



Konferenz Kantonaler Energiefachstellen
Conférence des services cantonaux de l'énergie

Linee guida EN-101c

ENteb

Strumento di verifica energetica per edifici semplici

Edizione ottobre 2018, della versione 1

EnFK Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie		EN-101c	Verifica energetica per edifici semplici ENteb		
Comune:	Abitazione d'esempio	N° part.:	600	N° fabbr.:	
Progetto:	Nuova casa unifamiliare, via Da Costruire 1, 6500 Bellinzona	EGID:	1111111111		
Dati dell'edificio					
Cantone	Ticino				
Stazione climatica	Lugano				
Altitudine	225	msm			
Categoria d'edificio	Abitazioni monofamiliari				
Superficie di riferimento energetico Ae	136	m ²			
Superficie dell'involucro termico dell'edificio Ath (superficie verso esterno, locali non riscaldati e terra)	296	m ²			
Rapporto di forma				2.18	
Involucro					
Tipo di costruzione	massiccio				
Elementi opachi (verso esterno o < 2m nel terreno)*	verso esterno < 0.17	W/m ² K			
Valore U finestra (vetro, telaio e collegam. vetro-telaio)	Valore U < 1.0	W/m ² K			
Valore g vetro	Valore g > 0.45				
Quota superficie vetrata	Quota < 20%				
Impianto di ventilazione	Ventilazione meccanica				
Fabbisogno di calore per riscaldamento				22.6	kWh/m ²
Fabbisogno di calore per acqua calda sanitaria				14.0	kWh/m ²
Fabbisogno di calore per riscaldamento e acqua calda sanitaria				36.6	kWh/m²
Tecnica dell'edificio					
Riscaldamento	Pompa di calore Aria/Acqua, T<35°C			11.8	kWh/m ²
Acqua calda sanitaria	Pompa di calore Aria/Acqua			9.8	kWh/m ²
Impianto solare termico	Nessuno				
Impianto di ventilazione	Ventilazione meccanica			5.2	kWh/m ²
Fabbisogno di energia per riscaldamento, acqua calda sanitaria e ventilazione				26.9	kWh/m ²
Fabbisogno di energia, valore limite				35.0	kWh/m ²
				Rispettato	
Dati complementari					
Protezione solare esterna		Si			
Climatizzazione assente		Si			
Elementi interrati > 2m o verso locali non riscaldati < 0.25 W/m ² K		Si			
Isolazione esterna continua, senza interruzioni		Si			
Verifica dei ponti termici soddisfatta		Si			
Tutti i locali riscaldati sono all'interno dell'involucro termico		Si			
Max. 10% delle superfici opache con valori U superiori alle prescrizioni		Si			
Isolamento delle condotte (trasporto di calore e ventilazione) rispettato		Si			Condizioni soddisfatte
Produzione di elettricità					
Impianto PV, potenza installata:	2.0	kWp	o tasa comp.		14.7 Wp/m ²
					Condizioni soddisfatte

Contenuto e scopo

La presente guida spiega l'utilizzo dei modelli e del tool Excel EN-101c «Strumento di verifica per edifici semplici» per la verifica matematica del rispetto dei requisiti d'isolamento termico, e la copertura del fabbisogno termico dei nuovi edifici, in conformità al Modello di prescrizioni energetiche cantonali (MoPEC) aggiornato al 2018.

Questa versione di verifica (formulario EN-101c) integra la possibilità di verificare l'esigenza concernente la copertura del fabbisogno termico nei nuovi edifici e la verifica dell'isolamento termico. È consentito solo per edifici residenziali e può essere utilizzato solo se i requisiti semplificati sono pienamente rispettati. Sono necessari solo pochi dati, con i quali è possibile sostituire le verifiche energetiche dei moduli da EN-101 a EN-105.

ENteb può essere usato per oggetti che soddisfano i seguenti criteri:

- nuove edifici
- tutti i Cantoni (a condizione sia accettato e reso pubblico dal Cantone)
- tutte le stazioni climatiche
- entrambi gli usi abitativi (plurifamiliari e monofamiliari)
- singola zona riscaldata

Le linee guida sono strutturate come segue:

1. Introduzione
2. Utilizzo ENteb
3. Definizione e modello del fabbisogno termico di riscaldamento
4. Definizione e modello del fabbisogno di energia finale

Mandante:

Conferenza dei servizi cantonali dell'energia EnFK
c/o Direzione delle costruzioni del Cantone Zurigo AWEL, Sez. Energia
Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zurigo

Mandatario:

Enerhaus Web Services GmbH
Chris Bürgi & Adrian Tschui
Postweg 7, 4528 Zuchwil

1. Introduzione

L'esigenza sulla copertura del fabbisogno termico delle nuove costruzioni è ritenuta soddisfatta tramite l'applicazione dei provvedimenti dichiarati mediante lo strumento "Verifica energetica per edifici semplici".

Lo strumento di calcolo integra le seguenti specifiche:

- nuove costruzioni;
- tutte le stazioni climatiche;
- SIA 380/1:2016;
- entrambi gli usi abitativi (abitazioni plurifamiliari e monofamiliari)
- utilizzi senza macchine del freddo;
- le singole combinazioni di soluzione standard sono fundamentalmente rappresentate;
- i formulari EN-101, EN-102 ed EN-104 sono inclusi nel modulo;
- anche i formulari EN-103 e EN-105 sono trattati tramite semplici domande;
- sistemi di ventilazione basati sul calcolo secondo SIA 380/1: 2016;
- analisi di un'unica zona.

Al momento il tool non è applicabile per:

- ristrutturazioni/risanamenti;
- costruzioni non abitative (a partire dalla categoria d'utilizzo III secondo SIA 380/1);
- edifici climatizzati in generale;
- combinazione libera degli impianti tecnici e/o dell'involucro costruttivo (per esempio gli impianti bivalenti);
- specifiche cantonali, come per esempio ulteriori esigenze accresciute o complementari;
- elaborazione di più zone;
- dati sull'efficienza dell'involucro secondo SIA 2031;
- Esigenze relative alle prestazioni dell'involucro costruttivo (la verifica è basata solo sul controllo dei valori limiti di U e della superficie massima delle finestre).

