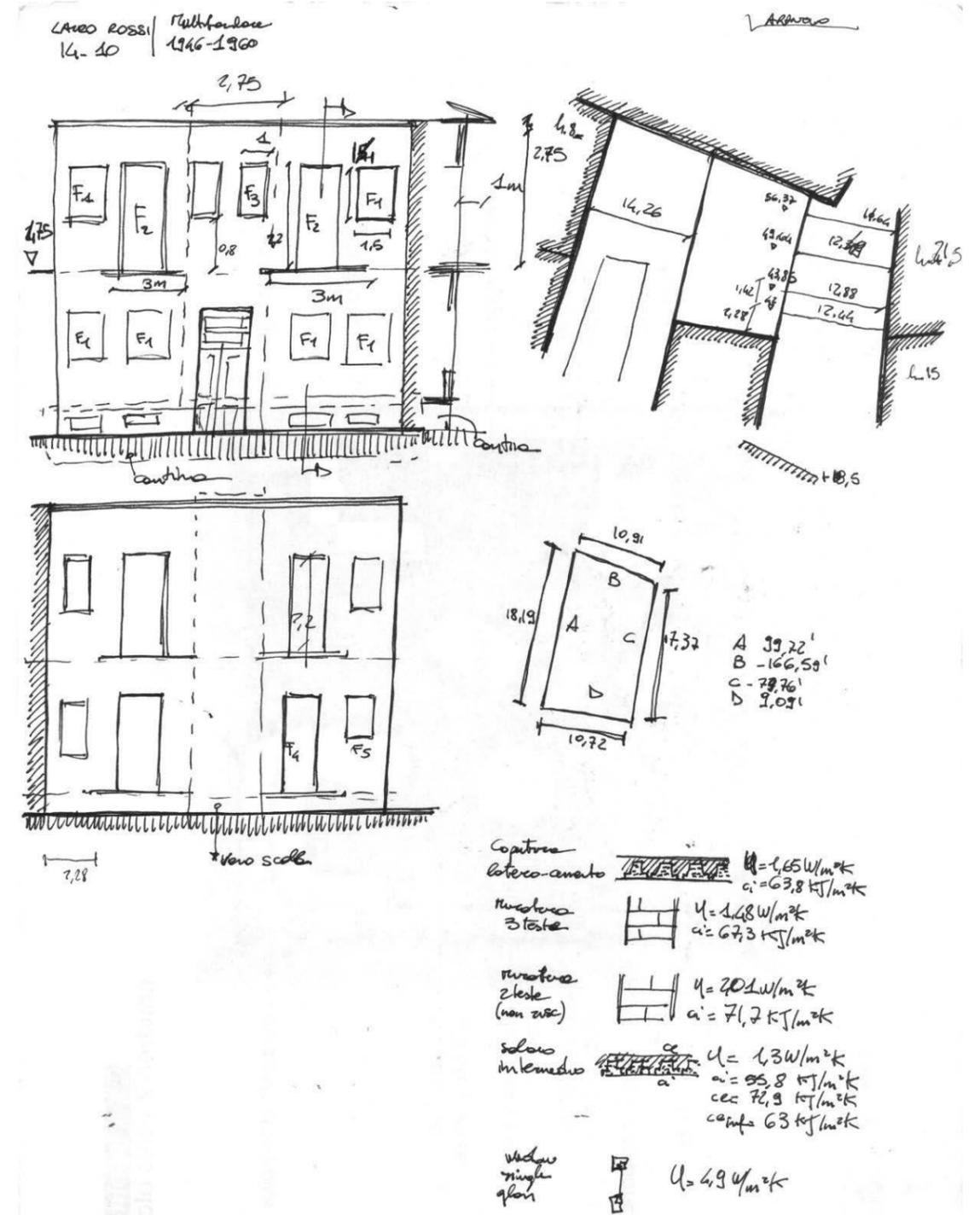
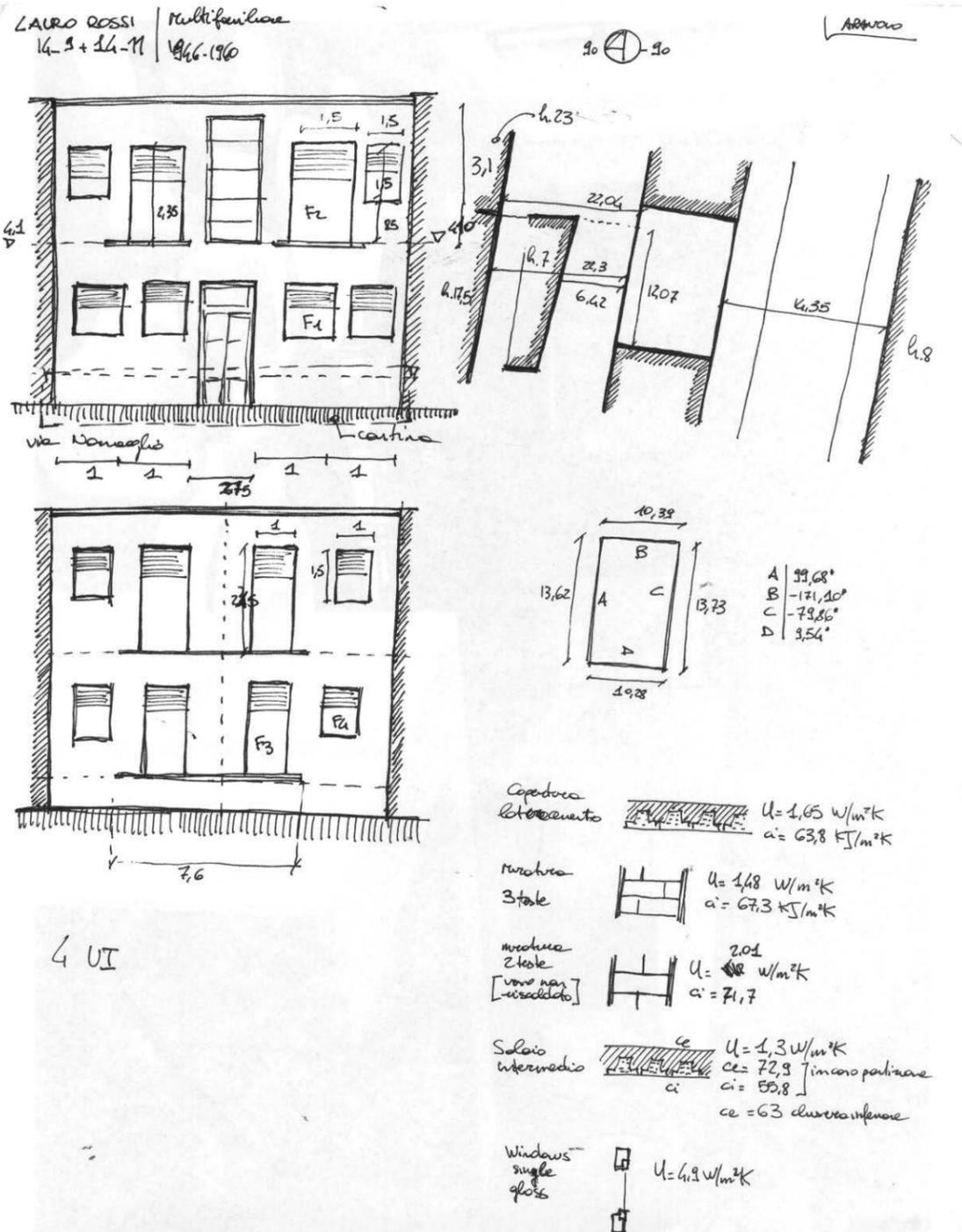
copertura laterale
 $U = 1.65 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 63.8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ (57)

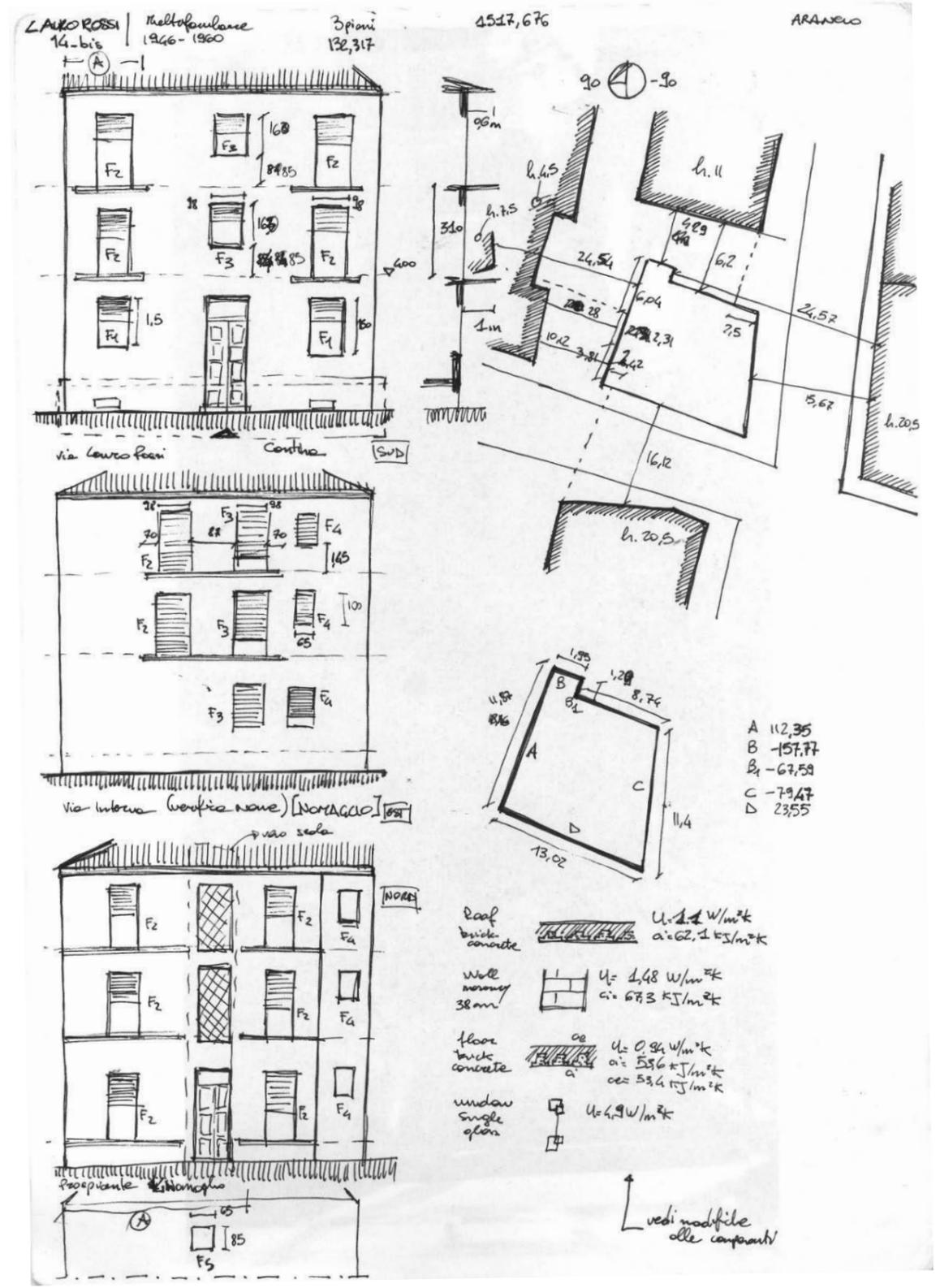
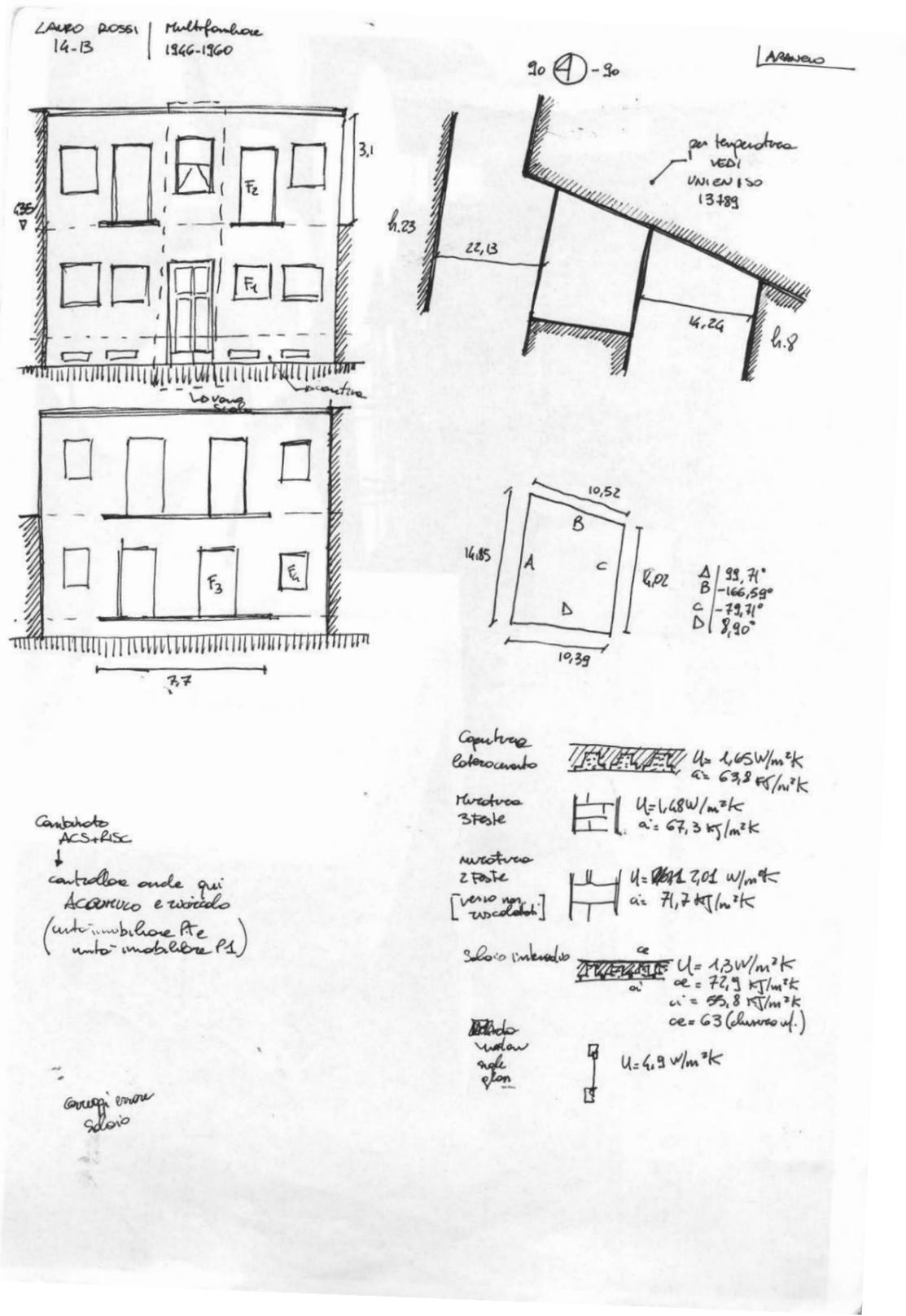
finestra 3 vetri
 $U = 1.48 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 67.3 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

