

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea

Analisi dei carichi endogeni negli edifici civili

Relatore:

Prof. Claudio Zilio

Laureando:

Enrico Cuccarolo

Anno accademico 2022-2023

ABSTRACT

L'efficientamento energetico degli edifici è diventato una delle priorità ambientali e sociali, dovuto alla crescente consapevolezza ambientale e alle inevitabili sfide legate al cambiamento climatico. In questa prospettiva, la presente tesi si concentra sull'analisi e l'aggiornamento dei carichi endogeni, con particolare attenzione all'affollamento, alle apparecchiature e all'illuminazione in edifici residenziali e ad uso commerciale. Comprendere l'impatto di questi fattori è fondamentale per progettare adeguatamente gli edifici, al fine di migliorare il comfort degli occupanti e la sostenibilità delle costruzioni, riducendo il consumo di energia e l'impatto ambientale associato.

L'affollamento, il quale è un aspetto da non trascurare nella progettazione degli edifici, influenza il comfort termico igrometrico e la qualità dell'aria interna. Vengono esaminati diversi fattori che influenzano l'affollamento, tra cui la densità di occupazione e l'attività metabolica. L'obiettivo è quantificare il carico endogeno dovuto all'affollamento in modo più accurato, tenendo conto delle dinamiche temporali e spaziali.

L'illuminazione è un elemento chiave per il comfort visivo e psicologico degli occupanti degli edifici. Questo studio esamina le diverse tecnologie di illuminazione disponibili e le loro implicazioni sull'efficienza energetica e sul benessere degli occupanti.

Le moderne abitazioni e gli spazi commerciali sono dotati di una vasta gamma di apparecchiature, prevalentemente elettriche, che generano carichi termici significativi. La gestione efficace di questi carichi è essenziale per garantire l'affidabilità del sistema e ridurre il consumo di energia. Vengono analizzate le varie tipologie di apparecchiature, dagli elettrodomestici ai dispositivi elettronici, e ne viene valutato l'impatto sui carichi endogeni.

Un aspetto importante della tesi è l'integrazione delle tre variabili: affollamento, apparecchiature e illuminazione artificiale. L'interazione tra questi fattori può influenzare in modo significativo le prestazioni complessive degli edifici. I risultati delle

analisi vengono utilizzati per sviluppare dei tipologici di immobili, ovvero degli esempi pratici di unità abitative e commerciali specifiche, per simulare il contributo dei carichi endogeni negli edifici. Queste simulazioni includono la determinazione del livello di occupazione, l'attività metabolica degli occupanti, la selezione dell'impianto di illuminazione artificiale e la selezione delle apparecchiature.

In conclusione, questa tesi offre una panoramica completa e dettagliata dei carichi endogeni negli immobili residenziali e commerciali. Le raccomandazioni proposte possono essere utilizzate dagli ingegneri e dagli architetti per progettare edifici più efficienti dal punto di vista energetico, contribuendo così a rendere sostenibile il settore delle costruzioni.

INDICE

1. CARICHI TERMICI	4
1.1 CARICO TERMICO	4
1.2 AFFOLLAMENTO	5
1.2.1 ATTIVITÀ METABOLICA	5
1.2.2 CALCOLO AFFOLLAMENTO	8
1.3 ILLUMINAZIONE	11
1.3.1 FATTORE DI UTILIZZAZIONE	13
1.3.2 CALCOLO DELLA POTENZA DEI CORPI ILLUMINATI	14
1.4 APPARECCHIATURE	16
1.4.1 APPARECCHIATURE DA UFFICIO	17
1.4.2 MOTORI ELETTRICI	19
2. ANALISI DEI PROFILI DEI CARICHI ENDOGENI SECONDO LE NORMATIVE	22
2.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO	22
2.2 DEFINIZIONE DEL BUILDING FLOOR CONCEPT	23
2.3 UNI/TS 11300	26
2.4 ISO 17772	28
2.5 ISO 18523	30
2.6 ASHRAE 90.1	32
2.7 SIA 2024	32
2.8 RISULTATI E OSSERVAZIONI	34
2.8.1 ENERGIA ANNUALE DEI CARICHI ENDOGENI	34
2.8.2 CALCOLO DELLA POTENZA SU UNITÀ DI SUPERFICIE EDIFICIO RESIDENZIALE	
.....	38

2.8.3 CALCOLO DELLA POTENZA SU UNITÀ DI SUPERFICIE EDIFICIO ADIBITO AD UFFICI.....	39
3. AGGIORNAMENTO DEI VALORI DEI CARICHI ENDOGENI	42
3.1 ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	42
3.1.1 CORPI ILLUMINANTI TRADIZIONALI.....	43
3.1.2 CORPI ILLUMINANTI A LED	44
3.2 APPARECCHIATURE	49
3.2.1 APPARECCHIATURE PER EDIFICI AD USO RESIDENZIALE	50
3.2.2 APPARECCHIATURE PER EDIFICI ADIBITI AD UFFICI.....	60
3.2.3 APPARECCHIATURE PER SUPERMERCATI	66
4. SCENARI	76
4.1 SCENARIO RESIDENZIALE	76
4.1.1 TIPOLOGICO 1	79
4.1.2 TIPOLOGICO 2	84
4.1.3 TIPOLOGICO 3	89
4.2 SCENARIO EDIFICIO ADIBITO AD UFFICI.....	95
4.2.1 TIPOLOGICO 4	96
4.3 SCENARIO GRANDE DISTRIBUZIONE	102
4.3.1 TIPOLOGICO 5	102
4.4 CASO STUDIO	110
4.4.1 CALCOLI.....	120
5. ANALISI DEI DATI.....	134
6. CONCLUSIONI.....	136
7. BIBLIOGRAFIA	138

INDICE FIGURE

Figura 1-1: Effetto dell'accumulo sul carico di raffreddamento dovuto all'illuminazione (Rossi, 2009, p.1309)	12
Figura 2-1 Diagramma di flusso delle metodologie (Ferrari et al., 2023, p.3)	24
Figura 2-2: Configurazioni delle unità: abitazione monofamiliare (a), abitazione plurifamiliare (b) e uffici singoli/open space (c) (Ferrari et al., 2023, p.4)	25
Figura 2-3 Procedure di calcolo per la valutazione dei profili dei carichi interni degli edifici (Ferrari et al., 2023, p.4)	26
Figura 2-4 Comparazione dei consumi annui su unità di superficie per il caso residenziale e direzionale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.9)	35
Figura 2-5 Composizione dei carichi interni per il caso residenziale (Ferrari et al., 2023, p.10).....	36
Figura 2-6 Composizione dei carichi interni per il caso direzionale (Ferrari et al., 2023, p.11).....	37
Figura 2-7: Comparazione dei profili dei carichi interni per il caso residenziale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.8).....	38
Figura 2-8: Comparazione dei profili dei carichi interni per il caso direzionale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.8).....	40
Figura 3-1 Resa cromatica al variare della temperatura del colore (Catalogo Disano Illuminazione, 2023, p.XIII)	45
Figura 4-1 Pianta dell'abitazione	111
Figura 4-2 Vista Ovest abitazione	112
Figura 4-3 Vista Est abitazione	112
Figura 4-4 Vista Nord abitazione	113
Figura 4-5 Vista Sud abitazione	113
Figura 4-6 Prestazione energetica globale dell'edificio.....	117

INDICE TABELLE

Tabella 1-1 Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (Rossi, 2009, p.1307	7
Tabella 1-2 (continuazione): Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (Rossi, 2009, p.1307	8
Tabella 1-3: Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (software EC700, Edilclima s.r.l).....	8
Tabella 1-4: Indici di affollamento i per categoria di edificio (numero di persone/100 m ²) (Rossi, 2009, p.475).....	9
Tabella 1-5 (continuazione): Indici di affollamento i per categoria di edificio (numero di persone/100 m ²) (Rossi, 2009, p.475).....	10
Tabella 1-6: Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini all'ingrosso e minuto, supermercati (software EC700, Edilclima s.r.l).....	13
Tabella 1-7: Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti a uffici e assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)	13
Tabella 1-8: Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)	14
Tabella 1-9: Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)	14
Tabella 1-10: Valori di livello di illuminamento richiesto per locali adibiti ad uffici (UNI EN 12464-1, 2021, p.61)	15
Tabella 1-11: Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a incandescenza e fluorescenti (Rossi, 2009, p.1310).....	15
Tabella 1-12 Frazione dei carichi termici sensibile e latente rispetto alla potenza elettrica o termica assorbita dall'apparecchiatura (Hendron et al., 2009, p.35).....	16
Tabella 1-13 Potenze dissipate da computer e monitor (Rossi, 2009, p.1313)	17
Tabella 1-14 Potenze dissipate da stampanti laser e fotocopiatrici (Rossi, 2009, p.1313)	18
Tabella 1-15 Fattori di carico per diversi tipi di ufficio (Rossi, 2009, p.1314)	18

Tabella 1-16 Potenza dissipata in ambiente da macchina accoppiata al motore con f_u e f_m pari a 1 (Rossi, 2009, p.1312)	21
Tabella 2-1 Carichi endogeni di picco per il caso residenziale	39
Tabella 2-2 Carichi endogeni di picco per il caso direzionale.....	41
Tabella 3-1: Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a incandescenza e fluorescenti.....	44
Tabella 3-2 Corpi illuminati e lampade con attacco E27 per il settore residenziale	46
Tabella 3-3 Corpi illuminati per edifici adibiti ad uffici	47
Tabella 3-4: Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a LED.....	48
Tabella 3-5 Elettrodomestici categoria freddo.....	50
Tabella 3-6 Elettrodomestici categoria cottura.....	51
Tabella 3-7 Elettrodomestici categoria cottura.....	52
Tabella 3-8 Elettrodomestici categoria lavaggio e lavastoviglie	53
Tabella 3-9 Elettrodomestici categoria pulizia	54
Tabella 3-10 Piccoli elettrodomestici	54
Tabella 3-11 Apparecchiature da ufficio per il settore home	55
Tabella 3-12 Televisore HD e UHD.....	56
Tabella 3-13 Televisore a led 4K.....	56
Tabella 3-14 Televisore a led 8K.....	57
Tabella 3-15 Altri accessori elettronici	58
Tabella 3-16 Sistemi audio home	58
Tabella 3-17 Elettrodomestici per la cura del corpo	59
Tabella 3-18 Computer e server	60
Tabella 3-19 Monitor	61
Tabella 3-20 Stampanti.....	62
Tabella 3-21 Proiettori.....	62
Tabella 3-22 Sistemi audio per uffici	63
Tabella 3-23 Dispositivi per il networking	64
Tabella 3-24 UPS per datacenter.....	64
Tabella 3-25 Apparecchiature per sala break.....	65

Tabella 3-26 Banchi frigo 1	66
Tabella 3-27 Banchi frigo 2	67
Tabella 3-28 Banchi frigo 3	68
Tabella 3-29 Forni elettrici professionali	69
Tabella 3-30 Piani cottura elettrici e a gas	70
Tabella 3-31 Apparecchiature per reparto gastronomia 1.....	71
Tabella 3-32 Apparecchiature per reparto gastronomia 2.....	72
Tabella 3-33 Apparecchiature per reparto macelleria, salumeria e panificazione	73
Tabella 3-34 Apparecchiature per reparto pescheria	74
Tabella 3-35 Apparecchiature varie per un supermercato	75
Tabella 4-1 Superfici minime secondo il decreto ministeriale 5 luglio 1975	77
Tabella 4-2 Superfici dei locali del tipologico 1	79
Tabella 4-3 Dotazioni del tipologico 1	80
Tabella 4-4 Assunzioni del tipologico 1	81
Tabella 4-5 Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 1.....	82
Tabella 4-6 Carichi endogeni per locale tipologico 1	82
Tabella 4-7 Carichi totali e su unità di superficie tipologico 1	83
Tabella 4-8 Superfici dei locali del tipologico 2	84
Tabella 4-9 Dotazioni del tipologico 2	85
Tabella 4-10 Assunzioni del tipologico 2	86
Tabella 4-11 Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 2.....	87
Tabella 4-12 Carichi endogeni per locale tipologico 2	88
Tabella 4-13 Carichi totali e su unità di superficie tipologico 2	88
Tabella 4-14 Superfici dei locali del tipologico 3	89
Tabella 4-15 Dotazioni del tipologico 3	90
Tabella 4-16 Assunzioni del tipologico 3	91
Tabella 4-17 Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 3.....	92
Tabella 4-18 Carichi endogeni per locale tipologico 3	93
Tabella 4-19 Carichi totali e su unità di superficie tipologico 3	94
Tabella 4-20 Superfici dei locali del tipologico 4	96

Tabella 4-21 Dotazioni del tipologico 4	97
Tabella 4-22 Assunzioni del tipologico 4	98
Tabella 4-23 Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 4.....	99
Tabella 4-24 Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 4.....	100
Tabella 4-25 Carichi totali e su unità di superficie tipologico 4	101
Tabella 4-26 Assunzioni del tipologico 5	102
Tabella 4-27 Apparecchiature per la refrigerazione nello spazio espositivo	103
Tabella 4-28 Apparecchiature per la refrigerazione reparti gastronomia e macelleria	104
Tabella 4-29 Apparecchiature per la refrigerazione reparto pescheria.....	104
Tabella 4-30 Forni e piani cottura elettrici	105
Tabella 4-31 Apparecchiature per i reparti gastronomia, macelleria, salumeria e panificazione.....	105
Tabella 4-32 Apparecchiature varie nello spazio espositivo	105
Tabella 4-33 Potenza termica dissipata dalle apparecchiature	106
Tabella 4-34 Carichi totali del tipologico 5	109
Tabella 4-35 Prestazioni energetiche in riscaldamento dell'edificio	117
Tabella 4-36 Dotazioni del caso studio.....	118
Tabella 4-37 Assunzioni del caso studio	118
Tabella 4-38 Assunzioni del caso studio per fascia oraria	119
Tabella 4-39 Carichi endogeni per locale dalle ore 0:00 alle 07:00	120
Tabella 4-40 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 0:00 alle 07:00	120
Tabella 4-41 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 0:00 alle 07:00	121
Tabella 4-42 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 0:00 alle 07:00.....	121
Tabella 4-43 Carichi endogeni per locale dalle ore 7:00 alle 08:30	122
Tabella 4-44 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 7:00 alle 08:30	122
Tabella 4-45 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 7:00 alle 08:30	123
Tabella 4-46 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 7:00 alle 08:30.....	123
Tabella 4-47 Carichi endogeni per locale dalle ore 08:30 alle 12:30	124

Tabella 4-48 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 08:30 alle 12:30	124
Tabella 4-49 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 08:30 alle 12:30	125
Tabella 4-50 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 08:30 alle 12:30	125
Tabella 4-51 Carichi endogeni per locale dalle ore 12:30 alle 14:00	126
Tabella 4-52 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 12:30 alle 14:00	126
Tabella 4-53 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 12:30 alle 14:00	127
Tabella 4-54 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 12:30 alle 14:00	127
Tabella 4-55 Carichi endogeni per locale dalle ore 14:00 alle 18:00	128
Tabella 4-56 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 14:00 alle 18:00	128
Tabella 4-57 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 14:00 alle 18:00	129
Tabella 4-58 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 14:00 alle 18:00	129
Tabella 4-59 Carichi endogeni per locale dalle ore 18:00 alle 21:00	130
Tabella 4-60 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 18:00 alle 21:00	130
Tabella 4-61 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 18:00 alle 21:00	131
Tabella 4-62 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 18:00 alle 21:00	131
Tabella 4-63 Carichi endogeni per locale dalle ore 21:00 alle 24:00	132
Tabella 4-64 Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 21:00 alle 24:00	132
Tabella 4-65 Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 21:00 alle 24:00	133
Tabella 4-66 Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 21:00 alle 24:00	133

Tabella 5-1 Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco dei tipologici del presente studio	134
Tabella 5-2 Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco del caso studio	135
Tabella 5-3 Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco del caso studio	135

INTRODUZIONE

Le fonti di calore endogene, cioè generate all'interno degli ambienti, sono il risultato dell'interazione tra l'edificio stesso e le attività che vi si svolgono, come carichi derivanti dall'affollamento degli occupanti, dall'illuminazione o dalle apparecchiature elettriche o di altra alimentazione. Negli edifici ad uso residenziale, terziario e produttivo risultano essere impattanti sulla progettazione e gestione degli impianti di climatizzazione estiva ed invernale.

L'affollamento è un fattore critico nella determinazione dei carichi endogeni e dipende dalla densità di occupanti all'interno degli spazi. Edifici adibiti a scopi residenziali e commerciali ospitano un numero variabile di persone, ciascuna con un contributo distintivo all'ambiente. Inoltre, le dinamiche di afflusso e deflusso degli occupanti possono generare carichi dinamici che devono essere attentamente valutati.

L'evoluzione tecnologica nel campo dell'illuminazione artificiale ha portato a una crescente efficienza dei sistemi di illuminazione, ma ha anche introdotto nuove sfide in termini di controllo delle ombre e di distribuzione uniforme della luce.

Le apparecchiature di qualsiasi genere all'interno degli edifici, generalmente dispositivi elettrici ed elettronici rappresentano un altro fattore significativo nei carichi endogeni. La proliferazione di tecnologie avanzate e la crescente dipendenza da dispositivi elettronici hanno portato a un aumento dell'energia elettrica consumata negli edifici. Questo implica una maggiore energia termica dissipata all'interno di essi, che nella stagione estiva, deve essere compensata.

In fase progettuale i carichi endogeni vengono molto spesso sottodimensionati o sovradimensionati con ripercussione notevoli nella messa a regime degli impianti e nella termoregolazione degli edifici.

In caso di informazioni mancanti o in condizioni di incertezza, vengono utilizzati come dati di riferimento le normative o gli standard disponibili da letteratura. In ambito professionale, quando non sono disponibili dati reali sugli edifici esistenti, solitamente lo stato di esercizio dell'edificio viene definito assumendo i valori di occupazione e di

uso dell'edificio previsti secondo gli standard, stabiliti dai regolamenti edilizi nazionali. Ma non sempre le informazioni risultano aggiornate o utilizzabili per il caso in oggetto. Diversi studi hanno dimostrato che i profili di occupazione reali portano a stime energetiche più accurate rispetto ai profili standard.

Il presente studio ha l'obiettivo di analizzare i dati presenti da letteratura scientifica e normativa relativi ai carichi endogeni, al fine di confrontarli con dati reali desunti da prodotti presenti nel mercato attuale, basandosi su schede tecniche o cataloghi tecnici forniti da produttori o fornitori.

La necessità di aggiornare i profili di carico è dettata dalla rapida evoluzione delle tecnologie e delle dinamiche sociali che influenzano l'uso degli spazi edificati. Il comportamento degli occupanti influenza notevolmente l'utilizzo degli edifici e relativi consumi energetici. L'adozione di dati reali e di approcci di analisi specifici consentirà di sviluppare modelli più accurati per la progettazione e la valutazione delle costruzioni ad uso civile.

La struttura della tesi è organizzata in cinque capitoli principali.

Il capitolo 1 fornirà un'analisi dettagliata della letteratura scientifica esistente sui carichi endogeni, verranno espressi i carichi derivanti dall'affollamento, dall'illuminazione artificiale e dalle apparecchiature elettriche, per diverse tipologie di edifici.

Il capitolo 2 presenterà una sintesi delle normative inerenti al calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, prendendo in considerazione normative italiane, europee e internazionali. Verrà presentato inoltre l'articolo "Internal heat loads profiles for buildings' energy modelling: comparison of different standards" di Ferrari et al., nel quale si analizzano alcuni edifici di riferimento per determinare la potenza e l'energia annuale dei carichi endogeni.

Il capitolo 3 illustrerà l'aggiornamento dei dati dei carichi endogeni. A meno del carico derivante dagli occupanti, che per ovvie ragioni non è variato nel corso del tempo, verranno esposti un'estesa varietà di prodotti e apparecchiature per poter stimare

l'apporto termico in ambiente dell'illuminazione artificiale e delle apparecchiature in contesti residenziali e commerciali, come uffici e grande distribuzione.

Il capitolo 4 proporrà alcuni scenari pratici, ipotizzando cinque tipologici, tre edifici residenziali, un edificio ad uso uffici e un supermercato. Verrà analizzato il periodo di punta, per poter stimare la massima potenza ceduta dai carichi endogeni. Inoltre sarà illustrato un caso studio di una nuova abitazione in fase di realizzazione nella quale verrà calcolato la potenza e l'energia dei carichi endogeni per diversi periodi di una giornata lavorativa.

Infine, l'ultimo capitolo, fornirà una sintesi dei risultati ottenuti e raccomandazioni per l'aggiornamento dei profili di carico in edifici residenziali e commerciali.

1. CARICHI TERMICI

1.1 CARICO TERMICO

Il carico termico di un ambiente è definito come la potenza termica che deve essere fornita o sottratta al fine di mantenere l'ambiente in condizioni prefissate di temperatura e di umidità.

Risulta necessario il calcolo dei carichi termici, in entrambe le stagioni, condizione estiva ed invernale, per dimensionare correttamente l'involucro dell'edificio e l'impianto di climatizzazione.

Il carico termico è suddiviso in due differenti contributi, legati al tipo di perturbazione indotta:

- Carico termico sensibile, il quale è associato ad una differenza di temperatura tra ambiente esterno ed interno;
- Carico termico latente, il quale è associato ad una differenza di umidità tra ambiente esterno ed interno.

Il carico termico totale, in ciascuna stagione, è dato dalla somma algebrica del carico termico sensibile e latente.

Il carico termico sensibile essendo associato a differenze di temperatura, è indotto dalle interazioni energetiche con l'ambiente esterno, dovute alla trasmissione del calore attraverso l'involucro e all'infiltrazione di aria, così come anche alla radiazione solare, alla presenza di persone e alla presenza di fonti di calore endogene. Invece il carico termico latente è indotto dalla presenza di persone e dall'umidità associata all'aria che si infiltra attraverso l'involucro edilizio e/o agli ambienti a causa dell'apertura saltuaria di porte e finestre.

Il flusso termico istantaneo rappresenta il calore che penetra e quello generato nell'ambiente in un dato istante. Si distingue il modo con il qual tale calore penetra in ambiente e se trattasi di calore sensibile o calore latente.

Le modalità di ingresso del flusso termico in ambiente sono:

- Radiazione solare attraverso le superfici trasparenti (solo sensibile);
- Trasmissione attraverso le finestre (solo sensibile);
- Trasmissione attraverso le pareti esterne e la copertura (solo sensibile);
- Trasmissione attraverso le pareti interne, il soffitto, il pavimento (solo sensibile);
- Infiltrazioni di aria esterna (sensibile e latente);
- Carichi endogeni (sensibile e latente).

Le fonti di calore interne all'edificio derivano principalmente da tre contributi:

- Affollamento;
- Illuminazione;
- Apparecchiature elettriche.

1.2 AFFOLLAMENTO

1.2.1 ATTIVITÀ METABOLICA

L'uomo ha la proprietà di mantenere costante la temperatura interna del corpo. Questa funzione viene ottenuta con un meccanismo di termoregolazione mediante l'equilibrio fra produzione e dispersione di calore (Rossi, 2009, p.409).

Quando si ha una sensazione di calore o di caldo, la temperatura superficiale del corpo aumenta (generazione di calore sensibile) e aumenta anche la sudorazione (generazione di calore latente) così che, aumentando la dispersione, si ripristina l'equilibrio termico. Mentre, se c'è una sensazione di freddo, si riduce la temperatura superficiale e quindi si riduce la dispersione.

L'equilibrio termico del corpo umano può essere descritto mediante una equazione di bilancio termico, derivata dall'applicazione del primo principio della termodinamica al

sistema costituito dal corpo umano e dall'ambiente circostante, che si può così scrivere (Rossi, 2009, p.410):

$$S = M - P - C - R - E$$

1-1

Dove le diverse grandezze sono potenze per unità di area (W/m²) e rappresentano:

- S = variazione di energia interna del corpo;
- M = potenza termica associata al metabolismo;
- P = potenza meccanica scambiata dal corpo umano con l'ambiente esterno;
- C = calore ceduto all'esterno per convezione e conduzione;
- R = calore ceduto all'esterno per irraggiamento;
- E = calore ceduto per effetto dell'evaporazione del sudore e come calore latente nella respirazione.

Le grandezze M, C, R ed E sono sempre positive, mentre P è positivo se il lavoro è eseguito dal corpo umano, in caso contrario è negativo. Per definizione di equilibrio, S è pari a zero, quindi si può scrivere:

$$M = \pm P + C + R + E$$

1-2

Questa condizione è detta anche di omotermia, per cui la temperatura del nucleo corporeo si mantiene costante intorno al valore di 37 °C circa (Rossi, 2009, p.410).

Per esprimere la potenza emessa per effetto del metabolismo su unità di superficie, l'unità di misura è il met. La potenza emessa da una persona seduta e in quiete è pari a

1 met, che equivale a 58,2 W/m². Per un giovane uomo in buona salute la potenza metabolica emessa massima può arrivare fino a 12 met, che scende a 7 met per un anziano di 70 anni (Rossi, 2009, p.410). La superficie corporea media di un adulto è pari a circa 1,8 m², quindi 1 met è circa 105 W per un adulto.

