

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO di ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA in INGEGNERIA EDILE ARCHITETTURA

TESI DI LAUREA

In

ARCHITETTURA TECNICA II

**VALUTAZIONI COMPARATIVE DELLE PRESTAZIONI
ENERGETICHE NEGLI EDIFICI ESISTENTI.
IL CASO DI CONCORDIA SAGITTARIA**

CANDIDATA
Francesca DANIELLI

RELATORE:
Chiar.ma Prof. Annarita Ferrante

CORRELATORI:
Ing. Davide Prati
Ing. Massimo Monacelli
Prof. Giovanni Semprini

Anno Accademico 2018/19

Sessione III

INDICE

| | |
|--|----|
| 0. PREFAZIONE | 11 |
| 1. NORMATIVA IN TERMINI DI EFFICIENZA ENERGETICA | 13 |
| 1.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO EUROPEO | 15 |
| 1.2. AMBITO LEGISLATIVO NAZIONALE | 21 |
| 1.3. SITUAZIONE A LIVELLO REGIONALE: REGIONE VENETO | 31 |
| 1.4. NORME TECNICHE EUROPEE | 33 |
| 1.5. NORME TECNICHE ITALIANE | 38 |
| 2. L'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI | 45 |
| 2.1. ZEB, nZEB E NZEB | 45 |
| 2.1.1. nearly ZEB | 46 |
| 2.1.2. Net ZEB | 47 |
| 2.1.3. EDIFICI A EMISSIONI ZERO – ZEB (NORVEGIA) | 48 |
| 2.2. IL QUADRO NAZIONALE | 50 |
| 2.2.1. nZEB IN ITALIA | 51 |
| 2.3. CARATTERISTICHE DI UN EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO | 54 |
| 2.4. PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO | 55 |
| 2.5. FABBISOGNO ENERGETICO DI UN EDIFICIO | 58 |
| 2.5.1. TRASMITTANZA TERMICA | 59 |
| 2.5.2. PONTI TERMICI | 62 |
| 2.6. ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA (APE) | 64 |
| 3. IL PROGETTO TRIPLEA-RENO | 66 |
| 3.1. I CASI DIMOSTRATIVI | 70 |
| 3.2. CONCORDIA SAGITTARIA | 71 |
| 3.3. IL CASO DI STUDIO - CASO 3.C | 74 |
| 3.3.1. CONFIGURAZIONE ARCHITETTONICA | 77 |
| 3.3.2. TIPOLOGIA STRUTTURALE | 79 |
| 3.3.3. IMPIANTI | 80 |
| 3.3.4. CONSUMI | 81 |
| 3.3.5. STATO DI CONSERVAZIONE | 81 |
| 3.3.6. IL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO | 85 |
| 3.3.7. A.T.E.R. VENEZIA | 86 |
| 3.3.8. CONFIGURAZIONE DEGLI APPARTAMENTI | 87 |

| | |
|---|-----|
| 4. CREAZIONE DEI MODELLI ENERGETICI | 98 |
| 4.1. IL SOFTWARE SCELTO | 98 |
| 4.2. DATI CLIMATICI DI CONCORDIA SAGITTARIA | 101 |
| 4.3. MODELLI ENERGETICI ANALIZZATI | 102 |
| 4.4. MODELLO DETTAGLIATO | 103 |
| 4.5. MODELLO SEMPLIFICATO | 105 |
| 4.6. VALUTAZIONE TRASMITTANZA TERMICA ELEMENTI EDILIZI | 108 |
| 4.6.1. STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 108 |
| 4.6.2. STATI DI PROGETTO DETTAGLIATI | 110 |
| 4.6.3. ELEMENTI EDILIZI MODELLI SEMPLIFICATI | 112 |
| 4.7. IMPIANTI STATO DI FATTO | 115 |
| 4.8. IMPIANTI STATO DI PROGETTO | 117 |
| 4.9. MODELLO SU PIATTAFORMA TripleA-RENO | 119 |
| 5. VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE | 121 |
| 5.1. CONFRONTO VOLUME LORDO RISCALDATO | 122 |
| 5.1.1. STATO DI FATTO: DETTAGLIATO - SEMPLIFICATO | 122 |
| 5.1.2. STATO DI PROGETTO: DETTAGLIATO - SEMPLIFICATO | 124 |
| 5.1.3. DA STATO DI FATTO A STATO DI PROGETTO | 125 |
| 5.2. CONFRONTO RAPPORTO S/V | 127 |
| 5.2.1. DETTAGLIATO: STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO | 127 |
| 5.2.2. SEMPLIFICATO: STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO | 128 |
| 5.2.3. DA DETTAGLIATO A SEMPLIFICATO | 129 |
| 5.3. ANALISI SULLA CLASSE ENERGETICA | 131 |
| 5.3.1. DETTAGLIATO: STATO DI FATTO – STATI DI PROGETTO | 131 |
| 5.3.2. SEMPLIFICATO: STATO DI FATTO – STATI DI PROGETTO | 138 |
| 5.3.3. DA DETTAGLIATO A SEMPLIFICATO | 141 |
| 5.4. ANALISI DEI FABBISOGNI ENERGETICI | 144 |
| 6. REPORT ETNOGRAFICO E MONITORAGGIO AMBIENTALE | 147 |
| 6.1. APPROFONDIMENTO NORMATIVO SUL COMFORT INTERNO | 149 |
| 6.1.1. TEMPERATURA INTERNA | 150 |
| 6.1.2. CO ₂ | 151 |
| 6.1.3. UMIDITA' RELATIVA | 152 |
| 6.2. ANALISI SU SINGOLI APPARTAMENTI | 153 |
| 6.2.1. APPARTAMENTO 1 | 158 |
| 6.2.2. APPARTAMENTO 7 | 163 |

| | |
|--|-----|
| 6.2.3. APPARTAMENTO 12 | 169 |
| 6.2.4. APPARTAMENTO 21 | 175 |
| 7. CONCLUSIONI | 180 |
| 7.1. CREAZIONE DEI MODELLI ENERGETICI | 180 |
| 7.2. VALUTAZIONI COMPARATIVE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE | 181 |
| 7.2.1. DA STATO DI FATTO A STATI DI PROGETTO | 181 |
| 7.2.2. DAI MODELLI DETTAGLIATI AI MODELLI SEMPLIFICATI | 182 |
| 7.3. REPORT ETNOGRAFICO E MONITORAGGIO AMBIENTALE | 189 |

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - ABITAZIONI IN EDIFICI RESIDENZIALI PER EPOCA DI COSTRUZIONE IN ITALIA - COMPOSIZIONE % (FONTE: ELABORAZIONI ANCE SU DATI ISTAT - CENSIMENTO GENERALE DELLA POPOLAZIONE E DELLE ABITAZIONI 2011) | 21 |
| FIGURA 2 - BILANCIO INPUT/OUTPUT SCHEMATICO, CATEGORIE DI DEFINIZIONE ED ESEMPIO CON DEFINIZIONE DI UNA RETE NET ZEB. (FONTE: UNIVERSITY WUPPERTAL) | 48 |
| FIGURA 3 - CICLO DI VITA DI UN ZEB COMPLETO (FONTE WWW.ZEB.NO) | 49 |
| FIGURA 4 - PANORAMICA DELLE POSSIBILI OPZIONI DI FORNITURA DI ENERGIA RINNOVABILE CHE SONO STATE TROVATE NELLE DESCRIZIONI DI EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO (FONTE: MARSZAL 2011) | 56 |
| FIGURA 5 - SCHEMA DELLA DOMANDA DI ENERGIA PRIMARIA PER IL FABBISOGNO ENERGETICO DI UN EDIFICIO DI RIFERIMENTO (FONTE: GUIDANCE DOCUMENT FOR NATIONAL PLANS FOR INCREASING THE NUMBER OF NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING, ECOFYS 2013) | 56 |
| FIGURA 6 - COMPORTAMENTO AL PASSAGGIO DI CALORE SU PARETI CON DIVERSA STRATIGRAFIA DI MATERIALE | 59 |
| FIGURA 7 - COMPORTAMENTO DELLE SUPERFICI ESPOSTE ALL'ARIA SOGGETTE A SCAMBIO TERMICO | 60 |
| FIGURA 8 - PERCORSO ARCHEOLOGICO DELLE ROVINE ROMANE (COLORE MAGENTA) - IMPIANTO ROMANO DELLA CITTÀ (GRIGIO) - UBICAZIONE DELL'EDIFICIO OGGETTO DI STUDIO | 72 |
| FIGURA 9 - VISTA DALL'ALTO DI CONCORDIA SAGITTARIA (VE) | 74 |
| FIGURA 10 - VISTA DALL'ALTO DELL'EDIFICIO ATER DI RIFERIMENTO | 74 |
| FIGURA 11 - PLANIMETRIA EDIFICIO | 75 |
| FIGURA 12 - PROSPETTO NORD | 75 |
| FIGURA 13 - PORTICATO LATO SUD | 76 |
| FIGURA 14 - PROSPETTO SUD | 76 |
| FIGURA 15 - BLOCCHI SCALE | 77 |
| FIGURA 16 - PROSPETTI LATERALI | 78 |
| FIGURA 17 - PROSPETTI LONGITUDINALI | 78 |
| FIGURA 18 - SEZIONI BLOCCO OVEST | 78 |
| FIGURA 19 - SEZIONI BLOCCO EST E VANO SCALA CENTRALE | 78 |
| FIGURA 20 - GENERATORE E BRUCIATORE INSTALLATI | 81 |
| FIGURA 21 - CARTELLO CENTRALE TERMICA | 81 |
| FIGURA 22 - LATO NORD, VISTA 1 | 82 |
| FIGURA 23 - INFILTRAZIONI IN UN VANO SCALE | 83 |
| FIGURA 24 - INCROSTAZIONI E MUFFE SUL SOFFITTO | 83 |
| FIGURA 25 - ANGOLO BLOCCO EST, LATO NORD | 84 |
| FIGURA 26 - LATO NORD, VISTA 2 | 84 |
| FIGURA 27 - PARTICOLARE FINESTRA CON MUFFA | 84 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 28 - PRESENZA DI MUFFA NELLE LOGGE | 84 |
| FIGURA 29 - PARTICOLARE: DISTACCO DEI COPRIFERRI SUL LATO SUD, PORTICATO | 85 |
| FIGURA 30 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI LATO NORD BLOCCO OVEST | 96 |
| FIGURA 31 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI LATO SUD BLOCCO OVEST | 96 |
| FIGURA 32 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI VISTA NORD-OVEST | 96 |
| FIGURA 33 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI LATO NORD BLOCCO EST | 97 |
| FIGURA 34 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI LATO SUD BLOCCO EST | 97 |
| FIGURA 35 - CONFORMAZIONE APPARTAMENTI VISTA SUD-EST | 97 |
| FIGURA 36 - SCHERMATA INIZIALE DI TERMOLOG ACADEMY | 98 |
| FIGURA 37 - VALORI DELLE TEMPERATURE MEDIE MENSILI DEL COMUNE DI CONCORDIA SAGITTARIA (VE) | 101 |
| FIGURA 38 - VISTA SUD-EST DEL MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO | 103 |
| FIGURA 39 - VISTA NORD-OVEST DEL MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO | 103 |
| FIGURA 40 - VISTA LATERALE DELLA CONFORMAZIONE DEI VOLUMI RISCALDATI DI APPARTAMENTI SOVRAPPOSTI | 104 |
| FIGURA 41 - VISTA FRONTALE DELLA CONFORMAZIONE DEI VOLUMI RISCALDATI DI APPARTAMENTI SOVRAPPOSTI | 104 |
| FIGURA 42 - VISTA SUD-EST DEL MODELLO ENERGETICO SEMPLIFICATO | 106 |
| FIGURA 43 - VISTA NORD-OVEST DEL MODELLO ENERGETICO SEMPLIFICATO | 106 |
| FIGURA 44 - VISTA LATERALE BLOCCO OVEST | 106 |
| FIGURA 45 - VISTA LATERALE BLOCCO EST | 106 |
| FIGURA 46 - CONFRONTO GEOMETRICO VOLUME LORDO EDILIZIO - VOLUME LORDO RISCALDATO DETTAGLIATO | 123 |
| FIGURA 47 - CONFRONTO GEOMETRICO VOLUME LORDO RISCALDATO DETTAGLIATO - VOLUME LORDO RISCALDATO SEMPLIFICATO | 124 |
| FIGURA 48 - ANDAMENTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER UNITÀ IMMOBILIARE. MODELLO STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 133 |
| FIGURA 49 - ANDAMENTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER UNITÀ IMMOBILIARE. MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO DETTAGLIATO | 135 |
| FIGURA 50 - ANDAMENTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER UNITÀ IMMOBILIARE. MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI DETTAGLIATO | 137 |
| FIGURA 51 - PIANTA DELL'APPARTAMENTO 1 | 158 |
| FIGURA 52 - VISTE DELL'APPARTAMENTO 1 CON DIVISIONE DEI LOCALI NEL MODELLO DETTAGLIATO | 159 |
| FIGURA 53 - TEMPERATURE: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 1 | 160 |
| FIGURA 54 - CO2: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 1 | 160 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 55 - UMIDITÀ RELATIVA: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 1 | 161 |
| FIGURA 56 - ENERGIA ELETTRICA: CONSUMI MEDI SETTIMANALI DISTINTI PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 1 | 161 |
| FIGURA 57 - PIANTE DELL'APPARTAMENTO 7 | 163 |
| FIGURA 58 - VISTE DELL'APPARTAMENTO 7 CON DIVISIONE DEI LOCALI NEL MODELLO DETTAGLIATO | 164 |
| FIGURA 59 - TEMPERATURE: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 7 | 165 |
| FIGURA 60 - UMIDITÀ RELATIVA: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 7 | 166 |
| FIGURA 61 - CO ₂ : MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 7 | 167 |
| FIGURA 62 - ENERGIA ELETTRICA: CONSUMI MEDI SETTIMANALI DISTINTI PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 7 | 167 |
| FIGURA 63 - PIANTE DELL'APPARTAMENTO 12 - 1 DI 2 | 169 |
| FIGURA 64 - VISTE DELL'APPARTAMENTO 12 CON DIVISIONE DEI LOCALI NEL MODELLO DETTAGLIATO | 170 |
| FIGURA 65 - PIANTE DELL'APPARTAMENTO 12 - 2 DI 2 | 170 |
| FIGURA 66 - TEMPERATURE: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 12 | 171 |
| FIGURA 67 - CO ₂ : MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 12 | 172 |
| FIGURA 68 - UMIDITÀ RELATIVA: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 12 | 172 |
| FIGURA 69 - ENERGIA ELETTRICA: CONSUMI MEDI SETTIMANALI DISTINTI PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 12 | 173 |
| FIGURA 70 - PIANTE DELL'APPARTAMENTO 21 | 175 |
| FIGURA 71 - VISTE DELL'APPARTAMENTO 21 CON DIVISIONE DEI LOCALI NEL MODELLO DETTAGLIATO | 176 |
| FIGURA 72 - TEMPERATURE: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 21 | 177 |
| FIGURA 73 - UMIDITÀ RELATIVA: MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 21 | 177 |
| FIGURA 74 - CO ₂ : MEDIA SETTIMANALE DISTINTA PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 21 | 178 |
| FIGURA 75 - ENERGIA ELETTRICA: CONSUMI MEDI SETTIMANALI DISTINTI PER ORA DEL GIORNO – APPARTAMENTO 21 | 178 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|-----|
| TABELLA 1 - QUADRO LEGISLATIVO EUROPEO | 19 |
| TABELLA 2 - QUADRO LEGISLATIVO ITALIANO | 29 |
| TABELLA 3 - QUADRO LEGISLATIVO REGIONE VENETO | 32 |
| TABELLA 4 - PRINCIPALI NORME TECNICHE EUROPEE IN MATERIA DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI | 37 |
| TABELLA 5 - PRINCIPALI NORME TECNICHE ITALIANE DI RIFERIMENTO IN MATERIA | 44 |
| TABELLA 6 - VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO $H'T$ (W/M ² K) | 52 |
| TABELLA 7 - VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL RAPPORTO $A_{SOL,EST}/A_{SUP UTILE}$ | 53 |
| TABELLA 8 - VALORI DI RESISTENZA TERMICA SUPERFICIALE DA NORMA UNI EN ISO 6946 | 61 |
| TABELLA 9 - DATI CLIMATICI DI CONCORDIA SAGITTARIA (VE) DA UNI 10349:2016 | 101 |
| TABELLA 10 - STRUTTURE: PARETI. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 108 |
| TABELLA 11 - STRUTTURE: PAVIMENTI, SOFFITTI E COPERTURE. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 109 |
| TABELLA 12 - STRUTTURE: SERRAMENTI E PORTE. VERSO DI DISPERSIONE, TIPOLOGIA DI INFISSO, TRASMITTANZA, NUMERO ELEMENTI IN USO E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 109 |
| TABELLA 13 - STRUTTURE: PARETI. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO DETTAGLIATO | 110 |
| TABELLA 14 - STRUTTURE: PAVIMENTI, SOFFITTI E COPERTURE. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO DETTAGLIATO | 111 |
| TABELLA 15 - STRUTTURE: SERRAMENTI E PORTE. VERSO DI DISPERSIONE, TIPOLOGIA DI INFISSO, TRASMITTANZA, NUMERO ELEMENTI IN USO E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO DETTAGLIATO | 111 |
| TABELLA 16 - STRUTTURE: PARETI. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | 113 |
| TABELLA 17 - STRUTTURE: PAVIMENTI, SOFFITTI E COPERTURE. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | 113 |
| TABELLA 18 - STRUTTURE: SERRAMENTI E PORTE. VERSO DI DISPERSIONE, TIPOLOGIA DI INFISSO, TRASMITTANZA, NUMERO ELEMENTI IN USO E SUPERFICIE IN USO. STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | 113 |
| TABELLA 19 - STRUTTURE: PARETI. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO | 114 |
| TABELLA 20 - STRUTTURE: PAVIMENTI, SOFFITTI E COPERTURE. VERSO DI DISPERSIONE, SPESSORE, TRASMITTANZA E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO | 114 |
| TABELLA 21 - STRUTTURE: SERRAMENTI E PORTE. VERSO DI DISPERSIONE, TIPOLOGIA DI INFISSO, TRASMITTANZA, NUMERO ELEMENTI IN USO E SUPERFICIE IN USO. STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO | 114 |

| | |
|---|-----|
| TABELLA 22 - CONFRONTO VOLUMI LORDI RISCALDATI STATO DI FATTO MODELLI: DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO | 123 |
| TABELLA 23 - CONFRONTO VOLUMI LORDI RISCALDATI STATO DI PROGETTO: MODELLI DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO | 125 |
| TABELLA 24 - CONFRONTO VOLUMI LORDI RISCALDATI MODELLO DETTAGLIATO: STATO DI FATTO E STATO DI PROGETTO | 125 |
| TABELLA 25 - CONFRONTO VOLUMI LORDI RISCALDATI MODELLO SEMPLIFICATO: STATO DI FATTO E STATO DI PROGETTO | 125 |
| TABELLA 26 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 127 |
| TABELLA 27 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO DETTAGLIATO | 128 |
| TABELLA 28 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | 129 |
| TABELLA 29 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO | 129 |
| TABELLA 30 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO SEMPLIFICATO E DETTAGLIATO | 129 |
| TABELLA 31 - VALORI VOLUME LORDO RISCALDATO, SUPERFICIE DISPERDENTE, RAPPORTO S/V PER IL MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO E DETTAGLIATO | 130 |
| TABELLA 32 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO DETTAGLIATO | 132 |
| TABELLA 33 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO DETTAGLIATO | 134 |
| TABELLA 34 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI DETTAGLIATO | 136 |
| TABELLA 35 - CONFRONTO PER L'INTERO EDIFICIO NEI CASI DI MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO: CLASSE ENERGETICA, INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE | 138 |
| TABELLA 36 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | 138 |
| TABELLA 37 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO SEMPLIFICATO | 139 |
| TABELLA 38 - CLASSE ENERGETICA E INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI SEMPLIFICATO | 140 |

| | |
|---|-----|
| TABELLA 39 - CONFRONTO PER L'INTERO EDIFICIO NEI CASI DI MODELLO ENERGETICO SEMPLIFICATO: CLASSE ENERGETICA, INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE | 140 |
| TABELLA 40 - CONFRONTO PER L'INTERO EDIFICIO NEI CASI DI MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO: CLASSE ENERGETICA | 141 |
| TABELLA 41 - CONFRONTO PER L'INTERO EDIFICIO NEI CASI DI MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO: INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE E TOTALE, E DIFFERENZE % INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA | 143 |
| TABELLA 42 - SUPERFICIE UTILE RISCALDATA, ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS, INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS. MODELLO ENERGETICO STATO DI FATTO DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO | 144 |
| TABELLA 43 - SUPERFICIE UTILE RISCALDATA, ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS, INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO | 145 |
| TABELLA 44 - SUPERFICIE UTILE RISCALDATA, ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS, INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E ACS. MODELLO ENERGETICO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO | 145 |
| TABELLA 45 - CONFRONTO PER L'INTERO EDIFICIO NEI CASI DI MODELLO ENERGETICO DETTAGLIATO E SEMPLIFICATO: DIFFERENZE % ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER RISCALDAMENTO E LA PRODUZIONE DI ACS, E DIFFERENZE % INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER IL RISCALDAMENTO E LA PRODUZIONE DI ACS. | 146 |
| TABELLA 46 - CLASSIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELLE CATEGORIE DA SPECIFICA TECNICA 16798-2 | 150 |
| TABELLA 47 - INTERVALLI DI TEMPERATURA PER IL CALCOLO ORARIO DELL'ENERGIA PER IL RISCALDAMENTO (ESTRATTO TABELLA B1.4, ALLEGATO B1 DELLA SPECIFICA TECNICA 16798-2) | 151 |
| TABELLA 48 - CONCENTRAZIONI DI PROGETTO PREDEFINITE DI CO ₂ AL DI SOPRA DELLA CONCENTRAZIONE ESTERNA (ESTRATTO TABELLA B2.7, ALLEGATO B2 DELLA SPECIFICA TECNICA 16798-2) | 152 |
| TABELLA 49 - SCALA DI VALORI PER LE DOMANDA A, B, C DEL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL CONFORT INTERNO | 153 |
| TABELLA 50 - DATI GEOMETRICI ED ENERGETICI APPARTAMENTO 1 | 158 |
| TABELLA 51 - CATEGORIZZAZIONE DATI AMBIENTALI MISURATI - APPARTAMENTO 1 | 162 |
| TABELLA 52 - RISPOSTE IN SCALE DI VALORI PREASSEGNA TI ALLE DOMANDE RELATIVE AL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL COMFORT ALL'INTERNO DELLE ABITAZIONI PER ARCO TEMPORALE - APPARTAMENTO 1 | 162 |
| TABELLA 53 - DATI GEOMETRICI ED ENERGETICI APPARTAMENTO 7 | 163 |

| | |
|--|-----|
| TABELLA 54 - CATEGORIZZAZIONE DATI AMBIENTALI MISURATI - APPARTAMENTO 7 | 167 |
| TABELLA 55 - RISPOSTE IN SCALE DI VALORI PREASSEGNA TI ALLE DOMANDE RELATIVE AL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL COMFORT ALL'INTERNO DELLE ABITAZIONI PER ARCO TEMPORALE - APPARTAMENTO 7 | 168 |
| TABELLA 56 - DATI GEOMETRICI ED ENERGETICI APPARTAMENTO 12 | 169 |
| TABELLA 57 - CATEGORIZZAZIONE DATI AMBIENTALI MISURATI - APPARTAMENTO 12 | 173 |
| TABELLA 58 - RISPOSTE IN SCALE DI VALORI PREASSEGNA TI ALLE DOMANDE RELATIVE AL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL COMFORT ALL'INTERNO DELLE ABITAZIONI PER ARCO TEMPORALE - APPARTAMENTO 12 | 174 |
| TABELLA 59 - DATI GEOMETRICI ED ENERGETICI APPARTAMENTO 21 | 175 |
| TABELLA 60 - CATEGORIZZAZIONE DATI AMBIENTALI MISURATI - APPARTAMENTO 21 | 179 |
| TABELLA 61 - RISPOSTE IN SCALE DI VALORI PREASSEGNA TI ALLE DOMANDE RELATIVE AL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL COMFORT ALL'INTERNO DELLE ABITAZIONI PER ARCO TEMPORALE - APPARTAMENTO 21 | 179 |
| TABELLA 62 - CAMBIAMENTO DELLA CLASSE ENERGETICA DEGLI APPARTAMENTI IN BASE ALLO STATO | 181 |
| TABELLA 63 - CONFRONTO VOLUME LORDO RISCALDATO | 182 |
| TABELLA 64 - CONFRONTO SUPERFICIE DISPERDENTE | 183 |
| TABELLA 65 - CONFRONTO RAPPORTO S/V | 183 |
| TABELLA 66 - CONFRONTO CLASSI ENERGETICHE | 184 |
| TABELLA 67 - CONFRONTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE NON RINNOVABILE | 185 |
| TABELLA 68 - CONFRONTO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE | 186 |
| TABELLA 69 - CONFRONTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE | 186 |
| TABELLA 70 - CONFRONTO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA | 187 |
| TABELLA 71 - CONFRONTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA | 187 |
| TABELLA 72 - CONFRONTO INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE NON RINNOVABILE, INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA NON RINNOVABILE PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA | 188 |
| TABELLA 73 - SCALA DI VALORI RELATIVA ALLA DOMANDA A DEL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL CONFORT INTERNO DEGLI AMBIENTI | 192 |
| TABELLA 74 - RISPOSTE ALLA DOMANDA A DEL QUESTIONARIO SUL BENESSERE E SUL CONFORT INTERNO DEGLI AMBIENTI | 192 |

0. PREFAZIONE

L'obiettivo dello studio è principalmente confrontare l'importanza della conformazione architettonica degli edifici residenziali ai fini della valutazione delle prestazioni energetiche. In particolare, ciò che si vuole valutare è l'incidenza del dettaglio nella modellazione rispetto ai principali indicatori energetici, soprattutto l'EP.

Al fine di determinare il complesso quadro normativo è stata fatta una ricognizione sul concetto di efficienza energetica degli edifici a partire dal livello europeo e scendendo a cascata a livello nazionale e regionale, Regione Veneto. È stata analizzata anche la normativa tecnica in vigore attualmente in Italia, prendendo in considerazione le normative tecniche europee ed italiane. In successione, è stato definito il concetto di NZEB, nelle sue differenti accezioni, sia in ambito europeo che italiano, definendone caratteristiche con particolare attenzione al quadro critico italiano.

Si è poi analizzato il concetto di efficienza energetica di un edificio effettuando un focus sulla prestazione energetica, sul fabbisogno energetico, introducendo le definizioni di trasmittanza termica e ponti termici, e di attestato di prestazione energetica (APE) degli edifici.

Definito il quadro generale si passa alla descrizione del caso di studio che è stato scelto all'interno del progetto TripleA-reno, che ha tra i suoi obiettivi anche la progettazione di web tool semplificati per la valutazione speditiva della prestazione energetica degli edifici. La semplificazione del processo è finalizzata al coinvolgimento degli utenti finali non esperti senza rinunciare eccessivamente alla precisione delle valutazioni.

Il caso di studio, un edificio residenziale sito a Concordia Sagittaria, viene quindi descritto in modo dettagliato partendo dall'introduzione delle finalità del progetto europeo TripleA-Reno che ha come obiettivo quello di promuovere il rinnovamento del patrimonio edilizio esistente cercando di semplificare l'accesso alle procedure per la riqualificazione energetica.

Del caso di studio si descrivono la configurazione architettonica, la tipologia strutturale, gli impianti, i consumi, lo stato di conservazione, il progetto di miglioramento. Vengono altresì descritti i materiali utilizzati, le stratigrafie, gli impianti installati, le tipologie abitative.

Una volta definito il software di modellazione che si intende utilizzare è stata effettuata una valutazione dettagliata della prestazione energetica dell'edificio oggetto di studio che è stato successivamente approssimato mantenendo inalterato soltanto il volume riscaldato lordo e le caratteristiche degli elementi opachi e trasparenti. Si sono poi messe in relazione le diverse valutazioni energetiche per farne un confronto e valutare quali siano i parametri che

maggiormente vengono influenzati dalla semplificazione introdotta e dalla variazione del rapporto S/V.

Lo studio è stato condotto sia per lo stato di fatto che per un paio di casi in stato di progetto effettuando un'analisi dei risultati relativi alle prestazioni energetiche e al comfort abitativo sia per l'edificio completo che per alcuni appartamenti.

In parallelo è stato condotto un monitoraggio ambientale ed etnografico per valutare l'effettivo comfort abitativo degli alloggi in alcuni appartamenti rilevando i principali parametri ambientali (temperatura, umidità relativa, CO₂ e consumi elettrici) in parallelo alle sensazioni degli abitanti.

1. NORMATIVA IN TERMINI DI EFFICIENZA ENERGETICA

Gli impegni assunti dall'Unione Europea nell'ambito dell'Unione dell'energia e dell'agenda mondiale per il clima fissata dall'accordo di Parigi del 2015 sui cambiamenti climatici hanno portato ad un'ancor maggiore attenzione sull'argomento dell'efficienza energetica nell'ambito della quale quest'ultima deve essere equiparata a una fonte di energia a sé stante.

L'efficienza energetica, considerata nel suo intero ciclo, comprende la generazione, la trasmissione, la distribuzione e l'uso finale di energia.

Il miglioramento dell'efficienza energetica, lungo l'intera catena energetica, porterà a benefici di carattere energetico, economico, e soprattutto ambientale. In particolare, sotto l'aspetto energetico ed economico migliorerà la sicurezza energetica riducendo la dipendenza dall'importazione di energia da paesi al di fuori dell'Unione, diminuirà i costi energetici a carico delle famiglie e delle imprese, concorrerà ad alleviare la povertà energetica e determinerà un aumento della competitività, dei posti di lavoro e dell'attività in tutti i settori dell'economia, migliorando in tal modo la qualità della vita dei cittadini. Sotto l'aspetto ambientale invece migliorerà la qualità dell'aria e di conseguenza la salute pubblica, ridurrà le emissioni di gas a effetto serra, e andrà a beneficio dell'ambiente.

È stato calcolato che quasi il 50% del consumo dell'energia finale dell'Unione è usato per il riscaldamento e il rinfrescamento, di cui l'80% negli edifici. Altresì il parco immobiliare europeo è responsabile del 36% di tutte le emissioni di CO₂ nell'Unione. Nelle abitazioni civili, due terzi dei fabbisogni energetici sono di fatto attribuibili al riscaldamento degli ambienti. La maggiore efficienza energetica degli edifici contribuisce a ridurre la domanda di combustibili per il riscaldamento, compresi i combustibili solidi, e ciò aiuta ad ottenere un miglioramento della qualità dell'aria interna ed esterna all'edificio.

Gli Stati membri e l'Unione dovrebbero puntare a ridurre il consumo di energia a prescindere dai livelli di crescita economica. Le misure per il miglioramento dell'efficienza energetica porteranno a vantaggi non solo a livello dell'economia europea, ma bensì a livello locale nei singoli Stati membri, incentivando anche un comportamento più responsabile verso gli usi energetici.

Gli sforzi tesi ad accrescere la prestazione energetica nell'edilizia contribuirebbero attivamente all'indipendenza energetica dell'Unione e avrebbero inoltre enormi potenzialità in termini di creazione di occupazione nell'Unione, in particolare nelle piccole e medie imprese.

L'Unione Europea si è posta diversi obiettivi da attuare in differenti periodi.

Gli obiettivi da attuare entro il 2020 sono di ridurre del 20% il consumo energetico a favore dell'efficienza energetica, fare in modo che l'energia da fonti rinnovabili copra il 20% del consumo energetico totale dell'Unione, e ridurre le emissioni di gas a effetto serra del 20%. Questa strategia, denominata "20-20-20", che definisce gli obiettivi del "Pacchetto per il clima e l'energia 2020", ha lanciato un comune indirizzo a livello europeo su fonti di energia rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas a effetto serra, cancellando, almeno sul piano politico, i confini tra le politiche per la lotta ai cambiamenti climatici e le politiche energetiche dei vari Stati membri.

Ulteriori obiettivi di efficienza energetica fissati per il 2030 dall'Unione sono quello di una riduzione di almeno il 32,5% del consumo di energia primaria e/o finale, e si sono posti limiti di consumo energetico massimo, oltre a prefiggersi, entro il 2023, di rivedere tali obiettivi al rialzo in caso di significative riduzioni dei costi derivanti da evoluzioni economiche o tecnologiche per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica.

Ad oggi l'Unione Europea è sempre più determinata nell'impegno per lo sviluppo di un sistema energetico sostenibile, competitivo, sicuro e decarbonizzato. Si sono fissati ambiziosi impegni per il 2030 per ridurre ulteriormente le emissioni di gas a effetto serra di almeno il 40% rispetto al 1990, e per aumentare il consumo di energia da fonti rinnovabili.

Il raggiungimento degli obiettivi energetici e climatici dell'Unione è basato sul principio dell' "efficienza energetica in primis" unito all'utilizzo delle energie rinnovabili, il tutto per dar vita nel lungo termine ad un parco immobiliare decarbonizzato e ad alta efficienza energetica, questo da attuare anche grazie ad una politica di ristrutturazione profonda con l'obiettivo a lungo termine di facilitare la trasformazione efficiente in termini di costi degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero.

La legislazione europea sull'efficienza energetica è stata elaborata per fornire un quadro generale, delineando alcuni obblighi in una serie di direttive, affidandone poi l'attuazione ai singoli Stati membri e dando alcune linee guida attraverso pacchetti di norme tecniche.

1.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO EUROPEO

Negli anni '90 era ormai evidente come l'aumento di anidride carbonica fosse collegato alla problematica dell'effetto serra, e parallelamente l'incremento della domanda di energia a livello globale, in relazione anche agli sempre più accesi scontri nelle aree di estrazione del petrolio, dovessero portare ad un cambio di rotta in termini di risparmio energetico, anche a favore dell'ambiente.

Il Consiglio europeo inizia ad emanare da quegli anni una serie di direttive intese a migliorare l'efficienza energetica sotto vari aspetti.

La prima norma europea che tratta l'argomento dell'efficienza energetica negli edifici fu la **Direttiva 93/76/CEE** del Consiglio, del 13 settembre 1993, nota come Direttiva SAVE.

Con questa direttiva si intendeva limitare le emissioni di biossido di carbonio grazie ad un miglioramento dell'efficienza energetica attraverso la certificazione energetica degli edifici, la fatturazione effettiva delle spese di riscaldamento, climatizzazione e acqua calda, il finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico, l'isolamento termico degli edifici nuovi, il controllo periodico delle caldaie, e la diagnosi energetica delle imprese ad elevato consumo di energia.

Diversi anni dopo è stata emanata una delle norme chiave sul risparmio energetico degli edifici per conformare l'Unione Europea al Protocollo di Kyoto, che prevedeva l'obbligo per i Paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti. Suddetto protocollo, siglato l'11 dicembre 1997 ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005, è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto da più di 180 Paesi.

Una delle norme principali in materia di efficienza energetica negli edifici è la **Direttiva 2002/91/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002 ed entrata in vigore il 4 gennaio 2003. La direttiva, denominata EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), adotta una serie di misure ed interventi necessari alla riduzione dell'impatto ambientale e al contenimento dell'inquinamento.

L'obiettivo della direttiva era promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi. La direttiva sottolinea come gli edifici occupati dalle pubbliche autorità o aperti al pubblico dovrebbero assumere un approccio esemplare nei confronti dell'ambiente e dell'energia assoggettandosi alla certificazione energetica ad intervalli regolari ed

affiggendo sull'edificio l'attestato di certificazione oltre ad adottare misure di sensibilizzazione degli occupanti verso l'uso consapevole dell'energia.

La direttiva prevedeva che gli Stati membri:

- definissero una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- imponessero il rispetto di requisiti minimi di efficienza energetica per edifici di nuova costruzione e per edifici soggetti a ristrutturazione, e fra differenti categorie di edifici;
- sviluppassero un sistema di certificazione del rendimento energetico degli edifici, introducendo l'Attestato di Certificazione Energetica (ACE) dove doveva essere indicata chiaramente la prestazione energetica dell'edificio. La validità dell'attestato era fissata a dieci anni (prescrizione ad oggi ancora valida);
- assicurassero lo svolgimento di ispezioni periodiche degli impianti termici e di condizionamento.

La Direttiva 2002/91/CE è stata successivamente sostituita dalla **Direttiva 2010/31/UE**, cosiddetta "rifusione EPBD" (EPBD recast), che è stata approvata il 19 maggio 2010 ed è entrata in vigore il 18 giugno 2010.

Questa direttiva nasce dalla volontà dell'Unione Europea di conseguire due principali obiettivi entro il 2020: ridurre i consumi energetici del 20%, ed incentivare l'uso di energia da fonti rinnovabili di modo che questa possa coprire il 20% del consumo energetico totale dell'Unione per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione e limitare le emissioni di gas a effetto serra.

Tale direttiva illustra la necessità di aumentare l'efficienza energetica legata alle significative potenzialità di risparmio energetico nel settore dell'edilizia, anche in termini di costi.

Di seguito i punti principali che la direttiva delinea nei suoi contenuti:

- stabilisce che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano "edifici a energia quasi zero" (nZEB) ed anticipa tale termine al 31 dicembre 2018 per gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi;
- prevede che gli Stati membri elaborino piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero;
- fissa i requisiti minimi di prestazione energetica in modo da conseguire livelli ottimali in funzione dei costi. I requisiti minimi saranno rivisti ogni cinque anni e sono da applicare sia ai nuovi edifici che a quelli interessati da ristrutturazioni importanti;

- prevede l'adozione di un sistema di certificazione energetica degli edifici: un Attestato di Prestazione Energetica (APE) che va a sostituire l'attestato di certificazione energetica definito nella direttiva precedente. L'APE, da redigersi a cura di esperti qualificati e indipendenti, dovrà indicare la prestazione energetica dell'edificio, i requisiti minimi di prestazione energetica oltre che dovrà fornire le raccomandazioni per il miglioramento delle performance energetiche. Sarà obbligatorio redigerlo in caso di costruzione, vendita o locazione, e per tutti gli immobili della pubblica amministrazione;
- stabilisce di prescrivere ispezioni periodiche per le parti accessibili degli impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria, includendo nell'ispezione anche una valutazione dell'efficienza energetica, e la redazione di un rapporto di ispezione;
- definisce che gli Stati membri stabiliscano sanzioni pecuniarie in caso di violazioni delle disposizioni e che queste siano effettive, commisurate e dissuasive.

Il 16 gennaio 2012 viene approvato il Regolamento Delegato (UE) n.244/2012 della Commissione che integra la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali, in funzione dei costi, per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi (Testo rilevante ai fini del SEE – Spazio Economico Europeo).

In seguito, sempre nello stesso anno, viene approvata la ***Direttiva 2012/27/UE*** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le Direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le Direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

In essa l'efficienza energetica viene definita come un valido strumento per limitare i cambiamenti climatici e superare la crisi economica riducendo il consumo di energia primaria e diminuendo le importazioni di energia che portano al miglioramento della sicurezza di approvvigionamento dell'Unione.

Nella Direttiva viene definito come necessario l'aumentare il tasso delle ristrutturazioni di immobili, in quanto il parco immobiliare esistente rappresenta il settore individuale con le maggiori potenzialità di risparmio energetico. Gli edifici sono fondamentali per conseguire l'obiettivo dell'Unione di ridurre dell'80-95% le emissioni di gas serra entro il 2050 rispetto al 1990. Viene sancito l'obbligo di ristrutturazione degli edifici di proprietà degli enti pubblici.

Inoltre, nella Direttiva, vengono incentivati gli Stati membri ad elaborare programmi intesi ad incoraggiare le piccole e medie imprese a sottoporsi ad audit energetici. Per le grandi

imprese gli audit energetici dovrebbero essere obbligatori ed essere effettuati con cadenza periodica dal momento che i risparmi energetici possono essere significativi.

La **Direttiva (UE) 2018/844** del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, pubblicata in Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 19 giugno, modifica la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast) e la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica (Testo rilevante ai fini del SEE).

La direttiva si incentra sempre più sull'efficienza energetica rafforzando e semplificando le disposizioni vigenti per gli Stati membri e ponendo il raggiungimento di obiettivi per l'energia e per il clima a breve (2030), medio (2040) e lungo termine (2050).

Gli obiettivi posti nella direttiva sono:

- incentivare le strategie di lungo termine di ogni Stato membro per sostenere la ristrutturazione del parco immobiliare nazionale al fine di ottenere edifici ad alta efficienza energetica e decarbonizzati, e facilitare la trasformazione efficace in termini di costi degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero (nZEB). Arrivare ad avere l'intero parco immobiliare europeo nZEB entro il 2050;
- sostenere e agevolare i sistemi efficaci di investimento pubblico e privato per incentivare l'accesso degli investitori per le ristrutturazioni del patrimonio edilizio;
- promuovere lo sviluppo della mobilità elettrica predisponendo infrastrutture elettriche negli edifici interessati da ristrutturazioni importanti per consentire in una fase successiva di installare punti di ricarica per i veicoli elettrici;
- valutare la predisposizione degli edifici all'intelligenza cioè la capacità dell'edificio di adattare il proprio funzionamento alle esigenze dell'occupante e della rete e di migliorare la sua efficienza energetica e le prestazioni generali;
- estendere, rispetto alla direttiva precedente, la predisposizione di ispezioni periodiche, oltre che per gli impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria, anche per quelli di ventilazione combinati, includendo sempre nell'ispezione una valutazione dell'efficienza energetica. Incentivare i sistemi di automazione e controllo dei sistemi tecnici per monitorare e analizzare l'efficienza energetica e consentire continuamente di adeguare l'uso dell'energia; altresì intervenire in caso di perdite d'efficienza predisponendo anche gli interventi di manutenzione;
- migliorare le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici definite dagli Stati membri includendo indicatori numerici supplementari.

La Direttiva, inoltre, introduce la possibilità di inserire nei prossimi anni un passaporto facoltativo di ristrutturazione, che possa essere complementare agli attestati di prestazione energetica, basato su una diagnosi energetica preliminare che indichi le misure e gli interventi per una ristrutturazione a lungo termine idonei a migliorare la prestazione energetica dell'edificio.

Di seguito viene riportata in tabella una sintesi delle principali normative europee riguardanti l'efficienza energetica in generale e negli edifici, e la promozione dell'uso di energia da fonti rinnovabili, dai primi anni '90 ad oggi.

Tabella 1 - Quadro Legislativo Europeo

| QUADRO LEGISLATIVO EUROPEO | |
|-----------------------------------|--|
| 2019 | RACCOMANDAZIONE (UE) 2019/1019 DELLA COMMISSIONE del 7 giugno 2019 sull'ammodernamento degli edifici |
| 2019 | RACCOMANDAZIONE (UE) 2019/786 DELLA COMMISSIONE dell'8 maggio 2019 sulla ristrutturazione degli edifici [notificata con il numero C(2019) 3352] |
| 2018 | DIRETTIVA (UE) 2018/2002 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 dicembre 2018 che modifica la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica |
| 2018 | DIRETTIVA (UE) 2018/2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili |
| 2018 | REGOLAMENTO (UE) 2018/1999 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO dell'11 dicembre 2018 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che modifica le Direttive (CE) n. 663/2009 e (CE) n. 715/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, le Direttive 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, le Direttive del Consiglio 2009/119/CE e (UE) 2015/652, e che abroga il Regolamento (UE) n. 525/2013 |
| 2018 | DIRETTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 maggio 2018 che modifica la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica (Testo rilevante ai fini del SEE) |
| 2016 | RACCOMANDAZIONE (UE) 2016/1318 DELLA COMMISSIONE del 29 luglio 2016 recante orientamenti per la promozione degli edifici a energia quasi zero e delle migliori pratiche per assicurare che, entro il 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero |
| 2012 | DIRETTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica che modifica le Direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le Direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE (Testo rilevante ai fini del SEE) |

| | |
|------|---|
| 2012 | REGOLAMENTO DELEGATO (UE) N. 244/2012 DELLA COMMISSIONE del 16 gennaio 2012 che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi (2012/C 115/01) |
| 2012 | INFORMAZIONI PROVENIENTI DALLE ISTITUZIONI, DAGLI ORGANI E DAGLI ORGANISMI DELL'UNIONE EUROPEA Orientamenti che accompagnano il Regolamento Delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio |
| 2010 | DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione EPBD) |
| 2009 | DIRETTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE |
| 2002 | DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive) |
| 2001 | DIRETTIVA 2001/77/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 settembre 2001 sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità (abrogata dal 01/01/12 dalla Direttiva 2009/28/CE) |
| 1993 | DIRETTIVA 93/76/CEE DEL CONSIGLIO , del 13 settembre 1993, intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE) |

1.2. AMBITO LEGISLATIVO NAZIONALE

Negli anni '70, a seguito della crisi energetica, che fu conseguenza della crisi petrolifera che fece aumentare in modo smisurato il prezzo del petrolio, in Italia viene emanata la prima legge sul risparmio energetico per usi termici negli edifici: la **Legge 30 aprile 1976, n.373**. Prima dell'emanazione di tale legge, non esistevano obblighi in ambito di contenimento del consumo energetico nei fabbricati, e quindi gli edifici costruiti prima di quell'anno non presentano nessuna accortezza in ambito di prestazioni energetiche.

Ma quanti sono questi edifici?

Secondo i dati del Censimento della popolazione e delle abitazioni condotto dall'Istat nel 2011, in Italia, risultano 12.187.698 edifici adibiti ad uso residenziale per un ammontare di 31.208.161 abitazioni. Di queste abitazioni il 53,7%, pari cioè a circa 16,5 milioni di unità, ha più di 40 anni essendo stato costruito prima del 1970, quindi si può presupporre che la maggior parte, se non tutte, siano abitazioni in edifici che non presentano alcun tipo di accorgimento costruttivo di ambito di prestazione energetica.

Continuando ad esaminare i dati del Censimento si può notare come un ulteriore 31% delle abitazioni sia stato edificato nel ventennio successivo, 1971-1990, il 7,4% nel periodo 1991-2000, mentre tra il 2001 e il 2011 sia stato edificato il restante 7,9% del patrimonio abitativo.

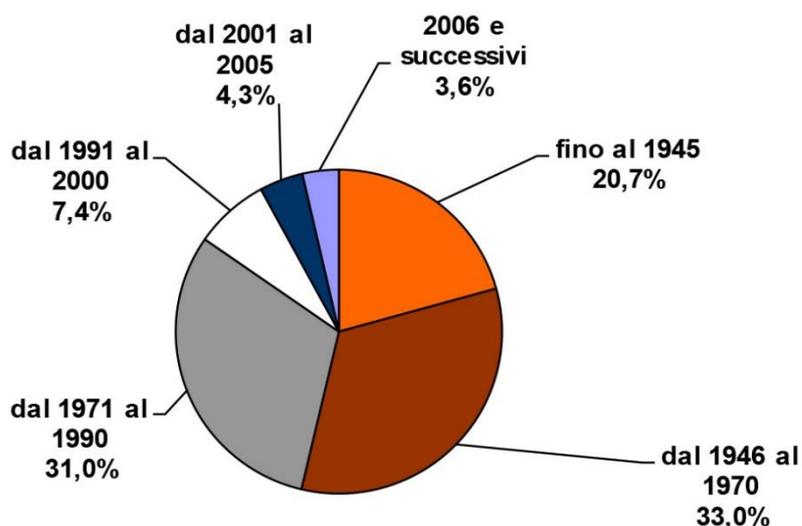


Figura 1 - Abitazioni in edifici residenziali per epoca di costruzione in Italia - Composizione % (fonte: Elaborazioni Ance su dati Istat - Censimento generale della popolazione e delle abitazioni 2011)

Dopo l'emanazione della Legge 373/76, in Italia si inizieranno a costruire edifici con prestazione energetica misurabile.

La legge era costituita da tre parti: la prima era inerente agli impianti di produzione del calore e ai connessi sistemi di termoregolazione, la seconda riguardava l'isolamento termico degli edifici, e la terza definiva le sanzioni per il mancato adempimento della legge.

Suddetta legge definiva, inoltre, le caratteristiche di prestazione dei componenti, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari, e le prescrizioni per l'isolamento termico degli edifici, introducendo concetti moderni in tema di progettazione.

La Legge 373/1976 ha trovato attuazione con l'emanazione dei seguenti Decreti:

- D.P.R. 28 giugno 1977, n. 1052 «Regolamento di esecuzione alla Legge 30 aprile 1976, n. 373 relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici»;
- Decreto Ministeriale 10 marzo 1977 «Determinazione delle zone climatiche, dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici di dispersione termica» - Ministero Industria commercio ed artigianato - Gazzetta Ufficiale 6 febbraio 1978, n. 36;
- Decreto Ministeriale 30 luglio 1986 «Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici».

Vengono introdotti e definiti, attraverso questi decreti, i seguenti parametri: il coefficiente volumico di dispersione termica negli edifici C_d ; i gradi giorno; le zone climatiche; il rapporto S/V (superficie disperdente/volume riscaldato).

Successivamente la Legge 373/76 fu integrata e modificata dalla **Legge 9 gennaio 1991, n. 10**, che rappresenta un passaggio importante nell'evoluzione della normativa energetica italiana. Questa legge, con titolo "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e sviluppo di fonti rinnovabili di energia", assume come punto di partenza il documento di programmazione energetica nazionale e fissa i criteri per darvi attuazione pratica.

La Legge 10/91 nasce con l'intento di favorire e incentivare, in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea, il risparmio energetico, un uso più razionale e consapevole dell'energia, l'utilizzazione delle fonti di energia rinnovabili (FER) per la salvaguardia dell'ambiente, e di ridurre i consumi specifici di energia per migliorare le condizioni di compatibilità ambientale in relazione anche al benessere degli individui.

Tale legge definiva i seguenti temi:

- regolava le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio/impianto;

- stabiliva che dovessero essere definiti, ed aggiornati ogni due anni, i criteri generali tecnico-costruttivi per l'edilizia pubblica e privata, anche inerentemente la ristrutturazione, per facilitare il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico;
- imponeva la verifica della “tenuta” dell’isolamento termico delle pareti e dei solai, per limitare le dispersioni termiche e risparmiare energia;
- fissava che gli impianti di riscaldamento al servizio di edifici di nuova costruzione dovessero essere progettati e realizzati in modo da consentire l’adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore per ogni singola unità immobiliare;
- favoriva il ricorso all’utilizzo di fonti rinnovabili di energia per soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, salvo impedimenti di natura tecnica ed economica;
- prevedeva che il proprietario dell’edificio, o chi ne avesse titolo, depositasse in Comune, insieme alla denuncia dell’inizio dei lavori, una relazione tecnica, sottoscritta dal progettista o dai progettisti, che ne attestasse la rispondenza alle prescrizioni della stessa legge, pena una sanzione amministrativa.

Con la suddetta legge viene introdotto l’argomento della certificazione energetica degli edifici (art.30). La durata della validità del Certificato Energetico era stimata nel periodo di cinque anni dalla data di emissione da parte del Comune dove era ubicato l’immobile. La certificazione si prefiggeva sia di introdurre procedure unitarie per la determinazione della qualità energetica degli edifici, sia di indurre gli utenti finali nel prendere in considerazione il parametro energetico nella valutazione complessiva dell’immobile. Purtroppo, l'articolo 30 della Legge 10/91 non ha mai trovato pratica applicazione non essendo mai stato emanato il relativo decreto attuativo.

Gli strumenti di attuazione normativa per la Legge 10/91 sono stati: un pacchetto di norme UNI, avente una natura tecnica, per la definizione dei metodi di calcolo da applicare, e un decreto, ovvero il *D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412*, contenente il “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell’art. 4, comma 4, della Legge 9 gennaio 1991, n. 10”. Tale decreto introduceva i seguenti aspetti:

- classificazione del territorio nazionale in sei zone climatiche in funzione del numero di gradi giorno indipendentemente dall’ubicazione geografica;
- classificazione generale degli edifici in base alla loro categoria;

- limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione in funzione delle diverse zone climatiche;
- valori massimi della temperatura ambiente durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale in base alla classificazione generale degli edifici per categorie;
- individuazione dei criteri di progettazione degli impianti termici tramite requisiti e dimensionamento e definizione di esercizio, manutenzione e controlli relativi;
- valori minimi di isolamento delle tubazioni delle reti di distribuzione del calore negli impianti termici.

Nel 2005, in Italia, è stata recepita la Direttiva europea 2002/91/CE ed è stato emanato il **Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192**, “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”, entrato in vigore dall'8 ottobre 2005.

Tale decreto stabilisce i criteri e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici per conseguire anche obiettivi di sviluppo, valorizzazione e integrazione delle fonti energetiche rinnovabili e contribuire a limitare le emissioni di gas a effetto serra. In particolare, vengono definiti:

- il metodo per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni;
- la promozione di un uso più razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, e la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

Il contenuto di questo decreto è poi stato modificato e integrato dal **Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n.311**, “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”, entrato in vigore dal 2 Febbraio 2007, e dal **Decreto 22 novembre 2012, del Ministero dello Sviluppo Economico**, “Modifica dell'Allegato A del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”.

La completa entrata in vigore delle disposizioni enunciate nel D.lgs. 192/2005, e successive modificazioni, è avvenuta dopo l’emanazione di ulteriori decreti attuativi che completarono il quadro su argomenti quali: i criteri di calcolo e requisiti minimi per gli impianti, i criteri generali di prestazione energetica per l’edilizia convenzionata, pubblica e privata, e i requisiti professionali e di accreditamento per la certificazione energetica degli edifici. Nello specifico i decreti che affrontarono questi temi sono:

- D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59, che definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari. Abrogato successivamente dal Decreto-legge n.63/2013;
- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 26 giugno 2009, “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”, modificato dal Decreto 22 novembre 2012, MISE;
- D.P.R. 16 aprile 2013, n.75, che disciplina i criteri per la qualificazione e l’indipendenza degli esperti professionisti abilitati alla certificazione energetica degli edifici. Mentre il D.P.R. 16 aprile 2013, n.74 disciplina la materia per quanto riguarda gli esperti professionisti abilitati all’ispezione degli impianti termici.