Lo strumento di calcolo attesta il rispetto delle esigenze riguardanti la copertura del fabbisogno termico negli edifici di nuova costruzione come pure il rispetto della protezione termica invernale ed estiva. Si basa sul valore limite di 35 kWh/m². Nell'ambito delle esigenze sull'involucro costruttivo possono essere scelti solo valori uguali o migliori di quelli richiesti per i singoli elementi costruttivi. In questo modo anche le esigenze sull'involucro costruttivo sono soddisfatte.

Inoltre la produzione in proprio di energia elettrica viene inserita direttamente nello strumento di calcolo. Il limite 10 Wp/m² deve essere rispettato, altrimenti deve essere fornita una compensazione secondo le prescrizioni cantonali.

I destinatari di questo strumento di calcolo sono:

architetti, progettisti e imprese che devono verificare e dimostrare il rispetto delle prescrizioni energetiche, tramite uno strumento semplice. Già in fase iniziale di progetto è possibile verificare la conformità dell'involucro e della tecnica dell'edificio.

Con l'utilizzo di questo strumento, è possibile redigere giustificativi energetici comprensibili e sintetici, con facilità e velocità.

**Esigenze soddisfatte
tramite il formulario
EN-101c**

Campo d'applicazione

Valori limite

Destinatari

I partecipanti nell'ambito della formazione di base e della postformazione potranno utilizzare questo semplice strumento di calcolo negli esercizi di pianificazione del progetto, per dimostrare il rapporto inerente le prescrizioni energetiche tra involucro edilizio e impiantistica.

2. Come usare ENteb

Codice colore

Nel formulario ci sono quattro tipi di campo:





	campo di immissione dato (giallo)
	campo con valore calcolato (azzurro)
	campo con avviso d'errore ossia valore limite non rispettato (rosso)
	campo con esigenze soddisfatte (verde)

Figura 1: legenda colori dei campi dei dati d'inserimento e dei risultati

Nei campi di immissione (gialli) di regola è richiesto l'inserimento di un dato. Nei campi con valore calcolato (azzurri) vengono invece mostrati i risultati in base ai dati introdotti.

Ogni risultato viene descritto con «rispettato» (verde) oppure con «non rispettato» (rosso). Eventuali difformità vengono descritte:

Fabbisogno di energia per riscaldamento, acqua calda sanitaria e ventilazione	17.5 kWh/m ²	
Fabbisogno di energia, valore limite	35.0 kWh/m ²	
		Rispettato
Dati complementari		
Protezione solare esterna	No	
Climatizzazione assente	Si	
Elementi interrati > 2m o verso locali non riscaldati < 0.25 (m ² ·K)	Si	
Isolazione esterna continua, senza interruzioni	Si	
Verifica dei ponti termici soddisfatta	Si	
Tutti i locali riscaldati sono all'interno dell'involucro termico	Si	
Max. 10% delle superfici opache con valori U superiori alle prescrizioni	Si	
Isolamento delle condotte (trasporto di calore e ventilazione) rispettato	Si	Tool non utilizzabile

Figura 2: descrizione di esigenze non soddisfatte

Immissione dei dati dell'edificio

Analogamente agli altri formulari EN, anche sono da compilare le informazioni sul progetto di costruzione nell'intestazione. Questi dati non hanno tuttavia nessun effetto sul calcolo.


 <small>Konferenz Kantonaler Energiefachstellen Conférence des services cantonaux de l'énergie</small>	EN-101c	Verifica energetica per edifici semplici ENteb	
		Comune: Abitazione d'esempio	N° part.: 600
Progetto: Nuova casa unifamiliare, via Da Costruire 1, 6500 Bellinzona	EGID: 11111111		

Figura 3: intestazione del formulario con le informazioni generali sull'edificio

Con l'inserimento dei dati base vengono registrate le informazioni generali dell'edificio.

Inserimento dati base

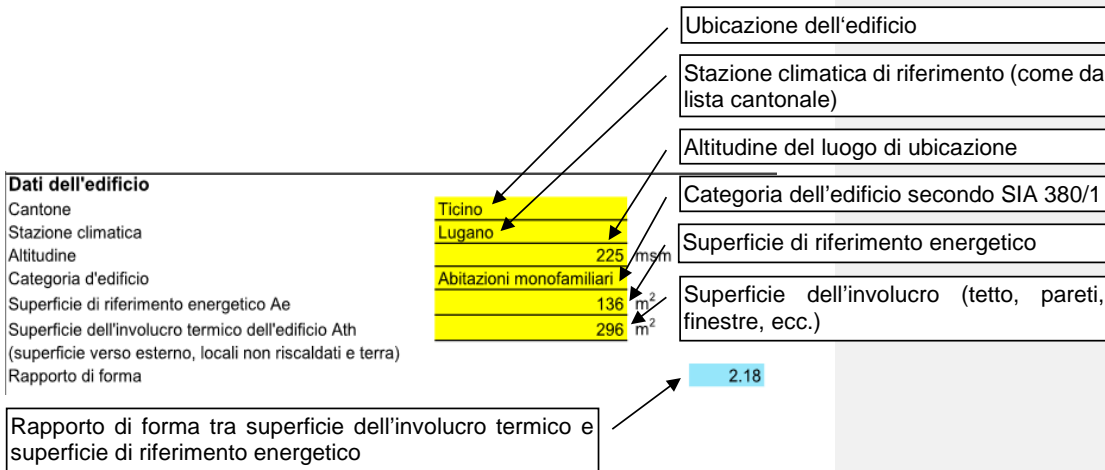


Figura 4: dati base per la registrazione dell'edificio

Alla sezione «Involucro» vengono fornite le esigenze da rispettare per gli elementi costruttivi opachi e trasparenti dell'involucro costruttivo. Sulla base di queste esigenze e dei dati di riferimento dell'edificio, viene determinato il fabbisogno termico di riscaldamento secondo SIA 380/1:2016 (vedi anche descrizione dettagliata del modello).

Registrazione involucro costruttivo

Selezionando il tipo di ventilazione vengono calcolate le perdite termiche effettive di ventilazione e all'occorrenza anche il fabbisogno di energia elettrica per la ventilazione meccanica.