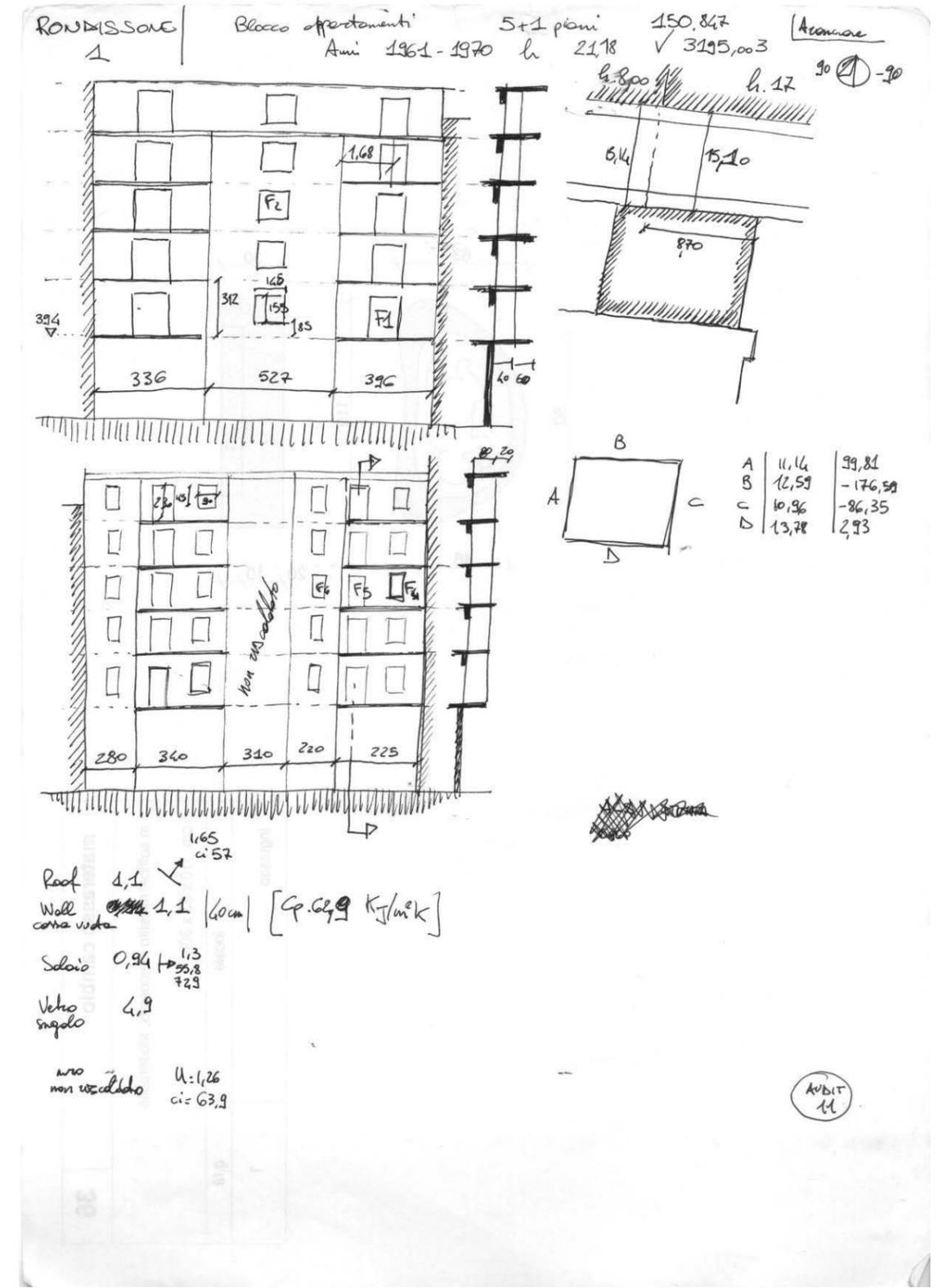
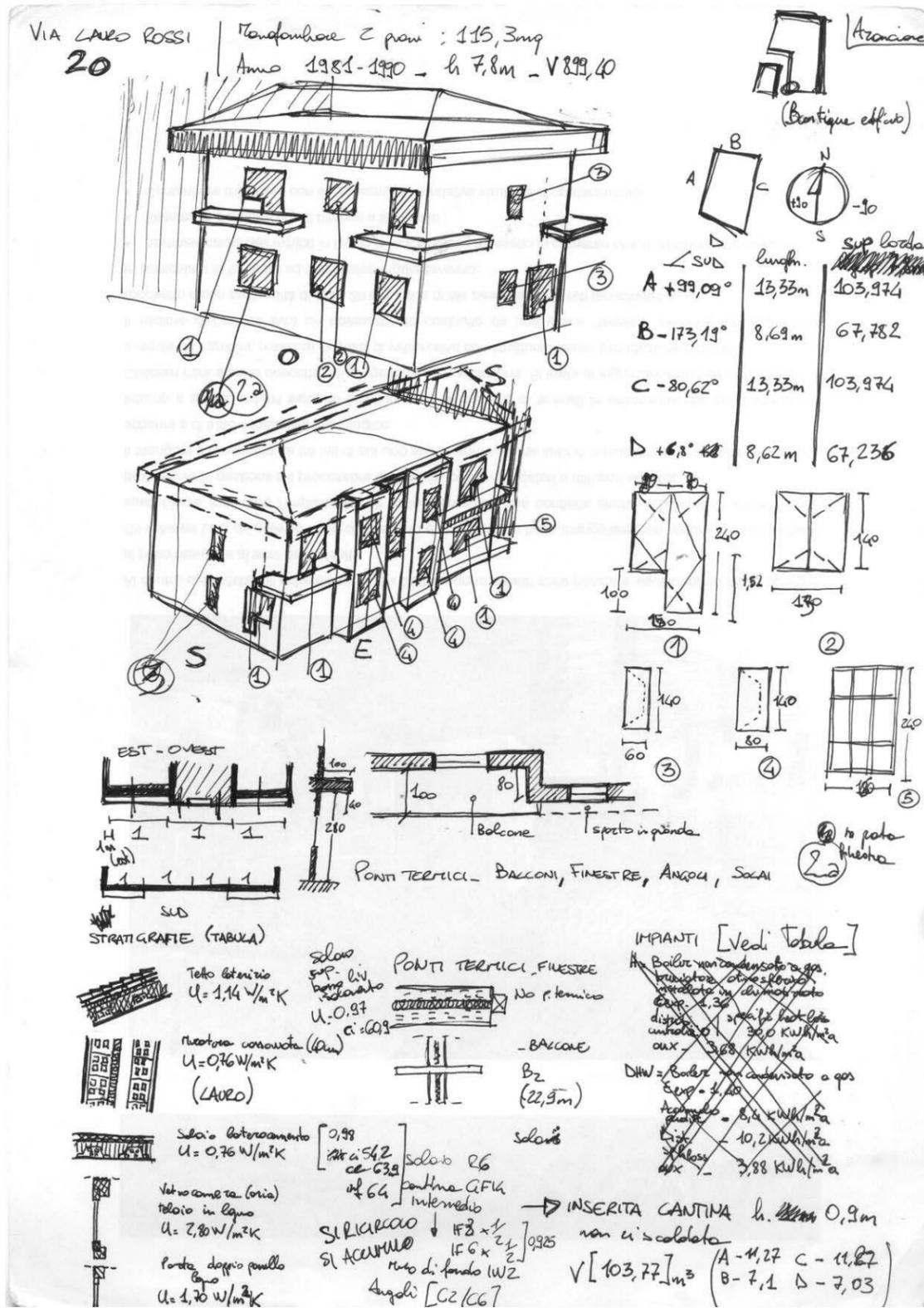
finestra 2 vetri [UR]
 $U = 2.01 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 71.7 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

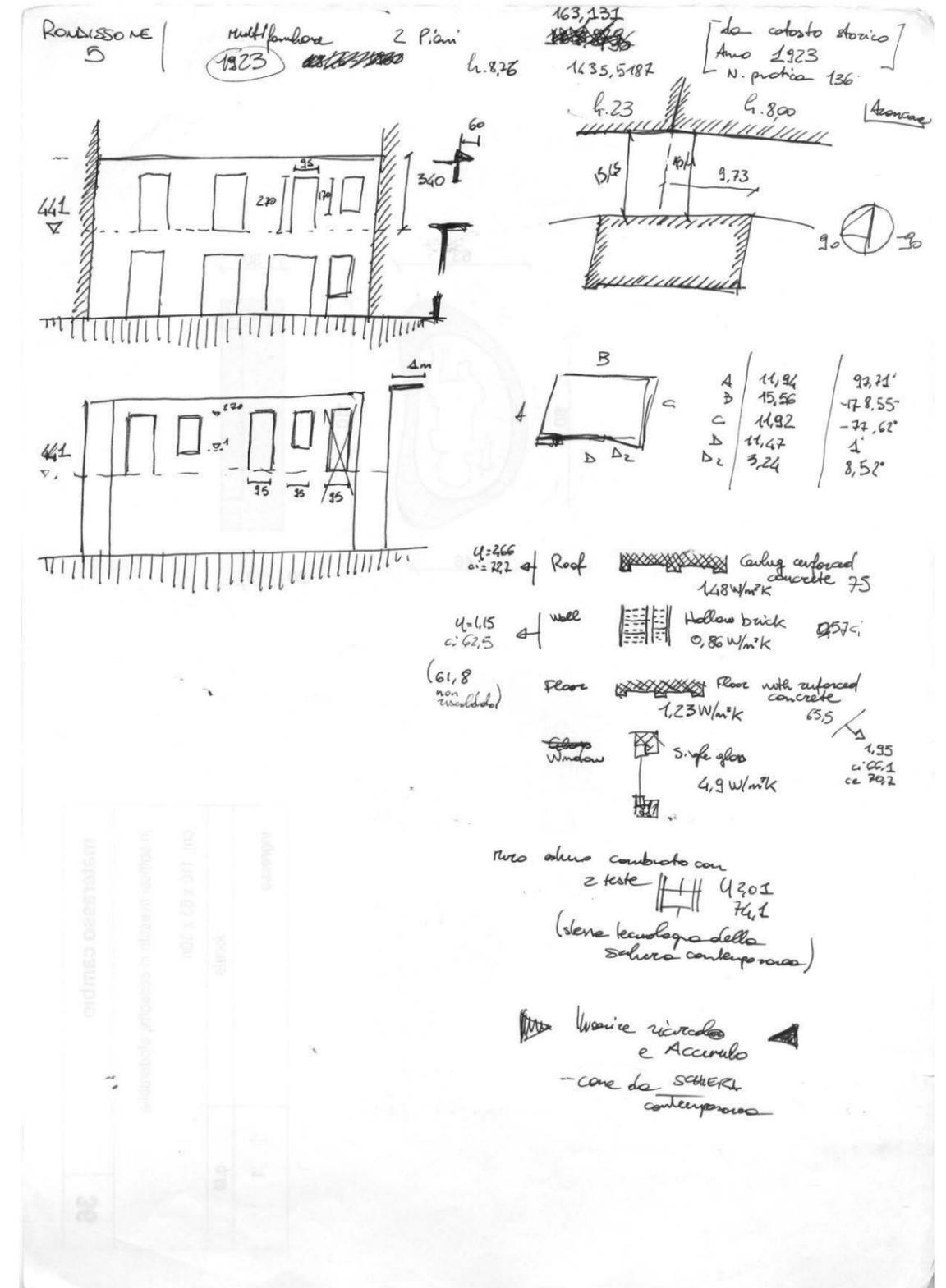
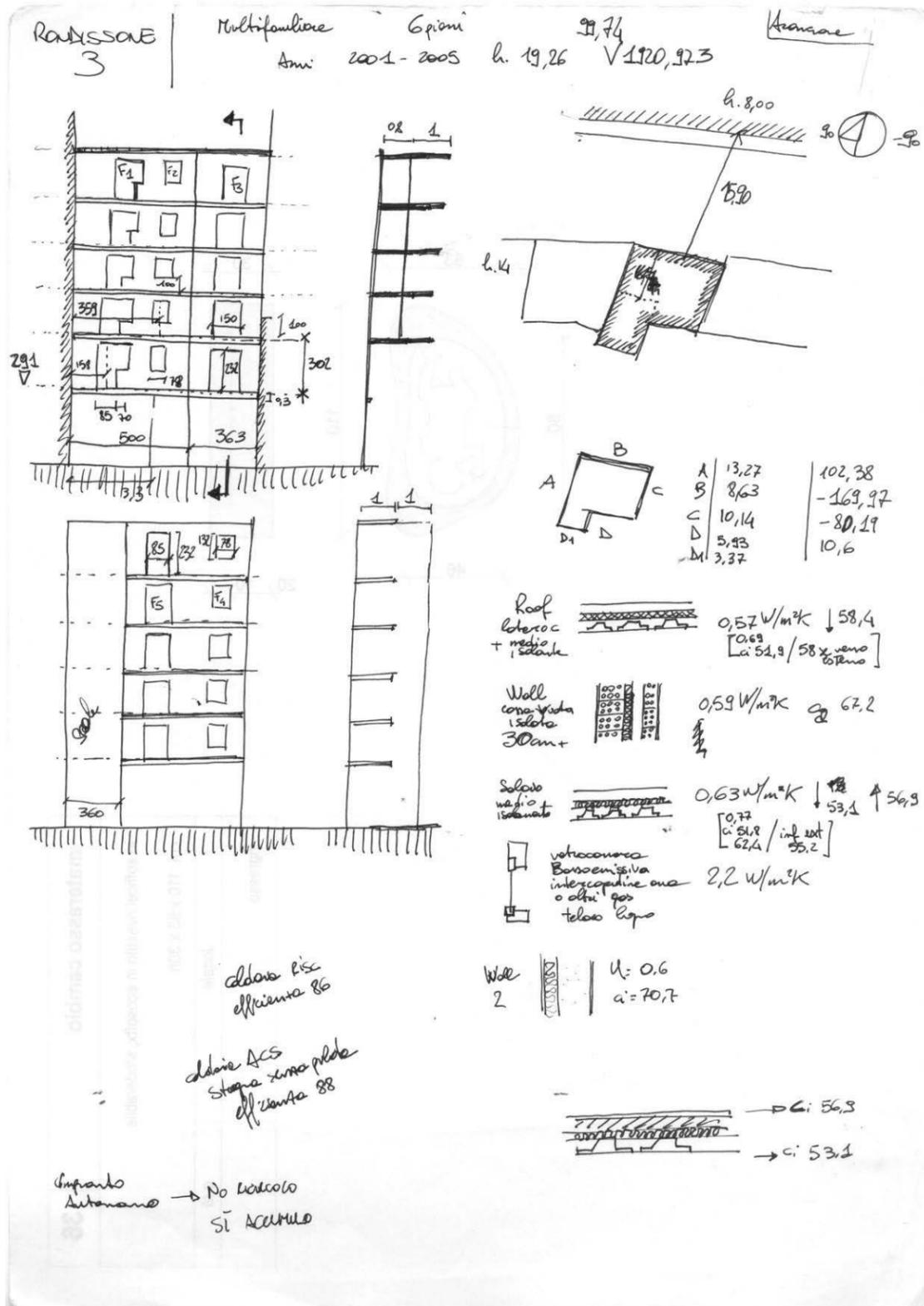
solaio interno
 $U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $c_i = 72.9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
 $c_i = 55.8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$
 $c_{inf} = 63 \text{ kJ/m}^2\text{K}$