Col D.lgs. 192/2005, e successive modificazioni, ma in particolare col suo decreto attuativo, Decreto 26 giugno 2009 del MISE, entra in vigore l’obbligo per gli edifici di nuova costruzione e per quelli esistenti soggetti a ristrutturazione di dotarsi di un attestato di certificazione energetica o di rendimento energetico dell’edificio (ACE), in linea con la Direttiva europea 2002/91/CE. Tale attestato, la cui validità massima è prevista in dieci anni, dovrà essere aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell’edificio o dell’impianto.

La Direttiva europea 2010/31/UE viene recepita in Italia tardivamente con il **Decreto-Legge 4 giugno 2013, n.63**, recante “Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE”, con il quale si avvia di fatto il recepimento della norma che però doveva essere integrata nella legislazione italiana entro il 9 luglio 2012, facendo incappare il governo italiano in una procedura di infrazione.

Il D.L. 63/2013 viene poi convertito in legge con modificazioni dalla **Legge 3 agosto 2013, n.90**, entrata in vigore il 4 agosto 2013.

Tale decreto-legge, convertito poi in legge, interviene aggiornando il testo del precedente D.lgs. 192/2005, e recependo a pieno le disposizioni della normativa europea in materia di efficienza energetica degli edifici (EPBD recast) introducendo il concetto di edificio a

energia quasi zero. Vengono, inoltre, indicate nuove regole per l'efficienza energetica del patrimonio edilizio tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché dell'efficacia in termini di costi; viene introdotta la possibilità di sviluppo di materiali, tecniche da costruzione, apparecchiature e tecnologie sostenibili nel settore delle costruzioni in relazione ai nuovi obiettivi di efficienza energetica; viene trasformato l'attestato di certificazione energetica in attestato di prestazione energetica (APE) che viene reso obbligatorio anche in caso di compravendita e locazione degli immobili. La metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici verrà poi specificata ed entrerà in vigore a seguito dell'emanazione dei relativi provvedimenti attuativi del Decreto-Legge 63/2013 e fino ad allora si procederà con l'applicazione delle disposizioni dettate in materia dal DPR 59/2009.

Per quanto riguarda gli edifici ad energia quasi zero vengono fissati al 31 dicembre 2018 gli obblighi per gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi comprese le unità scolastiche e gli ospedali, e al 1° gennaio 2021 per tutti gli edifici di nuova costruzione.

Con il **Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102**, "Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE" l'Italia ha recepito la Direttiva 2012/27/UE, stabilendo un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica tese al raggiungimento degli obiettivi nazionali di risparmio energetico definiti al 2020. A tal fine, il decreto delinea una serie di azioni finalizzate a superare gli ostacoli e le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia.

Per il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici, sia pubblici che privati, il D.lgs. 102/2014, oltre al Piano d'Azione nazionale per l'Efficienza Energetica (PAEE) che viene redatto ogni tre anni, prevede piani settoriali, ed in particolare:

- la Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN), finalizzata ad incentivare investimenti volti alla ristrutturazione partendo dalla ricognizione del parco immobiliare nazionale e analizzando le barriere tecniche, economiche e finanziarie che ostacolano la realizzazione degli interventi di efficienza energetica e proponendo il miglioramento degli strumenti di supporto per incrementare il risparmio energetico atteso;
- il Piano d'Azione per gli Edifici ad Energia Quasi Zero (PANZEB), che traccia gli orientamenti e le linee di sviluppo nazionali per incrementare il numero di edifici ad energia quasi zero tramite misure di regolazione e incentivazione disponibili;

- il Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC), il quale dispone che i Ministeri dello Sviluppo economico e dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare predispongano, entro il 30 novembre di ogni anno, un programma di interventi annuali di riqualificazione energetica negli edifici della pubblica amministrazione relativi ad almeno il 3% annuo della superficie coperta utile climatizzata.

Infine, il D.lgs. 102/2014 istituisce il Fondo Nazionale per l’efficienza energetica, un importante strumento finanziario che favorisce gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione e promuove altri interventi per la riduzione dei consumi di energia nei settori dell’industria e dei servizi.

A metà del 2015 escono tre decreti interministeriali che completano il quadro normativo in materia di efficienza energetica degli edifici portando la normativa italiana al completo adeguamento con la Direttiva europea 2010/31/UE. Questi decreti, emanati dal Ministero dello Sviluppo Economico, sono i decreti attuativi del Decreto-Legge 63/2013, poi convertito in legge, e sono:

- **Decreto 26 giugno 2015**, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", detto anche "Decreto requisiti minimi";
- **Decreto 26 giugno 2015**, "Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici", detto anche "Decreto Linee guida APE";
- **Decreto 26 giugno 2015**, "Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici".

Il cosiddetto "Decreto requisiti minimi" affronta le seguenti tematiche:

- stabilisce diversi livelli di ristrutturazioni importanti, di primo o di secondo livello, che si caratterizzano dalla differente incidenza dell’intervento sull’involucro edilizio, e definisce gli interventi di riqualificazione energetica;
- definisce requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello, e i requisiti degli edifici a energia quasi zero;

- definisce requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello e quelli per gli edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica;
- stabilisce un nuovo metodo di calcolo del valore di indice di prestazione energetica globale dell'edificio;
- modifica i servizi da prendere in considerazione per la valutazione della prestazione energetica dell'edificio;
- stabilisce un nuovo metodo per la determinazione della classe energetica degli edifici.

Il “Decreto Linee guida APE” approfondisce il tema della certificazione energetica degli edifici e definisce:

- le linee guida nazionali per la redazione dell'attestato di prestazione energetica (APE);
- gli strumenti di raccordo e cooperazione tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome in materia di APE, stabilendo anche piani e procedure di controllo, al fine di analizzare almeno il 2% annuo degli APE del proprio territorio;
- la realizzazione di un sistema informativo comune nazionale per la gestione di un catasto nazionale degli attestati di prestazione energetica e degli impianti tecnici: il Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE).

Infine, il terzo decreto definisce gli schemi e le modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto in funzione delle diverse tipologie di lavori distinguibili in:

- nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti di primo livello, edifici ad energia quasi zero;
- riqualificazione energetica e ristrutturazioni importanti di secondo livello. Costruzioni esistenti con riqualificazione dell'involucro edilizio e di impianti termici;
- riqualificazione energetica degli impianti tecnici.

Nelle pagine seguenti è riportato in tabella un elenco delle principali leggi e decreti italiani, e relativi chiarimenti, in materia di efficienza energetica degli edifici e strumenti collegati, in ordine cronologico inverso.

Tabella 2 - Quadro Legislativo Italiano

| QUADRO LEGISLATIVO NAZIONALE | |
|-------------------------------------|--|
| 2018 | CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA del dicembre 2018 (Raccolta n.3 FAQ del MISE) Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto requisiti minimi”, Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto Linee guida APE” |
| 2017 | DECRETO INTERMINISTERIALE 19 giugno 2017, Ministero dello Sviluppo Economico, “Piano per l’incremento degli edifici a energia quasi zero” |
| 2016 | CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA del 01 agosto 2016 (Raccolta n.2 FAQ del MISE) Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto requisiti minimi”, Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto Linee guida APE” |
| 2016 | DECRETO 16 settembre 2016, Ministero dello Sviluppo Economico, “Modalità di attuazione del programma di interventi per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili della pubblica amministrazione centrale” (GU Serie Generale n.262 del 09-11-2016) |
| 2016 | DECRETO LEGISLATIVO 18 luglio 2016, n. 141, "Disposizioni integrative al decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, di attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE” |
| 2015 | CHIARIMENTI IN MATERIA DI EFFICIENZA ENERGETICA IN EDILIZIA del 21 ottobre 2015 (Raccolta n.1 FAQ del MISE) Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto requisiti minimi”, Decreto 26 giugno 2015 cosiddetto “Decreto Linee guida APE” |
| 2015 | DECRETO 26 giugno 2015 , Ministero dello Sviluppo Economico, "Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici” (GU Serie Generale n.162 del 15-07-2015 - Suppl. Ordinario n. 39) |
| 2015 | DECRETO 26 giugno 2015 , Ministero dello Sviluppo Economico, "Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici” (GU Serie Generale n.162 del 15-07-2015 - Suppl. Ordinario n. 39) |
| 2015 | DECRETO 26 giugno 2015 , Ministero dello Sviluppo Economico, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” (GU Serie Generale n.162 del 15-07-2015 - Suppl. Ordinario n. 39) |
| 2014 | DECRETO LEGISLATIVO 4 luglio 2014, n. 102 , “Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE” (GU Serie Generale n.165 del 18-07-2014) |
| 2013 | CIRCOLARE n. 16416 del 7 agosto 2013, Ministero dello Sviluppo Economico, “Chiarimenti in merito all’applicazione delle disposizioni di cui al Decreto-Legge 4 giugno 2013, n.63 come convertito, con modificazioni, dalla Legge 3 agosto 2013, n. 90, in materia di attestazione della prestazione energetica degli edifici” |
| 2013 | LEGGE 3 agosto 2013, n. 90 , “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale” (GU Serie Generale n.181 del 03-08-2013) |
| 2013 | CIRCOLARE n. 12976 del 25 giugno 2013, Ministero dello Sviluppo Economico, “Chiarimenti in merito all'applicazione delle disposizioni di cui al decreto-legge 4 giugno 2013, n.63 in materia di attestazione della prestazione energetica degli edifici” |

| | |
|------|---|
| 2013 | DECRETO-LEGGE 4 giugno 2013, n. 63 , “Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale” (GU Serie Generale n.130 del 05-06-2013) |
| 2013 | DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 16 aprile 2013, n. 75, “Regolamento recante disciplina dei criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti e degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192” (GU Serie Generale n.149 del 27-06-2013) |
| 2013 | DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 16 aprile 2013, n. 74, “Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192” (GU Serie Generale n.149 del 27-06-2013) |
| 2012 | DECRETO 22 novembre 2012, Ministero dello Sviluppo Economico, “Modifica del decreto 26 giugno 2009, recante: «Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici»” (GU Serie Generale n.290 del 13-12-2012) |
| 2012 | DECRETO 22 novembre 2012, Ministero dello Sviluppo Economico, “Modifica dell'Allegato A del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia” (GU Serie Generale n.21 del 25-01-2013) |
| 2011 | DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28, “Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE” (GU n.81 del 28-03-2011 - Supplemento ordinario) |
| 2009 | DECRETO 26 giugno 2009, Ministero dello Sviluppo Economico, “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici” (GU Serie Generale n.158 del 10-07-2009) |
| 2009 | DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 2 aprile 2009, n. 59, “Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia” (GU Serie Generale n.132 del 10-06-2009) |
| 2006 | DECRETO LEGISLATIVO 29 dicembre 2006, n. 311 , "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia” (GU Serie Generale n.26 del 01-02-2007 - Suppl. Ordinario n. 26) |
| 2005 | DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 , “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia” (GU Serie Generale n.222 del 23-09-2005 - Suppl. Ordinario n. 158) |
| 1993 | DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 26 agosto 1993, n. 412 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della Legge 9 gennaio 1991, n. 10" (GU Serie Generale n.242 del 14-10-1993 - Suppl. Ordinario n. 96) |
| 1991 | LEGGE 9 gennaio 1991, n. 10 , "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" (GU Serie Generale n.13 del 16-1-1991 - Suppl. Ordinario n. 6) |
| 1976 | LEGGE 30 aprile 1976, n. 373 , “Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici” (GU Serie Generale n.148 del 07/06/1976) e successivi decreti attuativi |

1.3. SITUAZIONE A LIVELLO REGIONALE: REGIONE VENETO

Il Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia", con successive modificazioni ed integrazioni, ha demandato alle Regioni l'attuazione di una serie di compiti legati alla prestazione energetica degli edifici e al controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici con la correlata valutazione di aspetti energetici ed ambientali dell'intero processo edilizio.

Per effetto della clausola di cedevolezza, di cui all'art. 17 del D.lgs. 192/2005, a livello regionale, la procedura di certificazione energetica da rispettare è quella locale. Nelle regioni nelle quali non era ancora in vigore una specifica regolamentazione si attuava però la normativa statale fino alla data di entrata in vigore della legislazione regionale ove la normativa italiana perdeva di efficacia.

Nella Regione Veneto, con la **D.G.R.V. 8 febbraio 2011, n. 121**, oltre ad essere istituito il Registro Regionale degli Attestati di Certificazione Energetica (A.C.E.), furono anche definite le linee guida a livello locale per la redazione degli attestati di certificazione energetica, che diventarono Attestati di Prestazione Energetica (A.P.E.) a seguito delle modifiche apportate dal Decreto-Legge 63/2013, convertito poi in legge con modificazioni, in recepimento della Direttiva europea 2010/31/UE.

Con la **D.G.R.V. 17 aprile 2012, n. 659** è stato definito che dal 2 maggio 2012 fosse utilizzato unicamente l'applicativo della Regione Veneto, denominato Ve.Net.energia-edifici, per l'invio e la registrazione telematica degli attestati di prestazione energetica.

In adempimento con il D.R.P. 74/2013, che sancisce come compito delle regioni di predisporre e gestire un catasto degli impianti termici interconnesso con quello relativo agli attestati di prestazione energetica, la Regione Veneto con **D.G.R. 23 dicembre 2014, n. 2569**, ha istituito, e attivato dal 2 gennaio 2015, il catasto degli impianti termici, denominato "CIRCE". L'applicativo Ve.Net.energia-edifici risulta interconnesso con il catasto degli impianti termici tramite la sezione "Dati di dettaglio degli impianti".

Con l'emanazione dei Decreti 26 giugno 2015, attuativi, l'applicativo telematico Ve.Net.energia-edifici ha subito un processo di adeguamento alla nuova modulistica, e con **D.G.R.V. 28 settembre 2015, n.1258** sono state emanate per la Regione Veneto le disposizioni attuative ai decreti interministeriali sopra citati, per la quale entra in vigore il nuovo modello di attestato di prestazione energetica (A.P.E. 2015), obbligatorio dal 1° ottobre 2015.

Con **D.G.R.V. 30 luglio 2019, n.1090**, la Giunta della Regione Veneto ha stabilito le modalità per effettuare i controlli sugli attestati di prestazione energetica degli edifici, le quali devono essere adottate dalle autorità locali competenti, sia per quanto riguarda i controlli sugli impianti termici, che per quelli sulla qualità dell’attestazione resa dai soggetti certificatori.

Le Autorità competenti, quali: la Città Metropolitana di Venezia, le Province, per i Comuni con popolazione fino a 30.000 abitanti, e i Comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti, dovranno analizzare ogni anno solare almeno il 2% degli A.P.E., relativi al territorio di propria competenza e registrati nell’applicativo della regione.

Tabella 3 - Quadro Legislativo Regione Veneto

| QUADRO LEGISLATIVO REGIONE VENETO | |
|--|---|
| 2019 | DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE VENETO 30 luglio 2019, n.1090 , “Definizione delle modalità per l'effettuazione dei controlli della qualità dell'attestazione della prestazione energetica degli edifici resa dai soggetti certificatori con l'Attestato di Prestazione Energetica A.P.E., in attuazione della Legge Regionale 13 aprile 2001, n. 11 e ss.mm.ii. «Conferimento di funzioni e compiti amministrativi alle autonomie locali in attuazione del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112»” |
| 2018 | LEGGE REGIONALE 21 dicembre 2018, n. 46 “Adeguamento dell'ordinamento regionale agli obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia all'Unione europea. Attuazione della direttiva 2010/31/UE in materia di energia, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 di recepimento delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE, 2014/25/UE in materia di appalti e modifiche alla legge regionale 25 novembre 2011, n. 26” |
| 2015 | DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE VENETO 28 settembre 2015, n.1258 , "Decreti del 26 giugno 2015 emanati dal Ministero dello Sviluppo Economico relativi alla metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici, agli schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ed all'adeguamento delle Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, pubblicati nel S.O. n. 39 alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.162 del 15 luglio 2015. Disposizioni attuative" |
| 2014 | DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 23 dicembre 2014, n. 2569 , “Istituzione ed attivazione del Catasto unico regionale degli impianti termici denominato "CIRCE - Catasto Impianti e Rapporti di Controllo di Efficienza energetica", in attuazione delle disposizioni del Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n.74, regolamento in materia di impianti per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici” |
| 2014 | DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE VENETO n.1363 del 28 luglio 2014 "Disposizioni attuative del D.P.R.74/2013" |
| 2012 | DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE VENETO 17 aprile 2012, n.659 , “Nuove disposizioni per la contestuale produzione e trasmissione telematica degli Attestati di Certificazione Energetica - D.M. 26 giugno 2009 Linee Guida per la Certificazione Energetica degli Edifici. Abolizione dell'invio dell'Autodichiarazione "Classe G”” |
| 2011 | DELIBERA DELLA GIUNTA REGIONALE VENETO 08 febbraio 2011, n.121 , “Istituzione del Registro Regionale delle Attestazioni di Certificazione Energetica - D.M. 26/06/2009 - Linee guida per la certificazione energetica degli edifici” |

1.4. NORME TECNICHE EUROPEE

Lo sviluppo delle norme tecniche europee sul calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici è iniziato con l'emanazione della prima direttiva sul rendimento energetico, ovvero la Direttiva 2002/91/CE, chiamata anche EPBD.

Nel 2004 il CEN (Comitato Europeo di Normazione), con il mandato M/343, ha ricevuto l'incarico di sviluppare una serie di strumenti normativi che supportassero la suddetta Direttiva. I lavori, che hanno visto il coinvolgimento di diversi Comitati Tecnici del CEN, hanno portato alla pubblicazione di un numero corposo di norme. Gli oltre 30 standard CEN pubblicati riguardavano: il calcolo delle prestazioni energetiche complessive, il calcolo del fabbisogno energetico e del consumo energetico per riscaldamento, raffreddamento, illuminazione, acqua calda e ventilazione, e la metodologia per l'ispezione degli impianti.

Sia per la complessità del programma, che per l'esistenza di normative diverse tra i vari Paesi europei, l'esito di questa attività non è stato particolarmente soddisfacente, e questo primo pacchetto normativo è risultato subito di non facile utilizzo a causa della mancanza di univocità nel calcolo e del collegamento non adeguato tra le diverse norme. Tali criticità hanno portato diversi Stati Membri, tra cui l'Italia, a dotarsi di proprie norme specifiche di calcolo, che riprendessero i contenuti delle EN, ma che fossero più fruibili e adatte al contesto delle certificazioni energetiche.

Tra le norme EN nate dal mandato di applicazione della Direttiva 2002/91/CE ricordiamo: la EN 15603, la EN ISO 13790, e la EN 15265.

La norma UNI EN 15603:2008, dal titolo "Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings" (Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica), ha lo scopo di:

- riassumere i risultati derivanti da altre norme che calcolano i consumi energetici specifici dei vari servizi all'interno dell'edificio;
- conteggiare l'energia prodotta nell'edificio, parte della quale può essere esportata per essere utilizzata altrove;
- fornire valutazioni energetiche basate sull'energia primaria, sull'emissione di anidride carbonica o su altri parametri definiti da politiche energetiche nazionali;
- stabilire i principi generali per il calcolo dei fattori di conversione in energia primaria e i coefficienti di emissione di anidride carbonica.

Questa norma è applicabile a una parte di un edificio, ad esempio un appartamento, oppure ad un intero edificio o a più edifici.

La valutazione delle prestazioni energetiche di specifici sistemi tecnici di costruzione è gestita da altre norme, quali EN 15241, prEN 15243 e EN 15316.

La norma EN ISO 13790:2008 “Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling”, tradotta anche in italiano e denominata UNI EN ISO 13790:2008 “Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento”, descrive i metodi di calcolo per il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti di edifici residenziali e non residenziali, o di una parte degli stessi.

La norma UNI EN 15265:2008 “Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures” (Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali e procedimenti di validazione) definisce una serie di assunti, requisiti e prove di validazione per le procedure utilizzate per il calcolo del fabbisogno energetico annuale per il riscaldamento e il raffrescamento di un ambiente in un edificio, dove i calcoli sono eseguiti su base oraria o con un intervallo temporale inferiore. La norma non impone alcuna tecnica numerica specifica per il calcolo del fabbisogno energetico di riscaldamento o raffrescamento e delle temperature interne di un ambiente, ma ha il solo scopo di validare i metodi di calcolo utilizzati per la valutazione della prestazione energetica di ogni vano, e di fornire dati sull'energia che siano utilizzabili nel confronto delle prestazioni del sistema e degli impianti (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, acqua calda domestica).

A seguito della pubblicazione della nuova Direttiva 2010/31/UE (EPBD recast), la Commissione Europea nel 2011 ha assegnato un nuovo mandato al CEN, il mandato M/480, per la revisione del pacchetto di norme EN a suo supporto e che ha visto coinvolti sei Comitati Tecnici del CEN.

L'obiettivo principale è stato quello di eliminare le principali problematiche evidenziate dalle norme precedenti e rendere tali norme direttamente utilizzabili dagli Stati membri, facendo in modo che gli standard fossero abbastanza flessibili per consentire un più facile adeguamento delle necessarie misure nazionali e regionali.

L'orientamento per la redazione delle nuove norme è stato quello di definire una struttura modulare comune a tutte le norme, separare ed armonizzare le procedure per garantire una

flessibilità applicativa ai diversi contesti nazionali, in termini di clima, cultura e tradizione edile, politiche e quadri giuridici, delineare rapporti tecnici contenenti le parti informative, e prevedere che le norme fossero “a prova di software”.

Il nuovo pacchetto prevedere una più netta distinzione tra contenuti normativi, che devono essere recepiti a livello nazionale, e contenuti informativi, che gli Stati possono scegliere di modificare o integrare. Oltre a ciò, tutte le norme sono state testate attraverso fogli di calcolo ed esempi applicativi svolti, al fine di garantire la loro traduzione in linguaggio informatico.

Tra i documenti normativi elaborati risultano di grande importanza quelli sviluppati dal Comitato Tecnico che ha avuto anche il compito di coordinare l'intero lavoro del mandato, il CEN/TC 371 (Project Committee – Energy Performance of Building project group). I quattro progetti da esso sviluppati sono: un progetto di norma (EN 52000-1), un rapporto tecnico di accompagnamento (EN 52000-2) e due specifiche tecniche (EN 16628 ed EN 16629).

La UNI EN ISO 52000-1:2018, denominata anche Overarching standard EPB e dal titolo “Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures” (Prestazione energetica degli edifici - Valutazione globale EPB - Parte 1: Struttura generale e procedure), è probabilmente una delle norme più importanti del pacchetto. Essa fornisce l'inquadramento e la procedura generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici nuovi ed esistenti. In particolare, vengono definiti i significati e i termini degli standard e vengono elencati i passaggi di calcolo, a partire dalla modellizzazione dell'edificio fino al calcolo degli indicatori di prestazione energetica e alla presentazione dei risultati. La parte fondamentale di questa norma è quella sul bilancio energetico dell'edificio, dove si esplicano le definizioni di confine dell'edificio e confine di valutazione, delle energie consegnate (delivered) ed esportate (exported), nonché del calcolo dell'energia primaria e della quota di questa da fonti rinnovabili. Questa norma è essenzialmente la revisione della UNI EN 15603, con diverse migliorie e ampliamenti per inquadrare in modo più completo tutte le possibilità.

Particolare attenzione va inoltre posta al carattere volutamente flessibile di questa norma: ogni Stato membro, nell'ambito del recepimento nazionale, ha avuto la facoltà di decidere come utilizzare questo standard e quali scelte metodologiche adottare.

Altra importante norma emanata sempre nell'ambito del mandato M/480 è la UNI EN ISO 52016-1:2018 dal titolo “Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation

procedures” (Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo). Essa sostituisce le norme UNI EN ISO 13790:2008, UNI EN ISO 13791:2012, UNI EN ISO 13792:2012, UNI EN 15255:2008 e UNI EN 15265:2008.

Questa norma specifica i metodi di calcolo per la valutazione dei seguenti parametri:

- fabbisogno energetico (sensibile) per riscaldamento e raffrescamento, basato su calcoli orari o mensili;
- fabbisogno di energia latente per umidificazione e deumidificazione, basato su calcoli orari o mensili;
- temperatura interna, basata su calcoli orari;
- carico sensibile di riscaldamento e raffrescamento, basato su calcoli orari;
- umidità e carico di calore latente per umidificazione e deumidificazione, basato su calcoli orari;
- carico sensibile di riscaldamento o raffrescamento di progetto e carico latente di riscaldamento di progetto, utilizzando un intervallo di calcolo orario;
- condizioni dell'aria di rinnovo per fornire l'umidificazione e la deumidificazione necessarie.

I metodi di calcolo possono essere utilizzati per edifici residenziali o non residenziali, e la norma può essere applicata a edifici in fase di progettazione, a nuovi edifici dopo la costruzione e a edifici esistenti in fase di utilizzo.

Inoltre, in questa norma sono contenute anche le specifiche per la valutazione delle zone termiche, ed i calcoli che devono poi essere eseguiti saranno inerenti alla singola zona termica o a più zone termiche accoppiate.

Tabella 4 - Principali norme tecniche europee in materia di prestazione energetica degli edifici

| PRINCIPALI NORME TECNICHE EUROPEE | |
|--|---|
| 2018 | UNI EN ISO 52000-1, “Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures” |
| 2018 | UNI EN ISO 52016-1, “Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures” |
| 2012 | UNI EN ISO 13792, “Thermal performance of buildings - Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling - Simplified methods” |
| 2012 | UNI EN ISO 13791, “Thermal performance of buildings - Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling - General criteria and validation procedures” |
| 2008 | UNI EN 15603, “Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings” |
| 2008 | UNI EN 15265, “Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures” |
| 2008 | UNI EN 15255, “Energy performance of buildings - Sensible room cooling load calculation - General criteria and validation procedures” |
| 2008 | UNI EN ISO 13790, “Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling” |

1.5. NORME TECNICHE ITALIANE

Dopo l'entrata in vigore della Legge 10/1991 e la successiva emanazione del suo decreto attuativo DPR 412/1993, recante il Regolamento per il contenimento dei consumi di energia, furono pubblicate una serie di norme tecniche UNI che furono recepite con Decreto Ministeriale 6 agosto 1994.

Di seguito vengono richiamate alcune di dette norme UNI, la quasi totalità delle quali è stata sostituita ed aggiornata negli anni da altre norme.

- UNI 10344:1993 - “Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia”. Descrive la procedura per il calcolo della quantità stagionale di energia richiesta per il riscaldamento degli edifici e, in particolare, vengono definite: l'energia termica scambiata per trasmissione e ventilazione attraverso le pareti dell'involucro edilizio; l'energia termica richiesta dall'edificio per mantenere la temperatura interna prefissata; l'energia termica ed elettrica richiesta dall'impianto di riscaldamento per mantenere la temperatura interna prefissata. Appendice A (normativa): Determinazione della temperatura operante di uno spazio chiuso. Appendice B (normativa): Determinazione della capacità termica delle strutture edilizie. Appendice C (informativa): Determinazione della quantità d'aria per infiltrazione naturale; Appendice D (informativa): Valutazione dei contributi energetici dovuti a sorgenti interne di energia; Appendice E (informativa): Determinazione dei fattori di trasmissione solare delle superfici vetrate; Appendice F (informativa): Apporti termici dovuti a componenti edilizi speciali. È stata sostituita dalla UNI EN ISO 13790, che è sostituita a sua volta dalla UNI EN ISO 52016-1.
- UNI 10347:1993 - “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo”. Descrive una procedura per il calcolo dell'energia termica complessivamente scambiata dalla rete di distribuzione dell'acqua calda verso l'ambiente in cui essa è inserita, allo scopo della determinazione delle perdite stagionali di distribuzione per il calcolo del fabbisogno energetico per il riscaldamento degli edifici. È stata sostituita dalle norme UNI EN 15316-2 e UNI/TS 11300-2.
- UNI 10348:1993 - “Riscaldamento degli edifici. Rendimento dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo”. Fornisce un metodo per il calcolo dei rendimenti medi riferiti ad un periodo prefissato dei componenti dei sistemi impiantistici impiegati nel riscaldamento ambientale. In particolare, vengono determinate le seguenti quantità:

il rendimento del sistema di emissione; il rendimento del sistema di controllo o regolazione; il rendimento medio mensile del sistema di produzione; il rendimento medio stagionale del sistema di produzione; il rendimento medio stagionale globale del sistema di riscaldamento. È stata sostituita dalle norme UNI EN 15316-1, UNI EN 15316-2 e UNI/TS 11300-2.

- UNI 10349:1994 - “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici”. Fornisce i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica sia degli edifici sia degli impianti tecnici per il riscaldamento ed il raffrescamento. I dati forniti sono raggruppati in due categorie: dati climatici giornalieri medi mensili, e dati di progetto. I primi riguardano il calcolo dei fabbisogni energetici e le verifiche igrometriche, i secondi la verifica del superamento di valori massimi o minimi di specifiche grandezze ed il dimensionamento, in termini di potenza termica, dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento. I dati forniti dovevano essere utilizzati per: il calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento degli edifici, UNI 10344; la verifica igrometrica ai fenomeni di condensazione del vapore, UNI 10350; ed il calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti, UNI 10375. Tale norma è stata sostituita dalla UNI 10349:2016 e scorporata in tre parti. Successivamente nel testo verranno trattate più approfonditamente.
- UNI 10351:1994 - “Materiali da costruzione. Valori della conduttività termica e permeabilità al vapore”. Introduce i dati di permeabilità al vapore dei materiali impiegati nell'edilizia e li integra con i dati di conduttività termica, precedentemente riportati nel FA 101- 83 "Valori correnti della conduttività di alcuni materiali alla temperatura ordinaria" e che qui vengono ripresi senza alterazioni. Deve essere impiegata quando non esistano norme specifiche per il materiale considerato. È stata sostituita dalla sua nuova versione: UNI 10351:2015 dal titolo “Materiali e prodotti per edilizia. Proprietà termo-igrometriche. Procedura per la scelta dei valori di progetto”. La norma aggiornata fornisce il metodo per il reperimento dei valori di riferimento per conduttività termica, resistenza al passaggio del vapore e calore specifico dei materiali da costruzione in base all'epoca di installazione. La norma integra, con particolare riferimento ai materiali isolanti per l'edilizia a seconda se siano o meno dotati di marcatura CE, quanto non presente nella UNI EN ISO 10456:2008 “Materiali e prodotti per edilizia. Proprietà igrometriche. Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto”.

- UNI 10355:1994 - “Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodi di calcolo”. Fornisce i valori delle resistenze termiche unitarie relative alle tipologie di murature e solai maggiormente diffuse in Italia. Si basa sui risultati conseguiti da prove di laboratorio e verifiche mediante calcolo, condotte nel corso degli anni.
- UNI 10379:1994 - “Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica”. Prescrive le procedure per la determinazione delle seguenti quantità: fabbisogno energetico normalizzato di progetto; limite del fabbisogno energetico normalizzato; rapporto tra la somma degli apporti gratuiti interni e dell'apporto termico solare mensile, calcolato nel mese a maggiore insolazione tra quelli interamente compresi nell'arco del periodo annuale di esercizio dell'impianto termico, ed il fabbisogno convenzionale di energia primaria calcolato nello stesso mese. Inoltre, fornisce un metodo per il calcolo semplificato del rendimento di produzione medio stagionale da adottare per il dimensionamento di generatori di calore da installare in sostituzioni di altri. Tale norma non si applica per la progettazione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento energetico e non riguarda il calcolo del fabbisogno energetico reale degli edifici, per il quale si rimanda alla UNI 10344. Appendice A: Classificazione generale degli edifici per categorie. Appendice B: Valori medi della temperatura di progetto. Appendice C: Periodo della stagione di riscaldamento. Appendice D: Rendimenti limite per gli impianti. Appendice E: Coefficiente di dispersione volumico di progetto dell'involucro edilizio. Viene sostituita dalla sua versione aggiornata UNI 10379:2005 “Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato”. Detta norma prescrive la procedura e/o i parametri per la determinazione di: fabbisogno energetico normalizzato (FEN); limite superiore del fabbisogno energetico normalizzato (FEN_{lim}); fabbisogno convenzionale stagionale di energia primaria (QR) necessario per il calcolo del rendimento globale medio stagionale. È stata successivamente sostituita dalla UNI/TS 11300-1.

A seguito del recepimento nella legislazione italiana della Direttiva europea 2010/31/UE con la Legge 90/2013 e dei suoi decreti attuativi D.M. 26 giugno 2015 fu aggiornato e completato un pacchetto di norme indicato ancora oggi come strumento tecnico di riferimento per la certificazione energetica degli edifici.

Tale pacchetto di norme comprende: la UNI/TS 11300, suddivisa in sei parti, e la UNI 10349:2016, suddivisa in tre parti.

La **UNI/TS 11300** è nata con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione dei fabbisogni e delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto. Costituita dapprima da due norme, è stata poi completata in due tempi prima dalle parti 3 e 4, pubblicate rispettivamente nel 2010 e nel 2012, e successivamente dalle attese parti 5 e 6, emanate nel 2016, e che vanno a completare il quadro della normativa italiana uniformandola a quella europea in materia.

La UNI/TS 11300-1, uscita nel 2008 ed aggiornata nel 2014, fornisce dati e metodi per la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale. In particolare, definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per umidificazione e per deumidificazione. È possibile applicarla a tutte le situazioni previste dalla norma di recepimento europea sopra citata: calcolo di progetto (design rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating).

La parte 2 della norma UNI/TS 11300, uscita nel 2008 e revisionata ad oggi due volte, nel 2014 e nel 2019, fornisce dati e metodi di calcolo per la determinazione di:

- fabbisogno di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria;
- fabbisogno di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria;
- fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione;
- fabbisogno di energia primaria per il servizio di illuminazione in accordo con la UNI EN 15193;
- rendimenti e perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili liquidi o gassosi.

La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti, per il solo riscaldamento, misti o combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria, per la sola produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari, per i sistemi di sola ventilazione, per i sistemi di ventilazione combinati alla climatizzazione invernale, per i sistemi di illuminazione negli edifici non residenziali.

A recepimento della Direttiva europea 2009/28/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonte rinnovabile, in Italia è stato emanato il Decreto Legislativo n.28 del 03/03/2011. Introducendo numerose novità riguardanti gli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, tale decreto si pone l'obiettivo di limitare i consumi di energia primaria attraverso sistemi edificio-impianto efficienti ed impiegando fonti rinnovabili di energia. In

attuazione ad esso furono poi pubblicate rispettivamente nel 2010 e nel 2012 le parti 3 e 4 della norma tecnica UNI/TS 11300.

Per la prima volta, tra gli usi energetici dell'edificio, in termini di energia primaria, è inclusa la climatizzazione estiva, che dovrà essere in parte soddisfatta tramite il ricorso a fonti rinnovabili di energia. La UNI/TS 11300-3 fornisce appunto dati e metodi per la determinazione dei rendimenti e dei fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva e dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva. La specifica tecnica si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti, e per il solo raffrescamento e climatizzazione estiva.

Il D.lgs. n.28/2011 impone, a partire dal 31/05/2012, la copertura, da parte di fonti rinnovabili di energia, di quote crescenti dei fabbisogni energetici degli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, considerando rinnovabile l'energia da fonti non fossili, ossia energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.

La UNI/TS 11300-4, uscita nel 2012, è stata poi revisionata nel 2016, con alcuni accorgimenti per ristabilirne la piena coerenza, a seguito della pubblicazione delle nuove parti 5 e 6 del pacchetto.

La parte 4 riguarda l'utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione di energia per la climatizzazione invernale e per la preparazione di acqua calda sanitaria. In particolare, definisce le modalità di calcolo del fabbisogno di energia per sottosistemi per la produzione di energia termica e/o elettrica del tipo: solare termico, solare fotovoltaico, combustione di biomassa, pompe di calore, cogenerazione e teleriscaldamento. Gli usi energetici dell'edificio considerati dalla norma sono il riscaldamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria, il raffrescamento e la deumidificazione.

La parte 5 della UNI/TS 11300, pubblicata nel 2016 e relativa al calcolo dell'energia primaria e delle quote rinnovabili, sostituisce la Raccomandazione CTI 14:2013, rappresentando l'equivalente nazionale della norma europea UNI EN 15603:2008.

Tale specifica tecnica fornisce metodi di calcolo per determinare:

- il fabbisogno di energia primaria degli edifici sulla base dell'energia consegnata ed esportata, ed in dettaglio: la valutazione dell'energia elettrica esportata, e la valutazione dell'energia elettrica prodotta da unità cogenerative;
- la quota di energia da fonti rinnovabili, ed in particolare: le modalità di valutazione dell'apporto di energia rinnovabile nel bilancio energetico, e la definizione delle

modalità di compensazione dei fabbisogni con energia elettrica attraverso energia elettrica prodotta da rinnovabili.

La UNI/TS 11300-6 illustra e fornisce i dati ed i metodi per la determinazione del fabbisogno di energia elettrica per il funzionamento di impianti destinati al sollevamento e al trasporto di persone o cose in un edificio, sulla base delle caratteristiche dell'edificio e dell'impianto, e completa gli indici di prestazione richiesti per la compilazione del nuovo certificato energetico.

La serie nazionale delle **UNI 10349:2016** “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici”, che vede tali dati riferiti al riscaldamento e raffrescamento degli edifici, è composta da tre parti e si articola come segue.

La UNI 10349-1 riguarda le medie mensili per la valutazione della prestazione termoeconomica dell'edificio ed i metodi di calcolo per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa, ed inoltre per calcolare l'irradianza solare su di una superficie comunque inclinata ed orientata. Detta norma fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la verifica delle prestazioni energetiche e termoeconomiche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale ad essi asserviti.

Il rapporto tecnico UNI/TR 10349-2 fornisce i dati climatici di progetto necessari per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoeconomiche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva ed invernale. I dati di progetto contenuti sono rappresentativi delle condizioni climatiche limite, e sono da utilizzare per il dimensionamento degli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale e per la valutazione del rischio di surriscaldamento estivo.

Infine, la UNI 10349-3 fornisce metodi di calcolo e prospetti di sintesi relativi a indici sintetici da utilizzarsi per la descrizione climatica del territorio. In particolare, definisce la metodologia di calcolo per la determinazione, sia nella stagione di raffrescamento che nella stagione di riscaldamento degli edifici, dei gradi giorno, delle differenze cumulate di umidità massica, della radiazione solare cumulata su piano orizzontale e dell'indice sintetico di severità climatico del territorio. Gli indici possono anche essere utilizzati per una prima verifica di massima degli impianti.

Tabella 5 - Principali norme tecniche italiane di riferimento in materia

| PRINCIPALI NORME TECNICHE ITALIANE | |
|---|--|
| 2019 | UNI/TS 11300-2, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l’illuminazione in edifici non residenziali” |
| 2016 | UNI 10349-3, “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici” |
| 2016 | UNI/TR 10349-2, “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 2: Dati di progetto” |
| 2016 | UNI 10349-1, “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici. Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell’edificio e metodi per ripartire l’irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l’irradianza solare su di una superficie inclinata” |
| 2016 | UNI/TS 11300-6, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili” |
| 2016 | UNI/TS 11300-5, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell’energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili” |
| 2016 | UNI/TS 11300-4, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria” |
| 2014 | UNI/TS 11300-1, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale” |
| 2010 | UNI/TS 11300-3, “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva” |

2. L'EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Una funzione importante di un edificio è quella di fornire un ambiente confortevole e salubre ai suoi occupanti, il cui raggiungimento generalmente richiede l'uso di energia per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, l'acqua calda sanitaria, l'illuminazione e altri servizi. L'uso di energia per questi scopi sfrutta le risorse di energia naturale in concorrenza con altri fabbisogni energetici e causa anche un impatto ambientale provocando la generazione di CO₂.

L'Unione Europea ha predisposto diverse misure e strumenti per conseguire un uso accorto e razionale delle risorse energetiche e per ridurre l'impatto ambientale dell'uso dell'energia per gli edifici. Questi obiettivi possono essere raggiunti aumentando l'efficienza energetica e l'uso migliorato delle energie rinnovabili in edifici sia nuovi, progettando edifici ad energia quasi zero, sia esistenti, sottoponendoli a ristrutturazioni profonde.

L'Unione Europea ha stabilito che entro la fine del 2020 tutti i nuovi edifici dovranno essere progettati e realizzati come edifici a energia quasi zero, la cui bassa quantità di energia richiesta dovrà provenire da fonti energetiche rinnovabili. Tale termine sarà invece anticipato alla fine del 2018 per gli edifici pubblici.

In Italia, il Piano d'Azione per gli Edifici a Energia Quasi Zero (PANZEB) traccia gli orientamenti e le linee di sviluppo nazionali per incrementare il loro numero, offrendo chiarimenti sui requisiti, valutandone le prestazioni energetiche, nelle differenti tipologie d'uso e zone climatiche, e stimando i sovra-costi necessari per la loro realizzazione.

2.1. ZEB, nZEB E NZEB

Questi acronimi inglesi, molto simili, identificano diversi tipi di edifici e diverse esperienze collegate a differenti scenari nazionali o internazionali.

La Z sta per ZERO, univocamente in tutti gli acronimi, come per altro la B di BUILDING (edificio). La E invece può identificare diverse parole: E come ENERGY (energia), la più comunemente usata, oppure E come EMISSION (emissione).

Il termine ZEB viene utilizzato commercialmente senza un chiaro accordo sul suo contenuto. In generale, uno ZEB – Zero Energy Building è concepito come un edificio con prestazioni energetiche molto elevate, collegato alla rete, che equilibra il suo consumo energetico totale annuo con la generazione in loco di energia e il surplus di immissione di energia associata.

Nel 2008 è stato costituito dall'IEA - International Energy Agency un forum scientifico a livello internazionale, in attività ancora tutt'oggi, chiamato "Towards Net Zero Energy Solar Building" (Verso edifici solari a energia netta zero), con il compito di analizzare pubblicazioni pertinenti sull'argomento ZEB, per fare chiarezza sui vari approcci nazionali per formulare definizioni pertinenti a livello di codice edilizio e dare esempi ben documentati di edifici che coprano una vasta gamma di tipologie e climi.

Dalla pubblicazione della Direttiva del 2010, EPBD recast, sul rendimento energetico nell'edilizia, la discussione è diventata ancora più intensa, avendo detta norma introdotto il tema di nearly Zero-Energy Building - nZEB.

Uno studio del 2012, "Towards nearly zero-energy buildings"¹, a cura di Ecofys, Politecnico di Milano, eERG e University of Wuppertal, fornisce una guida ai Paesi dell'Unione Europea e alla Commissione europea per garantire che i requisiti di energia quasi zero diventino la norma per qualsiasi nuovo edificio dell'Unione.

2.1.1. nearly ZEB

L'nZEB, nearly Zero-Energy Building, è stato introdotto e definito dall'Unione Europea nella Direttiva 2010/31/UE.

Con edificio a energia quasi zero la Direttiva intende un edificio ad altissima prestazione energetica nel quale il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze.

La prestazione energetica di un edificio è determinata sulla base del consumo di energia calcolato o effettivo, e riflette l'uso normale di energia dell'edificio per il riscaldamento e il rinfrescamento degli ambienti, la produzione di acqua calda per uso domestico, la ventilazione, l'illuminazione incorporata e altri sistemi tecnici per l'edilizia.

Le misure per garantire un edificio ad altissima prestazione energetica non si limitano solo all'involucro esterno dell'edificio, ma includono "tutti gli elementi pertinenti e i sistemi tecnici di un edificio, come gli elementi passivi che contribuiscono alle tecniche passive volte a ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento o il rinfrescamento, il consumo energetico per l'illuminazione e la ventilazione, migliorando in tal modo il

¹ Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD - Final report.
© Ecofys 2012 by order of: European Commission

comfort termico e visivo.”² Altresì migliorare la prestazione energetica degli edifici significa anche creare un ambiente interno salubre; edifici più efficienti offrono maggiore comfort e benessere agli occupanti e migliorano la salute.

La Direttiva dice inoltre che gli Stati membri devono elaborare piani nazionali per aumentare il numero di edifici a energia quasi zero e provvedere anche alla stesura della definizione di edifici a energia quasi zero. Questa definizione deve riflettere le condizioni nazionali, regionali o locali, la varietà delle culture e i climi di costruzione di ogni singolo Stato membro, gli obiettivi intermedi per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici e qualsiasi politica e misura finanziaria o di altro tipo per promuovere edifici a energia quasi zero. La Commissione valuterà i piani nazionali e ogni tre anni pubblicherà una relazione sullo stato di avanzamento degli Stati membri nell'aumento del numero di edifici a energia quasi zero.

2.1.2. Net ZEB

Dopo l'uscita della EPBD recast, sulla base delle conoscenze disponibili di progetti di ricerca comparabili, il gruppo di ricerca denominato “Towards Net Zero Energy Solar Building” ha iniziato un lavoro di integrazione e revisione della letteratura esistente su definizioni, etichette e metodologie di calcolo riguardanti gli ZEB per cercare di fare chiarezza ed essere di aiuto nella definizione di questi edifici.

La base di partenza fu un elenco di relazioni e presentazioni, affiancate da un gran numero di pubblicazioni, notizie e rapporti di attori privati, istituzioni o società, misure di certificazione, e procedure dei codici di costruzioni ufficiali dei singoli Stati membri dell'UE, ma anche di Paesi all'estero. Detti documenti esprimevano principalmente concetti volontari e una vasta varietà di approcci metodologici differenti, non esistendo direttive nazionali per edifici a energia quasi zero.

Una delle pubblicazioni più rilevanti in materia è uscita nel 2012 col titolo “Net Zero Energy Buildings: A Consistent Definition Framework. In: Energy and Buildings”³.

Essa presenta un quadro coerente per l'impostazione della definizione di Net ZEB o NZEB (edificio a energia zero netta).

² Direttiva (UE) 2018/844

³ Sartori, Igor; Napolitano, Assunta; Voss, Karsten (2012)

Un Net ZEB è un edificio efficiente dal punto di vista energetico, collegato alla rete e in grado di generare energia da fonti rinnovabili per compensare la propria domanda durante tutta la sua intera vita.

La dicitura "Net", quindi netto, implica che il rapporto tra il bilancio finale dell'edificio e il consumo di energia debba essere uno zero e ciò sottolinea la presenza di un processo di scambio di energia tra l'edificio e l'infrastruttura energetica. Tramite l'interazione edificio-rete, gli NZEB diventano parte attiva dell'infrastruttura di energia rinnovabile. Questa connessione alla rete energetica impedisce l'accumulo stagionale di energia e conseguentemente l'installazione di sistemi sovradimensionati in loco per la generazione di energia da fonti rinnovabili come negli edifici a energia autonoma.

La definizione di nZEB (nearly ZEB) data dalla normativa europea implica la spinta verso l'azzeramento dei consumi di energia, mentre la definizione di NZEB (Net ZEB) implica la spinta verso la realizzazione di impianti in loco per un bilancio energetico netto, quindi pari a zero.

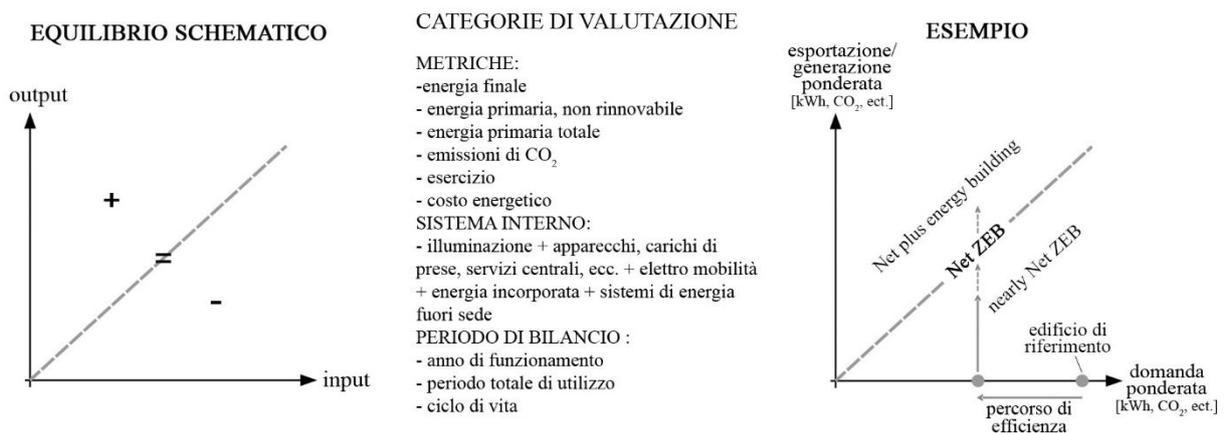


Figura 2 - Bilancio input/output schematico, categorie di definizione ed esempio con definizione di una rete Net ZEB. (fonte: University Wuppertal)

2.1.3. EDIFICI A EMISSIONI ZERO – ZEB (NORVEGIA)

Nel 2011 in Norvegia è nato “The Research Center on Zero Emission Buildings, ZEB” (www.zeb.no) con lo scopo di eliminare le emissioni dei gas a effetto serra causate dagli edifici e sviluppare prodotti e soluzioni competitivi per edifici esistenti e nuovi che porteranno alla penetrazione nel mercato di edifici a zero emissioni di gas a effetto serra in relazione alla loro produzione, gestione e demolizione.

Un edificio a zero emissioni produce abbastanza energia rinnovabile per compensare le emissioni di gas serra dell'edificio nel corso della sua vita.

Il Centro di ricerca ZEB ha definito diversi livelli di edifici a emissioni zero in base al numero di fasi della durata di un edificio che vengono considerate. Le 5 definizioni più importanti, in scala di livello di ambizione, sono:

- ZEB – O: la produzione di energia rinnovabile dell'edificio compensa le emissioni di gas a effetto serra derivanti dal funzionamento dell'edificio.
- ZEB - O ÷ EQ: la produzione di energia rinnovabile dell'edificio compensa le emissioni di gas serra derivanti dal funzionamento dell'edificio meno il consumo di energia per le apparecchiature.
- ZEB – OM: la produzione di energia rinnovabile dell'edificio compensa le emissioni di gas a effetto serra derivanti dal funzionamento e dalla produzione dei suoi materiali da costruzione.
- ZEB – COM: la produzione di energia rinnovabile dell'edificio compensa le emissioni di gas a effetto serra derivanti dalla produzione dei materiali da costruzione, dalla costruzione e dal funzionamento dell'edificio.
- ZEB – COMPLETO: la produzione di energia rinnovabile dell'edificio compensa le emissioni di gas a effetto serra dell'intero ciclo di vita dell'edificio: materiali da costruzione, costruzione, funzionamento e demolizione/riciclaggio.

La Figura 2 mostra le diverse fasi della vita di un edificio che sono incluse nei vari livelli di definizione ZEB. Nell'esempio è illustrato un ZEB COMPLETO; si può infatti notare come la produzione di energia rinnovabile (cerchio verde) compensa tutte le emissioni di gas a effetto serra per tutta la durata di vita dell'edificio.

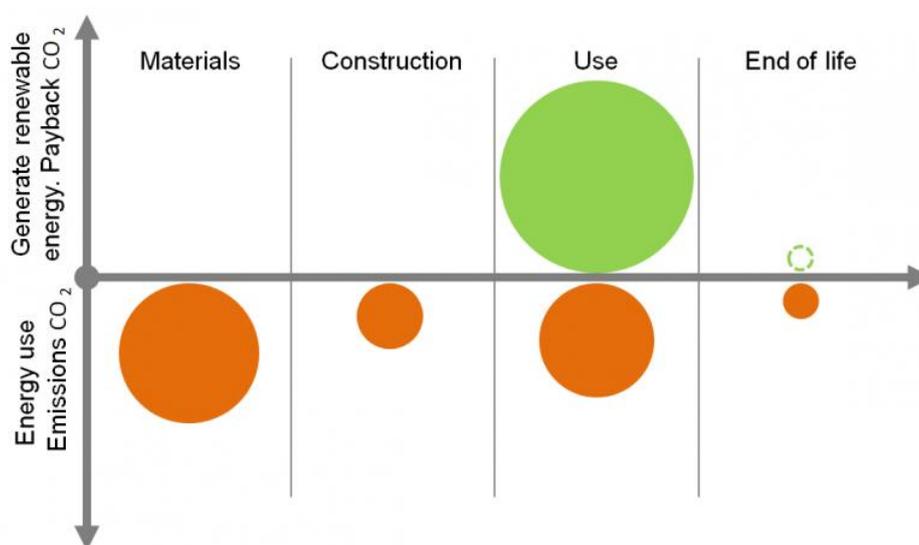


Figura 3 - Ciclo di vita di un ZEB COMPLETO (fonte www.zeb.no)

2.2. IL QUADRO NAZIONALE

Il nostro paese si colloca nella parte meridionale dell'Europa e si trova praticamente a metà strada tra l'equatore e il polo Nord.

Il territorio italiano è compreso tra il 35° ed il 47° parallelo nord e presenta un notevole sviluppo costiero, circa 7458 km, e una prevalenza di zone collinari, stimabili attorno al 41,6%, rispetto a zone montuose, misurabili al 35,2%, e a zone pianeggianti, circa il 23,2%. L'altitudine media in Italia è di circa 337 metri sul livello del mare.

Anche se il nostro paese rientra quasi interamente nell'area climatica mediterranea, data la grande estensione in latitudine della penisola, le condizioni climatiche variano notevolmente da zona a zona. Si possono infatti individuare sei grandi regioni climatiche: alpina, padana, adriatica, appenninica, tirrenica e mediterranea, ognuna delle quali ha caratteristiche meteorologiche e di temperatura massima e minima abbastanza diverse tra loro.

Durante l'estate le temperature in alcune zone possono superare i 40°C, in particolare nelle fasce mediterranee e nella zona padana, mentre durante la stagione invernale si possono avere temperature con punte che possono raggiungere i -20°C solo nelle zone alpine.

Queste differenze portano ad una grande variabilità nel numero dei gradi giorno invernali che, per quanto riguarda i valori di riferimento, sono compresi tra 568 di Lampedusa e 5165 del Sestriere. Anche il valore della radiazione solare globale incidente su superficie orizzontale risente delle diverse latitudini presenti in Italia.

Viste le peculiarità appena espresse del nostro territorio, appare inequivocabile la difficoltà italiana nel definire in modo univoco gli standard, le soluzioni costruttive ed impiantistiche per edifici con prestazioni energetiche efficienti, come possono essere gli nZEB, e che possano soddisfare tutte le variabili in gioco in tutte le zone climatiche presenti in Italia.