Nella scelta dei dati con il simbolo di maggiore o di minore, per esempio finestre con valore $U < 0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, la finestra peggiore che ha il valore U più alto, non potrà superare il valore selezionato di $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Non è possibile utilizzare ENteb con valori U diversi da quelli predefiniti.

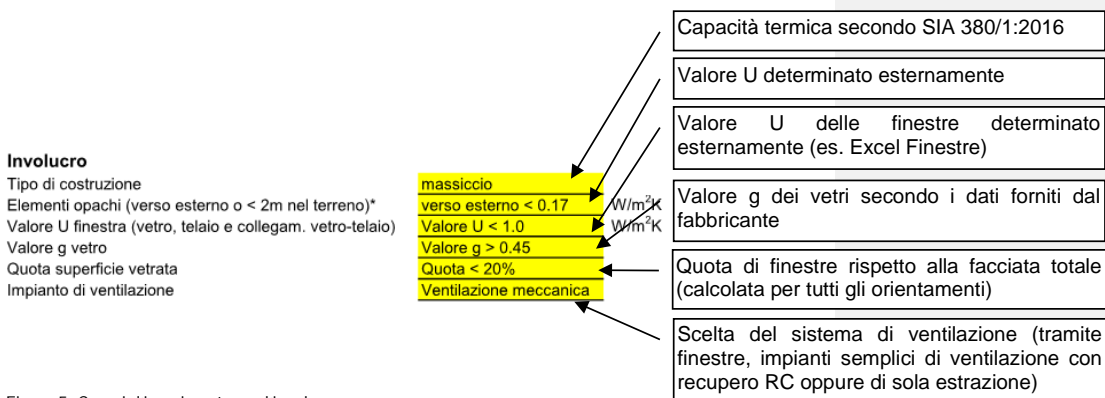


Figura 5: Campi d'inserimento per l'involucro

Eccezione elementi opachi

L'unica eccezione ammessa riguarda gli elementi opachi dell'involucro: è possibile il superamento dei valori U predefiniti fino ai valori limite secondo SIA 180 per un totale massimo del 5% di superficie totale degli elementi opachi per le abitazioni plurifamiliari e del 10% per le abitazioni monofamiliari.

Tecnica dell'edificio e fabbisogno di energia finale

Il fabbisogno globale di calore viene calcolato in base al fabbisogno di energia termica per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria (valori standard SIA 380/1:2016). A partire da questo dato, unitamente alla tecnica d'impianto scelta, viene calcolata l'energia finale ponderata.

Nella sezione «Tecnica dell'edificio» è possibile scegliere tra i diversi generatori di calore predefiniti per il riscaldamento e per l'acqua calda. È possibile anche aggiungere un impianto solare termico. Un eventuale consumo di energia elettrica dato da una ventilazione meccanica (a seconda di quanto selezionato alla sezione «Involucro») è calcolato automaticamente.

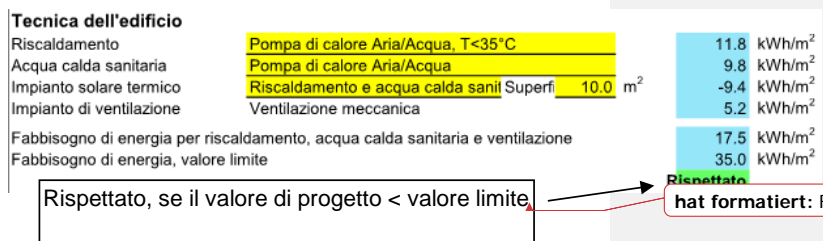


Figura 6: campo di inserimento per la tecnica dell'edificio

Dati complementari

Con la procedura semplificata, al fine di ottemperare alle ulteriori esigenze dei formulari da EN-103 fino a EN-105, bisogna rispondere alle domande della sezione «Dati complementari». Affinché tali esigenze siano rispettate, tutti i criteri qui elencati devono essere soddisfatti. In caso contrario la verifica semplificata tramite formulario EN-101c non è ammessa e pertanto devono essere compilati separatamente i formulari da EN-103 fino a EN-105.

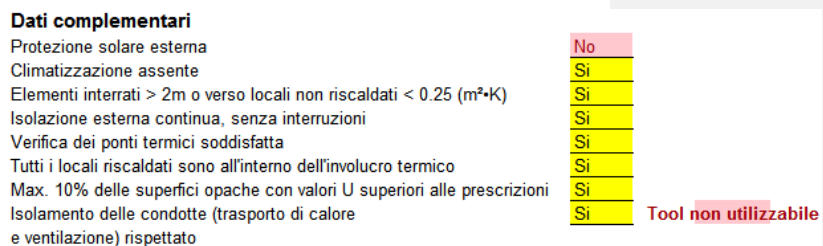


Figura 7: campi d'inserimento "Dati complementari"

Dati sulla produzione propria di elettricità

Per ultimo viene verificata la prescrizione MoPEC 2014 sulla produzione propria di energia elettrica. Il requisito è stabilito a livello cantonale, pertanto in base all'ubicazione del progetto.

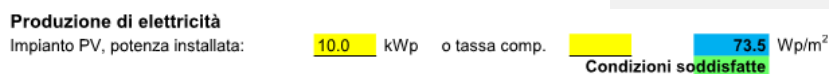


Figura 8: campo d'inserimento delle richieste della produzione propria di elettricità.

A conclusione del formulario EN-101c si trova l'elenco dei documenti necessari da presentare in allegato.

Allegati richiesti

- Calcolo dei valori U
 Check-list dei ponti termici
 Dati delle finestre
 Dati dell'impianto di produzione di elettricità
 Composizione delle superfici (Ae, Ath, se presenti: superfici con valori U superiori*)

Figura 9: lista degli allegati da inoltrare

In fondo al formulario si possono inserire eventuali osservazioni al progetto, nonché i dati di contatto e la firma del richiedente.

Allegati

Piè di pagina/ campo per la firma

Allegati / Spiegazioni		
Firme		
Nome, indirizzo risp. timbro della ditta	Verifica elaborata da: Studio di architettura via Lugano 111 6500 Bellinzona	Controllo della verifica / Controllo esterno: Si attesta la completezza e la correttezza:
Responsabile, tel: Luogo, data, firma:	A. Bianchi Bellinzona, 11.05.2020	
V1.03		Controllo esecuzione: <input type="checkbox"/> stessa persona oppure

Figura 10: campo per osservazioni e dati di contatto

Se tutte le esigenze risultano soddisfatte, si può considerare la verifica energetica conclusa e il formulario può essere inoltrato alle autorità competenti, completo di tutti gli allegati richiesti.