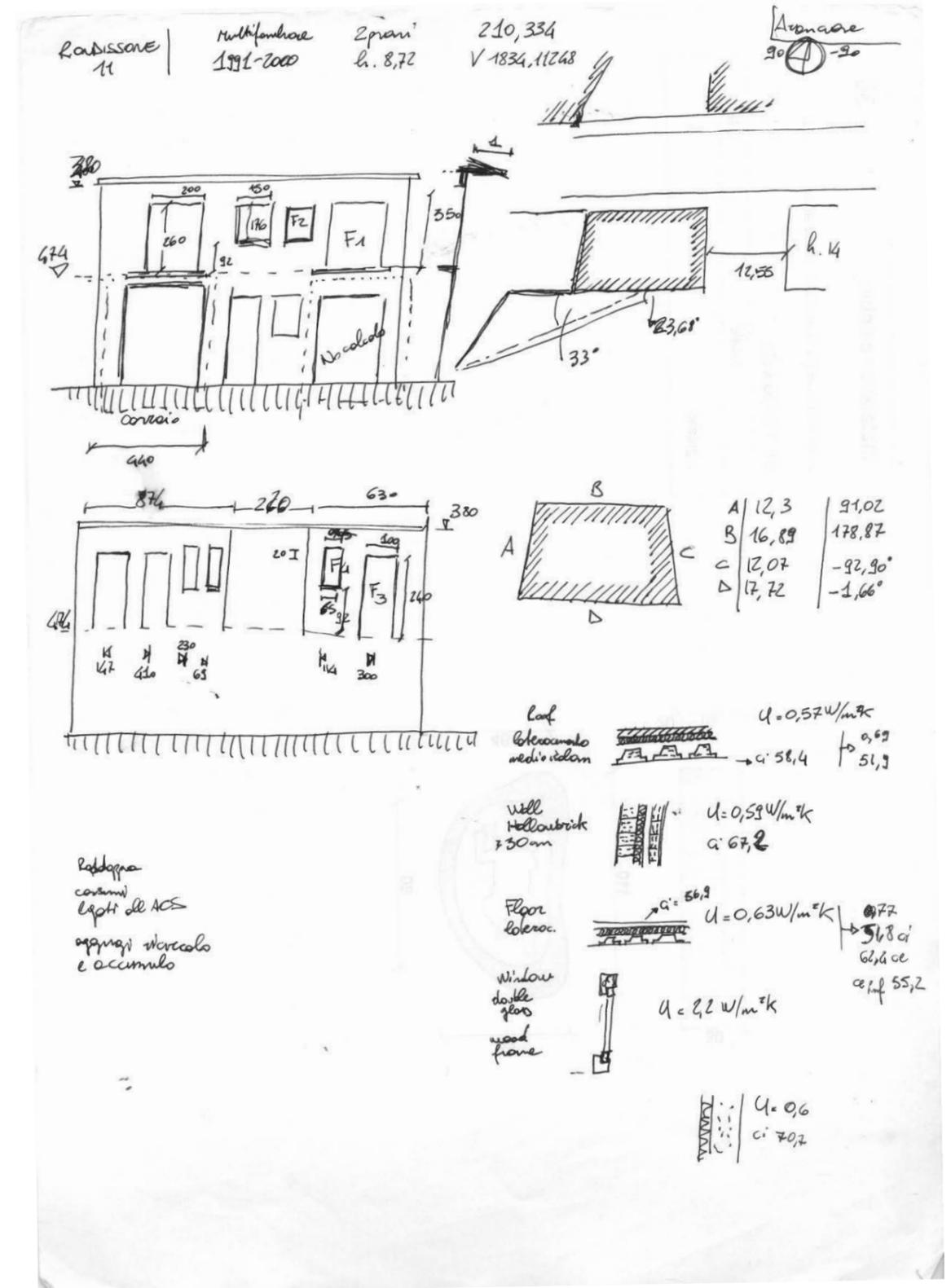
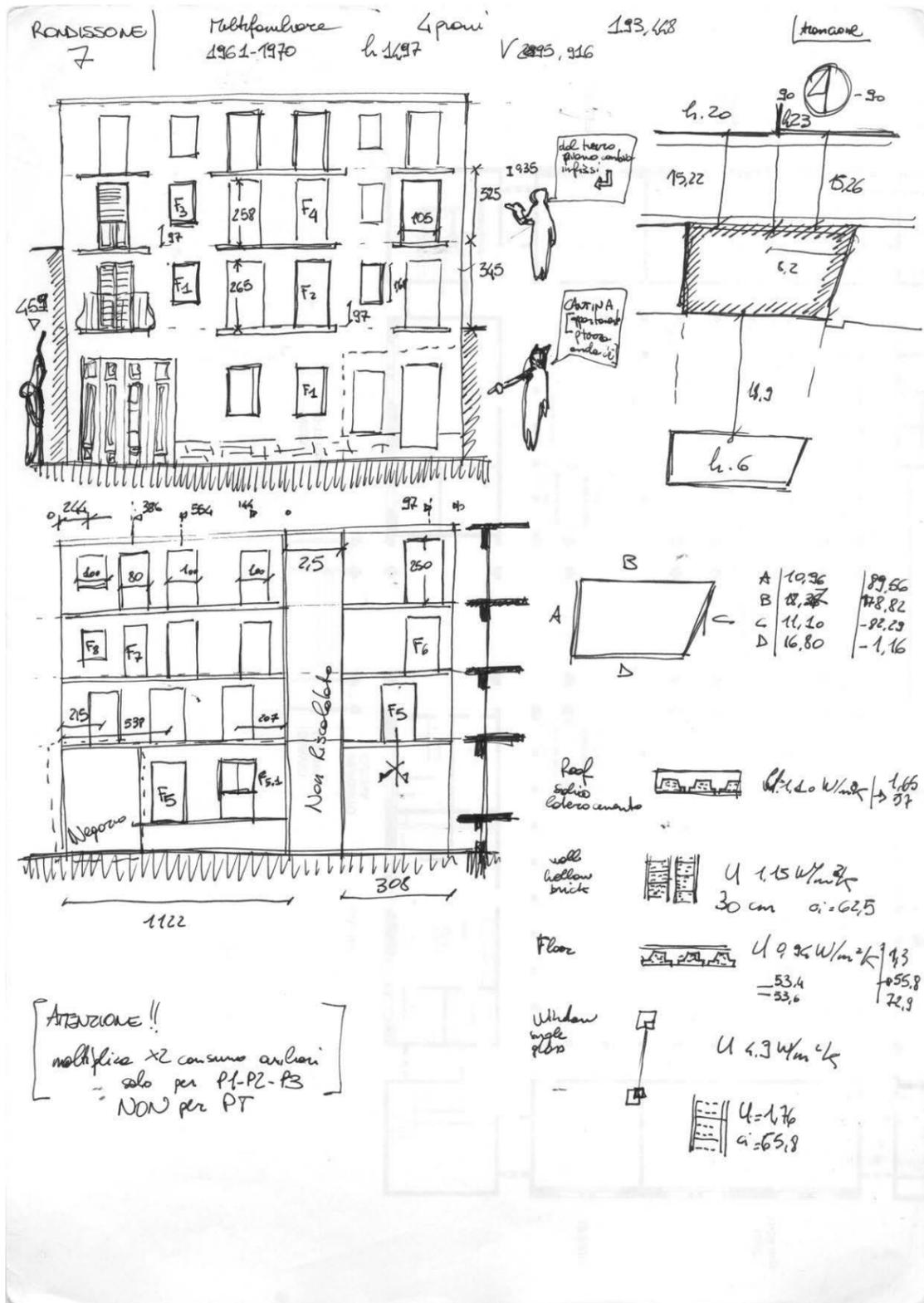
finestra
 $U = 4.9 \text{ W/m}^2\text{K}$

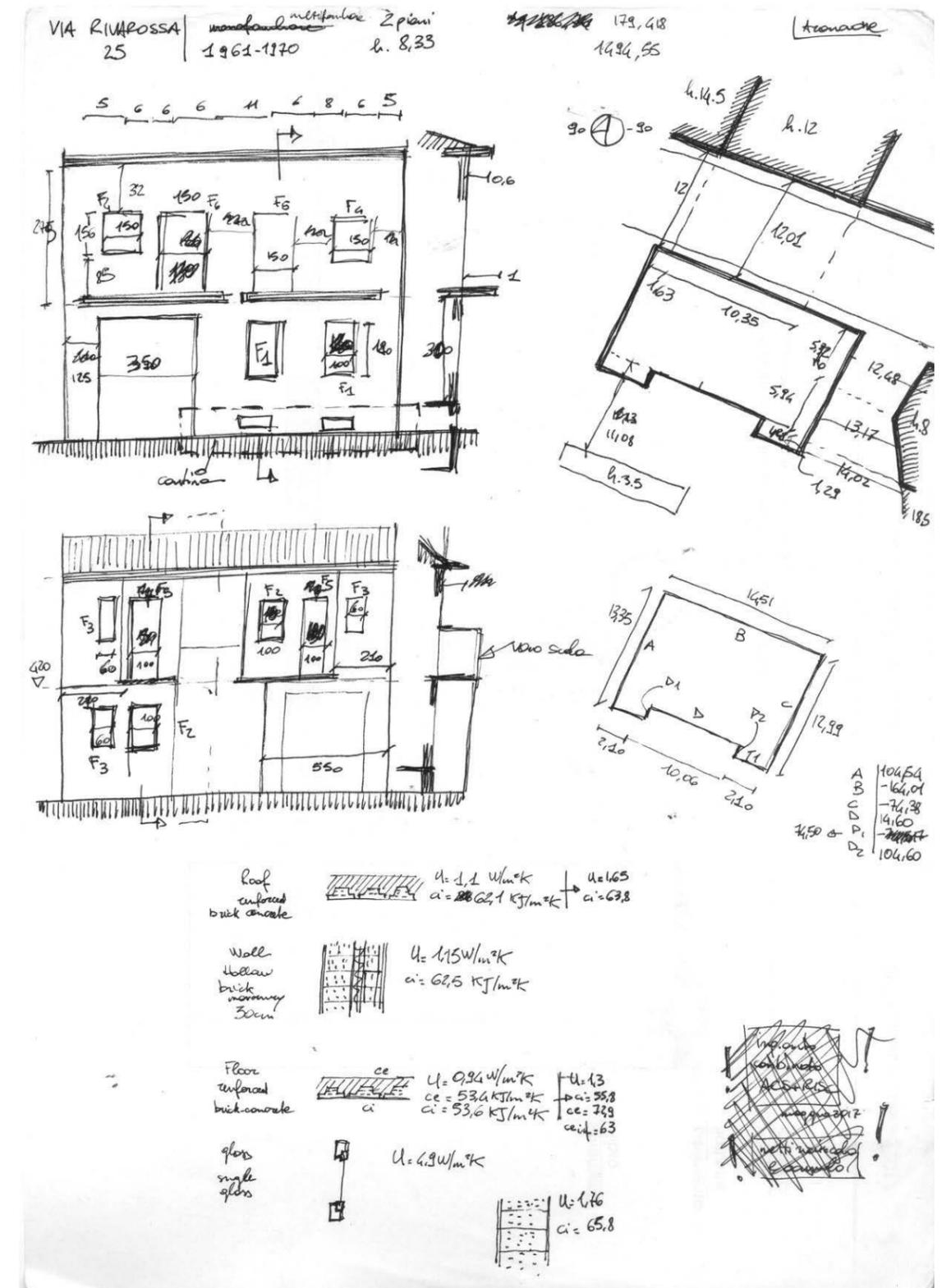
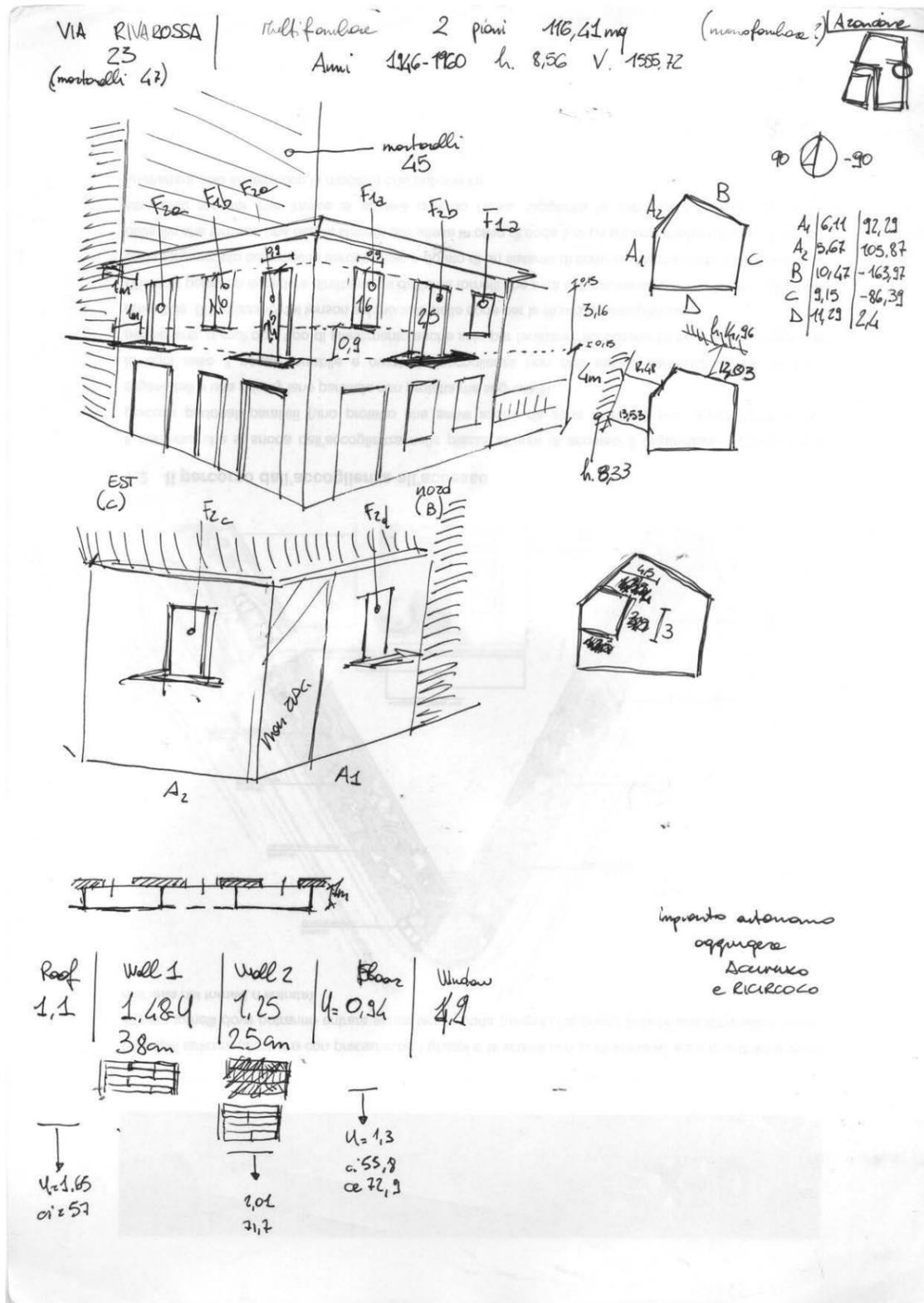