Nel 2018, il consumo di energia finale per usi civili è stato di circa 48,14 Mtep, ed ha registrato un incremento notevole rispetto ai consumi finali registrati nel 2011, stimabili attorno ai 30,70 Mtep.

La principale fonte di energia utilizzata in Italia per uso residenziale è il gas naturale (circa il 49% nel 2018), seguito da energia elettrica (29,6%), rinnovabili (15,6%) e petrolio (5,8%)⁴.

Il consumo elettrico per abitazione, nel periodo 2016-2018, in Italia ha registrato un aumento di circa il 2%, collegato sempre più all'acquisto e all'utilizzo da parte dei

⁴ Fonte dati statistici: ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente. www.arera.it

consumatori di apparecchi elettrici più efficienti. Il consumo termico per abitazione è diminuito, ma in misura notevolmente inferiore a quanto verificatosi per la maggior parte dei Paesi europei.

I consumi del settore industriale, in cui sono compresi gli edifici adibiti ai servizi, al commercio e alla Pubblica Amministrazione, risultano in continua e forte crescita, passando da meno di 15,50 Mtep del 2011 a 27,23 Mtep nel 2018.

Nel settore industriale si evidenzia una differente distribuzione delle fonti energetiche rispetto all'uso civile, in quanto sono utilizzati principalmente gas (46,4% nel 2018) ed energia elettrica (34,8%), seguiti da petrolio (10,6%) e solidi (7,7%), ed in percentuale minima da rinnovabili (0,5%)⁵.

Come detto il patrimonio edilizio esistente rappresenta il settore con le maggiori potenzialità di risparmio energetico, ma gli elevati investimenti iniziali costituiscono un rilevante ostacolo per i piccoli consumatori (residenziale, uffici).

2.2.1. nZEB IN ITALIA

Secondo la Direttiva EPBD recast gli Stati membri devono indicare come viene definito un edificio a energia quasi zero entro il proprio contesto nazionale e spiegare i presupposti e i fattori che forniscono la motivazione per detta scelta. In particolare, devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- l'edificio deve avere prestazioni energetiche molto elevate:
 - la quantità di energia richiesta deve essere quasi zero o molto bassa;
 - l'energia richiesta deve essere coperta in misura significativa da energia derivante da fonti rinnovabili;
- inserimento di un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m² all'anno, e di un indicatore di prestazione energetica a scelta;
- il consumo di energia primaria può essere basato su valori medi annuali nazionali o regionali e può tenere conto delle pertinenti norme europee.

La normativa italiana introduce il concetto di edificio ad energia quasi zero nel Decreto-Legge 4 giugno 2013, n.63 convertito in legge con modificazioni dalla Legge 3 agosto 2013, n. 90, ove lo definisce come un edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del suddetto decreto e che rispetta i requisiti

⁵ Fonte dati statistici: ARERA - Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente. www.arera.it

definiti. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo deve essere coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta in situ.

Viene definito, inoltre, che dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, devono essere edifici a energia quasi zero. Ciò detto è esteso per tutti gli edifici di nuova costruzione dal 1° gennaio 2021, fatto salvo differenti disposizioni regionali o locali che anticipino temporalmente tali obblighi. Va inoltre specificato che, antecedentemente a questa data, non è automatico ipotizzare che edifici nuovi siano nZEB solo perché risultano essere di classe energetiche alte, come ad esempio: A1, A2, A3 o A4, perché per esserlo devono rispettare determinati requisiti di legge.

Il Decreto 26 giugno 2015, cosiddetto “Decreto requisiti minimi”, nel suo “Allegato 1”, definisce in materia tecnica gli edifici a energia quasi zero come tutti gli edifici, di nuova costruzione o esistenti, per cui siano contemporaneamente rispettati i sotto riportati requisiti:

- verifica del rispetto delle seguenti condizioni con riferimento ai parametri, indici ed efficienze, definite sempre nel medesimo allegato, al par. 3.3, comma 2, lettera a):
 - il parametro H'_T [W/m^2K], coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente, deve risultare inferiore al pertinente valore limite riportato in tabella;

Tabella 6 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'^T (W/m^2K)

| RAPPORTO DI FORMA (S/V) | Zona Climatica | | | | |
|--|----------------|------|------|------|------|
| | A e B | C | D | E | F |
| $S/V > 0,7$ | 0,58 | 0,55 | 0,53 | 0,50 | 0,48 |
| $0,7 > S/V > 0,4$ | 0,63 | 0,60 | 0,58 | 0,55 | 0,53 |
| $0,4 > S/V$ | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,70 |
| TIPOLOGIA DI INTERVENTO | Zona Climatica | | | | |
| | A e B | C | D | E | F |
| Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie | 0,73 | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,62 |

- il parametro $A_{sol,est}/A_{sup}$ utile, rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e area della superficie utile, definita al paragrafo 2.2 dell'Appendice A, risulti inferiore al corrispondente valore limite riportato in tabella;

Tabella 7 – Valore massimo ammissibile del rapporto $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

| CATEGORIA EDIFICIO | Tutte le zone climatiche |
|---|--------------------------|
| Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3) | $\leq 0,030$ |
| Tutti gli altri edifici | $\leq 0,040$ |

- gli indici $EP_{H,nd}$ (indice di prestazione termica utile per il riscaldamento), $EP_{C,nd}$ (indice di prestazione termica utile per il raffrescamento) e $EP_{gl,tot}$ (indice di prestazione energetica totale dell'edificio) devono risultare inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite}$, $EP_{C,nd,limite}$ e $EP_{gl,tot,limite}$) e dati nelle tabelle del Capitolo 1, Appendice A dell'Allegato 1;
- i valori di efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale η_H , efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria η_W , ed efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva η_C , devono risultare superiori ai valori delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento ($\eta_{H,limite}$, $\eta_{W,limite}$, e $\eta_{C,limite}$) ed indicati nel Capitolo 1, Appendice A dell'Allegato 1;
- obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili di modo che gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati per garantire il contemporaneo rispetto della copertura del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e del 50% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento (nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28).

Per edificio di riferimento la norma intende un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati. Per i tutti i dati di input e i parametri non definiti in normativa si utilizzano i valori dell'edificio reale.

Determinando la scalatura delle classi e facendo poi la percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio di riferimento ottengo che la percentuale è al 100% classe B, quindi l'edificio di riferimento si stanZIA ad un livello di classe energetica B.

2.3. CARATTERISTICHE DI UN EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO

Per la realizzazione di un edificio a energia quasi zero, indipendentemente dalla tipologia di costruzione, esistono principi e linee guida che è opportuno rispettare per sviluppare un progetto il più possibile efficiente.

Il primo aspetto da valutare è il contesto ambientale e climatico ove sorgerà l'immobile, e conseguentemente ricercare soluzioni passive che minimizzino la domanda energetica per limitare la necessità di installare impianti meccanici. In secondo luogo, bisognerà prendere in considerazione aspetti quali la forma, l'orientamento e la struttura dell'edificio, ponendo molta attenzione a fattori come l'irraggiamento, gli ombreggiamenti, le temperature e i venti prevalenti.

Il comfort interno negli ambienti deve essere assicurato in qualsiasi stagione dell'anno. Questo obiettivo può essere perseguito attraverso un buon livello di ventilazione naturale e di rinfrescamento passivo, facendo in modo che le dispersioni siano minime, garantendo un buon livello di illuminazione e scegliendo le giuste caratteristiche di isolamento termico per gli elementi opachi e trasparenti.

Come detto l'edificio a energia quasi zero dovrà considerare e relazionarsi con il clima locale e le stagioni. D'inverno, il calore del sole deve essere percepito il più possibile, massimizzando il suo accumulo e garantendo l'isolamento termico. Per l'estate, invece, bisognerà studiare sistemi di schermatura, isolamento termico ed ombreggiamento per assicurare internamente climi freschi e miti.

È quindi chiaro come la progettazione di un NZEB in un clima freddo sarà molto diversa da quella per uno in un'area climatica molto calda o mite. Le difficoltà di progettazione si riscontreranno maggiormente nelle aree soggette a climi che presentano sbalzi termici elevati tra la stagione invernale e quella estiva, e che presentano per esempio inverni con temperature che possono scendere al di sotto dello zero termico ed estati che possono avere temperature massime vicine ai 40°C per parecchi giorni di seguito.

Altra buona prassi è quella di fornire l'energia rimanente necessaria per il funzionamento dell'edificio attraverso l'utilizzo di fonti rinnovabili. Tali sistemi di produzione di energia da risorse rinnovabili dovranno essere installati in loco.

Ottimizzando ed integrando l'impiantistica con l'architettura dell'edificio si potranno raggiungere livelli di efficienza energetica molto elevati. Un esempio potrebbe essere l'installazione di un sistema domotico per la gestione intelligente degli impianti e dei consumi.

2.4. PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO

La Legge 90/2013 definisce la prestazione energetica di un edificio come la quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio, quali: il riscaldamento invernale e il rinfrescamento estivo degli ambienti, la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione, oltre all'illuminazione, gli impianti ascensori e le scale mobili per il settore terziario.

Il “Decreto requisiti minimi” scende ancor più nel dettaglio esponendo che la prestazione energetica degli edifici corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale di energia primaria ovvero alla quantità di energia primaria relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti all'interno del confine del sistema edificio, e calcolata su un intervallo temporale di un anno.

Per confine del sistema edificio si intende il confine che include tutte le aree di pertinenza dell'edificio, sia all'interno che all'esterno dello stesso, dove l'energia è consumata o prodotta.

La prestazione energetica di un edificio è espressa in kWh/(m² .annuo) da uno o più indicatori che tengono conto del livello di isolamento dell'edificio e delle caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti. Può essere espressa in energia primaria non rinnovabile, rinnovabile, o totale come somma delle precedenti.

Viene definita energia primaria quell'energia che non è stata sottoposta ad alcun processo di conversione o trasformazione. L'energia primaria comprende sia l'energia non rinnovabile che l'energia rinnovabile. Se entrambe vengono prese in considerazione essa può essere chiamata energia primaria totale.

Si considera energia da fonti rinnovabili l'energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.



Figura 4 - Panoramica delle possibili opzioni di fornitura di energia rinnovabile che sono state trovate nelle descrizioni di edifici a energia quasi zero (fonte: Marszal 2011)

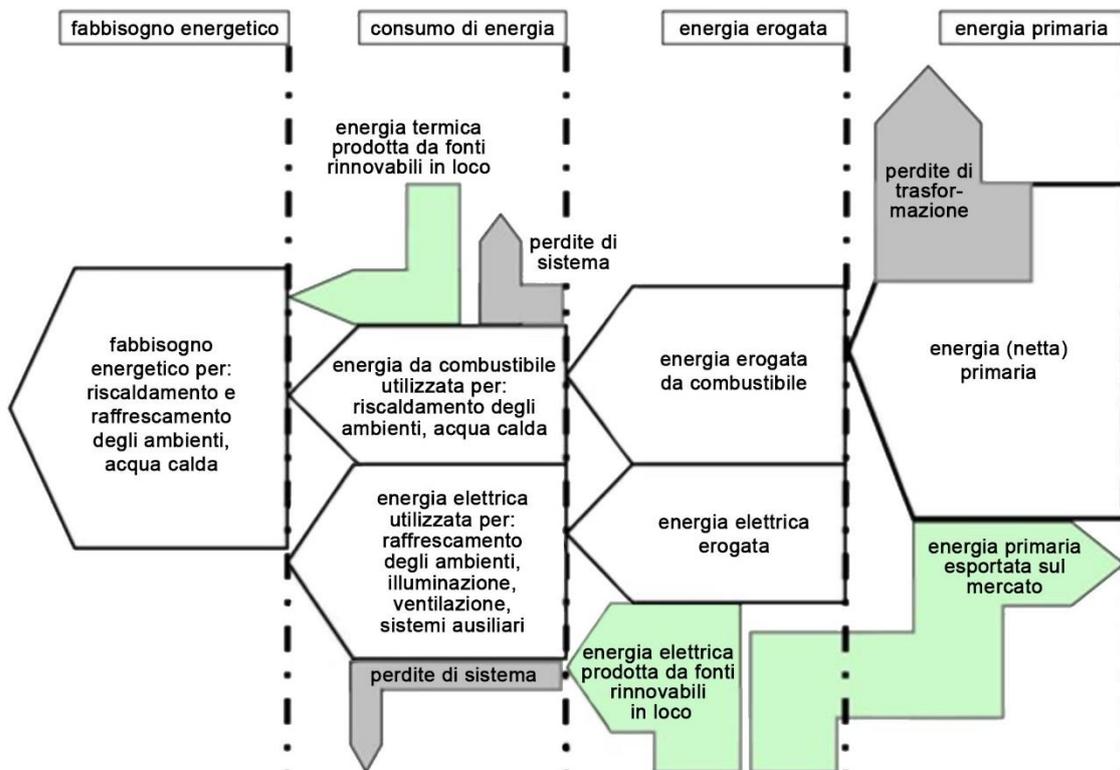


Figura 5 - Schema della domanda di energia primaria per il fabbisogno energetico di un edificio di riferimento (fonte: Guidance document for national plans for increasing the number of nearly zero-energy building, Ecofys 2013)

Per il calcolo della prestazione energetica di un edificio bisogna tenere conto di:

- clima esterno e interno;
- caratteristiche termiche dell'edificio;
- impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria;
- impianto di condizionamento dell'aria e di ventilazione;
- impianto di illuminazione;
- posizione ed orientamento dell'edificio;
- sistemi solari passivi e protezione solare;
- ventilazione naturale;
- utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di sistemi di cogenerazione e di riscaldamento e condizionamento a distanza.

2.5. FABBISOGNO ENERGETICO DI UN EDIFICIO

Esistono diversi fabbisogni energetici relativi ad un edificio:

- il fabbisogno energetico dell'involucro;
- il fabbisogno energetico dell'impianto, cioè quello inerente alla generazione di energia prodotta all'interno del confine dell'edificio; per esempio fotovoltaico, solare; e
- il fabbisogno dopo l'impianto, cioè quello relativo all'energia (delivered or distant) che viene consegnata all'edificio da qualcuno all'esterno; per esempio l'energia elettrica prodotta all'interno di una centrale.

I fattori che influenzano il fabbisogno energetico dell'involucro sono:

- la forma dell'edificio;
- l'orientamento e le superfici trasparenti;
- la ventilazione.

La forma influenza il rendimento energetico di ogni edificio. Attraverso il rapporto di forma S/V si misura la compattezza di una costruzione, che è parametro fondamentale per la valutazione dell'efficienza energetica.

Il parametro S rappresenta la superficie disperdente, espressa in m^2 , cioè la superficie che delimita verso l'esterno, il terreno, ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione, il volume riscaldato V.

V è il volume lordo, espresso in m^3 , delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

A parità di volume totale, una forma compatta ha un rapporto S/V minore, e quindi più favorevole, rispetto ad una forma dispersa, perché presenta una minore superficie disperdente per unità di spazio utilizzabile. Al contrario più estesa è la superficie S e maggiori saranno le dispersioni termiche verso l'esterno, quindi il rapporto S/V sarà più grande e più sfavorevole. In termini progettuali un edificio efficiente dovrebbe avere un rapporto S/V vicino a 0,6.

Inoltre, le dispersioni a parità di forma sono inversamente proporzionali al volume V. Edifici di grande volumetria tenderanno a trattenere più facilmente il calore rispetto a edifici più piccoli che invece si raffredderanno più velocemente. Questo vantaggio è da considerarsi però solo nei mesi invernali, e altresì si trasformerà in uno svantaggio nei mesi estivi quando gli edifici con volumi minori si troveranno ad essere facilitati ad espellere il calore in eccesso.

La scelta dell'orientamento dell'immobile può comportare apporti solari naturali prodotti nel modo corretto o meno, quindi bisogna sempre tenere presente un ragionato posizionamento della costruzione nel lotto di progetto.

La ventilazione, invece, deve essere garantita dalla giusta quantità di ricambi d'aria ad ora minima, stabilita per legge; questa influisce sul comfort abitativo.

2.5.1. TRASMITTANZA TERMICA

La trasmittanza termica U , in condizioni di regime stazionario (in cui cioè il flusso di calore e le temperature non variano nel tempo), è la quantità di calore che attraversa un elemento di unità di superficie in presenza di una differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno di 1°C (1 Kelvin). Si misura in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$.

$$U = \frac{Q}{A (T_i - T_e)}$$

U : trasmittanza termica

Q : quantità di calore scambiata

A : area della superficie = 1 m^2

$(T_i - T_e)$: differenza di temperatura interna ed esterna = 1 K

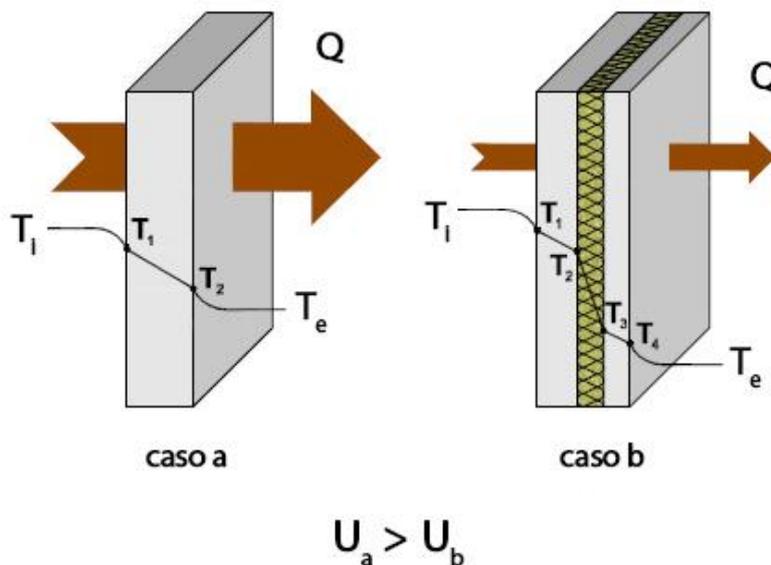


Figura 6 - Comportamento al passaggio di calore su pareti con diversa stratigrafia di materiale

La trasmittanza termica dipende dalle caratteristiche dei materiali che costituiscono la struttura e dalle condizioni di scambio termico liminare, R_{si} e R_{se} , cioè dalla resistenza

che incontra il flusso di calore prima di entrare nella struttura internamente e prima di uscirne esternamente.

Affinché un elemento dell'involucro edilizio sia performante dal punto di vista termico, deve essere caratterizzato da valori bassi della trasmittanza termica. Infatti, minore è il valore della trasmittanza, meno calore viene disperso attraverso quel dato elemento dell'involucro.

Se la struttura o parete è composta da più materiali, la trasmittanza termica viene calcolata come l'inverso della resistenza termica totale R_T , data dalla sommatoria delle resistenze termiche parziali, R_n , dei diversi strati.

La resistenza termica R indica la capacità di un corpo di trattenere il calore, si misura in $(m^2K)/W$.

Per strati omogenei di materiali, la formula per calcolare la trasmittanza termica è:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

R_{si} : resistenza termica superficiale interna

R_{se} : resistenza termica superficiale esterna

R_1, R_2, R_n : resistenze termiche utili relative ai singoli strati di materiale

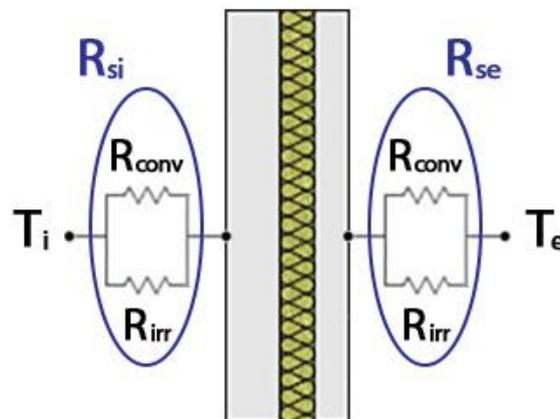


Figura 7 - Comportamento delle superfici esposte all'aria soggette a scambio termico

Una superficie esposta all'aria è sottoposta simultaneamente a scambio termico per convezione e scambio termico per irraggiamento. Le resistenze termiche superficiali, interna ed esterna, saranno date dalla somma di questi due valori.

La norma fornisce i valori di resistenza termica superficiale che si possono utilizzare per superfici piane in assenza di specifiche informazioni sulle condizioni limite. I valori riportati sotto "orizzontale" si applicano a flussi termici inclinati fino a $\pm 30^\circ$.

| | Direzione del flusso | | |
|--|----------------------|-------------|-------------|
| | ascendente | orizzontale | discendente |
| Resistenza termica superficiale interna R_{si} | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| Resistenza termica superficiale esterna R_{se} | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Tabella 8 - Valori di resistenza termica superficiale da norma UNI EN ISO 6946

Per calcolare la resistenza termica R utile di un singolo strato bisogna fare una distinzione nel caso sia un materiale omogeneo, un materiale non omogeneo o un'intercapedine d'aria.

Per i materiali omogenei si userà questa formula:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d : spessore del materiale (m)

λ : coefficiente di conducibilità termica (W/m K)

La conducibilità termica esprime la quantità di calore che al secondo attraversa 1 m di spessore di un certo materiale di superficie di 1 m² quando la differenza di temperatura delle due facce è di un 1°C (1 Kelvin). È il parametro che identifica il comportamento dei vari materiali nella trasmissione del calore. Materiali termicamente isolanti hanno una bassa conducibilità termica. La conducibilità termica dipende: dal materiale, dall'umidità, dalla temperatura, e dall'invecchiamento degli elementi costruttivi.

Nel caso di pareti che presentano intercapedini d'aria, queste sono caratterizzate da un valore della resistenza termica che dovrà essere sommata a denominatore nell'equazione generale della trasmittanza termica.

Le intercapedini d'aria sono infatti interessate da scambi termici per irraggiamento e convezione che impediscono di valutare il solo coefficiente di conduttività termica dell'aria in quiete. La resistenza termica offerta dall'intercapedine è differente se questa è fortemente ventilata, debolmente ventilata o non ventilata.

Un'intercapedine d'aria si considera non ventilata, oltre al caso in cui non sia in comunicazione con l'ambiente esterno, anche nel caso di ventilazione molto ridotta, per esempio cavedi di impianti.

I Decreti 26 giugno 2015 riportano i valori limite di trasmittanza termica, suddivisi per zona climatica, sia per le strutture opache (pareti, pavimenti, coperture) che per quelle trasparenti, che siano esse verticali od orizzontali.

Inoltre, le principali normative tecniche che trattano l'argomento sono:

- UNI EN ISO 6946:2018, "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo";
- UNI EN ISO 10077-1:2018, "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità";
- UNI EN ISO 10077-2:2018, "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 2: Metodo numerico per i telai";
- UNI EN ISO 12631:2018, "Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica".

2.5.2. PONTI TERMICI

I ponti termici nelle costruzioni sono generalmente localizzabili in corrispondenza delle giunzioni tra gli elementi edilizi o dove vi è una modificazione nella composizione della stratigrafia degli elementi edilizi. Questi producono solitamente due effetti: un cambio del flusso termico e una modificazione della temperatura superficiale, con conseguente rischio di formazione di condensa superficiale o crescita di muffa.

Il D.lgs. 192/2005 opera una distinzione tra ponte termico e ponte termico corretto.

Un ponte termico è una discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza degli innesti di elementi strutturali; ed esempio tra solai e pareti verticali, o tra pareti verticali di diverse tipologie.

Un ponte termico corretto, invece, è quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Le norme tecniche di riferimento per i ponti termici sono:

- UNI EN ISO 14683:2018, "Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento";
- UNI EN ISO 10211:2018, "Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati".

La norma UNI EN ISO 10211, scende ancor più nel dettaglio, definendo un ponte termico come una parte dell'involucro edilizio dove la resistenza termica, altrove uniforme, cambia in modo significativo per effetto di:

- a. compenetrazione totale o parziale di materiali con conduttività termica diversa nell'involucro edilizio, e/o

- b. variazione dello spessore della costruzione, e/o
- c. differenze tra l'area della superficie disperdente sul lato interno e quella del lato esterno, come avviene, per esempio, in corrispondenza dei giunti tra parete e pavimento o parete e soffitto.

Per il calcolo della dispersione termica di un edificio bisognerà tenere conto anche della presenza di ponti termici, visto che questi produrranno flussi termici tridimensionali o bidimensionali, sarà necessario aggiungere termini di correzione che coinvolgono la trasmittanza termica lineica e puntuale.

Esistono diverse tipologie di ponti termici che vengono valutate in base a quattro differenti possibili posizioni dello strato isolante, cioè lo strato con maggiore resistenza termica, nel caso questo si trovi:

- sul lato esterno;
- nella parte intermedia;
- sul lato interno;
- uniformemente distribuito nella struttura.

2.6. ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA (APE)

L'attestato di prestazione energetico, APE, è definito dalla normativa italiana nel Decreto 26 giugno 2015 “Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”, definito anche “Decreto Linee guida APE”.

L'APE ha una validità temporale massima di dieci anni, e deve essere aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione o riqualificazione, riguardante elementi edilizi o impianti tecnici, che modifichi la classe energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare.

Può essere redatto per l'intero edificio o per una singola unità immobiliare a seconda delle specifiche esigenze.

Ogni APE è redatto da un soggetto abilitato e qualificato e deve riportare obbligatoriamente:

- la prestazione energetica globale EP_{gl} , sia in termini di energia primaria totale ($EP_{gl,tot}$) che di energia primaria non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$);
- la classe energetica determinata attraverso l'indice di prestazione energetica globale, espresso in energia primaria non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$);
- la qualità energetica del fabbricato ai fini del contenimento dei consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento, attraverso gli indici di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale ($EP_{H,nd}$) ed estiva ($EP_{C,nd}$) dell'edificio;
- i valori di riferimento, quali i requisiti minimi di efficienza energetica vigenti a norma di legge;
- le emissioni di anidride carbonica;
- l'energia esportata;
- le raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente convenienti, distinguendoli tra interventi di ristrutturazione importanti ed interventi di riqualificazione energetica.

Ogni APE riporta, inoltre, le informazioni associate al miglioramento della prestazione energetica, quali gli incentivi di carattere finanziario e l'opportunità di eseguire diagnosi energetiche.

In Italia esiste un Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE) che raccoglie e centralizza in un'unica banca dati gli APE di edifici e unità immobiliari presenti nei Catasti di Regioni e Province autonome (attualmente 15 su potenziali 21).

Il SIAPE è stato realizzato ed è gestito da ENEA.

Le regioni, le provincie autonome e i comuni accedono, per via telematica, alla totalità dei dati presenti nel SIAPE relativamente alla zona geografica di competenza e, per quanto riguarda il restante territorio nazionale, accedono ai dati in forma aggregata. I cittadini possono accedere ai dati presenti nel SIAPE in forma aggregata.

Il sistema SIAPE è di supporto alla pianificazione energetica e allo sviluppo di strategie di recupero edilizio del patrimonio immobiliare italiano, perché consente di monitorare le caratteristiche e le prestazioni energetiche degli edifici sul territorio ed individua le aree e le tipologie edilizie che necessitano più urgentemente di interventi di miglioramento.

La classe energetica è volta a rappresentare sinteticamente la prestazione energetica di un edificio sulla base di predefiniti indicatori di prestazione energetica, ed è convenzionalmente indicata con una lettera compresa nella soglia di riferimento (A-G). Le classi energetiche possono essere differenti a seconda della prestazione che attestano. Ad ogni classe energetica corrisponde un determinato fabbisogno energetico che sarà tanto minore quanto più elevata sarà la classe di appartenenza.

Il calcolo della prestazione energetica si basa sui servizi effettivamente presenti nell'edificio in oggetto, fatti salvi gli impianti di climatizzazione invernale e, nel solo settore residenziale, di produzione di acqua calda sanitaria che si considerano sempre presenti.

Ai fini della classificazione, la prestazione energetica dell'immobile è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$, che è la sommatoria dei singoli servizi energetici forniti nell'edificio.

$$EP_{gl} = EPH + EPW + EPV + EPC + EPL + EPT$$

Si esprime in energia primaria non rinnovabile inserendo l'indice "nren" o totale con l'indice "tot". Si misura in kWh/m².

EPH : indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

EPW : indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria

EPV : indice di prestazione energetica per la ventilazione

EPC : indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)

EPL : indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale (solo per il settore non residenziale)

EPT : indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili) (solo per il settore non residenziale)

3. IL PROGETTO TripleA-RENO

TripleA-reno è un progetto a livello europeo con l'obiettivo di promuovere, su vasta scala, il rinnovamento energetico del patrimonio edilizio esistente, e di dare ai singoli e alle comunità la possibilità usufruire di tali sviluppi. L'obiettivo finale del progetto è quello di fornire gli strumenti per semplificare l'accesso alle singole procedure di rinnovamento energetico, accelerare il processo di riqualificazione nel suo complesso e garantire risultati di alta qualità per gli utenti finali.

Il progetto TripleA-reno è nato sull'invito EE-11-2016-2017: "Overcoming market barriers and promoting deep renovation of buildings" (superare le barriere del mercato e promuovere un profondo rinnovamento degli edifici), ed è supportato e approvato da quattro organizzazioni europee:

- Housing Europe, in rappresentanza delle federazioni e dei dirigenti delle abitazioni;
- ACE - Architects' Council of Europe, in rappresentanza degli architetti professionisti europei;
- REHVA - Federation of European HVAC Associations, in rappresentanza degli ingegneri europei del filone HVAC, ingegneria energetica e fisica delle costruzioni,
- UIPI - Unione Internazionale dei Proprietari, in rappresentanza dei proprietari.

Il progetto risponde alle seguenti sfide specifiche dell'invito:

- passare dall'attuale incremento annuo di ristrutturazioni dell'1,2% ad almeno il 2-3% annuo;
- migliorare le prestazioni energetiche degli edifici a seguito di lavori di ristrutturazione e conformare le tariffe;
- puntare l'attenzione su salute e benessere degli occupanti in quanto rilevanti nei processi di ristrutturazione e cruciali per l'accettazione dei lavori agli utenti.

Ciò significa che dobbiamo cercare di comprendere le motivazioni e le influenze degli utenti finali, il loro comportamento e le loro abitudini, soprattutto in relazione al consumo di energia e al modo di prendere decisioni per accettare in profondità i lavori di ristrutturazione. Inoltre, la salute e il benessere delle persone devono essere chiaramente affrontati, in quanto sono un importante fattore di motivazione per il processo decisionale e per l'accettazione generale di un profondo rinnovamento dell'edificio in cui vivono, piuttosto che ragionare solamente sui minori costi energetici.

L'attività di ristrutturazione del patrimonio edilizio europeo è ostacolata da molte barriere. In particolare, TripleA-reno si concentra su quattro di questi ostacoli delineando una via per rimuoverli:

- a. il mercato europeo delle ristrutturazioni è sviluppato dall'alto verso il basso e quindi è orientato all'offerta. Ciò provoca una discrepanza tra chi offre prodotti e pacchetti e le esigenze degli utenti finali, e di conseguenza ciò che effettivamente possono e sono disposti a permettersi. Inoltre, mancano strumenti allettanti nel processo decisionale affinché gli utenti finali possano iniziare a essere coinvolti in modo approfondito nel processo di ristrutturazione. Si è pensato di fornire e promuovere ai nuovi consumatori modelli di business orientati all'utente finale e basati su prestazioni energetiche comprovate che facilitano il processo decisionale.
- b. Il mercato delle ristrutturazioni è profondamente frammentato. Serve una conoscenza approfondita della materia ed un impegno significativo da parte dei consumatori per attuare il desiderio di rinnovamento degli edifici. Per facilitare il processo, si è pensato ad un servizio di intermediazione che costruisca in modo trasparente le catene di approvvigionamento.
- c. C'è una generale mancanza di visione delle prestazioni energetiche totali che deve avere un edificio, cioè energia, comfort interno degli ambienti, salute e benessere; nonché è assolutamente necessario un serio controllo di qualità del processo di ristrutturazione in combinazione con una forza lavoro pienamente qualificata e attrezzata. Si è pensato di offrire agli utenti finali una visione chiara delle prestazioni energetiche e ambientali dell'edificio, nonché di altri aspetti positivi per un migliore controllo di qualità in combinazione con lo sviluppo professionale continuo e il miglioramento delle capacità della forza lavoro.
- d. Dopo il processo di ristrutturazione, vi è una generale carenza di dati sulle prestazioni reali dell'edificio, su energia, comfort interno degli ambienti e soprattutto salute e benessere in relazione alla ristrutturazione. Si ritiene necessario fornire tali informazioni in modo comprensibile e personalizzato agli utenti / consumatori finali.

I modelli di business orientati all'utente finale forniranno strumenti decisionali basati sull'evidenza per raggiungere almeno il livello di "ristrutturazione profonda", cioè almeno il 60% di risparmio energetico rispetto ai livelli prima della ristrutturazione, e in più presenteranno un'offerta, delineata con ulteriori passaggi, per raggiungere le prestazioni di edifici a energia quasi zero (nZEB).

Il concetto su cui si basa TripleA-reno è quello di utilizzare un approccio basato sull'antropologia per migliorare la comunicazione e il processo decisionale dei consumatori e degli utenti finali. Questo si fonda sull'ipotesi che l'energia sia utilizzata dalle persone (per garantire un livello di comfort termico) piuttosto che da edifici o dispositivi che utilizzano energia. Quindi, l'attenzione deve essere focalizzata sulle abitudini quotidiane e pratiche culturali degli utenti con l'obiettivo di ridurre il consumo di energia in diversi ambienti e aumentare la consapevolezza in generale.

La prospettiva antropologica, basata sulla ricerca etnografica (osservazione dei partecipanti, interviste, focus gruppi, ecc.), fornisce uno strumento per lo studio approfondito delle persone e delle loro abitudini e fornisce un dato affidabile per il monitoraggio.

TripleA-reno punta la sua attenzione su edifici residenziali, rivolgendosi sia ai consumatori che agli utenti finali. In particolare, si concentra su un target specifico:

- condomini: i residenti possono essere proprietari o inquilini,
- edifici plurifamiliari di proprietà di società di edilizia popolare o di proprietà di un comune: inquilini,
- abitazioni unifamiliari di proprietà privata: occupante / proprietario.

La strategia TripleA-reno è quella di collegare soluzioni, esperienze e metodologie provenienti da questi recenti progetti in una piattaforma aperta e orientata agli utenti finali per la co-creazione di progetti di riqualificazione della propria abitazione sulla base di comprovate soluzioni tecnologiche.

Una caratteristica importante della piattaforma è che verrà utilizzata per la costruzione di una comunità, ovvero la piattaforma sarà un luogo per condividere esperienze, confrontare soluzioni e prestazioni complessive ecc.

La piattaforma verrà “gamificata” per renderla attraente, intuitiva e in questo modo migliorare l’esperienza dell’utente finale. Ciò significa che gli elementi di progettazione del gioco verranno utilizzati in un contesto non di gioco, ma in modo strategico. Le funzioni di gioco saranno utilizzate per sfruttare il naturale desiderio delle persone di migliorare le proprie case (rinnovamento energetico), aumentare la consapevolezza degli utenti e migliorare il loro benessere generale a casa (migliorare la salute e il benessere).

La piattaforma sarà costruita su:

- dati basati su tecnologie dimostrate, misure di “opzioni senza rimpianti”, dati su strumenti comprovati e di successo (a supporto il processo decisionale);
- visualizzazioni accattivanti, che mostrano il valore architettonico delle soluzioni;

- creazione rapida e semplificata di modelli 3D di edifici esistenti per mostrare l'effetto delle scelte;
- buoni algoritmi e meccanismi di valutazione sociale;
- integrazione delle lezioni apprese dalla ricerca comportamentale per comunicare e sfidare gli utenti nel modo giusto, supportato con strumenti per la realizzazione di un business plan.

Questa piattaforma può essere considerata come un ecosistema di parti interessate in cui conoscenze, competenze e tecnologia sono condivise per il miglioramento degli edifici, generando così affari. La piattaforma aperta potrà essere utilizzata anche per la connessione con i fornitori europei di materiali per l'edilizia.

Le fasi del progetto in TripleA-reno sono direttamente collegate agli obiettivi del progetto.

La prima fase è finalizzata alla comprensione dei contesti e dei processi di rinnovamento energetico. Per raggiungere questo obiettivo, saranno utilizzati diversi casi di studio in cui avranno luogo processi di ristrutturazione in diversi Paesi membri dell'Unione Europea. Come detto saranno utilizzati metodi etnografici qualitativi di ricerca sul campo per illustrare come i contesti specifici della località influenzano i processi di ristrutturazione.

Nella prima fase, il progetto si concentrerà sugli edifici all'inizio del loro processo di ristrutturazione. L'analisi e il confronto incrociato dei risultati dei diversi casi studio illustrerà la complessità dei processi di ristrutturazione prendendo in considerazione le realtà quotidiane, le motivazioni e le questioni affrontate da tutti gli attori coinvolti nei processi.

L'Università di Bologna - UNIBO è coinvolta nel progetto TripleA-reno in quanto partner responsabile per lo sfruttamento e l'analisi dei principali risultati inerenti alla prima fase di progetto. Tali dati riguardano i fattori tecnici e sociali nei diversi tipi di edifici e gli utenti finali considerati sia come consumatori che come produttori di energia (dati rilevati attraverso report etnografici). I risultati potranno poi essere sfruttati in ambito tecnico ed economico per studiare la fattibilità di possibili interventi su diversi tipi di costruzione, inoltre potranno essere utili per capire le soluzioni di rinnovamento degli immobili preferite dagli utenti finali.

3.1. I CASI DIMOSTRATIVI

I casi di studio dimostrativi presi a riferimento per la prima fase da TripleA-reno sono 8 e sono localizzati in diversi Paesi dell'Unione Europea: Italia, Grecia, Spagna, Slovenia, Ungheria e Olanda.

Questi casi saranno di riferimento come progetti pilota per ulteriori interventi di ristrutturazione che si svolgeranno durante la durata del progetto in aree di impatto mirate specifiche. Dall'analisi dei casi dimostrativi emergerà un potenziale di replica diretto per i successivi progetti di ristrutturazione.

In Italia i casi dimostrativi si identificano in un gruppo di edifici provenienti da aree geografiche diverse e che rappresentano allo stesso tempo differenti scenari di social housing italiano. Il principale aspetto che li accomuna e che li lega è che insistono sulla medesima regione climatica, la padana, e quindi devono affrontare gli stessi problemi in termini di consumo energetico. Nella valle del Po gli inverni si presentano piuttosto freddi e le estati calde e umide.

Inoltre, questi tre edifici hanno una concezione strutturale diversa e mostrano varie soluzioni architettoniche in termini di stratigrafie, tetti e finestre perché sono stati costruiti in anni differenti: anni '30, anni '60 e anni '80.

L'obiettivo è sfruttare questa varietà di edifici per comprendere meglio la complessità di una ristrutturazione importante in questa specifica zona climatica, e conseguentemente analizzare i diversi problemi tecnici e anche i diversi quartieri.

Il gruppo di edifici italiano sarà analizzato utilizzando principalmente l'approccio etnografico per evidenziare come i diversi comportamenti dei residenti cambino o meno tra i diversi luoghi.

I partner italiani UNIBO e FEDERc realizzeranno attività incentrate sulla raccolta di informazioni e ricerche mirate nei tre edifici. Saranno distribuiti tra gli abitanti dei questionari con l'obiettivo di analizzare la prospettiva degli occupanti, e successivamente si utilizzerà l'etnografia sensoriale per determinare la relazione tra consumo di energia, qualità dell'ambiente interno e volontà degli utenti di pagarlo. I risultati della ricerca rappresenteranno la base per definire gli attuali stili di vita delle persone e redigere raccomandazioni per lo sviluppo della piattaforma aperta e dei modelli di business correlati.

FEDERc e UNIBO cercheranno di favorire lo scambio di esperienze ed informazioni all'interno del gruppo di edifici coinvolgendo residenti, investitori e manager.

3.2. CONCORDIA SAGITTARIA

Concordia Sagittaria è un comune della città metropolitana di Venezia nella regione Veneto, con 10.383 abitanti.

Importante centro romano, Iulia Concordia, è stata fondata, secondo l'ipotesi attualmente più accreditata, nel 42 a.C. presso l'incrocio della Via Annia con la Via Postumia.

Successivamente, probabilmente in età medievale, il centro è stato denominato solo Concordia, fino al 1868 quando un Regio Decreto ne determina l'appellativo di Concordia Sagittaria, riferendosi all'antica fabbrica di frecce (in latino sagittae) che vi trovò sede all'inizio del IV sec. d.C.

Le antiche origini di Concordia non debbono tuttavia dimenticare il presente: oggi essa è un Comune della provincia di Venezia di oltre diecimila abitanti, centro agricolo, artigianale e commerciale, in continua espansione, grazie alla sua gente attiva e laboriosa, ricca di vitalità e ingegno, nello sforzo di costruire un futuro migliore. In Concordia passato e presente convivono nello spirito della sua gente, come antico e moderno nella struttura urbanistica, non senza qualche difficoltà, perché le esigenze dell'uno si scontrano talvolta con quelle dell'altro.

In epoca romana fece parte della Regio X Venetia et Histria. Scavi recenti hanno portato alla luce resti di magazzini, domus, terme (via Claudia), pozzi e tratti del decumanus maximus. Sotto la cattedrale sono state rinvenute le fondamenta della basilica paleocristiana. Sulla sinistra del fiume Lemene un sepolcreto del IV-V sec. d.C., detto "Sepolcreto dei militi" per l'alto numero di iscrizioni sui sarcofagi, testimonia che vi erano stanziati delle truppe romane.

Nel centro storico di Concordia Sagittaria è possibile visitare importanti resti di epoca romana seguendo un percorso continuo che collega le principali aree archeologiche. Punto di partenza di tale itinerario è Piazza Cardinal Costantini, sede della Cattedrale al di sotto della quale sono visitabili: un tratto urbano della strada romana Annia, parte dei magazzini extraurbani dei primi secoli dell'Impero e il celebre complesso paleocristiano noto con il nome di Basilica Apostolorum. L'area archeologica di Piazza Cardinal Costantini è di competenza del Polo Museale del Veneto.

Da qui, la passeggiata archeologica prosegue verso nord fino a raggiungere un tratto delle mura urbane e i resti di un complesso termale di epoca romana, ancora visibili nell'area archeologica ad essi dedicata.

Il percorso segue poi l'attuale via Mazzini fino all'incrocio con via Claudia, dove si trovava la porta urbana settentrionale, presentata in un pannello tematico. A vista sono collocati alcuni basoli di trachite, a ricostruire un frammento del *Cardo Massimo*, il principale asse viario nord-sud della città. All'incrocio tra via Claudia e via 8 marzo il percorso tocca due aree di scavo, corrispondenti l'una a una parte dell'abitato antico con la *Domus dei Signini*, l'altra allo spazio anticamente occupato dal Teatro romano, ora evocato da una siepe in bosso che definisce l'originario perimetro semicircolare del teatro. In questa zona, dove attualmente è stato ricavato un parco urbano attrezzato, è ubicato l'edificio oggetto di studio che si colloca pertanto nella zona nord-ovest della cittadina e che può godere di un affaccio diretto sul verde pubblico in una zona tranquilla e lontana dalle zone più trafficate del paese.

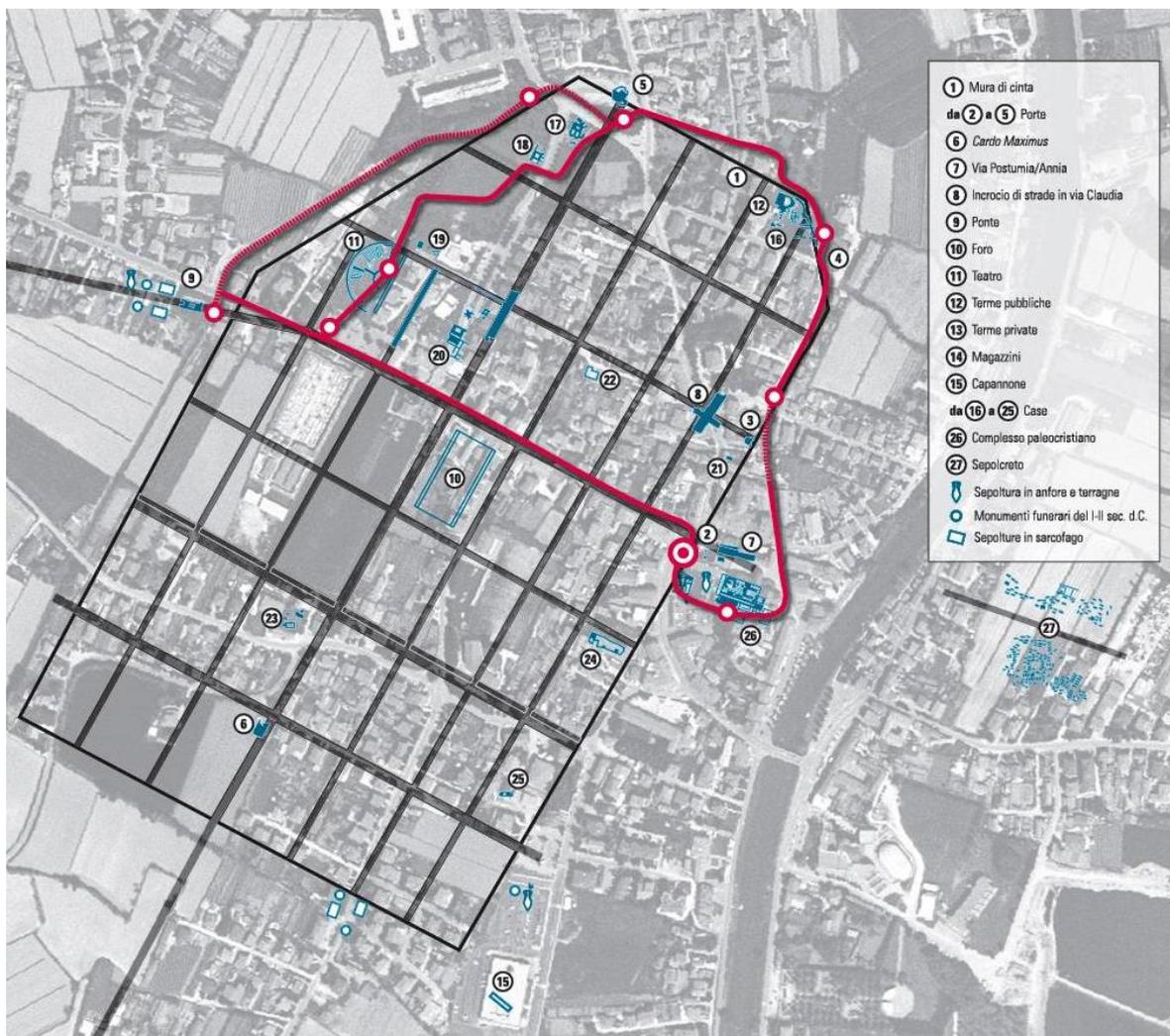


Figura 8 - Percorso archeologico delle rovine romane (colore magenta) - Impianto romano della città (grigio) - Ubicazione dell'edificio oggetto di studio

Da qui si raggiunge l'ultima tappa, in corrispondenza dell'accesso occidentale, rappresentata dall'area archeologica del Ponte romano, visibile lungo via S. Pietro e al di sopra del quale passava la via Annia al suo ingresso in città.

Si ritorna verso l'area della basilica percorrendo il Decumano Massimo, la strada principale che tagliava in senso est-ovest l'impianto urbano, costeggiando il Foro, oggi non più visibile.

Dopo le invasioni barbariche Concordia entrò a far parte del Ducato Longobardo di Cividale.

Nel Medioevo fu parte integrante prima della Marca del Friuli e poi dello Stato patriarcale di Aquileia. Nel 1420 venne annessa assieme all'intera regione friulana alla Repubblica di Venezia. Nel 1838 Concordia venne scorporata dalla Patria del Friuli per essere aggregata alla provincia di Venezia.

Si tratta di un centro da sempre sospeso tra Veneto e Friuli: anche nel nuovo millennio, pur essendo amministrativamente Veneto, gli abitanti autoctoni parlano un dialetto di tipo friulano occidentale con influssi veneti, e possiedono tradizioni di origine friulana.

Diocesi dalla fine del IV secolo, non ha mai perso la dignità di sede della cattedrale, anche se i vescovi non vi abitano dal 1586, quando per disposizione della Santa Sede trasferirono la loro residenza a Portogruaro, e successivamente a Pordenone nel 1974.

3.3. IL CASO DI STUDIO - CASO 3.C

L'edificio oggetto di studio è ubicato in comune di Concordia Sagittaria, via Julia numeri civici dall'1 al 43 (denominata anche via Julia n.3).

Su questo immobile è stato già varato un piano di ristrutturazione di primo livello per migliorare l'isolamento delle facciate, il comfort interno e anche la sicurezza statica dell'edificio.

Il fabbricato si sviluppa longitudinalmente secondo la direttrice est-ovest lasciando i fronti maggiormente finestrati a nord e a sud.

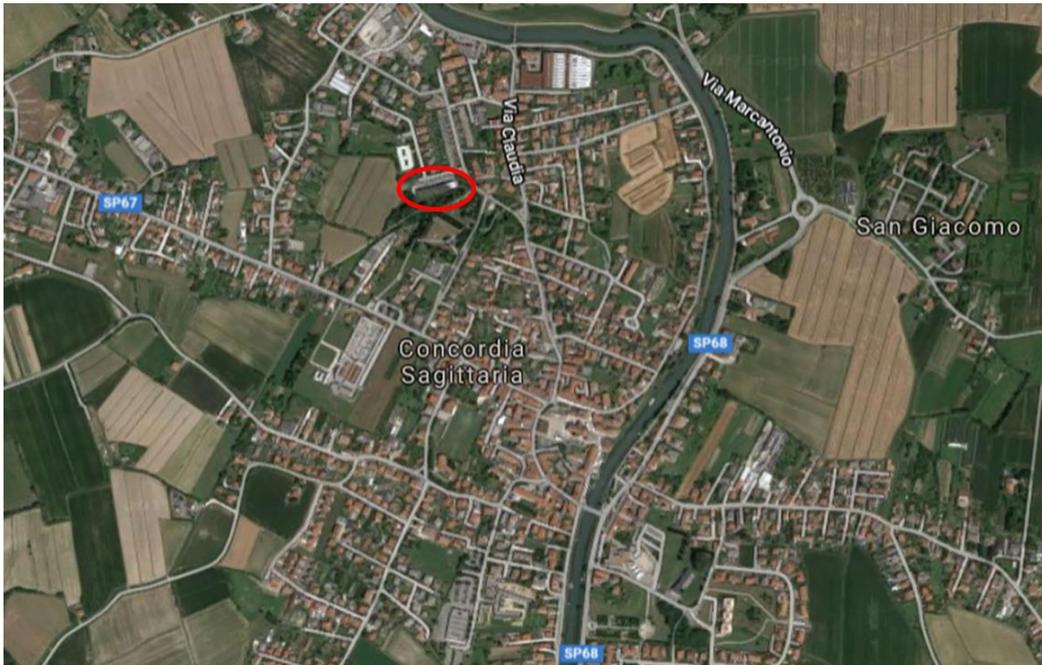


Figura 9 - Vista dall'alto di Concordia Sagittaria (VE)

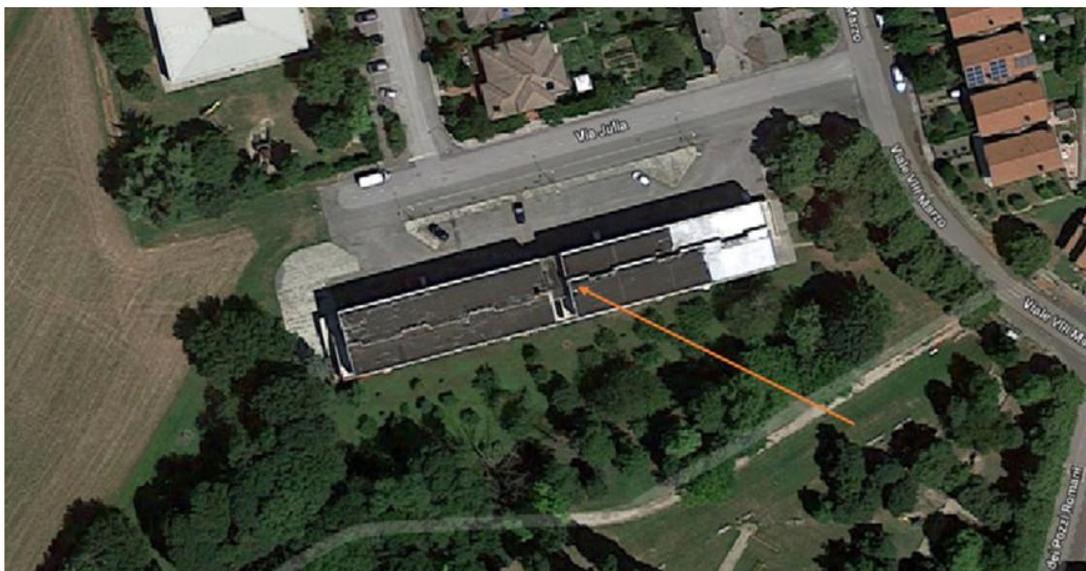


Figura 10 - Vista dall'alto dell'edificio ATER di riferimento

Il fabbricato di tipo condominiale, edificato tra il 1977 ed il 1978, è di proprietà di A.T.E.R. Venezia e ospita 21 alloggi su quattro piani fuori terra; non è presente un piano interrato. Complessivamente si presenta di forma rettangolare allungata, con dimensioni di 80 m di lunghezza e 12 m di larghezza; è diviso in due blocchi, che denomineremo blocco EST e blocco OVEST.