3. Origine e modello del fabbisogno termico per il riscaldamento

Obiettivo

L'obiettivo principale era di poter trattare la verifica della copertura del fabbisogno termico nelle nuove costruzioni (EN-101) tramite una combinazione di soluzioni standard e linee di regressione pre-calcolate del fabbisogno di riscaldamento.

Parte fabbisogno termico di riscaldamento

Il calcolo può essere diviso in due parti. In una prima fase viene calcolato in ENteb il fabbisogno termico per il riscaldamento. Questo calcolo si basa sul confronto di valori di progetto. Nel tool di calcolo sono state implementate numerose casistiche grazie alle quali sono state derivate le linee di regressione. In questo modo è possibile ricavare un valore di progetto, applicando la linea di regressione mediante l'aiuto del rapporto di forma e delle variabili definite (vedere anche il capitolo "Creazione di varianti" e "Variabili").

Valori di progetto base

I dati alla base di questo tool di calcolo sono gli stessi dati di costruzione con cui il gruppo di lavoro MoPEC definisce anche i valori limite delle singole categorie di edifici. Tutti gli edifici che rientravano in una delle prime quattro categorie d'uso secondo SIA 380/1, sono stati utilizzati per il calcolo dei rispettivi valori di progetto. Questo per un totale di 214 dei 300 dati di progetto disponibili.

Creazione di varianti

Al fine di valutare il peso dei singoli valori di input, sono stati effettuati vari calcoli con diversi parametri di input determinando la loro influenza sul fabbisogno di calore per il riscaldamento e su questa base sono state definite le varianti a disposizione dell'utente.

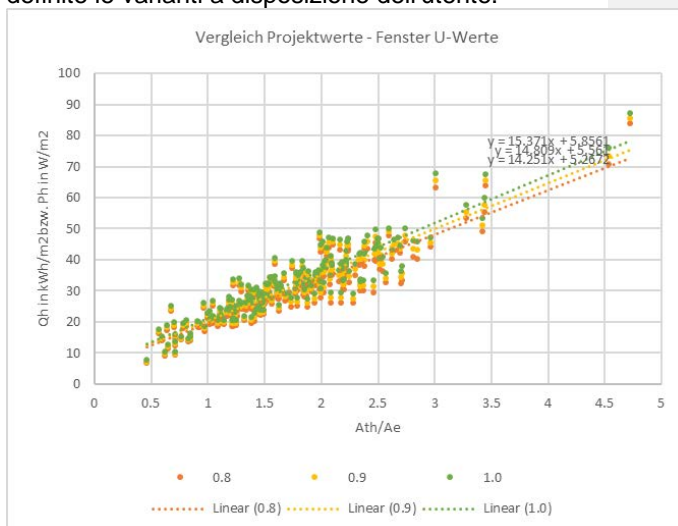


Figura 11: Esempio di analisi della rilevanza: Le famiglie di punti e le loro linee di regressione lineari risultanti dal confronto del valore di progetto del fabbisogno di riscaldamento per tre diversi valori U delle finestre.
(confronto dei file: 1-40-1-2-0.17-0.80-0.53-0.20-0.700_v1; 1-40-1-2-0.17-0.90-0.53-0.20-0.700_v1; 1-40-1-2-0.17-1.00-0.53-0.20-0.700_v1)

In seguito, sono stati calcolati i valori di progetto per tutte le combinazioni dei dati di input (vedi tabella variabili sottostante). A partire dai 214 valori di progetto per variante di combinazione, è stata quindi definita la linea di regressione risultante dalla nuvola di punti. Le singole linee di regressione sono state denominate in base alla rispettiva composizione delle singole variabili. Queste linee di regressione sono definite dal punto zero e dalla pendenza delle stesse. Il set di dati è composto nel seguente modo:

Variabili

2	09	1	1	0.17	0.80	0.50	0.10	0.700
Categoria d' utilizzo	Stazione meteo (numerazione secondo la sequenza SIA 2028)	Fattore della regolazione (1 = individuale per locale; 2 = locale di riferimento; 3 = temperatura esterna)	Massa termica edificio (1 = pesante 0.15; 2 = medio 0.08; 3 = leggero 0.03)	Valore U elementi opachi (senza corso terra/ non)	Valore U finestre	Valore g finestre	Parte vetrata della superficie di facciata (calcolata proporzionalmente ai dati di base)	Ricambio aria termicamente determinante (perdite termiche ventilazione) secondo il tipo di ventilazione

Figura 12: Chiave di denominazione per la singola variante calcolata. In questo caso: 2-09-1-1-0.17-0.80-0.50-0.10-0.700

Ognuna delle seguenti variabili sono state modificate e applicate quali combinazioni di varianti dei 214 progetti:

Nome variabile	Valore variante
Utilizzi	Plurifamiliare e monofamiliare – 2 varianti
Stazioni climatiche	Tutte le stazioni climatiche secondo SIA 2028 - 40 varianti
Massa	leggera, media e pesante (secondo SIA 380/1:2016) – 3 varianti
Valori U involucro opaco	0.10, 0.12, 0.15, 0.17 W/m ² K – 4 varianti (per tetto, parete e pavimento contro esterno, mentre contro terra costante 0.25)
Valori U finestre	0.8, 0.9, 1.0 W/m ² K - 3 varianti
Valori g finestre	0.40, 0.45 e 0.50 - 3 varianti
Parte vetrata	30%, 20% e 10% di superficie del vetro rispetto alla superficie delle facciate - 3 varianti
Ombreggiamento	L'ombreggiamento, considerato come costante, è stato ripreso dai dati di edifici standard
Ventilazione	Ventilazione tramite finestre, ventilazione controllata, o impianti di sola estrazione, calcolate in base alla SIA 380/1:2016 – 3 varianti

In questo modo dal calcolo del fabbisogno per il riscaldamento per 214 edifici sono risultati un totale di 77'760 di possibili combinazioni, per un totale di oltre 16 milioni di calcoli secondo SIA 380/1.