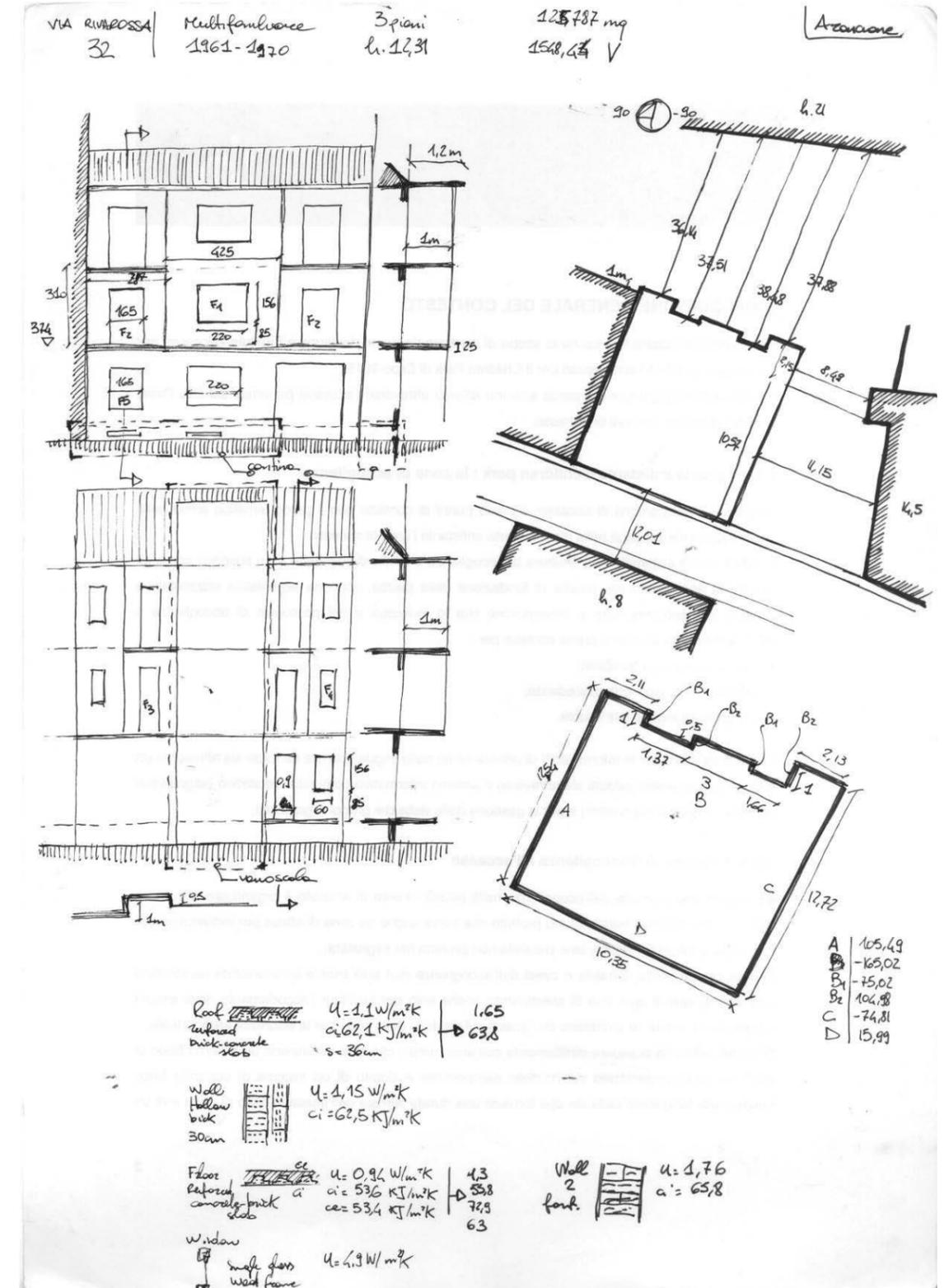
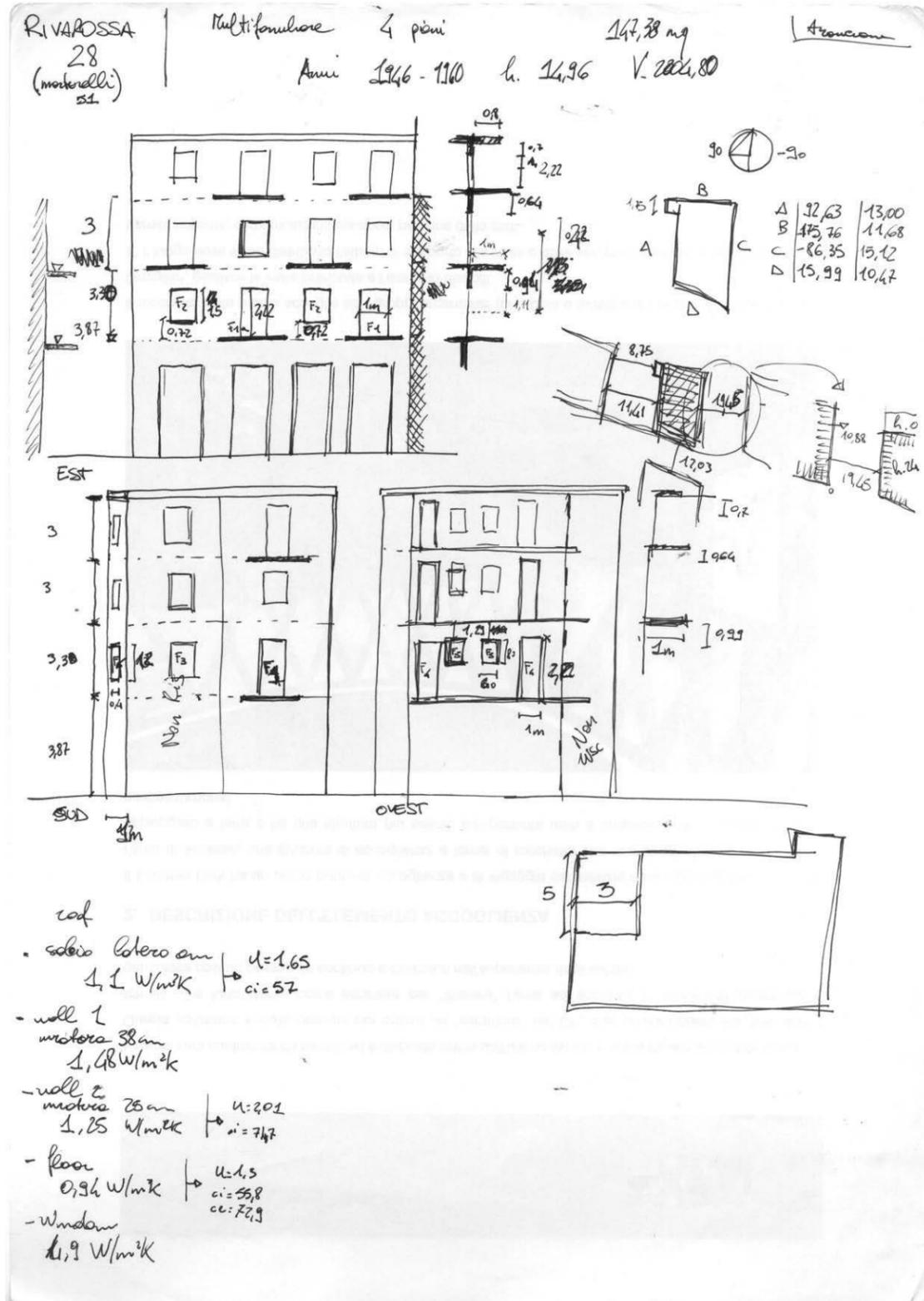


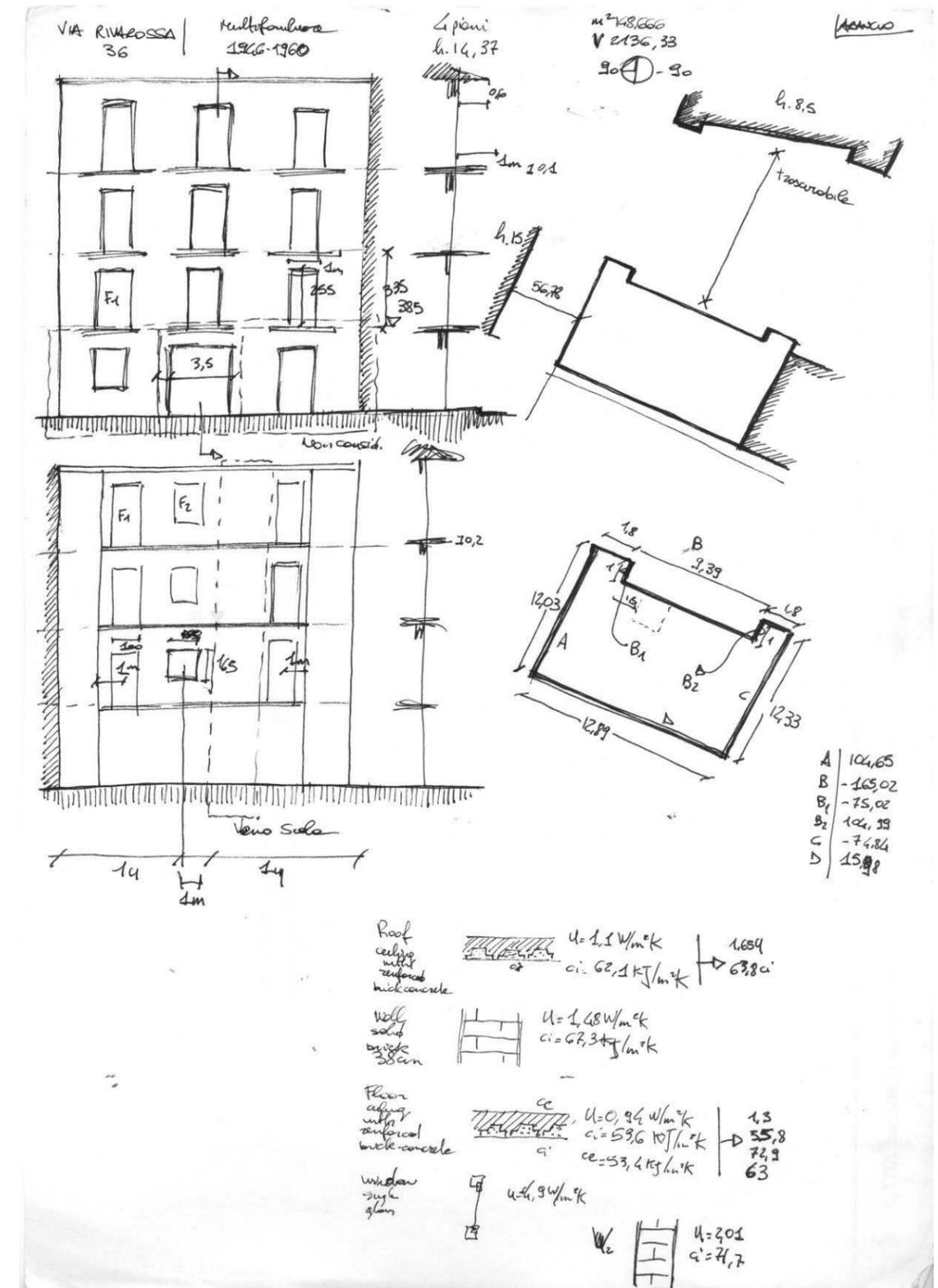
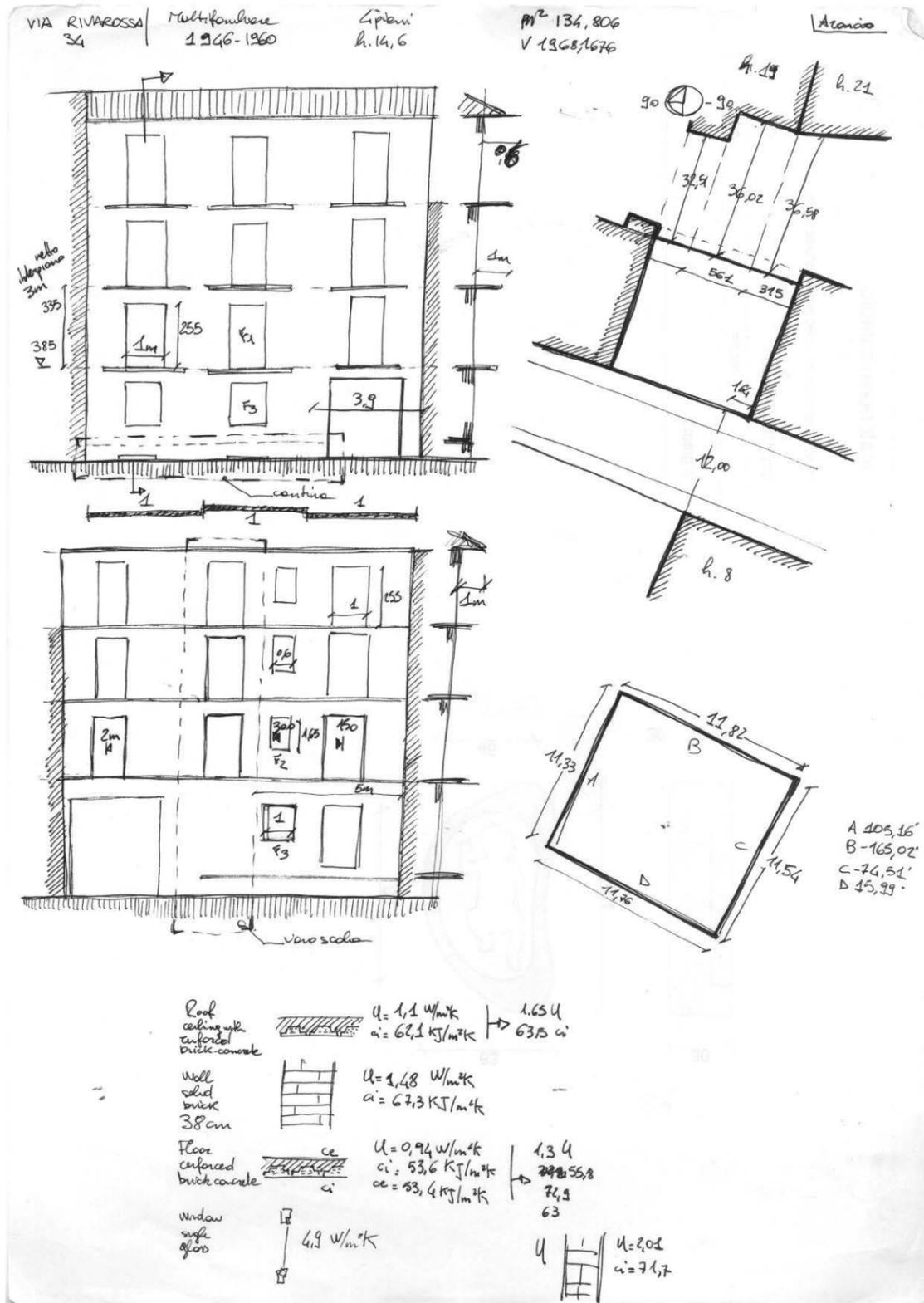