La generazione di calore sensibile e latente della persona dipende dalle condizioni termoigrometriche dell'ambiente e dal tipo di attività svolta dall'individuo. Nella seguente tabella vengono forniti i valori del calore emesso dalle persone in funzione dell'attività svolta.

I valori tabulati sono basati su una temperatura dell'ambiente interno di 24 °C, pe temperatura maggiore, per esempio di 27 °C, il calore totale emesso non varia ma quello sensibile diminuisce del 20 %, mentre il calore latente aumenta conseguentemente (Rossi, 2009, p.1307).

Tabella 1-1

Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (Rossi, 2009, p.1307)

Attività svolta	Calore sensibile (W)	Calore latente (W)
Seduto a riposo - teatro	70	35
Seduto, lavoro molto leggero - uffici, hotel, appartamenti	70	45
Attività moderata - uffici, hotel, appartamenti	75	55
Persona in piedi - grandi magazzini, negozi - banca	75 75	55 70
Seduto - ristorante	80	80
Lavoro leggero al banco - industria	80	140
Ballo moderato - sala da ballo	90	160

Tabella 1-2 (continuazione):

Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (Rossi, 2009, p.1307)

Persona che cammina o lavoro leggero	110	185
Lavoro pesante, bowling	170	255
Lavoro molto pesante	185	285
Attività sportiva	210	315

La seguente tabella viene proposta dal software EC 700 Edilclima s.r.l, programma certificato per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici in Italia secondo la norma UNI/TS 11300.

Tabella 1-3:

Calore ceduto dalle persone in base all'attività svolta (software EC700, Edilclima s.r.l)

Q sens	Q laten	Tot. medio	Grado di attività	Applicazioni tipiche
64	46	104	Seduto a riposo	Teatro
64	52	116	Seduto con lavoro molto leggero	Scuola superiore
64	70	134	Seduto con attività moderata	Uffici - Alberghi - Appartamenti
64	70	134	Persona in piedi o che passeggia lentamente	Empori e negozi
64	81	145	Persona seduta o che passeggia	Banche e Farmacie
70	93	163	Lavoro sedentario	Ristorante
70	151	221	Lavoro leggero al banco	Fabbrica con lavoro leggero
81	169	250	Ballo moderato	Sala da ballo
99	192	291	Persona che cammina a 5 km/h	Fabbrica con lavoro abbastanza pesante
145	297	442	Lavoro pesante	Campo di Bowling - Fabbrica

1.2.2 CALCOLO AFFOLLAMENTO

Definito il calore ceduto dal singolo corpo umano, sarà necessario valutare l'affollamento di un certo locale o edificio. In assenza di dati precisi, la tabella seguente esprime gli indici di affollamento per locali nei quali è previsto uno stazionamento di persone espressi in numero di persone/100 m².

Tabella 1-4:

Indici di affollamento i per categoria di edificio (numero di persone/100 m²) (Rossi, 2009, p.475)

Classificazione degli edifici	i
Edifici adibiti a residenza e assimilabili	
Abitazioni civili - soggiorni, camere da letto	4
Collegi, luoghi di ricovero, caserme, conventi - soggiorni - sale riunioni - dormitori - camere da letto	20 60 10 5
Alberghi, pensioni - ingresso, soggiorni - sale conferenze - camere da letto	20 60 5
Edifici adibiti a uffici e assimilabili	
- uffici singoli - uffici open space - locale riunioni - centri elaborazione dati	6 12 60 8
Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	
- degenze - corsie - camere sterili e infettivi - visita medica - soggiorni, terapie fisiche	8 12 8 5 20
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	
Cinematografi, teatri, sale congressi - sale in genere - biglietterie, ingressi - borse titoli e simile - sale attesa stazioni e metropolitane	150 20 50 100
Musei, biblioteche, luoghi di culto - sale in genere - luoghi di culto	30 80

Tabella 1-5 (continuazione):

Indici di affollamento i per categoria di edificio (numero di persone/100 m²) (Rossi, 2009, p.475)

Bar, ristoranti, sale da ballo	
- bar in genere	80
- sale pranzo ristoranti	60
- sale da ballo	100
Attività commerciali e assimilabili	
Grandi magazzini	25
Negozi o reparti di grandi magazzini	
- alimentari, abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	10
- barbieri, saloni di bellezza, lavasecco, farmacie, zona pubblico	20
banche	20
- quartieri fieristici	
Edifici adibiti ad attività sportiva	
Piscine, saune e assimilabili	
- piscine	30
- saune	50
- ingressi	20
Palestre e assimilabili	
- campi gioco	20
- zone spettatori	150
- bowling	60
- ingressi	20
Edifici adibiti ad attività scolastiche	
Asili nido e scuole materne	40
Aule scuole elementari, medie inferiori e superiori	45
Aule universitarie	60
Altri locali	
- aule musica e lingue	50
- laboratori	30
- sale insegnanti	30

1.3 ILLUMINAZIONE

L'illuminazione dei locali è un aspetto non trascurabile in fase di definizione del carico termico.

La potenza termica istantanea emessa da una lampada si può esprimere come:

$$q_{el} = f_u \times f_i \times P$$

1-3

dove:

- q_{el} = potenza termica istantanea (W);
- P = potenza delle lampade (W);
- f_u = fattore di utilizzazione pari al rapporto fra la potenza delle lampade utilizzate e la potenza installata di tutte le lampade;
- f_i = fattore incrementale in base al tipo del corpo illuminato. Ad esempio pari a 1,25 per tenere conto dello starter per le lampade fluorescenti oppure da 1,04 a 1,37 per le lampade al sodio.

Da tale formula si evince che tutta la potenza elettrica si trasforma in carico termico, ma in diverse forme, una parte sotto forma di luce, una parte in irraggiamento e infine una parte in convezione e conduzione.

In una lampada ad incandescenza il 10% dell'energia assorbita viene trasformata in luce, l'80% è dissipato per irraggiamento e solo un 10% è dissipato per convezione e conduzione. I tubi fluorescenti trasformano circa il 25% di energia assorbita in luce, un 25% è dissipato per irraggiamento, mentre un 50% è immesso per convezione e conduzione (Rossi, 2009, p.1308).

Più efficiente è l'illuminazione a LED, nella quale la parte convertita in luce sul totale della potenza assorbita arriva fino al 40%.

In realtà, non tutta la potenza elettrica assorbita viene istantaneamente assorbita dal carico di raffreddamento. Una sola parte viene dissipata per convezione e conduzione, la parte rimanente viene emessa sotto forma di radiazione e assorbita dalle strutture, pareti, pavimenti e soffitto, e poi ceduta per convezione dell'aria.

Di seguito il grafico mette in evidenza che il carico di raffreddamento è inferiore all'apporto istantaneo generato dal corpo illuminante, in quanto parte di esso accumulato dalle strutture e dagli arredi e poi rilasciato in ambiente. Si nota poi, il ritardo della curva del carico di raffreddamento e la riduzione una volta spento il corpo illuminante.

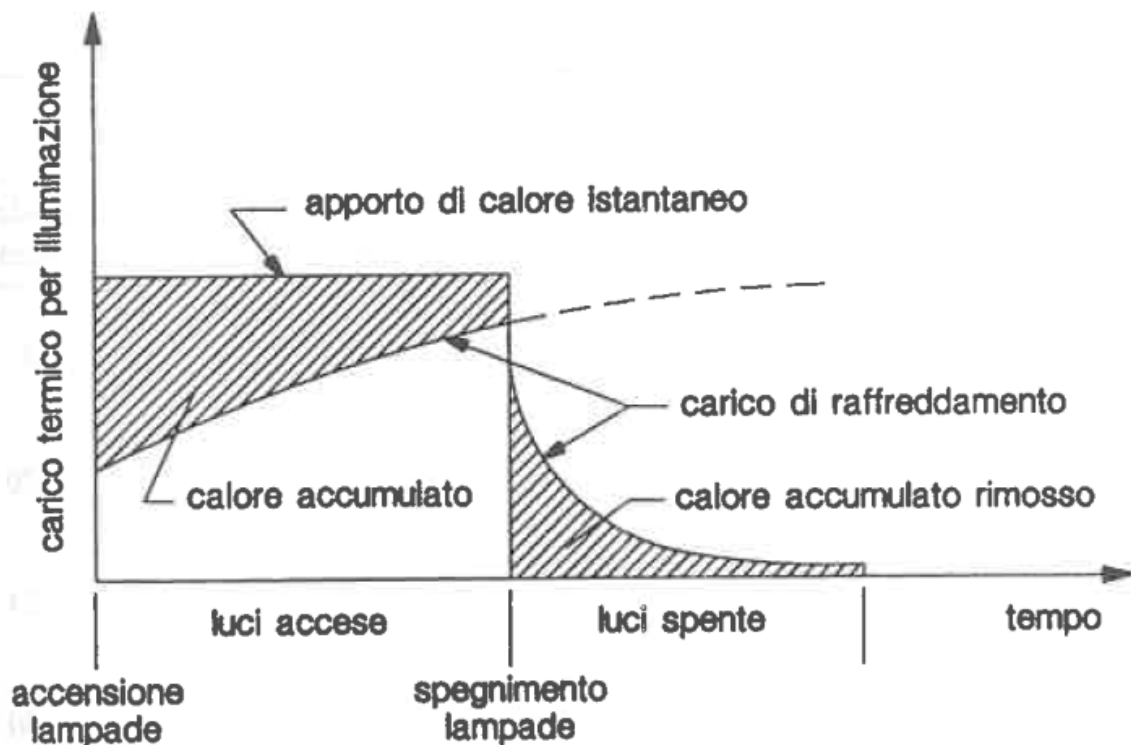


Figura 1-1:
Effetto dell'accumulo sul carico di raffreddamento dovuto all'illuminazione (Rossi, 2009, p.1309)

1.3.1 FATTORE DI UTILIZZAZIONE

Il fattore di utilizzazione dell'equazione 2-3, pari al rapporto fra la potenza delle lampade utilizzate e la potenza installata di tutte le lampade, dipende dalla destinazione d'uso del locale e dal livello di utilizzo degli utenti.

Tale indice può essere anche rappresentato dal fattore di assenza medio, pari al complementare del fattore di utilizzazione.

Di seguito le tabelle esprimono il fattore di assenza medio per varie destinazioni d'uso.

Tabella 1-6:

Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini all'ingrosso e minuto, supermercati (software EC700, Edilclima s.r.l)

Valore	Descrizione
0,00	Aree vendite, aree aperte al pubblico
0,20	Magazzini e assimilabili
0,90	Servizi igienici

Tabella 1-7:

Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti a uffici e assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)

Valore	Descrizione
0,00	Ingressi, reception
0,00	Uffici open-space
0,10	Uffici singoli
0,40	Corridoi e assimilabili
0,50	Sale conferenza, rest-room e assimilabili
0,50	Sale riunioni
0,90	Servizi igienici, magazzini e assimilabili

Tabella 1-8:

Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)

Valore	Descrizione
0,00	Stanze, corridoi, sale d'aspetto, spazi aperti al pubblico e assimilabili
0,00	Sale per esami clinici e sale operatorie
0,20	Laboratori
0,90	Magazzini e assimilabili

Tabella 1-9:

Valori di fattore di assenza medio per edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili (software EC700, Edilclima s.r.l)

Valore	Descrizione
0,00	Aree produttive / spazi lavorativi
0,20	Magazzini e assimilabili
0,50	Rest-room e assimilabili
0,90	Servizi igienici

1.3.2 CALCOLO DELLA POTENZA DEI CORPI ILLUMINATI

La potenza dei corpi illuminanti, ovvero il fattore P dell'equazione 2-3, può essere ricavata facilmente se si conoscono i carichi elettrici assorbiti dall'impianto di illuminazione oppure dalle schede tecniche delle lampade installate.

In caso contrario, come per il calcolo dei carichi nella fase di progettazione preliminare di un nuovo impianto, sarà necessario stimare la potenza installata negli ambienti.

Nella prima fase sarà da definire il livello di illuminamento, l'unità di misura dell'illuminamento nel sistema internazionale (SI) è il lux, pari al flusso luminoso di 1 lumen ripartito su unità di superficie con area di 1 m². Il livello di illuminamento viene identificato nella fase di progettazione dell'edificio secondo la normativa vigente oppure secondo linee guida. La norma di riferimento per i luoghi di lavoro negli ambienti interni all'edificio è la UNI EN 12464-1. Di seguito l'estratto della norma per locali adibiti ad uffici.

Tabella 1-10:

Valori di livello di illuminamento richiesto per locali adibiti ad uffici (UNI EN 12464-1, 2021, p.61)

Destinazione del locale o attività svolta	Livello di illuminamento (lux)
Compilazione, copiatura di testo, ecc.	300
Scrittura, lettura e data processing	500
Disegno tecnico	750
Postazioni work stations CAD	500
Sala riunioni e conferenze	500
Reception	300
Archivio	200

Dopodiché si può stimare la potenza elettrica installata mediante tabelle, come la seguente.

Tabella 1-11:

Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a incandescenza e fluorescenti (Rossi, 2009, p.1310)

Destinazione del locale o attività svolta	Livello di illuminamento (lux)	Potenza elettrica installata (W/m ²)	
		Lampade a incandescenza	Lampade fluorescenti
Depositi, corridoi, zone di sosta temporanea	100	20-25	4-8
Lavorazioni grossolane a mano	300	60-75	10-20
Lavorazioni su macchine utensili, laboratori	500	100-120	12-24
Uffici, sale disegno, supermercati, lavori di precisione	750		15-30
Lavori di precisione, esame dei colori, meccanica fine	1000		20-40
Lavori di estrema precisione	1500		30-60
Attività particolari, interventi operatori, ecc.	2000		40-80

1.4 APPARECCHIATURE

Negli edifici, sia ad uso residenziale/terziario e sia industriale, sono presenti apparecchiature che convertono energia elettrica, meccanica o chimica in energia termica. A seconda del tipo di apparecchiatura il carico termico può essere solo sensibile oppure dovuto anche dall'apporto latente.

Generalmente nei locali residenziali e ad uso ufficio, le apparecchiature sono alimentate elettricamente oppure a gas, quest'ultimo caso solo per la cottura e asciugatura di indumenti. Anche se, in ottica di efficientamento energetico e decarbonizzazione, l'alimentazione prevalente in questi settori sarà solo l'energia elettrica.

A differenza dell'illuminazione artificiale, nella quale tutta l'energia assorbita viene convertita in energia termica sensibile, sotto forma di radiazioni elettromagnetiche e di calore, le apparecchiature possono convertire una parte di energia entrante in lavoro, quindi avendo un impatto minore sui carichi termici generati, oppure avere un carico termico suddiviso tra sensibile e latente.

Di seguito, la tabella indica quale frazione percentuale sensibile e latente viene generata dalla potenza assorbita dall'apparecchiatura.

Tabella 1-12

Frazione dei carichi termici sensibile e latente rispetto alla potenza elettrica o termica assorbita dall'apparecchiatura (Hendron et al., 2009, p.35)

Apparecchi	Frazione carico sensibile	Frazione carico latente
Frigocongelatore	100%	0%
Lavatrice	80%	0%
Asciugatrice elettrica	15%	5%
Asciugatrice a gas	10%	5%
Forno a microonde	100%	0%
Televisore	100%	0%

1.4.1 APPARECCHIATURE DA UFFICIO

Per le potenze dissipate negli uffici dalle diverse apparecchiature presenti (fotocopiatrici, computer, stampanti, ecc.) si può considerare mediamente un valore che va da 20 a 25 W/m²; qualora vi fosse una densità elevata di computer si arriva fino a 45-50 W/m². [...]. Nelle tabelle che seguono sono riportati i calori delle potenze negli uffici da considerare nei calcoli, desunti da diverse ricerche (Hosni et al., 1999; Wilkin e McGaffin, 1994) (Rossi, 2009, p.1313).

Tabella 1-13

Potenze dissipate da computer e monitor (Rossi, 2009, p.1313)

	Funzionamento (W)	Con risparmio energetico (W)
Computer:		
- valore medio	55	20
- valore prudenziale	65	25
- valore molto prudenziale	75	30
Monitor:		
- piccolo monitor (da 330 a 380 mm)	55 70	
- medio monitor (da 400 a 460 mm)	80	0
- grande monitor (da 480 a 510 mm)		0

Tabella 1-14**Potenze dissipate da stampanti laser e fotocopiatrici (Rossi, 2009, p.1313)**

	Funzionamento (W)	1 pagina al minuto (W)	Inattivo (W)
Stampanti laser:			
- piccola da tavolo	13	75	10
- da tavolo	215	100	35
- piccoli uffici	320	160	70
- grandi uffici	550	275	125
Fotocopiatrici:			
- da tavolo	400	85	20
- da ufficio	1100	400	300

Tabella 1-15**Fattori di carico per diversi tipi di ufficio (Rossi, 2009, p.1314)**

Densità di carico	Fattore di carico (W/m ²)	Descrizione
Leggero	5,4	Assumendo 15,5 m ² per postazione (6,5 postazioni per 100 m ²) con computer e monitor, più stampante e facsimile. Computer, monitor e fax con fattore di utilizzazione 0,67; stampante con fattore di utilizzazione 0,33.
Medio	10,8	Assumendo 11,6 m ² per postazione (8,5 postazioni per 100 m ²) con computer e monitor, più stampante e facsimile. Computer, monitor e fax con fattore di utilizzazione 0,75; stampante con fattore di utilizzazione 0,50.
Medio/pesante	16,1	Assumendo 9,3 m ² per postazione (11 postazioni per 100 (m ²) con computer e monitor, più stampante e facsimile. Computer, monitor e fax con fattore di utilizzazione 0,75; stampante con fattore di utilizzazione 0,50.
Pesante	21,5	Assumendo 7.8 m ² per postazione (13 postazioni per 100 m ²) con computer e monitor, più stampante e facsimile. Computer, monitor e fax con fattore di utilizzazione 1.0; stampante con fattore di utilizzazione 0.50.

1.4.2 MOTORI ELETTRICI

La potenza termica emessa dai motori elettrici può essere calcolata con la seguente equazione:

$$q_{em} = f_u \times f_m \times \frac{P}{\eta_m}$$

1-4

dove:

- q_{em} = calore emesso dall'apparecchiature in funzione (W);
- f_u = fattore di utilizzazione;
- f_m = fattore di carico del motore;
- P = potenza nominale del motore (W);
- η_m = efficienza del motore.

Il fattore di utilizzazione è minore di 1 quando l'uso del motore è intermittente con significativi periodi di non uso; in genere f_u , può porsi eguale a 1. Anche il fattore di carico f_m , in condizioni di normale utilizzo dei motori può porsi eguale a 0.9-1,0. L'efficienza, per motori da 2 a 100 kW, varia da 0,8 a 0,9. Quando i motori sono più di uno occorre anche considerare un fattore di contemporaneità (Rossi, 2009, p.1311).

La precedente equazione può essere utilizzata quando sia il motore e sia la macchina (pompa, ventilatore, ecc.) siano all'interno del locale climatizzato. Nel caso in cui il motore oppure la macchina non siano nel locale climatizzato, l'equazione varia come segue:

Motore nell'ambiente trattato e macchina trascinata all'esterno

$$q_{em} = \frac{1 - \eta_m}{\eta_m} f_u \times f_m \times P$$

1-5

Motore all'esterno dell'ambiente trattato e macchina trascinata all'interno

$$q_{em} = f_u \times f_m \times P$$

1-6

Di seguito è rappresentata una tabella con delle taglie tipiche di potenza nominale ed efficienze di motori asincroni.

Tabella 1-16

Potenza dissipata in ambiente da macchina accoppiata al motore con f_u e f_m pari a 1 (Rossi, 2009, p.1312)

Potenza nominale motore (kW)	Efficienza motore	Posizione motore e macchina rispetto all'ambiente climatizzato (W)		
		Caso A	Caso B	Caso C
0,75	75%	1000	250	750
1,10	77%	1429	329	1100
1,50	79%	1899	399	1500
2,20	81%	2716	516	2200
3,00	81%	3704	704	3000
5,50	84%	6548	1048	5500
7,50	86%	8721	1221	7500
15,00	87%	17241	2241	15000
22,00	89%	24719	2719	22000
30,00	89%	33708	3708	30000
45,00	89%	50562	5562	45000
75,00	90%	83333	8333	75000

Caso A: Motore nell'ambiente trattato e macchina trascinata all'interno

Caso B: Motore nell'ambiente trattato e macchina trascinata all'esterno

Caso C: Motore all'esterno dell'ambiente trattato e macchina trascinata all'interno

2. ANALISI DEI PROFILI DEI CARICHI ENDOGENI SECONDO LE NORMATIVE

2.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa di riferimento nel contesto italiano è la UNI/TS 11300-1 del 2014, su cui si basa la legislazione nazionale per la determinazione delle prestazioni degli edifici in Italia. Il decreto del 26 giugno 2015, “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”, all’art. 3, comma 1, adotta come norme tecniche nazionali e le loro successive modificazioni e integrazioni, le norme UNI/TS 11300-1,-2,-3,-4.

La norma utilizza un profilo di carico e di occupazione dei locali che generalmente non rappresenta il reale profilo dell’edificio in oggetto. Infatti, *diversi studi hanno dimostrato che i profili di occupazione reale portano a stime energetiche più accurate rispetto ai profili standard. [...]. Il confronto dei risultati delle simulazioni energetiche hanno mostrato che i profili standard possono portare a sottostimare l'intensità del consumo di energia dal 5,9% al 42,5%, a seconda del caso* (Ferrari et al., 2023, p.2).

Nell’articolo “Internal heat loads profiles for buildings’ energy modelling: comparison of different standards”, Ferrari et al., mettono in confronto alcuni standard a livello europeo ma anche internazionale, per poter valutare le differenze dei profili dei carichi endogeni, illuminazione, affollamento e apparecchiature elettriche, in un ambiente residenziale e in uno adibito a uffici: *nell’ambito della ricerca più ampia riferita alla valutazione dei consumi energetici degli edifici più diffusi (residenziali e uffici) nel contesto italiano, è stato selezionato e valutato un insieme di standard disponibili rispetto a quello italiano, che forniscono dati per definire il profilo di carico dei carichi endogeni degli edifici* (Ferrari et al., 2023, p.3).

Oltre alla normativa appena descritta, le altre normative selezionate sono: *due standard emanati dall’International Standardization Organization (ISO), ovvero ISO 17772 (ISO 2017) e ISO 18523 (ISO 2016), lo standard ASHRAE 90.1 (ASHRAE 2016) e il worksheet tecnico svizzero SIA 2024 (SIA 2015), adottata anche in altre ricerche italiane per il suo alto livello di dettaglio e serie di opzioni che evidenziano gli effetti delle*

diverse tecnologie e l'efficacia delle soluzioni assunte nell'edificio considerato (Ferrari et al., 2023, p.3).

2.2 DEFINIZIONE DEL BUILDING FLOOR CONCEPT

Nelle norme la quantificazione del carico termico dell'edificio dipende dalle caratteristiche degli spazi, ovvero categoria d'uso e dimensione del locale. Pertanto sarà da identificare un edificio di riferimento, definito nello studio "Building Floor Concepts", abbreviato in BCF, per poter valutare i profili di utilizzo delle apparecchiature elettriche dell'impianto di illuminazione, nonché le persone presenti nei locali.

Nella figura seguente sono rappresentate le metodologie per ottenere i profili dei carichi endogeni su unità di superficie.

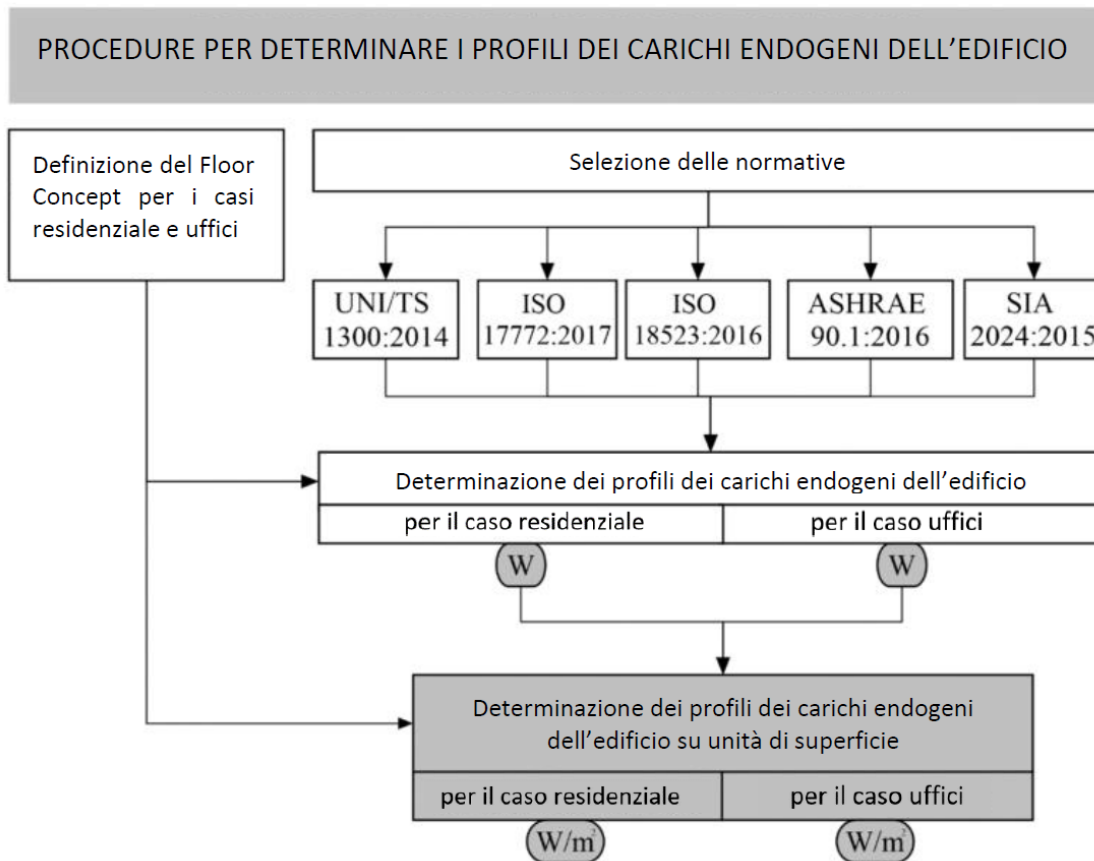


Figura 2-1
Diagramma di flusso delle metodologie (Ferrari et al., 2023, p.3)

Considerando l'abbondanza di diversi layout edilizi esistenti in Italia, Ferrari et al., hanno individuato alcune planimetrie rappresentative con dimensioni e composizione delle stanze più tipiche, in base alle norme in vigore, alle statistiche pubbliche sugli immobili e il know-how degli autori acquisito dalla pratica professionale.