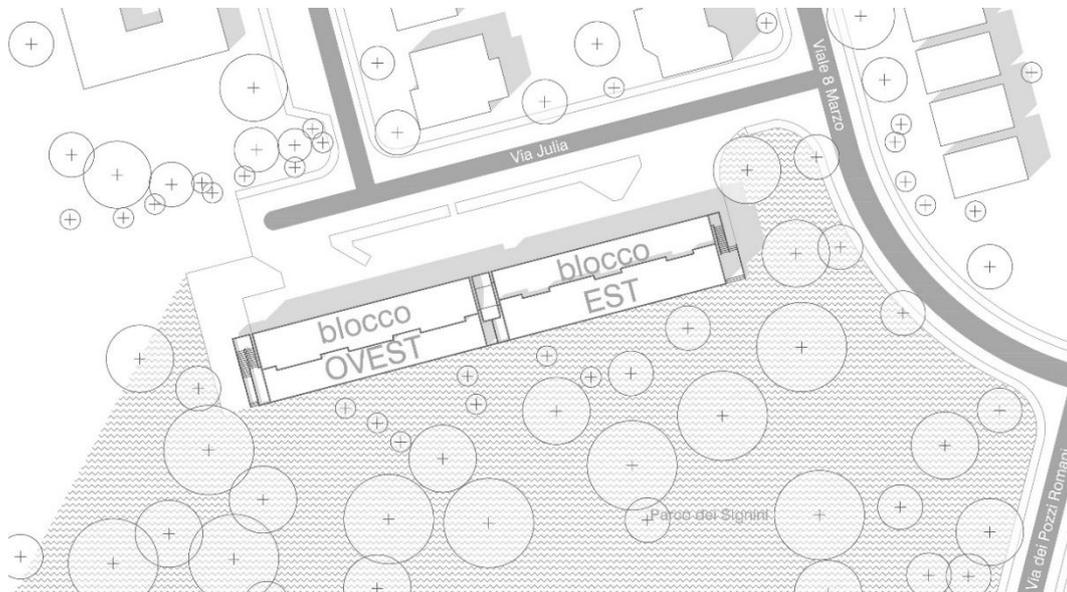


Figura 11 - Planimetria edificio

Dei quattro piani fuori terra, il piano terra si divide longitudinalmente in una zona destinata ad autorimessa, prospiciente l'accesso dalla strada, e una posteriore leggermente rialzata, circa 42 cm fuori terra, con un porticato aperto sul parco pubblico.



Figura 12 - Prospetto nord



Figura 13 - Porticato lato sud



Figura 14 - Prospetto sud

Il blocco OVEST si eleva per tre piani sfalsati in senso longitudinale di mezzo piano e ospita al primo livello abitato appartamenti monopiano e superiormente appartamenti del tipo semi-triplex. Il blocco EST, invece, si eleva per quattro piani sempre sfalsati in senso longitudinale di mezzo piano e ospita appartamenti del tipo semi-duplex.



Figura 15 - Blocchi scale

Gli alloggi sono serviti da tre scale poste rispettivamente al centro e ai lati del fabbricato. L'accesso agli alloggi è assicurato da ballatoi che si estendono lungo tutta la lunghezza di ogni blocco principale. I ballatoi si presentano tutti ad altezze di piano differenti. La copertura è del tipo piana e non è accessibile, anch'essa risulta sfalsata di mezzo piano in senso longitudinale.

Complessivamente sul lato strada il fabbricato ha un'altezza uniforme di 12,00 m, mentre sul lato parco il blocco OVEST ha un'altezza di 10,20 m e il blocco EST di 13,50 m.

3.3.1. CONFIGURAZIONE ARCHITETTONICA

Come detto, grazie alle scale si accede direttamente ai ballatoi, i quali permettono l'accesso diretto agli alloggi.

Il blocco EST presenta due ballatoi a due quote differenti, uno sul lato nord, che permette l'accesso a 6 appartamenti, e l'altro sul lato sud, anch'esso che permette l'ingresso in 6 alloggi. Il blocco OVEST, invece, presenta un solo ballatoio dal lato parco che fornisce l'accesso agli appartamenti sia monopiano che semi-triplex, per un totale di 9 appartamenti.

La conformazione architettonica vede gli appartamenti incastrati gli uni sopra gli altri ripetersi in disposizioni sempre simili, ripetute identiche o speculari, in una disposizione che sembra favorire una logica di prefabbricazione, benché la tipologia

costruttiva sia di tipo tradizionale in calcestruzzo e prefabbricata solo in determinate soluzioni locali.



Figura 17 - Prospetti longitudinali



Figura 16 - Prospetti laterali

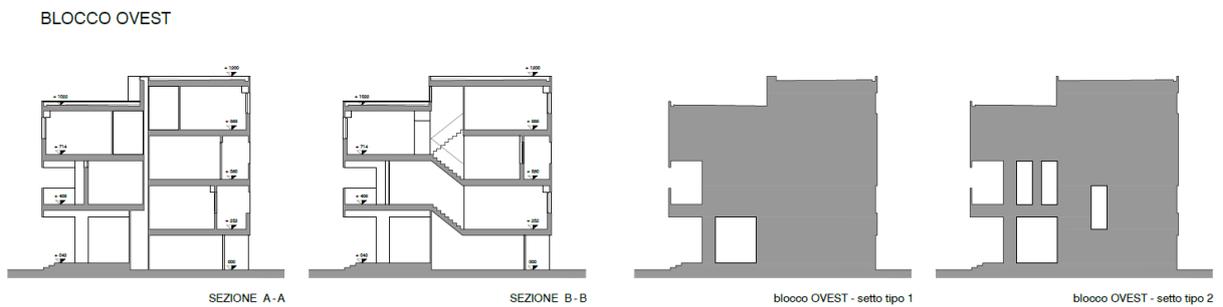


Figura 18 - Sezioni Blocco OVEST



Figura 19 - Sezioni Blocco EST e vano scala centrale

3.3.2. TIPOLOGIA STRUTTURALE

Le strutture portanti del fabbricato sono costituite da pilastri e travi ribassate in calcestruzzo armato, le pareti sono in calcestruzzo debolmente armato e i solai in laterocemento a pannelli prefabbricati di due differenti larghezze con pignatte di 20 cm di altezza e una caldana armata di 4 cm di spessore. La tipologia di solaio della copertura è analoga a quella impiegata nei piani intermedi.

Sia il blocco EST che il blocco OVEST sono scanditi in senso longitudinale da sette muri di calcestruzzo dello spessore di 18 cm con ai lati due strati di eraclit (pannelli in lana di legno mineralizzata) da 2,5 cm, che caratterizzano notevolmente l'organizzazione architettonica e la tipologia costruttiva del fabbricato.

I setti di calcestruzzo dividono le abitazioni in blocchi che vengono ripetuti specularmente, e costituendo la primaria struttura portante verticale sorreggono le travi e alcune rampe scala interne. La conformazione di questi setti non risulta omogenea: sono generalmente debolmente armati, ma all'interno si riconoscono fasce verticali e orizzontali più armate, che vanno a individuare un'orditura interna di travi e pilastri. Visto lo sfalsamento in orizzontale dei solai di un semipiano, l'orditura interna dei setti risulta particolarmente fitta: infatti ogni setto contiene quattro pilastri di differente spessore e travi in corrispondenza dell'incastro dei solai e sopra ad ogni sbalzo che corrisponde alla copertura di un ballatoio.

Le fondazioni sono del tipo a trave rovescia continua su pali in calcestruzzo armato, con plinti (su tre o quattro pali) ubicati solamente sotto l'appoggio dei pilastri del porticato.

I vani scala principali sono discontinui dalla struttura principale, gettata in continuità: ogni vano scala presenta un muro in calcestruzzo centrale alle rampe e i pianerottoli che poggiano su sporgenze a ginocchio dei solai dei blocchi abitativi adiacenti.

Anche le fondazioni dei blocchi scala (ad eccezione di quello centrale) non sono connesse alle travi rovesce del fabbricato, ma presentano travi rovesce su pali autonome; come conseguenza, l'assestamento differenziale del terreno ha fatto sprofondare i blocchi scala laterali che allo stato attuale presentano un dislivello quantificabile in 2-3 cm con il blocco centrale.

Il fabbricato, nonostante la notevole dimensione longitudinale, non presenta giunti sismici o di dilatazione.

Le pareti che delimitano il fabbricato lungo i lati lunghi, prospetti sud e nord, presentano dall'esterno verso l'interno la seguente stratigrafia: 1 cm intonaco, 12 cm

laterizio, 2 cm lana di roccia, 8 cm laterizio forato, 1 cm intonaco, per uno spessore complessivo di 24 cm.

Sui prospetti corti, lati est e ovest, l'edificio è chiuso da setti in calcestruzzo.

Le aperture finestrate sono presenti solamente sui prospetti lunghi e i serramenti sono originari, in acciaio a vetro singolo e sprovvisti di taglio termico, ed installati sul filo interno. Alcuni inquilini hanno installato doppi infissi in alluminio esternamente.

Sono state anche chiuse le logge sulla facciata a nord, sempre attraverso l'installazione di infissi in alluminio, per evitare che si riempissero di acqua durante i piovvaschi invernali.

Su questi prospetti erano originariamente presenti anche balconi privati delle abitazioni, che in molti casi sono stati chiusi con infissi di tipologia analoga, creando verande o annettendo la porzione di terrazzo all'appartamento.

Con l'obiettivo di limitare l'ingresso di acqua piovana all'interno dei ballatoi, sono stati installati infissi in alluminio anche nelle porzioni terminali esterne di questi ultimi e nella scala centrale.

3.3.3. IMPIANTI

L'impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria è centralizzato. Al piano terra in posizione centrale è presente, in un vano analogo agli altri garage, la centrale termica. In essa è presente un generatore a gasolio collegato ad un bruciatore anch'esso a gasolio e con motore elettrico e due boiler di accumulo dell'acqua per il riscaldamento ed una cisterna di accumulo per l'acqua calda sanitaria. I dati dettagliati relativi all'impianto sono disponibili nella sezione Allegati, allegato C alla pagina 145.

Specularmente alla centrale termica è presente la cabina elettrica di conversione dell'alta tensione che fornisce gli attacchi elettrici a tutti gli alloggi.

Si segnala l'assenza negli appartamenti di termostato e valvole termostatiche ai radiatori per regolare autonomamente il riscaldamento.

Molte unità abitative hanno singolarmente provveduto all'installazione di uno o più climatizzatori per l'impiego in estate. Non si è tenuto conto della presenza di un raffrescamento estivo per la valutazione energetica in quanto non è stato possibile valutare in quali precisi alloggi fossero presenti o meno i climatizzatori e in che misura.

La mancanza di un allaccio gas costringe tutti gli inquilini ad utilizzare bombole per alimentare la cucina.



Figura 20 - Generatore e bruciatore installati

| CENTRALE TERMICA | |
|--|-------------------------------------|
| Tabella di cui art. 9 Comma 8 - D.P.R. 26/08/1993 n.º 412 Regolamento Attuazione art. 4 Comma 4 Legge 09/01/1991 n.º 10 | |
| IMMOBILE | COND. CONCORDIA |
| COMUNE | CONCORDIA SAGG. PROV. VE |
| ZONA CLIMATICA E | |
| Proprietario/Amministratore | |
| EDIFICIO DESTINATO A | ABITAZIONI |
| CATEGORIA | A1 |
| CENTRALE TERMICA | alimentata con COMBUSTIBILE GASOLIO |
| PERIODO DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO | |
| dal 15/10 al 15/04 | |
| Con orario di Attivazione Giornaliera | |
| dalle alle | dalle alle |
| dalle alle | dalle alle |
| Per un totale di ore giornaliere | |
| RESPONSABILE della MANUTENZIONE | |
| Ditta D.B.F. SERVICE di FIN DEVIS | |
| Indirizzo Via Barcis, 20 - SAN DONA' DI PIAVE - VE | |
| Tel. | |
| | |
| | |

Figura 21 - Cartello centrale termica

3.3.4. CONSUMI

Le spese per il riscaldamento a carico dei singoli condomini risultano elevate a causa della scarsa efficienza energetica delle pareti esterne e degli infissi, della presenza della caldaia centralizzata a gasolio, della mancanza di contabilizzazione separata dei consumi e della difficoltà di riscaldare in maniera efficiente un'abitazione su diversi livelli.

Le spese comuni non sono ripartite in funzione degli effettivi consumi, ma secondo una tabella di suddivisione condominiale. La presenza di inquilini morosi o di appartamenti sfitti contribuisce a far aumentare la quota annuale per il singolo condomino.

Per evitare le dispersioni di calore alcuni inquilini hanno provveduto a spese proprie a tamponare la parte alta del vano scale interno. Ulteriore motivazione per questo intervento è anche per nascondere le grandi fioriture che si manifestano nell'intonaco a seguito di infiltrazioni d'acqua dopo abbondanti piogge.

3.3.5. STATO DI CONSERVAZIONE

Il fabbricato versa in uno stato di conservazione mediocre, dovuto a originari difetti costruttivi caratteristici degli anni della sua edificazione e a carenze manutentive.

I criteri di progettazione dell'edificio, seppur di gran moda nel periodo della sua costruzione, fanno presumere che si sia trattato di una “maldestra” riproposizione di una tipologia costruttiva che all'epoca aveva grande appeal. L'edificio è stato sicuramente progettato in modo miope senza tenere in conto l'invecchiamento delle generazioni, gli anziani e le persone con disabilità, e il cambiamento degli stili di vita.

Si possono segnalare diverse carenze tecniche dell'edificio. Oltre ad un isolamento insufficiente, o meglio, nessuno, si è evidenziata spesso l'insufficiente capacità di drenaggio della copertura e la formazione di chiazze umide nelle pareti più esposte.



Figura 22 - Lato nord, vista 1

Due appartamenti nel blocco est, sul lato esterno a est, sono stati modestamente coibentati con un cappotto esterno dello spessore di 4 cm.

La copertura piana protetta solamente da una guaina impermeabile presenta un compluvio che dai prospetti lunghi porta verso il centro dell'edificio e scarica in un cavedio che si apre da cielo a terra in senso longitudinale. Di conseguenza, gli appartamenti agli ultimi piani presentano notevoli problemi di infiltrazione di acqua piovana: macchie nel soffitto, incrostazioni o gocce d'acqua.

Altro problema ricorrente, dovuto alla conformazione degli alloggi su diversi piani, è quello del raffrescamento e riscaldamento. I vani scala interni, infatti, fungono da convettori di aria e rendono difficoltoso il mantenimento di una temperatura ottimale sia in regime invernale che estivo.



Figura 23 - Infiltrazioni in un vano scale



Figura 24 - Incrostazioni e muffe sul soffitto

Altre lamentele generalizzate hanno riguardato il posizionamento del fronte finestrato a nord, che nelle stagioni fredde è bersagliato da piogge e infiltrazioni copiose di acqua, e il fronte a sud che, in maniera opposta, risulta invivibile nella stagione estiva a causa di un grande accumulo di calore essendo privo di elementi schermanti. Inoltre, gli infissi in acciaio originari, a seguito di movimenti di assestamento, presentano spifferi notevoli, amplificati dalla loro natura esile. Questo, congiuntamente alle stratigrafie murarie e ai portoncini di ingresso (in legno tamburato) che danno direttamente sui ballatoi, fanno sì che il livello di coibentazione degli appartamenti non risulti adeguato agli standard attuali.

Le condizioni di manutenzione delle facciate non sono particolarmente buone e si manifestano lesioni e distacchi di intonaco. In particolare, è molto evidente il distacco di porzioni di intonaco sul prospetto nord, più esposto e soggetto alle intemperie, il distacco dei copriferrì nei muri di calcestruzzo dei vani scale e negli angoli inferiori esterni delle travi longitudinali e le lesioni corrispondenti all'appoggio dei tamponamenti esterni sulle travi.

L'edificio non è servito da un sistema di ascensori e la presenza delle scale interne agli appartamenti non rendono l'utilizzo agevole da parte di persone in situazione di handicap.

In più le scale esterne ai due blocchi sono realizzate con mattonelle in cotto che durante il periodo di pioggia rendono l'utilizzo molto pericoloso in quanto notevolmente scivolose ed usurate.



Figura 25 - Angolo blocco EST, lato nord



Figura 26 - Lato nord, vista 2



Figura 27 - Particolare finestra con muffa



Figura 28 - Presenza di muffa nelle logge

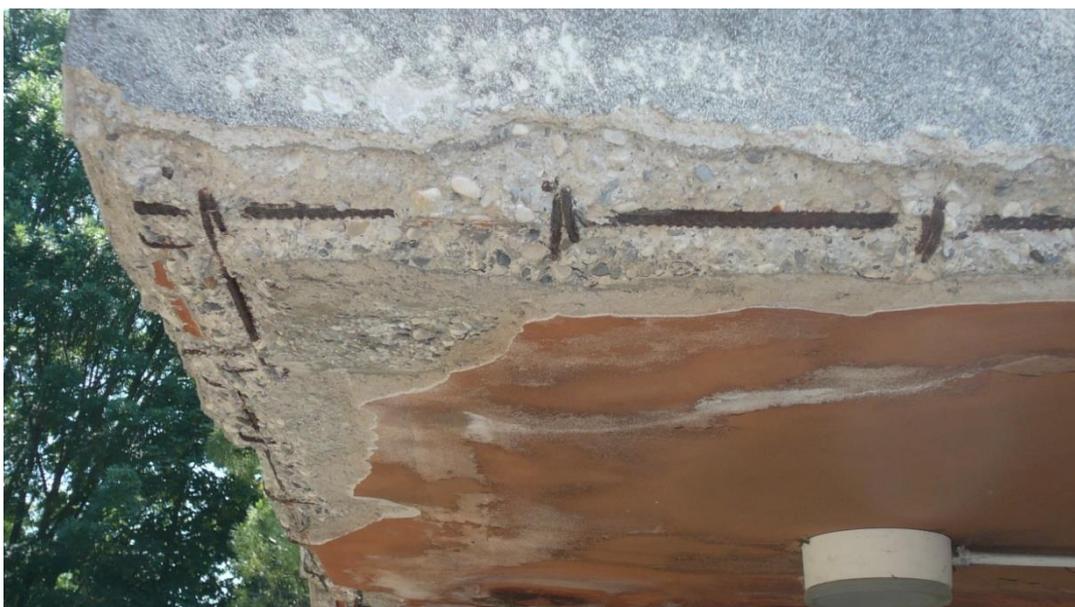


Figura 29 - Particolare: distacco dei copriferrì sul lato sud, porticato

3.3.6. IL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO

Sono previsti per l'edificio alcuni interventi al fine di conseguire un miglioramento energetico ed un miglioramento nella risposta sismica. Questi consistono in:

- realizzazione di un isolamento a cappotto applicato in corrispondenza di tutto l'involucro esterno dell'edificio, compreso il tetto ed il soffitto del porticato al piano terra. In particolare, si applicherà un cappotto dello spessore di 12 cm costituito da pannelli in fibra di vetro (vetro proveniente da riciclo) trattati con resine termoindurenti. In corrispondenza delle facciate dell'edificio poste sul filo esterno il cappotto sarà costituito da un cappotto "sismico" sempre dello spessore di 12 cm, ma con la seguente successione stratigrafica: isolante di 4 cm, parete in c.a. 15 cm e isolante di 8 cm;
- sostituzione dei serramenti con serramenti aventi caratteristiche di trasmittanza in linea con le attuali normative. (Se compatibile con i costi si potranno utilizzare serramenti in PVC ed alluminio aventi $U_w < 1.00 \text{ Wm}^2/\text{K}$);
- riqualificazione del sistema di generazione del calore riconvertendolo da gasolio a gas metano e installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria sfruttando la copertura piana per l'ubicazione dei pannelli solari. Relativamente agli interventi di tipo impiantistico, nel dettaglio si prevede di installare tre caldaie a condensazione con funzionamento a cascata in corrispondenza

della copertura piana dell'edificio, utilizzando il locale tecnico che attualmente contiene la caldaia a gasolio come locale tecnico a servizio dell'impianto solare termico. Verrà inoltre installato un impianto di defangazione ed addolcimento;

- installazione di un sistema di controventi eccentrici posti in corrispondenza dei ballatoi e del porticato al piano terra installati parallelamente alla facciata dell'edificio per garantire la continuità con il cappotto sismico e trasferire quindi a terra le azioni orizzontali dovute al sisma. Tali sistemi di controvento prevedono delle fondazioni proprie collegate a quelle dell'edificio esistente;
- realizzazione di una serie di setti in c.a. in corrispondenza del prospetto nord, posti tra le fondazioni ed il primo solaio, con lo scopo di trasferire a terra le azioni orizzontali, in quanto non è possibile utilizzare i controventi eccentrici i quali, vista la presenza su tale prospetto dei garage, impedivano la fruizione degli stessi. Le fondazioni dell'edificio sulle quali insistono tali pareti verranno opportunamente rinforzate.

3.3.7. A.T.E.R. VENEZIA

L'Azienda Territoriale per l'Edilizia Residenziale di Venezia (A.T.E.R. Venezia), in virtù della Legge Regionale n. 39, del 3 novembre 2017 e del proprio statuto, è un ente pubblico economico strumentale alla Regione Veneto che opera nel settore dell'edilizia residenziale di Venezia ed è dotato di personalità giuridica e autonomia organizzativa, patrimoniale e contabile.

A.T.E.R. opera su tutto il territorio della Città Metropolitana di Venezia attraverso la progettazione, la costruzione, l'acquisto, la ristrutturazione e la gestione dell'edilizia residenziale sovvenzionata, agevolata e convenzionata. Affittando alloggi a tariffe agevolate, contribuisce alla creazione di offerte abitative per soddisfare le esigenze di chi non dispone dei mezzi economici adeguati a potersi rivolgere al mercato immobiliare privato.

Le particolari condizioni di gestione dell'edificio implicano che nessuno dei 21 alloggi sia di proprietà ma che tutti gli occupanti siano in affitto. La proprietà dell'immobile e quindi la gestione della sua manutenzione e conservazione sono a carico dell'azienda A.T.E.R. Venezia. Il processo di rinnovamento, in questo caso, parte quindi direttamente da A.T.E.R. che ha pianificato di effettuare gli interventi sia per soddisfare

alcune pressanti richieste degli inquilini sia per poter accedere a finanziamenti regionali e nazionali che consentissero di godere di agevolazioni.

3.3.8. CONFIGURAZIONE DEGLI APPARTAMENTI

Come detto, il blocco OVEST ospita al primo livello abitato appartamenti monopiano e superiormente appartamenti del tipo semi-triplex.

Per appartamenti monopiano si intendono appartamenti che si sviluppano maggiormente su un unico piano con l'ingresso però situato ad un'altezza di piano diversa. Di questo tipo di appartamenti ne sono presenti 3, tutti con affaccio principale sul lato nord, verso la strada. Si collocano sopra agli ambienti non riscaldati delle autorimesse, ad un'altezza di piano di 2,52 m, con ingresso ad altezza di 4,06 m.

Questa tipologia di appartamenti sarà identificata con i numeri 1,2 e 3.

Gli appartamenti semi-triplex, invece, si sviluppano su 3 piani più il piano di ingresso.

Si accede a questi appartamenti tramite il ballatoio all'altezza di piano di 4,06 m per poi salire all'interno dell'alloggio alle altezze di 5,60 m, 7,14 m e 8,68 m. Questa tipologia di appartamento presenta affacci sia sul lato sud che sul lato nord; particolare caratteristica è la presenza di un'ampia loggia sul lato nord a livello della zona giorno. Attualmente le logge si presentano tutte chiuse con finestrature in alluminio per evitare che si riempiano di acqua durante le giornate di pioggia.

Sono presenti 6 appartamenti di questo tipo; verranno identificati con i numeri 10, 11, 12, 13, 14, 15.

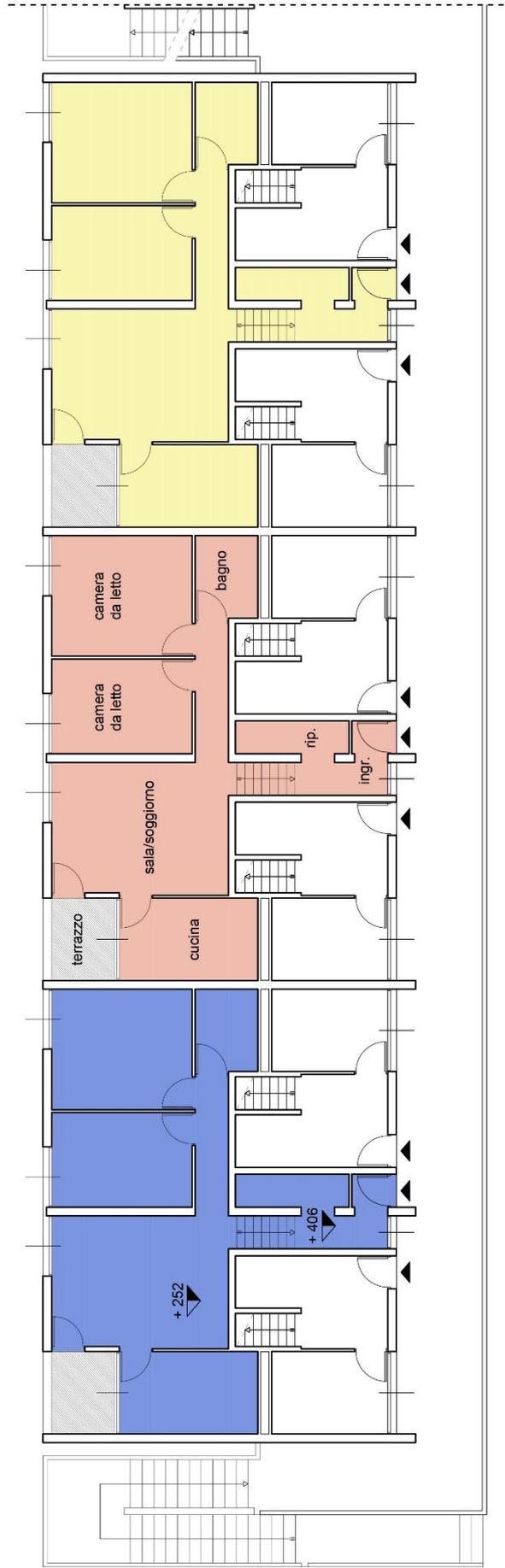
Il blocco EST, invece, ospita appartamenti solo del tipo semi-duplex incastrati gli uni sugli altri.

La tipologia di appartamento semi-duplex si articola su due piani più il piano di ingresso. I piani si presentano tutti di simile metratura. Si accede a questi appartamenti tramite due ballatoi: uno posto ad altezza di 2,52 m e l'altro posto ad un'altezza di 7,14 m.

Gli appartamenti con ingresso ad altezza di piano di 2,52 m svilupperanno i loro ambienti anche alle altezze 4,06 m e 5,60 m; questi si affacceranno maggiormente sul lato nord e saranno identificati con i numeri 4, 5, 6, 7, 8, 9.

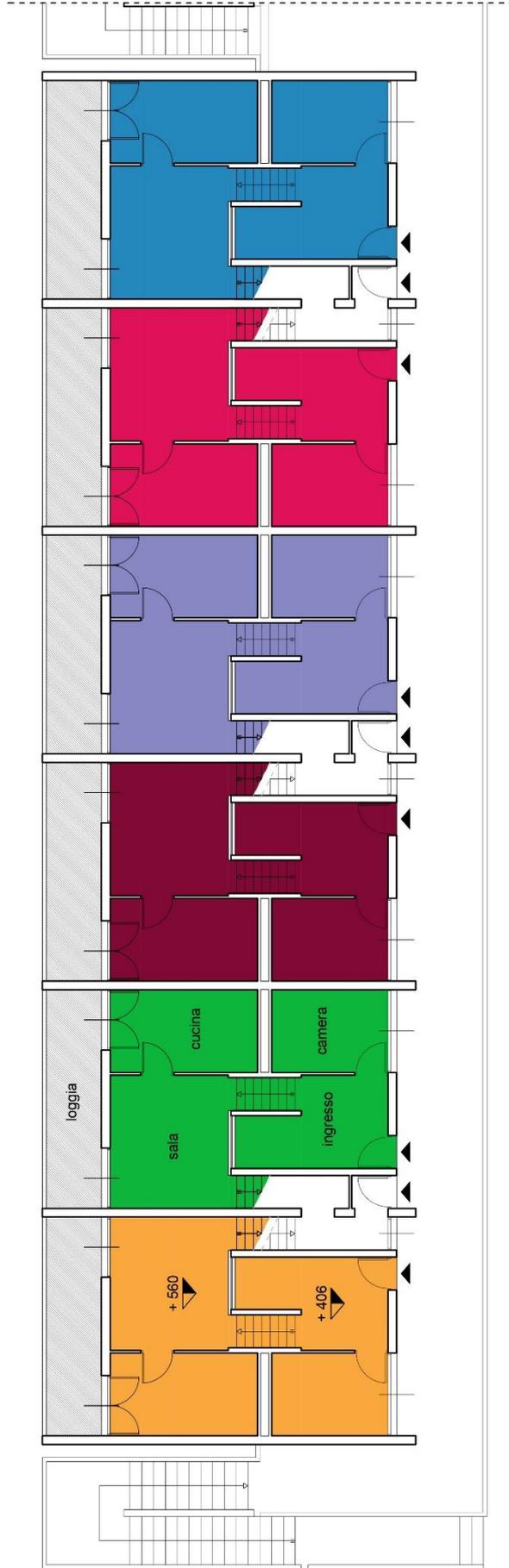
Invece, gli alloggi con ingresso ad altezza di piano di 7,14 m si conformeranno sui piani di altezza 8,68 m e 10,22 m e avranno affaccio maggiore sul lato sud. Questi ultimi saranno indicati con i numeri 16, 17, 18, 19, 20, 21.

BLOCCO OVEST
PIANO PRIMO h 252cm e h 406cm



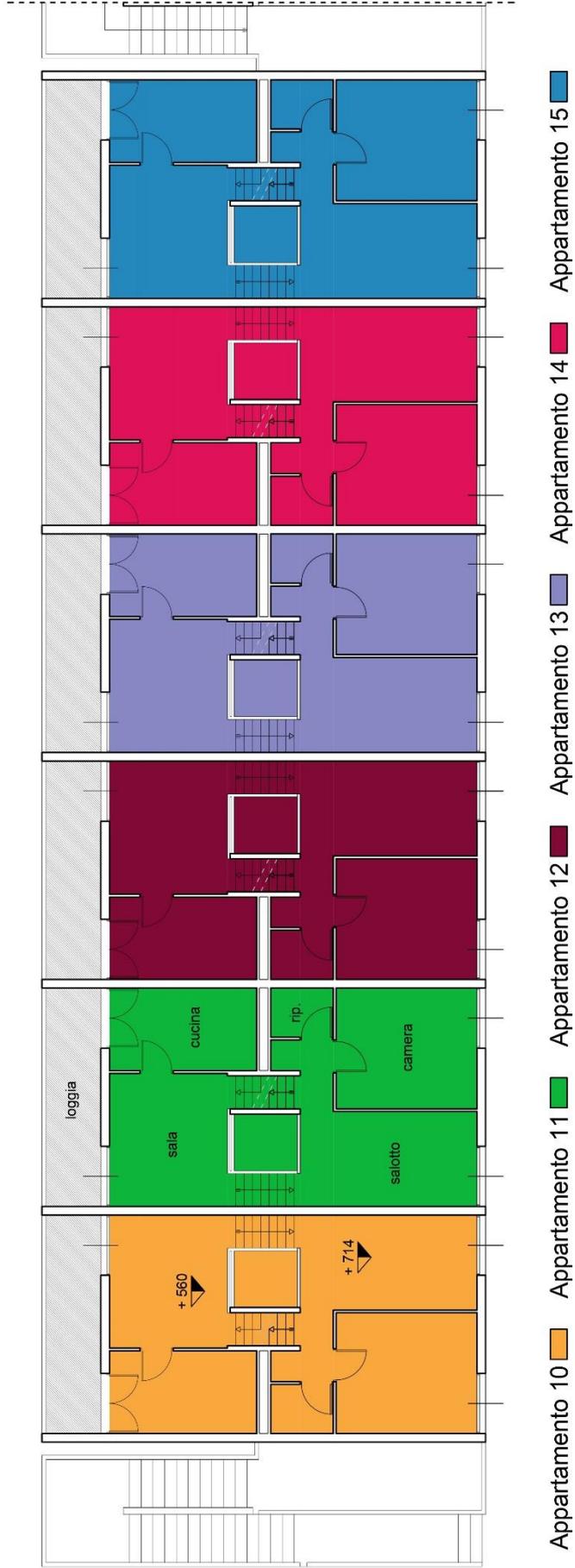
Appartamento 1  Appartamento 2  Appartamento 3 

BLOCCO OVEST
PIANO PRIMO h 406cm e PIANO SECONDO h 560cm

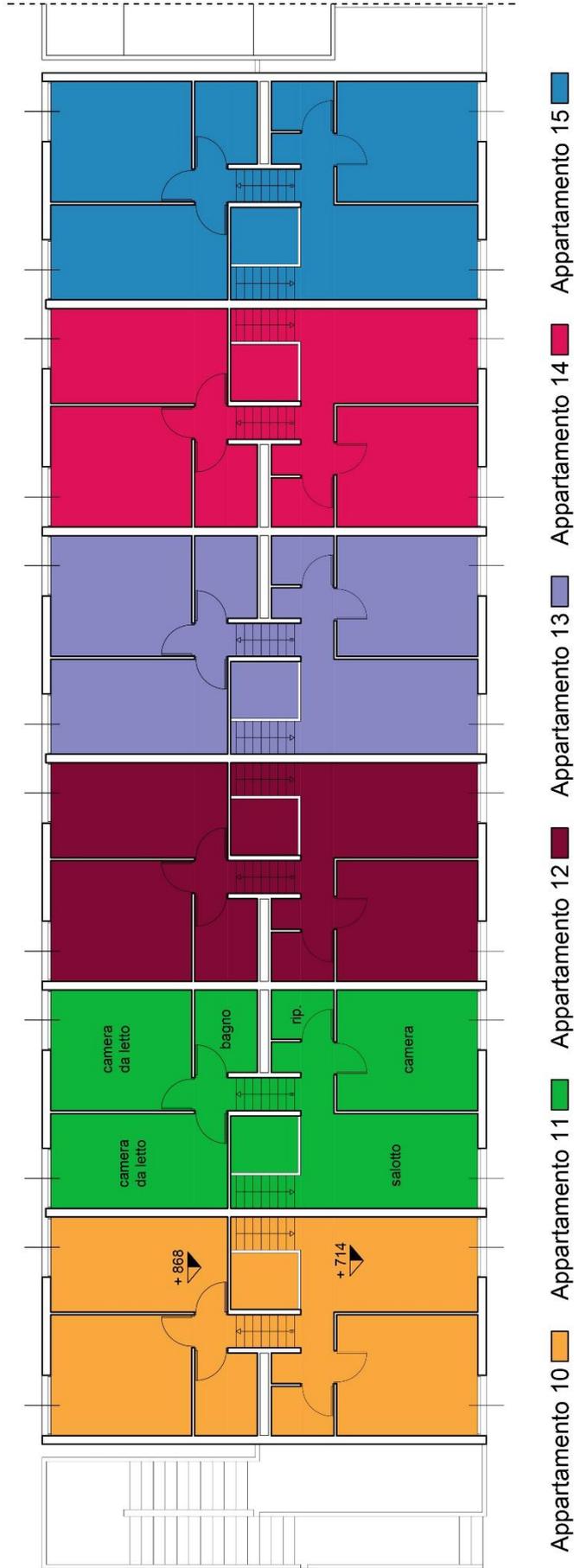


Appartamento 10  Appartamento 11  Appartamento 12  Appartamento 13  Appartamento 14  Appartamento 15 

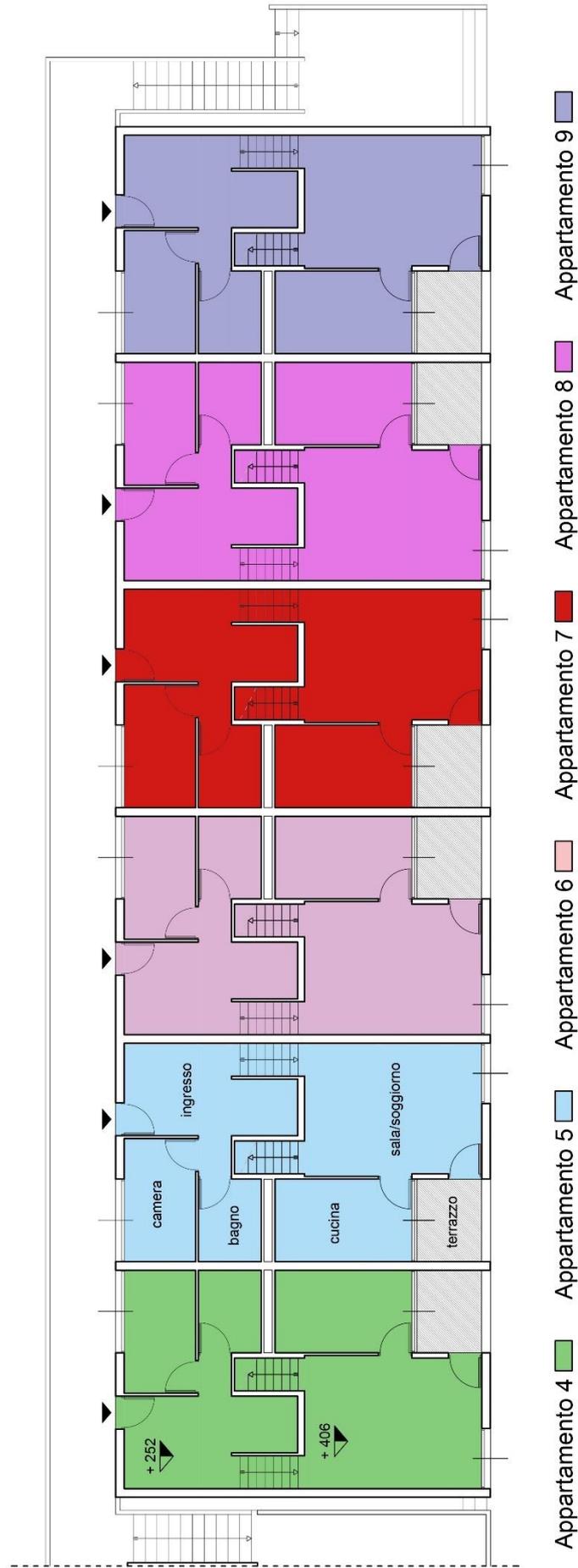
BLOCCO OVEST
PIANO SECONDO h 560cm e h 714cm



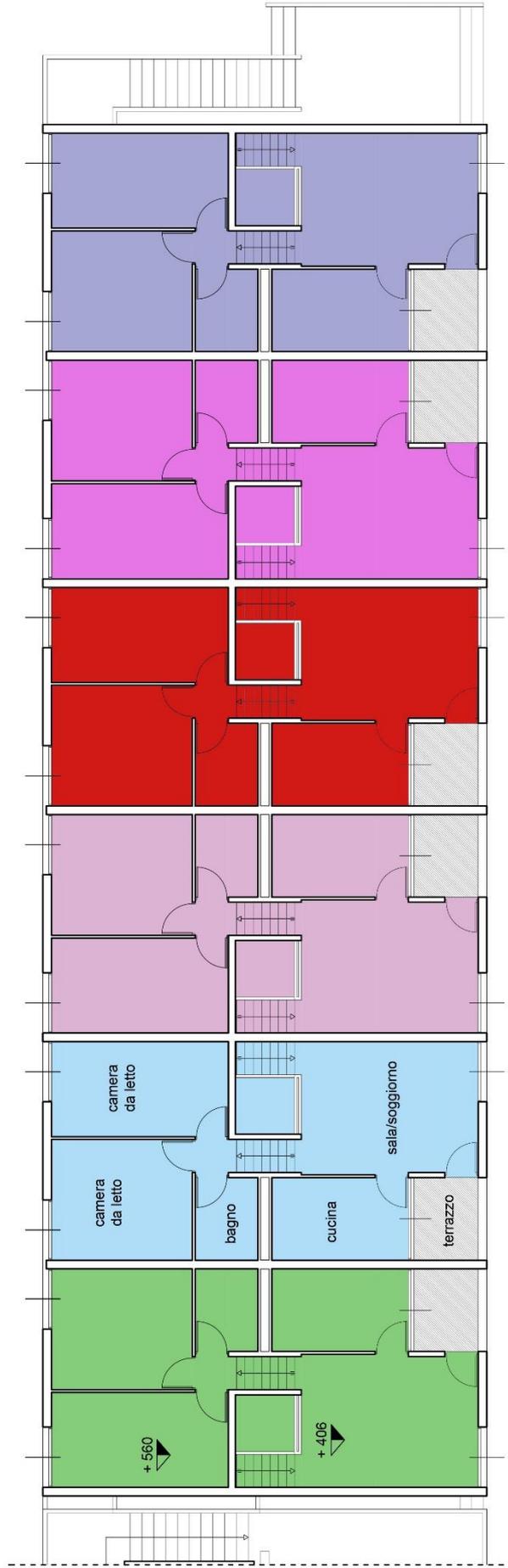
BLOCCO OVEST
PIANO SECONDO h 714 cm e TERZO h 868cm



BLOCCO EST
PIANO PRIMO h 252cm e h 406cm



BLOCCO EST
 PIANO PRIMO h 406cm e PIANO SECONDO h 560cm

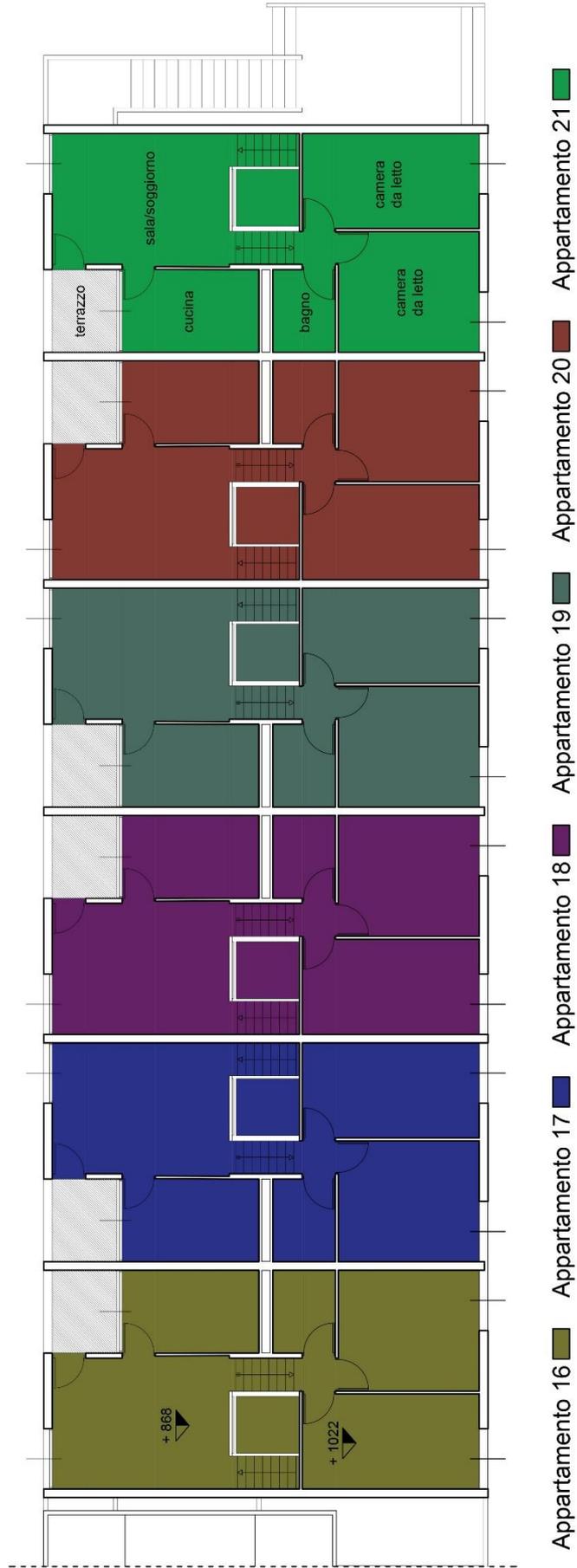


- Appartamento 4 Appartamento 5 Appartamento 6 Appartamento 7 Appartamento 8 Appartamento 9

BLOCCO EST
PIANO SECONDO h 714 cm e TERZO h 868cm



BLOCCO EST
PIANO TERZO h 868cm e h 1022cm



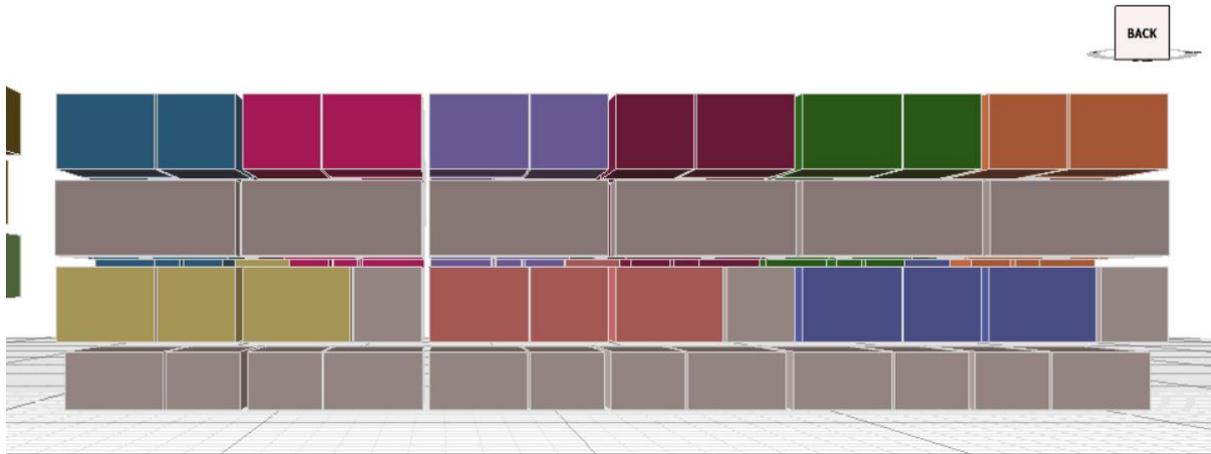


Figura 30 - Conformazione appartamenti lato nord blocco ovest

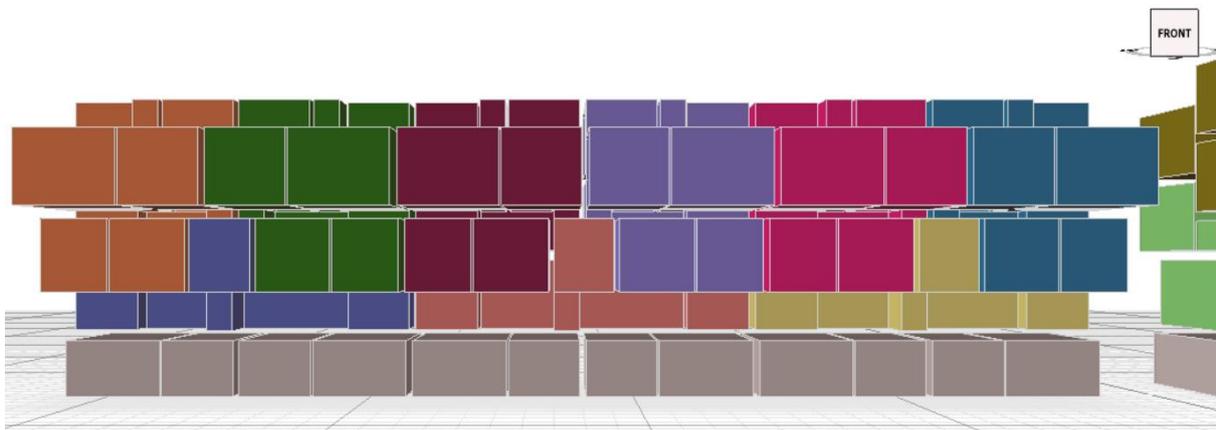


Figura 31 - Conformazione appartamenti lato sud blocco ovest

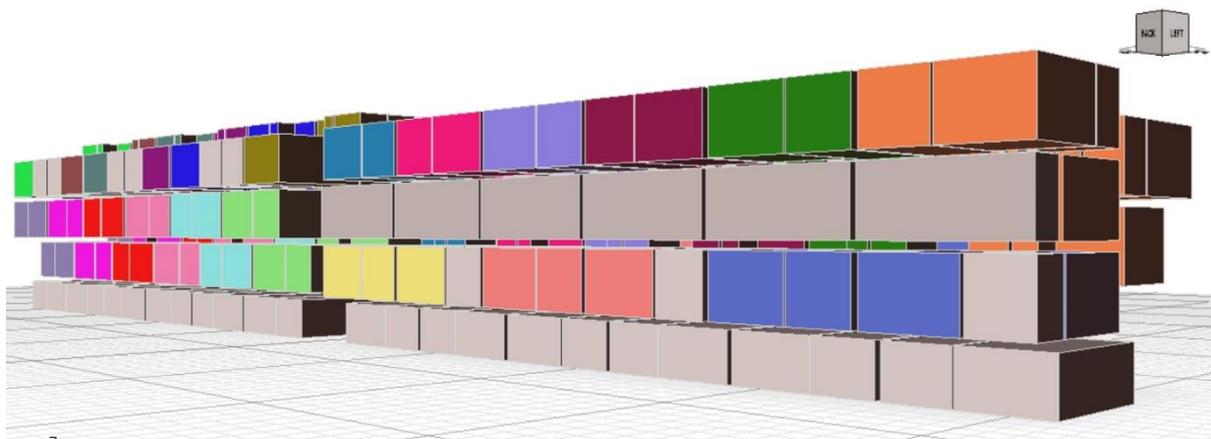


Figura 32 - Conformazione appartamenti vista nord-ovest

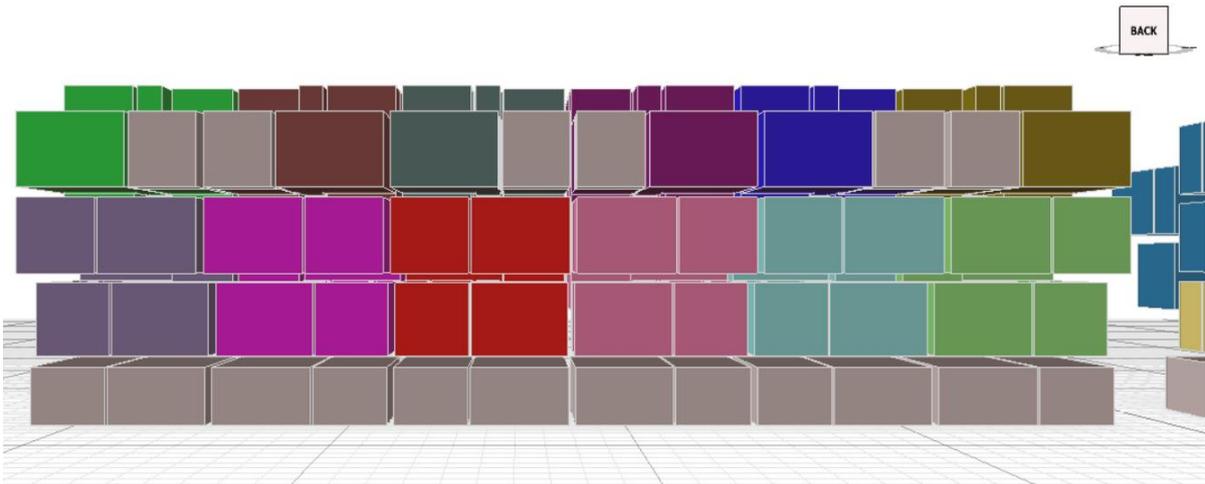


Figura 35 - Conformazione appartamenti lato nord blocco est

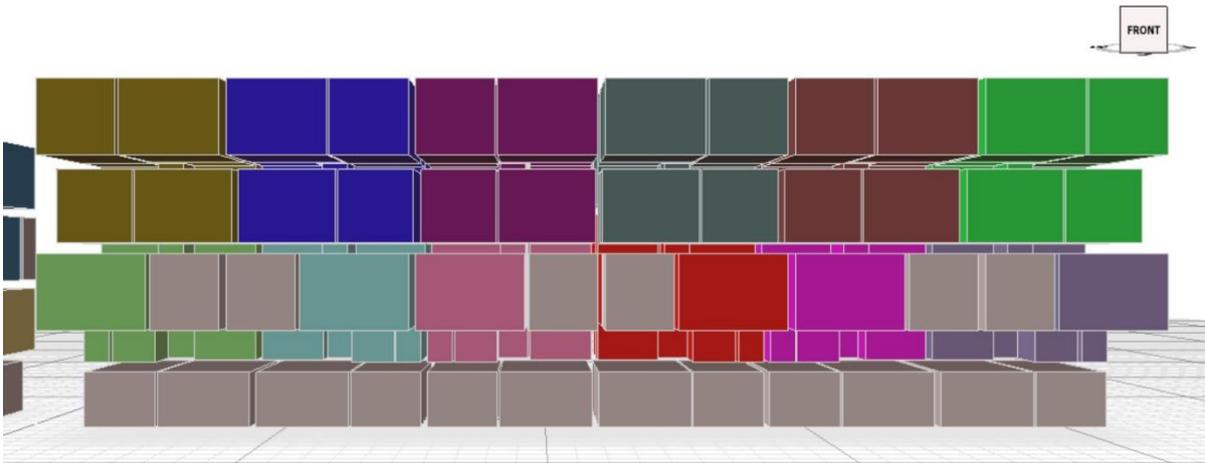


Figura 33 - Conformazione appartamenti lato sud blocco est

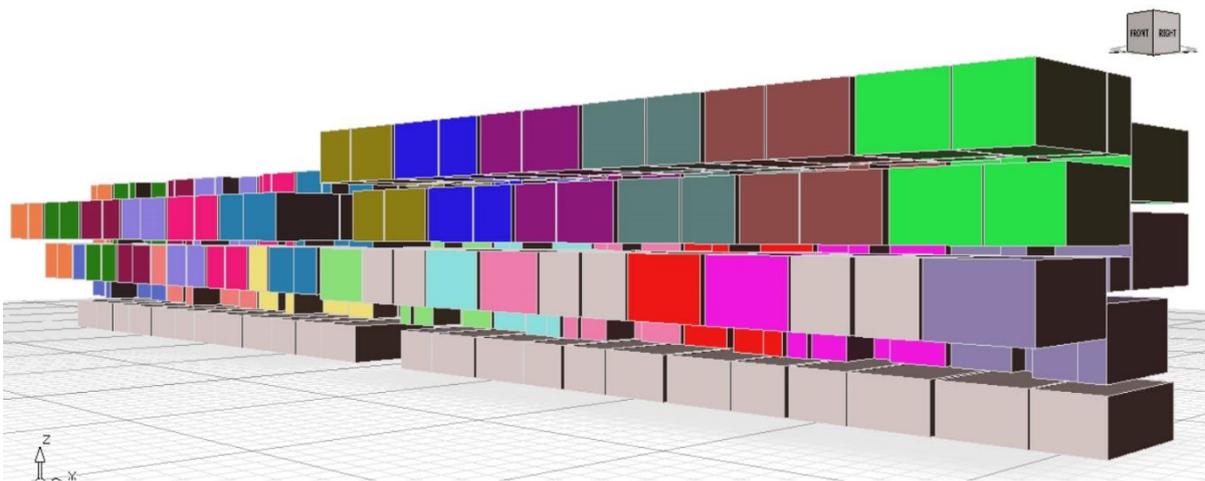


Figura 34 - Conformazione appartamenti vista sud-est

4. CREAZIONE DEI MODELLI ENERGETICI

4.1. IL SOFTWARE SCELTO

Per la creazione del modello energetico dell'edificio si è scelto di utilizzare il programma Termolog di Logical Soft (www.logical.it).