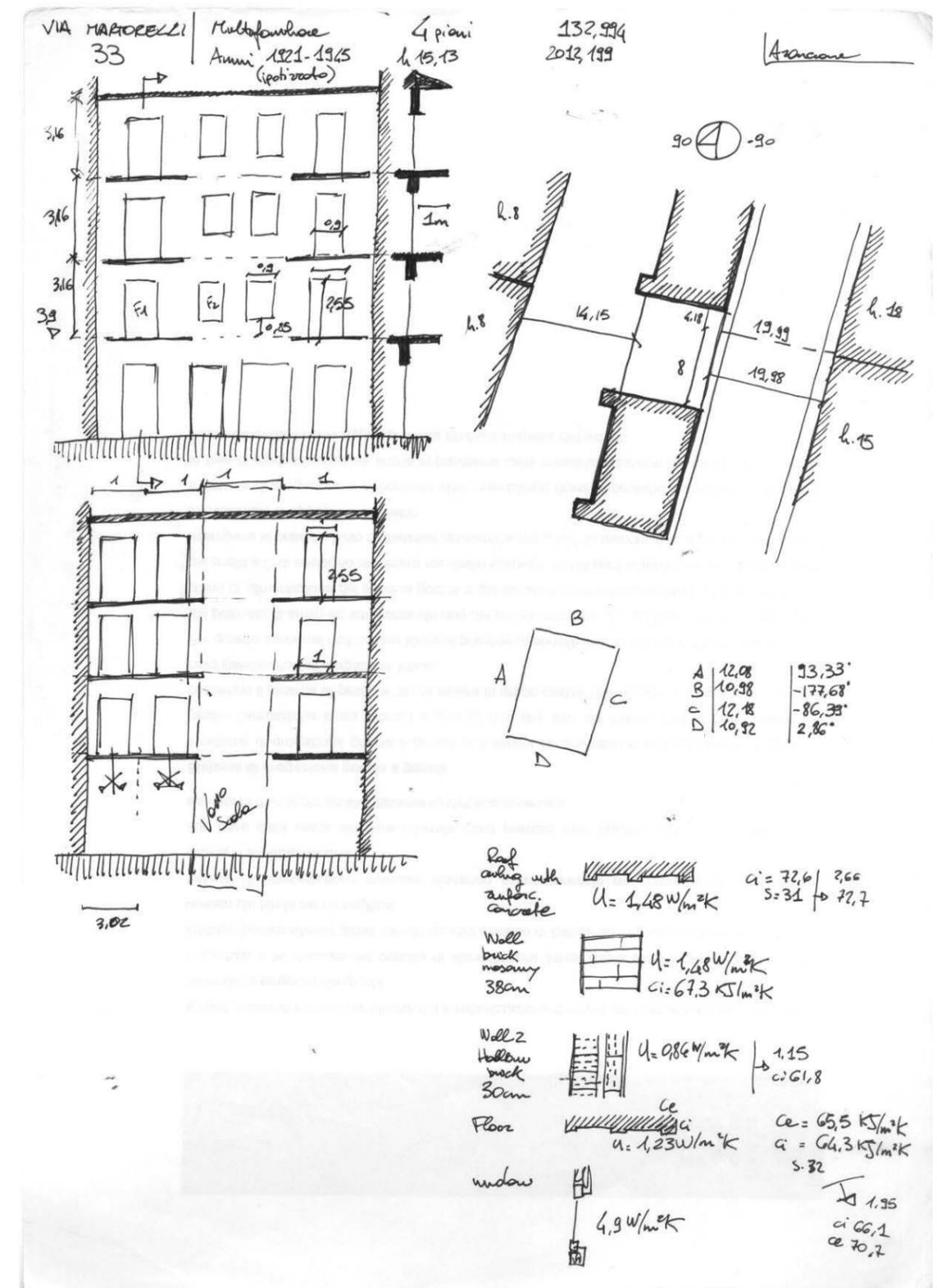
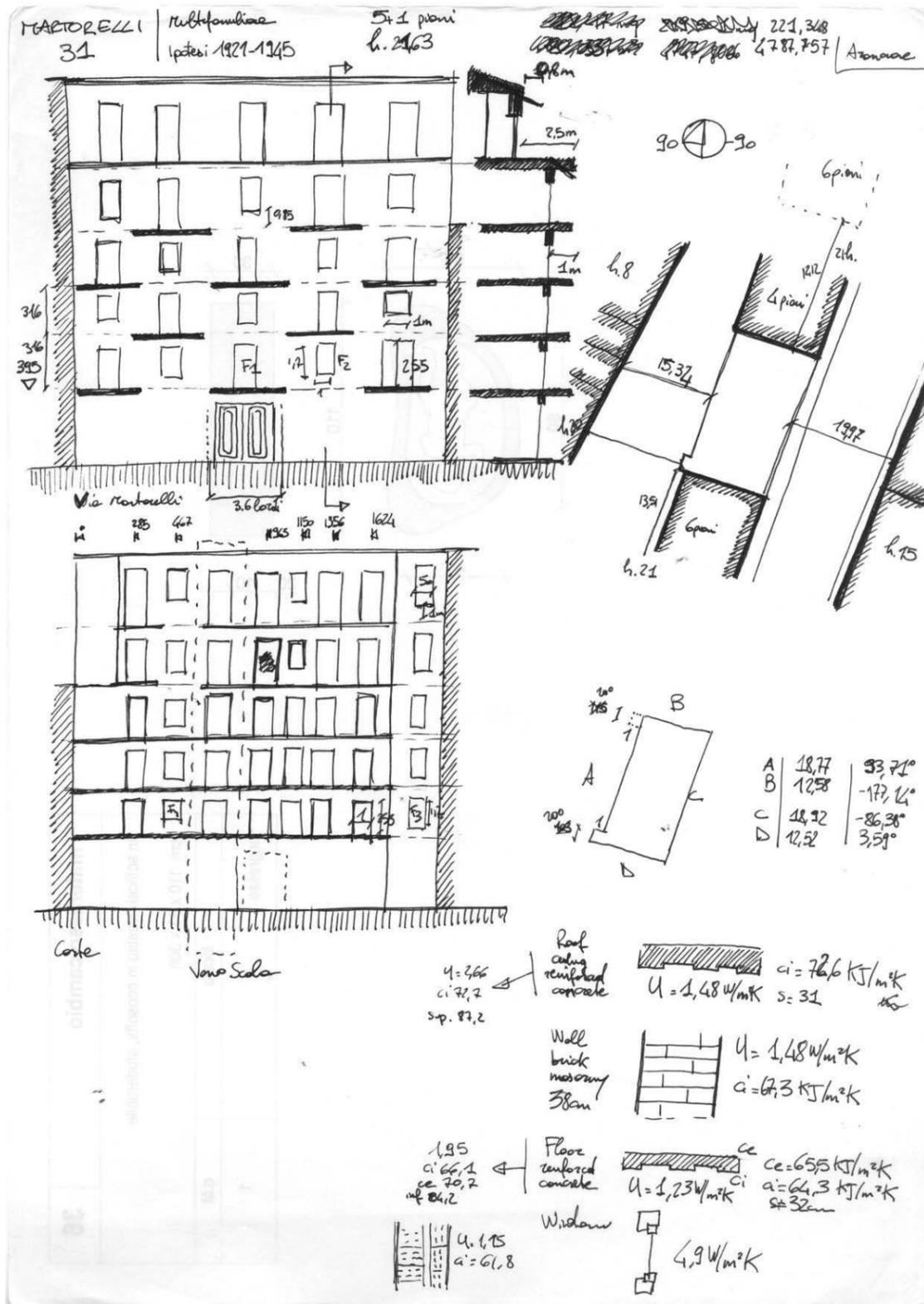


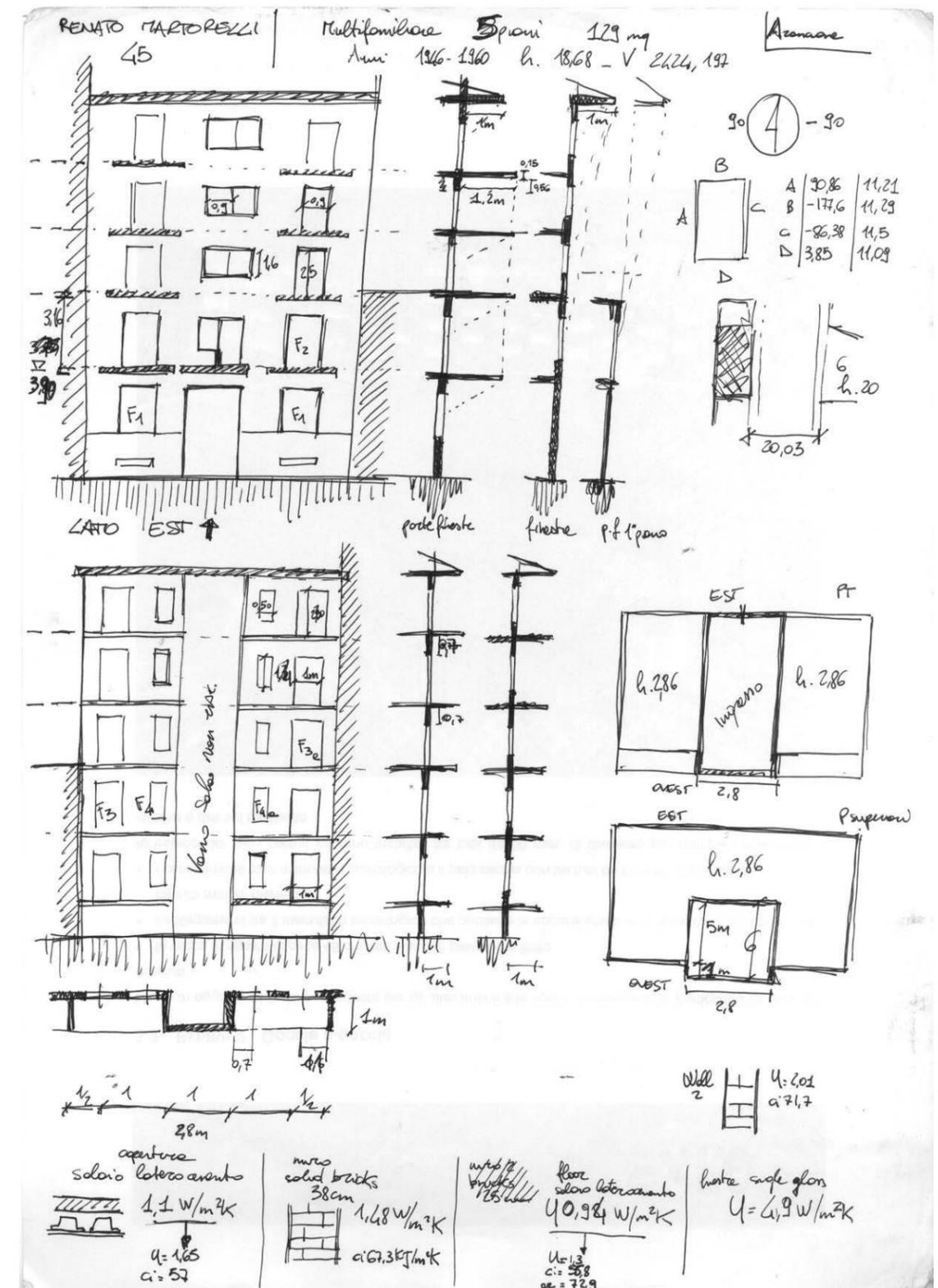
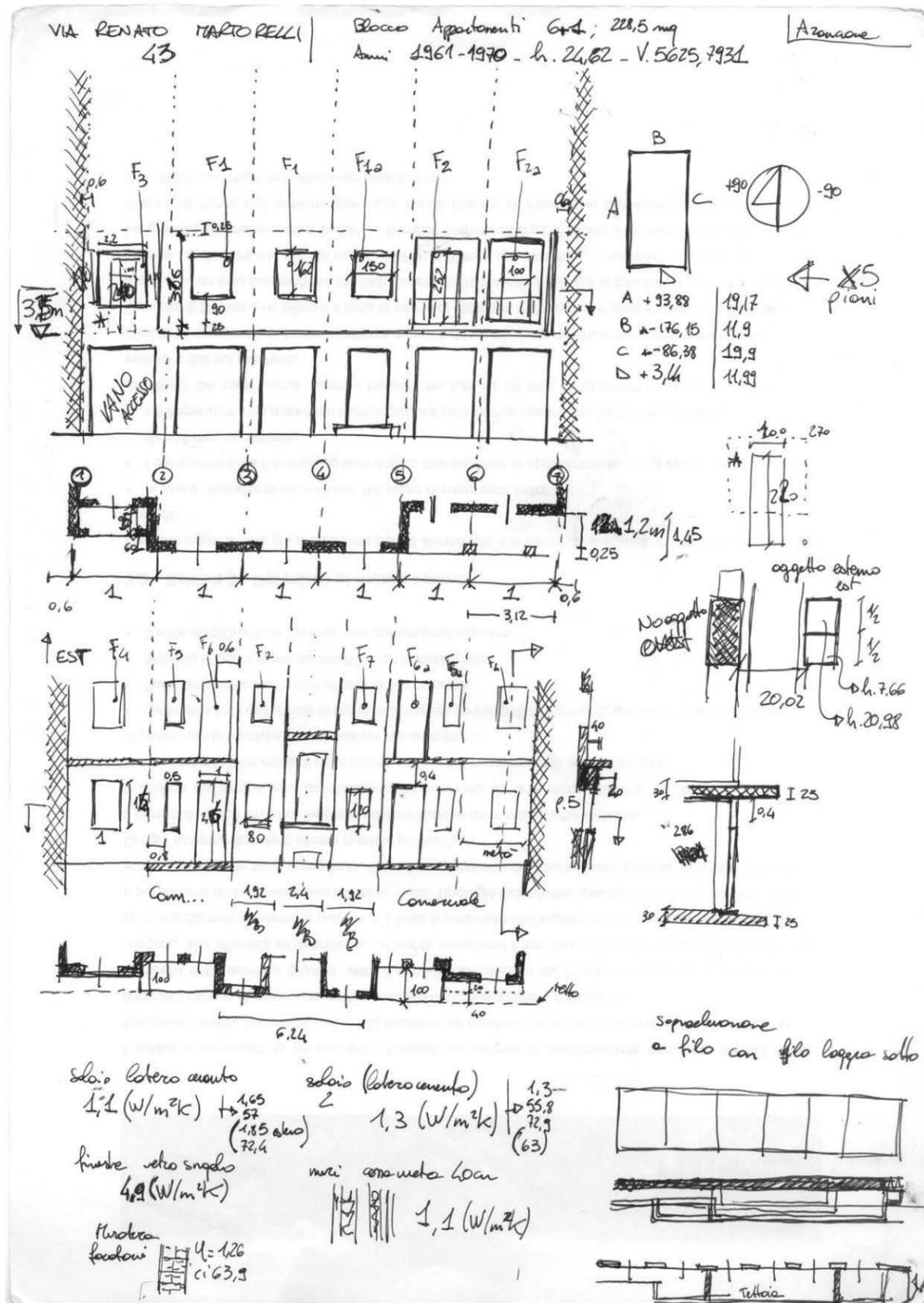


