MINERGIE®

theCH
Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz

Direttiva Ermeticità degli edifici Minergie (RiLuMi 2018)

Versione 2018.1

13. aprile 2018

energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

Ringraziamenti:

Ringraziamo tutti gli autori e i partecipanti alle due consultazioni per il loro prezioso contributo.

Ringraziamo inoltre tutte le aziende che hanno messo a disposizione immagini e documentazione dei progetti.

Questa direttiva è stata elaborata in collaborazione con l'associazione "Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz" (theCH) e sostenuta finanziariamente da quest'ultima.

Copyright © Associazione Minergie / Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz

Autori
Gregor Notter, Hochschule Luzern – Technik & Architektur / Minergie Svizzera
Christoph Tanner, Baucheck Tanner, Coautore nella fase di stesura
Michael Wehrli, Comitato Thermografie- und Blower-Door Verband Schweiz (theCH), Coautore nella fase di stesura

Minergie Svizzera
Segretariato
Bäumleingasse 22
4051 Basilea
T 061 205 25 50
info@minergie.ch
www.minergie.ch

Indice

1 Introduzione 2
- 1.1 Antefatti 2
- 1.2 Perché l'ermeticità è importante 2
- 1.3 Le principali modifiche in breve 2
- 1.4 Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori 3

2 Documenti e concetti 4
- 2.1 Documenti applicabili 4
- 2.2 Terminologia 5

3 Requisiti Minergie 6
- 3.1 Requisiti da rispettare 6
- 3.2 Incertezza di misura totale 8
- 3.3 Altri requisiti specifici in materia di valori limite 8

4 Concetto di ermeticità all'aria 11
- 4.1 Possibilità di verifica in Minergie 11
- 4.2 Requisiti generali 11
- 4.3 Requisiti per il concetto di ermeticità all'aria 13
- 4.4 Concetto di ermeticità all'aria nell'edilizia abitativa 15
- 4.5 Concetto di ermeticità all'aria per edifici funzionali 16
- 4.6 Gestione degli elementi costruttivi critici 17
- 4.7 Transizioni tra elementi costruttivi / attraversamenti 19

5 Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria 22
- 5.1 Numero e scelta delle zone di misurazione per abitazioni 22
- 5.2 Definizione delle zone di misurazione per edifici funzionali 25
- 5.3 Definizione delle zone di misurazione per ampliamenti e cambiamenti di destinazione 26

6 Misura dell’ermeticità all'aria 29
- 6.1 Presupposti per una misurazione 30
- 6.2 Preparazione dell'edificio 31
- 6.3 Sigillatura temporanea 32
- 6.4 Identificazione delle infiltrazioni / verifica preliminare 33
- 6.5 Misurazione 35
- 6.6 Requisiti per la serie di misure 36
- 6.7 Qualità della serie di misure 37
- 6.8 Analisi dei dati 37

7 Rapporto di misurazione dell'ermeticità all’aria 38
- 7.1 Requisiti del rapporto di misurazione 38

8 Allegati 40
- 8.1 Utensili per ogni fase di costruzione 40
- 8.2 Termini e simboli 41
- 8.3 Norma SIA 180 [1] 42
- 8.4 Ulteriori metodi di misurazione 43
- 8.5 Elenco delle sigillature provvisorie consentite 45
- 8.6 Riferimenti ulteriori 47

1 Introduzione

1.1 Antefatti

Il presente documento si rivolge a tutti i professionisti coinvolti nella costruzione (committenti, progettisti, direttori dei lavori, artigiani specialisti, ecc.). Il gruppo dei destinatari è quindi più completo rispetto alle precedenti edizioni di RiLuMi, che si concentrava principalmente sulle persone incaricate delle misure.

Fino ad ora, l'ermeticità era un requisito solo per Minergie-P e Minergie-A, il cui adempimento doveva essere verificato tramite misurazioni. Nel 2007, l'Associazione Minergie ha pubblicato la "Direttiva per la misura dell'ermeticità all'aria nelle costruzioni Minergie" (disponibile solo in tedesco: "Richtlinie für Luftdichtheitsmessungen bei Minergie-Bauten (RiLuMi)". Dall'introduzione di RiLuMi 2007 sono stati apportati alcuni piccoli adeguamenti e sono state adattate varie norme e direttive nazionali e internazionali. Con l'introduzione dei nuovi requisiti "Minergie 2017" e la pubblicazione della norma SN EN ISO 9972 [2] si è deciso di rivedere completamente la direttiva e di estenderne i contenuti per soddisfare le esigenze dei progettisti e degli addetti alla misurazione.

1.2 Perché l'ermeticità è importante

Un edificio dovrebbe essere il più possibile ermetico all'aria per i seguenti motivi:

- Prevenire danni strutturali,
- Garantire un elevato livello di comfort (ad es. evitare correnti d'aria, diffusione degli odori, rumore, umidità),
- Evitare perdite inutili per infiltrazione.