Tale software è un BIM per calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici; è utile per il progetto, gli impianti, la diagnosi, la certificazione, il calcolo energetico Certificato CTI e la simulazione dinamica oraria degli edifici.

Può essere utilizzato per i casi di edifici più comuni, come per quelli più complessi, come il caso in esame, anche se nella versione "TERMOLOG ACADEMY" fatica un po' a gestire una mole di dati molto sostanziosa.

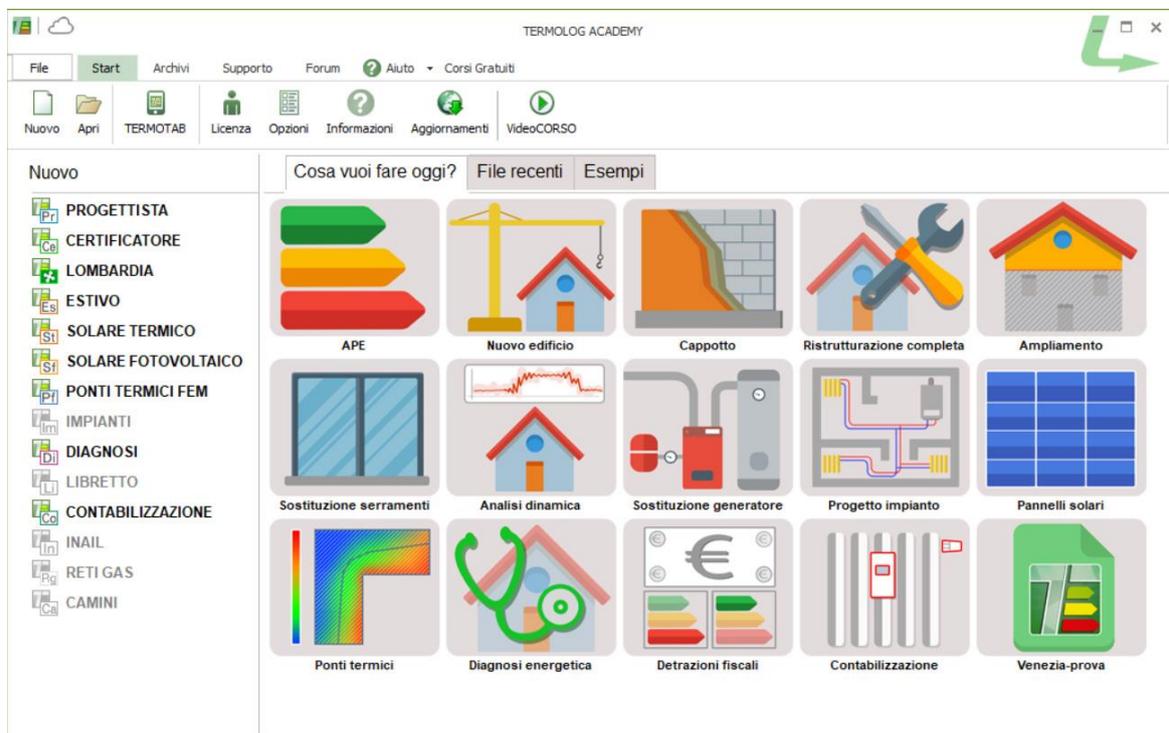


Figura 36 - Schermata iniziale di Termolog Academy

Termolog nella versione EpiX 10 è aggiornato con il calcolo dinamico orario conforme all'Appendice italiana e alla UNI EN ISO 52016, e con le verifiche dei Criteri Ambientali Minimi (CAM); è anche aggiornato alle FAQ del MISE del dicembre 2018 e alle nuove UNI TS 11300-2:2019 in vigore dall'8 maggio 2019. È stato validato dal Politecnico di Milano secondo la ASHRAE 140-2017, ed è utilizzabile in tutta Europa essendo bilingue italiano-inglese.

Su Termolog è possibile creare il proprio modello energetico BEM (Building Energy Model) creandolo da zero con il modellatore integrato oppure importando direttamente l'intero modello BIM da file nel formato standard IFC adottato da tutti i CAD BIM più diffusi. Il software interpreta tutti gli elementi del disegno come stratigrafie, ombreggiature e ambienti riconoscendo materiali e geometrie complesse. È inoltre possibile esportare file in formato IFC verso il software BIM preferito.

Il programma si adatta ad ogni stile di lavoro dando la possibilità di inserimento grafico da CAD con disegni DWG/DWF, oppure mappe catastali con formati di file PDF o immagini JPG/PNG, oppure inserire le dispersioni con input tabellare. Termolog consente di ricalcare e introdurre uno o più livelli riconoscendo automaticamente dai diversi layer i profili dei locali e la geometria dell'involucro. Rileva l'orientamento e la disposizione delle superfici per ricavare gli ombreggiamenti dal profilo dei fabbricati confinanti o dall'ingombro degli aggetti verticali e orizzontali creati da coperture inclinate, balconi e dalla sagoma dell'edificio stesso.

Termolog è un software energetico modulare e può essere configurato in base alle proprie esigenze; basta scegliere l'intervento da effettuare tra i 12 proposti e con poche, semplici domande si configurano e si attivano tutte le funzioni necessarie per arrivare rapidamente al risultato voluto. Modella velocemente ogni tipo di impianto e propone in automatico soluzioni di miglioramento energetico.

Si compone di diversi moduli attivabili in base alle proprie necessità.

Il Modulo "CERTIFICATORE" è il software per la certificazione energetica degli edifici: determina la classe energetica, gli interventi migliorativi e redige l'attestato di prestazione energetica (APE) in tutta Italia.

Il Modulo "PROGETTISTA" è per la Legge 10, il progetto e la riqualificazione energetica, gli edifici nZEB e CasaClima.

Il Modulo "DIAGNOSI" è il software per la diagnosi energetica degli edifici, l'analisi dei consumi e gli interventi di miglioramento energetico ed è basato sulle nuove Linee Guida ENEA.

Con il Modulo "PONTI TERMICI FEM" verifichi anche i ponti termici degli edifici agli elementi finiti o con gli abachi; con il comodo wizard di modellazione rapida inserisci rapidamente le tipologie di ponti termici presenti.

Con Termolog puoi eseguire la contabilizzazione del calore e il progetto degli impianti, le pratiche INAIL, il libretto di impianto, il dimensionamento di camini e reti gas.

Inoltre, è possibile effettuare anche la simulazione energetica dinamica degli edifici e determinare ora per ora il comfort dell'edificio e i consumi effettivi: grazie al “Motore DINAMICO ORARIO”, Termolog è l'unico software per la simulazione dinamica.

Termolog dispone di una ricca banca dati ampliabile a piacere dall'utente. Contiene tutti i materiali presenti nelle norme tecniche UNI 10351 e UNI 10355, e le stratigrafie precalcolate introdotte dal rapporto tecnico UNI TR 11552. Inoltre, grazie ad un accordo con i maggiori produttori del settore, è corredato di un consistente archivio comprendente i dati tecnici di materiali, stratigrafie, anagrafiche e generatori commerciali, come caldaie e pompe di calore, e subito disponibili per essere inseriti nel progetto.

La creazione automatica dei serramenti permette di inserire finestre con le medesime caratteristiche, e con dimensioni diverse, e viceversa.

4.2. DATI CLIMATICI DI CONCORDIA SAGITTARIA

La norma UNI 10349 fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali, utili nella redazione degli attestati di prestazione energetica.

| | |
|--|------------|
| Zona climatica | E |
| Gradi giorno | 2.649 |
| Temperatura esterna di progetto | -4,9 °C |
| Periodo di riscaldamento da DPR 142/93 | |
| dal | 15 ottobre |
| al | 15 aprile |
| 183 giorni | |

Tabella 9 - Dati climatici di Concordia Sagittaria (VE) da UNI 10349:2016

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Te | 2,8 | 4,7 | 8,6 | 12,9 | 18,7 | 22,3 | 23,6 | 22,3 | 18,3 | 13,5 | 8,8 | 4,6 |
| Hbh | 2,8 | 4,5 | 6,9 | 7,9 | 11,9 | 13,8 | 13,2 | 11,9 | 9,5 | ,39 | 2,3 | 2,3 |
| Hdh | 2,1 | 3,2 | 4,6 | 6,6 | 8,6 | 9,3 | 9,0 | 7,3 | 5,6 | 3,8 | 2,2 | 1,9 |
| Pe | 587,5 | 667,9 | 817,6 | 974,9 | 1.448,4 | 1.725,3 | 1.980,2 | 2.024,8 | 1.556,2 | 1.264,0 | 985,3 | 690,7 |
| $\Delta\theta$ | 7,8 | 8,7 | 9,6 | 10,3 | 11,2 | 11,5 | 11,6 | 11,2 | 10,5 | 9,9 | 8,2 | 7,9 |

Te [°C] : valore mensile della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

Hbh [MJ/m²] : irradiazione solare giornaliera media mensile diretta su piano orizzontale

Hdh [MJ/m²] : irradiazione solare giornaliera media mensile diffusa su piano orizzontale

Pe [Pa] : valore medio mensile della pressione parziale del vapore d'acqua dell'aria esterna

$\Delta\theta$ [°C] : escursione media giornaliera della temperatura esterna

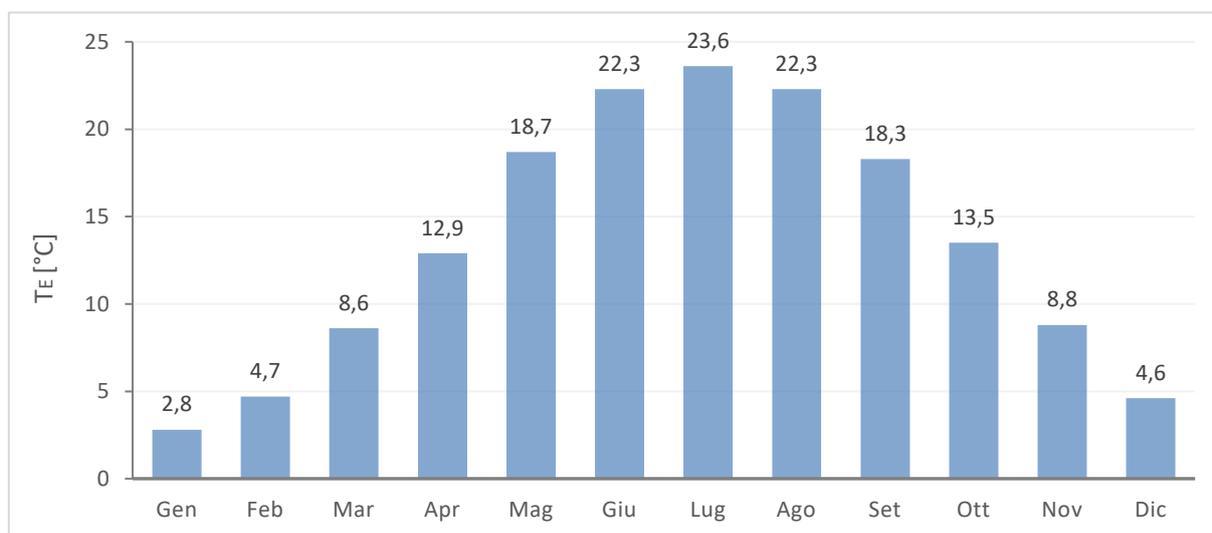


Figura 37 - Valori delle temperature medie mensili del comune di Concordia Sagittaria (VE)

4.3. MODELLI ENERGETICI ANALIZZATI

Sono state studiate ed analizzate diverse conformazioni relative all'edificio caso di studio di Concordia Sagittaria. Lo studio è stato realizzato attraverso la creazione e la successiva analisi di 6 modelli energetici diversi che rappresentano scenari differenti del medesimo edificio sul software Termolog.

Si è studiato il fabbricato in condizioni di:

- stato di fatto (Sdf);
- stato di progetto considerando i soli lavori di riqualificazione riferiti all'involucro, quindi il miglioramento in termini di prestazione energetica degli elementi opachi e degli elementi trasparenti (Prog involucro);
- stato di progetto ove si fosse intervenuti anche nella sostituzione dell'impianto di riscaldamento e nell'inserimento di pannelli fotovoltaici sulla copertura piana (Prog involucro+impianti).

Queste 3 situazioni sono state analizzate sia per un modello energetico dettagliato, rispecchiante tutte le caratteristiche fisiche e costruttive di conformazione dell'edificio, sia in un modello energetico semplificato, realizzato partendo dal valore reale di volume lordo riscaldato ed andando a semplificarne la forma.

Di seguito in tabella vengono riportate le nomenclature assegnate ad ogni singolo modello.

| | Modello dettagliato | Modello semplificato |
|-----------------------------|--|---|
| Stato di fatto | 01 Sdf_dettagliato | 02 Sdf_semplificato |
| Progetto involucro | 03 Prog involucro_dettagliato | 04 Prog involucro_semplificato |
| Progetto involucro+impianti | 05 Prog involucro+impianti_dettagliato | 06 Prog involucro+impianti_semplificato |

4.4. MODELLO DETTAGLIATO

Il modello energetico dettagliato rispecchia a pieno la situazione reale dell'edificio caso di studio, quindi la configurazione volumetrica del fabbricato a piani sfalsati di mezzo piano ciascuno e la suddivisione reale degli appartamenti.

È stato costruito importando le piante in DWG nel software Termolog per ogni piano sfalsato, compreso il piano terra dei garage. Sono stati quindi creati 8 livelli diversi corrispondenti ai differenti piani che in alcuni casi si presentano alla medesima altezza, ma con caratteristiche diverse di dispersione.

Sono state create 21 zone termiche corrispondenti alla scansione reale degli appartamenti presenti. Si è riscontrata una difficoltà nella modellazione imputabile alla presenza all'interno di ogni alloggio del vano scala, in quanto la creazione di un modello BEM (Building Energy Model) è molto differente dalla creazione di un solito modello BIM.

Per un modello BEM alcuni elementi strutturali e/o architettonici non sono necessari al fine della valutazione energetica e quindi non occorre modellarli, per esempio la creazione delle scale interne o esterne all'edificio non è utile, come in ugual modo non è necessaria la modellazione dei pilastri che sorreggono il portico, o il parapetto dei ballatoi.

È stato realizzato quindi un modello energetico che a prima vista non rispecchia a pieno la fisionomia e le caratteristiche architettoniche del fabbricato, se messo a confronto con il 3D dell'edificio realizzato con un qualsiasi software BIM.



Figura 38 - Vista sud-est del modello energetico dettagliato



Figura 39 - Vista nord-ovest del modello energetico dettagliato

La presenza interna ad ogni singolo appartamento di più rampe di scale e visto che alcune di queste rappresentano la suddivisione tra l'appartamento di sopra e quello di sotto, unita alla non possibilità di creazione di volumi lordi riscaldati che non fossero dei parallelepipedi rettangoli su Termolog, ha portato alla scelta di considerare e modellare i vani scale come volumi simili, ma non identici, a quelli reali.

All'interno di ogni singolo alloggio la creazione della zona termica è stata fatta considerando dettagliatamente ogni ambiente, e per quanto riguarda il vano scale sono stati creati più locali termici non divisi dai solai di piano interni.

Ad ogni appartamento, corrispondente ad una zona termica, è stato assegnato un colore diverso per orientarsi meglio nel capire la suddivisione interna. Agli ambienti non riscaldati, quali i garage, le terrazze e le logge, è stato assegnato univocamente il colore grigio.

■ Appartamento 1 ■ Appartamento 10

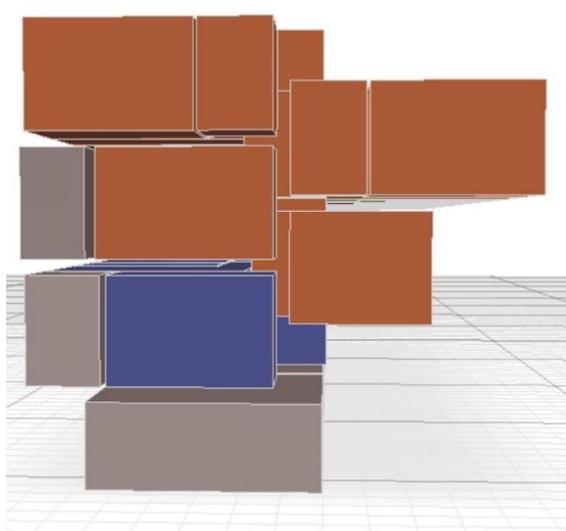


Figura 40 - Vista laterale della conformazione dei volumi riscaldati di appartamenti sovrapposti

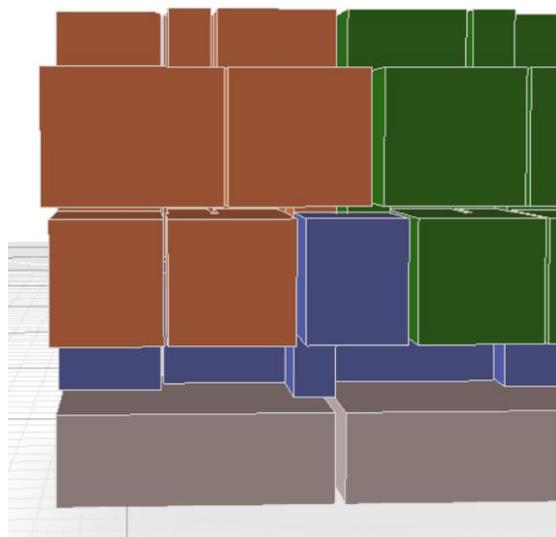


Figura 41 - Vista frontale della conformazione dei volumi riscaldati di appartamenti sovrapposti

Tutti i dati energetici relativi ai modelli dettagliati calcolati dal programma Termolog sono disponibili nella sezione Allegati, allegato A:

- A.1 - modello dettagliato stato di fatto pag. 2,
- A.2 - modello dettagliato stato di progetto involucro pag. 45,
- A.3 - modello dettagliato stato di progetto involucro+impianti pag. 84.

4.5. MODELLO SEMPLIFICATO

Il modello semplificato è stato costruito partendo dal volume lordo riscaldato, derivante dal modello dettagliato ($V_{\text{lordo,risc_dett}}$), dei due singoli blocchi componenti il fabbricato, blocco est e blocco ovest. Questo valore è stato poi diviso per la lunghezza reale, per l'altezza di piano lorda e per il numero di piani di ciascun blocco. Il valore risultante che si è ricavato è stata la larghezza che ogni blocco doveva avere per rispettare la configurazione volumetrica reale.

Di seguito in tabella si riportano i calcoli effettuati.

| | $V_{\text{lordo,risc_dett}}$ [m ³] | lunghezza [m] | altezza piano [m] | n. piani | larghezza [m] |
|--------------|---|---------------|-------------------|----------|---------------|
| BLOCCO OVEST | 3631,30 | 39,85 | 3,20 | 2,5 | 11,39 |
| BLOCCO EST | 4330,20 | 39,85 | 3,20 | 3 | 11,32 |

Analizzando nei particolari la struttura architettonica dell'edificio, per entrambi i blocchi, si può notare come questi risultino suddivisi a metà in senso longitudinale, e questa scansione si ripeta in termini volumetrici per ogni mezzo piano che risulta sfalsato in termini di altezza di piano dal precedente.

I due blocchi, est e ovest, avendo differente conformazione e differente numero di piani sfalsati, risultano dalla semplificazione con due altezze di piano diverse.

Il blocco est nel dettaglio risulta avere 6 mezzi piani sfalsati che nella semplificazione sono stati ridotti a 3 piani totali, applicando la metodologia di abbassare i mezzi piani del lato sud alla medesima altezza di quelli corrispondenti del lato nord.

Il blocco ovest, invece, nel modello dettagliato risulta avere 5 piani sfalsati che si sono poi ridotti a 2 piani e mezzo nel modello semplificato.

La differente configurazione al piano terra, con la presenza dei locali adibiti a garage per metà in senso longitudinale dei due blocchi (lato nord) e l'apertura del porticato prospiciente il parco sul lato sud, è stata mantenuta anche nel modello semplificato per cercare di mantenere il più simile possibile le superfici disperdenti verso l'esterno e le zone non riscaldate, riguardanti i garage, inalterate nei due diversi modelli.

Questa operazione di semplificazione ha comportato comunque la perdita di superfici disperdenti nel modello semplificato perché si sono andate ad aggregare le parti di edificio corrispondenti ai ballatoi e all'ultimo mezzo piano sfalsato del blocco est, quindi parti di solaio, pavimento o pareti che nel caso dettagliato reale disperdono verso l'esterno ora, nel modello semplificato, si ritrovano all'interno del volume aggregato.

L'operazione di semplificazione del volume lordo riscaldato è ben visibile andando ad analizzare le superfici disperdenti sui lati corti dei due blocchi che poi attraverso la loro estrusione in lunghezza vanno a creare la configurazione dei vari modelli.

Da una superficie laterale a gradoni del modello dettagliato, che produce un volume disaggregato, si passa ad una superficie regolare per il modello semplificato. Per il blocco est la semplificazione ha portato ad ottenere un rettangolo, se non consideriamo il volume non riscaldato dei garage, che produce un volume aggregato.

Il modello semplificato è stato costruito mantenendo la suddivisione interna data dai setti trasversali, ma considerando una sola zona termica per ciascun blocco. Si passerà quindi da avere 21 zone riscaldate ad averne solo 2.



Figura 45 - Vista sud-est del modello energetico semplificato

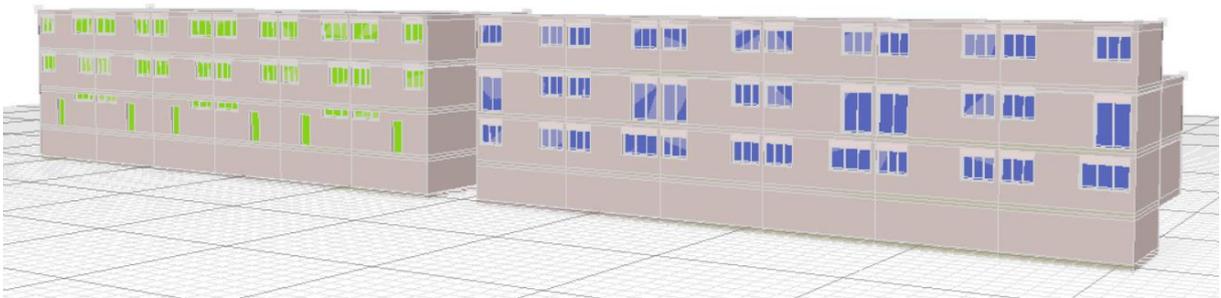


Figura 44 - Vista nord-ovest del modello energetico semplificato

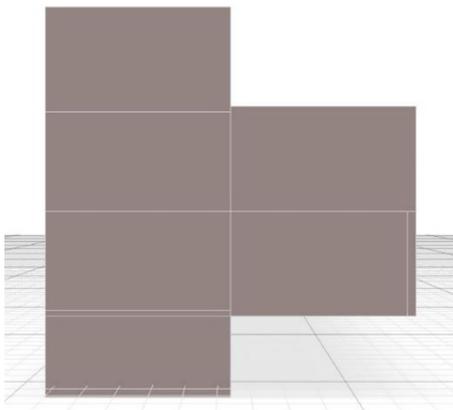


Figura 43 - Vista laterale blocco ovest

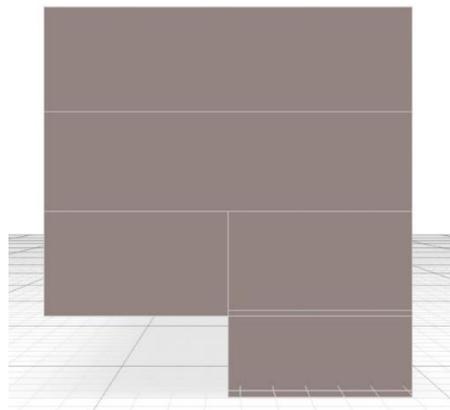


Figura 42 - Vista laterale blocco est

Tutti i dati energetici relativi ai modelli semplificati calcolati dal programma Termolog sono disponibili nella sezione Allegati, allegato B:

- B.1 - modello semplificato stato di fatto pag. 123,
- B.2 - modello semplificato stato di progetto involucro pag. 131,
- B.3 - modello semplificato stato di progetto involucro+impianti pag. 138.

4.6. VALUTAZIONE TRASMITTANZA TERMICA ELEMENTI EDILIZI

4.6.1. STATO DI FATTO DETTAGLIATO

Per analizzare la prestazione energetica dell'edificio si è proceduto dapprima per lo stato di fatto con l'analisi delle strutture componenti il fabbricato, ed è stato necessario inserire le stratigrafie, nel software Termolog di Logical Soft, di ogni elemento edilizio, quali: pareti esterne e divisori interni, pavimenti, soffitti, serramenti, porte, e solaio di copertura.

La stratigrafia delle pareti dell'edificio è risultata nota attraverso le indagini effettuate per la redazione del progetto di ristrutturazione di primo livello.

Per alcuni materiali ed elementi è stato difficile trovare un'esatta rispondenza nell'elenco "Materiali" presente e già caricato nel programma Termolog, per questo ci si è avvalsi anche del registro europeo Tabula che mette a disposizione un elenco di stratigrafie conosciute, suddiviso per anni di costruzione degli immobili. È stato possibile attraverso questo elenco stimare la trasmittanza termica media per analogia degli elementi non noti.

Di seguito si riportano in alcune tabelle le diverse tipologie di strutture che sono state inserite nei modelli dettagliato e semplificato concernenti lo stato di fatto.

*Tabella 10 - Strutture: Pareti. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso.
Stato di fatto dettagliato*

| PARETI | | | | |
|--|----------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Divisorio 8 cm | Interno | 0,08 | 3,206 | 1.711,37 |
| Divisorio 15 cm | Interno | 0,15 | 2,902 | 603,67 |
| Divisorio 20 cm | Interno | 0,20 | 1,935 | 424,90 |
| Divisorio 25 cm | Interno | 0,25 | 0,817 | 1.114,72 |
| Divisorio 8+24+8 cm | Interno | 0,40 | 1,725 | 359,05 |
| Divisorio garage 8 cm | ZNR vs Esterno | 0,08 | 4,508 | 612,01 |
| Divisorio terrazze 15 cm | ZNR | 0,15 | 2,862 | 199,60 |
| Parete esterna 25 cm lati corti | Esterno | 0,25 | 0,882 | 520,39 |
| Parete esterna 25 cm lati lunghi | Esterno | 0,25 | 0,741 | 1.090,50 |
| Parete esterna 8+24+25 cm (ultimo piano) | Esterno | 0,57 | 0,618 | 49,47 |
| Parete esterna 15 cm (ultimo piano) | Esterno | 0,15 | 3,928 | 81,00 |

Tabella 11 - Strutture: Pavimenti, soffitti e coperture. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso. Stato di fatto dettagliato

| PAVIMENTI, SOFFITTI e COPERTURE | | | | |
|--|---------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Pavimento garage su terreno | Terreno | 0,37 | 0,350 | 466,24 |
| Pavimento interno | Interno | 0,38 | 0,830 | 1.443,73 |
| Pavimento interno su esterno | Esterno | 0,38 | 0,930 | 493,31 |
| Pavimento interno su garage | ZNR | 0,38 | 0,830 | 513,66 |
| Pavimento logge | ZNR | 0,38 | 0,729 | 30,36 |
| Soffitto interno su esterno | Esterno | 0,38 | 0,995 | 163,38 |
| Solaio tetto piano | Esterno | 0,36 | 0,668 | 1.020,16 |

Tabella 12 - Strutture: Serramenti e porte. Verso di dispersione, Tipologia di infisso, trasmittanza, numero elementi in uso e superficie in uso. Stato di fatto dettagliato

| SERRAMENTI e PORTE | | | | | |
|---------------------------|---------|---|------------------------|--------------|-----------------------|
| | Verso → | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [numero] | Uso [m ²] |
| Finestra 175x130 | ZNR | Vetro singolo  | 4,517 | 6 | 11,35 |
| Finestra 240x130 | ZNR | Vetro singolo  | 4,489 | 15 | 46,80 |
| Finestra 240x62 | Esterno | Vetro singolo | 6,116 | 18 | 26,82 |
| Finestra 96x62 | Esterno | Vetro singolo | 6,174 | 3 | 1,80 |
| Finestra 96x96 | Esterno | Vetro singolo | 6,129 | 12 | 11,04 |
| Finestra doppia 175x130 | Esterno | Doppia finestra  | 2,872 | 45 | 61,29 |
| Finestra esterna 175x130 | Esterno | Vetro singolo  | 4,517 | 24 | 95,34 |
| Finestra esterna 240x130 | Esterno | Vetro singolo | 4,544 | 15 | 46,80 |
| Finestra esterna 635x130 | Esterno | Vetro singolo | 5,980 | 6 | 49,50 |
| Portafinestra 175x230 | ZNR | Vetro singolo  | 4,468 | 6 | 28,21 |
| Portafinestra 96x230 | ZNR | Vetro singolo  | 4,510 | 15 | 33,15 |
| Porta | Esterno | Porta d'ingresso | 1,929 | 21 | 43,89 |

Il cassonetto delle tapparelle riferito ai serramenti in tabella è stato considerato per la configurazione dello stato di fatto come un cassonetto non isolato con un valore di trasmittanza termica pari a 6 W/m²K.

Tutte le finestre e le portefinestre sono state considerate come serramenti a vetro singolo di spessore di 4 mm. Ove presente in tabella la dicitura “doppia finestra” si riferisce a due serramenti distinti accoppianti uno sul filo interno e uno sul filo esterno del muro.

4.6.2. STATI DI PROGETTO DETTAGLIATI

Per la configurazione di progetto, gli elementi inseriti per la ristrutturazione rispecchiano il più possibile le scelte fatte dallo “Studio Andrea Chiozzotto - Safety Engineering & Energy Solutions” nella “Relazione sul risparmio energetico D.lgs 192/05 e s.m.” datata luglio 2019 redatta per conto di A.T.E.R. Venezia.

Le strutture ‘divisori interni’ non hanno subito modificazioni in termini di geometria dallo stato di fatto. Per quanto riguarda, invece, le pareti disperdenti verso l’esterno è stato applicato un cappotto che si differenzia in termini di materiali, ma non di spessore, a seconda della tipologia di parete a cui è stato applicato. Per le pareti confinanti con le zone non riscaldate si è applicato un cappotto esterno più sottile in termini di spessore rispetto alle pareti esterne.

I serramenti di progetto inseriti hanno tutti doppio vetro basso emissivo e telaio in alluminio coibentato. È stata prevista anche la sostituzione dei cassonetti non isolati delle tapparelle con cassonetti isolati con un valore di trasmittanza pari a $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Per i modelli energetici rappresentanti gli stati di progetto sono state invece utilizzate le seguenti strutture riportate nelle tabelle sottostanti.

*Tabella 13 - Strutture: Pareti. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso.
Stato di progetto dettagliato*

| PARETI | | | | |
|--|----------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [$\text{W/m}^2\text{K}$] | Usa [m^2] |
| Divisorio 8 cm | Interno | 0,08 | 3,206 | 1.756,96 |
| Divisorio 15 cm | Interno | 0,15 | 2,902 | 605,82 |
| Divisorio 20 cm | Interno | 0,20 | 1,935 | 433,79 |
| Divisorio 25 cm | Interno | 0,25 | 0,817 | 1.162,68 |
| Divisorio 8+24+8 cm | Interno | 0,40 | 1,725 | 359,98 |
| Divisorio garage 8 cm | ZNR vs Esterno | 0,08 | 4,508 | 184,32 |
| Divisorio garage 21 cm | ZNR vs Esterno | 0,21 | 0,331 | 555,70 |
| Divisorio terrazze 28 cm | ZNR | 0,28 | 0,317 | 131,67 |
| Parete esterna 56 cm lati corti | Esterno | 0,56 | 0,194 | 559,51 |
| Parete esterna 38 cm lati lunghi | Esterno | 0,38 | 0,229 | 86,11 |
| Parete esterna 56 cm lati lunghi | Esterno | 0,56 | 0,186 | 1.117,85 |
| Parete esterna 8+24+56 cm (ultimo piano) | Esterno | 0,88 | 0,177 | 49,33 |
| Parete esterna 28 cm (ultimo piano) | Esterno | 0,28 | 0,327 | 94,21 |

Tabella 14 - Strutture: Pavimenti, soffitti e coperture. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso. Stato di progetto dettagliato

| PAVIMENTI, SOFFITTI e COPERTURE | | | | |
|--|---------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Pavimento garage su terreno | Terreno | 0,37 | 0,350 | 466,24 |
| Pavimento interno | Interno | 0,38 | 0,830 | 1.528,66 |
| Pavimento interno su esterno | Esterno | 0,38 | 0,930 | 213,28 |
| Pavimento interno su esterno progetto | Esterno | 0,51 | 0,245 | 420,46 |
| Pavimento interno su garage | ZNR | 0,38 | 0,830 | 546,75 |
| Pavimento logge | ZNR | 0,38 | 0,729 | 30,36 |
| Soffitto interno su esterno | Esterno | 0,38 | 0,995 | 95,51 |
| Solaio tetto piano progetto | Esterno | 0,53 | 0,213 | 1.106,47 |

Tabella 15 - Strutture: Serramenti e porte. Verso di dispersione, Tipologia di infisso, trasmittanza, numero elementi in uso e superficie in uso. Stato di progetto dettagliato

| SERRAMENTI e PORTE | | | | | |
|---------------------------|---------|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Verso → | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 165x125 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,955 | 75 | 154,50 |
| Finestra 220x125 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,893 | 15 | 41,25 |
| Finestra 230x40 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,746 | 18 | 16,56 |
| Finestra 85x40 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,726 | 3 | 1,02 |
| Finestra 85x85 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,525 | 12 | 8,64 |
| Finestra esterna 635x130 | Esterno | Vetro singolo | 5,980 | 6 | 49,50 |
| Portafinestra 165x230 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,885 | 6 | 22,74 |
| Portafinestra 85x230 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,912 | 15 | 29,40 |
| Portoncino esterno | Esterno | Porta d'ingresso | 0,815 | 21 | 40,74 |

4.6.3. ELEMENTI EDILIZI MODELLI SEMPLIFICATI

Nei modelli energetici semplificati non tutti gli elementi edilizi utilizzati nei modelli dettagliati sono stati inseriti in quanto si è proceduto snellendo la struttura oltre che dal punto di vista geometrico anche dal punto di vista dei componenti edilizi ed architettonici.

Internamente alla struttura edilizia sono stati inseriti solo i setti murari portanti prefabbricati dello spessore di 25 cm, e non è stata creata la suddivisione dei locali fatta principalmente dai divisori dello spessore di 8 cm.

Nei modelli semplificati sono presenti infatti solo quattro tipologie di strutture inerenti alle pareti, esterne e interne, che formano l'edificio, indipendentemente che si tratti del modello riguardante lo stato di fatto o quelli dello stato di progetto.

Per quanto riguarda i serramenti si è cercato il più possibile di mantenere la scansione di aperture dei lati lunghi dell'edificio reale. Vista la numerosa presenza di aperture sulle facciate lunghe, si è operata la scelta di non inserire nel modello semplificato le portefinestre disposte in senso trasversale ai muri esterni dei lati lunghi che nel modello dettagliato permettono l'accesso alle terrazze, in quanto queste ultime nel modello semplificato non sono presenti.

Sempre in merito ai serramenti, nel modello semplificato dello stato di fatto, si precisa che in corrispondenza delle finestre delle terrazze è stata inserita una doppia finestra delle dimensioni di 240x130 cm che "sostituisce" le finestre a serramento singolo presenti una sul bordo esterno dell'edificio e l'altra sul filo interno del muro interno della terrazza.

Di seguito si riportano nelle tabelle gli elenchi delle strutture inserite nei vari modelli semplificati: stato di fatto e stato di progetto.

Tabella 16 - Strutture: Pareti. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso.
Stato di fatto semplificato

| PARETI | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Divisorio 25 cm | Interno | 0,25 | 0,817 | 955,03 |
| Divisorio garage 8 cm | ZNR vs Esterno | 0,08 | 4,508 | 430,38 |
| Parete esterna 25 cm lati corti | Esterno | 0,25 | 0,882 | 616,15 |
| Parete esterna 25 cm lati lunghi | Esterno | 0,25 | 0,741 | 1.217,74 |

Tabella 17 - Strutture: Pavimenti, soffitti e coperture. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso. Stato di fatto semplificato

| PAVIMENTI, SOFFITTI e COPERTURE | | | | |
|--|---------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Pavimento garage su terreno | Terreno | 0,37 | 0,350 | 452,89 |
| Pavimento interno | Interno | 0,38 | 0,830 | 1.584,43 |
| Pavimento interno su esterno | Esterno | 0,38 | 0,930 | 452,90 |
| Pavimento interno su garage | ZNR | 0,38 | 0,830 | 452,89 |
| Solaio tetto piano | Esterno | 0,36 | 0,668 | 905,79 |

Tabella 18 - Strutture: Serramenti e porte. Verso di dispersione, Tipologia di infisso, trasmittanza, numero elementi in uso e superficie in uso. Stato di fatto semplificato

| SERRAMENTI e PORTE | | | | | |
|-------------------------------|---------|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Verso → | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 240x62 | Esterno | Vetro singolo | 6,116 | 18 | 26,82 |
| Finestra 96x62 | Esterno | Vetro singolo | 6,174 | 3 | 1,80 |
| Finestra 96x96 | Esterno | Vetro singolo | 6,129 | 12 | 5,52 |
| Finestra doppia 175x130 | Esterno | Doppia finestra  | 2,872 | 45 | 115,77 |
| Finestra doppia 240x130 | Esterno | Doppia finestra  | 2,848 | 15 | 46,80 |
| Finestra esterna 175x130 | Esterno | Vetro singolo  | 4,517 | 24 | 54,48 |
| Portafinestra esterna 175x230 | Esterno | Doppia finestra  | 2,828 | 6 | 24,18 |
| Porta | Esterno | Porta d'ingresso | 1,929 | 21 | 43,89 |

Tabella 19 - Strutture: Pareti. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso.
Stato di progetto semplificato

| PARETI | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Divisorio 25 cm | Interno | 0,25 | 0,817 | 1.141,06 |
| Divisorio garage 21 cm | ZNR vs Esterno | 0,21 | 0,331 | 437,08 |
| Parete esterna 56 cm lati corti | Esterno | 0,56 | 0,194 | 500,94 |
| Parete esterna 56 cm lati lunghi | Esterno | 0,56 | 0,186 | 1.324,66 |

Tabella 20 - Strutture: Pavimenti, soffitti e coperture. Verso di dispersione, spessore, trasmittanza e superficie in uso. Stato di progetto semplificato

| PAVIMENTI, SOFFITTI e COPERTURE | | | | |
|--|---------|--------------|------------------------|-----------------------|
| | Verso → | spessore [m] | U [W/m ² K] | Uso [m ²] |
| Pavimento garage su terreno | Terreno | 0,37 | 0,350 | 452,89 |
| Pavimento interno | Interno | 0,38 | 0,830 | 1.709,45 |
| Pavimento interno su esterno progetto | Esterno | 0,51 | 0,245 | 485,04 |
| Pavimento interno su garage | ZNR | 0,38 | 0,830 | 485,03 |
| Solaio tetto piano | Esterno | 0,53 | 0,213 | 982,61 |

Tabella 21 - Strutture: Serramenti e porte. Verso di dispersione, Tipologia di infisso, trasmittanza, numero elementi in uso e superficie in uso. Stato di progetto semplificato

| SERRAMENTI e PORTE | | | | | |
|---------------------------|---------|---|------------------------|--------------|-----------------------|
| | Verso → | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [numero] | Uso [m ²] |
| Finestra 165x125 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,955 | 75 | 154,50 |
| Finestra 220x125 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,893 | 15 | 41,25 |
| Finestra 230x40 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,746 | 18 | 16,56 |
| Finestra 85x40 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,726 | 3 | 1,02 |
| Finestra 85x85 | Esterno | Doppio vetro BE | 2,525 | 6 | 4,32 |
| Portafinestra 165x230 | ZNR | Doppio vetro BE  | 1,885 | 6 | 22,74 |
| Portoncino esterno | Esterno | Porta d'ingresso | 0,815 | 21 | 40,74 |

4.7. IMPIANTI STATO DI FATTO

Per l'inserimento sul software Termolog delle caratteristiche degli impianti attualmente installati nell'edificio ci si è attenuti alle schede tecniche dei vari componenti presenti in centrale termica e al libretto d'impianto. Di seguito si riportano le principali caratteristiche della caldaia a combustione e del bruciatore presenti in centrale termica al piano terra.

| PRINCIPALI DATI TECNICI GENERATORE INSTALLATO | |
|--|-------------|
| Marca | I.V.A.R. |
| Modello | SUPERAC 290 |
| Combustibile | gasolio |
| Potenza utile nominale | 291 kW |
| Potenza di targa | 320 kW |
| Funzionamento | Monostadio |
| Anno di costruzione | 2012 |
| Rendimento al 100% | 90,9% |

| PRINCIPALI DATI TECNICI BRUCIATORE INSTALLATO | |
|--|---------|
| Marca | RIELLO |
| Modello | RL 38 |
| Tipo | 653 M |
| Combustibile | gasolio |
| Potenza motore elettrico | 450 W |

Il sistema di generazione, a servizio dell'impianto di riscaldamento e dell'acqua calda sanitaria, è del tipo idronico centralizzato a colonne montanti con sistema di accumulo, infatti sono presenti nel locale centrale termica 2 Poliboiler HV marca Rhoss da 600 litri l'uno.

I termini di erogazione per l'impianto di riscaldamento sono radiatori installati in serie privi di alcuna regolazione individuale e per lo più posizionati sulle pareti esterne dell'edificio attualmente non isolate; le altezze dei locali riscaldati sono tutte pari a 2,70 m. La tipologia di regolazione del riscaldamento è solo climatica, quindi avviene a compensazione con una sonda esterna in base alle temperature medie del periodo.

Le tubazioni presenti nell'edificio hanno un isolamento scadente o inesistente in quanto sono state realizzate antecedentemente all'entrata in vigore del D.P.R. 412/93.

È stato necessario valutare per lo stato di fatto dettagliato il numero approssimato di terminali (elementi) facenti parte di ogni radiatore per ogni locale per ogni tipologia di appartamento. Questa stima, non essendo stato possibile visitare tutti gli appartamenti dell'edificio, è stata realizzata prendendo in considerazione solo la diversa tipologia di appartamento e trascurando la posizione e l'esposizione. In tabella si riportano i dati desunti.

| APPARTAMENTO MONOPIANO (1-2-3) | | | | | | |
|--------------------------------|----------|--------|------|----------|----------|-------|
| | ingresso | cucina | sala | camera 1 | camera 2 | bagno |
| numero terminali | 6 | 9 | 14 | 10 | 12 | 4 |

| APPARTAMENTO SEMI-DUPLEX (4-5-6-7-8-9 e 16-17-18-19-20-21) | | | | | | | | |
|--|----------|----------|---------|--------|------|---------|----------|----------|
| | ingresso | camera 1 | bagno 1 | cucina | sala | bagno 2 | camera 2 | camera 3 |
| numero terminali | 9 | 9 | 4 | 9 | 18 | 4 | 9 | 10 |

| APPARTAMENTO SEMI-TRIPLEX (10-11-12-13-14-15) | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------|--------|------|-------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | ingr. | camera 1 | cucina | sala | sogg. | camera 2 | bagno 1 | camera 3 | camera 4 | bagno 2 |
| numero terminali | 8 | 8 | 9 | 14 | 12 | 14 | 3 | 12 | 10 | 4 |

Il numero totale di terminali inserito nel software per il calcolo per l'appartamento monopiano è 55, per la tipologia di appartamento semi-duplex è 72, mentre per la tipologia di alloggio semi-triplex è 94.

È da segnalare che il software Termolog al momento del calcolo delle prestazioni energetiche segnala che per quanto concerne l'appartamento 10 e l'appartamento 15 (tipologia semi-triplex) il numero di terminali di emissione del sistema impiantistico di riscaldamento non sono sufficienti per coprire il fabbisogno della richiesta termica dell'ambiente in cui emettono calore. Detto problema è riconducibile al fatto che nella stima fatta e descritta precedentemente non si è tenuto conto dell'esposizione degli alloggi.

Per il modello dello stato di fatto semplificato, è stato necessario sommare il numero di terminali in funzione degli appartamenti presenti in ogni blocco. Per il blocco ovest, dove sono presenti i 3 appartamenti monopiano e i 6 semi-triplex, la somma totale dei terminali è 723. Per il blocco est, invece, che presenta solamente la tipologia edilizia di appartamenti semi-duplex, il numero totale di terminali inseriti è 864. Per un totale complessivo di 1587 terminali serviti dall'impianti di riscaldamento attualmente installato.

4.8. IMPIANTI STATO DI PROGETTO

Per la scelta degli impianti inseriti nei modelli di progetto si è proceduto cercando di rimanere più fedeli possibile agli impianti inseriti nella “Relazione tecnica opere impiantistiche” del luglio 2019 redatta dallo “Studio Andrea Chiozzotto - Safety Engineering & Energy Solutions” per conto di A.T.E.R. Venezia.

Di seguito in tabella si riportano le principali caratteristiche del nuovo generatore che potrebbe essere installato, fermo restando che il sistema di erogazione presente ad ora rimarrà inalterato in quanto non si eseguiranno lavori per la sostituzione delle tubazioni.

| PRINCIPALI DATI TECNICI GENERATORE DI PROGETTO | |
|---|-----------------------|
| Marca | HOVAL |
| Modello | ULTRAGAS 125 |
| Combustibile | metano |
| Potenza di targa | 123 kW |
| Funzionamento | Multistadio modulante |
| Anno di costruzione | 2020 |
| Rendimento al 100% | 98% |

Nelle soluzioni di progetto comprendenti l’inserimento dei nuovi impianti si è tenuto conto anche dei seguenti elementi:

- ricalcolo dei terminali facenti parte di ogni singolo radiatore inserito in ogni locale;
- inserimento delle valvole termostatiche con regolazione modulante applicate ai radiatori;
- installazione di 41 pannelli fotovoltaici aventi una superficie totale dei moduli di 56,83 m².

I radiatori nello stato di progetto saranno installati sempre sulle pareti esterne che però ora risulteranno isolate.

La tipologia di regolazione del riscaldamento è stata prevista a zona più climatica.

Il ricalcolo degli elementi dei radiatori è stato fatto in automatico dal software Termolog che ha tenuto conto anche dell’esposizione degli appartamenti oltre che della tipologia degli alloggi.

Di seguito vengono riportati in tabella il numero di elementi dei radiatori per lo stato di progetto per ogni appartamento divisi per tipologia.

| APPARTAMENTI MONOPIANO | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|
| | App. 1 | App. 2 | App. 3 |
| numero terminali | 71 | 56 | 59 |

| APPARTAMENTI SEMI-DUPLEX | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | App. 4 | App. 5 | App. 6 | App. 7 | App. 8 | App. 9 |
| numero terminali | 76 | 69 | 69 | 69 | 69 | 76 |

| APPARTAMENTO SEMI-TRIPLEX | | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | App. 10 | App. 11 | App. 12 | App. 13 | App. 14 | App. 15 |
| numero terminali | 105 | 97 | 97 | 97 | 97 | 105 |

| APPARTAMENTI SEMI-DUPLEX | | | | | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | App. 16 | App. 17 | App. 18 | App. 19 | App. 20 | App. 21 |
| numero terminali | 82 | 71 | 71 | 71 | 71 | 78 |

Al fine del calcolo del modello di progetto semplificato, per il blocco ovest la sommatoria dei terminali dei radiatori è di 784 unità, mentre per il blocco est è di 872 unità; per un totale complessivo di 1656 terminali per l'intero impianto centralizzato di riscaldamento.

4.9. MODELLO SU PIATTAFORMA TripleA-RENO

Al fine dell'ulteriore semplificazione e della creazione del modello sulla piattaforma aperta TripleA-reno è stato necessario provvedere alla distinzione e classificazione delle varie tipologie di superfici trasparenti e porte d'ingresso presenti ad ogni piano, per ogni lato e per ogni blocco dell'edificio.

| BLOCCO OVEST - PIANO PRIMO LATO SUD | | | | |
|--|------------------|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 240x62 | Vetro singolo | 6,116 | 6 | 8,93 |
| Finestra 96x62 | Vetro singolo | 6,174 | 3 | 1,79 |
| Porta | Porta d'ingresso | 1,929 | 6 | 12,54 |

| BLOCCO OVEST - PIANO PRIMO LATO NORD | | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 9 | 20,48 |
| Finestra doppia 240x130 | Doppia finestra  | 2,848 | 3 | 9,36 |

| BLOCCO OVEST - PIANO SECONDO LATO SUD | | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra esterna 175x130 | Vetro singolo  | 4,517 | 12 | 27,3 |

| BLOCCO OVEST - PIANO SECONDO LATO NORD | | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 6 | 13,65 |
| Portafinestra esterna 175x230 | Doppia finestra  | 2,828 | 6 | 24,15 |

| BLOCCO OVEST - PIANO TERZO LATO SUD | | | | |
|--|---------------|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 96x96 | Vetro singolo | 6,129 | 6 | 5,53 |

| BLOCCO OVEST - PIANO TERZO LATO NORD | | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 12 | 27,30 |

| BLOCCO EST - PIANO PRIMO LATO SUD | | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 6 | 13,65 |
| Finestra doppia 240x130 | Doppia finestra  | 2,848 | 6 | 18,72 |

| BLOCCO EST - PIANO PRIMO LATO NORD | | | | |
|---|------------------|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 240x62 | Vetro singolo | 6,116 | 6 | 8,93 |
| Porta | Porta d'ingresso | 1,929 | 6 | 12,54 |

| BLOCCO EST - PIANO SECONDO LATO SUD | | | | |
|--|------------------|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra 240x62 | Vetro singolo | 6,116 | 6 | 8,93 |
| Porta | Porta d'ingresso | 1,929 | 6 | 12,54 |

| BLOCCO EST - PIANO SECONDO LATO NORD | | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 12 | 27,30 |

| BLOCCO EST - PIANO TERZO LATO SUD | | | | |
|--|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra esterna 175x130 | Vetro singolo  | 4,517 | 12 | 27,3 |

| BLOCCO EST - PIANO TERZO LATO NORD | | | | |
|---|---|------------------------|------------|-----------------------|
| | Tipo | U [W/m ² K] | Uso [num.] | Uso [m ²] |
| Finestra doppia 175x130 | Doppia finestra  | 2,872 | 6 | 13,65 |
| Finestra doppia 240x130 | Doppia finestra  | 2,848 | 6 | 18,72 |

Per ora la piattaforma aperta TripleA-reno è ancora in fase di progettazione ed ultimazione per cui non è stato possibile procedere con la creazione dell'ulteriore modello semplificato. Si rimanda la valutazione di questo modello a successivi studi comparati.

5. VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE

Per procedere con l'analisi delle valutazioni energetiche e con il confronto tra i 6 casi (modello energetici) creati, bisogna soffermarsi dapprima nell'analizzare le differenti conformazioni volumetriche che il modello energetico assume di volta in volta valutando come cambia il valore del volume lordo riscaldato tra i diversi modelli per poi fare un confronto anche con il parametro S/V di ogni modello.

Nei primi confronti le differenze tra i diversi livelli di stato di progetto (progetto involucro e progetto involucro+impianti) non sono considerate in quanto il volume lordo riscaldato e il rapporto S/V non cambia; verranno quindi sintetizzate entrambe le situazioni con la dicitura "stato di progetto" nei paragrafi 5.1 e 5.2.

Successivamente si valuteranno invece tutti i casi creati per capire come i vari interventi di progetto incidano sulle prestazioni energetiche non solo dell'intero edificio, ma anche dei singoli appartamenti.

5.1. CONFRONTO VOLUME LORDO RISCALDATO

Dal punto di vista geometrico non c'è alcuna variazione nella conformazione dell'edificio dallo stato di fatto allo stato di progetto, vi è invece un cambiamento nei valori dei volumi lordi riscaldati, per questo si è scelto di analizzare le due condizioni (stato di fatto e stato di progetto) separatamente. Le modalità di creazione dei modelli sono sempre avvenute partendo dal modello dettagliato e per poi scendere a livello semplificato, ed iniziando dallo stato di fatto per poi proseguire con lo stato di progetto.

5.1.1. STATO DI FATTO: DETTAGLIATO - SEMPLIFICATO

Per analizzare in modo completo i modelli dello stato di fatto si è scelto di procedere in prima istanza nel calcolare il volume lordo edilizio ($V_{\text{lordo,edilizio}}$), cioè il valore di volume calcolato con l'estrusione della superficie laterale non finestrata dei due blocchi (area lato cieco), estrapolata dai disegni a CAD dalle sezioni, escludendo la zona al piano terra dei garage e dei ballatoi di accesso agli appartamenti ai vari piani. Tale valore è stato poi confrontato con il volume lordo riscaldato del modello energetico dettagliato ($V_{\text{lordo,H_dett}}$) dello stato di fatto calcolato dal software Termolog.