Per l'uso residenziale sono stati definiti due diversi BFC, per una casa unifamiliare (SFH) e una casa plurifamiliare (MFH), come indicati in figura 3-2. In particolare, si è ipotizzato un SFH per una ipotetica famiglia di 3-4 persone, con una metratura di 144 m², composta da 48 m² di camere, 64 m² di soggiorno, 16 m² di bagni e 16 m² di cucina (lettera a della figura 3-2). Si è ipotizzato un MFH con tre appartamenti di dimensioni diverse, rispettivamente 48, 80 e 96 m² per piano. Il BFC complessivo è composto da 64 m² di camere, 32 m² di bagni, 96 m² di soggiorno, 32 m² di cucina e 16 m² di spazi

comuni (non climatizzato), ovvero, zona scale e ascensore (lettera b della figura 3-2) (Ferrari et al., 2023, p.3).

Per l'edificio adibito a uffici, il BFC definito è valido sia per un edificio costituito da uffici singoli e sia un edificio per uffici open space. Nel dettaglio, il BFC è composto da due blocchi rettangolari contrapposti (100 m² ciascuno) dedicati a locali ad uso ufficio, con o senza tramezzi interni, separati da un'area di distribuzione (40 m²) (lettera c della figura 3-2) (Ferrari et al., 2023, p.3).

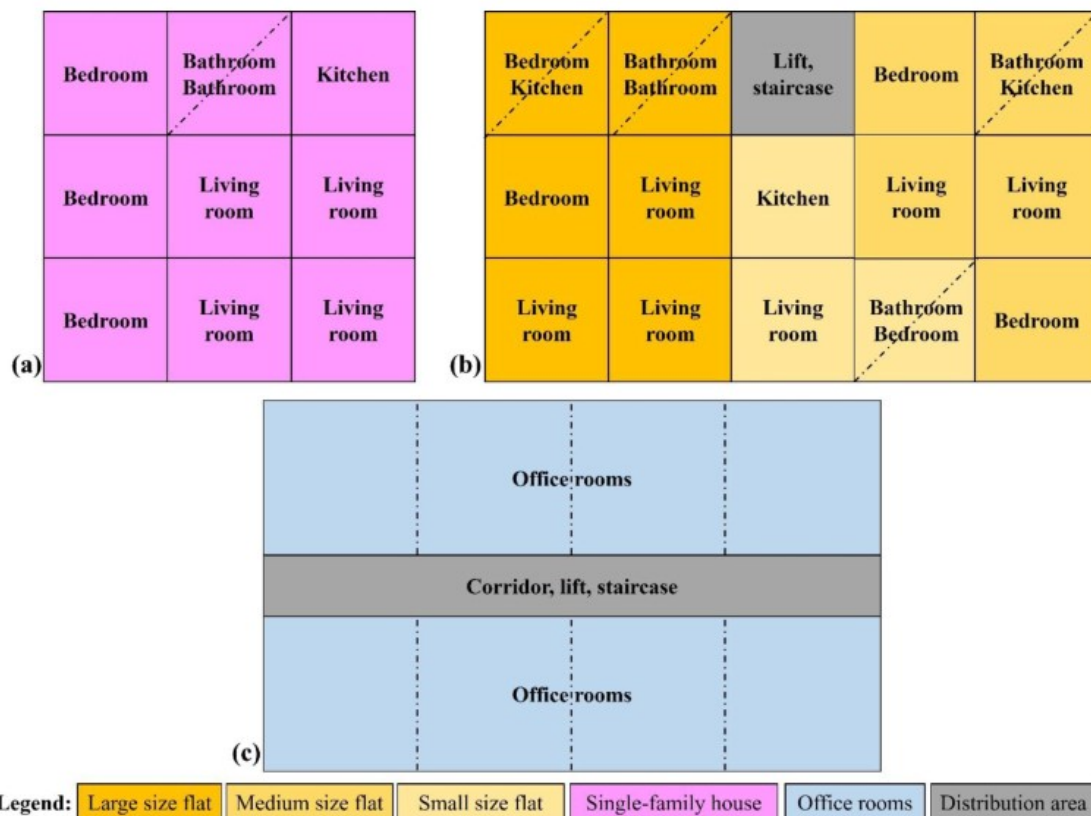


Figura 2-2:
Configurazioni delle unità: abitazione monofamiliare (a), abitazione plurifamiliare (b) e uffici singoli/open space (c) (Ferrari et al., 2023, p.4)

Le procedure per definire i profili di carico sono determinate in base alle assunzioni e ai calcoli che sono rappresentati nella seguente figura.

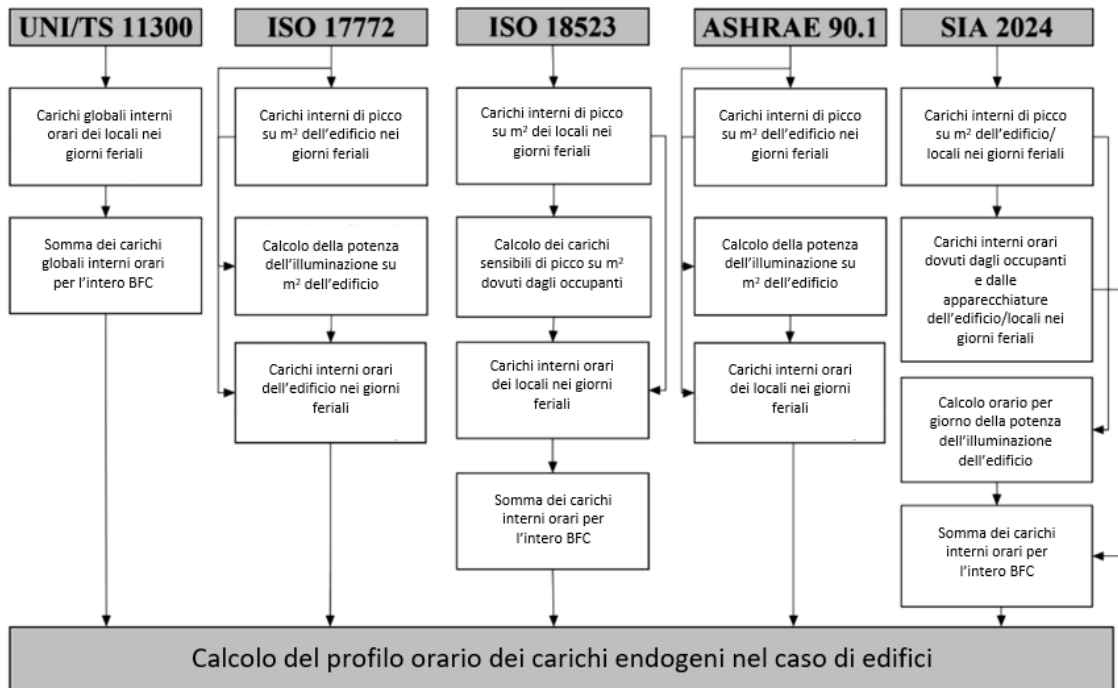


Figura 2-3
Procedure di calcolo per la valutazione dei profili dei carichi interni degli edifici (Ferrari et al., 2023, p.4)

2.3 UNI/TS 11300

La norma UNI/TS 11300-1 del 2014, Prestazioni Energetiche degli Edifici—Parte 1: Determinazione del Fabbisogno di Energia Termica Dell’edificio per la Climatizzazione Estiva ed Invernale, riguarda il calcolo del riscaldamento degli ambienti e del fabbisogno energetico per il raffreddamento. Le applicazioni ammesse per la valutazione del rispetto degli obiettivi di prestazione energetica, sono sia per nuovi edifici e sia per esistenti, nonché per interventi di riqualificazione energetica.

La norma 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 il riscaldamento e per il raffrescamento. È rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008: 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).

In entrambi i casi "design rating" e "asset rating", i carichi interni devono essere calcolati sulla base di un valore di potenza media giornaliera globale previsti per ciascuna delle due categorie di utilizzo. Al contrario, nel caso "tailored rating", quando non sono disponibili dati reali, i valori tipici dei carichi termici interni da applicare per le diverse categorie di utilizzo, sia in stagione di riscaldamento che in stagione di raffrescamento, sono forniti dalla norma EN ISO 13790 (Ferrari et al., 2023, p.5).

Nello studio, Ferrari et al., hanno adottato il "tailored rating", valutando profili globali dei carichi interni per tutte le componenti, ovvero affollamento, illuminazione e apparecchiature elettriche. Il calcolo è stato effettuato per l'edificio di riferimento, residenziale e ad uso uffici, senza distinzione tra edificio singolo o multiplo. Il profilo giornaliero dei carichi endogeni, è stato analizzato per un giorno lavorativo e per un giorno festivo, per entrambe le destinazioni d'uso.

I carichi interni orari sono rappresentati con la seguente equazione:

$$\Phi_{GI;BFC\ h} = \frac{\sum \Phi_{GI;j\ h} \times A_j}{A_{BFC}} \quad (W/m^2)$$

2-1

dove:

- $\Phi_{GI;BFC\ h}$ = valori orari globali dei carichi termici interni del BCF (W/m^2);
- $\Phi_{GI;j\ h}$ = valori orari globali dei carichi termici interni dei locali j (W/m^2);
- A_j = area dei locali j (m^2);
- A_{BFC} = area del BCF (m^2).

2.4 ISO 17772

La ISO 17772-1 “Energy performance of buildings – Indoor environmental quality – Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings” riporta i requisiti per valutare i parametri termoigrometrici dell'ambiente, della qualità dell'aria interna, dell'illuminazione e dell'acustica e delinea come stabilirli al fine della definizione del calcolo energetico e del dimensionamento degli impianti.

La norma prevede un insieme di informazioni, tra cui i valori di input predefiniti come l'occupazione e i guadagni termici interni, i relativi profili di carico per un giorno lavorativo e un giorno del fine settimana in base alle diverse categorie d'uso di edifici e locali, come residenziale, direzionale, commerciale, ecc..

Lo standard suggerisce dei profili di carico di picco per le componenti dovute all'affollamento e alle apparecchiature elettriche, mentre, per quanto riguarda il contributo della luce artificiale, la norma fa riferimento alla EN 15193 (CEN 2017). Quest'ultima, prevede tre metodi: *il “comprehensive method”, che si basa sui dati forniti in fase di progettazione dell'impianto di illuminazione o mediante un sopralluogo dell'edificio esistente; il “direct metering method”, che risulta più preciso e che si basa sui consumi effettivamente misurati; il “quick calculation method”, utilizzabile quando il primo fosse non adottabile, che si basa su semplici calcoli e dati predefiniti. Per lo studio di Ferrari et al. è stato utilizzato il “quick calculation method”. In particolare, per gli edifici residenziali, il metodo prevede il calcolo rapido dei valori di potenza totale installata in base all'utilizzo dell'ambiente e alle taglie predefinite. Per gli edifici ad uso uffici, la potenza installata dipende dall'illuminamento richiesto nella stanza, che dipende a sua volta da tre fattori di correzione: il livello di manutenzione, la ridotta potenza necessaria in aree con livello di illuminamento inferiore e l'efficienza degli apparecchi di illuminazione in base al tipo di lampada (Ferrari et al., 2023, p.5).*

Come espresso in precedenza, solo i carichi dovuti all'illuminazione vengono calcolati. Di seguito le equazioni:

Edificio residenziale

$$\Phi_{I;BFC\ peak} = \frac{\sum \frac{P_{u;k} \times A_j}{A_k}}{A_{BFC}} \quad (W/m^2)$$

2-2

dove:

- $\Phi_{I;BFC\ peak}$ = carico termico di picco del BCF (W/m^2);
- $P_{u;k}$ = potenza installata nei locali predefiniti k (W);
- A_j = area dei locali predefiniti k (m^2);
- A_j = area dei locali j (m^2);
- A_{BFC} = area del BCF (m^2).

Edificio adibito ad uffici

$$\Phi_{I;BFC\ peak} = P_{j,lx} \times E_{task} \times F_{MF} \times F_{CA} \times F_L \quad (W/m^2)$$

2-3

dove:

- $\Phi_{I;BFC\ peak}$ = carico termico di picco del BCF (W/m^2);
- $P_{j,lx}$ = potenza installata su unità di lux e di superficie ($W/lx\ m^2$);
- E_{task} = livello di illuminamento (lx);
- F_{MF} = fattore di manutenzione (%);

- F_{CA} = fattore correttivo che tiene conto della riduzione del livello di illuminamento (%);
- F_L = fattore correttivo del tipo di corpo illuminante (%).

$$\Phi_{I;BFC h} = \Phi_{I;BFC peak} \times S_{I;h} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

2-4

dove:

- $\phi_{I;BFC h}$ = valori orari dei carichi termici interni del BCF (W/m²);
- $\phi_{I;BFC peak}$ = carico termico di picco del BCF (W/m²);
- $S_{I;h}$ = profilo orario percentuale di utilizzo (%);

2.5 ISO 18523

La norma ISO 18523-1 del 2016, Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation - Part 1: Non-residential buildings, è stata rilasciata con l'obiettivo di specificare i profili e le condizioni necessarie di utilizzo degli edifici e/o delle zone, che verranno utilizzati come dati di input nei calcoli energetici. Nell'allegato D della norma si trovano una serie di dati riguardanti alcune destinazioni d'uso di edifici non residenziali come edifici adibiti a uffici, alberghi, settore sanitario, commerciale, scuole, ristoranti, biblioteche, musei, attività sportive e ricreative. La seconda parte, rilasciata nel 2018, prende in considerazione anche gli edifici residenziali. In questa versione, *devono essere determinati previa definizione della struttura familiare e delle attività e, ad esempio, viene riportato un programma giornaliero di attività per ogni persona in una famiglia di quattro membri. [...]. I profili dei carichi termici interni basati su una particolare famiglia possono essere discutibili e identificare la struttura delle diverse famiglie e stili di vita per un caso generale è piuttosto difficile. Pertanto, solo l'edificio adibito ad uffici è stato preso in considerazione per questo studio* (Ferrari et al., 2023, p.6).

Lo standard fornisce il carico interno dovuto all'occupazione come somma del calore sensibile e del latente, mentre gli altri standard valutano solo la componente sensibile. Pertanto, per confrontare correttamente le normative, è necessario calcolare la quota delle due componenti. *Questo è stato realizzato con l'ASHRAE 90.1:2016, che fornisce due valori distinti dei carichi termici interni di occupazione, uno per la componente di calore sensibile e uno per quella latente. [...]. Il risultato del carico sensibile è stato pari al 55% del carico termico totale* (Ferrari et al., 2023, p.6).

I carichi interni orari sono rappresentati con la seguente equazione:

$$\Phi_{I;BFC\ h} = \frac{\Phi_{I;off} \times A_{off} \times S_{I;off;h} \times f_{s;l} + \Phi_{I;cor} \times A_{cor} \times S_{I;cor;h} \times f_{s;l}}{A_{BFC}} \quad (W/m^2)$$

2-5

dove:

- $\Phi_{I;BFC\ h}$ = valori orari dei carichi termici interni del BCF (W/m²);
- $\Phi_{I;off}$ = valori orari dei carichi termici interni dei locali ufficio (W/m²);
- A_{off} = area degli spazi adibiti ad ufficio (m²);
- $S_{I;off;h}$ = valore percentuale orario di utilizzo degli spazi adibiti ad ufficio (%);
- $f_{s;l}$ = fattore di contemporaneità (%);
- $\Phi_{I;cor}$ = valori orari dei carichi termici interni degli spazi comuni/corridoi (W/m²);
- A_{cor} = area degli spazi comuni/corridoi (m²);
- $S_{I;cor;h}$ = valore percentuale orario di utilizzo degli spazi comuni/corridoi (%);
- A_{BFC} = area del BCF (m²).

2.6 ASHRAE 90.1

La norma ASHRAE 90.1, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, stabilisce i requisiti minimi di efficienza energetica e i criteri per determinare la conformità degli edifici.

Nell'Appendice G viene delineato il metodo di valutazione delle prestazioni, al fine di quantificare il rendimento energetico degli edifici esistenti non ristrutturati ed essere confrontati con quelli conformi ai requisiti di risparmio energetico. Le caratteristiche di una serie di prototipi di edifici, [...] sono state derivate sulla base della letteratura e delle caratteristiche medie del patrimonio edilizio nazionale. I dati sulla densità degli occupanti, i carichi termici per metratura, e le relative fasce orarie di tre giornate-tipo (giorno lavorativo, sabato e domenica) sono stati adottati in questo studio (Ferrari et al., 2023, p.6).

2.7 SIA 2024

La Società Svizzera degli Ingegneri e degli Architetti (SIA) ha rilasciato l'ultima scheda tecnica SIA 2024, che ha l'obiettivo di fornire dati sugli edifici in assenza di informazioni più precise. Lo standard può essere applicato nei campi del comfort termico, acustico e illuminotecnico e dimensionamento dei sistemi edilizi in una prima analisi.

I dati sono forniti per 45 tipologie tipiche, riferite a diverse categorie d'uso dell'edificio (casa unifamiliare, casa plurifamiliare, amministrazione, istruzione, commerciale, ristoranti, tempo libero, ospedale, industriale, stoccaggio, sport e spazi accessori). Inoltre, i dati sono riferiti a 3 livelli di consumo: "default" (SIA 2024-D) e "target" (SIA 2024-T), che sono valori tipici e ottimali, entrambi da adottare rispettivamente per i nuovi edifici realizzati o in gran parte ristrutturati, e "standard" (SIA 2024-S), riferito a edifici esistenti risalenti a prima del 1980 (Ferrari et al., 2023, p.7).

I carichi interni orari sono rappresentati con le seguenti equazioni:

Edificio residenziale

$$\Phi_{I;BFC h} = \Phi_{I;BFC peak} \times S_{I;h} \times f_{s;l} \quad (W/m^2)$$

- $\Phi_{I;BFC h}$ = valori orari dei carichi termici interni del BCF (W/m²);
- $\Phi_{I;BFC peak}$ = carico termico di picco del BCF (W/m²);
- $S_{I;off;h}$ = valore percentuale orario di utilizzo (%);
- $f_{s;l}$ = fattore di contemporaneità (%);

Edificio adibito ad uffici

$$\Phi_{I;BFC h} = \frac{\Phi_{I;off} \times A_{off} \times S_{I;off;h} \times f_{s;l} + \Phi_{I;cor} \times A_{cor} \times S_{I;cor;h} \times f_{s;l}}{A_{BFC}} \quad (W/m^2)$$

dove:

- $\Phi_{I;BFC h}$ = valori orari dei carichi termici interni del BCF (W/m²);
- $\Phi_{I;off}$ = valori orari dei carichi termici interni dei locali ufficio (W/m²);
- A_{off} = area degli spazi adibiti ad ufficio (m²);
- $S_{I;off;h}$ = valore percentuale orario di utilizzo degli spazi adibiti ad ufficio (%);
- $f_{s;l}$ = fattore di contemporaneità (%);
- $\Phi_{I;cor}$ = valori orari dei carichi termici interni degli spazi comuni/corridoi (W/m²);
- A_{cor} = area degli spazi comuni/corridoi (m²);
- $S_{I;cor;h}$ = valore percentuale orario di utilizzo degli spazi comuni/corridoi (%);
- A_{BFC} = area del BCF (m²).

2.8 RISULTATI E OSSERVAZIONI

2.8.1 ENERGIA ANNUALE DEI CARICHI ENDOGENI

Lo studio di Ferrari et al, mette alla luce un'importante difformità di risultato tra le normative oggetto di analisi. Nel seguente grafico, vengono espressi l'energia spesa annua su unità di superficie (kWh/m^2 anno), data dalla somma delle tre componenti dei carichi endogeni, ovvero illuminazione, apparecchiature elettriche e affollamento. La norma UNI/TS 11300 ha dei risultati simili sia per il caso residenziale e sia direzionale, con un valore rispettivamente pari a 56,16 e 58,05 kWh/m^2 anno, senza esprimere il contributo dei tre carichi. Mentre per gli altri standard, i vari contributi vengono espressi con colori diversi, colore rosso per il carico dovuto dall'affollamento, colore blu dalle apparecchiature elettriche e colore giallo dall'illuminazione artificiale. In punto nero al di sopra di ogni colonna dell'istogramma, indica la differenza percentuale rispetto alla norma UNI/TS 11300, che viene considerata come riferimento dallo studio.

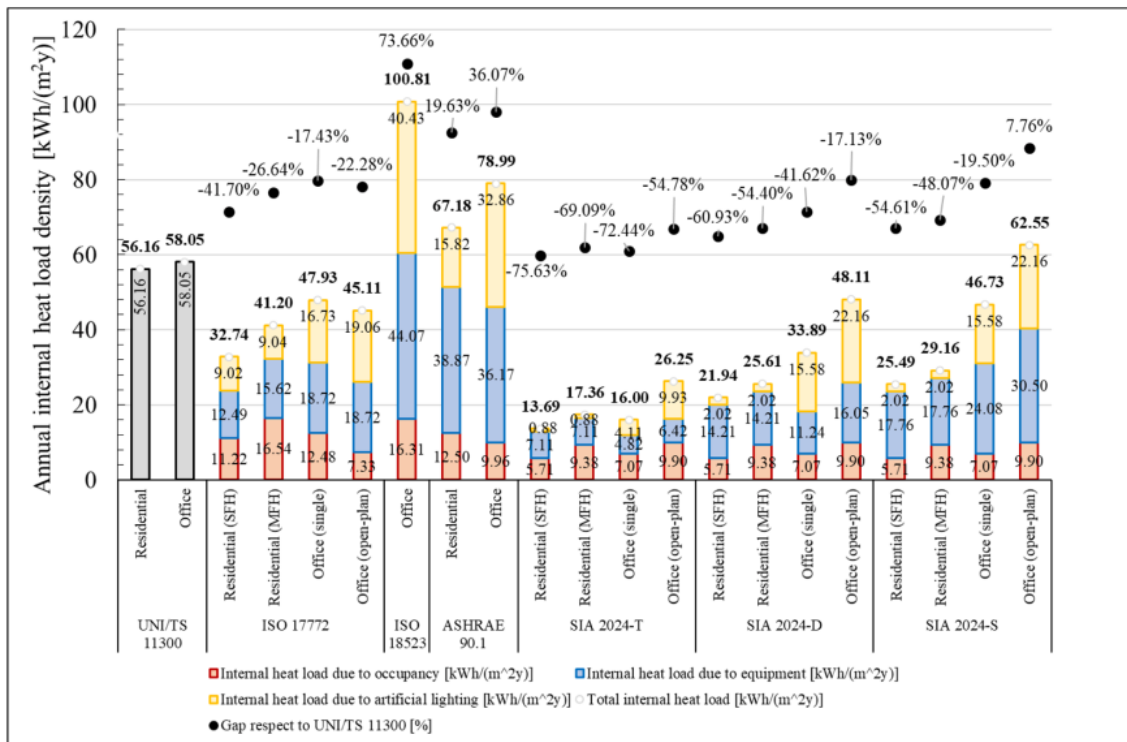


Figura 2-4
Comparazione dei consumi annui su unità di superficie per il caso residenziale e direzionale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.9)

I carichi calcolati con la norma ASHRAE 90.1 sono maggiori di circa 20% per il caso residenziale e circa 36% per l'edificio adibito ad uffici. Come per la ISO 18523, con il valore più elevato dei carichi interni, pari a 110,81 kWh/m² anno riferito al caso direzionale. È più alto del 74% rispetto alla UNI/TS 11300 e del 117% rispetto alla media.

Le norme ISO 17772 e SIA 2024 presentano valori inferiori alla UNI/TS 11300. Dal -17% al -42% per la ISO 17772 e dal -75% al -17% per la SIA 2024, tranne per l'ufficio open space nell'edificio meno performante della SIA 2024, dove il valore sale a 62,55 kWh/m² anno.