1.3 Le principali modifiche in breve

Le modifiche più importanti rispetto alla direttiva del 2007 sono le seguenti:

- Il concetto di ermeticità all'aria è ora già richiesto dallo standard di base Minergie,
- Sono date indicazioni sul concetto di misurazione e sulle misurazioni per gli edifici funzionali (edifici non residenziali),
- Sono ripresi i requisiti e le denominazioni della norma SN EN ISO 9972 [2]. Un confronto con la prassi precedente è illustrato nella tabella 1,
- Aggiornamento di vari aspetti concernenti la misurazione, ad es. valori limite, requisiti di misura più severi, ecc.

Modifiche normative principali

Cosa	RiLuMi 2018	RiLuMi 2007
Norma	SN EN ISO 9972 [2]	EN 13829 [3]
Procedura	Procedura 2	Procedura B
Permeabilità all'aria con una pressione differenziale di riferimento di 50 Pa	q_{E50}; $m^3/(h \cdot m^2)$	$n_{50,st}$; h^{-1} resp. q_{50} /q_{a50}; $m^3/(h \cdot m^2)$

Tabella 1 Panoramica dei più importanti cambiamenti normativi tra RiLuMi 2018 e RiLuMi 2007

Per ulteriori modifiche e il confronto dei simboli con altri standard si rimanda alla tabella 8.

1.4 Capitoli rilevanti per gli addetti ai lavori

La seguente tabella 2 specifica i capitoli pertinenti per le diverse parti coinvolte nella costruzione (le cifre tra parentesi sono indicative).

Chi	Capitolo
Committenza	2 e 3
Progettisti	2, 3 e 4
Imprese / Direzione dei lavori	2, 3 , 4 e 5
Misuratore	2, 3, (4), (5), 6, 7

Tabella 2 Panoramica dei capitoli rilevanti per le persone coinvolte nella costruzione

2 Documenti e concetti

2.1 Documenti applicabili

Oltre alla presente direttiva si applicano le norme e le direttive elencate di seguito. Si presuppone la conoscenza della norma di base SIA 180 [1] e della norma SN EN ISO 9972 [2].

Panoramica delle norme e dei documenti applicabili

Norma / Documento		Versione attuale	Validità
SN EN ISO 9972	[2]	09/2015	Mondiale
EN 13829	[3]	11/2000	Ritirata da SIA
SIA 180	[1]	07/2014	Svizzera
Regolamento d'uso Minergie	[4]	1/2018	Svizzera
Regolamento di prodotto Minergie	[5]	1/2018	Svizzera

Tabella 3 Panoramica delle norme e dei documenti applicabili

I requisiti Minergie relativi all'ermeticità all'aria sono stabiliti nel Regolamento di prodotto Minergie e nella Direttiva Ermeticità all'aria degli edifici Minergie.

2.2 Terminologia

Panoramica dei termini e dei simboli secondo la norma SN EN ISO 9972 [2]

Termine / Descrizione	Simbolo	Unità
Area dell'involucro	A_E	m^2
Volume interno	V	m^3
Flusso d'aria esterna, misurato	q_m	m^3/h
Flusso d'aria esterna, rilevato	q_r	m^3/h
Differenza di pressione, misurata	Δp_m	Pa
Pressione differenziale di riferimento	Δp_r	Pa
Flusso di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	q_{pr}	m^3/h
Flusso di infiltrazione a 50 Pa	q_{50}	m^3/h
Tasso di ricambio d'aria alla pressione differenziale di riferimento	n_{pr}	h^{-1}
Tasso di ricambio d'aria a 50 Pa	n_{50}	h^{-1}
Permeabilità all'aria alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro termico dell'edificio	q_{Epr}	$m^3/(h \cdot m^2)$
Permeabilità all'aria alla pressione differenziale di riferimento di 50 Pa	q_{E50}	$m^3/(h \cdot m^2)$
Flusso specifico di infiltrazione riferito alla superficie di base, alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro dell'edificio	q_{Fpr}	$m^3/(h \cdot m^2)$
Flusso specifico di infiltrazione riferito alla superficie del terreno, alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro dell'edificio, alla pressione differenziale di riferimento di 50 Pa	q_{F50}	$m^3/(h \cdot m^2)$
Superficie effettiva di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	ELA_{pr}	m^2
Coefficiente di flusso	C_{env}	$m^3/(h \cdot Pa^n)$
Coefficiente di dispersione	C_L	$m^3/(h \cdot Pa^n)$
Esponente di flusso	^{n} (esponente)	-
Coefficiente di determinazione	r^2	-

Tabella 4 Panoramica dei termini e dei simboli secondo la norma SN EN ISO 9972 [2]

Nel capitolo 8.2, litt. a), viene fornita una panoramica con il confronto dei simboli di altre norme.