I valori sono riportati nella tabella sottostante.

| Unità immobiliare | Area lato cieco [m ²] | Lunghezza [m] | $V_{\text{lordo,edilizio}}$ [m ³] | $V_{\text{lordo,H_dett}}$ [m ³] | Differenza % $H_{\text{dett}}/\text{edilizio}$ |
|-------------------|-----------------------------------|---------------|---|---|--|
| BLOCCO OVEST | 95,56 | 39,85 | 3.808,07 | 3.631,30 | -4,64 % |
| BLOCCO EST | 113,93 | 39,85 | 4.540,11 | 4.330,20 | -4,62 % |

Si può notare che nonostante la geometria e le dimensioni dell'involucro siano le stesse, esiste un discostamento tra i due valori raffrontati: vi è infatti una diminuzione di circa il 4,6% per entrambi i blocchi del valore del volume lordo edilizio. Tale differenza è imputabile al fatto che, a differenza di quello riscaldato, nel volume lordo edilizio sono comprese anche le zone non riscaldate afferenti alle terrazze e alle logge, e in copertura la facciata prospiciente il parco presenta delle sporgenze o rientranze che nel caso di un blocco o dell'altro sono considerate del tutto o in parte.

| Unità immobiliare | $V_{\text{lordo,edilizio}}$ [m ³] | $V_{\text{lordo,H_dett}}$ [m ³] | Differenza % $H_{\text{dett}}/\text{edilizio}$ |
|-------------------|---|---|--|
| Intero Edificio | 8.348,18 | 7.961,50 | -4,63 % |

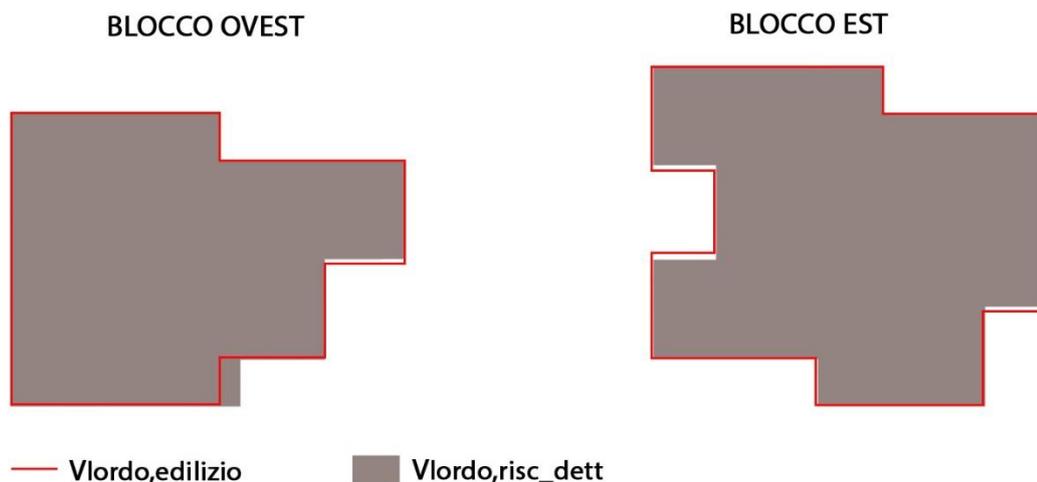


Figura 46 - Confronto geometrico volume lordo edilizio - volume lordo riscaldato dettagliato

In seconda analisi si è confrontato il volume lordo riscaldato del modello energetico dettagliato con il volume lordo riscaldato del modello energetico semplificato ($V_{\text{lordo,H_semp}}$), sempre riferiti allo stato di fatto.

Si ricorda che la creazione del modello semplificato è stata fatta partendo dal valore del volume lordo riscaldato del modello dettagliato che è stato poi diviso per alcuni valori prefissati quali: la lunghezza dei blocchi, l'altezza lorda di piano e il numero dei piani; il valore risultante è stata la larghezza dei singoli blocchi, e ciò ha permesso la creazione effettiva del modello.

Si è quindi voluto fare un confronto tra questi due valori per vedere quale potesse essere lo scostamento a seguito della creazione del modello semplificato. Nella tabella sottostante si riportano i valori ottenuti.

Tabella 22 - Confronto volumi lordi riscaldati stato di fatto modelli: dettagliato e semplificato

| MODELLI STATO DI FATTO | | | |
|------------------------|--|--|---|
| Unità immobiliare | $V_{\text{lordo,H_dett}}$ [m ³] | $V_{\text{lordo,H_semp}}$ [m ³] | Differenza % $H_{\text{semp}}/H_{\text{dett}}$ |
| BLOCCO OVEST | 3.631,30 | 3.661,40 | 0,83 % |
| BLOCCO EST | 4.330,20 | 4.334,50 | 0,10 % |
| Intero Edificio | 7.961,50 | 7.995,90 | 0,43 % |

Come si può notare la differenza tra i volumi lordi riscaldati del modello dettagliato e del modello semplificato è veramente minima, stando sempre sotto l'1%.

Nella figura di seguito vediamo poi la differenza sostanziale di geometria che si è ottenuta con la semplificazione del modello; il raffronto è stato fatto sulla superficie laterale dei due blocchi (area lato cieco) in quanto sui lati lunghi la geometria rimane inalterata mantenendo sempre una forma rettangolare.

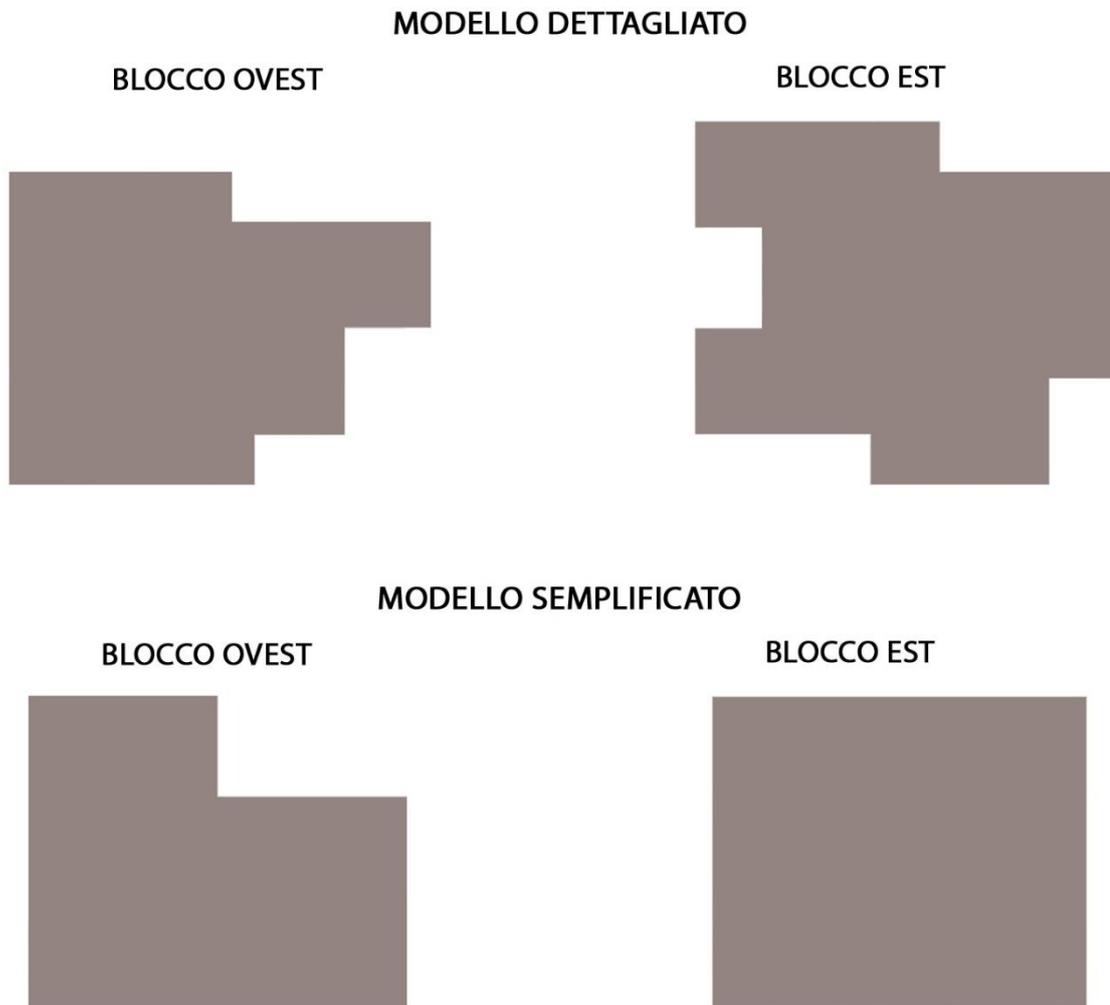


Figura 47 - Confronto geometrico volume lordo riscaldato dettagliato - volume lordo riscaldato semplificato

5.1.2. STATO DI PROGETTO: DETTAGLIATO - SEMPLIFICATO

La creazione dei modelli dello stato di progetto ha portato dei cambiamenti visibili nella stratigrafia delle pareti esterne, in quanto queste sono aumentate nello spessore di più del doppio rispetto allo stato di fatto. Questo cambiamento ha apportato modifiche anche nei valori delle superfici disperdenti e conseguentemente nei volumi lordi riscaldati. Si prendono ora in analisi i valori dei volumi lordi riscaldati per vedere come nel passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato questi si modificano e se cambiano in linea con quelli dello stato di fatto.

Tabella 23 - Confronto volumi lordi riscaldati stato di progetto: modelli dettagliato e semplificato

| MODELLI STATO DI PROGETTO | | | |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Unità immobiliare | Vlordo,H_dett [m ³] | Vlordo,H_sempl [m ³] | Differenza % H_sempl/H_dett |
| BLOCCO OVEST | 3.983,20 | 4.078,90 | 2,40 % |
| BLOCCO EST | 4.767,70 | 4.756,50 | -0,23 % |
| Intero Edificio | 8.750,90 | 8.835,40 | 0,97 % |

La differenza avviene in modo differente in base ai blocchi in quanto con la procedura di semplificazione si è passati ad avere un volume aggregato e solamente due zone termiche per l'intero edificio, si ha quindi una perdita di informazioni.

Se si analizza il valore della variazione riguardante l'intero edificio si può notare che si è sempre sotto l'1%.

5.1.3. DA STATO DI FATTO A STATO DI PROGETTO

Un'ulteriore analisi è stata poi fatta mettendo a confronto i valori del volume lordo riscaldato dei casi di stato di fatto e stato di progetto per capire come questo si sia modificato in relazione alla nuova stratigrafia delle pareti.

Tabella 24 - Confronto volumi lordi riscaldati modello dettagliato: stato di fatto e stato di progetto

| MODELLO DETTAGLIATO | | | |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Unità immobiliare | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO | Differenza % stato di progetto/stato di fatto |
| | Vlordo,H_dett [m ³] | Vlordo,H_dett [m ³] | |
| BLOCCO OVEST | 3.631,30 | 3.983,20 | 9,69 % |
| BLOCCO EST | 4.330,20 | 4.767,70 | 10,10 % |
| Intero Edificio | 7.961,50 | 8.750,90 | 9,92 % |

Tabella 25 - Confronto volumi lordi riscaldati modello semplificato: stato di fatto e stato di progetto

| MODELLO SEMPLIFICATO | | | |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| Unità immobiliare | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO | Differenza % stato di progetto/stato di fatto |
| | Vlordo,H_sempl [m ³] | Vlordo,H_sempl [m ³] | |
| BLOCCO OVEST | 3.661,40 | 4.078,90 | 11,40 % |
| BLOCCO EST | 4.334,50 | 4.756,50 | 9,74 % |
| Intero Edificio | 7.995,90 | 8.835,40 | 10,50 % |

Per entrambe le situazioni, modello dettagliato e modello semplificato, la variazione di volume lordo riscaldato, nel passaggio dal modello stato di fatto a quello di progetto, ha sempre subito una maggiorazione di circa il 10% per l'intero edificio imputabile all'installazione del cappotto esterno. Si precisa che la nuova stratigrafia delle pareti esterne porta queste da uno spessore nello stato di fatto di 25 cm ad uno spessore nello stato di progetto di 56 cm, si ha quindi una maggiorazione di 31 cm indipendentemente dalla conformazione del pacchetto, studiato in modo diverso per le varie tipologie di pareti presenti.

5.2. CONFRONTO RAPPORTO S/V

La comparazione è stata fatta tra i valori dei rapporti S/V nei modelli creati, sia a livello orizzontale (da dettagliato a semplificato) che a livello verticale (da stato di fatto a stato di progetto).

5.2.1. DETTAGLIATO: STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO

Il primo confronto è stato fatto tra i modelli dettagliati dello stato di fatto e stato di progetto. In questo caso si è potuto fare un confronto sull'intero edificio e anche sui singoli appartamenti.

Tabella 26 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di fatto dettagliato

| MODELLO STATO DI FATTO DETTAGLIATO | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|
| Unità immobiliare | Vlordo,H_dett [m ³] | Sdisp_dett [m ²] | S/V |
| Appartamento 01 | 272,90 | 153,70 | 0,56 |
| Appartamento 02 | 271,30 | 139,60 | 0,51 |
| Appartamento 03 | 273,90 | 161,50 | 0,59 |
| Appartamento 04 | 363,30 | 196,90 | 0,54 |
| Appartamento 05 | 358,40 | 138,40 | 0,39 |
| Appartamento 06 | 358,50 | 139,30 | 0,39 |
| Appartamento 07 | 358,20 | 137,60 | 0,38 |
| Appartamento 08 | 358,70 | 140,10 | 0,39 |
| Appartamento 09 | 363,00 | 196,90 | 0,54 |
| Appartamento 10 | 472,90 | 290,10 | 0,61 |
| Appartamento 11 | 467,50 | 216,80 | 0,46 |
| Appartamento 12 | 466,20 | 216,30 | 0,46 |
| Appartamento 13 | 467,00 | 217,10 | 0,46 |
| Appartamento 14 | 466,40 | 216,20 | 0,46 |
| Appartamento 15 | 473,20 | 286,30 | 0,61 |
| Appartamento 16 | 366,80 | 218,40 | 0,60 |
| Appartamento 17 | 360,00 | 162,60 | 0,45 |
| Appartamento 18 | 358,40 | 153,40 | 0,43 |
| Appartamento 19 | 360,20 | 162,70 | 0,45 |
| Appartamento 20 | 358,20 | 154,10 | 0,43 |
| Appartamento 21 | 366,50 | 219,40 | 0,60 |
| Intero Edificio | 7.961,50 | 3.917,50 | 0,49 |

Tabella 27 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di progetto dettagliato

| MODELLO STATO DI PROGETTO DETTAGLIATO | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|
| Unità immobiliare | Vlordo,H_dett [m ³] | Sdisp_dett [m ²] | S/V |
| Appartamento 01 | 294,30 | 161,00 | 0,55 |
| Appartamento 02 | 288,30 | 145,20 | 0,50 |
| Appartamento 03 | 297,30 | 170,20 | 0,57 |
| Appartamento 04 | 407,50 | 217,10 | 0,53 |
| Appartamento 05 | 379,80 | 144,40 | 0,38 |
| Appartamento 06 | 380,30 | 145,60 | 0,38 |
| Appartamento 07 | 379,20 | 143,60 | 0,38 |
| Appartamento 08 | 380,70 | 146,40 | 0,38 |
| Appartamento 09 | 408,20 | 217,70 | 0,53 |
| Appartamento 10 | 541,00 | 323,70 | 0,60 |
| Appartamento 11 | 506,30 | 227,50 | 0,45 |
| Appartamento 12 | 504,10 | 226,20 | 0,45 |
| Appartamento 13 | 505,80 | 227,40 | 0,45 |
| Appartamento 14 | 504,20 | 226,20 | 0,45 |
| Appartamento 15 | 541,90 | 320,60 | 0,59 |
| Appartamento 16 | 423,60 | 255,90 | 0,60 |
| Appartamento 17 | 395,90 | 180,40 | 0,46 |
| Appartamento 18 | 395,60 | 181,40 | 0,46 |
| Appartamento 19 | 396,00 | 180,30 | 0,46 |
| Appartamento 20 | 395,70 | 182,10 | 0,46 |
| Appartamento 21 | 425,20 | 257,90 | 0,61 |
| Intero Edificio | 8.750,90 | 4.281,00 | 0,49 |

Il rapporto S/V relativo all'interno edificio nel caso dettagliato non cambia tra il modello dello stato di fatto e quello dello stato di progetto; minime variazioni, invece, avvengono prendendo in analisi singolarmente le diverse unità immobiliari.

5.2.2. SEMPLIFICATO: STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO

La comparazione del rapporto S/V, nel caso semplificato per l'intero edificio, deve come i valori cambino leggermente tra la situazione dello stato di fatto e quella dello stato di progetto. La variazione si attesta allo 0,02, rimanendo comunque una differenza minima. Stessa differenza che si riscontra prendendo in considerazione i valori dei singoli blocchi.

Tabella 28 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di fatto semplificato

| MODELLO STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Unità immobiliare | Vlordo,H_sempl [m ³] | Sdisp_sempl [m ²] | S/V |
| BLOCCO OVEST | 3.661,40 | 1.864,20 | 0,51 |
| BLOCCO EST | 4.334,50 | 1.885,70 | 0,44 |
| Intero Edificio | 7.995,90 | 3.749,90 | 0,47 |

Tabella 29 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di progetto semplificato

| MODELLO STATO DI PROGETTO SEMPLIFICATO | | | |
|--|----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Unità immobiliare | Vlordo,H_sempl [m ³] | Sdisp_sempl [m ²] | S/V |
| BLOCCO OVEST | 4.078,90 | 1.997,60 | 0,49 |
| BLOCCO EST | 4.756,50 | 1.998,30 | 0,42 |
| Intero Edificio | 8.835,40 | 3.995,90 | 0,45 |

5.2.3. DA DETTAGLIATO A SEMPLIFICATO

Mettendo a confronto i valori del rapporto S/V a livello orizzontale si può notare che per quanto riguarda lo stato di fatto la semplificazione porta ad una lieve riduzione dello 0,02 del rapporto S/V per l'intero edificio. Variazione che incide di più sul blocco est in quanto la semplificazione della geometria è stata maggiore e quindi più rilevante rispetto al blocco ovest.

Tabella 30 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di fatto semplificato e dettagliato

| MODELLO STATO DI FATTO | | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Unità immobiliare | DETTAGLIATO | | | SEMPLIFICATO | | |
| | Vlordo,H_dett [m ³] | Sdisp_dett [m ²] | S/V dett | Vlordo,H_sempl [m ³] | Sdisp_sempl [m ²] | S/V sempl |
| BLOCCO OVEST | 3.631,30 | 1.897,60 | 0,52 | 3.661,40 | 1.864,20 | 0,51 |
| BLOCCO EST | 4.330,20 | 2.019,80 | 0,47 | 4.334,50 | 1.885,70 | 0,44 |
| Intero Edificio | 7.961,50 | 3.917,40 | 0,49 | 7.995,90 | 3.749,90 | 0,47 |

Per lo stato di progetto, invece, il confronto tra i valori del rapporto S/V del modello dettagliato e semplificato ha rilevato una maggiore riduzione, stimabile al 0,04.

Tabella 31 - Valori volume lordo riscaldato, superficie disperdente, rapporto S/V per il modello energetico stato di progetto semplificato e dettagliato

| MODELLO STATO DI PROGETTO | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|
| Unità immobiliare | DETTAGLIATO | | | SEMPLIFICATO | | |
| | Vlordo,H_dett [m ³] | Sdisp_dett [m ²] | S/V dett | Vlordo,H_sempl [m ³] | Sdisp_sempl [m ²] | S/V sempl |
| BLOCCO OVEST | 3.983,20 | 2.028,00 | 0,51 | 4.078,90 | 1.997,60 | 0,49 |
| BLOCCO EST | 4.767,70 | 2.252,80 | 0,47 | 4.756,50 | 1.998,30 | 0,42 |
| Intero Edificio | 8.750,9 | 4.280,80 | 0,49 | 8.835,40 | 3.995,90 | 0,45 |

Raffrontando le due analisi si vede come per lo stato di progetto la semplificazione abbia portato ad una differenza del rapporto S/V che è il doppio rispetto a quella dello stato di fatto, si passa infatti da una riduzione dello 0,02 ad una dello 0,04.

5.3. ANALISI SULLA CLASSE ENERGETICA

Si è proceduto con l'analisi dei valori estrapolati dal software Termolog lanciato in versione "CERTIFICATORE". Il programma lavora in condizioni di calcolo semi-stazionario mensile per la compilazione dell'APE, e bisogna ricordare che l'edificio di riferimento preso in considerazione dal software sarà l'edificio di riferimento per certificare, che è diverso dall'edificio di riferimento per il progetto. Si specifica che tale disposizione è stata specificata dai decreti attuativi della Legge 90/2013 che definiscono l'introduzione di due tipi di edificio di riferimento:

- l'edificio di riferimento per certificare, che mi serve per la determinazione della classe energetica; e
- l'edificio di riferimento per progettare, che mi serve per comparare l'edificio reale e vedere se si sono superate le verifiche di legge.

Entrambi sono edifici di riferimento quindi sono definibili come un edificio identico a quello oggetto della progettazione per geometria, orientamento, ubicazione geografica, destinazione d'uso e tipologia d'impianto, avente però caratteristiche termiche ed energetiche predeterminate. Ciò che li diversifica sono gli impianti, e cioè l'edificio di riferimento per certificare è sempre dotato di una caldaia a gas, qualsiasi impianto sia presente nel mio edificio reale, mentre l'edificio di riferimento per progettare sarà dotato esattamente degli stessi impianti che ho nel mio edificio reale però con rendimenti diversi fissati dal Decreto 26 giugno 2015. Quest'ultimo si presenterà come il mio edificio reale, ma migliorato.

L'edificio di riferimento per certificare ha un indice di prestazione energetica globale non rinnovabile ($EP_{gl,nren,riferimento}$) che si attesta alla soglia della classe energetica A1.

Sono stati analizzati tutti e sei i modelli energetici che sono stati creati, ed è stata valutata la differenza tra la classe energetica, tra i valori degli indici di prestazione energetica globale non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$) e tra i valori degli indici di prestazione energetica globale totale ($EP_{gl,tot}$).

5.3.1. DETTAGLIATO: STATO DI FATTO – STATI DI PROGETTO

Per i casi dettagliati è stata messa a confronto non solo la classe energetica prendendo in considerazione l'intero edificio, ma anche le classi energetiche dei singoli appartamenti per vedere come le varie fasi di progetto incidano sulle prestazioni energetiche

dell'edificio. La classe energetica per l'intero edificio allo stato di fatto è la classe G, con otto appartamenti che però risultano in classe energetica F.

Tabella 32 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di fatto dettagliato

| MODELLO STATO DI FATTO DETTAGLIATO | | | |
|------------------------------------|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| Appartamento 01 | 243,97 | 244,10 | F |
| Appartamento 02 | 227,87 | 228,00 | F |
| Appartamento 03 | 253,46 | 253,60 | F |
| Appartamento 04 | 262,41 | 262,60 | G |
| Appartamento 05 | 209,10 | 209,20 | F |
| Appartamento 06 | 209,79 | 209,90 | F |
| Appartamento 07 | 208,50 | 208,60 | F |
| Appartamento 08 | 210,38 | 210,50 | F |
| Appartamento 09 | 260,49 | 260,60 | F |
| Appartamento 10 | 335,86 | 336,00 | G |
| Appartamento 11 | 285,28 | 285,40 | G |
| Appartamento 12 | 286,12 | 286,30 | G |
| Appartamento 13 | 293,64 | 293,80 | G |
| Appartamento 14 | 285,90 | 286,00 | G |
| Appartamento 15 | 333,44 | 333,60 | G |
| Appartamento 16 | 293,30 | 293,50 | G |
| Appartamento 17 | 261,41 | 261,50 | G |
| Appartamento 18 | 218,85 | 219,00 | G |
| Appartamento 19 | 261,43 | 261,60 | G |
| Appartamento 20 | 219,42 | 219,50 | G |
| Appartamento 21 | 293,42 | 293,60 | G |
| Intero Edificio | 263,68 | 263,80 | G |

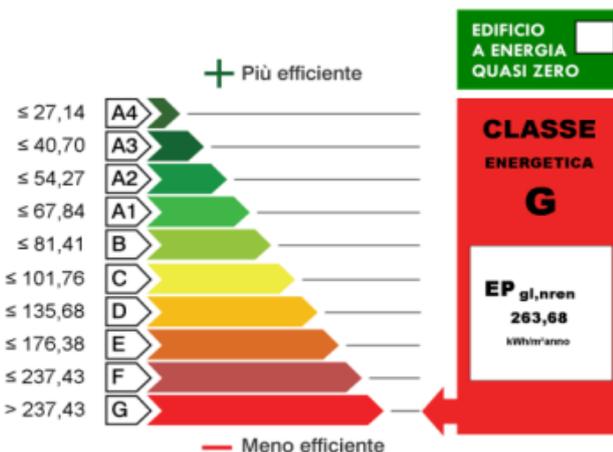




Figura 48 - Andamento indice di prestazione energetica non rinnovabile per unità immobiliare. Modello stato di fatto dettagliato

Ponendo attenzione agli indici di prestazione energetica non rinnovabile, relativi ai singoli appartamenti, per lo stato di fatto si può notare una tendenza relativa alle varie tipologie di alloggi ed in base alla loro esposizione e posizione all'interno dei due blocchi.

I tre appartamenti (appartamenti 1-2-3) del tipo monopiano hanno tutti valori di energia primaria globale non rinnovabile che si discosta di poco: 244, 228 e 254 kWh/m² circa.

I sei appartamenti del tipo semi-triplex (appartamenti 10-11-12-13-14-15), collocati anch'essi come quelli monopiano nel blocco ovest, presentano l'indice di prestazione energetica non rinnovabile molto simile per i quattro appartamenti localizzati all'interno del blocco, circa 290 kWh/m², mentre i due appartamenti esterni hanno i valori più alti di tutto l'edificio e si aggirano attorno a 335 kWh/m² circa.

Per quanto riguarda gli appartamenti semi-duplex presenti nel blocco est bisogna distinguere se questi abbiano il principale affaccio sul lato nord oppure sul lato sud.

Per gli appartamenti con principale affaccio sul lato nord (appartamenti 4-5-6-7-8-9) i valori di energia primaria globale non rinnovabile vanno da 262 kWh/m² circa per gli alloggi esterni a 210 kWh/m² circa per gli alloggi posizionati internamente al blocco.

Per gli appartamenti semi-duplex che si affacciano principalmente sul lato sud (appartamenti 16-17-18-19-20-21) invece i valori sono molto altalenanti e si presentano in coppia: 219, 261 e 293 kWh/m² circa.

Nello stato di progetto involucro con il solo miglioramento dell'involucro edilizio, tutti gli appartamenti e conseguentemente anche l'intero edificio passano alla classe D.

Tabella 33 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di progetto involucro dettagliato

| MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO DETTAGLIATO | | | |
|---|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| Appartamento 01 | 129,23 | 129,30 | D |
| Appartamento 02 | 124,46 | 124,50 | D |
| Appartamento 03 | 132,13 | 132,20 | D |
| Appartamento 04 | 128,46 | 128,50 | D |
| Appartamento 05 | 110,81 | 110,90 | D |
| Appartamento 06 | 111,13 | 111,20 | D |
| Appartamento 07 | 110,63 | 110,70 | D |
| Appartamento 08 | 111,36 | 111,40 | D |
| Appartamento 09 | 128,51 | 128,60 | D |
| Appartamento 10 | 143,67 | 143,70 | D |
| Appartamento 11 | 126,74 | 126,80 | D |
| Appartamento 12 | 126,59 | 126,70 | D |
| Appartamento 13 | 126,72 | 126,80 | D |
| Appartamento 14 | 126,60 | 126,70 | D |
| Appartamento 15 | 143,28 | 143,40 | D |
| Appartamento 16 | 139,74 | 139,80 | D |
| Appartamento 17 | 108,71 | 108,80 | D |
| Appartamento 18 | 109,00 | 109,10 | D |
| Appartamento 19 | 108,70 | 108,80 | D |
| Appartamento 20 | 109,17 | 109,20 | D |
| Appartamento 21 | 126,06 | 126,10 | D |
| Intero Edificio | 123,44 | 123,50 | D |

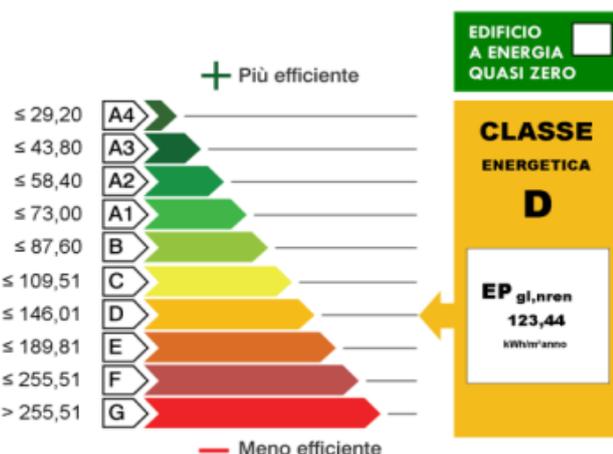




Figura 49 - Andamento indice di prestazione energetica non rinnovabile per unità immobiliare. Modello stato di progetto involucro dettagliato

Per lo stato di progetto involucro, come per lo stato di fatto, l'indice di prestazione energetica non rinnovabile varia a seconda della tipologia degli alloggi e della loro esposizione e posizione nei blocchi. In questa situazione i valori di EPgl,nren risultano essere inferiori, ma la tendenza è la medesima.

Per gli appartamenti monopiano (appartamenti 1-2-3) i valori di energia primaria non rinnovabile vanno da 124 kWh/m² circa per l'alloggio posizionato al centro, a 130 kWh/m² circa per gli alloggi esterni.

Per quanto riguarda gli appartamenti semi-triplex (appartamenti 10-11-12-13-14-15) vediamo che l'indice di prestazione energetica non rinnovabile ha i valori più alti, rispetto a tutti gli altri alloggi, per i due appartamenti che si trovano verso l'esterno (appartamenti 10 e 15) con 143 kWh/m² circa, mentre per i rimanenti quattro alloggi interni i valori si aggirano attorno ai 126 kWh/m² circa.

Per gli appartamenti semi-duplex (appartamenti 4-5-6-7-8-9-16-17-18-19-20-21) non ci sono grosse differenze dipendenti dal maggior affaccio verso nord o verso sud, infatti tutti gli alloggi interni presentano valori di energia primaria non rinnovabile di 110 kWh/m² circa, mentre gli alloggi esterni, ad esclusione dell'appartamento 16 con 139 kWh/m² circa, hanno valori che si aggirano attorno ai 126 - 128 kWh/m² circa.

Allo stato di progetto completo, involucro+impianti, la classe energetica per l'intero edificio è la C. Si può però notare che per quasi la metà degli appartamenti, 10 su 21, la classe energetica dopo il presunto intervento di ristrutturazione sia la B.

Tabella 34 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di progetto involucro+impianti dettagliato

| MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI DETTAGLIATO | | | |
|--|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| Appartamento 01 | 93,51 | 93,51 | B |
| Appartamento 02 | 90,22 | 90,22 | B |
| Appartamento 03 | 95,52 | 95,52 | B |
| Appartamento 04 | 92,63 | 92,63 | B |
| Appartamento 05 | 80,43 | 80,43 | C |
| Appartamento 06 | 80,65 | 80,65 | C |
| Appartamento 07 | 80,31 | 80,31 | C |
| Appartamento 08 | 80,81 | 80,81 | C |
| Appartamento 09 | 92,66 | 92,66 | B |
| Appartamento 10 | 102,92 | 102,92 | C |
| Appartamento 11 | 91,22 | 91,22 | C |
| Appartamento 12 | 91,12 | 91,12 | C |
| Appartamento 13 | 91,21 | 91,21 | C |
| Appartamento 14 | 91,13 | 91,13 | C |
| Appartamento 15 | 102,65 | 102,65 | C |
| Appartamento 16 | 100,42 | 100,42 | C |
| Appartamento 17 | 78,98 | 78,98 | B |
| Appartamento 18 | 79,18 | 79,18 | B |
| Appartamento 19 | 78,97 | 78,97 | B |
| Appartamento 20 | 79,29 | 79,29 | B |
| Appartamento 21 | 90,97 | 90,97 | B |
| Intero Edificio | 89,12 | 89,12 | C |

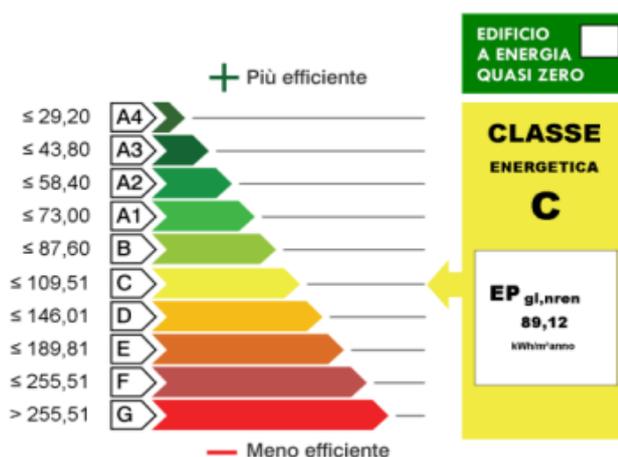




Figura 50 - Andamento indice di prestazione energetica non rinnovabile per unità immobiliare. Modello stato di progetto involucro+impianti dettagliato

Per lo stato di progetto involucro+impianti i valori dell'indice di prestazione energetica non rinnovabile subiscono un ulteriore decremento rispettando la tendenza al miglioramento delle prestazioni energetiche a seguito dei successivi lavori di ristrutturazione previsti nelle tre fasi di studio: stato di fatto, stato di fatto involucro, e stato di fatto involucro+impianti.

La variazione dell'energia primaria globale non rinnovabile per i singoli appartamenti rispetta l'andamento seguito per la situazione stato di progetto involucro con i valori però decisamente più bassi.

L'indice di prestazione termica più elevato si registra per gli appartamenti 10 e 15 (tipologia semi-triplex) con valore di 103 kWh/m² circa, seguiti a breve distanza dall'appartamento 16 (tipologia semi-duplex esterno con maggior affaccio a sud) con 100 kWh/m² circa.

Gli appartamenti con le prestazioni energetiche migliori risultano essere quelli della tipologia semi-duplex collocati internamente al blocco est che risultano avere valori di energia primaria globale non rinnovabile pari a 80 kWh/m² circa.

Gli altri appartamenti presentano tutti indice di prestazione energetica non rinnovabile con valori tra i 90 e i 96 kWh/m².

Gli interventi di ristrutturazione importante previsti da progetto hanno portato ad un sostanziale cambiamento delle prestazioni energetiche dell'edificio come ci si poteva aspettare, passando da una classe G per lo stato fatto, ad una classe D ove venisse considerato il solo intervento di miglioramento delle superfici opache e trasparenti, e ad una classe C ove fosse prevista anche la sostituzione degli impianti di riscaldamento e acqua calda sanitaria oltre agli interventi sull'involucro.

Tabella 35 - Confronto per l'intero edificio nei casi di modello energetico dettagliato: classe energetica, indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale

| MODELLO DETTAGLIATO – INTERO EDIFICIO | | | |
|---|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI |
| Classe | G | D | C |
| EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | 263,68 | 123,44 | 89,12 |
| EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | 263,80 | 123,50 | 89,12 |

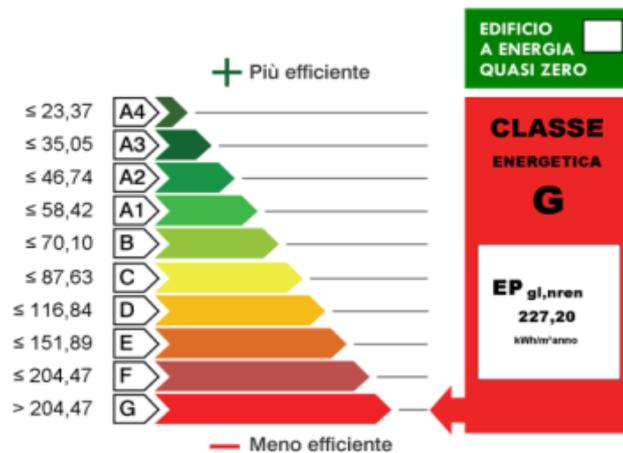
5.3.2. SEMPLIFICATO: STATO DI FATTO – STATI DI PROGETTO

Si ricorda che durante la realizzazione del modello semplificato sono state create solo due zone termiche riscaldate corrispondenti ai due blocchi che formano l'edificio, detta semplificazione comporterà una riflessione analizzando le classi energetiche e i valori dei fabbisogni energetici.

La classe energetica per lo stato di fatto per il modello semplificato è la classe G, sia per quanto riguarda l'intero edificio, che per quanto attestano i due blocchi separati.

Tabella 36 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di fatto semplificato

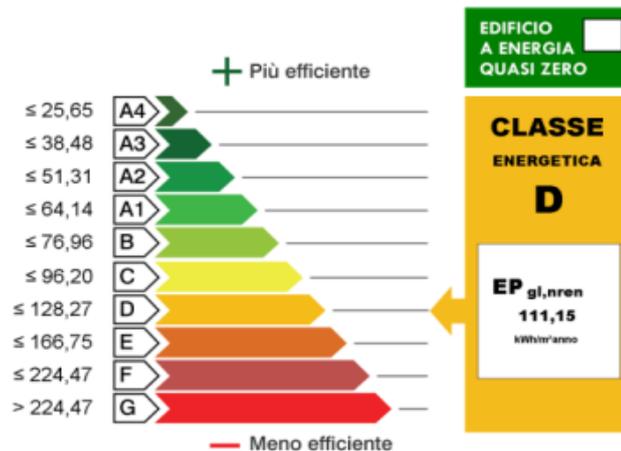
| MODELLO STATO DI FATTO SEMPLIFICATO | | | |
|-------------------------------------|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| BLOCCO OVEST | 248,50 | 248,63 | G |
| BLOCCO EST | 209,50 | 209,61 | G |
| Intero Edificio | 227,20 | 227,32 | G |



Nello stato di progetto involucro la classe energetica risulta, invece, essere la classe D, anche in questo caso sia per l'intero edificio che per i singoli blocchi.

Tabella 37 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di progetto involucro semplificato

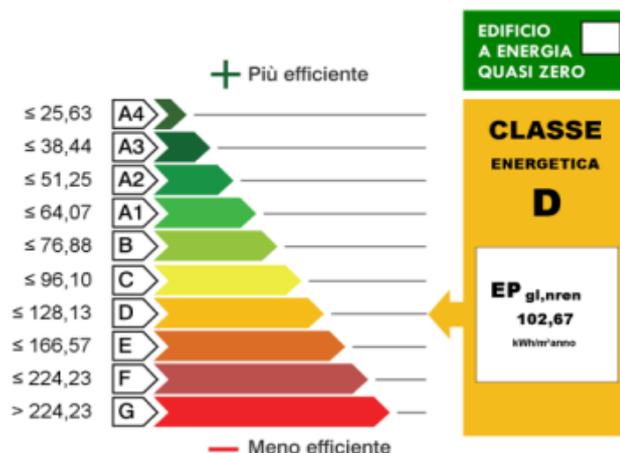
| MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO SEMPLIFICATO | | | |
|--|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| BLOCCO OVEST | 122,26 | 122,32 | D |
| BLOCCO EST | 101,91 | 101,97 | D |
| Intero Edificio | 111,15 | 111,21 | D |



Analizzando i risultati del caso di progetto involucro+impianti si evidenzia come l'introduzione del nuovo impianto nel modello semplificato non abbia portato alcun miglioramento in termini né di classe energetica, né di energia primaria globale non rinnovabile e totale. Infatti, la classe energetica rimane sempre la classe D e gli indici di prestazione energetica globale si discostano di poco tra le due situazioni di progetto.

Tabella 38 - Classe energetica e indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale. Modello energetico stato di progetto involucro+impianti semplificato

| MODELLO STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI SEMPLIFICATO | | | |
|---|---|--|----------|
| Unità immobiliare | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | Classe |
| BLOCCO OVEST | 106,49 | 106,49 | D |
| BLOCCO EST | 99,49 | 99,49 | D |
| Intero Edificio | 102,67 | 102,67 | D |



Se per i modelli dettagliati gli interventi di riqualificazioni considerati a step avevano evidenziato di volta in volta miglioramenti sulle prestazioni energetiche dell'edificio, nel caso di analisi dei modelli semplificati ciò non è avvenuto. Da una classe energetica G dello stato di fatto, si è passati alla classe energetica D per entrambe le situazioni di progetto.

Tabella 39 - Confronto per l'intero edificio nei casi di modello energetico semplificato: classe energetica, indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale

| MODELLO SEMPLIFICATO – INTERO EDIFICIO | | | |
|---|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI |
| Classe | G | D | D |
| EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | 227,20 | 111,15 | 102,67 |
| EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | 227,32 | 111,21 | 102,67 |

5.3.3. DA DETTAGLIATO A SEMPLIFICATO

Si sono volute poi valutare le modificazioni che la semplificazione ha portato a livello della classe energetica in tutte e tre le fasi studiate: stato di fatto, stato di progetto involucro, e stato di progetto involucro+impianti.

Come si può vedere dai dati messi a confronto nella tabella sottostante, se la classe energetica non cambia per le prime due fasi, stato di fatto e stato di progetto involucro, passando dal modello dettagliato al modello semplificato, non avviene la medesima cosa per lo stato di progetto involucro+impianti. Infatti, la semplificazione dell'edificio in forma aggregata con la creazione di due sole zone termiche, corrispondenti ai blocchi esistenti, non mantiene l'andamento reale che avrebbe edificio considerato nella sua forma con 21 zone termiche. L'impianto, nel modello semplificato, vedendo solo due zone termiche riscaldate invece che 21, lavora in modo diverso dall'impianto del modello dettagliato, nonostante sia il medesimo.

Tabella 40 - Confronto per l'intero edificio nei casi di modello energetico dettagliato e semplificato: classe energetica

| INTERO EDIFICIO | | | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | Classe energetica | | |
| | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI |
| DETTAGLIATO | G | D | C |
| SEMPLIFICATO | G | D | D |

MODELLO DETTAGLIATO



MODELLO SEMPLIFICATO



Tabella 41 - Confronto per l'intero edificio nei casi di modello energetico dettagliato e semplificato: indici di prestazione energetica non rinnovabile e totale, e differenze % indici di prestazione energetica

| INTERO EDIFICIO | | | | | | |
|--|---|--------|--|--|--------|---|
| | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | | Differenza % EP _{gl,nren} semp/dett | EP _{gl,tot} [kWh/m ²] | | Differenza % EP _{gl,tot} semp/dett |
| | DETT. | SEMP. | | DETT. | SEMP. | |
| STATO DI FATTO | 263,68 | 227,20 | -13,83 % | 263,80 | 227,32 | -13,83 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 123,44 | 111,15 | -9,96 % | 123,50 | 111,21 | -9,95 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO + IMPIANTI | 89,12 | 102,67 | 15,20 % | 89,12 | 102,67 | 15,20 % |

Se si osservano i dati dell'intero edificio relativi alle energie primarie globali non rinnovabili e totali si può notare che, nel passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato, per le prime due situazioni, stato di fatto e stato di progetto involucro, dove l'impianto a servizio dell'edificio rimane sempre lo stesso, le differenze percentuali sono nell'ordine di una diminuzione dei valori che va dal 10% al 14% circa. Per la situazione di stato di progetto involucro+impianti, invece, si ha un incremento dei valori di energia del 15% circa.

5.4. ANALISI DEI FABBISOGNI ENERGETICI

Dopo aver analizzato la variazione delle classi energetiche e visto che i risultati non sono in linea di tendenza al ribasso nonostante gli interventi di miglioramento proposti nelle varie fasi di progetto, si è voluto scendere più in profondità con l'analisi ed andare a porre l'attenzione sui fabbisogni di energia primaria. In particolare, si è posta l'attenzione sull'energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale, sull'indice di prestazione non rinnovabile per la climatizzazione invernale, sull'energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria, e sull'indice di prestazione non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria.

L'analisi è stata condotta considerando solamente l'edificio nella sua interezza, prendendo però in esame tutti i modelli creati. Il raffronto è stato fatto per vedere come cambiano i valori sopra citati nel passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato, e per capire quanto la creazione delle sole due zone riscaldate nel modello semplificato incida sulla variazione delle prestazioni dell'impianto.

Di seguito si riportano in tabella i valori analizzati per lo stato di fatto, lo stato di progetto involucro e lo stato di progetto involucro+impianti.

Tabella 42 - Superficie utile riscaldata, energia primaria non rinnovabile per riscaldamento e ACS, indici di prestazione energetica non rinnovabile per riscaldamento e ACS. Modello energetico stato di fatto dettagliato e semplificato

| STATO DI FATTO – INTERO EDIFICIO | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Su,H [m ²] | Qp,H,nren [kWh] | EPH,nren [kWh/m ²] | Qp,W,nren [kWh] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] |
| DETTAGLIATO | 2.135,57 | 511.643,10 | 239,58 | 51.455,40 | 24,09 | 263,68 |
| SEMPLIFICATO | 2.266,58 | 505.725,30 | 223,12 | 9.237,20 | 4,08 | 227,20 |

Soffermandoci subito e prendendo in esame i valori dello stato di fatto, si può notare come se per i valori di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento (Qp,H,nren) i numeri non si discostino di molto tra il modello dettagliato e quello semplificato (riduzione di circa l'1%, si passa da 511.643 kWh circa a 505.725 kWh circa), ciò non succede per i valori di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria (Qp,W,nren). La differenza, molto evidente nei numeri, si passa da 51.455 kWh circa, per il modello dettagliato, a 9.237 kWh circa, per il modello semplificato, è stimabile in una diminuzione pari al 82,05%.

L'impianto a servizio del modello semplificato non riesce a sostenere il fabbisogno necessario per la produzione di acqua calda sanitaria visto che le due zone climatiche create risultano essere troppo grandi per le capacità di potenza limite dell'impianto installato. Ciò si ripercuote sui valori di fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria e sull'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria.

Tabella 43 - Superficie utile riscaldata, energia primaria non rinnovabile per riscaldamento e ACS, indici di prestazione energetica non rinnovabile per riscaldamento e ACS. Modello energetico stato di progetto involucro dettagliato e semplificato

| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO – INTERO EDIFICIO | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Su,H [m ²] | Qp,H,nren [kWh] | EPH,nren [kWh/m ²] | Qp,W,nren [kWh] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] |
| DETTAGLIATO | 2.135,57 | 210.413,10 | 98,53 | 53.206,80 | 24,91 | 123,44 |
| SEMPLIFICATO | 2.266,59 | 242.665,60 | 107,06 | 9.261,00 | 4,09 | 111,15 |

Per quanto riguarda l'analisi dei dati dello stato di progetto involucro, i valori di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria sono in linea con quelli dello stato di fatto, presentando sempre una diminuzione dei valori tra il modello dettagliato e il modello semplificato stimabile attorno al 82,5%. Cosa diversa invece accade per quanto concerne l'energia primaria per il riscaldamento: se nello stato di fatto i valori tra il modello dettagliato e il modello semplificato si discostavano di poco (-1 %), in questo caso si ha un incremento del valore pari al 15%.

Tabella 44 - Superficie utile riscaldata, energia primaria non rinnovabile per riscaldamento e ACS, indici di prestazione energetica non rinnovabile per riscaldamento e ACS. Modello energetico stato di progetto involucro+impianti dettagliato e semplificato

| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI – INTERO EDIFICIO | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Su,H [m ²] | Qp,H,nren [kWh] | EPH,nren [kWh/m ²] | Qp,W,nren [kWh] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] |
| DETTAGLIATO | 2.135,57 | 145.394,90 | 68,08 | 44.923,50 | 21,04 | 89,12 |
| SEMPLIFICATO | 2.266,53 | 224.649,00 | 99,12 | 8.047,40 | 3,55 | 102,67 |

Nello stato di progetto involucro+impianti, infine, si vede come la differenza di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, tra il modello dettagliato e il modello semplificato, si mantenga sempre in un decremento attorno ad una percentuale del 82%. Va fatto, invece, un discorso differente analizzando i valori di energia primaria per la

climatizzazione invernale. Passando dal caso dettagliato al caso semplificato i valori subiscono un incremento sostanziale pari al 55% circa.

Tabella 45 - Confronto per l'intero edificio nei casi di modello energetico dettagliato e semplificato: differenze % energia primaria non rinnovabile per riscaldamento e la produzione di ACS, e differenze % indici di prestazione energetica per il riscaldamento e la produzione di ACS.

| INTERO EDIFICIO | | | | |
|--|---|--|---|--|
| | Differenza % Qp,H,nren sempl/dett | Differenza % EPH,nren sempl/dett | Differenza % Qp,W,nren sempl/dett | Differenza % EPW,nren sempl/dett |
| STATO DI FATTO | -1,16 % | -6,87 % | -82,05 % | -83,06 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 15,33 % | 8,66 % | -82,59 % | -83,58 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO + IMPIANTI | 54,51 % | 45,59 | -82,09 % | -83,13 % |

6. REPORT ETNOGRAFICO E MONITORAGGIO AMBIENTALE

TripleA-reno è un progetto con l'obiettivo di promuovere il rinnovamento energetico su vasta scala del patrimonio edilizio esistente a livello europeo e di dare ai singoli e alle comunità la possibilità usufruire di tali sviluppi.

Essendo questo progetto incentrato sugli utenti finali e sulle altre figure coinvolte nei processi di ristrutturazione, sono stati utilizzati metodi etnografici qualitativi di ricerca sul campo per illustrare come i contesti specifici della località influenzano i processi di ristrutturazione. Nella prima fase, concentrandosi sugli edifici all'inizio del loro processo di ristrutturazione, è stato condotto un monitoraggio etnografico ed ambientale per valutare l'effettivo comfort abitativo degli alloggi in alcuni appartamenti rilevando i principali parametri ambientali (temperatura, umidità relativa, CO₂ e consumi elettrici) in parallelo alle sensazioni degli abitanti.

Nelle giornate dal 19 al 21 giugno 2019 è stato effettuato un focus group presso l'edificio di via Julia, e a seguire sono state condotte interviste singole semi-strutturate ai condomini per poter sviluppare un primo report etnografico.

Dal focus group, a cui hanno partecipato anche i principali attori coinvolti che rappresentano l'azienda proprietaria dell'immobile, A.T.E.R. Venezia, sono emerse le principali lamentele che riportano tutti gli inquilini sulla situazione attuale dell'edificio, in particolare sulle condizioni di manutenzione dell'immobile.

Molti hanno evidenziato che le scale e i ballatoi sono pericolosi, soprattutto quando piove rendendo difficile gli spostamenti a coloro che hanno difficoltà motorie.

Le condizioni delle facciate, definite dapprima solo "brutte" dagli inquilini, si sono poi rilevate essere un problema per la sicurezza degli stessi. Sono evidenti infatti numerosi distacchi di intonaco e di copriferrì in vari punti che potrebbero pregiudicare la sicurezza qualora colpissero qualcuno.

Pochi si sono lamentati della scarsa efficienza dell'involucro in termini di prestazioni energetiche, ma tutti hanno segnalato la scarsa efficienza degli infissi.

Uno dei maggiori problemi è stato individuato nelle infiltrazioni di acqua nelle logge della facciata esposta a nord che ha obbligato all'installazione di un ulteriore infisso esterno a protezione di quello originale con scarsa tenuta. Sono state anche chiuse le logge sulla facciata a nord, sempre attraverso l'installazione di infissi, per evitare che si riempissero di acqua durante i piovvaschi invernali.

È stata pressoché unanime la lamentela riguardo alle elevate spese per il riscaldamento e per lo scarso comfort all'interno degli appartamenti sia in estate che in inverno.

Successivamente al focus group, le interviste singole effettuate a tutti gli inquilini hanno rilevato le opinioni differenti e i problemi più rilevanti riscontrati da ogni occupante.

Prima di addentrarci nell'analisi condotta si vuole fare una parentesi di tipo normativo per spiegare il perché del monitoraggio ambientale.

6.1. APPROFONDIMENTO NORMATIVO SUL COMFORT INTERNO

Il consumo di energia degli edifici dipende in modo significativo dai criteri utilizzati per la progettazione degli ambienti interni (temperatura, ventilazione e illuminazione) e per il funzionamento di essi (compresi i sistemi impiantistici). L'ambiente interno influenza la salute, la produttività e il comfort degli occupanti.

Studi recenti hanno dimostrato che i costi di un ambiente interno insalubre, per il datore di lavoro, il proprietario dell'edificio o per la società, nel loro complesso, sono spesso notevolmente superiori al costo dell'energia utilizzata dall'edificio stesso. È stato dimostrato anche che un buon comfort ambientale interno può migliorare il lavoro e l'apprendimento nelle prestazioni complessive, nonché ridurre l'assenteismo. Inoltre, è probabile che gli occupanti scomodi prendano provvedimenti per mettersi a proprio agio che possano avere implicazioni energetiche. È quindi necessario specificare i criteri per la progettazione degli ambienti interni e per i calcoli energetici per gli edifici.

Le normative europee dalla serie 16798 definiscono gli aspetti riguardanti i parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

| | |
|---------------------|---|
| UNI EN 16798-1:2019 | Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Modulo M1-6 |
| CEN/TR 16798-2:2019 | Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (Module M1-6) |

Il documento CEN/TR 16798 parte 2 è una guida su come utilizzare la norma UNI EN 16798-1. Esso specifica i metodi per la valutazione a lungo termine dell'ambiente interno ottenuto a seguito di calcoli o misurazioni. Inoltre, definisce i criteri per le misurazioni che possono essere utilizzati se necessario per misurare la conformità mediante ispezione. Il documento identifica i parametri da utilizzare monitorando e visualizzando l'ambiente interno negli edifici esistenti. La specifica è applicabile laddove i criteri per l'ambiente interno siano stabiliti dall'occupazione umana e dove la produzione o il processo non abbiano un impatto rilevante sull'ambiente interno.

Possono essere utilizzate diverse categorie di criteri a seconda del tipo di edificio, del tipo di occupanti, del tipo di clima e delle differenze nazionali.