Tuttavia, aggiungendo tutte le ulteriori variazioni, sono stati eseguiti oltre 80 milioni di calcoli SIA 380/1.

Metodo

Tramite la combinazione di varianti (come in Figura 12), in ENteb la linea di regressione viene definita dal rispettivo insieme di punti dei valori di progetto. Successivamente il valore di progetto ENteb viene determinato partendo dal coefficiente di forma dell'edificio (area dell'involucro dell'edificio termico diviso la superficie di riferimento energetico - A_{th} / A_E) e incrociando la linea di regressione lineare. Questo valore sarà quindi ulteriormente ponderato e calcolato. Pertanto, anche la superficie di riferimento energetico e il coefficiente di forma sono tra i dati di input importanti da registrare.

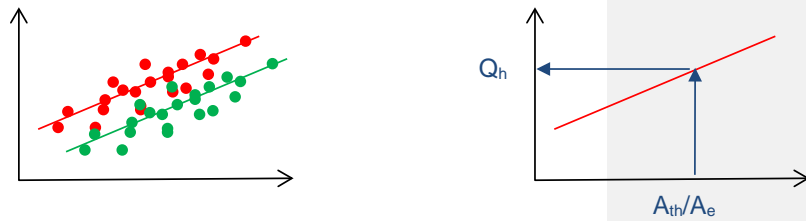


Figura 13: Rappresentazione simbolica della nuvola di punti di tutti gli oggetti con due diverse varianti di calcolo a confronto, ciascuna delle quali determina una retta di regressione. Calcolando in seguito il coefficiente di forma e in base alla variante scelta (rappresentata dalla rispettiva retta di regressione), è possibile determinare il valore di progetto.

Correzione fabbisogno termico riscaldamento

Grazie ad un esame di plausibilità eseguito da uno studio indipendente, come pure prendendo per buono un superamento del valore dichiarato U massimo degli elementi costruttivi opachi verso esterno (con una superficie massima del 5% per le case plurifamiliari e del 10% per le monofamiliari), ulteriori calcoli dimostrano che è necessario prevedere un supplemento tecnico programmato per i valori di progetto ENteb del 5% per le case monofamiliari e del 10% per le plurifamiliari.

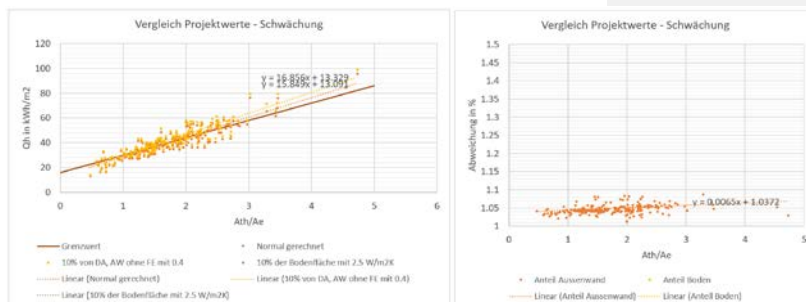


Figura 14: Confronto tra la retta di regressione ENteb "normale" di una casa monofamiliare con quella dello stesso progetto ma con il 10% della superficie di elementi opachi con valori U di 0.4 W/(m²·K). Risultato: circa 5% di maggior fabbisogno termico di riscaldamento.

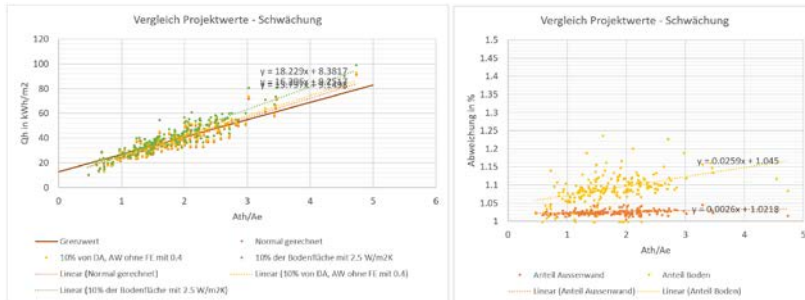


Figura 14: Confronto tra la retta di regressione ENteb "normale" di una casa plurifamiliare con quella dello stesso progetto ma con il 5% della superficie di elementi opachi con valori U di 0.4 W/(m²·K) rispettivamente con il 5% della superficie di pavimento occupata da una scala. Risultato: circa 5-10 % di maggior fabbisogno termico di riscaldamento.

4. Origine e modello del fabbisogno dell'energia finale

4.1 Fattori di ponderazione

Calcolo

Per gli ulteriori calcoli dell'energia finale vengono utilizzati il fabbisogno termico per l'acqua calda (SIA 380/1:2016), nonché il fabbisogno termico di riscaldamento derivante dalla linea di regressione corretta con i fattori nazionali di ponderazione (figura 18) e con i gradi di rendimento (figura 19). Vengono inoltre considerati eventuali deduzioni per l'impianto solare termico, come pure supplementi ponderati per l'energia di ventilazione.

La verifica delle esigenze riguardo la copertura del fabbisogno termico contiene le seguenti componenti, rispettivamente rappresenta la somma dei singoli consumi energetici annuali:

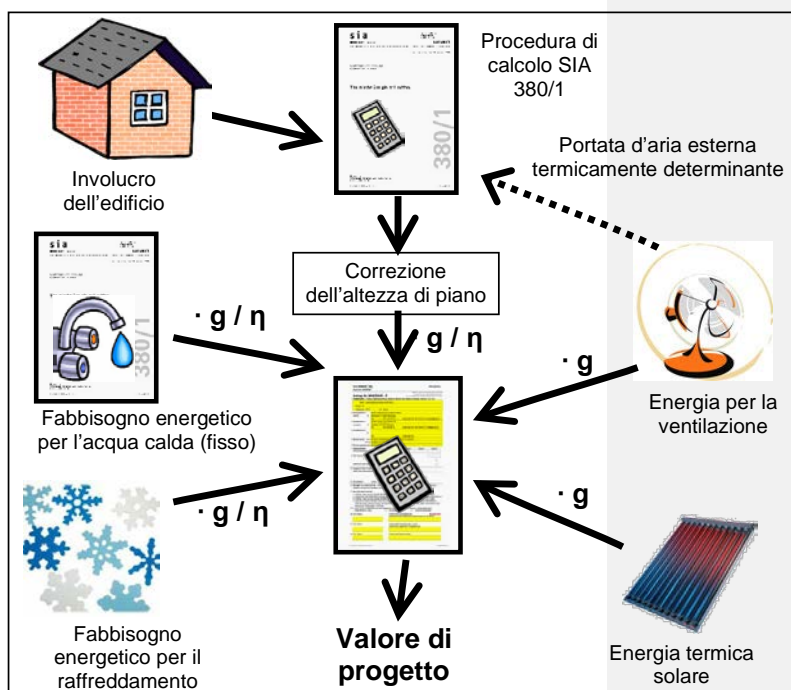


Figura 15: Procedura per la verifica delle esigenze sulla copertura del fabbisogno termico, Aiuto all'esecuzione EN-101, versione maggio 2016

$$E_{HLWK} = Q_{H,eff,korr} \cdot \frac{g_H}{\eta_H} + Q_W \cdot \frac{g_W}{\eta_W} + E_{LK} \cdot g_{LK} \leq E_{HLWK,li}$$

Figura 16: Formula per il calcolo di verifica della copertura del fabbisogno termico, Aiuto all'esecuzione EN-101

I seguenti dati base rappresentano i fattori nazionali di ponderazione e i rispettivi gradi di rendimento.

Fattori di ponderazione

Vettore energetico	g → Fattore nazionale di ponderazione
Elettricità	2,0
Olio da riscaldamento, gas, carbone	1,0
Biomassa (legna, biogas, gas depurazione)	0,5
Teleriscaldamento: produzione con parte fossile ≤ 50%	0,6
Sole, calore ambiente, geotermia	0

Figura 17: Fattori nazionali di ponderazione utilizzati, Aiuto all'esecuzione EN-101

Grado di rendimento

Grado di rendimento /CLA per riscaldamento	
Pompa di calore aria/acqua, T < 50°C	formula
Pompa di calore aria/acqua, T < 35°C	formula
Pompa di calore salamoia/acqua, T < 50°C	formula
Pompa di calore salamoia/acqua, T < 35°C	formula
Teleriscaldamento: produzione parte fossile ≤ 50%	1.0
Riscaldamento a cippato o pellet	0.85
Riscaldamento a pezzi di legna con accumulo	0.75
Riscaldamento a gas o olio combustibile	0.85
Resistenza elettrica	1.0
Grado di rendimento /CLA per acqua calda	
Pompa di calore aria/acqua	formula
Pompa di calore salamoia/acqua	formula
Teleriscaldamento: produzione parte fossile ≤ 50%	1.0
Riscaldamento a cippato o pellet	0.85
Riscaldamento a pezzi di legna con accumulo	0.75
Riscaldamento a gas o olio combustibile	0.85
Resistenza elettrica	1.0

Figura 18: Gradi di rendimento delle diverse fonti energetiche e produzioni termiche, Aiuto all'esecuzione EN-101

La rendimento e il grado di copertura dell'impianto solare termico sono calcolati secondo la metodica Minergie (vedi capitolo 4.2).

I coefficienti di lavoro annuo (CLA) pubblicati da EnDK e Minergie sono stati adeguati. I CLA di pompe di calore acqua/acqua e aria/acqua con temperature di mandata 35 °C e 50 °C, sono stati verificati con l'aiuto di valori riscontrabili nella letteratura, di valori misurati e con calcoli di controllo effettuati con WPEsti. Inoltre, sono stati estrapolati i coefficienti di lavoro annui delle pompe di calore per la produzione di acqua calda sanitaria utilizzando le pompe di calore sopraccitate portate ad una

Coefficiente di lavoro annuo

temperatura di 55 °C e con una commutazione anti-legionella/nastri riscaldanti/pompa di circolazione (in proporzione il 5% elettrico diretto). Per impedire soluzioni insensate è stata esclusa la possibilità di selezionare una pompa di calore aria/acqua con unità esterna qualora l'ubicazione dell'edificio sia sopra i 1400 m.s.l.m.

La ricerca sui coefficienti di lavoro in relazione alle differenze di temperatura allestita dal Fraunhofer Instituts intitolata «Wärmepumpen im Gebäudebestand» costituisce uno dei fondamenti alla base del modello.

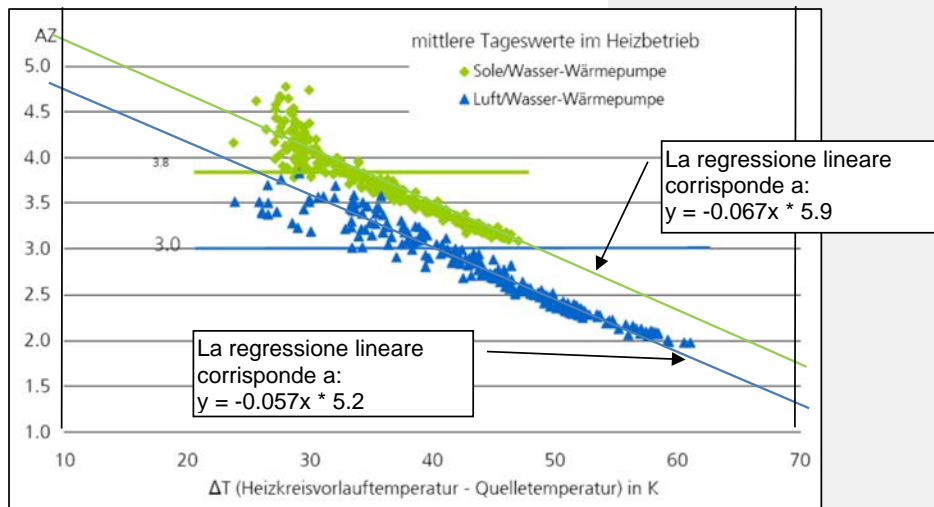


Figura 19: Coefficiente di lavoro di una pompa di calore salamoia/acqua e aria/acqua

Inoltre, sono state raccolte e confrontate tutte le tabelle dei test degli ultimi anni dal centro di prova per le pompe di calore di Buchs.