In generale, gli edifici residenziali MFH hanno valori dei carichi interni superiori rispetto agli edifici SFH, dovuti al contributo superiore dell'affollamento, e gli edifici adibiti ad

uffici hanno carichi maggiori, dovuti specialmente dalle apparecchiature elettriche e dall'impianto di illuminazione artificiale.

Un'ulteriore analisi è la rappresentazione percentuale dei contributi sul totale del consumo annuo, come si evince dai grafici seguenti, figura 3-5 per il caso residenziale e figura 3-4 per il caso direzionale.

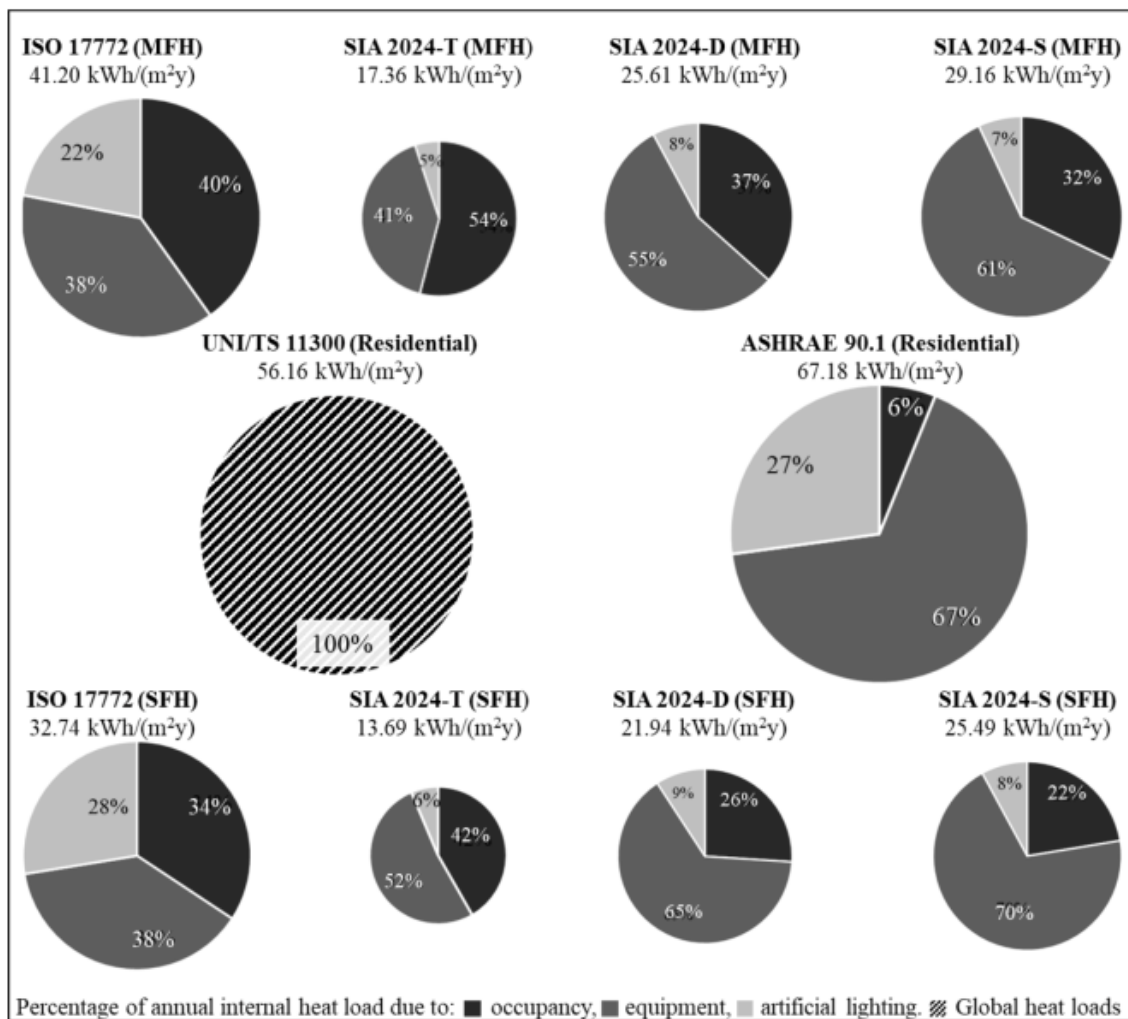


Figura 2-5
Composizione dei carichi interni per il caso residenziale (Ferrari et al., 2023, p.10)

A meno della UNI/TS 11300 che non indica ciascun contributo ma si limita a calcolare il carico totale, come in precedenza, i risultati sono molto discordanti tra le norme. In figura 3-5 la ISO 17772 ha una ripartizione quasi equivalente dei contributi, al contrario, ASHRAE 90.1 e SIA 2024 il contributo preponderante è dato dalle apparecchiature elettriche. Ma nelle stesse norme, l'illuminazione e l'affollamento sono trattati in modo opposto: carico dovuto dall'affollamento minimo per ASHRAE 90.1 mentre elevato per SIA 2024, carico dovuto all'illuminazione quasi trascurabile per SIA 2024 e notevole per ASHRAE 90.1. L'edificio adibito ad uffici presenta uno scenario equilibrato, nel quale i contributi risultano simili tra le varie normative.

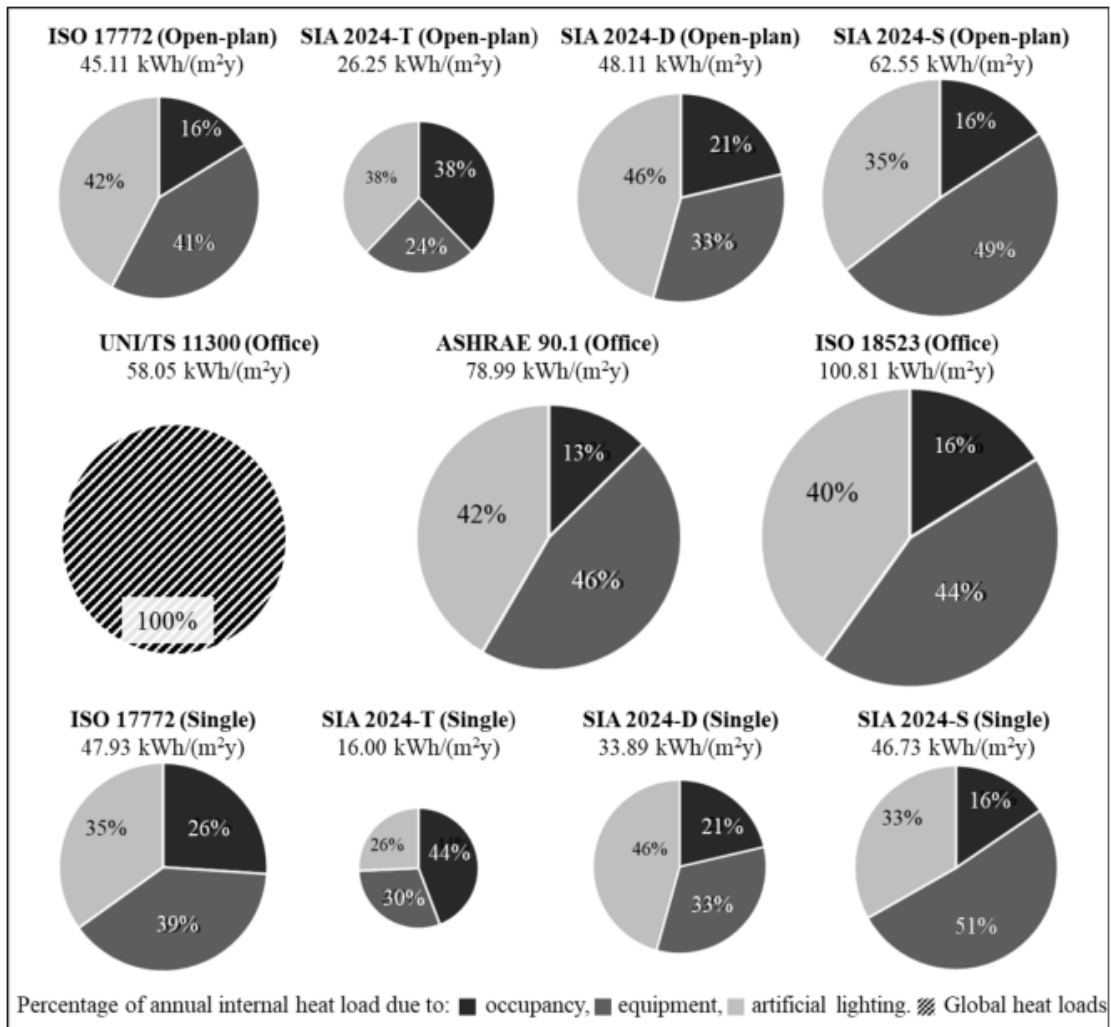


Figura 2-6
Composizione dei carichi interni per il caso direzionale (Ferrari et al., 2023, p.11)

2.8.2 CALCOLO DELLA POTENZA SU UNITÀ DI SUPERFICIE EDIFICIO RESIDENZIALE

Il profilo dei carichi endogeni è stato definito per due giorni tipici, un giorno lavorativo, ovvero tra lunedì e venerdì, ed un giorno del fine settimana o festivo. A valle delle considerazioni del precedente capitolo sull'energia annuale dai carichi interni, si nota come nel grafico della figura 3-7, il profilo della potenza istantanea vari in base al livello di occupazione ed utilizzo dei locali, con delle punte nelle ore del mattino, dalle 7.00 alle 8.00, successivamente un altro picco durante l'ora di pranzo, dalle 12.00 alle 14.00 e infine il punto di massimo nelle ore serali, dalle 18.00 alle 22.00. La distribuzione risulta simile tra le normative, ma con delle punte più o meno accentuate, maggiori nella UNI/TS 11300 e ASHRAE 90.1, e inferiori nella ISO 17772. La SIA 2024 presenta i valori più bassi nelle ore a basso livello di occupazione, per poi avere delle punte notevoli, persino massime nell'ora di pranzo per l'edificio meno performante (standard).

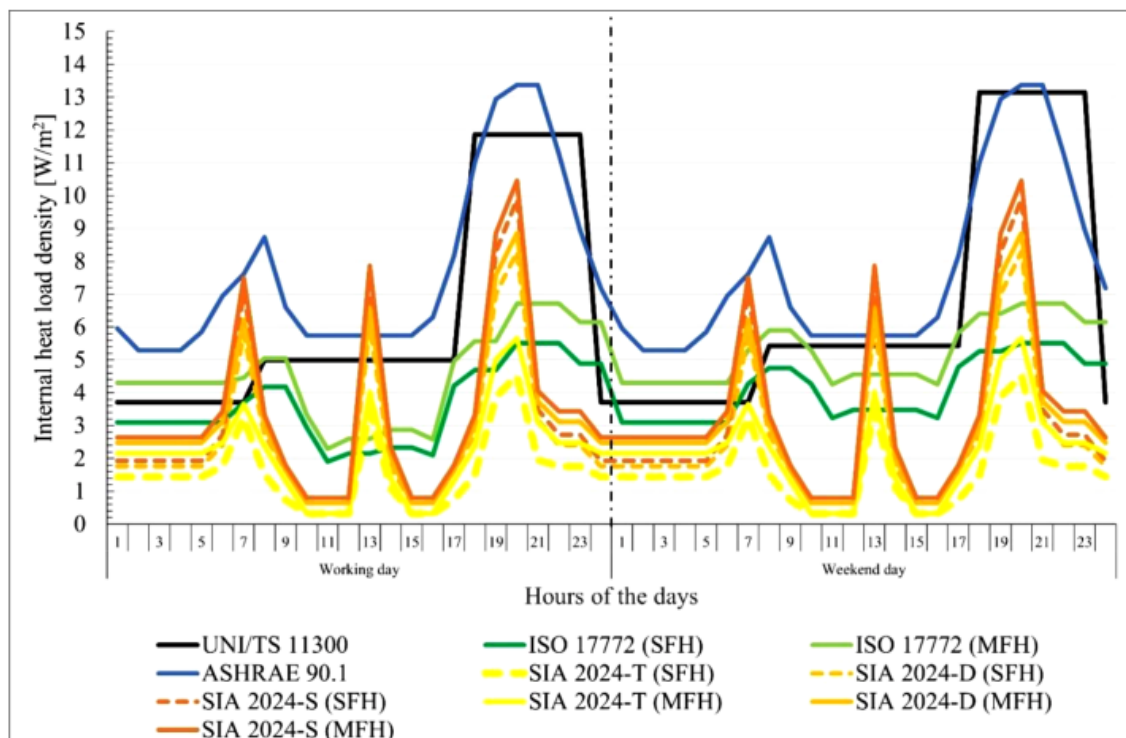


Figura 2-7:
Comparazione dei profili dei carichi interni per il caso residenziale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.8)

Nella tabella seguente sono indicati i valori massimi raggiunti dalle curve del grafico della figura 3-7.

Tabella 2-1
Carichi endogeni di picco per il caso residenziale

Normativa	Potenza (W/m²)
UNI/TS 11300	13,14
ASHRAE 90.1	13,37
ISO 17772 (SFH)	5,51
ISO 17772 (MFH)	6,71
SIA 2024-S (SFH)	9,89
SIA 2024-S (MFH)	10,46
SIA 2024-D (SFH)	8,29
SIA 2024-D (MFH)	8,86
SIA 2024-T (SFH)	4,51
SIA 2024-T (MFH)	5,09

2.8.3 CALCOLO DELLA POTENZA SU UNITÀ DI SUPERFICIE EDIFICIO ADIBITO AD UFFICI

L'analisi nell'edificio adibito ad uffici è stata effettuata per tre giorni rappresentativi, un giorno lavorativo, il sabato e la domenica/festivo. In figura 3-8 vengono rappresentate le curve dei carichi endogeni, nella quale si nota una distribuzione del tutto simile per le normative oggetto di analisi.

In generale, i carichi massimi sono distribuiti nel giorno lavorativo, con i minimi nelle ore notturne e nell'ora di pranzo, tranne nella UNI/TS 11300, nella quale il profilo è costante dalle 8.00 alle 18.00. Al sabato e alla domenica, la distribuzione varia tra i vari standard. Nella ISO 18523 e UNI/TS 11300 il profilo rimane costante con un valore di circa 2 W/m² a causa dei dispositivi elettrici in modalità stand-by. Mentre ASHRAE 90.1 considera delle attività lavorative al sabato mattina con una punta fino a circa 8 W/m² e delle attività di manutenzione alla domenica, SIA 2024 un leggero aumento del carico dovuto all'illuminazione delle aree comuni. Al contrario la ISO 17772 ha carichi nulli nelle ore non lavorative, ciò implica una diminuzione importante dell'energia annua,

come si nota nel grafico della figura 3-4, anche se il carico di punta è il più elevato, circa 30 W/m².

A seguire, la tabella 3-2 indica i valori massimi raggiunti dalle curve del grafico della figura 3-8.

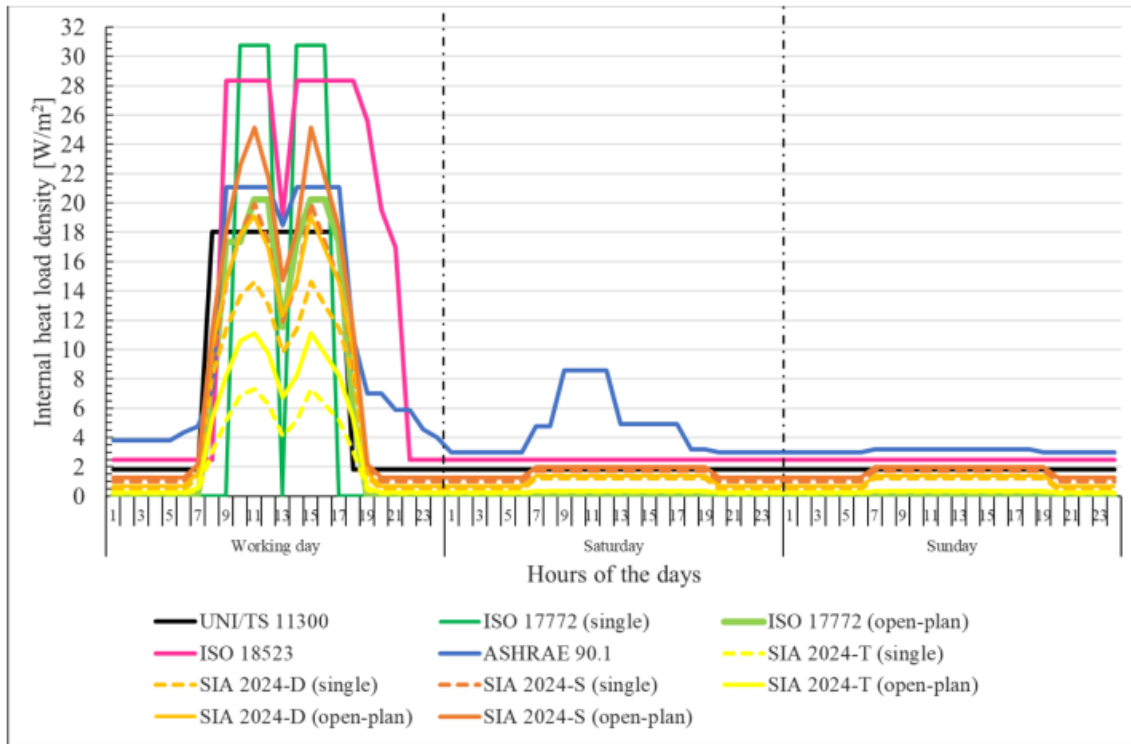


Figura 2-8:
Comparazione dei profili dei carichi interni per il caso direzionale tra i vari standard (Ferrari et al., 2023, p.8)

Tabella 2-2

Carichi endogeni di picco per il caso direzionale

Normativa	Potenza (W/m²)
UNI/TS 11300	18,00
ASHRAE 90.1	21,08
ISO 17772 (single)	30,73
ISO 17772 (open-plan)	20,24
ISO 18523	28,34
SIA 2024-S (single)	19,93
SIA 2024-S (open-plan)	25,12
SIA 2024-D (single)	14,60
SIA 2024-D (open-plan)	19,12
SIA 2024-T (single)	7,29
SIA 2024-T (open-plan)	11,14

3. AGGIORNAMENTO DEI VALORI DEI CARICHI ENDOGENI

Nel capitolo 2 sono stati presi in considerazione i carichi endogeni, nello specifico come calcolare l'apporto di calore dovuto dall'affollamento, dall'illuminazione artificiale e dalle apparecchiature elettriche in base alle esigenze e all'utilizzo dei locali dell'edificio. Ma le innovazioni in campo tecnologico e l'evolvere della società, in modo particolare nelle abitudini, comportano un cambiamento continuo nella vita di tutti i giorni e come vengono utilizzati gli spazi all'interno degli edifici. A meno del carico endogeno sensibile e latente delle persone, che per ovvie ragioni non è variato nel corso del tempo, i carichi elettrici sono variati in modo considerevole negli ultimi anni. Da un lato l'efficientamento energetico ha ridotto la potenza assorbita dai carichi e le perdite di energia, specialmente negli impianti di illuminazione artificiale, dall'altra un aumento nel numero di apparecchiature, per lo più elettriche, le quali causano notevoli nuovi carichi endogeni all'interno dei locali. Nei paragrafi successivi si andranno a valutare prodotti attualmente sul mercato, per poter stimare in modo oggettivo i carichi endogeni dovuti dall'illuminazione ed apparecchiature nel settore residenziale e per edifici adibiti ad uffici.

3.1 ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

Al capitolo 2.3 sono stati espressi i concetti e le metodologie per calcolare i carichi endogeni derivanti dall'illuminazione. Nello specifico, la tabella 2-9 fornisce la potenza elettrica installata in base al tipo di lampada installata e il livello di illuminamento, ma i valori espressi risultano obsoleti.

Per un calcolo di maggiore precisione occorre considerare la rese delle lampade, il rendimento di illuminazione, nonché l'invecchiamento e lo sporcamento delle lampade (Rossi, 2009, p.410). L'equazione sarà:

$$p = f_s \times \frac{L_i}{\eta_e \times \eta_i}$$

3-1

Dove:

- p = potenza elettrica installata su unità di superficie (W/m^2);
- f_s = fattore di sporramento e invecchiamento pari a 1,25;
- L_i = livello di illuminamento richiesto (lux);
- η_e = resa del corpo illuminante;
- η_i = rendimento di illuminazione, variabile in base alla geometria del locale, disposizione delle lampade, riflessione delle strutture, ecc., valore tra 0,3 (sfavorevole) e 0,9 (favorevole). Nei seguenti calcoli si ipotizza un valore medio pari a 0,6.

3.1.1 CORPI ILLUMINANTI TRADIZIONALI

Da letteratura, la resa dei corpi illuminati possono assumere i seguenti valori per le lampade a incandescenza e fluorescenti:

- Lampade a incandescenza 15 lm/W
- Lampade fluorescenti 60-100 lm/W

Tali valori possono essere utilizzati nel caso in cui non si conoscano nel dettaglio le caratteristiche del corpo illuminante, in caso contrario, per un'analisi più accurata, si possono considerare nel calcolo i dati forniti dal produttore. Utilizzando l'equazione 4-1 e i valori di resa indicati in precedenza, si può calcolare la potenza assorbita dalla lampada al variare del livello di illuminamento, come si evince dalla tabella seguente.

Tabella 3-1:

Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a incandescenza e fluorescenti

Destinazione del locale o attività svolta	Livello di illuminamento (lux)	Potenza elettrica installata (W/m ²)	
		Lampade a incandescenza	Lampade fluorescenti (60-100 lm/W)
Depositi, corridoi, zone di sosta temporanea	100	14	3-2
Lavorazioni grossolane a mano	300	42	10-6
Lavorazioni su macchine utensili, laboratori	500	69	17-10
Uffici, sale disegno, supermercati, lavori di precisione	750	104	26-16
Lavori di precisione, esame dei colori, meccanica fine	1000	139	35-21
Lavori di estrema precisione	1500	208	52-31
Attività particolari, interventi operatori, ecc.	2000	278	69-42

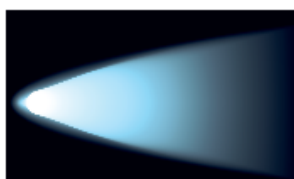
Definita la potenza elettrica del locale, utilizzando l'equazione 2-3, si calcola la quantità di calore istantanea prodotta dal corpo illuminante, che tiene in considerazione il fattore di utilizzazione e il fattore incrementale.

3.1.2 CORPI ILLUMINANTI A LED

L'illuminazione a LED, sempre più utilizzata nei nuovi impianti o in sostituzione dei corpi illuminati vetusti a causa dell'elevata resa e della possibilità di modulazione del livello di illuminamento e cromatico, ha valori variabili tra 80 e 120 lm/W. Nel campo della ricerca tecnologica, è stata raggiunta una resa di 200 lm/W per LED ad alta potenza.

Un parametro da valutare, che influenza la resa, è la temperatura del colore espressa in Kelvin (K), che rappresenta la tonalità della luce emessa da una sorgente luminosa: più elevato è il valore, più bianca o bluastra apparirà la luce. Generalmente all'aumentare della temperatura del colore aumenta di conseguenza la resa della lampada.

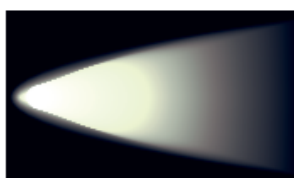
Bianco freddo



5000K ÷ 7000K - CRI 70

Temperatura di colore tipica di 5600K
Applicazioni esterne (es. parchi, aree verdi)

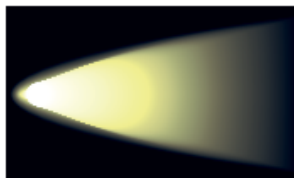
Bianco naturale



3700K ÷ 4300K - CRI 75

Temperatura di colore tipica di 4100K
Abbinamenti con sorgenti luminose già presenti (es. spazi commerciali)

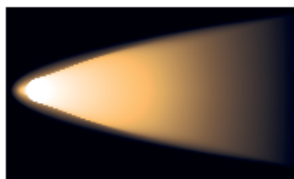
Bianco caldo



2800K ÷ 3400K - CRI 80

Temperatura di colore tipica di 3200K
Per applicazioni d'interno, per evidenziare i colori

Ambra



2200K

Temperatura di colore tipica di 2200K
Applicazioni esterne (es. parchi, aree verdi, centri storici)

Figura 3-1

Resa cromatica al variare della temperatura del colore (Catalogo Disano Illuminazione, 2023, p.XIII)

Di seguito verranno analizzati alcuni modelli di corpi illuminanti a LED presenti nel mercato, mettendo in risalto la correlazione tra resa e temperatura del colore.