Il rapporto tecnico spiega anche come i valori per l'ambiente interno (temperatura, ventilazione, illuminazione) possano essere utilizzati come input per il calcolo del fabbisogno energetico (norme di riferimento: EN ISO 13790, EN 15255, EN 15265, EN 15193). Nello specifico fornisce un metodo per la categorizzazione dell'ambiente interno. I valori di input consigliati sono indicati, per ciascuna delle categorie, come mostrato nella tabella sottostante. Tali valori possono essere poi utilizzati per stabilire diversi criteri e livelli per la progettazione di edifici e dei suoi servizi.

Le categorie possono essere utilizzate per descrivere la prestazione ambientale interna annuale di un edificio mostrando la distribuzione dei parametri nelle diverse categorie.

L'intenzione non è che un edificio debba essere gestito rigorosamente in una classe per tutto l'anno.

Tabella 46 – Classificazione e descrizione delle categorie da specifica tecnica 16798-2

| CATEGORIA | DESCRIZIONE della CATEGORIA |
|-----------|---|
| I | Alto livello di aspettativa. Consigliato per aumentare l'accessibilità e per spazi occupati da persone molto sensibili, fragili e con esigenze speciali come: persone con disabilità, persone malate, bambini e anziani |
| II | Livello di aspettativa normale |
| III | Livello di aspettativa accettabile e moderato |
| IV | Basso livello di aspettativa. Questa categoria dovrebbe essere accettata solo per una parte limitata dell'anno |

Si può pensare che la scelta di una categoria superiore possa aumentare il consumo di energia di un edificio. La sfida spetta quindi al progettista o al gestore dell'edificio nell'ottenere un elevato livello di qualità ambientale interna entro i criteri energetici richiesti.

Il periodo di misurazione per tutti i parametri misurati dovrà essere abbastanza lungo da essere rappresentativo.

6.1.1. TEMPERATURA INTERNA

Le misurazioni dovrebbero essere effettuate laddove è noto che gli occupanti trascorrono la maggior parte del loro tempo e contestualmente nei periodi

rappresentativi della stagione fredda (stagione di riscaldamento) e calda (stagione di raffreddamento).

La temperatura dell'aria misurata in una stanza può essere utilizzata nelle misurazioni a lungo termine e corretta per stimare la temperatura operativa della stanza nel caso che essa abbia superfici esterne che presentino grossi sbalzi termici di freddo o caldo.

I valori raccomandati per l'intervallo accettabile della temperatura interna durante il periodo di riscaldamento sono riportati nella tabella di sotto. Il punto medio dell'intervallo di temperatura dovrebbe essere usato come valore target, ma la temperatura interna può variare all'interno dell'intervallo in base alle funzioni di risparmio energetico o all'algoritmo di controllo.

Tabella 47 - Intervalli di temperatura per il calcolo orario dell'energia per il riscaldamento (estratto tabella B1.4, Allegato B1 della specifica tecnica 16798-2)

| Tipo di edificio o locale | Categoria | Intervallo di temperatura per riscaldamento [°C] |
|---|-----------|--|
| Edifici residenziali, spazi abitativi (camere da letto, soggiorni, cucine, ecc.) Attività sedentaria | I | 21,0 - 25,0 |
| | II | 20,0 - 25,0 |
| | III | 18,0 - 25,0 |
| | IV | 17,0 - 25,0 |

6.1.2. CO₂

La qualità dell'aria di un edificio può essere valutata negli edifici in cui le persone sono la principale fonte di inquinamento. Si misurerà quindi la concentrazione media di CO₂.

Le misurazioni di CO₂ devono essere effettuate negli ambienti in cui è noto che gli occupanti trascorrono la maggior parte del loro tempo, e preferibilmente a livello di prevalenza in condizioni tipiche di carico elevato. Le misurazioni dovrebbero essere effettuate preferibilmente nella stagione invernale, perché i ricambi d'aria nei mesi più freddi avvengono più raramente a causa delle temperature esterne più rigide.

Negli edifici più grandi non tutte le stanze devono essere valutate, perché la misurazione in stanze rappresentative potrebbe essere abbastanza.

La media predefinita della concentrazione esterna di CO₂ può essere assunta a 400 ppm (350-500 ppm).

Tabella 48 – Concentrazioni di progetto predefinite di CO₂ al di sopra della concentrazione esterna
(estratto tabella B2.7, Allegato B2 della specifica tecnica 16798-2)

| Categoria | Concentrazione di CO ₂ corrispondente [ppm] |
|-----------|--|
| I | 550 (10) |
| II | 800 (7) |
| III | 1350 (4) |
| IV | 1350 (4) |

Nota: i valori sopra corrispondono all'equilibrio di concentrazione quando la portata d'aria è di 10, 7 e 4 l / s per persona per le categorie I, II e III, IV, rispettivamente, e l'emissione standard di CO₂ è di 20 l / h per persona.

6.1.3. UMIDITA' RELATIVA

I criteri di umidità dipendono in parte dai requisiti di comfort termico e qualità dell'aria interna e in parte dai requisiti fisici dell'edificio (condensa, muffa ecc.). Per edifici speciali (musei, edifici storici, chiese) possono esistere particolari requisiti di umidità. Per gli edifici senza requisiti di umidità che non l'occupazione umana (ad es. uffici, scuole e abitazioni) l'umidificazione o la deumidificazione di solito non sono necessarie. Esposizione per brevi periodi a valori molto bassi o elevati di umidità può essere accettabile.

Per l'esposizione a lungo termine possono essere utilizzati i seguenti criteri:

- UR minima: 25%
- UR massima: 60%

Inoltre, si consiglia di limitare l'umidità assoluta a 12 g/kg.

6.2. ANALISI SU SINGOLI APPARTAMENTI

A seguire si riportano i 4 casi specifici studiati, relativi ognuno ad una tipologia diversa di appartamento: monopiano (appartamento 1), semi-triplex (appartamento 12), semi-duplex con affaccio prevalente sul lato nord (appartamento 7), semi-duplex con affaccio prevalente sul lato sud (appartamento 21).

L'analisi è stata condotta partendo dal report etnografico, fatto sulla base delle interviste realizzate a giugno 2019, sui dati misurati nelle settimane dal 20 gennaio al 10 febbraio 2020 relativi ai parametri ambientali di temperatura, umidità relativa, CO₂ e consumi elettrici, e sulle interviste anonime relative al comfort interno degli ambienti condotte attraverso il questionario, riportato nelle pagine seguenti, somministrato durante le giornate di monitoraggio dei parametri ambientali.

I questionari sono stati compilati regolarmente dai residenti degli appartamenti ove sono avvenute le misurazioni per l'arco di tempo di una settimana due volte al giorno: mattina e sera, sempre della stessa persona all'interno dell'alloggio. Le risposte prese in considerazione durante l'analisi sono quelle relative alle domande A, B, C e relativamente alla domanda E per il solo punto 1 "Spifferi".

I dati del questionario sono stati analizzati per ogni appartamento assegnando questo sistema di valori alle prime tre domande (A, B, C). Si riporta la metodologia nelle tabelle di seguito.

Tabella 49 - Scala di valori per le Domanda A, B, C del questionario sul benessere e sul confort interno

| | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|
| RISPOSTE DOMANDA A | molto caldo | caldo | leggermente caldo | neutro | leggermente freddo | freddo | molto freddo |
| SCALA DI VALORI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| | | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| RISPOSTE DOMANDA B | svestito | abbigliamento leggero | abbigliamento medio | abbigliamento pesante |
| SCALA DI VALORI | 1 | 2 | 3 | 4 |

| | | | | |
|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| RISPOSTE DOMANDA C | attività sedentaria | attività moderata | attività attiva | attività intensa |
| SCALA DI VALORI | 1 | 2 | 3 | 4 |

Per quanto concerne la domanda E.1 ci si è attenuti alla scala di valori assegnata da questionario.

Le misurazioni dei dati ambientali sono state effettuate per gli appartamenti 7, 12 e 21 con uno strumento dataloggers Trotec, mentre per quanto riguarda l'appartamento 1 è stato utilizzato uno strumento Delta Ohm.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un lasso di tempo di 5 minuti. I dati sono stati quindi aggregati in serie di 1 ora per quanto concerne la temperatura, l'umidità relativa e i valori di CO₂, mentre per quanto riguarda l'energia elettrica i dati acquisiti sono in termini orari. Si ricorda che i dati elettrici sono al netto di quelli dei consumi per quanto riguarda il sistema impiantistico di riscaldamento e acqua calda sanitaria in quanto centralizzati.

I dati dettagliati relativi all'intero monitoraggio di tutti e quattro gli appartamenti sono disponibili alla sezione Allegati, allegato D pag. 152.

Durante l'analisi i valori rilevati di temperatura e CO₂ sono poi stati categorizzati secondo la normativa EN 16798-1. La categorizzazione è stata effettuata confrontando tutti i valori orari misurati durante la settimana con i relativi valori di soglia delle varie categorie per verificare quale fosse la categoria corrispondente per ogni parametro per ogni appartamento.

Per quanto riguarda i valori di umidità relativa (UR) si è verificato solo di rientrare o meno nel range di $\min 30\% < UR < 70\% \max$.

Triple -reno

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO DEL BENESSERE E DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ALL'INTERNO DELLE ABITAZIONI

Durante le giornate in cui viene eseguito il monitoraggio ambientale con i sensori presso la vostra abitazione si raccomanda di rispondere alle seguenti domande due volte al giorno: **MATTINA e SERA**.

Nel libretto allegato troverete i questionari per ciascun giorno della settimana già suddivisi per mattina e sera. In caso venga saltata una rilevazione lasciare il corrispondente foglio **non compilato** e passare al successivo.

Per rispondere alle domande **D** ed **E** è necessario scegliere un valore compreso tra **0** e **6** per ciascuna delle voci presenti, secondo questa scala:

| | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|--------------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| PER NIENTE | | | | | | MOLTO |

Si prega di rispondere a **tutte** le domande anche se non si percepisce alcun sintomo.

Per rispondere è sufficiente barrare con una croce la casella desiderata.

Le risposte dovrebbero essere fornite sempre **dallo stesso componente del nucleo familiare**.

Il confronto fra le vostre risposte e i dati raccolti permetterà una migliore comprensione dei reali parametri di comfort rilevati e un migliore utilizzo degli stessi.

Grazie per la collaborazione

In caso di qualsiasi necessità, dubbi, chiarimenti o problematiche nel funzionamento dei sensori potete contattare:

LUNEDI' MATTINA

A) QUALE SENSAZIONE HAI PROVATO NELL'ULTIMA ORA?

- Molto Caldo* *Caldo* *Leggermente Caldo* *Neutro*
 Leggermente Freddo *Freddo* *Molto Freddo*

B) CHE TIPO DI VESTITI INDOSSI ADESSO?

- Svestito* *Abbigliamento leggero (maglietta, camicia)*
 Abbigliamento medio (maglione, felpa, tuta) *Abbigliamento pesante (giacca, vestaglia)*

C) CHE TIPO DI ATTIVITÀ HAI FATTO NELL'ULTIMA ORA?

- Sedentario (leggere, guardare la tv, per lo più seduto)* *Moderato (lavoro al computer)*
 Attivo (pulizie, riordino, fai da te, bricolage) *Intenso (allenamento, sforzo intenso)*

D) IN CHE MISURA HAI PERCEPITO I SEGUENTI SINTOMI NELL'ULTIMA ORA?

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sensazione di testa pesante | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Affaticamento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Mal di testa | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Capogiri | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Difficoltà di concentrazione | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Prurito, bruciore o irritazione agli occhi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Disturbi visivi: sfocatura, annebbiamento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Naso irritato, chiuso o che cola | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gola rauca e secca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Difficoltà respiratorie (es: tosse, respiro corto, raucedine) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Starnuti, naso chiuso | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Altro (specificare): | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

E) IN CHE MISURA SEI STATO INFASTIDITO DAI SEGUENTI FATTORI NELL'ULTIMA ORA?

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Spifferi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Aria viziata | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Aria secca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Odore sgradevole | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Rumore | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Luce fioca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Luce che provoca abbagliamento e/o riflessi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Polvere e sporco | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM THE EUROPEAN UNION'S H2020 FRAMEWORK PROGRAMME FOR RESEARCH AND INNOVATION UNDER GRANT AGREEMENT NO 784972.

The sole responsibility for the content of this report lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

LUNEDI' SERA

A) QUALE SENSAZIONE HAI PROVATO NELL'ULTIMA ORA?

- Molto Caldo* *Caldo* *Leggermente Caldo* *Neutro*
 Leggermente Freddo *Freddo* *Molto Freddo*

B) CHE TIPO DI VESTITI INDOSSI ADESSO?

- Svestito* *Abbigliamento leggero (maglietta, camicia)*
 Abbigliamento medio (maglione, felpa, tuta) *Abbigliamento pesante (giacca, vestaglia)*

C) CHE TIPO DI ATTIVITÀ HAI FATTO NELL'ULTIMA ORA?

- Sedentario (leggere, guardare la tv, per lo più seduto)* *Moderato (lavoro al computer)*
 Attivo (pulizie, riordino, fai da te, bricolage) *Intenso (allenamento, sforzo intenso)*

D) IN CHE MISURA HAI PERCEPITO I SEGUENTI SINTOMI NELL'ULTIMA ORA?

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sensazione di testa pesante | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Affaticamento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Mal di testa | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Capogiri | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Difficoltà di concentrazione | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Prurito, bruciore o irritazione agli occhi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Disturbi visivi: sfocatura, annebbiamento | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Naso irritato, chiuso o che cola | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Gola rauca e secca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Difficoltà respiratorie (es: tosse, respiro corto, raucedine) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Starnuti, naso chiuso | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Altro (specificare): | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

E) IN CHE MISURA SEI STATO INFASTIDITO DAI SEGUENTI FATTORI NELL'ULTIMA ORA?

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Spifferi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Aria viziata | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Aria secca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Odore sgradevole | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Rumore | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Luce fioca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Luce che provoca abbagliamento e/o riflessi | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Polvere e sporco | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM THE EUROPEAN UNION'S H2020 FRAMEWORK PROGRAMME FOR RESEARCH AND INNOVATION UNDER GRANT AGREEMENT NO 784972.

The sole responsibility for the content of this report lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

6.2.1. APPARTAMENTO 1

L'appartamento analizzato corrisponde alla tipologia monopiano. Si colloca esternamente nel blocco ovest, sulla parete cieca laterale ad ovest, con affaccio quasi esclusivamente sul lato nord sopra i locali non riscaldati adibiti a garage.

In tabella si riportano i dati caratteristici dell'appartamento nello stato di fatto.

Tabella 50 - Dati geometrici ed energetici appartamento 1

| DATI GEOMETRICI | Su,H [m ²] | Slorda [m ²] | Vnetto [m ³] | Vlordo,H [m ³] | Sdisp [m ²] | S/V |
|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| | | 72,21 | 83,46 | 192,16 | 272,92 | 153,69 |

| DATI ENERGETICI | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] | EPgl,ren [kWh/m ²] | EPgl,tot [kWh/m ²] | Classe energetica |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | | 217,39 | 26,58 | 243,97 | 0,13 | 244,10 |

BLOCCO OVEST
PIANO PRIMO h 252cm e h 406cm

Appartamento 1 ■

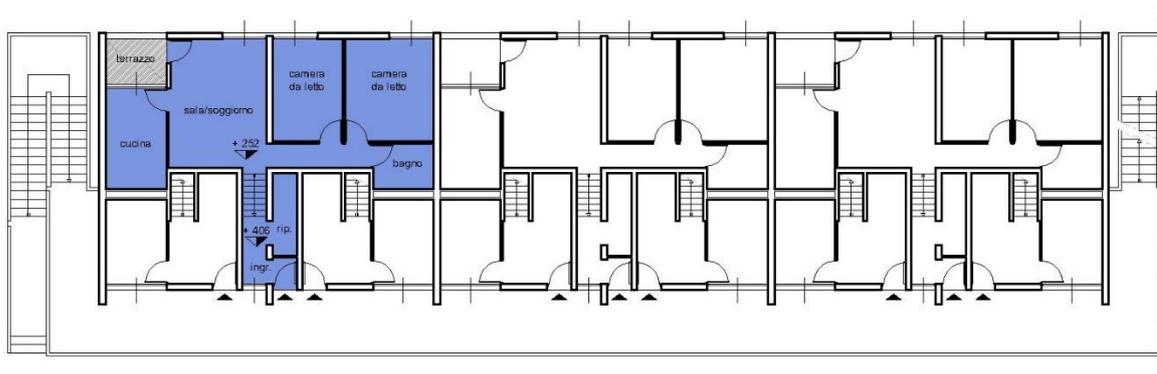


Figura 51 - Pianta dell'appartamento 1

Nelle viste dell'appartamento 1 (figura nella pagina seguente) si vede bene la suddivisione dei locali interni all'alloggio (volumi blu), e il posizionamento dell'appartamento quasi totalmente sopra ai garage (volumi in grigio). Il locale d'ingresso (contrassegnato con la freccia) si trova al livello superiore rispetto ai locali di vita dell'appartamento. L'alloggio è corredato anche di una terrazza accessibile solo dalla sala/soggiorno (volume in grigio allo stesso livello dei volumi blu).

Dalle interviste singole del report etnografico è emerso che i residenti dell'appartamento abitano nell'edificio sin dalla sua costruzione nel 1978. In esso, al momento dell'intervista, viveva una coppia di persone anziane con il marito che aveva avuto da poco problemi di salute. Questa problematica ha fatto emergere come l'edificio non sia per nulla adeguato alle esigenze di una persona non autosufficiente. Gli spazi comuni

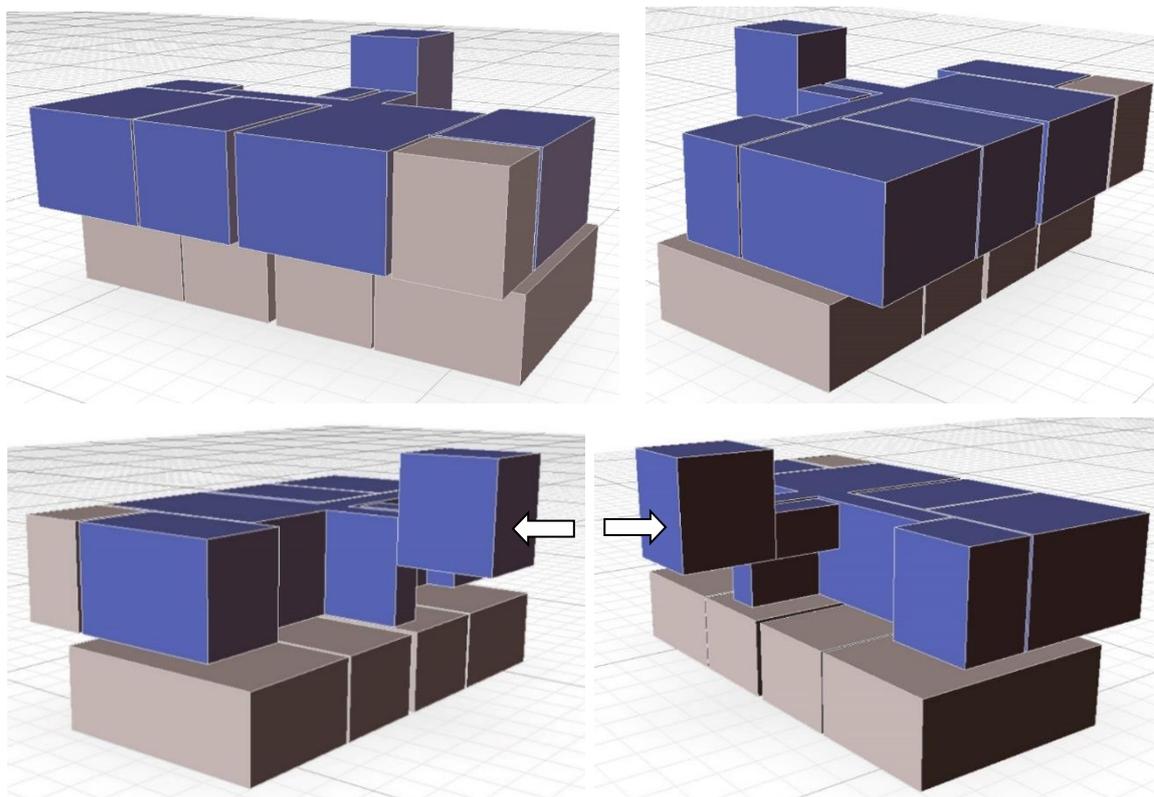


Figura 52 - Viste dell'appartamento 1 con divisione dei locali nel modello dettagliato

sono comunque esposti alle intemperie e privi di sistemi di sollevamento per chi è costretto su una sedia a rotelle. Anche gli spazi interni non sono assolutamente adeguati e costringono a difficili manovre quando costretti sulla sedia a rotelle.

I residenti dell'alloggio hanno integrato sia il condizionatore che la stufa elettrica per migliorare le condizioni di comfort, sia in estate che in inverno. Lungo la parete nord hanno cercato, a spese proprie, di mitigare le dispersioni termiche arretrando e coibentando lo scasso sotto i termosifoni.

Questa coppia di anziani ha abitato anche in un altro appartamento dello stesso edificio, ora occupato da un altro condomino, e sostengono che il precedente fosse migliore come posizione ed anche in relazione ai consumi. Si lamentano dell'impianto centralizzato a gasolio senza contabilizzazione separata delle utenze.

Per quanto riguarda il monitoraggio ambientale, effettuato nella settimana dal 3 al 10 febbraio, lo strumento è stato posizionato nella sala da pranzo/soggiorno e al momento delle rilevazioni nell'alloggio vivevano due persone, madre pensionata e figlio lavoratore.

Le misurazioni relative alle temperature medie orarie rilevate durante la settimana indicano valori dai 18°C ai 21°C, con un funzionamento della caldaia centralizzata che si presuppone si accenda verso le 9:00 di mattina per poi spegnersi la sera dopo le

21:00. La temperatura minima rilevata è stata di 17,3°C alle ore 9:00 del sabato e la temperatura massima è stata di 21,3°C alle ore 19:00 del lunedì, con un valore di temperatura media oraria durante la settimana di 19,4°C.

Di seguito in figura si riportano i valori delle temperature medie distinte per ora misurate durante la settimana del monitoraggio.

Figura 53 - Temperature: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 1



Dai dati rilevati relativi alla concentrazione di CO₂ si nota come i picchi si abbiano durante le ore di pranzo e cena, con un valore medio massimo orario di 1593 ppm alle 19:00, ciò indica che durante i pasti nell'appartamento sono presenti entrambi i residenti. Si ricorda che lo strumento di rilevazione è stato posizionato in sala da pranzo/soggiorno e in una posizione molto prossima al locale cucina.

Il valore di CO₂ massimo rilevato durante la settimana soggetta a monitoraggio è stato di 3316 ppm, mentre quello minimo di 514 ppm.

Figura 54 - CO₂: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 1



Relativamente alle percentuali di umidità relativa misurate, i valori massimi rilevati si hanno tra le 12:00 e le 22:00, con un picco del 52,7% alle 19:00.

La media oraria settimanale di umidità relativa risulta essere del 49,2%.

Nella figura seguente si può notare bene l'andamento orario relativo alle percentuali di umidità relativa.

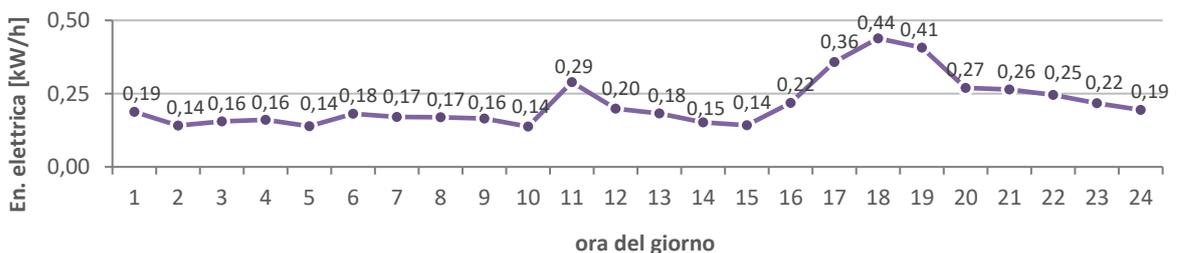
Figura 55 - Umidità relativa: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 1



Visti i valori delle temperature misurati, l’ubicazione dell’appartamento sopra i locali dei garage, l’esposizione a nord e la presenza nell’alloggio di una stufa elettrica nel medesimo locale ove sono avvenute le misurazioni si suppone che tale stufa sia stata accesa per la maggior parte dell’arco delle giornate. In più dalle risposte del questionario si evince che il residente dichiara di percepire sempre freddo durante la mattinata, indice che lo spinge sicuramente all’accensione della stufa, per poi passare ad una sensazione tra il leggermente caldo e il neutro durante la sera. L’abbigliamento indossato dall’inquilino è per lo più leggero, e dichiara che le attività svolte nell’arco di tempo vicino alla compilazione del questionario sono di tipo sedentario.

Osservando i valori sui consumi dell’energia elettrica di nota come ci sia un picco attorno alle 11:00 di mattina, probabilmente sempre imputabile all’accensione della stufa unito ai preparativi per il pranzo, e di nuovo i consumi aumentano verso il tardo pomeriggio (tra le 17:00 e le 19:00). Il consumo medio giornaliero rilevato durante la settimana è di 5,18 kWh, con un consumo medio orario di 0,21 kW/h.

Figura 56 - Energia elettrica: consumi medi settimanali distinti per ora del giorno – appartamento 1



Volendo poi categorizzare i parametri misurati secondo la EN 16798-1, si sono presi in considerazione tutti i valori orari rilevati durante il monitoraggio. Si è quindi desunto che per quanto riguarda le temperature l’appartamento 1 rientri nella Categoria III (18°C – 25°C); relativamente alla CO₂ ugualmente Categoria III (soglia a 1350 ppm); ed infine in merito all’umidità relativa i valori misurati rientrano tutti tra il range considerato (30% < UR < 70%).

Nella tabella sottostante si riporta il riepilogo delle categorie.

Tabella 51 - Categorizzazione dati ambientali misurati - appartamento 1

| PARAMETRO | CATEGORIA |
|------------------|--------------------------|
| Temperatura | EN 16798-1 Categoria III |
| CO ₂ | EN 16798-1 Categoria III |
| Umidità relativa | 30% < UR < 70% |

Per quanto riguarda il livello di comfort ambientale rilevato dai residenti durante la settimana oggetto di monitoraggio si riscontra che complessivamente durante la giornata la sensazione non sia di completo benessere, ma si abbia per lo più una sensazione di leggero freddo.

I residenti di questo alloggio dichiarano di non essere molto infastiditi dagli spifferi.

Nella tabella a seguire si riportano le risposte alle domande del questionario raggruppate per arco temporale, mattina, sera e intera giornata.

Tabella 52 - Risposte in scale di valori preassegnati alle domande relative al questionario sul benessere e sul comfort all'interno delle abitazioni per arco temporale - appartamento 1

| RISPOSTE | MATTINA | SERA | INTERA GIORNATA |
|-------------|---------|------|-----------------|
| Domanda A | 6 | 3,43 | 4,71 |
| Domanda B | 2 | 2,14 | 2,07 |
| Domanda C | 1 | 1 | 1 |
| Domanda E.1 | 2 | 2,57 | 2,29 |

6.2.2. APPARTAMENTO 7

L'appartamento 7 è del tipo semi-duplex appartenente al blocco est e con accesso dal ballatoio posto a nord sopra ai garage e maggior affaccio sul lato nord. Si trova nella parte centrale del blocco est, quindi ha le pareti laterali che confinano con altri locali riscaldati.

Nella tabella sottostante si riportano i dati dell'appartamento allo stato di fatto.

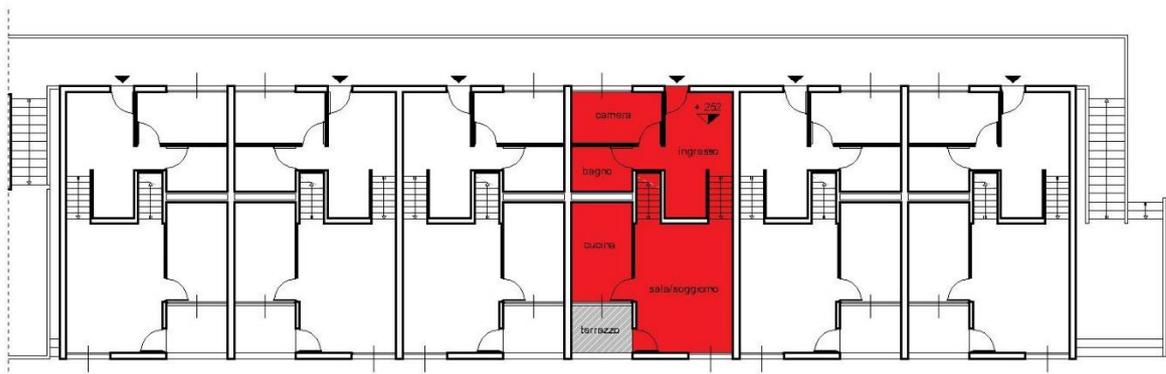
Tabella 53 - Dati geometrici ed energetici appartamento 7

| DATI GEOMETRICI | Su,H [m ²] | Slorda [m ²] | Vnetto [m ³] | Vlordo,H [m ³] | Sdisp [m ²] | S/V |
|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| | | 97,45 | 112,48 | 253,08 | 358,20 | 137,62 |

| DATI ENERGETICI | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] | EPgl,ren [kWh/m ²] | EPgl,tot [kWh/m ²] | Classe energetica |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | | 184,14 | 24,36 | 208,50 | 0,11 | 208,61 |

BLOCCO EST
PIANO PRIMO h 252cm e h 406cm

Appartamento 7 ■



BLOCCO EST
PIANO PRIMO h 406cm e PIANO SECONDO h 560cm

Appartamento 7 ■

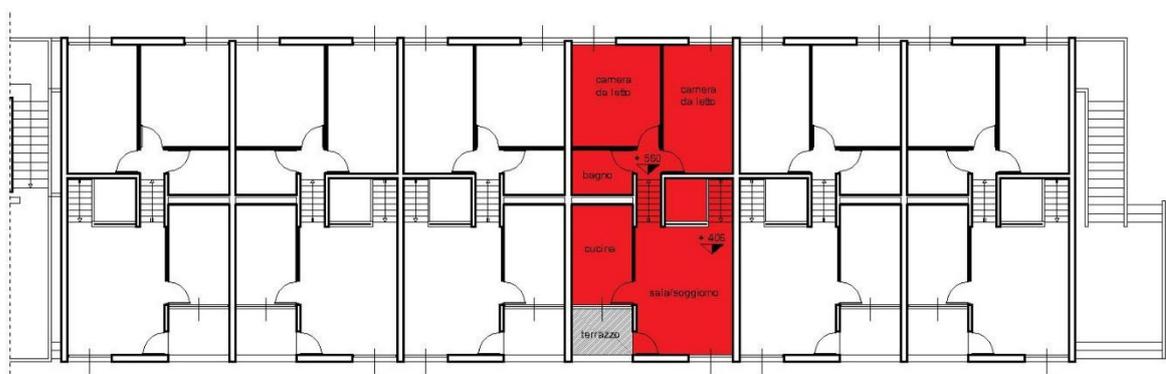


Figura 57 - Piante dell'appartamento 7

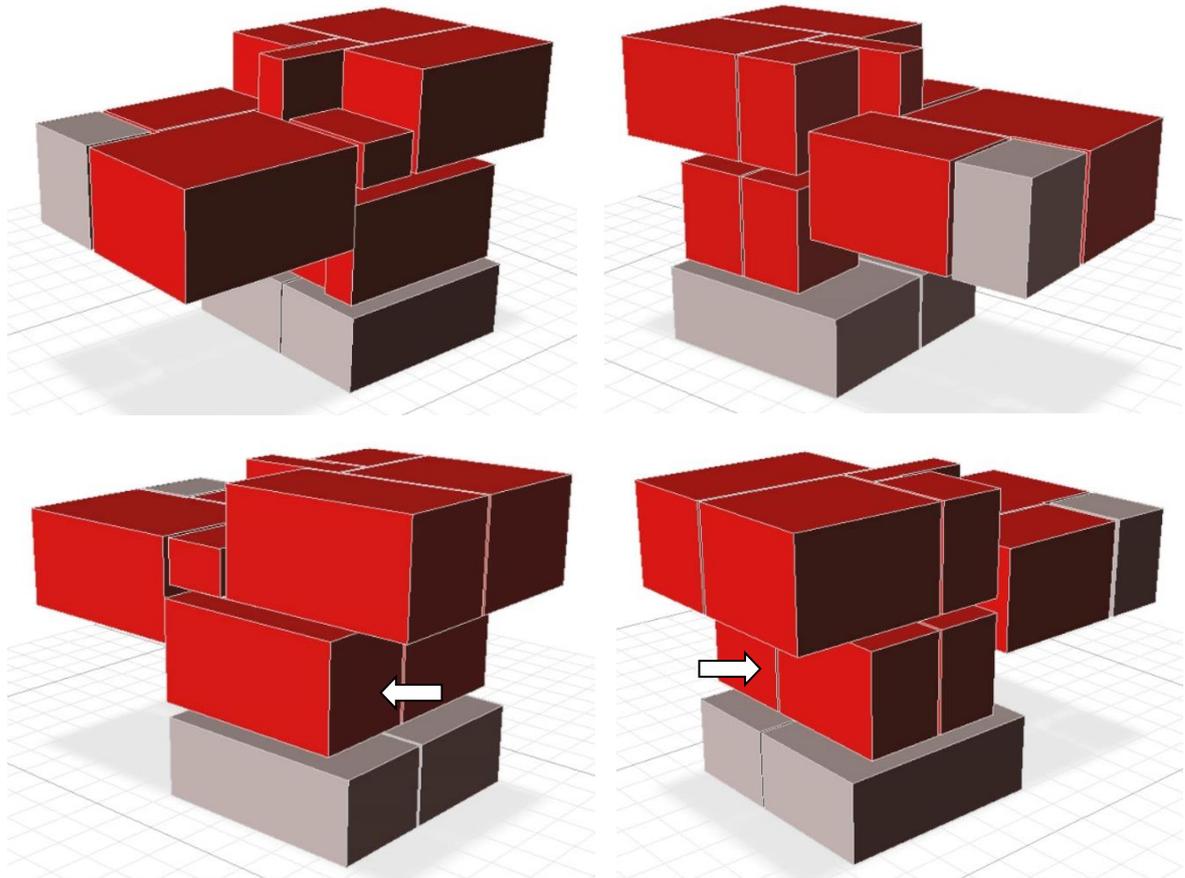


Figura 58 - Viste dell'appartamento 7 con divisione dei locali nel modello dettagliato

Dalle immagini delle viste dell'appartamento si nota bene come la posizione dei locali di ingresso sia esattamente sopra ai locali non riscaldati dei garage (volumi grigi) e si trovi al livello più basso rispetto a tutti gli altri locali dell'alloggio. Nell'appartamento è presente una terrazza il cui accesso è possibile dalla sala/soggiorno. Al piano intermedio ci sono i locali della zona giorno, mentre all'ultimo piano sono presenti i locali della zona notte. Allo stesso piano dell'ingresso è presente anche un bagno e un'ulteriore camera, attualmente utilizzata come camera da letto. Il cavedio delle scale si estende dal primo all'ultimo livello dell'appartamento.

Gli inquilini dell'alloggio vivono nell'edificio da quando è stato costruito ed attualmente sono una famiglia composta da tre persone. Ora spesso ospitano i nipoti per badarli durante le ore pomeridiane.

L'appartamento si presenta molto ben tenuto e sono, negli anni, stati fatti alcuni lavori di miglioramento a spese degli inquilini senza alcun aiuto da parte di A.T.E.R. Venezia. In particolare, è stato realizzato un leggero isolamento interno per ridurre i costi di riscaldamento pur rinunciando a parte della superficie utile. È stato anche aggiunto un sistema di condizionatori autonomi in alcune stanze per il raffrescamento estivo.

Le maggiori lamentele degli inquilini riguardano la difficoltà a mantenere bassi i costi di riscaldamento, anche data la particolarità dell'abitazione che si sviluppa su tre livelli. Le misurazioni ambientali, che sono state effettuate, sono state rilevate posizionando lo strumento nel locale d'ingresso. Qui sono presenti grossi scambi d'aria, per via della frequente apertura del portoncino d'ingresso, e le temperature non sono elevate vista la posizione dei locali esattamente sopra a quelli non riscaldati dei garage. Per questo motivo i valori misurati relativi alla temperatura possono essere inferiori a causa del gradiente termico.

Altra specifica interessante che si è rilevata è che quando si entra nell'appartamento la sensazione che si avverte è di un cambio di temperatura, all'incirca di due gradi, tra il piano d'ingresso e il piano della zona giorno. La temperatura si mantiene poi costante nella zona notte.

Di seguito si riportano nella figura le temperature medie settimanali, distinte per ora, misurate nell'arco della settimana dal 20 al 27 febbraio 2020.

Figura 59 - Temperature: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 7



La temperatura minima misurata durante l'arco della settimana è stata di 14,26 °C durante le 16:00 del giovedì, mentre la temperatura massima è stata di 17,71 °C alle 20:00 del martedì.

Dal grafico si evince il funzionamento della caldaia: si tocca infatti il picco di temperatura media minima settimanale durante le ore iniziali della giornata, 15,3 °C alle ore 9:00. La caldaia con un primo picco di calore si mantiene poi accesa durante l'arco della giornata per poi spegnersi gradualmente tra le 21:00 e le 22:00.

Dalle rilevazioni effettuate in questo appartamento, al contrario degli altri, si vede un calo di temperatura anomalo alle 16:00, forse dovuto, visto il posizionamento del sensore nel locale d'ingresso, a frequenti aperture della porta di accesso all'appartamento durante quell'orario della giornata.

Dal questionario che è stato compilato durante lo stesso periodo delle rilevazioni si evince che la sensazione percepita dal residente dell'appartamento 7 è stata di avere leggermente freddo alla mattina, mentre durante la sera la sensazione è stata quella di avere leggermente caldo, mantenendo sempre addosso un abbigliamento di pesantezza media (maglione, felpa, tuta). Se durante la mattina il residente ha svolto attività di tipo per lo più attive, durante la sera invece le attività svolte sono state tra il sedentario e il moderato.

Confrontando i dati delle temperature medie settimanali con le risposte ai questionari si evidenzia che effettivamente nonostante le attività tenessero in movimento l'inquilino la percezione di leggermente freddo potesse passare anche a quella di freddo fermandosi a fare attività sedentaria viste le basse temperature misurate e l'attivazione della caldaia solo a mattina inoltrata. Durante l'arco della sera le temperature si alzano e fanno percepire sensazioni di maggior comfort interno degli ambienti nonostante le attività sedentarie usualmente fatte dal residente.

Facendo una media delle sensazioni percepite durante l'intera giornata per una settimana si ricava una sensazione neutra, quindi di comfort.

Analizzando i dati relativi all'umidità relativa si evidenzia che il valore, considerando la media settimanale fatta per ore del giorno, si presenta sempre alto con percentuali tra il 57,4 % e il 68,9 %. Di seguito in figura i dati dettagliati.

Figura 60 - Umidità relativa: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 7



Per quanto riguarda l'analisi dei dati relativi alla CO₂ si è valutato un carico medio orario settimanale di 886 ppm, con un valore massimo rilevato di 1940 ppm e un valore minimo di 250 ppm.

Nella figura a seguire si riportano i valori medi settimanali divisi per ora del giorno. Si nota come durante l'orario del pranzo e di cena i livelli di CO₂ aumentino in relazione alla concentrazione di tutti i residenti in casa negli stessi locali.

Figura 61 - CO₂: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 7



Traendo le conclusioni sui dati ambientali misurati si riporta ora in tabella la categorizzazione secondo la normativa EN 16798-1 ricordando che la classificazione è stata effettuata tenendo in considerazione tutti i valori orari settimanali rilevati e non solo le medie analizzate nelle figure precedenti. Per questo motivo per quanto riguarda la valutazione dei dati di umidità relativa, anche se guardando le medie settimanali orarie si rientra pienamente nel range definito ($30\% < UR < 70\%$ max), considerando tutti i valori misurati questo non accade. Per i valori di temperatura e CO₂ si sono presi in considerazione i valori di soglia relativi e si è verificata la relativa categoria di appartenenza.

Tabella 54 - Categorizzazione dati ambientali misurati - appartamento 7

| PARAMETRO | CATEGORIA |
|------------------|--------------------------|
| Temperatura | EN 16798-1 Categoria III |
| CO ₂ | EN 16798-1 Categoria III |
| Umidità relativa | UR < 30% o UR > 70% |

Relativamente ai consumi di energia elettrica rilevati si riscontra una media settimanale giornaliera di 8,70 kW/h consumati ed un consumo medio orario di 0,36 kW/h relativamente alla settimana monitorata.

Dalla figura si può notare come i picchi di consumi orari avvengano principalmente

Figura 62 - Energia elettrica: consumi medi settimanali distinti per ora del giorno – appartamento 7



attorno a metà mattina (tra le 8:00 e le 10:00), durante l'orario di metà pomeriggio (ore 17:00) e alla sera in corrispondenza dell'ora di cena (ore 20:00).

Nella tabella sottostante si riportano, invece, i dati medi settimanali per mattina e sera e per l'intera giornata, evinti dalle risposte alle domande del questionario.

Tabella 55 - Risposte in scale di valori preassegnati alle domande relative al questionario sul benessere e sul comfort all'interno delle abitazioni per arco temporale - appartamento 7

| RISPOSTE | MATTINA | SERA | INTERA GIORNATA |
|-------------|---------|------|-----------------|
| Domanda A | 5,14 | 3,14 | 4,14 |
| Domanda B | 3 | 3 | 3 |
| Domanda C | 2,29 | 1,71 | 2 |
| Domanda E.1 | 6 | 5,71 | 5,86 |

Per quanto riguarda le risposte alla domanda E.1 del questionario il residente dell'appartamento 7 nota di essere stato molto infastidito dalla presenza di spifferi durante tutte le giornate della settimana presa in esame.

6.2.3. APPARTAMENTO 12

L'appartamento 12 appartiene alla tipologia semi-triplex e si colloca nel blocco ovest più o meno al centro, ha quindi le pareti laterali che confinano con altri alloggi riscaldati. Non presenta alcun locale disposto sopra alle zone non riscaldate dei garage.

Si riportano in tabella i dati caratteristici dell'appartamento allo stato di fatto.

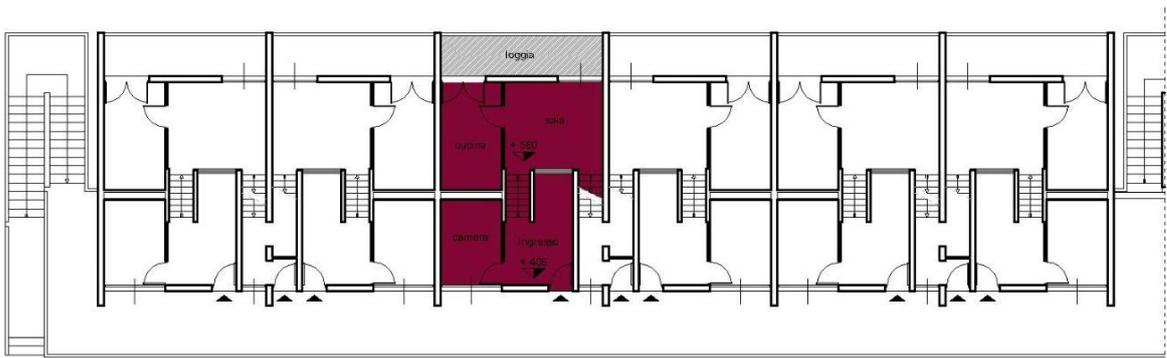
Tabella 56 - Dati geometrici ed energetici appartamento 12

| DATI GEOMETRICI | Su,H [m ²] | Slorda [m ²] | Vnetto [m ³] | Vlordo,H [m ³] | Sdisp [m ²] | S/V |
|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| | | 124,56 | 146,33 | 330,42 | 466,16 | 216,34 |

| DATI ENERGETICI | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] | EPgl,ren [kWh/m ²] | EPgl,tot [kWh/m ²] | Classe energetica |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | | 263,15 | 22,98 | 286,12 | 0,16 | 286,28 |

BLOCCO OVEST
PIANO PRIMO h 406cm e PIANO SECONDO h 560cm

Appartamento 12 ■



BLOCCO OVEST
PIANO SECONDO h 560cm e h 714cm

Appartamento 12 ■

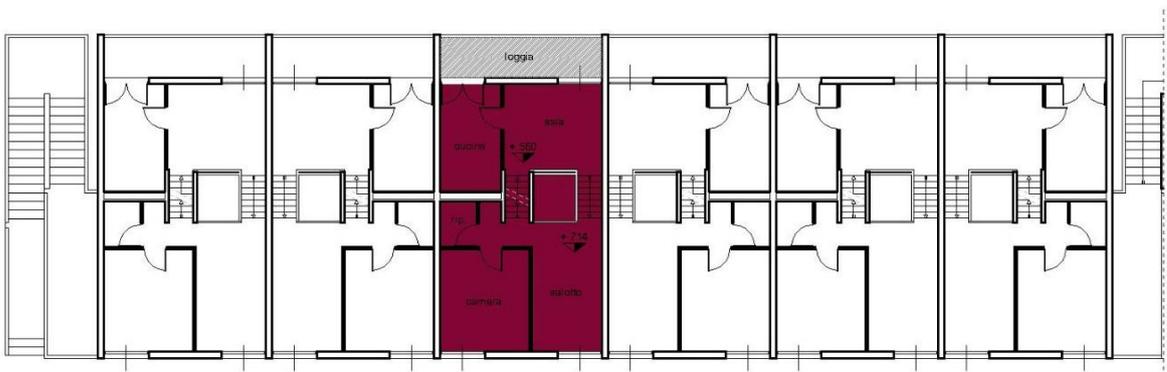


Figura 63 - Pianta dell'appartamento 12 - 1 di 2

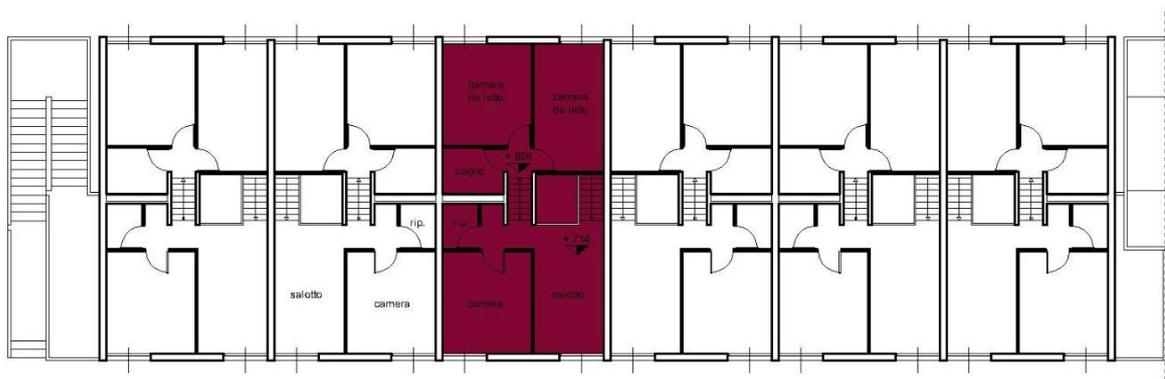


Figura 65 - Pianta dell'appartamento 12 - 2 di 2

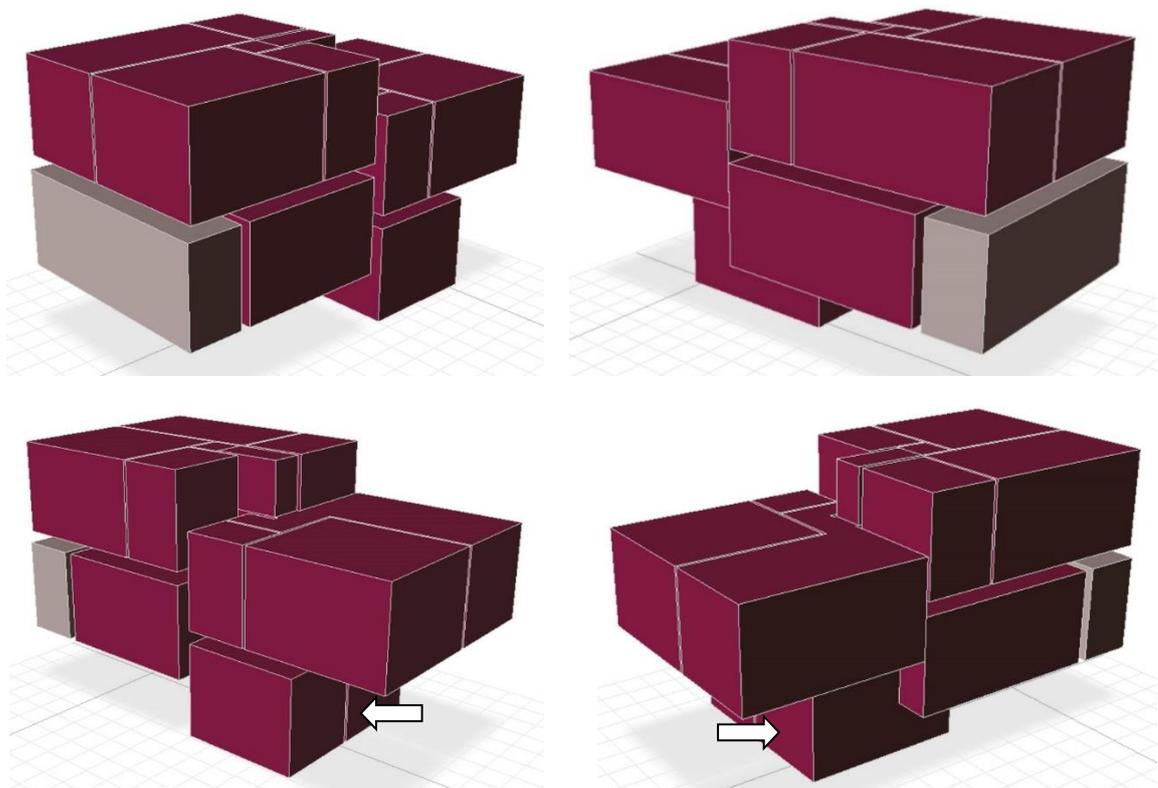


Figura 64 - Viste dell'appartamento 12 con divisione dei locali nel modello dettagliato

L'appartamento si sviluppa su quattro livelli ed ha una grande loggia al secondo piano (volume in grigio) corrispondente ai locali cucina e sala. I locali a livello dell'ingresso (contrassegnati con la freccia) hanno il solaio di pavimentazione disperdente verso l'esterno, in quanto al di sotto è presente il portico del lato sud. Il cavedio delle scale che si innalzerebbe dal primo all'ultimo piano creando un effetto camino in tutto l'appartamento, è stato in questo specifico appartamento chiuso, a spese degli inquilini, sopra la quota del tetto, per limitare la dispersione di calore.

I residenti, che occupano l'appartamento 12, abitano nell'edificio da circa 30 anni e sono una coppia di signori anziani. L'appartamento si presenta molto ben tenuto e gli inquilini manifestano grande soddisfazione nel vivere in quella zona del paese. La posizione è per loro fondamentale per sentirsi parte del tessuto sociale della città.

Come molti altri condomini lamentano le eccessive spese per il riscaldamento invernale, ma non si sono dotati di un sistema di raffrescamento estivo.

Sono presenti lesioni trasversali nelle piastrelle del bagno (ancora originali) e diversi segni di infiltrazione di umidità nelle pareti esterne rivolte a nord.

Per le misurazioni ambientali, effettuate tra il 27 gennaio e il 3 febbraio 2020, lo strumento è stato posizionato al piano primo corrispondente alla zona pranzo. Si specifica che i due inquilini hanno sempre ospiti durante le ore del pranzo, e quando si entra nell'abitazione la sensazione avvertita a primo impatto è di benessere.

Le temperature medie orarie rilevate mostrano valori tra i 20°C e i 23°C circa. Anche in questo caso si nota il funzionamento della caldaia che si accende verso le 9:00 di mattina per poi spegnersi progressivamente tra le 21:00 e le 22:00.

Il valore medio massimo di temperatura si registra durante l'orario dei pasti. La temperatura minima rilevata in questo appartamento è stata di 19,8°C alle 7:00 del martedì, mentre quella massima di 23,5°C alle 17:00 del venerdì, con una temperatura media oraria settimanale di 21,5°C.

A seguire si riporta in figura l'andamento delle temperature medie distinte per ora del giorno.

Figura 66 - Temperature: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 12



Le quantità massime di CO₂ rilevate confermano l'affermazione di affollamento maggiore dell'appartamento durante l'ora di pranzo, si nota infatti come verso quell'ora si registrino i valori medi massimi (1088 ppm alle 12:00).

Il valore massimo di CO₂ registrato durante la settimana è stato di 1345 ppm, e quello minimo di 336 ppm. In figura si mostra l'andamento medio orario rilevato durante la settimana del monitoraggio.

Figura 67 - CO₂: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 12



Per quanto riguarda l'umidità relativa i valori medi si attestano sempre il 50% e il 56% circa, con una percentuale media oraria settimanale del 52,9%. Anche per quanto riguarda questo parametro il valore medio maggiore si registra all'ora di pranzo, non molto distante però da quello rilevato all'ora di cena.

Figura 68 - Umidità relativa: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 12

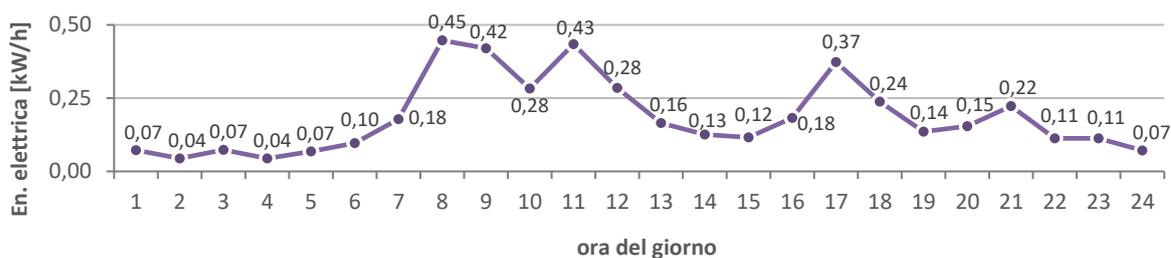


Relativamente ai consumi dell'energia elettrica si notano tre picchi attorno alle ore 8:00, alle ore 11:00 e alle ore 17:00, corrispondenti probabilmente agli orari della colazione, di inizio di preparazione del pranzo e della cena. Si nota inoltre che gli inquilini facciano uso di energia elettrica per lo più durante l'arco della mattina.