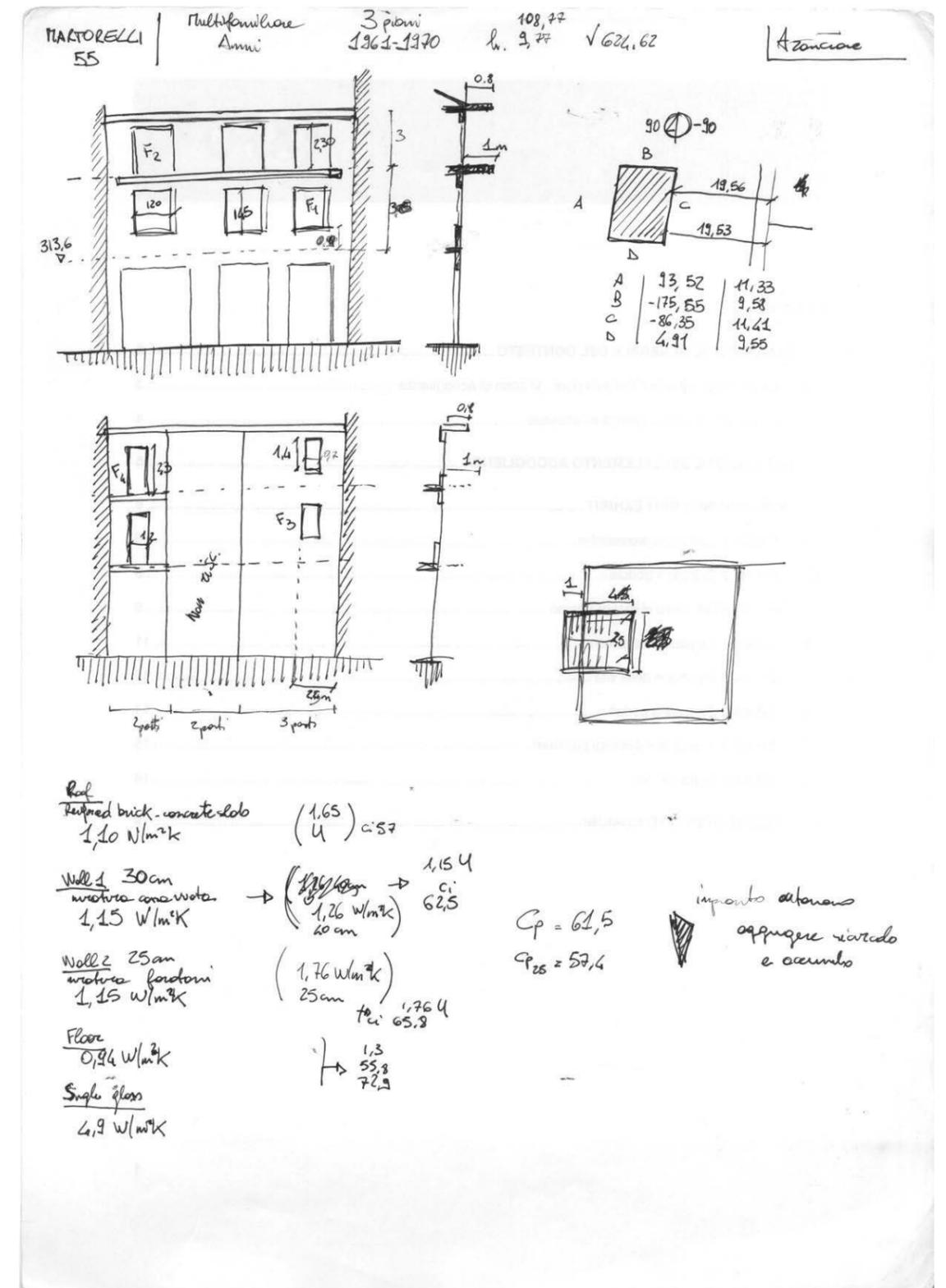
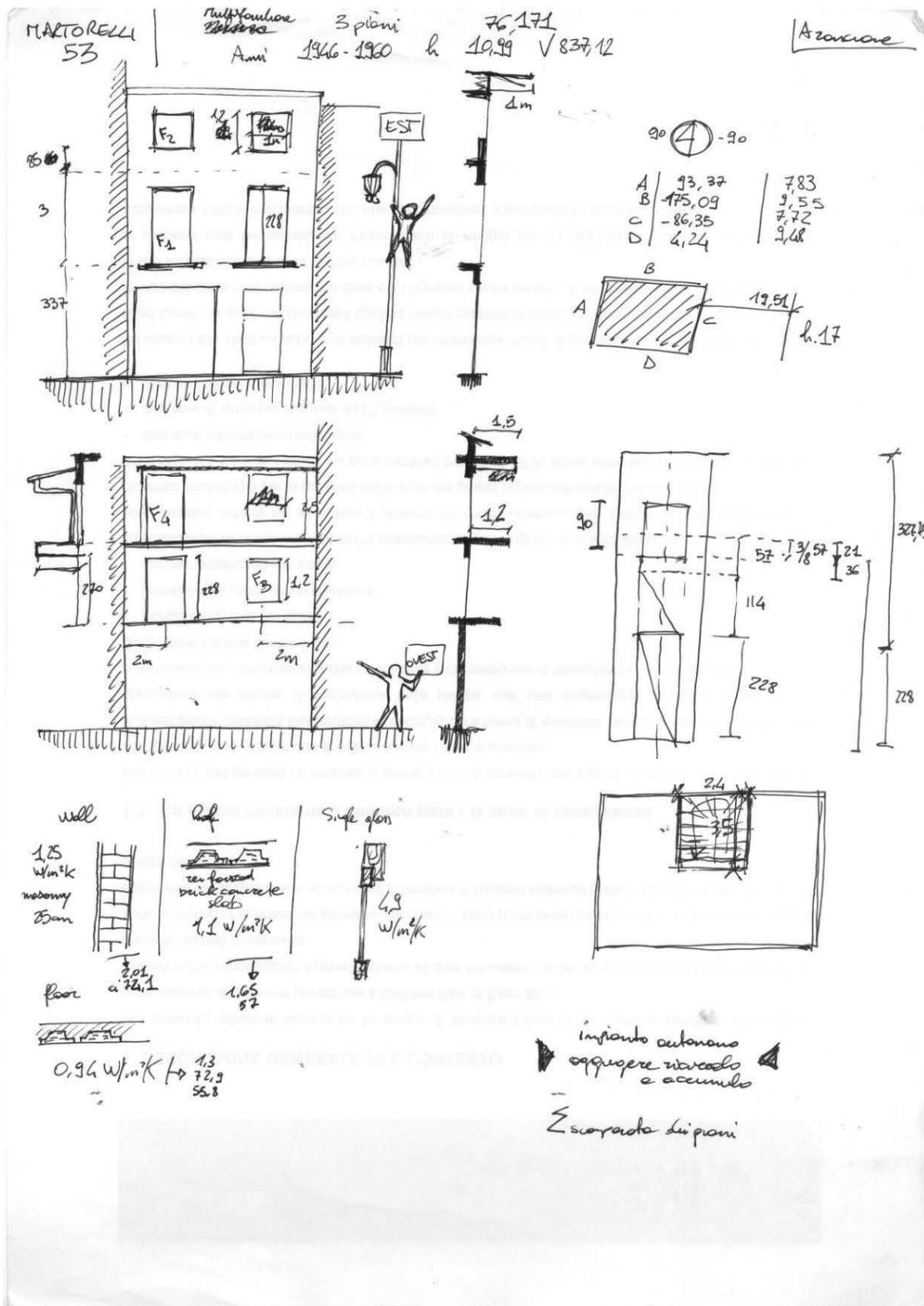


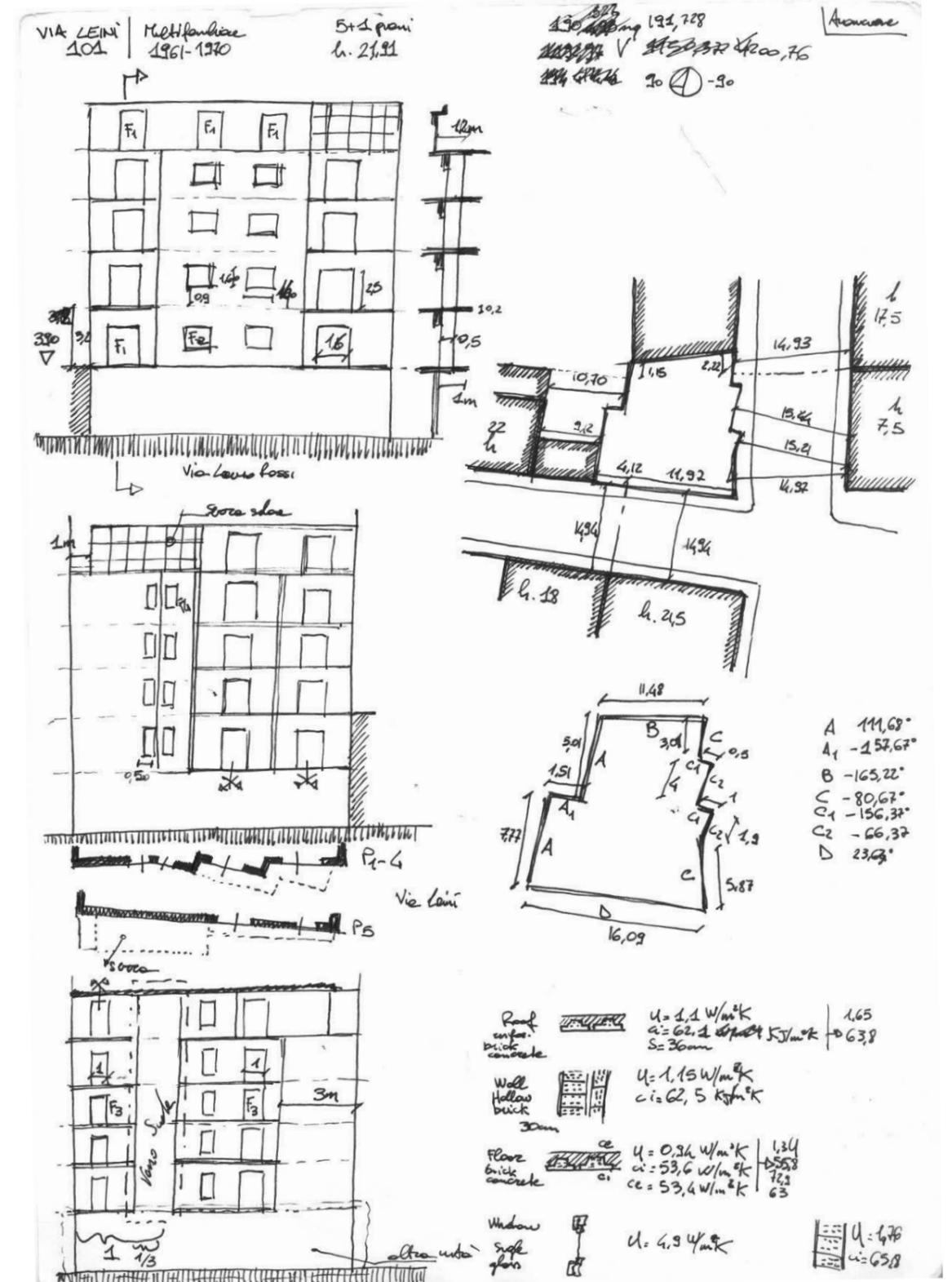
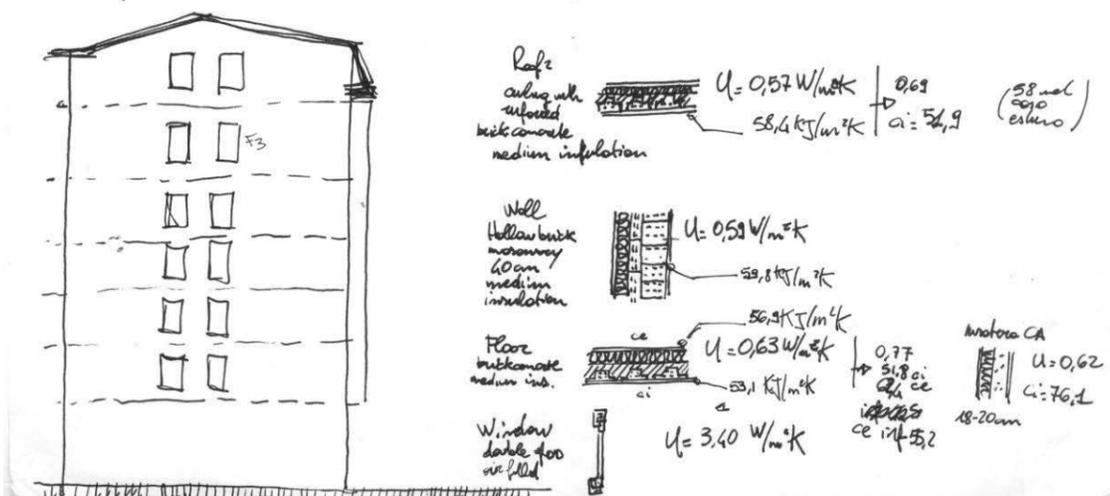
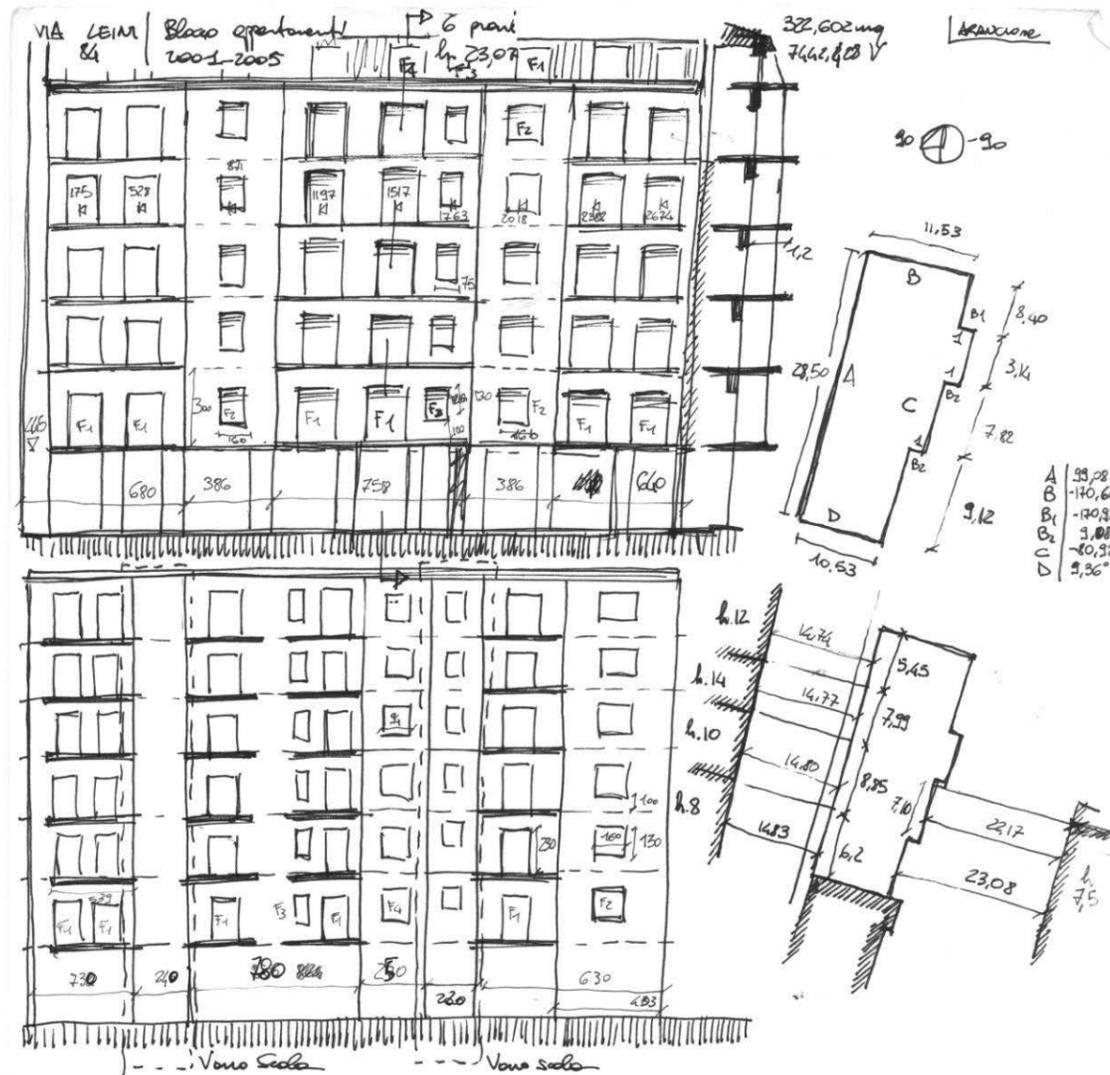