Tabella 3-2

Corpi illuminati e lampade con attacco E27 per il settore residenziale

Numero	Tipologia	Marca	Modello (Temperatura del colore in Kelvin)	Potenza assorbita (W)	Lumen uscenti (lm)	Resa (lm/W)
1	Corpo illuminante	Fosnova	Vision 2.0 (3000 K)	53	5217	98
2	Corpo illuminante	Fosnova	Stilo (3000 K)	10	893	89
3	Lampada	Philips	Riflettore 8718699773755 (2700 K)	1,8	150	83
4	Lampada	Philips	Faretto 8718699775674 (3000 K)	4,6	370	80
5	Lampada	Philips	Oliva e Lustre 8718699762230 (4000 K)	2,2	250	113
6	Lampada	Philips	Lampada a goccia 8718699764951 (6500 K)	10,5	1521	144

Fonte (letto il 21/07/2023):

2– catalogo Fosnova 2023-2024, p. 317

2– catalogo Fosnova 2023-2024, p. 325

3 - <https://www.lighting.philips.it/consumer/p/led-riflettore/8718699773755/specifications>

4 - <https://www.lighting.philips.it/consumer/p/led-faretto/8718699775674/specifications>

5 - <https://www.lighting.philips.it/consumer/p/led-oliva-e-lustre/8718699762230/specifications>

6 - <https://www.lighting.philips.it/consumer/p/led-lampada-a-goccia/8718699764951/specifications>

Tabella 3-3**Corpi illuminati per edifici adibiti ad uffici**

Numero	Tipologia	Marca	Modello (Temperatura del colore in Kelvin)	Potenza assorbita (W)	Lumen uscenti (lm)	Resa (lm/W)
1	Corpo illuminante	Disano	841 Minicomfort LED 2x (4000 K)	19	2046	107
2	Corpo illuminante	Disano	841 Minicomfort LED 4x (4000 K)	37	4093	110
3	Corpo illuminante	Disano	844 LED Panel HE (3000 K)	31	3877	125
4	Corpo illuminante	Disano	844 LED Panel HE (4000 K)	31	4081	131

Fonte:**2– catalogo Disano Illuminazione 2023, p. 6****2– catalogo Disano Illuminazione 2023, p. 7****3,4 - catalogo Disano Illuminazione 2023, p. 13**

Nella tabella seguente viene indicata la potenza elettrica assorbita su unità di superficie, per lampade a led con due rese, la prima da 90 lm/W e la seconda da 120 lm/W, a diversi livelli di illuminamento.

Tabella 3-4:

Potenza elettrica installata per illuminazione per lampade a LED

Destinazione del locale o attività svolta	Livello di illuminamento (lux)	Potenza elettrica installata (W/m ²)	
		Lampade a LED (90 lm/W)	Lampade a LED (120 lm/W)
Depositi, corridoi, zone di sosta temporanea	100	2	2
Lavorazioni grossolane a mano	300	7	6
Lavorazioni su macchine utensili, laboratori	500	12	9
Uffici, sale disegno, supermercati, lavori di precisione	750	17	14
Lavori di precisione, esame dei colori, meccanica fine	1000	23	19
Lavori di estrema precisione	1500	35	28
Attività particolari, interventi operatori, ecc.	2000	46	38

Come espresso nel paragrafo precedente, mediante l'equazione 2-3, si calcola la quantità di calore istantanea prodotta dal corpo illuminante, che tiene in considerazione il fattore di utilizzazione il quale dipende dalla destinazione d'uso del locale e il fattore incrementale (che nell'illuminazione a LED è pari a uno).

3.2 APPARECCHIATURE

La raccolta delle apparecchiature individuate nel presente capitolo ha l'obiettivo di fornire dati esaustivi per la definizione dei carichi termici in fase progettuale o di stima e per dimostrare l'elevato numero e varietà di soluzioni presenti nel mercato. È stata condotta una suddivisione tra apparecchiature destinate al settore residenziale, ad uso uffici e al settore della grande distribuzione.

È necessario sottolineare che i dati raccolti si riferiscono alla potenza elettrica o termica assorbita dall'apparecchiatura; quindi, la potenza termica emessa può variare in base alla tipologia di conversione di energia e all'efficienza del dispositivo. Al capitolo 2.4, è stato affrontato questo tema, evidenziando che in alcuni apparecchi, come il televisore o il forno a microonde, tutta la potenza assorbita viene convertita in potenza termica ceduta all'ambiente, mentre per altri dispositivi, la potenza emessa è inferiore alla potenza assorbita, in quanto parte di essa, non ha alcun effetto termico.

3.2.1 APPARECCHIATURE PER EDIFICI AD USO RESIDENZIALE

Tabella 3-5

Elettrodomestici categoria freddo

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Frigocongelatore singola anta	Frigocongelatore doppia anta	Congelatore verticale	Cantina vino
Modello	LTB1AF24U0	ELT9VE52U0	LUT5NF28W0	EWUS052B5B
Marca	Electrolux	Electrolux	Electrolux	Electrolux
Larghezza (mm)	550	909	595	595
Profondità (mm)	547	690	650	565
Altezza (mm)	1434	1900	1860	820
Volume	165-41 litri	343-179 litri	280 litri	-
Potenza elettrica assorbita (W)	110	180	183	60
Classe energetica	E	E	F	G
Consumo	221 kWh/annum	319 kWh/annum	311 kWh/annum	148 kWh/annum

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooling/fridge-freezers/free-standing-fridge-freezer/ltb1af24x0/>

2 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooling/fridge-freezers/free-standing-fridge-freezer/elt9ve52u0/>

3 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooling/freezers/free-standing-freezer/lut5nf28w0/>

4 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooling/refrigerators/wine-cooler/ewus052b5b/>

Tabella 3-6**Elettrodomestici categoria cottura**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Forno ad incasso da 600 mm	Forno ad incasso da 900 mm	Forno a microonde	Piano cottura elettrico con 4 zone cottura
Modello	EOH3H00X	KBZE10X	EMZ421MMTI	KM 6520 FL
Marca	Electrolux	Electrolux	Electrolux	Miele
Larghezza (mm)	594	896	442	596
Profondità (mm)	569	577	343	496
Altezza (mm)	589	475	262	46
Volume	72 litri	85 litri	20 litri	-
Potenza elettrica assorbita (W)	2960	3100	1270	6700
Classe energetica	A	A+	-	-
Consumo	0,93 kWh/cycle	1,19 kWh/cycle	-	-

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooking/ovens/oven/eoh3h00x/>

2 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooking/ovens/oven/kbze10x/>

3 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooking/microwaves/microwave-oven/emz421mmti/>

4 - [https://www.miele.it/e/piano-cottura-elettrico-indipendente-km-6520-fl-nero-10890160-](https://www.miele.it/e/piano-cottura-elettrico-indipendente-km-6520-fl-nero-10890160-p)

p

Tabella 3-7**Elettrodomestici categoria cottura**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Piano cottura a gas con 4 bruciatori	Piano cottura a gas con 5 bruciatori	Piano cottura a induzione 4 zone cottura	Piano cottura a induzione 6 zone cottura
Modello	KM 2010	KM 2033	KM 7464 FR	KM 7575 FL
Marca	Miele	Miele	Miele	Miele
Larghezza (mm)	560	560	560	804
Profondità (mm)	480	480	490	524
Altezza (mm)	90	90	52	52
Potenza termica/elettrica assorbita (W)	7100 (2600+1000+ 1750+1750)	10900 (2600+1000+ 3800 +1750+1750)	7300	11000

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.miele.it/e/piano-cottura-a-gas-km-2010-7051640-p>

2 - <https://www.miele.it/e/piano-cottura-a-gas-km-2033-acciaio-inox-7051780-p>

3 - <https://www.miele.it/e/piano-cottura-a-induzione-indipendente-km-7464-fr-acciaio-inox-11153900-p>

4 - <https://www.miele.it/e/piano-cottura-a-induzione-indipendente-km-7575-fl-nero-11154120-p>

Tabella 3-8**Elettrodomestici categoria lavaggio e lavastoviglie**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Lavatrice 8 kg	Lavatrice 10 kg	Asciugatrice in pompa di calore 9 kg	Lavastoviglie
Modello	EW6F384YQ	EW9F161BF	EW9HG297Y	ESL2500RO
Marca	Electrolux	Electrolux	Electrolux	Electrolux
Larghezza (mm)	597	597	596	550
Profondità (mm)	636	636	638	510
Altezza (mm)	847	847	850	460
Potenza elettrica assorbita (W)	2000(*)	2000(*)	700	2000(*)
Classe energetica	A	A	A+++	F
Consumo	47 kWh/100cycles	51 kWh/100cycles	195 kWh/100cycles	0,613 kWh/cycle

() Potenza stimata da letteratura, i produttori non sono obbligati a indicare tale dato.*

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.electrolux.it/laundry/laundry/washing-machines/front-loader-washing-machine/ew6f384yq/>

2 - <https://www.electrolux.it/laundry/laundry/washing-machines/front-loader-washing-machine/ew9f161bf/>

3 - <https://www.electrolux.it/laundry/laundry/dryers/heat-pump-dryer/ew9hg297y/>

4 - <https://www.electrolux.it/kitchen/dishwashing/dishwashers/built-in-compact-dishwasher/esl2500ro2/>

Tabella 3-9**Elettrodomestici categoria pulizia**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Ferro da stiro a vapore	Aspirapolvere senza filo (a batteria)	Aspirapolvere a filo	Robot aspirapolvere
Modello	E7SI1-4WB	EP81UB25GG	Boost CX1 PowerLine	Vacuum X10+
Marca	Electrolux	Electrolux	Miele	Xiaomi
Potenza elettrica assorbita (W)	2300	150	890	70

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.electrolux.it/laundry/laundry/irons/dry-iron/e7si1-4wb/>

2 - <https://www.electrolux.it/vacuums-home-comfort/vacuum-cleaners/stick-vacuum-cleaners/cordless-sticks/ep81ub25gg/>

3 - https://www.miele.it/e/aspirapolvere-a-traino-senza-sacchetto-boost-cx1-powerline-nero-ossidiana-11602470-p?&&gclid=Cj0KCQjwzdOIBhCNARIsAPMwjbxBqANA8JNie07EvDkNXaoYyG6ecNcGyHoQbj5r-HnnO_feZ8MmQqMaAl2oEALw_wcB&gclsrc=aw.ds

4 - <https://www.mi.com/it/product/xiaomi-robot-vacuum-x10-plus>

Tabella 3-10**Piccoli elettrodomestici**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Macchinetta del caffè	Tostapane	Bollitore elettrico 0,5 litri	Frullatore 1,5 litri
Modello	E6EC1-6BST	E5T1-4ST	E3K1-3ST	E4TB1-6ST
Marca	Electrolux	Electrolux	Electrolux	Electrolux
Potenza elettrica assorbita (W)	1450	800	2200	800

Fonte (letto il 27/06/2023):

1 - <https://www.electrolux.it/kitchen/small-kitchen-appliances/coffee-makers/coffee-maker/e6ec1-6bst/>

2 - <https://www.electrolux.it/kitchen/small-kitchen-appliances/toasters/toaster/e5t1-4st/>

3 - <https://www.electrolux.it/kitchen/small-kitchen-appliances/kettles--water-filters/kettle/e3k1-3st/>

4 - <https://www.electrolux.it/kitchen/small-kitchen-appliances/table-blenders/table-blender/e4tb1-6st/>

Tabella 3-11

Apparecchiature da ufficio per il settore home

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Computer portatile	Computer desktop	Monitor 23,8"	Stampante multifunzione
Modello	HP 14-ep0012nl Notebook	HP Pavilion TP01-4000nl Desktop	HP M24fw	HP ENVY 6020e
Marca	HP	HP	HP	HP
Potenza elettrica assorbita (W)	45 (alimentatore)	400	20 0,5 (standby)	168 4 (standby) 0,5 (off)

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=7Y164EA&opt=ABZ&sel=NTB#technical-details>

2 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=7X971EA&opt=ABZ&sel=DTP#technical-details>

3 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=2D9K1AA&opt=ABB&sel=MTO#technical-details>

4 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=223N4B&opt=629&sel=PRN#technical-details>

Tabella 3-12
Televisore HD e UHD

Numero	1	2	3	
Descrizione	Televisore HD 24"	Televisore HD 32"	Televisore UHD 43"	Televisore UHD 50"
Modello	HD SMART 24" N4300 TV 2020	HD SMART 32" T4300 TV 2020	Crystal UHD 4K 43" CU7170 TV 2023	Crystal UHD 4K 50" CU7170 TV 2023
Marca	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung
Potenza elettrica assorbita (W)	50	60 0,5 (standby)	125 0,5 (standby)	140 0,5 (standby)
Classe energetica	E	F	G	G

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/tvs/hd-tv/hd-smart-tv-n43000-series-4-24-inch-ue24n4300adxzt/>

2 - <https://www.samsung.com/it/tvs/hd-tv/t4300-32-inch-hd-smart-tv-ue32t4300aexzt/#specs>

3 - <https://www.samsung.com/it/tvs/uhd-4k-tv/cu7000-43-inch-ue43cu7170uxzt/#specs>

4 - <https://www.samsung.com/it/tvs/uhd-4k-tv/cu7000-50-inch-ue50cu7170uxzt/#specs>

Tabella 3-13
Televisore a led 4K

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Televisore Qled 43"	Televisore Oled 55" 4K	Televisore Oled 65" 4K	Televisore Oled 77" 4K
Modello	QLED 4K 43" Q60C TV 2023	OLED 4K 55" S95C TV 2023	OLED 4K 65" S95C TV 2023	OLED 4K 77" S95C TV 2023
Marca	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung
Potenza elettrica assorbita (W)	125 0,5 (standby)	225 0,5 (standby)	305 0,5 (standby)	455 0,5 (standby)
Classe energetica	F	G	F	F

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/tvs/qled-tv/q60c-43-inch-qled-4k-smart-tv-qe43q60cauxt/#specs>

2 - <https://www.samsung.com/it/tvs/oled-tv/s95c-55-inch-oled-4k-smart-tv-qe55s95catxzt/>

3 - <https://www.samsung.com/it/tvs/oled-tv/s95c-65-inch-oled-4k-smart-tv-qe65s95catxzt/>

4 - <https://www.samsung.com/it/tvs/oled-tv/s95c-77-inch-oled-4k-smart-tv-qe77s95catxzt/>

Tabella 3-14
Televisore a led 8K

Numero	1	2	3
Descrizione	Televisore Oled 55" 8K	Televisore Qled 65" 8K	Televisore Qled 85" 8K
Modello	Neo QLED 8K 55" QN700A TV 2021	Neo QLED 8K 65" QN800B TV 2022	Neo QLED 8K 85" QN800B TV 2022
Marca	Samsung	Samsung	Samsung
Potenza elettrica assorbita (W)	230 0,5 (standby)	370 0,5 (standby)	430 0,5 (standby)
Classe energetica	G	G	G

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/tvs/qled-tv/qn700a-55-inch-neo-qled-8k-smart-tv-qe55qn700atxzt/>

2 - <https://www.samsung.com/it/tvs/qled-tv/qn800b-65-inch-neo-qled-8k-smart-tv-qe65qn800btxzt/>

3 - <https://www.samsung.com/it/tvs/qled-tv/qn800b-85-inch-neo-qled-8k-smart-tv-qe85qn800btxzt/#specs>

Tabella 3-15**Altri accessori elettronici**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Caricabatteria per telefoni cellulari	Caricabatteria per PC	Modem-router fino a 3000 Mbps	Modem-router fino a 4.8 Gbps.
Modello	EP-TA800XBEGWW	CA HP Smart Power	Archer AX55	Archer GX90
Marca	Samsung	HP	Tp-link	Tp-link
Potenza elettrica assorbita (W)	25	90	24	60

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/mobile-accessories/wall-charger-ep-ta800-ep-ta800xbegww/>

2 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=W5D55AA&opt=ABZ&sel=ACC>

3 - <https://www.tp-link.com/it/home-networking/wifi-router/archer-ax55/#overview>

4 - <https://www.tp-link.com/it/home-networking/wifi-router/archer-gx90/#overview>

Tabella 3-16**Sistemi audio home**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Soundbar	Soundbar	Sound tower	Stereo Hi-Fi
Modello	HW-Q60C	HW-Q990C	MX-ST90B	SC-PMX802
Marca	Samsung	Samsung	Samsung	Panasonic
Potenza elettrica assorbita (W)	31 0,5 (standby)	41 0,5 (standby)	150 0,5 (standby)	43 2 (standby)

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/audio-devices/soundbar/q60c-black-hw-q60c-zf/#specs>

2 - <https://www.samsung.com/it/audio-devices/soundbar/q990c-black-hw-q990c-zf/>

3 - <https://www.samsung.com/it/audio-devices/sound-tower/mx-st90b-black-mx-st90b-zf/#specs>

4 - <https://www.panasonic.com/it/consumer/home-entertainment-e-audio/system-hi-fi/sc-pmx802.html#specs>

Tabella 3-17

Elettrodomestici per la cura del corpo

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Asciugacapelli	Piastra per capelli	Rasoio elettrico corpo per donna	Rasoio elettrico uomo
Modello	PROluxe You	PROluxe You	MS-6122	4D Shaver
Marca	Remington	Remington	-	Hctaw
Potenza elettrica assorbita (W)	2400	1500	5	5

Fonte (letto il 12/07/2023):

1 - <https://it.remington-europe.com/prodotti/proluxe-you-adaptive-hairdryer>

2 - <https://it.remington-europe.com/prodotti/proluxe-you-adaptive-straightener>

3 - <https://www.beselettronica.com/depilatore-epilatore-donna-2in1-rasoio-elettrico-corpo-ricaricabile-6122-p-29326.html>

4 - <https://www.amazon.it/hctaw-Elettrico-Elettrici-Impermeabile-Ricaricabile/dp/B08KW4FB83>

3.2.2 APPARECCHIATURE PER EDIFICI ADIBITI AD UFFICI

Tabella 3-18
Computer e server

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Computer desktop	Computer portatile	Computer desktop all in one	Server fino a 4 TB
Modello	HP ENVY TE02-1000nl Desktop con Intel Core i9 NVIDIA® GeForce RTX 4070Ti	HP ZBook Power 15.6" G9 Mobile	OptiPlex con Intel Core i7	IBM Power S1022
Marca	HP	HP	Dell	IBM
Potenza elettrica assorbita (W)	800	150	240	2240

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=7X965EA&opt=ABZ&sel=DTP#technical-details>

2 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=6B8C2EA&opt=ABZ&sel=NTB#technical-details>

3 - https://www.dell.com/it-it/shop/desktop-e-workstation/optiplex-all-in-one/spd/optiplex-7410-plus-aio/gctoo7410aiopemea_vp?redirectTo=SOC#support_section

4 - <https://www.ibm.com/docs/en/announcements/power-s1022-9105-22a?region=US#h2-smdesc>

Tabella 3-19
Monitor

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Monitor 21,5"	Monitor 24"	Monitor 27"	Monitor curvo 34"
Modello	Monitor HP E22 G5 FHD	Monitor HP Z24u G3 WUXGA USB-C Display	Monitor HP Z27k G3 4K USB-C Display	Monitor Curved HP P34hc G4 34"
Marca	HP	HP	HP	HP
Potenza elettrica assorbita (W)	50 20 (standard) 0,5 (standby)	160 32 (standard) 0,5 (standby)	165 42 (standard) 0,5 (standby)	190 48 (standard) 0,5 (standby)
Classe energetica	D	E	F	G

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - [https://www.hp.com/it-](https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=6N4E8AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details)

it/shop/product.aspx?id=6N4E8AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details

2 - [https://www.hp.com/it-](https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=1C4Z6AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details)

it/shop/product.aspx?id=1C4Z6AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details

3 - [https://www.hp.com/it-](https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=1B9T0AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details)

it/shop/product.aspx?id=1B9T0AT&opt=ABB&sel=MTO#technical-details

4 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=21Y56AT&opt=ABB&sel=MTO>

Tabella 3-20
Stampanti

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Stampante multifunzione	Stampante professionale	Stampante professionale	Plotter A0
Modello	Stampante multifunzione HP LaserJet M442dn A4-A3	AccurioPrint C750i	AccurioPrint C950i	Plotter multifunzione HP DesignJet T830 A0 - 36"
Marca	HP	Konica Minolta	Konica Minolta	HP
Potenza elettrica assorbita (W)	580 0,7 (standby)	2100	2400	35 3,5 (inattiva) 0,2 (standby)

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=8AF71A&opt=B19&sel=PRN#technical-details>

2 - <https://www.konicaminolta.eu/eu-en/hardware/production-printing/accurioprint-c750i>

3 - <https://www.konicaminolta.eu/eu-en/hardware/professional-printing/accurioprint-850i-950i>

4 - <https://www.hp.com/it-it/shop/product.aspx?id=F9A30D&opt=B19&sel=PRN#technical-details>

Tabella 3-21
Proiettori

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Proiettore laser TV	Proiettore laser interattivo 5000 lumen	Proiettore 4000 lumen	Proiettore 3LCD 3000 lumen
Modello	The Premiere 4K UHD LSP7T 2020	EB-1485Fi	EB-L210SW	
Marca	Samsung	Epson	Epson	Epson
Potenza elettrica assorbita (W)	320	366 0,5 (standby)	260 0,5 (standby)	277 0,5 (standby)

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - <https://www.samsung.com/it/projectors/the-premiere/the-premiere-smart-4k-uhd-ultra-short-throw-laser-projector-lsp7t-sp-lsp7tfxxe/>

2 - https://www.epson.it/it_IT/prodotti/videoproiettori/ottica-ultra-corta/eb-1485fi/p/28901

3 - https://www.epson.it/it_IT/prodotti/videoproiettori/ottica-corta/eb-l210sw/p/38520

4 - https://www.epson.it/it_IT/prodotti/videoproiettori/mobile/eb-1780w/p/20781

Tabella 3-22

Sistemi audio per uffici

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Altoparlante VoIP wireless per sala riunione fino a 10 persone	Soundbar per monitor	Casse stereo per PC	Microfono
Modello	Altoparlante VoIP wireless Lenovo	ThinkVision MS30	SA-RS3S	HyperX SoloCast
Marca	Lenovo	Lenovo	Sony	HP
Potenza elettrica assorbita (W)	10	8	11	0,24

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - <https://www.lenovo.com/it/it/p/accessories-and-software/audio/speakers/4xd1b84406>

2 - <https://www.lenovo.com/it/it/p/accessories-and-software/audio/speakers/4xd1j05151>

3 - <https://www.sony.it/electronics/speaker-opzionali/sa-rs3s/specifications>

4 - <https://www.hp.com/it->

[it-shop/product.aspx?id=4P5P8AA&opt=&sel=ACC&gclid=Cj0KCQjwuZGnBhD1ARIsACxbAVj1Ong-IAL2Tne35CXry5E1hb3GEFDUQ4Z-](https://www.hp.com/it-shop/product.aspx?id=4P5P8AA&opt=&sel=ACC&gclid=Cj0KCQjwuZGnBhD1ARIsACxbAVj1Ong-IAL2Tne35CXry5E1hb3GEFDUQ4Z-)

[IGOcAq6g799PSED8ddcaAmpKEALw_wcB&gclsrc=aw.ds#technical-details](https://www.hp.com/it-shop/product.aspx?id=4P5P8AA&opt=&sel=ACC&gclid=Cj0KCQjwuZGnBhD1ARIsACxbAVj1Ong-IAL2Tne35CXry5E1hb3GEFDUQ4Z-IGOcAq6g799PSED8ddcaAmpKEALw_wcB&gclsrc=aw.ds#technical-details)

Tabella 3-23

Dispositivi per il networking

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Switch	Router	Access point	Firewall
Modello	Catalyst 9400	ASR 9902	Catalyst 9136	Firepower 1000 Series
Marca	Cisco	Cisco	Cisco	Cisco
Potenza elettrica assorbita (W)	3200	1600	47	115

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst9400/hardware/install/Localization/b_c9400_hig_it_IT.pdf

2 - https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/iosxr/asr9000/hardware-install/9001-hig/Localization/b-asr9001-hardware-installation-guide_it_IT.pdf

3 - <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/catalyst-9100ax-access-points/nb-06-cat9136-access-point-ds-cte-en.html?oid=dstwls028547>

4 - <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/security/firepower-1000-series/datasheet-c78-742469.html>

Tabella 3-24

UPS per datacenter

Numero	1	2	3	4
Descrizione	UPS	UPS	UPS	UPS
Dimensione	2 kVA	3 kVA	5 kVA	7,5 kVA
Potenza termica dissipata(W)	200	300	500	750

Fonte (letto il 21/08/2023):

1, 2, 3, 4 - <https://www.elettronews.com/la-ventilazione-del-locale-ups/#:~:text=La%20potenza%20termica%20dissipata%20da,10%25%20della%20sua%20potenza%20nominale.>

Tabella 3-25

Apparecchiature per sala break

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Distributore di caffè e bevande calde	Distributore di snack e bevande fredde	Macchinetta del caffè	Forno a microonde
Modello	Necta Canto	Necta Tango	Firma inovy & Milk	EMZ421MMTI
Marca	Di To Break	Di To Break	Lavazza	Electrolux
Potenza elettrica assorbita (W)	2500	500	1455	1270

Fonte (letto il 21/08/2023):

1 - <https://www.ditobreak.it/distributori-caffe-e-bevande-calde/>

2 - <https://www.ditobreak.it/vending-distributori-snack-e-bevande-fredde/>

3 - <https://www.ditobreak.it/distributori-caffe-e-bevande-calde/>

4 - <https://www.electrolux.it/kitchen/cooking/microwaves/microwave-oven/emz421mmti/>