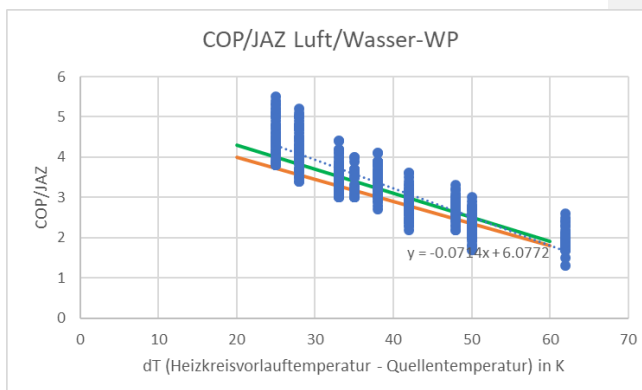


Figura 20: Confronto tra i coefficienti di lavoro delle pompe di calore aria/acqua del Wärmepumpentestzentrums (blu – inclusa l'equazione della regressione lineare) con i valori misurati dal Fraunhofer Institut (arancione). Da questo è derivata la retta verde utilizzata per la formula di calcolo $\rightarrow y = -0.06x + 5.5$.

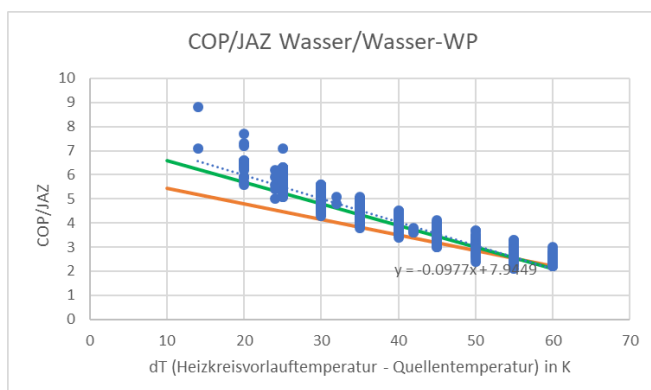


Figura 21: Confronto tra i coefficienti di lavoro di una pompa di calore salamoia risp. acqua/acqua del Wärmepumpentestzentrums (blu – inclusa l'equazione della regressione lineare) con i valori misurati dal Fraunhofer Institut (arancione). Da questo è derivata la retta verde utilizzata per la formula di calcolo $\rightarrow y = -0.09x * 7.5$.

In seguito, le pompe di calore del rispettivo campo intermedio sono state ricalcolate e i valori controllati un'ulteriore volta tramite WPesti.

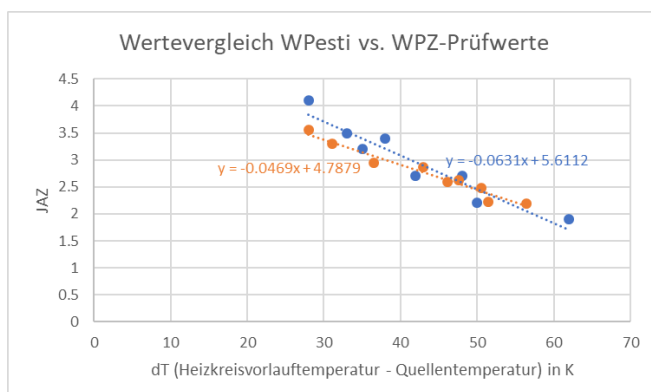


Figura 22: Confronto del COP di una pompa di calore aria-acqua fornito da un fabbricante con il risultato del WPesti per lo stesso tipo di pompa di calore e alle stesse temperature.

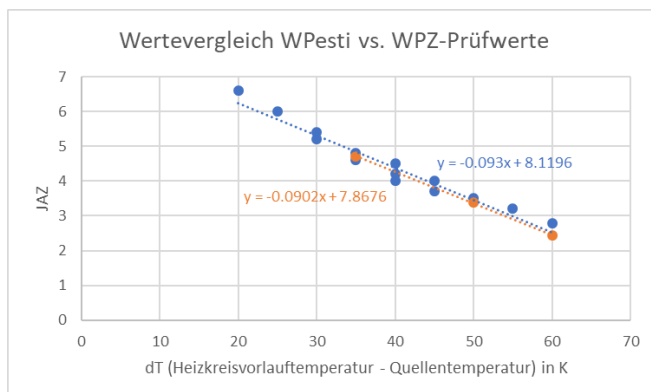


Figura 23: Confronto del COP di una pompa di calore acqua-acqua fornito da un fabbricante con il risultato del WPesti per lo stesso tipo di pompa di calore e alle stesse temperature.

Su queste basi sono state definite le seguenti regressioni lineari sui quali poggiano i calcoli del CLA:

Pompa di calore aria/acqua:

$$y = -0.06x * 5.5 \text{ (corrisponde alla retta verde della figura 21)}$$

Pompa di calore salamoia o acqua/acqua:

$$y = -0.09x * 7.5 \text{ (corrisponde alla retta verde della figura 22)}$$

Nel caso del riscaldamento sono state utilizzate le temperature medie mensili estratte dalla SIA 2028, per il periodo da ottobre a marzo. Per la preparazione dell'acqua calda sanitaria ci si riferisce alla temperatura media annuale.

Stazione meteo	Temp. Ø anno	Temp. Ø inverno	Stazione meteo	Temp. Ø anno	Temp. Ø inverno
Adelboden	6.1	1.5	Magadino	11.7	5.5
Aigle	10.1	4.6	Montana	5.9	1.1
Altdorf	9.9	4.6	Neuchâtel	10.3	4.8
Basilea-Binningen	10.5	5.1	Payerne	9.4	3.9
Berna-Liebefeld	9.1	3.5	Piotta	7.8	2.3
Buchs-Aarau	9.7	4.1	Pully	10.9	5.6
Coira	9.6	4.1	Robbia	7	1.7
Davos	3.6	-1.5	Rünenberg	9.1	3.8
Disentis	6.7	1.8	Samedan	1.8	-4.5
Engelberg	6.4	1.3	San Bernardino	3.9	-1
Ginevra Cointrin	10.7	5.2	San Gallo	8.2	3
Glarona	8.8	3.2	Sciaffusa	9.4	3.7
Gran San Bernardo	-0.5	-4.8	Scuol	5.5	-0.4
Güttingen	9.2	3.7	Sion	10.1	4
Interlaken	8.7	3.2	Ulrichen	3.7	-2.6
La Chaux de Fonds	6.5	1.7	Vaduz	10	4.5
La Frêtaz	6	1.5	Wynau	9	3.5
Locarno Monti	12.3	6.9	Zermatt	4.3	-0.9
Lugano	12.4	7	Zurigo-Kloten	9.4	3.7
Lucerna	9.7	4.1	Zurigo Meteo Svizzera	9.4	3.9

Figura 24: Elenco delle temperature medie annuali come pure delle temperature medie invernali.