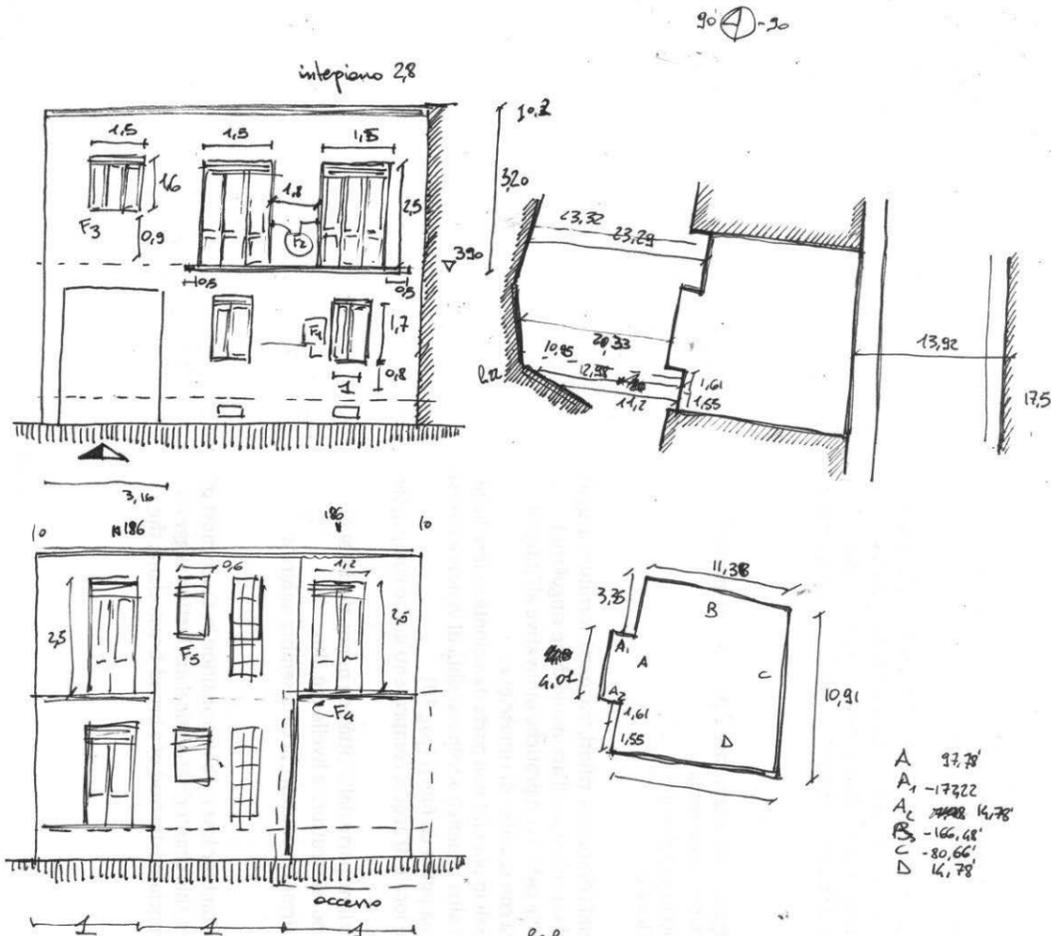






LEINI 103 | Multifamiliare | 2 piani | h. 8,58 | 1961-1970

ARMANDO



Roof reinforced concrete brick

Wall hollow brick insulation 30cm

Floor reinforced brick concrete

Window single glass

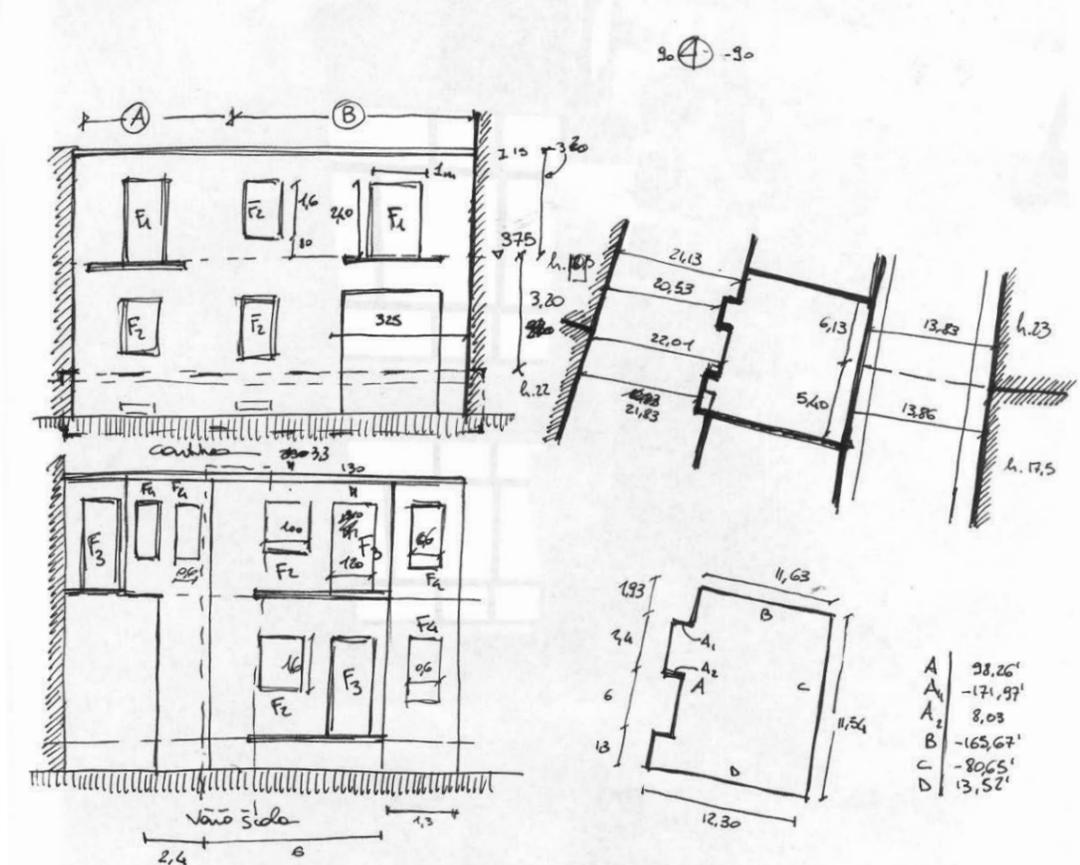
Wall 2 25mm

Roof	$U_0 = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 62,1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U = 1,65$	$c = 63,8$
Wall	$U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 62,5 \text{ kJ/m}^2\text{K}$		
Floor	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 53,6 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U = 1,3$	$c_i = 55,8$
Window	$U = 4,9 \text{ W/m}^2\text{K}$			
Wall 2	$U = 1,76 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 65,8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$		

→ come LEINI 105 per quanto riguarda RETE RICARICO e ACCUMULO

LEINI 105 | Multifamiliare | 2 piani | h. 8,45 | 1966-1960

ARMANDO



Roof brick concrete

Wall solid brick masonry 25cm

Floor brick concrete

Window single glass

Wall 2

Roof	$U_0 = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 62,1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U = 1,65$	$c = 63,8$
Wall	$U = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 58,8 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U = 2,01$	$c = 74,1$
Floor	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$c_i = 53,6 \text{ kJ/m}^2\text{K}$	$U = 1,3$	$c_i = 55,8$
Window	$U = 4,9 \text{ W/m}^2\text{K}$			
Wall 2	$U = 2,01$	$c_i = 71,7$		

WARNING

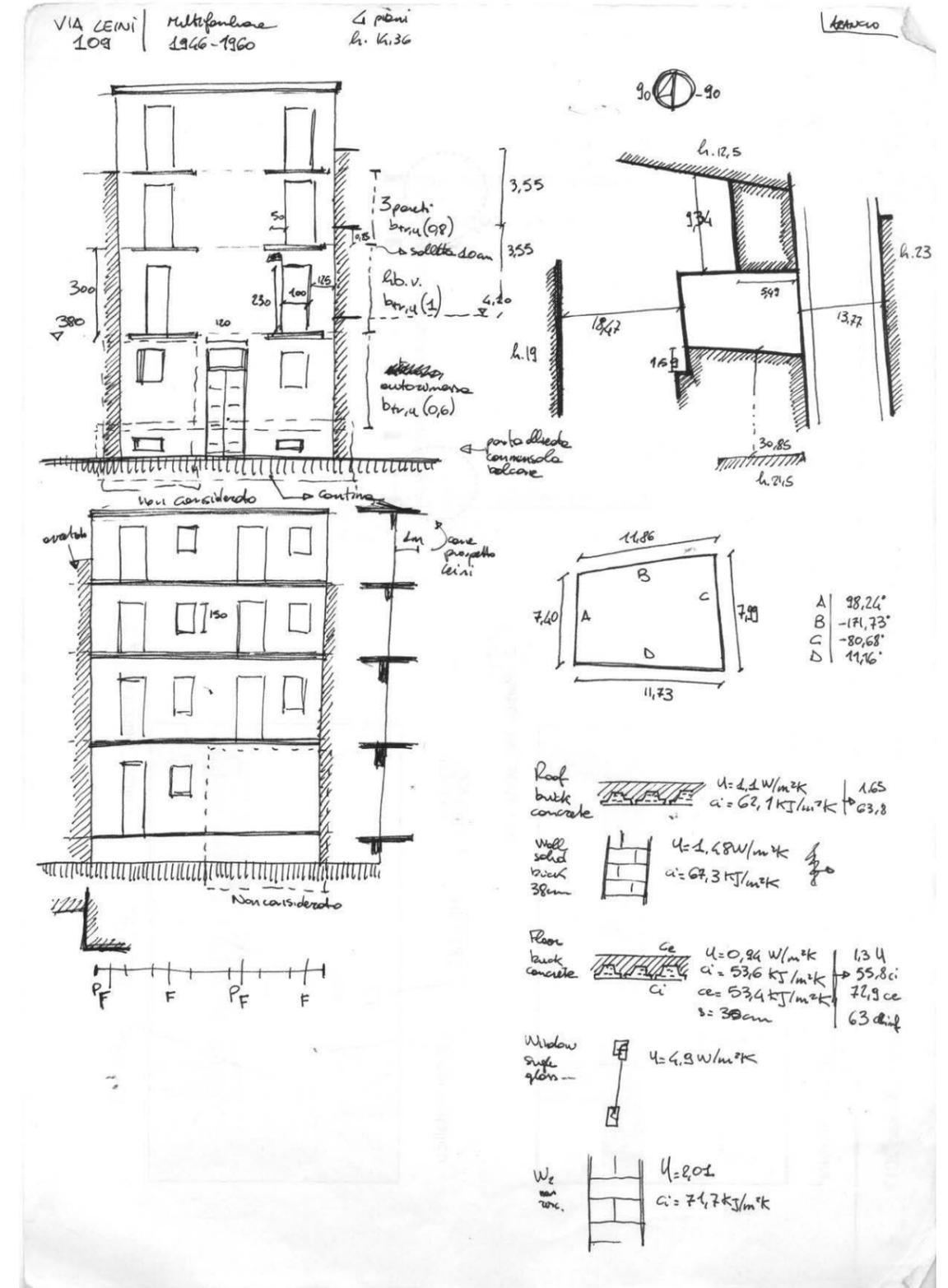
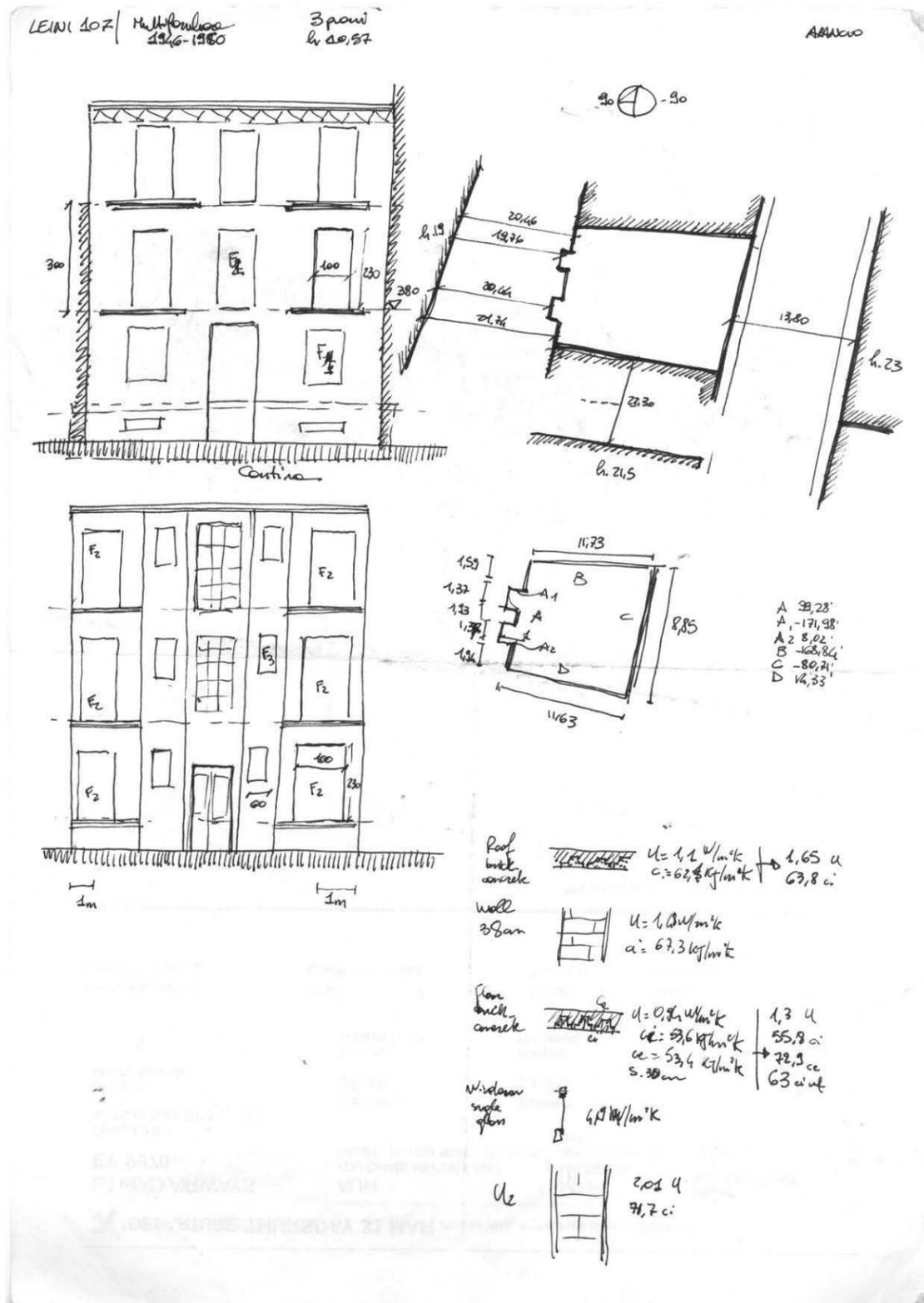
→ Building system della multifamiliare 1966-1960 system rispetto da silenziosa:

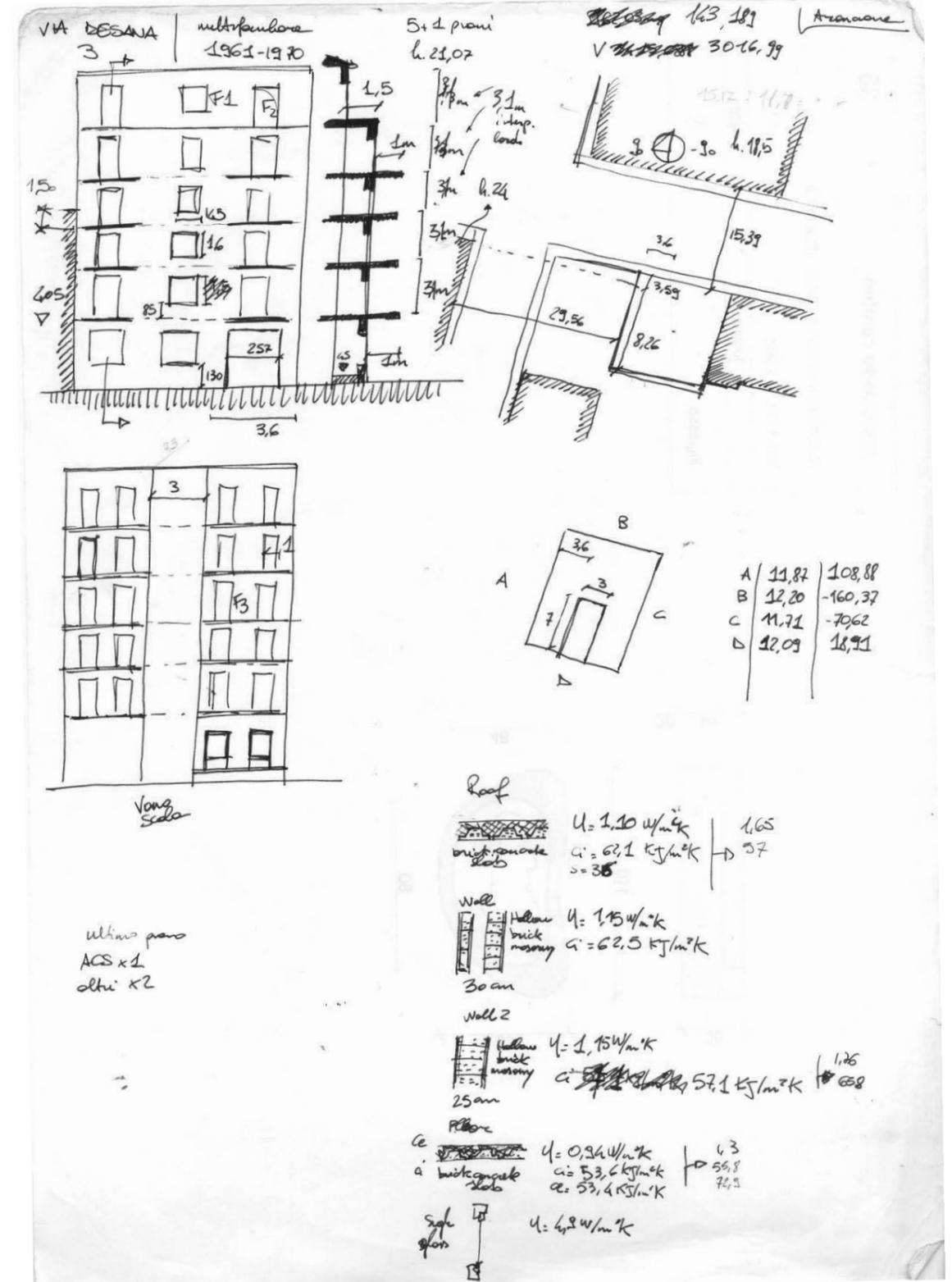
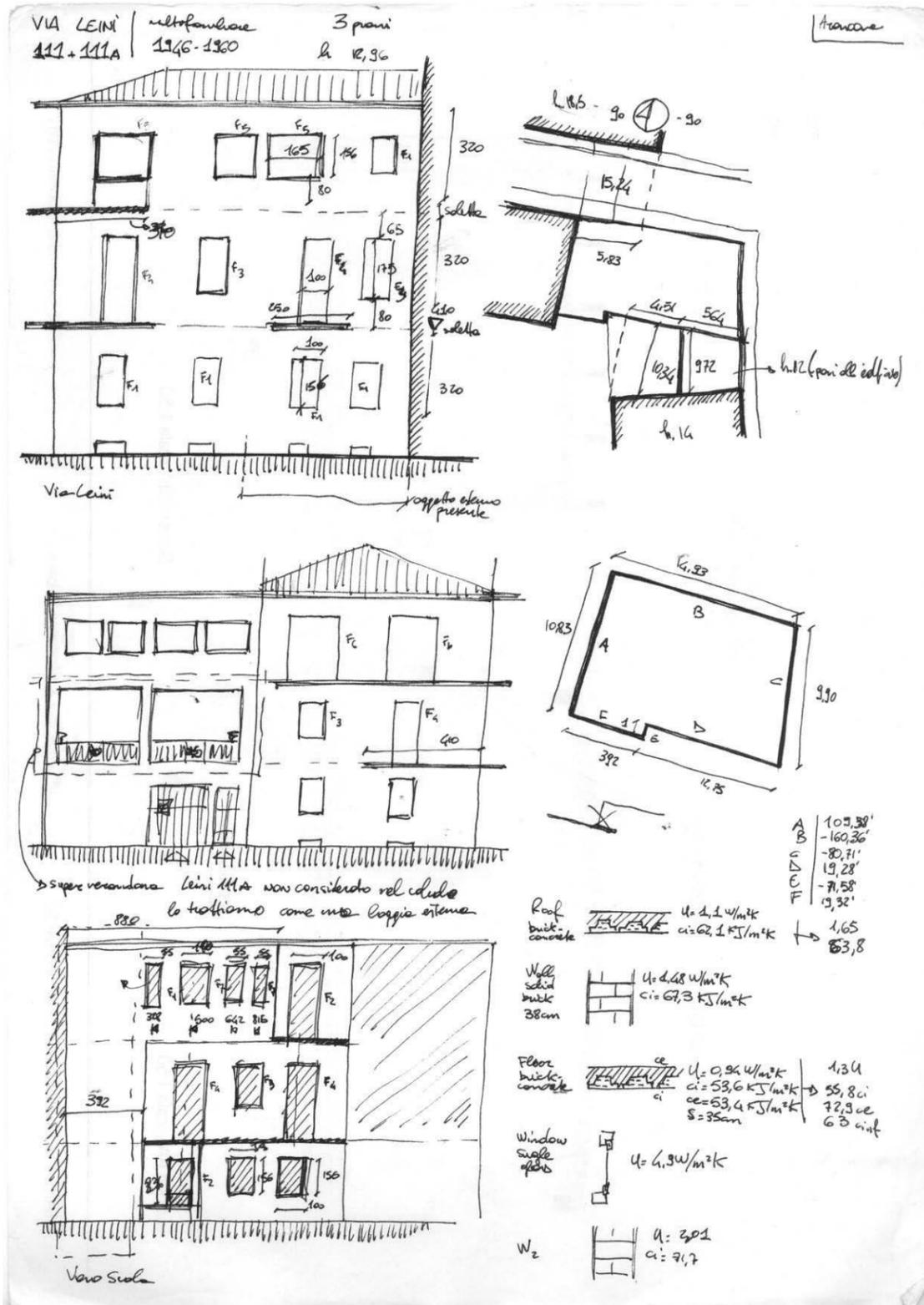
→ Rise + DHW combined autonomo per uso multifamiliare

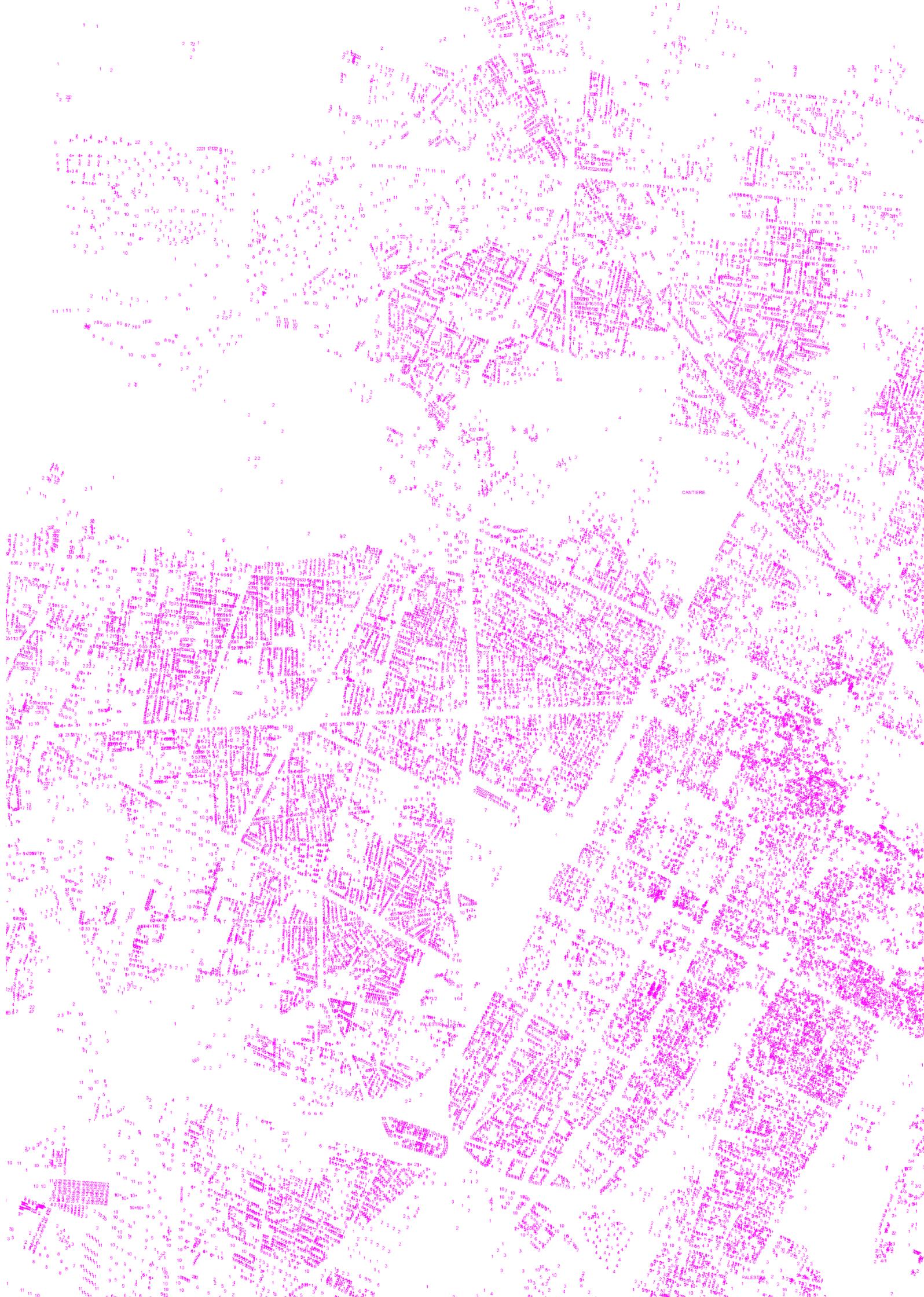
→ impianto autonomo con generazione in caldaia in edificio condominiale

→ impianto con a pompa termica di riscaldamento radiante

→ aggiungere consumi legati all'accumulo e alla RETE DI RICARICO come da TABULA







CANTIERE