3.2.3 APPARECCHIATURE PER SUPERMERCATI

Tabella 3-26
Banchi frigo 1

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Espositore per alimenti freschi (carne, latticini e gastronomia)	Espositore per alimenti freschi (carne, latticini e gastronomia)	Espositore per alimenti freschi (carne, latticini e gastronomia)	Espositore refrigerato ad isola per surgelati
Modello	SalinaPlus 250	Panarea	Panarea	Urano 2
Marca	Tecnodom	Tecnodom	Tecnodom	Oscartielle
Temperatura	+3/+5 °C	0/+2 °C	0/+2 °C	-18/-23 °C
Lunghezza (mm)	2500	2500	4900	1820
Larghezza (mm)	900	900	900	860
Potenza assorbita totale gruppo incorporato (W)	785	842	1684	512 558 (sbrinam.)
Potenza assorbita totale senza gruppo (W)	160	-	-	-
Potenza assorbita dall'illuminazione (W)	72	72	144	-

Fonte (letto il 25/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/espositore-refrigerato-salinaplus-250-tecnodom/>

2 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/banco-espositivo-refrigerato-statico-0-2c-vetri-curvi-tecnodom-panarea/>

3 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/banco-espositivo-refrigerato-statico-0-2c-vetri-curvi-tecnodom-panarea/>

4 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/espositore-refrigerato-a-bassa-temperatura-18-23c-urano-2-testata-oscartielle/>

Tabella 3-27
Banchi frigo 2

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Espositore per gelateria	Vetrina pasticceria	Banco pizza refrigerato	Vetrina frigo bibite espositiva
Modello	Aurora 12 VC	Aurora 1100 VC	-	-
Marca	Tecfrigo	Tecfrigo	-	-
Temperatura	-16/-28 °C	+2/+4 °C	-2/+8 °C	+3/+10 °C
Larghezza (mm)	1120	1120	2025	595
Profondità (mm)	106	106	800	655
Altezza (mm)	1390	1390	1050	1830
Potenza assorbita totale gruppo incorporato (W)	1510 2150 (sbrinam.)	660	410	180

Fonte (letto il 25/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/vetrina-gelateria-vetro-curvo-16-18-c-l-112-cm-capacita-12-vaschette-illuminazione-led-tecfrigo/>

2 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi/vetrina-pasticceria-vetro-curvo-2-4-c-l-112-cm-illuminazione-led-tecfrigo/>

3 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/banchi-pizzeria/banco-pizza-refrigerato-ventilato-in-acciaio-inox-temperatura-normale-2-8-c-390-lt-con-vevtrinetta-2/>

4 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/attrezzature-e-forniture-per-supermercato/vetrine-bibite/vetrina-frigo-bibite-espositiva-3-10-c-595x655x183-cm-eko-390-vg/>

Tabella 3-28
Banchi frigo 3

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Murale refrigerato prodotti freschi preconfezionati	Murale refrigerato prodotti freschi preconfezionati	Murale refrigerato frutta e verdura	Armadio stagionatore carni e formaggi
Modello	Vulcano VS60	Vulcano VS80	Vulcano 80	-
Marca	Tecnodom	Tecnodom	Tecnodom	-
Temperatura	0/+2 °C	0/+2 °C	+6/+8 °C	0/+30 °C
Umidità	-	-	-	40-95 %
Larghezza (mm)	1975	1975	1955	1500
Profondità (mm)	60	80	80	850
Altezza (mm)	-	-	-	2080
Potenza assorbita totale gruppo incorporato (W)	3600 (spunto)	2660 (spunto)	2660 (spunto)	2240

Fonte (letto il 25/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/murali-refrigerati/murale-refrigerato-carne-preconfezionata-profondita-60-cm-gruppo-incorporato-0-2c-porte-scorrevoli-tecnodom-vulcano-vs60/>

2 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/murali-refrigerati/murale-refrigerato-carne-preconfezionata-profondita-80-cm-gruppo-incorporato-0-2c-porte-scorrevoli-versione-acciaio-inox-tecnodom-vulcano-vs80/>

3 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/esposizione/vetrine/fredde/murale-refrigerato-frutta-e-verdura-profondita-80-cm-gruppo-incorporato-6-8c-tecnodom-vulcano-80/>

4 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/refrigerazione/vetrina-per-frollatura-stagionatura/armadio-stagionatore-due-porte-carni-e-formaggi-acciaio-plastificato-nero-pannello-lcd-everlasting-copia/>

Tabella 3-29**Forni elettrici professionali**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Forno combinato per la pasticceria e la panificazione	Forno combinato per grigliare, friggere, arrostitire, rosolare, affumicare, cucinare al vapore	Forno combinato per cottura di prodotti di gastronomia, pasticceria e panetteria.	Forno combinato per grigliare, friggere, arrostitire, rosolare, affumicare, cucinare al vapore
Modello	BAKERTOP MIND.Maps 4 teglie	CHEFTOP MIND.Maps 5 teglie	CHEFTOP-Digital.ID 6 teglie	CHEFTOP MIND.Maps 10 teglie
Marca	Unox	Unox	Unox	Unox
Larghezza (mm)	860	750	750	750
Profondità (mm)	967	783	841	783
Altezza (mm)	675	675	789	1010
Potenza elettrica assorbita (kW)	10	9	11	18
Efficienza energetica	13,4 kWh/gg	21,7 kWh/gg	27,4 kWh/gg	36,6 kWh/gg

Fonte (letto il 26/08/2023):

1 - https://www.unox.com/it_it/forni/bakertop-mindmaps-plus-xebc-04eu-eprm/

2 - https://www.unox.com/it_it/forni/cheftop-mindmaps-plus-xevc-0511-eprm/

3 - https://www.unox.com/it_it/forni/cheftop-x-xeda-0611-exrs/

4 - https://www.unox.com/it_it/forni/cheftop-mindmaps-plus-xevc-1011-eprm/

Tabella 3-30**Piani cottura elettrici e a gas**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Piano cottura elettrico 4 piastre	Piano cottura elettrico 6 piastre	Cucina a gas 4 fuochi	Cucina a gas 6 fuochi
Modello	Macros700	Macros700	-	-
Marca	Bertos	Bertos	-	-
Larghezza (mm)	800	1200	800	1200
Profondità (mm)	700	700	900	700
Altezza (mm)	1040	1040	850	270
Potenza elettrica assorbita (kW)	10,4	15,6	19,9 (2x3,5 + 5,5 + 7,4)	36 (3x4,5 + 3x7,5)

Fonte (letto il 26/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/cucine-cottura/cucine-elettriche/profondita-70-cucine-elettriche/cucina-elettrica-con-4-piastre-tonde-macros-700-e7p4m-bertos/>

2 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/cucine-cottura/cucine-elettriche/profondita-70-cucine-elettriche/cucina-elettrica-con-6-piastre-quadre-macros700-e7pq6m-bertos/>

3 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/cucine-cottura/cucine-a-gas-cucine-cottura/profondita-70/cucina-a-gas-4-fuochi-199kw-acciaio-inox-su-vano-a-giorno-e900/>

4 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/cucine-cottura/cucine-a-gas-cucine-cottura/profondita-70/cucina-a-gas-da-banco-a-6-fuochi-acciaio-inox-36kw/>

Tabella 3-31

Apparecchiature per reparto gastronomia 1

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Girarrosto planetario elettrico	Fry top elettrico	Friggitrice elettrica con due vasche da 10 litri	Carrello termico per bagnomaria
Modello	-	-	-	-
Marca	-	-	-	-
Larghezza (mm)	1300	600	600	490
Profondità (mm)	800	600	600	600
Altezza (mm)	930	280	280	840
Potenza elettrica assorbita (kW)	9,5	6	18	1,95

Fonte (letto il 26/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/girarrosto/elettrici/girarrosto-planetario-elettricio-p108-48p-cb/>

2 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/fry-top/elettriche-fry-top/fry-top-elettrico-piastra-liscia-6-kw-220-240v-60x60x28-cm-copia/>

3 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/friggitrici-cottura/elettriche-friggitrici-cottura/friggitrice-elettrica-2-vasche-1010-lt-15-kw-60x60x28-cm-copia/>

4 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/cottura/bagnomaria/carrello-termico-a-giorno-bagnomaria-caldo-con-resistenza-immersa-49x60/>

Tabella 3-32**Apparecchiature per reparto gastronomia 2**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Tavolo refrigerato	Abbattitore 5 teglie	Armadio frigorifero 600 litri	Armadio frigorifero 600 litri
Modello	-	Dolomiti 5 1/1	-	-
Marca	-	Sirman	-	-
Temperatura	-2/+8 °C	+3/-20 °C	0°/+10°C	-18°/-22°C
Larghezza (mm)	2330	680	710	710
Profondità (mm)	700	680	700	700
Altezza (mm)	850	880	2030	2030
Potenza elettrica assorbita (W)	556	1116	385	650

Fonte (letto il 26/08/2023):

1 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/catalog/product/view/id/2940579/>

2 - <https://www.sirman.com/it-IT/abbattitori/5-teglie/dolomiti-5-1-1/69000932>

3 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/armadio-frigorifero-600-litri-temp-0-c-10-c.html>

4 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/armadio-congelatore-professionale-da-600-litri-interno-e-esterno-in-inox-negativo-temp-18-c-22-c.html>

Tabella 3-33**Apparecchiature per reparto macelleria, salumeria e panificazione**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Segaossa da banco	Tritacarne refrigerato	Affettatrice	Impastatrice a spirale 60 kg di impasto
Modello	So 1650 F3	TC 32 BUFFALO ICE	370 VX BVS	SP601
Marca	Sirman	Sirman	Manconi	Mecnosud
Larghezza (mm)	600	648	837	620
Profondità (mm)	530	539	646	1070
Altezza (mm)	915	689	574	1230
Potenza elettrica assorbita (W)	1500	3190	380	3000

Fonte (letto il 26/08/2023):**1 - https://media.sirman.com/immagini_prodotti/pdf_catalogo/so_f3.pdf****2 - https://media.sirman.com/immagini_prodotti/pdf_catalogo/TC32-Buffalo-Ice.pdf****3 - <https://www.manconi.com/it/affettatrici/linea-smarty/370-vx-bvs>****4 - <https://www.mecnosud.com/pdf/impastatrici-a-spirale-automatica/impastatrici-a-spirale-automatica-sp01.pdf>**

Tabella 3-34**Apparecchiature per reparto pescheria**

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Armadio frigorifero professionale per la conservazione del pesce 400 litri	Espositore refrigerato per pesce	Vetrina refrigerata per sushi	Congelatore professionale a pozzo da 635 litri
Modello	-	-	-	-
Marca	-	-	-	-
Temperatura	-5/0 °C	0 °C	+1°C/+5°C	-24 °C
Larghezza (mm)	600	3500	1216	1899
Profondità (mm)	600	1200	410	765
Altezza (mm)	1950	1175	245	840
Potenza elettrica assorbita (W)	500	1648	209	200

Fonte (letto il 26/08/2023):

1 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/armadio-frigorifero-per-la-conservazione-del-pesce-400-litri-interno-esterno-in-inox-temp-5-c-0-c.html>

2 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/vetrina-refrigerata-statica-per-pesce-larghezza-3500.html>

3 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/vetrina-refrigerata-sushi-4x-gn-1-3-con-illuminazione-led-1-5-c.html>

4 - <https://www.ristormarkt.it/index.php/congelatore-a-pozzo-da-635-litri-con-coperchio-24-c.html>

Tabella 3-35

Apparecchiature varie per un supermercato

Numero	1	2	3	4
Descrizione	Bilancia elettronica da banco	Banco cassa supermercato	Sigilla vaschette	Sottovuoto
Modello	Libra	Fly	Sigix M20	W8 Easy Touch
Marca	Suprema	Rosss	Sirman	Sirman
Larghezza (mm)	332	-	257	402
Profondità (mm)	514	-	525	525
Altezza (mm)	589	-	306	408
Potenza elettrica assorbita (W)	25	1380	900	350

Fonte (letto il 25/08/2023):

1 - <https://www.arredopiscopo.it/shop/macchine-di-precisione/bilance/bilancia-elettronica-da-banco-suprema-libra/>

2 - https://www.rosss.it/pdf/montaggio/montaggio_tiabbraccio_manuale_it_en.pdf

3 - <https://www.sirman.com/it-IT/confezionamento/sigilla-vaschette/sigix-m20/382030210002>

4 - <https://www.sirman.com/it-IT/confezionamento/sottovuoto/w8-easy-touch/S3330221004DX2>

4. SCENARI

Lo studio prevede l'individuazione di alcuni tipologici di unità immobiliari, per edifici residenziali, adibiti a uffici e alla grande distribuzione, e il calcolo della potenza termica dovuta dai carichi endogeni, assoluta e su unità di superficie. Vista l'elevata complessità e variabilità degli edifici nel contesto italiano, della composizione dei nuclei familiari e delle organizzazioni, delle abitudini e degli utilizzi degli spazi, le stime delle potenze sono stata effettuate fissando dei parametri, come il tasso di occupazione, le dotazioni e l'utilizzo degli elettrodomestici o altre apparecchiature, la tipologia del sistema di illuminazione artificiale ed altro. Le assunzioni previste in fase di calcolo possono alterare considerevolmente i risultati. Perciò gli scenari proposti hanno l'obiettivo di dimostrare il considerevole apporto dei carichi endogeni negli ambienti e di suggerire dei valori attendibili in caso di utilizzo dei locali simile al calcolo.

Infine sarà presentato un caso studio di una nuova abitazione in fase di realizzazione nella quale verrà calcolato la potenza e l'energia dei carichi endogeni per diversi periodi di una giornata lavorativa.

4.1 SCENARIO RESIDENZIALE

Nello scenario residenziale sono stati individuati tre differenti tipologici, il primo un appartamento con una superficie pari a 55 m² abitato da due persone, il secondo un appartamento con una superficie pari a 90 m² abitato da tre persone e infine il terzo, abitazione singola oppure appartamento di generose dimensioni con una superficie pari a 160 m² abitato da quattro persone.

Le dimensioni dei locali e delle unità abitative sono state scelte in base alle tipologie standard presenti nel mercato immobiliare e rispettando il decreto ministeriale vigente che indica le dimensioni minime di alcuni locali o tipologie di unità. Di seguito l'estratto del decreto.

Tabella 4-1

Superfici minime secondo il decreto ministeriale 5 luglio 1975

Tipologia o locale	Superficie minima (m²)
Monolocale	28
Bilocale	38
Camera da letto singola	9
Camera da letto doppia	14
Soggiorno	14
Angolo cottura	9

Il calcolo della potenza su unità di superficie è stato effettuato nel periodo della punta serale, ovvero tra le 18.00 e le 21.00, ove l'impianto di illuminazione artificiale viene utilizzato prevalentemente, l'occupazione è massima e più apparecchiature vengono utilizzate contemporaneamente, specialmente nella zona living e bagni.

In ciascun tipologico sono state ipotizzate le dotazioni dell'unità abitativa, ovvero le apparecchiature presenti, la tipologia dell'impianto di illuminazione artificiale e i fattori di utilizzazione.

In tutti e tre i tipologici l'impianto di illuminazione è a led, supponendo una densità di potenza assorbita pari a 2 W/m² e il fattore di utilizzazione dell'impianto pari a 0,5.

Le dotazioni variano nei tre tipologici e anche il loro fattore di utilizzazione.

Si è ipotizzato che il televisore, il caricabatteria, il frigocongelatore, il congelatore, il modem-router e la postazione PC emettano una potenza termica pari alla potenza elettrica assorbita.

Mentre si suppone che per tutti tipologici il forno elettrico ceda all'ambiente il 70% della potenza assorbita in quanto non funziona a massima potenza, e allo stesso modo, anche l'asciugacapelli il 70% nel tipologico 3. La lavatrice per il tipologico 2 e 3 cede il 50% della potenza assorbita, si suppone che il funzionamento sia al di sotto del livello massimo e che il 20% della potenza elettrica sia convertita in potenza meccanica.

Nei tre tipologici si è adottato il piano di cottura a gas con 4 o 5 bruciatori. La potenza ceduta all'ambiente non è la massima assorbita dall'apparecchio ma dipende dal numero e dalle grandezze dei fornelli accesi. Nel primo caso, il piano di cottura a gas è a 4 bruciatori, ipotizzando un fornello da 1750 W acceso; nel secondo lo stesso piano cottura ma con due fornelli da 1750 W accesi, mentre nell'ultimo un piano cottura a 5 bruciatori, in funzione due fornelli da 1750 W e uno da 1000 W.

4.1.1 TIPOLOGICO 1

Il primo tipologico è un'unità abitativa con una superficie pari a 55 m², suddiviso tra spazio soggiorno e cucina di 25 m², camera da letto doppia di 15 m², camera da letto singola di 10 m² e bagno di 5 m².

Tabella 4-2
Superfici dei locali del tipologico 1

Locale	Superficie (m²)
Soggiorno e cucina	25
Camera da letto doppia	15
Camera da letto singola	10
Bagno	5
Totale	55

Le dotazioni degli elettrodomestici e delle altre apparecchiature sono le seguenti.

Tabella 4-3**Dotazioni del tipologico 1**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)	Potenza termica massima assorbita per apparecchio (W)
Forno elettrico	1	2960	
Forno a microonde	1	1270	
Piano di cottura a gas con 4 bruciatori	1		7100
Frigocongelatore ad una anta	1	110	
Lavastoviglie	1	2000	
Televisore 43"	1	125	
Lavatrice	1	2000	
Caricabatteria cellulare	2	25	
Caricabatteria PC portatile	1	90	
Modem-router	1	24	
Asciugacapelli	1	2400	

Il calcolo della potenza su unità di superficie è stato effettuato nella punta serale tra le 18.00 e le 21.00. Si è ipotizzato che ci siano due persone all'interno dell'appartamento, che l'impianto di illuminazione sia utilizzato al 50%, che siano contemporaneamente funzionanti il frigocongelatore, il fornello cucina, il televisore, due caricabatterie e il modem-router.

Tabella 4-4

Assunzioni del tipologico 1

Assunzioni	
Numero persone	2
Potenza sensibile per persona	75 W
Potenza latente per persona	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	2 W/m ²
Coefficiente di utilizzazione illuminazione	0,5
Limite potenza elettrica assorbita (contatore)	3 kW
Locali: - Soggiorno e cucina - Camera da letto doppia - Camera da letto singola	Apparecchiature utilizzate nel calcolo: - Un fornello da 1750 W del piano cottura a gas - Frigocongelatore - Televisore - Modem-router - Caricabatteria cellulare - Caricabatteria cellulare

Nella seguente tabella vengono esplicitate le apparecchiature in funzione e l'apporto termico ceduto all'ambiente.

Tabella 4-5**Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 1**

Locale	Apparecchiatura	Potenza termica ceduta (W)
Soggiorno e cucina	Piano di cottura a gas con 4 bruciatori	1750
	Frigocongelatore	110
	Televisore	125
	Modem-router	24
Camera da letto doppia	Caricabatteria cellulare	25
Camera da letto singola	Caricabatteria cellulare	25

Di seguito i risultati del calcolo, nei quali la potenza termica media su unità di superficie emessa è di 43.2 W/m², mentre la potenza termica totale emessa è di 2374 W.

Tabella 4-6**Carichi endogeni per locale tipologico 1**

Locale	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature elettriche (W)	Carico apparecchiature a gas (W)	Carico totale (W)
Soggiorno e cucina	260	25	259	1750	2294
Camera da letto doppia		15	25		40
Camera da letto singola		10	25		35
Bagno		5			5
Totale	260	55	309	1750	2374

Tabella 4-7

Carichi totali e su unità di superficie tipologico 1

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m²)	Carico totale/superficie (W/m²)
Soggiorno e cucina	2294	25	91,8
Camera da letto doppia	40	15	2,7
Camera da letto singola	35	10	3,5
Bagno	5	5	1,0
Totale	2374	55	43,2

4.1.2 TIPOLOGICO 2

Il secondo tipologico è un'unità abitativa con una superficie pari a 90 m², suddiviso tra spazio soggiorno e cucina di 45 m², camera da letto doppia di 15 m², due camere da letto singole di 10 m² e due bagni di 5 m².

Tabella 4-8
Superfici dei locali del tipologico 2

Locale	Superficie (m²)
Soggiorno e cucina	45
Camera da letto doppia	15
Camera da letto singola 1	10
Camera da letto singola 2	10
Bagno 1	5
Bagno 2	5
Totale	90

Le dotazioni degli elettrodomestici e delle altre apparecchiature sono le seguenti.

Tabella 4-9**Dotazioni del tipologico 2**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)	Potenza termica massima assorbita per apparecchio (W)
Forno elettrico	1	2960	
Forno a microonde	1	1270	
Piano di cottura a gas con 4 bruciatori	1		7100
Frigocongelatore ad una anta	1	110	
Lavastoviglie	1	2000	
Televisore 43"	1	125	
Lavatrice	1	2000	
Caricabatteria cellulare	2	25	
Caricabatteria PC portatile	1	90	
Modem-router	1	24	
Asciugacapelli	1	2400	

Il calcolo della potenza su unità di superficie è stato effettuato nella punta serale tra le 18.00 e le 21.00. Si è ipotizzato che ci siano due persone all'interno dell'appartamento, che l'impianto di illuminazione sia utilizzato al 50%, che siano contemporaneamente funzionanti il frigocongelatore, il fornello cucina, il televisore, tre caricabatterie, la lavatrice e il modem-router.

Tabella 4-10**Assunzioni del tipologico 2**

Assunzioni	
Numero persone	3
Potenza sensibile per persona	75 W
Potenza latente per persona	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	2 W/m ²
Coefficiente di utilizzazione illuminazione	0,5
Limite potenza elettrica assorbita (contatore)	3,5 kW
Locali: - Soggiorno e cucina - Camera da letto doppia - Camera da letto singola 1 - Camera da letto singola 2 - Bagno 1	Apparecchiature utilizzate nel calcolo: - Un fornello da 1750 W del piano cottura a gas - Frigocongelatore - Televisore - Modem-router - Caricabatterie cellulare - Caricabatteria PC - Caricabatteria cellulare - Lavatrice

Nella seguente tabella vengono esplicitate le apparecchiature in funzione e l'apporto termico ceduto all'ambiente.

Tabella 4-11

Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 2

Locale	Apparecchiatura	Potenza termica ceduta (W)
Soggiorno e cucina	Piano di cottura a gas con 4 bruciatori	1750
	Frigocongelatore	110
	Televisore	125
	Modem-router	24
Camera da letto doppia	Caricabatteria cellulare	25
Camera da letto singola 1	Caricabatteria PC	90
Camera da letto singola 2	Caricabatteria cellulare	25
Bagno 1	Lavatrice	1000

Di seguito i risultati del calcolo, nei quali la potenza termica media su unità di superficie emessa è di 40,3 W/m², mentre la potenza termica totale emessa è di 3629 W.

Tabella 4-12**Carichi endogeni per locale tipologico 2**

Locale	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature elettriche (W)	Carico apparecchiature a gas (W)	Carico totale (W)
Soggiorno e cucina	260	45	259	1750	2314
Camera da letto doppia		15	25		40
Camera da letto singola 1		10	90		230
Camera da letto singola 2		10	25		35
Bagno 1	130	5	1000		1005
Bagno 2		5			5
Totale	390	90	1399	1750	3629

Tabella 4-13**Carichi totali e su unità di superficie tipologico 2**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Soggiorno e cucina	2314	45	51,4
Camera da letto doppia	40	15	2,7
Camera da letto singola 1	230	10	23,0
Camera da letto singola 2	35	10	3,5
Bagno 1	1005	5	201,0
Bagno 2	5	5	1,0
Totale	3629	90	40,3

4.1.3 TIPOLOGICO 3

Il terzo tipologico è un'unità abitativa con una superficie pari a 160 m², suddiviso tra spazio soggiorno e cucina di 70 m², due camere da letto doppie di 20 m², camera da letto singola di 13 m², studio di 13 m², due bagni di 5 m², un bagno di 4 m² e cantina di 10 m².

Tabella 4-14
Superfici dei locali del tipologico 3

Locale	Superficie (m²)
Soggiorno e cucina	70
Camera da letto doppia 1	20
Camera da letto doppia 2	20
Camera da letto singola	13
Studio	13
Bagno 1	5
Bagno 2	5
Bagno 3	4
Cantina	10
Totale	160

Le dotazioni degli elettrodomestici e delle altre apparecchiature sono le seguenti.

Tabella 4-15**Dotazioni del tipologico 3**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)	Potenza termica massima assorbita per apparecchio (W)
Forno elettrico	1	2960	
Forno a microonde	1	1270	
Piano di cottura a gas con 5 bruciatori	1		10900
Frigocongelatore a doppia anta	1	180	
Congelatore verticale	1	183	
Lavastoviglie	1	2000	
Macchinetta del caffè	1	1450	
Bollitore elettrico 0,5 litri	1	2200	
Frullatore 1,5 litri	1	800	
Televisore 65" 4K	1	305	
Televisore 55" 4K	1	225	
Lavatrice	1	2000	
Asciugatrice in pompa di calore	1	700	
Caricabatteria cellulare	4	25	
Caricabatteria PC portatile	1	90	
Asciugacapelli	1	2400	
Piastra per capelli	1	1500	
Modem-router	1	24	
Postazione PC composta da computer desktop, monitor e stampante	1	588	

Il calcolo della potenza su unità di superficie è stato effettuato nella punta serale tra le 18.00 e le 21.00. Si è ipotizzato che ci siano due persone all'interno dell'appartamento, che l'impianto di illuminazione sia utilizzato al 50%, che siano contemporaneamente funzionanti il frigocongelatore, il congelatore, il fornello cucina, due televisori, tre caricabatterie, la lavatrice, la postazione PC e il modem-router.