I consumi medi giornalieri di energia elettrica sono di 4,46 kW/h, con un consumo medio orario relativo alla settimana monitorata di 0,18 kW/h. Si ricorda che i consumi sono al netto del funzionamento della caldaia centralizzata che fornisce i servizi di riscaldamento e acqua calda sanitaria.

Nella figura nella pagina seguente si riportano i consumi medi orari misurati.

Figura 69 - Energia elettrica: consumi medi settimanali distinti per ora del giorno – appartamento 12



In merito alla categorizzazione dei parametri ambientali misurati durante il monitoraggio, per l'appartamento 12 si riportano nella tabella sottostante i risultati verificati, si ricorda che sono stati esaminati tutti i valori orari misurati.

Sia per quanto riguarda le temperature, che per i valori di CO₂ l'alloggio rientra nella Categoria II, con le temperature che si attestano tra i valori di 20°C e 25°C, e le emissioni di CO₂ con soglia a 800 ppm. Fin ora è il risultato migliore rispetto agli appartamenti già analizzati.

Le percentuali di umidità relativa rientrano tutte nell'intervallo assegnato.

Tabella 57 - Categorizzazione dati ambientali misurati - appartamento 12

| PARAMETRO | CATEGORIA |
|------------------|-------------------------|
| Temperatura | EN 16798-1 Categoria II |
| CO ₂ | EN 16798-1 Categoria II |
| Umidità relativa | 30% < UR < 70% |

Confrontando le sensazioni descritte dai residenti, reperite attraverso il questionario, e le temperature monitorate si evince una generale sensazione di benessere e comfort all'interno dell'appartamento. Si vede infatti come gli inquilini abbiano una sensazione di avere abbastanza caldo considerando l'intera giornata, passando da sensazioni tra il neutro e l'abbastanza caldo la mattina, e tra l'abbastanza caldo e il caldo la sera. Le sensazioni sono state provate indossando abbigliamento di pesantezza tra il leggero e il medio, e mentre si facevano attività tra il sedentario e il moderato. Si può quindi affermare nuovamente che gli inquilini vivano in una situazione di comfort interno e benessere all'interno del primo appartamento. Si precisa che l'alloggio, nonostante risulti in classe energetica G, è posizionato al centro del blocco ovest, con nessun locale confinante con quelli dei garage, e collocato ai piani più alti.

Analizzando poi le risposte al questionario relative agli spifferi si vede come i residenti si trovino molto infastiditi da questi e ne avvertano la sensazione sgradevole, nonostante comunque le principali sensazioni provate siano di benessere.

Di seguito si riportano in tabella le risposte al questionario aggregate per domanda e per arco temporale.

Tabella 58 - Risposte in scale di valori preassegnati alle domande relative al questionario sul benessere e sul comfort all'interno delle abitazioni per arco temporale - appartamento 12

| RISPOSTE | MATTINA | SERA | INTERA GIORNATA |
|-------------|---------|------|-----------------|
| Domanda A | 3,57 | 2,43 | 3 |
| Domanda B | 2,57 | 2,86 | 2,71 |
| Domanda C | 2 | 1,71 | 1,86 |
| Domanda E.1 | 6 | 6 | 6 |

6.2.4. APPARTAMENTO 21

L'appartamento 21 si trova nel blocco est sul lato esterno verso est dell'edificio. È della tipologia semi-duplex con maggior affaccio sul lato sud, e vi si accede dal ballatoio al piano secondo di altezza h 7,14 m sul lato sud. Al di sotto di questo appartamento sono presenti i locali riscaldati di un altro alloggio.

In tabella sono riportati i dati dell'appartamento 21 nella condizione stato di fatto.

Tabella 59 - Dati geometrici ed energetici appartamento 21

| DATI GEOMETRICI | Su,H [m ²] | Slorda [m ²] | Vnetto [m ³] | Vlordo,H [m ³] | Sdisp [m ²] | S/V |
|-----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| | | 97,82 | 115,27 | 262,00 | 366,54 | 219,37 |

| DATI ENERGETICI | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] | EPgl,ren [kWh/m ²] | EPgl,tot [kWh/m ²] | Classe energetica |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | | 269,08 | 24,34 | 293,42 | 0,16 | 293,58 |

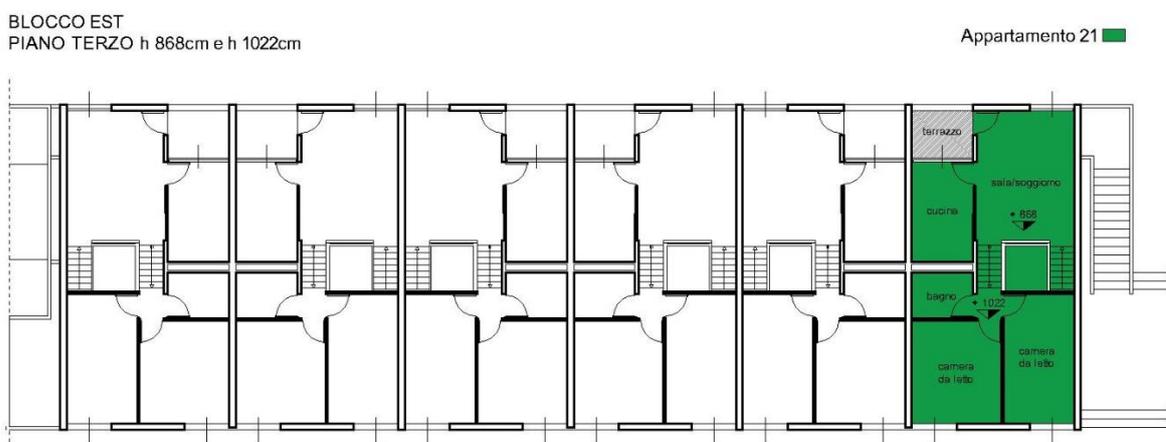
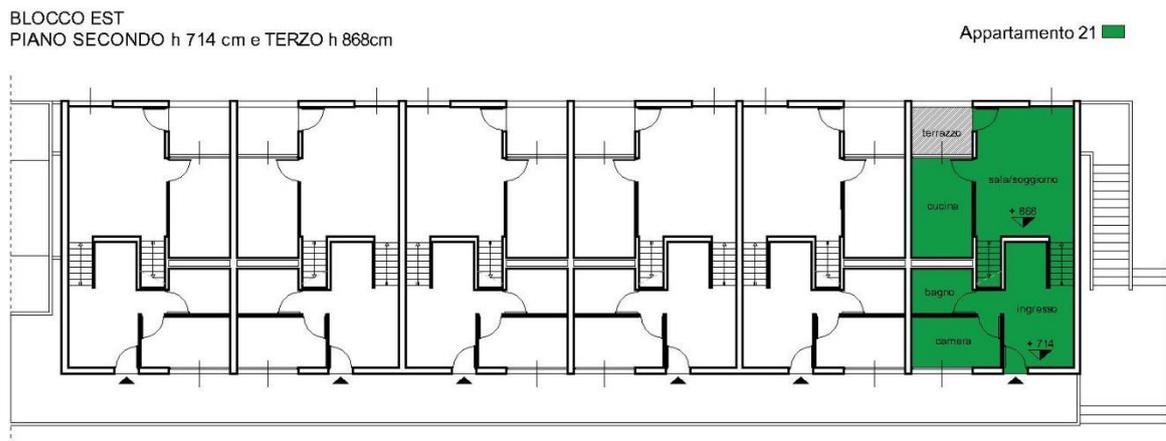


Figura 70 - Pianta dell'appartamento 21

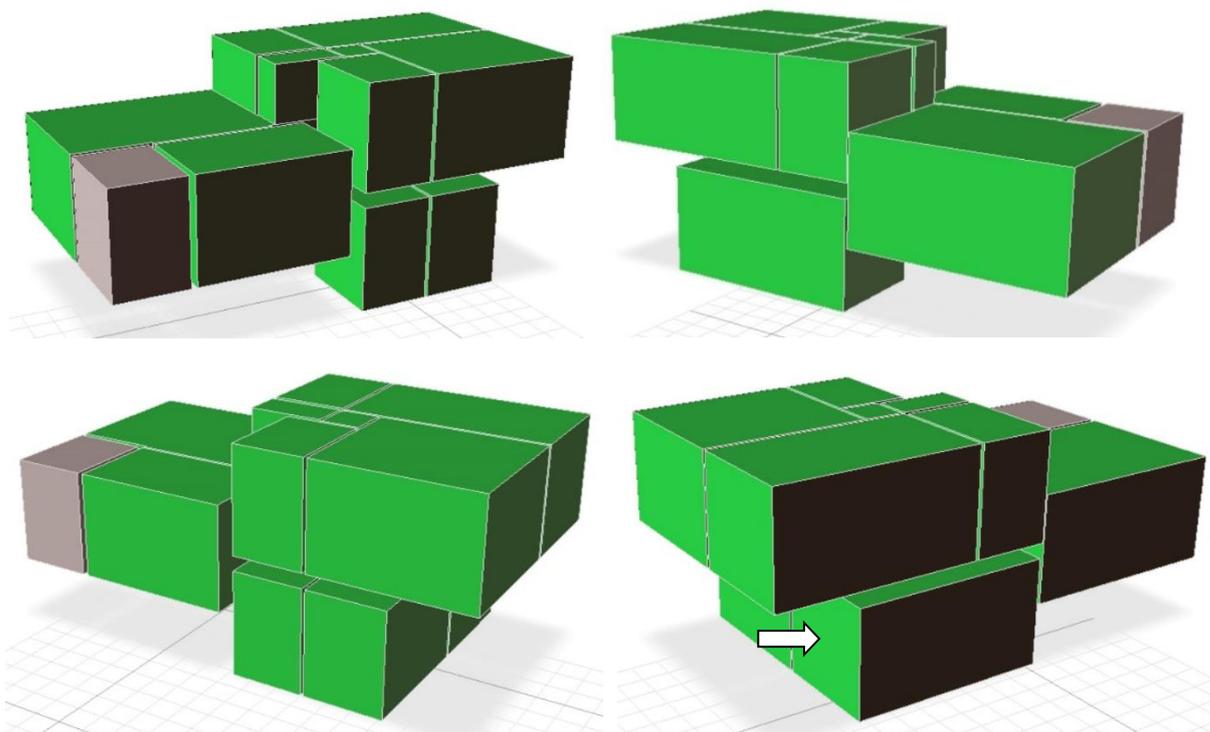


Figura 71 - Viste dell'appartamento 21 con divisione dei locali nel modello dettagliato

La conformazione dell'appartamento 21 risulta la medesima della tipologia semi-duplex con maggior affaccio verso il lato nord (appartamento 7), solo che in questo caso la disposizione dei locali risulta specchiata essendo che l'ingresso è collocato sul lato sud invece che sul lato nord. La superficie disperdente risulta molto maggiore del suo gemello (appartamento 7) in quanto questo alloggio si trova sul lato perimetrale del blocco ove è ubicato.

La residente che abita nell'appartamento ci vive da sola. Abita nell'edificio sin dalla sua costruzione e non ha particolari lamentele da segnalare.

Indica come elemento di maggiore preoccupazione le condizioni di degrado dell'intero edificio e la scarsa illuminazione degli alloggi.

Segnala anche sporadiche problematiche con l'adduzione idrica in termini di una colorazione non limpida dell'acqua che lei attribuisce alla vetustà delle tubature.

Segnala, inoltre, un periodo in cui si è verificato un blocco del sistema di riscaldamento centralizzato che ha costretto gli inquilini a ricorrere a stufe elettriche sostitutive. Non ricorda però il periodo esatto.

Ci tiene al risparmio e ha già installato lampade a basso consumo in tutta l'abitazione.

In corrispondenza di questa parte di edificio, e di conseguenza di questo appartamento, è stato installato un cappotto esterno dello spessore di 4 cm, di cui però non si è tenuto conto durante la modellazione sul software Termolgi di Logical Soft, nella condizione di stato di fatto.

Le misurazioni dei dati di monitoraggio sono state realizzate per questo specifico appartamento posizionando il sensore al piano più alto dell'alloggio nel periodo tra il 3 e il 10 febbraio 2020. Si suppone per questo che i valori di temperatura misurati possono essere leggermente diversi rispetto agli altri locali dell'appartamento in quanto il gradiente termico potrebbe aver influito sulla misurazione in ragione anche del fatto che si tratta dell'appartamento posizionato più in alto e lateralmente nel blocco est sul lato est.

Di seguito in figura si riportano le medie orarie su base settimanale delle temperature misurate. Anche in questo caso si può notare come l'accensione della caldaia avvenga verso le 9:00 della mattina e lo spegnimento si verifichi dopo le 22:00.

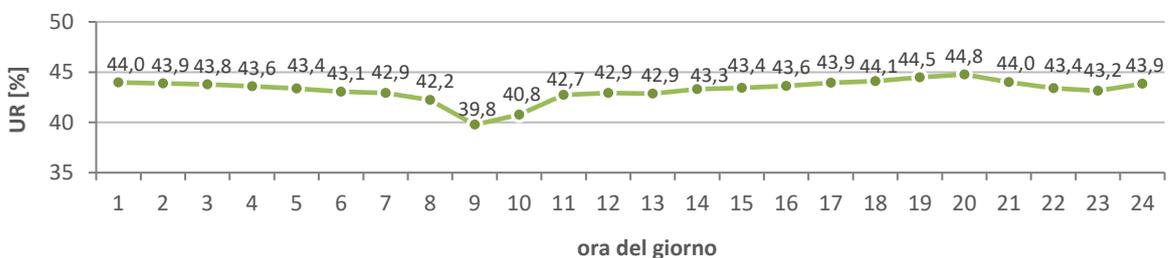
Per questo specifico appartamento non si manifestano cali di temperatura durante il corso della giornata, ma continui incrementi fino all'orario presupposto di spegnimento della caldaia.

Figura 72 - Temperature: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 21



Per quanto riguarda il monitoraggio condotto sull'umidità relativa i valori medi orari settimanali rilevati si mantengono quasi costanti tra il 40% e il 45% circa. In media si ha un'umidità relativa pari al 43,2%. Se si analizza poi la completezza dei dati si vede come il picco misurato di CO₂ durante la settimana sia del 53% circa e il minimo del 33% circa.

Figura 73 - Umidità relativa: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 21



I valori medi orari settimanali di CO₂, come si vede dalla figura di sotto, crescono alla presunta ora di risveglio della residente (ore 8:00) per poi ritornare più bassi (si ipotizza che l'inquilina cambi l'aria aprendo le finestre appena svegliata) e tornare a crescere alle ore 15:00. Si registra il picco giornaliero durante le ore serali, dalle ore 19:00 in avanti. Sono comunque i valori più bassi rilevati in relazione agli altri tre appartamenti monitorati, sicuramente merito di ciò è che l'appartamento è vissuto da una sola persona.

Figura 74 - CO₂: media settimanale distinta per ora del giorno – appartamento 21



I consumi medi giornalieri di energia elettrica registrati durante la settimana del monitoraggio sono stati di 2,54 kW/h, con una media oraria settimanale di consumo di 0,10 kW/h. I picchi dei consumi orari si registrano maggiormente durante le ore della mattina (ore 9:00 e ore 11:00). Si notano comunque consumi di energia elettrica molto bassi, al netto dei consumi per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria, che ricordiamo essere centralizzati, rispetto agli altri alloggi in quanto in questo appartamento la residente ci vive da sola.

Figura 75 - Energia elettrica: consumi medi settimanali distinti per ora del giorno – appartamento 21



Andando a verificare le categorie di appartenenza dei parametri misurati nella loro completezza di dati orari giornalieri rilevati durante una settimana, si riscontra che i dati delle temperature rientrano nella Categoria III che prevede un intervallo di temperature

per riscaldamento tra i 18,0 °C e i 25,0 °C; per quanto riguarda la CO₂, invece, la categoria di appartenenza è la Categoria II con valore di soglia di 800 ppm al netto della concentrazione esterna di CO₂ assunta a 400 ppm. In merito all'umidità relativa tutti i valori misurati rientrano tra i valori di percentuali minimo e massimo assunti.

Nella seguente tabella si riportano le categorie verificate per l'appartamento 21.

Tabella 60 - Categorizzazione dati ambientali misurati - appartamento 21

| PARAMETRO | CATEGORIA |
|------------------|--------------------------|
| Temperatura | EN 16798-1 Categoria III |
| CO ₂ | EN 16798-1 Categoria II |
| Umidità relativa | 30% < UR < 70% |

Dalle risposte date al questionario sottoposto durante il monitoraggio dei dati ambientali si evince una sensazione di benessere (neutra) durante tutto l'arco della giornata. La residente quindi dichiara di non avere né caldo né freddo, indossando per lo più un abbigliamento medio-pesante e compiendo attività tra il moderato e l'attivo.

Le temperature misurate quindi, nonostante possano risultare un po' basse, non influiscono sul benessere e il comfort interno dell'abitazione della residente. Si suppone perciò che la posizione dello strumento, anche se nella parte alta dell'appartamento, abbia prodotto un gradiente termico negativo vista l'esposizione dell'alloggio sulla parete perimetrale nell'edificio.

Relativamente agli spifferi l'inquilina non si trova ad esserne molto infastidita, anche se ne rileva la presenza in casa.

Si riportano nella tabella sottostante le risposte settimanali, mediate per arco temporale (mattina, sera, intera giornata), date dall'inquilina durante il periodo di monitoraggio.

Tabella 61 - Risposte in scale di valori preassegnati alle domande relative al questionario sul benessere e sul comfort all'interno delle abitazioni per arco temporale – appartamento 21

| RISPOSTE | MATTINA | SERA | INTERA GIORNATA |
|-------------|---------|------|-----------------|
| Domanda A | 4,14 | 4,14 | 4,14 |
| Domanda B | 2,86 | 2,86 | 2,86 |
| Domanda C | 1,57 | 1,57 | 1,57 |
| Domanda E.1 | 3 | 2 | 2,50 |

7. CONCLUSIONI

7.1. CREAZIONE DEI MODELLI ENERGETICI

La modellazione sul software Termolog ha comportato la necessità di conoscere il funzionamento del programma di Logical Soft, si è quindi partecipato a diversi webinar di aggiornamento professionale curati dai professionisti e sviluppatori del software, oltre che assistito a diversi incontri tecnici tenuti in fiera a Bologna.

L'utilizzo del software, anche grazie ai vari video di supporto tecnico, è risultato abbastanza facile; la creazione del modello dell'edificio di Concordia Sagittaria però è stata piuttosto elaborata in quanto il caso di studio è abbastanza particolare sia in termini di configurazione architettonica che in merito ai materiali da costruzione. In termini di tempo per la realizzazione effettiva del primo modello, quello dettagliato dello stato di fatto, si è impiegato circa 3 giorni di lavoro, a cui bisogna aggiungere il tempo iniziale impiegato, prima della vera modellazione, per la creazione delle strutture (stratigrafie effettive con dettaglio dei materiali e degli spessori) e il reperimento delle informazioni necessarie stimato nell'ordine di circa altri 2 giorni. Successivamente alla mera modellazione e prima di lanciare il calcolo energetico si è proceduto con l'inserimento dei dati sugli impianti (caldaia, bruciatore, elementi dei radiatori), anche in questo caso è stato opportuno documentarsi per essere a conoscenza di tutti i dati da inserire sul programma.

Dopo la creazione del primo modello si è poi impiegato meno tempo per realizzare i successivi cinque, anche in merito al fatto di aver preso più dimestichezza col software e della semplificazione del modello.

Per realizzare i modelli si è sempre partiti importando sul software disegni prima realizzati a CAD.

7.2. VALUTAZIONI COMPARATIVE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE

Le valutazioni comparative delle prestazioni energetiche sono state realizzate prendendo in analisi due situazioni: il passaggio da stato di fatto, stato di progetto involucro e stato di progetto involucro+impianti, e il passaggio dai modelli dettagliati ai modelli semplificati.

7.2.1. DA STATO DI FATTO A STATI DI PROGETTO

L'analisi dettagliata riguardante il passaggio dei modelli dettagliati tra i vari stati, stato di fatto, stato di progetto involucro e stato di progetto involucro+impianti sono state approfondite nei paragrafi del capitolo 5 e sono state fatte mettendo in relazione anche i vari appartamenti.

Nei modelli dettagliati il passaggio di stato ha comunque portato ai risultati che ci si aspettava, facendo passare gli appartamenti con valore più alto dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dalla classe G dello stato di fatto, alla classe D dello stato di progetto involucro, alla classe C dello stato di progetto involucro+impianti. Per quanto riguarda gli appartamenti con valori più bassi dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile si passa nei vari stati studiati dalla classe F, alla classe D, ed infine alla classe B.

Il miglioramento delle superfici opache e trasparenti ha, per la maggior parte degli appartamenti, un peso maggiore, sull'attribuzione della classe energetica, rispetto che la sola sostituzione degli impianti per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria centralizzati a servizio dell'edificio; solo per quattro alloggi il peso è il medesimo. Il salto maggiore di classe energetica da stato di fatto a stato di progetto involucro+impianti è dalla classe G alla classe B per sei appartamenti.

Tabella 62 - Cambiamento della classe energetica degli appartamenti in base allo stato

| APPARTAMENTO NUMERO | Classe energetica | | |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|---|
| | STATO DI FATTO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI |
| 1-2-3-9 | F | D | B |
| 4-17-18-19-20-21 | G | D | B |
| 5-6-7-8 | F | D | C |
| 10-11-12-13-14-15-16 | G | D | C |

Per quanto riguarda il passaggio di stato dei modelli semplificati, i ragionamenti si sono potuti fare solo per i blocchi o per l'intero edificio, in quanto la creazione delle due sole zone climatiche è stata ostativa per fare paragoni di altro tipo. Si rimanda alla descrizione dettagliata ai paragrafi del capitolo 5.

7.2.2. DAI MODELLI DETTAGLIATI AI MODELLI SEMPLIFICATI

Le valutazioni fatte mettendo in relazioni alcuni parametri per capire come questi si modificano nel passaggio dai modelli dettagliati ai modelli semplificati, in ragione della semplificazione ancora più gravosa che la piattaforma aperta TripleA-reno poi produrrà per consentire la modellazione a tutti i possibili utenti finali non esperti o non professionisti.

Di seguito si inizierà a valutare l'incidenza del passaggio dai modelli dettagliati ai modelli semplificati. Dalle prime analisi effettuate sulla geometria del fabbricato, il passaggio dal considerare la superficie laterale (area lato cieco) dell'edificio del modello dettagliato, in forma disaggregata, alla superficie laterale del modello semplificato, in forma aggregata, non ha prodotto grosse differenze sui parametri geometrici analizzati.

Il passaggio tra i due modelli, infatti, ha mantenuto invariati tra loro i valori di volume lordo riscaldato con una differenza quasi irrilevante stimata nell'ordine dello 0,5% per il modello dello stato di fatto e nell'ordine dell'1% per i modelli dello stato di progetto, sempre relativamente all'intero edificio, blocco est più blocco ovest.

Tabella 63 - Confronto volume lordo riscaldato

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---------------------|--|--|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | V _{lordo,H} [m ³] | V _{lordo,H} [m ³] | |
| STATO DI FATTO | 7.961,50 | 7.995,90 | 0,43 % |
| STATO DI PROGETTO | 8.750,90 | 8.835,40 | 0,97 % |

Relativamente al parametro S/V si è prima analizzato lo scostamento tra i valori di superficie disperdente dopo il passaggio tra superficie disaggregata e superficie aggregata. Questa analisi ha constatato uno scostamento dei valori di superficie disperdente maggiore rispetto a quello riscontrato per il volume lordo riscaldato, ma ce

lo ci aspettava visto che dalla semplificazione del modello molte superfici disperdenti sono state incorporate all'interno dell'edificio. La perdita di informazione ha portato ad una diminuzione di superficie disperdente per il modello semplificato nell'ordine del 4% per il modello dello stato di fatto, e del 7% circa per i modelli dello stato di progetto.

Tabella 64 - Confronto superficie disperdente

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMPL/DETT |
| | Sdisp [m ²] | Sdisp [m ²] | |
| STATO DI FATTO | 3.917,40 | 3.749,90 | -4,28 % |
| STATO DI PROGETTO | 4.280,80 | 3.995,90 | -6,66 % |

Per quanto riguarda il rapporto S/V mettendo a confronto i valori del modello dettagliato con quelli del modello semplificato si nota più o meno lo stesso andamento tenuto dalla superficie disperdente in quanto i valori del volume lordo riscaldato tra i modelli si discostano veramente di poco. Per lo stato di fatto si riscontra una diminuzione del rapporto S/V di circa il 5%, mentre per lo stato di progetto la diminuzione è maggiore e si aggira attorno all'8% (le percentuali sono state fatte mettendo in relazione i rapporti effettivi con tutti i decimali prodotti dalla divisione di S/V).

Tabella 65 - Confronto rapporto S/V

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---------------------|-------------|--------------|----------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMPL/DETT |
| | S/V | S/V | |
| STATO DI FATTO | 0,49 | 0,47 | -4,69 % |
| STATO DI PROGETTO | 0,49 | 0,45 | -7,55 % |

Si può quindi affermare che in merito ai parametri geometrici valutati la semplificazione del volume, da forma disaggregata a forma aggregata, non abbia prodotto differenze troppo rilevanti, infatti sono state stimate tutte al di sotto dell'8%. In merito ai parametri energetici si è dapprima valutata l'attribuzione della classe energetica tra i vari modelli mettendo in paragone sempre il modello dettagliato e quello semplificato nelle varie situazioni di studio (stato di fatto e stati di progetto).

Quest'analisi non ha fatto riscontrare grosse anomalie, rilevando i dati sostanzialmente in linea tra loro. Per quanto riguarda la classe energetica infatti i modelli, in due su tre casi, hanno mantenuto la medesima classe: G per lo stato di fatto, e D per lo stato di progetto involucro. Per lo stato di progetto involucro+impianti si sono riscontrati, invece, valori strani in quanto la semplificazione del modello non ha portato a mantenere la diminuzione della classe nonostante gli interventi di miglioramento degli impianti.

Nella tabella sottostante si riportano i valori relativi alla classe energetica per le diverse situazioni per una migliore chiarezza.

Si può notare infatti dalla tabella che per l'ultima situazione, lo stato di progetto involucro+impianti, se per il modello dettagliato la classe energetica assegnata dopo il calcolo semi stazionario è la C, per il modello semplificato è invece la D.

Tabella 66 - Confronto classi energetiche

| INTERO EDIFICIO | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO |
| | Classe energetica | Classe energetica |
| STATO DI FATTO | G | G |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | D | D |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | C | D |

Successivamente si è poi posta l'attenzione ai valori degli indici di prestazione energetica globale non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$) e anche in questo caso non si sono riscontrate grosse differenze tra i modelli dettagliato e semplificato nelle situazioni di stato di fatto e di stato di progetto involucro. Nel passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato si ha avuto una diminuzione dei valori che va dal 10% al 14% circa.

Per lo stato di progetto involucro+impianti si è riscontrata un'anomalia in quanto il valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile ha subito un incremento pari al 15% dopo la semplificazione del modello, che ha portato l'assegnazione della classe energetica a far rimanere l'edificio in classe D.

Tabella 67 - Confronto indice di prestazione energetica globale non rinnovabile

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | EP _{gl,nren} [kWh/m ²] | |
| STATO DI FATTO | 263,68 | 227,20 | -13,83 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 123,44 | 111,15 | -9,96 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 89,12 | 102,67 | 15,20 % |

Tale anomalia è stata poi indagata più a fondo analizzando i valori dei fabbisogni di energia per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria. Si sono valutati i valori di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale, indice di prestazione non rinnovabile per la climatizzazione invernale, energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria, e indice di prestazione non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria.

Per quanto riguarda le quantità riferite ai fabbisogni per il riscaldamento, energia primaria non rinnovabile ed indice di prestazione energetica non rinnovabile, la semplificazione ha prodotto variazioni diverse in relazione allo stato di studio dell'edificio.

Se per lo stato di fatto il passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato ha portato ad una diminuzione dei valori pari a circa l'1% per l'energia primaria non rinnovabile ($Q_{p,H,nren}$), e del 7% circa per l'indice di prestazione energetica non rinnovabile ($EP_{H,nren}$), per le altre due situazioni si sono registrati degli incrementi, comunque anch'essi differenti in termini di numeri tra loro.

Per lo stato di progetto involucro l'aumento dei due valori è stato nell'ordine del 15% per l'energia primaria non rinnovabile, e del 9% circa per l'indice di prestazione energetica non rinnovabile.

Per lo stato di progetto involucro+impianti, invece, le percentuali di incremento sono risultate molto più elevate: l'energia primaria non rinnovabile è cresciuta del 55% circa, mentre l'indice di prestazione energetica non rinnovabile è aumentato del 46% circa.

Non si è però riusciti a dare una spiegazione per la variazione così discordante dei parametri dei fabbisogni per la climatizzazione invernale.

Tabella 68 - Confronto energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | Q _{p,H,nren} [kWh] | Q _{p,H,nren} [kWh] | |
| STATO DI FATTO | 511.643,10 | 505.725,30 | -1,16 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 210.413,10 | 242.665,60 | 15,33 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 145.394,90 | 224.649,00 | 54,51 % |

Tabella 69 - Confronto indice di prestazione energetica non rinnovabile per la climatizzazione invernale

| INTERO EDIFICIO | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | EPH,nren [kWh/m ²] | EPH,nren [kWh/m ²] | |
| STATO DI FATTO | 239,58 | 223,12 | -6,87 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 98,53 | 107,06 | 8,66 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 68,08 | 99,12 | 45,59 % |

Discorso differente, invece, si può fare analizzando i dati dei fabbisogni per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Per questi due parametri, energia primaria non rinnovabile ed indice di prestazione energetica non rinnovabile per la produzione di acs, la semplificazione ha prodotto decrementi uniformi relativamente a tutte e tre le situazioni valutate col passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato.

Per l'energia primaria non rinnovabile (Q_{p,W,nren}) la diminuzione dei valori è nell'ordine del 82% circa, mentre per l'indice di prestazione energetica non rinnovabile (EPW,nren) il decremento delle quantità relative è del 83% circa.

Le percentuali, molto alte e molto simili, in questo caso, sono spiegabili ricordando una scelta fatta durante la creazione dei modelli, infatti la decisione di realizzare nel modello semplificato solo 2 zone climatizzate a differenza della conformazione del modello dettagliato con 21 zone climatizzate si è rivelata cruciale.

Questa scelta, che non ha prodotto alcun riscontro sui dati geometrici dell'edificio, si è determinata rilevante però in merito ai fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda sanitaria prodotti dal programma Termolog.

Il decremento drastico dei valori è quindi riconducibile all'impianto a servizio del modello semplificato che non riesce a sostenere il fabbisogno necessario per la produzione di acqua calda sanitaria visto che le due zone climatiche create risultano essere troppo grandi per le capacità di potenza limite dell'impianto stesso.

Nelle tabelle che seguono si riportano i dati relativi ai fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda sanitaria.

Tabella 70 - Confronto energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria

| INTERO EDIFICIO | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | Qp,W,nren [kWh] | Qp,W,nren [kWh] | |
| STATO DI FATTO | 51.455,40 | 9.237,20 | -82,05 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 53.206,80 | 9.261,00 | -82,59 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 44.923,50 | 8.047,40 | -82,09 % |

Tabella 71 - Confronto indice di prestazione energetica non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria

| INTERO EDIFICIO | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | SEMPLIFICATO | Differenza % SEMP/DETT |
| | EPW,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | |
| STATO DI FATTO | 24,09 | 4,08 | -83,06 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 24,91 | 4,09 | -83,58 % |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 21,04 | 3,55 | -83,13 % |

A seguito di queste valutazioni si è compreso meglio perché la variazione dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EP_{gl,nren}) non sia uniforme, ma vari così diversamente dopo la semplificazione per le varie situazioni analizzate.

Si ricorda che, per gli edifici residenziali, il valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile è dato dalla somma dell'indice di prestazione energetica non rinnovabile per la climatizzazione invernale (EP_{H,nren}) e dell'indice di prestazione energetica non rinnovabile per produzione dell'acqua calda sanitaria (EP_{W,nren}).

In tabella si riportano i valori relativi a questi indici.

Tabella 72 - Confronto indice di prestazione energetica globale non rinnovabile, indice di prestazione energetica non rinnovabile per la climatizzazione invernale e indice di prestazione energetica non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria

| Stato dell'edificio | DETTAGLIATO | | | SEMPLIFICATO | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] | EPH,nren [kWh/m ²] | EPW,nren [kWh/m ²] | EPgl,nren [kWh/m ²] |
| STATO DI FATTO | 239,58 | 24,09 | 263,68 | 223,12 | 4,08 | 227,20 |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO | 98,53 | 24,91 | 123,44 | 107,06 | 4,09 | 111,15 |
| STATO DI PROGETTO INVOLUCRO+IMPIANTI | 68,08 | 21,04 | 89,12 | 99,12 | 3,55 | 102,67 |

Nonostante il valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile non cambi di molto nel passaggio dal modello dettagliato al modello semplificato (infatti per le prime due situazioni l'attribuzione della classe energetica non cambia), variano notevolmente i numeri sommati che conducono a quel valore.

Si può quindi desumere che nonostante la semplificazione ad una prima vista sembri dare effetti coincidenti tra il modello dettagliato ed il modello semplificato e non produca anomalie, valutando meglio alcuni parametri decisivi si può affermare che non sia affatto così. Bisogna quindi constatare che sia una mera coincidenza l'attribuzione nelle prime due situazioni (stato di fatto e stato di progetto involucro) della medesima classe energetica a seguito della semplificazione.

Purtroppo, la creazione di questo specifico modello semplificato in relazione al modello dettagliato non ha prodotto risultati soddisfacenti in merito ai dati energetici elaborati a seguito del calcolo semi stazionario, mentre i dati geometrici sono risultati assolutamente in linea e coincidenti dopo la semplificazione. Si lasciano a studi successivi ulteriori verifiche su altri modelli semplificati.

7.3. REPORT ETNOGRAFICO E MONITORAGGIO AMBIENTALE

La ricerca etnografica unita ai dati rilevati durante il monitoraggio ambientale ha fornito dati utili sulle abitudini e sul modo di utilizzo dell'energia, che garantisce un livello di comfort termico adeguato, da parte dei residenti dell'edificio oggetto di studio.

Dal report etnografico, evinto tramite le interviste singole realizzate a giugno 2019, il principale problema riscontrato da tutti gli abitanti è stata la condizione di cattiva manutenzione in cui versa l'immobile:

- facciate fatiscenti e problemi di sicurezza legati al distacco di copriferri;
- scale e ballatoi pericolosi durante il periodo delle piogge;
- difficoltà di accesso e movimento per persone con disabilità;
- scarsa efficienza degli infissi;
- infiltrazioni di acqua nelle logge esposte a nord;
- scarso comfort all'interno degli appartamenti sia in estate che in inverno.

Un'indagine più approfondita è stata poi fatta valutando quattro appartamenti, uno per tipologia edilizia presente nell'edificio (monopiano, semi-triplex, semi-duplex con affaccio prevalente sul lato nord, semi-duplex con affaccio prevalente sul lato sud), e raffrontando le sensazioni e le impressioni avute dagli inquilini con i dati misurati durante il monitoraggio ambientale nell'arco dello stesso periodo.

L'intervallo di tempo investigato è stato di una settimana, e durante tale periodo i parametri misurati sono stati relativi a temperatura, CO₂, umidità relativa ed energia elettrica, questi valori sono stati poi confrontati con le risposte date alle domande dei questionari che i residenti sono stati chiamati a compilare.

Si specifica che i dati sui consumi elettrici sono al netto dei consumi di energia elettrica della centrale termica ove sono presenti gli impianti centralizzati per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il primo appartamento valutato, del tipo monopiano con i locali di vita interamente sopra a quelli non riscaldati dei garage, nonostante dai dati energetici calcolati risulti essere in classe energetica F allo stato di fatto (la maggior parte degli alloggi è in classe energetica G, come anche l'intero edificio), ha rivelato che il confort ambientale avvertito da parte dei residenti è basso. Gli inquilini, infatti, per sopperire alle costanti sensazioni di freddo hanno installato una stufa elettrica che fa consumare parecchia energia. I consumi medi giornalieri di energia elettrica sono elevati (5,18 kWh, con un consumo medio orario di 0,21 kW/h) in relazione anche alle altre tipologie investigate e visto il numero di abitanti

dell'appartamento (due: una pensionata ed un lavoratore). Le temperature medie orarie interne sono tra i 18°C e i 21°C con valori di CO₂ abbastanza alti (i più elevati rispetto agli altri alloggi misurati), e valori medi orari settimanali di umidità relativa del 49,2%. Nonostante l'installazione della stufa elettrica, il confort interno degli ambienti da parte dei residenti risulta ancora basso, la sensazione media percepita è comunque di aver leggermente freddo.

Il successivo appartamento analizzato è del tipo semi-duplex con maggior affaccio sul lato nord. Questo appartamento ha subito una piccola ristrutturazione interna con l'inserimento di un cappotto interno a discapito della superficie utile; questo intervento è stato realizzato autonomamente dai residenti e di questo non se ne tiene conto nei calcoli in merito alla classificazione energetica in quanto unico caso all'interno dell'edificio. Le temperature misurate sono state considerate soggette ad un gradiente termico negativo visto il posizionamento dello strumento nel locale prossimo alla porta d'ingresso e sopra ai garage. I dati medi rilevati sono stati di temperature abbastanza basse tra i 15°C e i 17,5°C; i valori dell'umidità relativa hanno riscontrato percentuali per lo più superiori al 70%; ed infine le quantità di CO₂ si sono rivelate in media normali visto il carico di persone presente nell'appartamento. In merito all'energia elettrica è risultato, in termini assoluti, l'alloggio con i consumi maggiori: 8,70 kW/h medi giornalieri consumati ed un consumo medio orario di 0,36 kW/h. Si specifica che nell'appartamento sono quasi sempre presenti più di un residente in quanto la famiglia ha un componente disoccupato, un pensionato e si ospitano bambini piccoli durante i pomeriggi. In generale, facendo una media delle sensazioni percepite durante l'intera giornata per una settimana si ricava che i residenti provano una sensazione neutra, quindi di comfort, all'interno del proprio appartamento.

In merito all'appartamento investigato di seguito, della tipologia semi-triplex, si è rilevato essere l'alloggio con maggior confort interno degli abitanti, gli inquilini infatti dichiarano di avere abbastanza caldo considerando l'intera giornata. Nonostante sia l'appartamento più grande, in termini di metratura all'interno dell'edificio, e risulti in classe energetica G, questo specifico alloggio è quello ove i residenti dichiarano di vivere meglio in termini di benessere ambientale. Forse questo risultato è dovuto al fatto che tale appartamento si trova esattamente nel centro di uno dei due blocchi e quindi è favorito dagli scambi termici degli alloggi vicini. Le temperature medie orarie rilevate mostrano valori tra i 20°C e i 23°C circa; l'umidità relativa ha una percentuale media oraria settimanale del 52,9%, e i valori di CO₂ sono in linea con la presenza costante di due abitanti ed alcuni ospiti quasi fissi a pranzo.

L'ultimo appartamento valutato è della tipologia semi-duplex con maggior affaccio sul lato sud; questo alloggio si colloca all'interno dell'edificio sul lato esterno esposto ad est ed ospita un solo occupante. Le sensazioni avvertite da chi abita all'interno dell'alloggio sono neutre, né caldo né freddo, quindi di sostanziale benessere. Le temperature misurate con dati medi tra i 16°C e i 18°C, nonostante possano risultare un po' basse, non influiscono sul benessere e il comfort interno dell'abitazione del residente. Il sensore per il monitoraggio, posizionato all'ultimo piano dell'alloggio, si pensa possa aver misurato valori di temperature più basse visto le sensazioni di confort generale che dichiara di percepire l'inquilino. In media si sono rilevate percentuali di umidità relativa pari al 43,2% (media oraria settimanale), e dati sulla CO₂ con valori medi orari settimanali più bassi rispetto a tutti gli altri appartamenti. Anche i consumi di energia elettrica sono risultati molto esigui rispetto agli altri alloggi: media giornaliera di consumo di 2,54 kW/h.

Traendo le valutazioni finali sul benessere e sul confort all'interno degli ambienti degli appartamenti analizzati si evince che la tendenza sia quella che gli inquilini abbiano per lo più tutti sensazioni tra il leggermente freddo e il molto freddo durante la mattina, per poi passare a sensazioni di maggior benessere durante la sera: tra il leggermente caldo e il neutro. Complessivamente le medie delle sensazioni durante le giornate valutate sono state neutre, né caldo né freddo, quindi si può affermare un sostanziale confort ambientale.

I residenti comunque, nonostante aver dichiarato tali sensazioni durante la compilazione dei questionari (medie neutre giornaliere, sempre in condizioni di attività sedentaria e/o moderata con abbigliamento tra il leggero e il medio), sono più concentrati dalla percezione del freddo alla mattina e quindi la loro impressione generale ad una domanda diretta sulla sensazione di benessere che vivono durante la permanenza in casa risulterà sempre che non si sentono di abitare in condizioni di confort ambientale. La percezione del freddo supera, nonostante magari si provi per meno tempo durante l'arco della giornata, quella della sensazione di benessere percepito. Bisogna comunque dichiarare che la soggettività delle persone alla percezione di freddo e caldo è molto rilevante visto il tipo di analisi effettuata.

Di seguito si riportano la scala di valori e le risposte alla domanda A "Quale sensazione hai provato nell'ultima ora" dei questionari sul benessere e confort degli ambienti interni relative ad ogni appartamento investigato.

Tabella 73 - Scala di valori relativa alla Domanda A del questionario sul benessere e sul confort interno degli ambienti

| | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|-------|----------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|
| RISPOSTE DOMANDA A | molto caldo | caldo | leggermente caldo | neutro | leggermente freddo | freddo | molto freddo |
| SCALA DI VALORI | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Tabella 74 - Risposte alla Domanda A del questionario sul benessere e sul confort interno degli ambienti

| RISPOSTE Domanda A | MATTINA | SERA | INTERA GIORNATA |
|-----------------------|---------|------|--------------------|
| Appartamento 1 | 6 | 3,43 | 4,71 |
| Appartamento 7 | 5,14 | 3,14 | 4,14 |
| Appartamento 12 | 3,57 | 2,43 | 3 |
| Appartamento 21 | 4,14 | 4,14 | 4,14 |

BIBLIOGRAFIA

WEB PDF: *001 De-superac ita ingl rev 00 2013.pdf*

URL: http://www.ivarindustry.it/images/caldaie_acqua_calda/pdf-superac/001%20De-superac%20ita%20ingl%20rev%2000%202013.pdf

WEB PDF: *004 desc tec Superac ita rev 00 2013.pdf*

URL: http://www.ivarindustry.it/images/caldaie_acqua_calda/pdf-superac/004%20desc%20tec%20Superac%20ita%20rev%2000%202013.pdf

WEB PDF: *2014_neeap_it_italy.pdf*

URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neeap_it_italy.pdf

WEB PDF: *all_decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf*

URL: https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/all_decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf

WEB PDF: *Allegato-3-FAQ-Efficienza-Energetica-Edifici-Terza-serie.pdf*

URL: <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Allegato-3-FAQ-Efficienza-Energetica-Edifici-Terza-serie.pdf>

JOURNAL ARTICLE: Amato Anna, Costanzo Ezilda, Di Pietra Biagio, Hugony Francesca. *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2018*. pag. 20

WEB PAGE: «Come realizzare un edificio in classe energetica A4 e NZEB». *Lavoripubblici*, 2 marzo 2018

URL: <https://www.lavoripubblici.it/news/2018/03/ENERGIA/19945/Come-realizzare-un-edificio-in-classe-energetica-A4-e-NZEB>

WEB PAGE: *CTI Comitato Termotecnico Italiano - RePublic_ZEB - Refurbishment of the Public Building Stock Towards nZEB*

URL: <https://www.cti2000.it/index.php?controller=sezioni&action=show&subid=59>

WEB PDF: *D3-1_EPBD-implementation.pdf*

URL: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP3/D3-1_EPBD-implementation.pdf

WEB PDF: *D3.2_Definition-of-nZEB_final_28May2015.pdf*

URL: http://www.republiczeb.org/filelibrary/WP3/D3.2_Definition-of-nZEB_final_28May2015.pdf

JOURNAL ARTICLE: D'Agostino Delia, Zangheri Paolo, Cuniberti Barbara, Paci Daniele, Bertoldi Paolo. *Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (NZEBS)*. pag. 98

WEB PAGE: «Decreto interministeriale del 16 settembre 2016 - Programma di riqualificazione energetica della Pubblica amministrazione centrale». *Mise*

URL: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/2035552-decreto-interministeriale-del-16-settembre-2016-programma-di-riqualificazione-energetica-della-pubblica-amministrazione-centrale>

WEB PDF: *decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf*

URL: https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/decreto_interministeriale_19_giugno_2017_panzeb.pdf

WEB PDF: *Decreto-Ministeriale-6-agosto-1994.pdf*

URL: <http://www.studiospqr.it/wp/wp-content/uploads/2015/11/Decreto-Ministeriale-6-agosto-1994.pdf>

WEB PDF: *dir91-02.pdf*

URL: <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/dir91-02.pdf>

BILL: «Direttiva 93/76/CEE del Consiglio, del 13 settembre 1993, intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)». 237, vol. OJ L, 31993L0076, 22 settembre 1993

URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1993/76/oj/ita>

JOURNAL ARTICLE: *Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia*. pag. 23

JOURNAL ARTICLE: *Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE* Testo rilevante ai fini del SEE. pag. 56

JOURNAL ARTICLE: *Direttiva (UE) 2018/ del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.* pag. 17

WEB PAGE: *Diritto dell'UE - EUR-Lex.*

URL: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=it>

WEB PDF: *docDownload.pdf*

URL: <http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=25011>

WEB PDF: *docDownload.pdf*

URL: <http://www.ance.it/docs/docDownload.aspx?id=25011>

WEB PAGE: *EUR-Lex - 52013DC0483R(01) - IT - EUR-Lex*

URL: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=RwlQTPnpmthG6W4Y21G7GpmpbCd7cHTvxyZ9GpBRDlBjDKp1zJCT!-1435825667?uri=CELEX:52013DC0483R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=RwlQTPnpmthG6W4Y21G7GpmpbCd7cHTvxyZ9GpBRDlBjDKp1zJCT!-1435825667?uri=CELEX:52013DC0483R(01))

WEB PDF: *FAQ_Edifici_21_10_2015.pdf*

URL: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/FAQ_Edifici_21_10_2015.pdf

WEB PDF: *faq_efficienza_energetica_edifici_seconda_serie_1agosto_2016.pdf*

URL: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/faq_efficienza_energetica_edifici_seconda_serie_1agosto_2016.pdf

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 22/11/2012*

URL: https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2013-01-25&atto.codiceRedazionale=13A00571

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 22/11/2012 bis*

URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2012/12/13/12A12945/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 26/06/2009*

URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2009/07/10/09A07900/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 26/06/2015 Adeguamento*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05200/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 26/06/2015 Applicazione*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05198/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto 26/06/2015 Schemi*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05199/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Decreto-Legge 63/2013*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2013/06/05/13G00107/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - D.lgs 28/2011*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - D.lgs. 102/2014*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - D.lgs. 192/2005*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2005/09/23/005G0219/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - D.lgs. 311/2006*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2007/02/01/007G0007/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - DPR 59/2009*
URL: www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2009/06/10/009G0068/sg

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - DPR 74/2013*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2013/06/27/13G00114/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - DPR 75/2013*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2013/06/27/13G00115/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - DPR 412/1993*
URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1993/10/14/093G0451/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Legge 10/1991*

URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1991/01/16/091G0015/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Legge 90/2013.*

URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2013/08/03/13G00133/sg>

WEB PAGE: *Gazzetta Ufficiale - Legge 373/1976*

URL: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1976/06/07/076U0373/sg>

WEB PAGE: «Global Power Service». *Global Power Service*

URL: <http://www.globalpowerservice.it/>

WEB PAGE: «Glossario termini certificazione energetica».

URL: http://www.la-certificazione-energetica.net/glossario_certificazione_energetica.html

WEB PDF: *italy_it_version.pdf*

URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/italy_it_version.pdf

WEB PDF: *IVAR-caldiaie-SUPERAC.pdf*

URL: <http://www.la-certificazione-energetica.net/schede%20tecniche%20per%20certificazioni%20energetiche/IVAR-caldiaie-SUPERAC.pdf>

WEB PDF: *IVAR-libretto-istruzioni-caldiaie-SUPERAC.pdf*

URL: <http://www.la-certificazione-energetica.net/schede%20tecniche%20per%20certificazioni%20energetiche/IVAR-libretto-istruzioni-caldiaie-SUPERAC.pdf>

PERIODIC ARTICLE: La Legge. *La normativa italiana ante D.lgs. 192/05.* pag. 57.

WEB PAGE: «La prestazione energetica degli edifici: concetti base e metodi di valutazione».

URL: <https://www.ingenio-web.it/4130-la-prestazione-energetica-degli-edifici-concetti-base-e-metodi-di-valutazione>

WEB PAGE: «La UNI/TS 11300». *Certificazione energetica degli edifici*

URL: <http://www.cti2000.eu/la-uni-ts-11300/>

WEB PAGE: «La UNI TS 11300 parte 5 e 6 e la nuova UNI 10349 spiegate punto per punto».

Teknoring

URL: <https://www.teknoring.com/news/green-building/la-uni-ts-11300-parte-5-e-6-e-la-nuova-uni-10349-spiegate-punto-per-punto/>

WEB PAGE: «Legislazione nazionale». *Certificazione energetica degli edifici*

URL: <http://www.cti2000.eu/legislazione-nazionale/>

WEB PAGE: «Legislazione UE». *Certificazione energetica degli edifici*

URL: <http://www.cti2000.eu/legislazione-ue/>

JOURNAL ARTICLE: Linee Guida. *Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 Settembre 2016)*. pag. 77

WEB PAGE: *Logical Soft*

URL: <https://www.logical.it/>

WEB PDF: *LR_nZEB_study.pdf*

URL: http://bpie.eu/documents/BPIE/publications/LR_nZEB%20study.pdf

WEB PDF: *m343.pdf*.

URL: <https://law.resource.org/pub/eu/mandates/m343.pdf>

WEB PDF: *m480_en_energy_performance.pdf*

URL: https://epb.center/media/filer_public/f9/f4/f9f42bff-f9c0-417d-86e7-6f9a550621a9/m480_en_energy_performance.pdf

WEB PDF: *nzeb_executive_summary.pdf*

URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_executive_summary.pdf

WEB PDF: *nzeb_full_report.pdf*.

URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf

WEB PDF: *PAEE-2017-definitivo.pdf*

URL: <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PAEE-2017-definitivo.pdf>

WEB PDF: *PANZEB_13_11_2015.pdf*

URL: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PANZEB_13_11_2015.pdf

JOURNAL ARTICLE: Petersdorff, C. © *Ecofys 2013 by Order of: European Commission*. pag. 32.

WEB PAGE: *Republic ZEB*

URL: <http://www.republiczeb.org/>

JOURNAL ARTICLE: Santoli Livio, Mancini Francesco. «Le norme UNI TS 11300-3/4». *IMPIANTI BUILDING*, vol. settembre-ottobre, settembre 2011, pagg. 17–21.

WEB PAGE: «Sportello informativo nZEB». *Certificazione energetica degli edifici*

URL: <http://www.cti2000.eu/sportello-informativo-nzeb/>

JOURNAL ARTICLE: Barriere Tecniche, e Barriere Economico-Finanziarie.

STREPIN_13_11_2015.pdf. pag. 46

WEB PDF: *termotecnica1.pdf*

URL: <http://www.fire-italia.org/prova/wp-content/uploads/2015/04/termotecnica1.pdf>

WEB PAGE: «Nearly Zero-Energy Buildings». *Energy - European Commission*, 31 luglio 2014

URL: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings/nearly-zero-energy-buildings>

WEB PAGE: «Prestazione energetica edifici (A.P.E.)». *Regione del Veneto*

URL: <https://www.regione.veneto.it/web/energia/prestazione-energetica-degli-edifici>

WEB PAGE: «Trasmittanza infissi, taglio termico e vetro basso emissivo: la guida definitiva sui serramenti». *BibLus-net*, Furcolo, Nicola

URL: <http://biblus.acca.it/speciale-guida-ai-serramenti/>

JOURNAL ARTICLE: Uzquiano, Maitane OLABARRIA. *The Use of Different Types of Standards in the Field of Energy Efficiency*. pag. 12

WEB PAGE: «Veneto». *Certificazione energetica degli edifici*

<http://www.cti2000.eu/certificazione-energetica-regionale/veneto/>

WEB PDF: *Volume n.5.pdf*

URL: <http://www.gruppocp.it/download/articoli/Volume%20n.5.pdf>

JOURNAL ARTICLE: Voss Karsten, Sartori Igor, Lollini, Roberto (2012): *Nearly-zero, Net zero and Plus Energy Buildings. How definitions & regulations affect solutions*. In: REHVA Journal 6 (49), pag. 23–27

WEB PAGE: *ZEB Definitions*.

URL: <https://www.zeb.no/index.php/en/about-zeb/zeb-definitions>. Consultato 22 ottobre 2019.

WEB PDF: *ZEBRA2020_Strategies-for-nZEB_07_LQ-double-pages.pdf*

URL: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/12/ZEBRA2020_Strategies-for-nZEB_07_LQ-double-pages.pdf

JOURNAL ARTICLE: Voss Karsten, Sartori Igor, Lollini, Roberto (2012): *Nearly-zero, Net zero and Plus Energy Buildings. How definitions & regulations affect solutions*. In: REHVA Journal 6 (49), pag. 23–27