Per quanto riguarda le pompe di calore salamoia ci si è riferiti a una temperatura della sorgente di 0°C.

Per le stazioni meteorologiche di Davos, Lugano e Zurigo Meteo Svizzera, vengono fornite le seguenti cifre annuali del lavoro (gli altri CLA possono essere calcolati autonomamente).

CLA del riscaldamento	Davos	Lugano	Zurigo
Pompa termica aria/acqua, TA < 50°C	2.4	2.9	2.7
Pompa termica aria/acqua, VL < 35°C	3.3	3.8	3.6
Pompa termica salamoia/acqua, TA < 50°C	3.0	3.0	3.0
Pompa termica salamoia/acqua, TA < 35°C	4.4	4.4	4.4

Figura 25: Esempio di coefficienti di lavoro annuo calcolati della pompa di calore per il riscaldamento delle località di Davos, Lugano e Zurigo MeteoSvizzera.

CLA acqua calda sanitaria	Davos	Lugano	Zurigo
Pompa termica aria/acqua (a 55°C e 5% parte elettrico diretto)	2.3	2.8	2.7
Pompa termica salamoia/acqua (a 55°C e 5% parte elettrico diretto)	2.5	2.5	2.5

Figura 267: Esempio di coefficienti di lavoro annuo calcolati della pompa di calore per la preparazione dell'acqua calda sanitaria delle località di Davos, Lugano e Zurigo MeteoSvizzera.

Il fabbisogno standard di acqua calda sanitaria secondo norma SIA 380/1:2016 (cifre arrotondate della SIA 380/1:2009) è:

Acqua calda

Cifra		I	II
utilizzo		Abitazione plurifamiliare	Abitazione monofamiliare
Fabbisogno acqua calda	Q_w kWh/m ²	21	14

Figura 27: Fabbisogno termico standard per l'acqua calda nelle abitazioni secondo SIA 380/1:2016

Questi indici energetici ponderati infine non possono superare il valore limite di 35 kWh/m².

Un supplemento climatico non deve essere applicato al valore di progetto bensì, analogamente alla procedura finora adottata in ENteb (vedi Minergie o anche EN-101b), al valore limite e solo alla fine.

Supplemento climatico

Stazione climatica SIA 2028	Supplemento climatico in kWh/m ²
Adelboden	0
Davos	4
Disentis	0
Engelberg	2
Gran San Bernardo	8
La Chaux-de-Fonds	0
Montana	0
Robbia	0
Samedan	8
San Bernardino	2
Scuol	2
Zermatt	2

Figura 289: Supplementi climatici per i valori limite delle stazioni climatiche con esigenze accresciute, Aiuto all'esecuzione EN-101

4.2 Impianto solare

La produzione da impianti solari viene considerata analogamente al metodo di calcolo di Minergie e EN-101b.

Acqua calda solare

Impianto solare per produzione d'acqua calda	
Apporto solare utile Q_{SWW} [kWh/m ² a] fino a 800 m.s.l.m.	$Q_{SWW} = \frac{640}{1 + \frac{380 \cdot SA}{AE \cdot Q_{HW}}}$
Apporto solare utile Q_{SWW} [kWh/m ² a] a partire da 800 m.s.l.m.	$Q_{SWW} = \frac{700}{1 + \frac{380 \cdot SA}{AE \cdot Q_{HW}}}$
	SA = superficie assorbitore [m ²]
Calcolo del tasso di copertura X [%] fino a 800 m.s.l.m.	$X = \frac{640 - Q_{SWW}}{3.8}$
Calcolo del tasso di copertura X [%] a partire da 800 m.s.l.m.	$X = \frac{700 - Q_{SWW}}{3.8}$
Nelle verifiche Minergie sono ammessi tassi di copertura fino a un massimo del 80%.	

Figura 30: Calcolo della produzione termica solare per l'acqua calda – Guida alla verifica Minergie – versione 2015

Acqua calda e riscaldamento, solare

Impianto solare per produzione acqua calda e supporto al riscaldamento	
Apporto solare utile Q_{SWW+H} [kWh/m ² a] fino a 800 m.s.l.m.	$Q_{SWW+H} = \frac{440}{1 + \frac{610 \cdot SA}{AE \cdot (Q_{HW} + Q_H)}}$
Apporto solare utile Q_{SWW+H} [kWh/m ² a] a partire da 800 m.s.l.m.	$Q_{SWW+H} = \frac{490}{1 + \frac{610 \cdot SA}{AE \cdot (Q_{HW} + Q_H)}}$
	SA = superficie assorbitore [m ²]
Calcolo del tasso di copertura X [%] fino a 800 m.s.l.m.	$X = \frac{440 - Q_{SWW+H}}{6.1}$
Calcolo del tasso di copertura X [%] a partire da 800 m.s.l.m.	$X = \frac{490 - Q_{SWW+H}}{6.1}$

Figura 31: Calcolo della produzione solare termica per l'acqua calda e l'appoggio al riscaldamento, Guida alla verifica Minergie – versione 2015

4.3 Ventilazione

Ricambio d'aria termicamente determinante

Il flusso d'aria termicamente determinante, che viene utilizzato per calcolare le perdite effettive di ventilazione, si basa sulla norma SIA 380/1:2016 (3.5.5).

Fabbisogno elettrico per la ventilazione

Il fabbisogno di energia elettrica di entrambe le varianti di ventilazione meccanica si basa sulle varianti di calcolo Minergie.