Tabella 4-16

Assunzioni del tipologico 3

Assunzioni	
Numero persone	4
Potenza sensibile per persona	75 W
Potenza latente per persona	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	2 W/m ²
Coefficiente di utilizzazione illuminazione	0,5
Limite potenza elettrica assorbita (contatore)	6,5 kW
Locali: - Soggiorno e cucina - Camera da letto doppia 1 - Camera da letto doppia 2 - Camera da letto singola - Studio - Bagno 1 - Cantina	Apparecchiature utilizzate nel calcolo: - Due fornelli da 1750 W ciascuno del piano cottura a gas - Frigocongelatore - Televisore 65" 4K - Caricabatterie cellulare - Televisore 55" 4K - Caricabatteria PC - Caricabatteria cellulare - Postazione PC - Modem-router - Lavatrice - Congelatore

Nella seguente tabella vengono esplicitate le apparecchiature in funzione e l'apporto termico ceduto all'ambiente.

Tabella 4-17

Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 3

Locale	Apparecchiatura	Potenza termica ceduta (W)
Soggiorno e cucina	Piano di cottura a gas con 4 bruciatori	3500
	Frigocongelatore	180
	Televisore 65" 4K	305
Camera da letto doppia 1	Caricabatteria cellulare	25
	Televisore 55" 4K	225
Camera da letto doppia 2	Caricabatteria PC	90
Camera da letto singola 1	Caricabatteria cellulare	25
Studio	Postazione PC	588
	Modem-router	24
Bagno 1	Lavatrice	1000
Cantina	Congelatore	183

Di seguito i risultati del calcolo, nei quali la potenza termica media su unità di superficie emessa è di 42.7 W/m², mentre la potenza termica totale emessa è di 6825 W.

Tabella 4-18**Carichi endogeni per locale tipologico 3**

Locale	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature elettriche (W)	Carico apparecchiature a gas (W)	Carico totale (W)
Soggiorno e cucina	130	50	485	3500	4185
Camera da letto doppia 1	130	20	250		400
Camera da letto doppia 2		20	90		110
Camera da letto singola		13	25		38
Studio	130	13	612		755
Bagno 1		5	1000		1005
Bagno 2	130	5			135
Bagno 3		4			4
Cantina		10	183		193
Totale	520	160	2645	3500	6825

Tabella 4-19**Carichi totali e su unità di superficie tipologico 3**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m²)	Carico totale/superficie (W/m²)
Soggiorno e cucina	4185	50	59,8
Camera da letto doppia 1	400	20	20,0
Camera da letto doppia 2	110	20	5,5
Camera da letto singola	38	13	2,9
Studio	755	13	58,1
Bagno 1	1005	5	201,0
Bagno 2	135	5	27,0
Bagno 3	4	4	1,0
Cantina	193	10	19,3
Totale	6825	140	42,7

4.2 SCENARIO EDIFICIO ADIBITO AD UFFICI

L'unità immobiliare adibita ad uffici ha una superficie totale di 195 m², con un'occupazione massima di 22 persone.

Le dimensioni dei locali rispettano il decreto legislativo vigente in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, ovvero l'allegato IV del DLgs 81 del 2008, il quale specifica i requisiti minimi per locali adibiti ad uffici. Nello specifico, l'altezza netta non deve essere inferiore a 3 m; la cubatura non deve essere inferiore a 10 m³ per lavoratore, ogni lavoratore occupato in ciascun ambiente deve disporre di una superficie di almeno di 2 m² e che i valori relativi alla cubatura e alla superficie si intendono lordi cioè senza deduzione dei mobili, macchine ed impianti fissi. Nell'edificio di riferimento preso in oggetto è stato garantito un valore di 5 m² per lavoratore, al fine di migliorare l'ambiente di lavoro e la soddisfazione degli addetti.

Il calcolo della potenza su unità di superficie di è stato effettuato nel periodo di massima occupazione tra le 9.00 e le 13.00 e tra le 14.00 e le 18.00.

L'impianto di illuminazione è a led, supponendo una densità di potenza assorbita pari a 7 W/m² e il fattore di utilizzazione dell'impianto pari a 1, ovvero in funzione in tutti i locali.

Analogamente allo scenario residenziale, alcuni dispositivi elettrici genereranno un carico termico inferiore alla potenza massima assorbita. I dispositivi che cedono tutta la potenza elettrica assorbita sono il proiettore laser, l'access point, i distributori di caffè, bevande e snack, l'UPS. Si è ipotizzato che le apparecchiature di rete, il server, lo switch, il router e il firewall emettano una potenza termica pari al 70% della potenza elettrica assorbita in quanto non operano a massima potenza, e allo stesso modo, la stampante professionale il 70% e i computer desktop il 50%.

4.2.1 TIPOLOGICO 4

Il quarto tipologico è un'unità immobiliare di superficie pari a 195 m², composto da cinque uffici di 15 m² ciascuno, reception di 20 m², sala riunioni di 20 m², sala break di 15 m², due bagni di 5 m² ciascuno, corridoio di 30 m² e sala archivio e server di 25 m².

Tabella 4-20
Superfici dei locali del tipologico 4

Locale	Superficie (m²)
Ufficio 1	15
Ufficio 2	15
Ufficio 3	15
Ufficio 4	15
Ufficio 5	15
Reception	20
Sala riunioni	20
Sala break	15
Bagno 1	5
Bagno 2	5
Corridoio	30
Archivio-server	25
Totale	195

Le dotazioni delle apparecchiature elettriche dei locali sono le seguenti.

Tabella 4-21**Dotazioni del tipologico 4**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Computer desktop	17	800
Monitor 24"	17	160
Stampante professionale	1	2100
Proiettore laser interattivo 5000 lumen	1	366
Server	1	2240
Switch	1	3200
Router	1	1600
Firewall	1	115
Access point	1	47
UPS 7,5 kVA	1	750
Distributore di caffè e bevande calde	1	2500
Distributore di snack e bevande fredde	1	500

Si è ipotizzato che l'impianto di illuminazione sia utilizzato al 100%, che siano contemporaneamente funzionanti tutti i computer desktop e monitor, che il proiettore laser interattivo, i distributori di bevande e snack, l'access point e l'UPS cedano all'ambiente il 100% della potenza elettrica assorbita e che la stampante professionale, il server, lo switch, il router e il firewall cedano all'ambiente il 70% della potenza elettrica assorbita.

Nell'edificio sono presenti al massimo 22 persone, ipotizzando 3 persone in ciascun ufficio, pertanto 15 persone in totale negli uffici 1, 2, 3, 4 e 5, nella reception un occupante e infine nella sala riunione 6 persone.

Tabella 4-22

Assunzioni del tipologico 4

Assunzioni	
Numero persone	22
Potenza sensibile per persona	75 W
Potenza latente per persona	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	7 W/m ²
Coefficiente di utilizzazione illuminazione	1
Locali:	Apparecchiature utilizzate nel calcolo:
- Uffici 1, 2, 3, 4, 5	- Computer desktop - Monitor 24"
- Reception	- Computer desktop - Monitor 24" - Stampante professionale
- Sala riunioni	- Computer desktop - Monitor 24" - Proiettore laser interattivo
- Archivio-server	- Server - Switch - Router - Firewall - UPS 7,5 kVA
- Sala break	- Distributore di caffè e bevande calde - Distributore di snack e bevande fredde
- Corridoio	- Access point

Nella seguente tabella vengono esplicitate le apparecchiature in funzione e l'apporto termico ceduto all'ambiente.

Tabella 4-23**Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 4**

Locale	Apparecchiatura	Potenza termica ceduta (W)
Uffici 1, 2, 3, 4, 5	Computer desktop	200
	Monitor 24"	32
Reception	Computer desktop	200
	Monitor 24"	32
	Stampante professionale	1470
Sala riunioni	Computer desktop	200
	Monitor 24"	32
	Proiettore laser	366
Sala break	Distributore di caffè e bevande calde	2500
	Distributore di snack e bevande fredde	500
Corridoio	Access point	47
Archivio-server	Server	1568
	Switch	2240
	Router	1120
	Firewall	80,5
	UPS 7,5 kVA	750

Di seguito i risultati del calcolo, nei quali la potenza termica media su unità di superficie emessa è di 96,3 W/m², mentre la potenza termica totale emessa è di 18778,5 W.

Tabella 4-24**Potenza termica ceduta dalle apparecchiature nel tipologico 4**

Locale	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature elettriche (W)	Carico totale (W)
Ufficio 1	390	105	696	1191
Ufficio 2	390	105	696	1191
Ufficio 3	390	105	696	1191
Ufficio 4	390	105	696	1191
Ufficio 5	390	105	696	1191
Reception	130	140	1702	1972
Sala riunioni	780	140	598	1518
Sala break		105	3000	3105
Bagno 1		35		35
Bagno 2		35		35
Corridoio		210	47	257
Archivio-server		175	5758,5	5933,5
Totale	2860	1365	14585,5	18810,5

Tabella 4-25

Carichi totali e su unità di superficie tipologico 4

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m²)	Carico totale/superficie (W/m²)
Ufficio 1	1191	15	79,4
Ufficio 2	1191	15	79,4
Ufficio 3	1191	15	79,4
Ufficio 4	1191	15	79,4
Ufficio 5	1191	15	79,4
Reception	1972	20	98,6
Sala riunioni	1518	20	75,9
Sala break	3105	15	207,0
Bagno 1	35	5	7,0
Bagno 2	35	5	7,0
Corridoio	257	30	8,6
Archivio-server	5933,5	25	237,3
Totale	18810,5	195	96,5

4.3 SCENARIO GRANDE DISTRIBUZIONE

L'unità immobiliare adibita a supermercato ha una superficie di 5000 m², considerando solo gli spazi espositivi. Quindi nel calcolo non verranno stimati i carichi nei locali accessori, come spogliatoi, bagni, uffici e magazzini.

L'occupazione massima di 1250 persone, pari a 25 persone/100 m², come indicato nel capitolo 2.2.2 per un grande magazzino ad uso commerciale. La potenza ceduta all'ambiente da ciascun occupante è di 75 W sensibile e di 55 W latente.

L'impianto di illuminazione è a led, supponendo una densità di potenza assorbita pari a 14 W/m² e il fattore di utilizzazione dell'impianto pari a 1.

Il calcolo della potenza è stato effettuato nel periodo di massima occupazione tra le 9.00 e le 20.00.

4.3.1 TIPOLOGICO 5

Nella tabella seguente sono riepilogati i dati espressi.

Tabella 4-26
Assunzioni del tipologico 5

Assunzioni	
Superficie	5000 m ²
Indice affollamento	25 persone/100 m ²
Numero persone	1250
Potenza sensibile per persona	75 W
Potenza latente per persona	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	14 W/m ²
Coefficiente di utilizzazione illuminazione	1

Di seguito verranno illustrate le apparecchiature e dispositivi presenti nel supermercato, la quantità e la potenza elettrica assorbita.

Tabella 4-27

Apparecchiature per la refrigerazione nello spazio espositivo

Dotazioni	Temperatura	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Espositore per alimenti freschi (carne, latticini e gastronomia)	+3/+5 °C	24	785
Espositore refrigerato ad isola per surgelati	-18/-23 °C	8	512
Murale refrigerato frutta e verdura	+6/+8 °C	4	2660
Murale refrigerato prodotti freschi preconfezionati	0/+2 °C	16	2660
Vetrina frigo bibite espositiva	+3/+10 °C	2	180
Vetrina pasticceria	+2/+4 °C	2	660
Espositore per gelateria	-16/-28 °C	1	1510
Banco pizza refrigerato	-2/+8 °C	1	410

Tabella 4-28**Apparecchiature per la refrigerazione reparti gastronomia e macelleria**

Dotazioni	Temperatura	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Tavolo refrigerato	-2/+8 °C	4	556
Abbattitore 5 teglie	+3/-20 °C	2	1116
Armadio frigorifero 600 litri	0°/+10°C	2	385
Armadio frigorifero 600 litri	-18°/-22°C	2	650
Espositore per alimenti freschi (carne e gastronomia)	0/+2 °C	8	742

Tabella 4-29**Apparecchiature per la refrigerazione reparto pescheria**

Dotazioni	Temperatura	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Armadio frigorifero 400 litri	-5/0 °C	2	500
Espositore refrigerato per pesce	0 °C	2	1648
Vetrina refrigerata per sushi	+1°C/+5°C	1	209
Congelatore professionale a pozzo da 635 litri	-24 °C	2	200

Tabella 4-30**Forni e piani cottura elettrici**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Forno combinato per grigliare, friggere, arrostitire, rosolare, affumicare, cucinare al vapore a 5 teglie	2	9000
Forno combinato per cottura di prodotti di gastronomia, pasticceria e panetteria. a 6 teglie	2	11000
Piano cottura elettrico 6 piastre	1	15600

Tabella 4-31**Apparecchiature per i reparti gastronomia, macelleria, salumeria e panificazione**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Affettatrice	4	380
Tritacarne refrigerato	2	3190
Segaossa da banco	1	1500
Impastatrice a spirale 60 kg di impasto	1	3000
Girarrosto planetario elettrico	1	9500
Fry top elettrico	2	6000
Friggitrice elettrica	2	18000
Bilancia elettronica da banco	4	25

Tabella 4-32**Apparecchiature varie nello spazio espositivo**

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Banco cassa	12	1380
Bilancia elettronica da banco	4	25

Nel calcolo della potenza termica ceduta dalle apparecchiature è stato ipotizzato un fattore di trasformazione, il quale tiene conto del tasso di potenza termica ceduta rispetto alla potenza elettrica assorbita. Tutte le apparecchiature per la refrigerazione hanno un fattore pari a 1, tranne i murali refrigerati pari 0,5, in quanto da catalogo era espressa solo la potenza di spunto, quindi si suppone una potenza nominale pari al 50%. Il fattore per i forni e i piani cottura è pari al 0,5, considerando una potenza di utilizzo inferiore alla potenza massima. Infine i banchi cassa, con un fattore di trasformazione di 0,25, al fine di considerare una contemporaneità di utilizzo di tutte le casse presenti nel supermercato. Le restanti apparecchiature hanno un valore pari a 1.

Tabella 4-33

Potenza termica dissipata dalle apparecchiature

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica unitaria (W)	Fattore di trasformazione	Potenza termica totale (W)
Apparecchiature per la refrigerazione nello spazio espositivo				
Espositore per alimenti freschi (carne, latticini e gastronomia)	24	785	1	18840
Espositore refrigerato ad isola per surgelati	8	512	1	4096
Murale refrigerato frutta e verdura	4	2660	0.5	5320
Murale refrigerato prodotti freschi confezionati	16	2660	0.5	21280
Vetrina frigo bibite espositiva	2	180	1	360
Vetrina	2	660	1	1320

pasticceria				
Espositore per gelateria	1	1510	1	1510
Banco pizza refrigerato	1	410	1	410
Apparecchiature per la refrigerazione reparti gastronomia e macelleria				
Tavolo refrigerato	4	556	1	2224
Abbattitore 5 teglie	2	1116	1	2232
Armadio frigorifero 600 litri	2	385	1	770
Armadio frigorifero 600 litri	2	650	1	1300
Espositore per alimenti freschi (carne e gastronomia)	8	742	1	5936
Apparecchiature per la refrigerazione reparto pescheria				
Armadio frigorifero 400 litri	2	500	1	1000
Espositore refrigerato per pesce	2	1648	1	3296
Vetrina refrigerata per sushi	1	209	1	209
Congelatore professionale a pozzo da 635 litri	2	200	1	400
Forni e piani cottura elettrici				
Forno combinato per grigliare, friggere, arrostitire,	2	9000	0.5	9000

rosolare, affumicare, cucinare al vapore a 5 teglie				
Forno combinato per cottura di prodotti di gastronomia, pasticceria e panetteria. a 6 teglie	2	11000	0.5	11000
Piano cottura elettrico 6 piastre	1	15600	0.5	7800
Apparecchiature per i reparti gastronomia, macelleria, salumeria e panificazione				
Affettatrice	4	380	1	1520
Tritacarne refrigerato	2	3190	1	6380
Segaossa da banco	1	1500	1	1500
Impastatrice a spirale 60 kg di impasto	1	3000	1	3000
Girarrosto planetario elettrico	1	9500	1	9500
Fry top elettrico	2	6000	1	12000
Friggitrice elettrica	2	18000	1	36000
Bilancia elettronica da banco	4	25	1	100
Apparecchiature varie nello spazio espositivo				
Banco cassa	12	1380	0.25	4140
Bilancia elettronica da banco	4	25	1	100
Totale				172543

Di seguito i risultati del calcolo, nei quali la potenza termica media su unità di superficie emessa è di 81,00 W/m², mentre la potenza termica totale emessa è di 405043 W.

Tabella 4-34
Carichi totali del tipologico 5

Carichi	
Carico per l'affollamento sensibile	93750
Carico per l'affollamento latente	68750
Carico per l'illuminazione artificiale	70000
Carico per le apparecchiature elettriche	172543
Totale	405043

4.4 CASO STUDIO

Il caso studio presenta l'analisi di un'abitazione in fase di costruzione nel comune di Susegana (TV) abitata da quattro persone, dove sono state calcolate la potenza e l'energia dei carichi endogeni su unità di superficie in vari periodi di una giornata tipo durante una settimana lavorativa. In ciascun periodo sarà ipotizzato il numero di persone presenti, in quali locali è attivo l'impianto di illuminazione artificiale e i dispositivi elettrici utilizzati, così da determinare la potenza e l'energia dei carichi endogeni.

La giornata lavorativa è stata suddivisa in 7 fasce orarie:

- 00:00 – 07:00;
- 07:00 – 08:30;
- 08:30 – 12:30;
- 12:30 – 14:00;
- 14:00 – 18:00;
- 18:00 – 21:00;
- 21:00 – 24:00.

L'edificio ha una superficie pari a 167 m², suddiviso tra spazio soggiorno e cucina di 60,5 m², ingresso di 11,2 m², primo bagno di 7,9 m², garage di 20 m², camera matrimoniale di 17,2 m², due camere singole di 11,2 m² e secondo bagno di 10 m².

Nelle pagine seguenti sono presenti la pianta dell'abitazione e alcuni render rappresentanti le viste prospettiche.

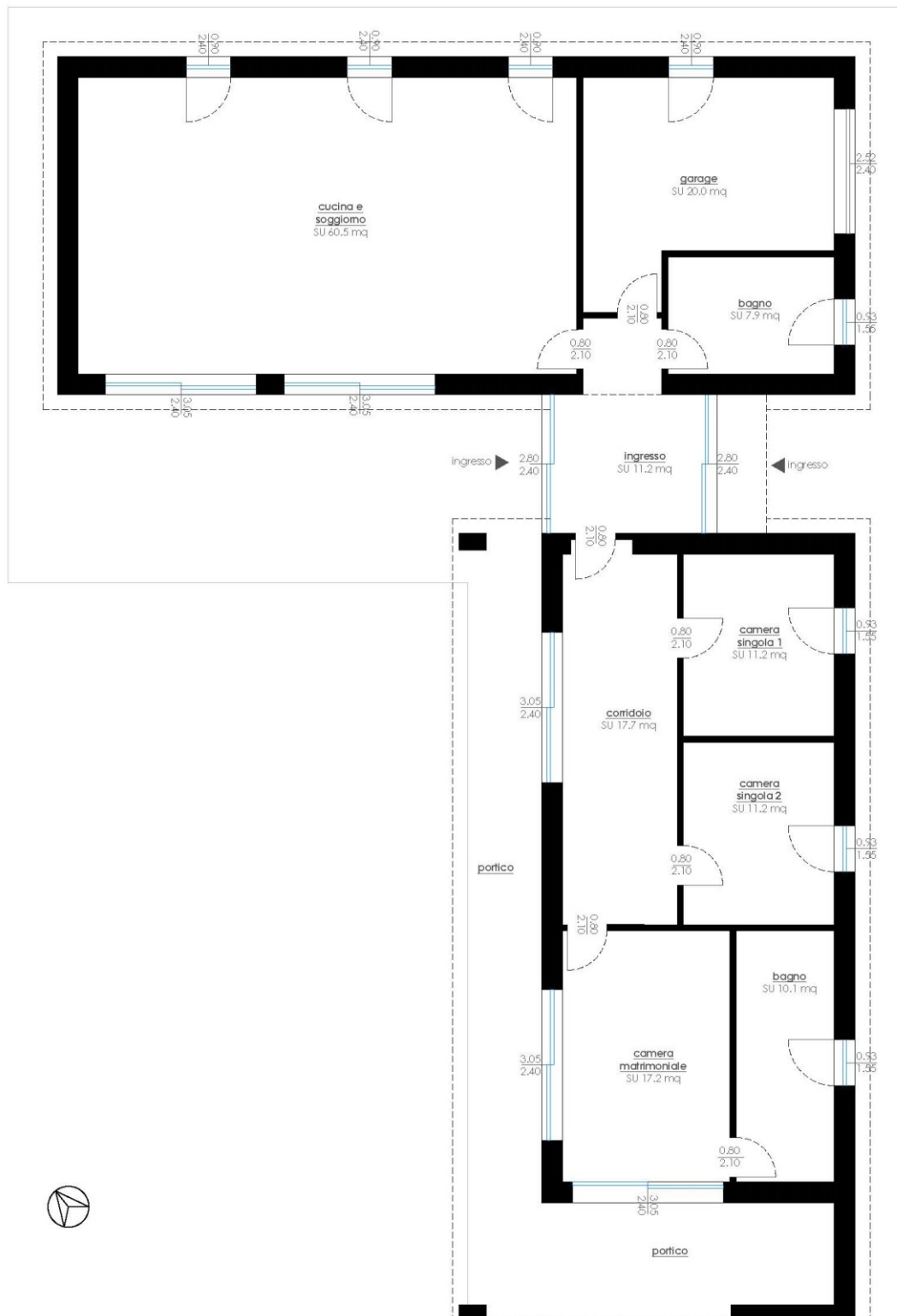


Figura 4-1
Pianta dell'abitazione



Figura 4-2
Vista Ovest abitazione



Figura 4-3
Vista Est abitazione



Figura 4-4
Vista Nord abitazione

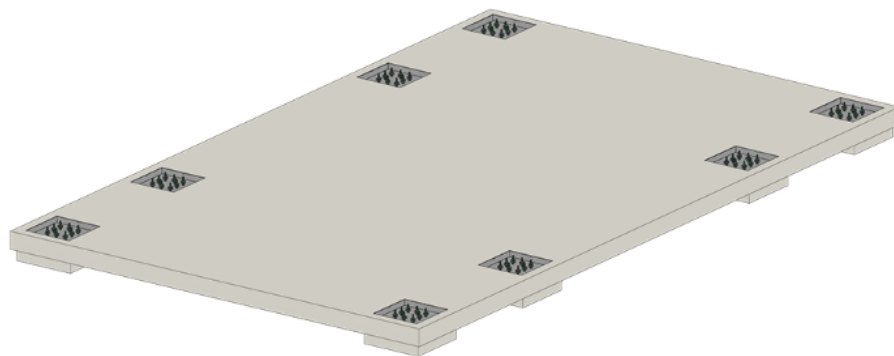


Figura 4-5
Vista Sud abitazione

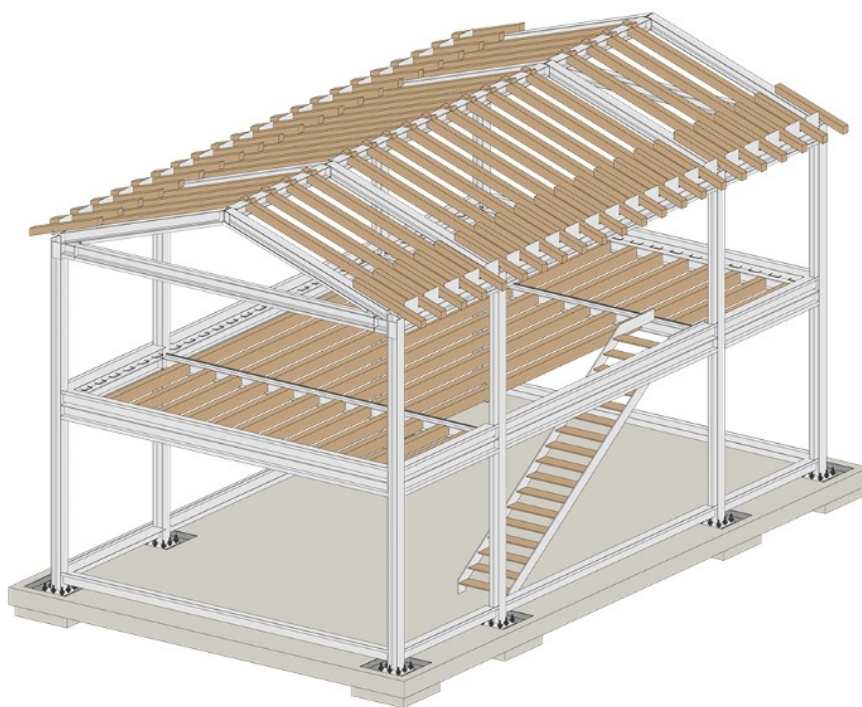
L'edificio in costruzione è realizzato secondo il sistema "Mobu", progetto sviluppato dall'azienda Creis srl di Bassano del Grappa (VI). Il metodo "Mobu", acronimo di Modular Building, consiste nella progettazione e realizzazione di elementi modulari al fine di garantire al cliente tempi certi di realizzazione, costi definiti in fase di progettazione, riduzione di materiale di scarto e industrializzazione del processo di costruzione degli edifici.

Il sistema è costituito da 4 fasi principali:

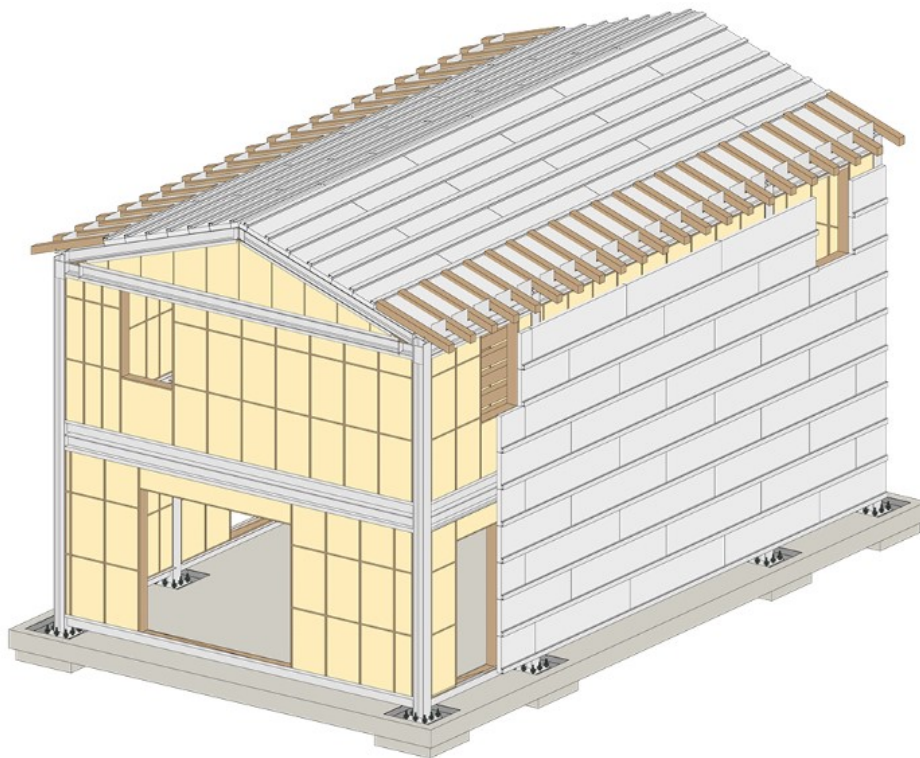
- Realizzazione della fondazione mediante platea in calcestruzzo e ancoraggio della piastra di tirafondo;



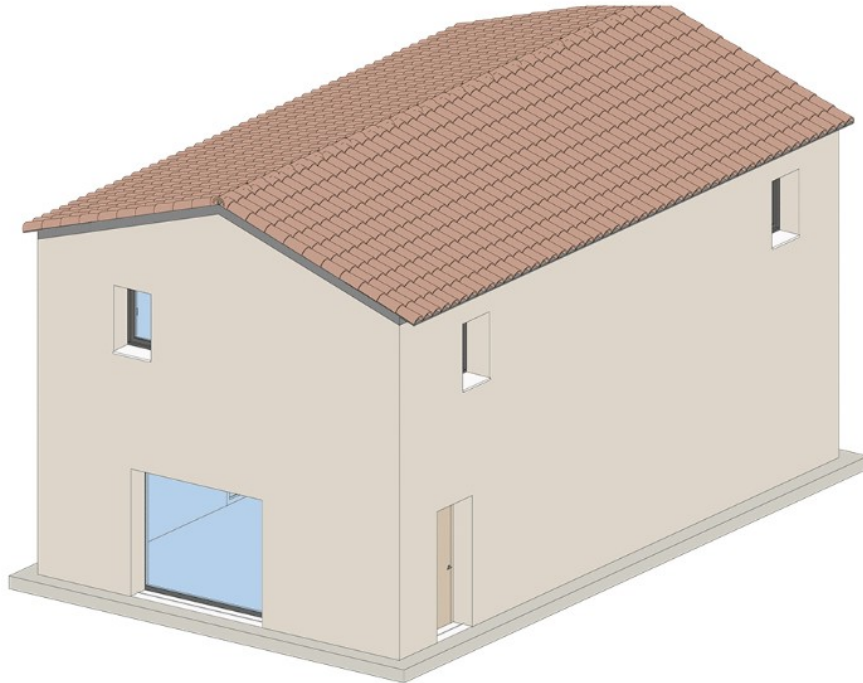
- Struttura costituita da telaio in acciaio che offre resistenza, duttilità, leggerezza e solai con travi in legno;



- Coibentazione delle pareti con moduli prefabbricati in lana minerale su cornice di legno per il tamponamento degli spazi tra le strutture in acciaio e moduli ventilati composti da lastra in poliuretano e correntino metallico che garantisce la ventilazione naturale della facciata e la tenuta del rivestimento. Coibentazione della copertura con pannelli isolanti in lana di legno mineralizzata e legata con cemento e modulo ventilato analogo alle strutture verticali;



- Rivestimenti delle pareti interne ed esterne con materiali tradizionali o moderni e installazione dei serramenti.



Il sistema “Mobu” offre prestazioni considerevoli dal punto di vista energetico e del comportamento sismico. La struttura metallica, oltre alla versatilità e velocità di costruzione, fornisce all’edificio una sicurezza sismica superiore alle costruzioni di tipo tradizionale con mattoni e calcestruzzo. Le strutture verso l’esterno sono performanti nel periodo invernale, nello specifico la parete verticale ha una trasmittanza termica pari a $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ e di $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ in corrispondenza del pilastro in acciaio. La copertura ha una trasmittanza termica pari a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Di seguito le prestazioni energetiche dell’abitazione del caso studio.

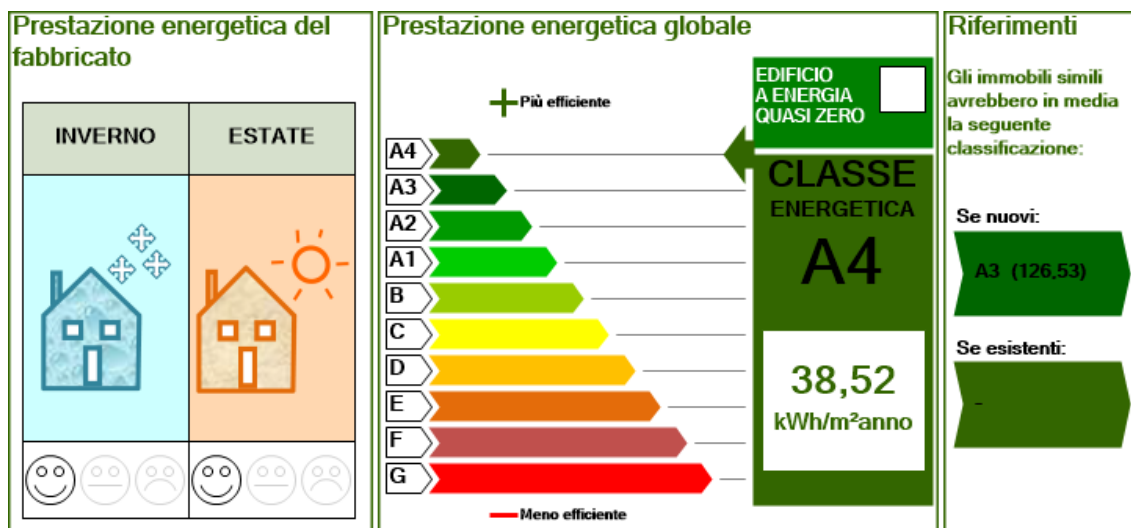


Figura 4-6
Prestazione energetica globale dell'edificio

Tabella 4-35
Prestazioni energetiche in riscaldamento dell'edificio

Indici	Potenza (W/m ²)
Fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento	21613 kWh/anno
Fabbisogno di energia primaria rinnovabile per il riscaldamento	16491 kWh/anno
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento	5122 kWh/anno
Fabbisogno di energia primaria totale per il riscaldamento su unità di superficie	129,42 kWh/m ² anno
Fabbisogno di energia primaria rinnovabile per il riscaldamento su unità di superficie	98,75 kWh/m ² anno
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento su unità di superficie	30,67 kWh/m ² anno
Fabbisogno di energia primaria totale giornaliero per il riscaldamento su unità di superficie	0,711 kWh/m ² giorno
Fabbisogno di energia primaria rinnovabile giornaliero per il riscaldamento su unità di superficie	0,543 kWh/m ² giorno
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile giornaliero per il riscaldamento su unità di superficie	0,169 kWh/m ² giorno

L'abitazione ha le seguenti apparecchiature elettriche e sono state assunte le seguenti ipotesi.

Tabella 4-36
Dotazioni del caso studio

Dotazioni	Numero	Potenza elettrica massima assorbita per apparecchio (W)
Forno elettrico	1	2960
Forno a microonde	1	1270
Piano cottura a induzione 4 zone cottura	1	7300
Frigocongelatore ad una anta	1	110
Lavastoviglie	1	2000
Televisore 43"	1	125
Lavatrice	1	2000
Asciugatrice in pompa di calore	1	700
Caricabatteria cellulare	4	25
Computer desktop e monitor	1	420
Modem-router	1	24
Asciugacapelli	1	2400

Tabella 4-37
Assunzioni del caso studio

Assunzioni	
Numero persone	4
Potenza sensibile per persona (00:00-07:00)	60 W
Potenza latente per persona (00:00-07:00)	35 W
Potenza sensibile per persona (00:00-07:00)	75 W
Potenza latente per persona (00:00-07:00)	55 W
Potenza assorbita per l'illuminazione	2 W/m ²
Limite potenza elettrica assorbita (contatore)	6 kW

Tabella 4-38**Assunzioni del caso studio per fascia oraria**

Orario	Numero persone	Locali con illuminazione	Apparecchiature elettriche utilizzate	Potenza apparecchiature elettriche (W)
00:00 – 07:00	4		Frigocongelatore Modem-router N°2 caricabatteria cellulare	110 24 25x2
07:00 – 08:30	4	Tutti a meno del garage	Frigocongelatore Televisore Piano cottura Modem-router N°2 caricabatteria cellulare	110 125 500 24 25x2
08:30 – 12:30	1	Ingresso Cucina e soggiorno Bagno Corridoio	Frigocongelatore Lavatrice Modem-router Caricabatteria cellulare	110 1000 24 25
12:30 – 14:00	4	Ingresso Cucina e soggiorno Corridoio	Frigocongelatore Televisore Piano cottura Modem-router	110 125 1000 24
14:00 – 18:00	3	Ingresso Cucina e soggiorno Corridoio Camera singola 1	Frigocongelatore Televisore Modem-router Computer desktop e monitor	110 125 24 420
18:00 – 21:00	4	Ingresso Cucina e soggiorno Corridoio	Frigocongelatore Televisore Piano cottura Forno Modem-router	110 125 500 2072 24
21:00 – 24:00	4	Ingresso Cucina e soggiorno Bagno Corridoio	Frigocongelatore Televisore Lavastoviglie Modem-router	110 125 1000 24

4.4.1 CALCOLI

Tabella 4-39

Carichi endogeni per locale dalle ore 0:00 alle 07:00

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso				
Cucina e soggiorno				110
Bagno				
Garage				
Corridoio				24
Camera matrimoniale	2	190		25
Camera singola 1	1	95		25
Camera singola 2	1	95		
Bagno				
Totale	4	380		184

Tabella 4-40

Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 0:00 alle 07:00

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso		11,2	
Cucina e soggiorno	110	60,5	1,8
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	24	17,7	1,4
Camera matrimoniale	215	17,2	12,5
Camera singola 1	120	11,2	10,7
Camera singola 2	95	11,2	8,5
Bagno		10,1	
Totale	564	167	3,4

Tabella 4-41**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 0:00 alle 07:00**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso				
Cucina e soggiorno				0,77
Bagno				
Garage				
Corridoio				0,17
Camera matrimoniale	2	1,33		0,18
Camera singola 1	1	0,67		0,18
Camera singola 2	1	0,67		
Bagno				
Totale	4	2,66		1,29

Tabella 4-42**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 0:00 alle 07:00**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso		11,2	
Cucina e soggiorno	0,77	60,5	0,013
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	0,17	17,7	0,009
Camera matrimoniale	1,51	17,2	0,088
Camera singola 1	0,84	11,2	0,075
Camera singola 2	0,67	11,2	0,059
Bagno		10,1	
Totale	3,95	167	0,024

Tabella 4-43**Carichi endogeni per locale dalle ore 7:00 alle 08:30**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	3	390	121	735
Bagno	1	130	15,8	
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale			34,4	25
Camera singola 1			22,4	25
Camera singola 2			22,4	
Bagno			20,2	
Totale	4	520	294	809

Tabella 4-44**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 7:00 alle 08:30**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2
Cucina e soggiorno	1246	60,5	20,6
Bagno	145,8	7,9	18,5
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale	59,4	17,2	3,5
Camera singola 1	47,4	11,2	4,2
Camera singola 2	22,4	11,2	2
Bagno	20,2	10,1	2
Totale	1623	167	9,7

Tabella 4-45**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 7:00 alle 08:30**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,03	
Cucina e soggiorno	3	0,59	0,18	0,60
Bagno	1	0,2	0,02	
Garage			0,00	
Corridoio			0,05	0,04
Camera matrimoniale			0,05	0,04
Camera singola 1			0,03	0,04
Camera singola 2			0,03	
Bagno			0,03	
Totale	4	0,78	0,44	0,71

Tabella 4-46**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 7:00 alle 08:30**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,03	11,2	0,003
Cucina e soggiorno	1,37	60,5	0,023
Bagno	0,22	7,9	0,028
Garage		20	0,000
Corridoio	0,09	17,7	0,005
Camera matrimoniale	0,09	17,2	0,005
Camera singola 1	0,07	11,2	0,006
Camera singola 2	0,03	11,2	0,003
Bagno	0,03	10,1	0,003
Totale	2,17	167	0,012

Tabella 4-47**Carichi endogeni per locale dalle ore 08:30 alle 12:30**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	1	130	121	110
Bagno			15,8	1000
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				25
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	1	130	194,6	1159

Tabella 4-48**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 08:30 alle 12:30**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2
Cucina e soggiorno	361	60,5	6
Bagno	1015,8	7,9	128,6
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1	25	11,2	2,2
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	1483,6	167	8,9

Tabella 4-49**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 08:30 alle 12:30**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,09	
Cucina e soggiorno	1	0,52	0,48	0,44
Bagno			0,06	2
Garage				
Corridoio			0,14	0,1
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				0,1
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	1	0,52	0,78	2,64

Tabella 4-50**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 08:30 alle 12:30**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,09	11,2	0,008
Cucina e soggiorno	1,44	60,5	0,024
Bagno	2,06	7,9	0,261
Garage		20	
Corridoio	0,24	17,7	0,013
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1	0,1	11,2	0,009
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	3,93	167	0,024

Tabella 4-51**Carichi endogeni per locale dalle ore 12:30 alle 14:00**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	4	520	121	1235
Bagno				
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	520	178,8	1259

Tabella 4-52**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 12:30 alle 14:00**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2,0
Cucina e soggiorno	1876	60,5	31,0
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	1957,8	167	11,7

Tabella 4-53**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 12:30 alle 14:00**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,03	
Cucina e soggiorno	4	0,78	0,18	13,53
Bagno				2
Garage				
Corridoio			0,05	0,04
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	0,78	0,27	13,56

Tabella 4-54**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 12:30 alle 14:00**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,03	11,2	0,003
Cucina e soggiorno	14,49	60,5	0,239
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	0,09	17,7	0,005
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	14,61	167	0,087

Tabella 4-55**Carichi endogeni per locale dalle ore 14:00 alle 18:00**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	2	260	121	235
Bagno				
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale				
Camera singola 1	1	130	22,4	420
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	3	390	201,2	679

Tabella 4-56**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 14:00 alle 18:00**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2,0
Cucina e soggiorno	616	60,5	10,2
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1	572,4	11,2	51,1
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	1270,2	167	7,6

Tabella 4-57**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 14:00 alle 18:00**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,09	
Cucina e soggiorno	2	1,04	0,48	0,94
Bagno				
Garage				
Corridoio			0,14	0,1
Camera matrimoniale				
Camera singola 1	1	0,52	0,09	1,68
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	3	1,56	0,80	2,72

Tabella 4-58**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 14:00 alle 18:00**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,09	11,2	0,008
Cucina e soggiorno	2,46	60,5	0,041
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	0,24	17,7	0,013
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1	2,29	11,2	0,204
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	5,08	167	0,03

Tabella 4-59**Carichi endogeni per locale dalle ore 18:00 alle 21:00**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	4	520	121	2807
Bagno				
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	520	178,8	2831

Tabella 4-60**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 18:00 alle 21:00**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2,0
Cucina e soggiorno	3448	60,5	57
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	3529,8	167	21,1

Tabella 4-61**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 18:00 alle 21:00**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,07	
Cucina e soggiorno	4	1,56	0,36	3,28
Bagno				
Garage				
Corridoio			0,11	0,07
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	1,56	0,54	3,35

Tabella 4-62**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 18:00 alle 21:00**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,07	11,2	0,006
Cucina e soggiorno	5,2	60,5	0,086
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	0,18	17,7	0,01
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	5,45	167	0,033

Tabella 4-63**Carichi endogeni per locale dalle ore 21:00 alle 24:00**

Locale	Numero persone	Carico affollamento (W)	Carico illuminazione (W)	Carico apparecchiature (W)
Ingresso			22,4	
Cucina e soggiorno	3	390	121	1235
Bagno	1	130	15,8	
Garage				
Corridoio			35,4	24
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	520	194,6	1259

Tabella 4-64**Carichi totali e su unità di superficie dalle ore 21:00 alle 24:00**

Locale	Carico totale (W)	Superficie (m ²)	Carico totale/superficie (W/m ²)
Ingresso	22,4	11,2	2,0
Cucina e soggiorno	1746	60,5	28,9
Bagno	145,8	7,9	18,5
Garage		20	
Corridoio	59,4	17,7	3,4
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	1973,6	167	11,8

Tabella 4-65**Energia dovuta dai carichi endogeni per locale dalle ore 21:00 alle 24:00**

Locale	Numero persone	Energia dall'affollamento (kWh)	Energia di illuminazione (kWh)	Energia delle apparecchiature (kWh)
Ingresso			0,07	
Cucina e soggiorno	3	1,17	0,36	3,71
Bagno	1	0,39	0,05	
Garage				
Corridoio			0,11	0,07
Camera matrimoniale				
Camera singola 1				
Camera singola 2				
Bagno				
Totale	4	1,56	0,58	3,78

Tabella 4-66**Energia dovuta dai carichi totali e su unità di superficie dalle ore 21:00 alle 24:00**

Locale	Energia totale (kWh)	Superficie (m ²)	Energia totale/superficie (kWh/m ²)
Ingresso	0,07	11,2	0,006
Cucina e soggiorno	5,24	60,5	0,087
Bagno		7,9	
Garage		20	
Corridoio	0,18	17,7	0,01
Camera matrimoniale		17,2	
Camera singola 1		11,2	
Camera singola 2		11,2	
Bagno		10,1	
Totale	5,92	167	0,035

5. ANALISI DEI DATI

I risultati degli scenari hanno dimostrato l'importanza di considerare il contributo termico dovuto dai carichi endogeni. Nello specifico, la seguente tabella illustra i valori di potenza di picco su unità di superficie dei tipologici sviluppati del presente studio.

Tabella 5-1

Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco dei tipologici del presente studio

Tipologico	Potenza (W/m ²)
Tipologico 1 (residenziale)	43,2
Tipologico 2 (residenziale)	40,3
Tipologico 3 (residenziale)	42,7
Valore medio dei tipologici 1,2 e 3 (residenziale)	42,0
Tipologico 4 (uffici)	96,5
Tipologico 5 (grande distribuzione)	81,0

Si evince che la potenza può assumere valori considerevoli su unità di superficie. Tali carichi possono essere sfruttati nel periodo invernale se l'impianto di riscaldamento è in grado di garantire una notevole flessibilità di carico, mentre nel periodo estivo determinare un discomfort se l'impianto di raffrescamento non è stato progettato accuratamente.

Nell'ultimo scenario, ovvero il caso studio dove è stata analizzata un'abitazione in fase di realizzazione nel comune di Susegana (TV), i risultati del calcolo di potenza e di energia dei carichi endogeni e su unità di superficie sono illustrati nelle seguenti tabelle.

Tabella 5-2

Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco del caso studio

Orario	Potenza (W/m²)
00:00 – 07:00	3,4
07:00 – 08:30	9,7
08:30 – 12:30	8,9
12:30 – 14:00	11,7
14:00 – 18:00	7,6
18:00 – 21:00	21,1
21:00 – 24:00	11,8
Valore medio	10,6

Tabella 5-3

Riepilogo risultati dei carichi endogeni di picco del caso studio

Orario	Energia (kWh/m²)
00:00 – 07:00	0,024
07:00 – 08:30	0,012
08:30 – 12:30	0,024
12:30 – 14:00	0,087
14:00 – 18:00	0,03
18:00 – 21:00	0,033
21:00 – 24:00	0,035
Valore giornaliero	0,245
Valore annuale	89,333

Il fabbisogno di energia primaria totale giornaliero per il riscaldamento su unità di superficie dell'abitazione è pari a 0,711 kWh/m² giorno e l'energia giornaliera dei carichi endogeni su unità di superficie è pari a 0,245 kWh/m² giorno, quindi i carichi interni possono garantire circa un 35% del fabbisogno dell'abitazione nel periodo invernale.

6. CONCLUSIONI

Il presente studio si è posto l'obiettivo di analizzare i valori dei carichi endogeni negli edifici civili indicati nella letteratura scientifica e nelle normative vigenti, e aggiornare tali informazioni per poter valutare più accuratamente i reali carichi interni, sia in fase di progettazione di nuove costruzioni e sia di edifici esistenti dotati di apparecchiature recenti.

L'analisi ha dimostrato una notevole varietà di carichi endogeni, specialmente dovuta da dispositivi elettrici ed elettronici presenti in abitazioni e spazi commerciali, che generano una potenza termica assolutamente non trascurabile. Oltre all'identificazione di nuovi carichi termici, lo studio ha fornito il calcolo della potenza termica emessa dai carichi endogeni per alcuni esempi di edifici.

La presente tesi, analizzando i carichi endogeni negli edifici civili, ha illustrato quanto sia importante considerare in modo preciso e accurato tali apporti energetici, in quanto il loro contributo può risultare preponderante rispetto ad altri carichi termici, come la ventilazione e la trasmissione di calore delle strutture. Ogni caso o soluzione dovrebbe essere preso nello specifico, ma il presente studio può aiutare a prendere consapevolezza del contributo dei carichi endogeni e stimare in fase preliminare la potenza di picco dei carichi in edifici residenziali, ad uso uffici e commerciali.

7. BIBLIOGRAFIA

Nicola Rossi (2009). Manuale del termotecnico. Fondamenti-Riscaldamento-Condizionamento-Refrigerazione-Risorse energetiche. Hoepli. Milano, Italia.

Simone Ferrari, Federica Zagarella, Paola Caputo, Marina Bonomolo (2023). Sustainable Cities and Society, 89, 104306.

Robert Hendron, Cheryn Engebrecht (2009). Building America Research Benchmark Definition. National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado, USA.

UNI (2021). UNI EN 12464-1: 2021, Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro in interni. Milano, Italia.

UNI (2014). UNI/TS 11300-1: 2014, Prestazioni Energetiche degli Edifici—Parte 1: Determinazione del Fabbisogno di Energia Termica Dell’edificio per la Climatizzazione Estiva ed Invernale. Milano, Italia.

ASHRAE. (2016). Addenda ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-201.6 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, USA.

ISO. (2016). ISO 18523-1:2016, Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation - Part 1: Non-residential buildings. Ginevra, Svizzera.

ISO. (2017). ISO 17772-1:2017. Energy performance of buildings – Indoor environmental quality – Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings. Ginevra, Svizzera.

ISO. (2018). ISO 18523-2:2018, Energy performance of buildings - Schedule and condition of building. zone and space usage for energy calculation - Part 2: Residential buildings. Ginevra, Svizzera.

Decreto interministeriale 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. Roma, Italia.

Decreto ministeriale Sanità 5 luglio 1975. Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896, relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione. Roma, Italia.

Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Roma, Italia.