3 Requisiti Minergie

3.1 Requisiti da rispettare

In base al Regolamento di prodotto Minergie (versione 2018.1) si considera che:

Per gli edifici conformi allo **standard Minergie base**, la domanda deve essere accompagnata da un **concetto di ermeticità all'aria**. Ulteriori dettagli sono forniti nel capitolo 4, Concetto di ermeticità all'aria.

Nel caso di **edifici Minergie-P** e **Minergie-A** deve essere presentato un **concetto di *misurazione* dell'ermeticità** per gli edifici residenziali con più di 5 unità di utilizzo o per gli edifici funzionali. Ulteriori indicazioni sono fornite nel capitolo 5, Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria.

Nel caso di edifici Minergie-P e Minergie-A devono inoltre essere effettuate **misurazioni dell'ermeticità**, compresa l'identificazione delle infiltrazioni. Per gli **edifici Minergie** la misurazione è facoltativa, ma è consigliata per garantire la qualità. La localizzazione delle infiltrazioni è consigliata anche dopo l'ultimazione dell'involucro ermetico dell'edificio. Ulteriori informazioni sono disponibili nel capitolo 6, Misura dell'ermeticità all'aria.

Panoramica dei concetti e dei metodi

	Minergie	**Minergie-P**	**Minergie-A**
Concetto di ermeticità all'aria	Necessario	Raccomandato *)	Raccomandato *)
Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria	----	Necessario	Necessario
Misurazione dell'ermeticità all'aria	Raccomandato	Necessario	Necessario

Tabella 5 Panoramica dei concetti da inoltrare e dei metodi da applicare

*) Il concetto di ermeticità all'aria non viene esaminato dal Centro di certificazione. Tuttavia, è indispensabile preparare in anticipo il concetto di ermeticità all'aria come base per sviluppare il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria.

Per zona di misurazione, si applicano i valori limite elencati in tabella 6:

Come valore medio ottenuto da una misurazione in sovrappressione e una misura in depressione:

- Secondo metodo 2 (cfr. norma SN EN ISO 9972 [2]),
- Come misurazione anticipata (si veda capitolo 6.5, litt. a) o come misurazione di collaudo a edificio ultimato,
- Con un'incertezza totale di misura di max ± 15 % (si veda capitolo 3.2),
- Con una differenza di pressione naturale di max 5 Pa (si veda punto 5.5.5.5 della norma SN EN ISO 9972 [2]).

Valori limite da rispettare q_{E50}

	Minergie **($m^3/h \cdot m^2$)**	**Minergie-P** **($m^3/h \cdot m^2$)**	**Minergie-A** **($m^3/h \cdot m^2$)**
Requisiti per nuovi edifici	≤ 1.2	≤ 0.8	≤ 0.8
Requisiti per ammodernamenti	≤ 1.6	≤ 1.6	≤ 1.6

Tabella 6 Valore limite q_{E50} da rispettare espresso in ($m^3/(m^2*h)$)

Per la valutazione del rispetto del valore limite q_{E50} si applica il valore di misura arrotondato a 1 cifra decimale.

Esempio: dal valore misurato q_{E50} = 0.84 [$m^3/h \cdot m^2$] si ottiene q_{E50} = 0.8 ($m^3/(m^2 \cdot h)$), per cui il valore limite è rispettato.

I tassi di rinnovamento dell'aria devono essere riportati nel verbale di misurazione con 2 decimali.

In caso di mancato rispetto del valore limite la procedura è descritta nel capitolo 6.5, litt. b).

Osservazioni

- Anche se il valore limite è rispettato, eventuali infiltrazioni d’aria puntuali residue non devono provocare danni all'edificio o una riduzione del comfort (ad es. correnti d'aria, odore, rumore, umidità),
- Anche dei buoni risultati della misurazione non permettono di escludere infiltrazioni d’aria puntuali non rilevabili e potenzialmente problematiche e neppure dei difetti di costruzione nascosti,
- L’ermeticità all'aria può cambiare nel tempo.

3.2 Incertezza di misura totale

Se un risultato di misurazione si trova nel campo a), b) o c) in base alla figura 1, l'ermeticità all'aria viene giudicata "soddisfatta". Altrettanto chiaro è il caso e) in cui l'ermeticità all'aria non è soddisfatta. Per Minergie, anche i risultati dell'intervallo d) sono considerati "non rispettati". In questo caso, tuttavia, il Centro di certificazione può decidere se accettare o meno il risultato della misurazione, *tenendo conto del risultato della misurazione, dell'incertezza totale della misurazione, dell'esponente di flusso n e del coefficiente di correlazione* r^2.

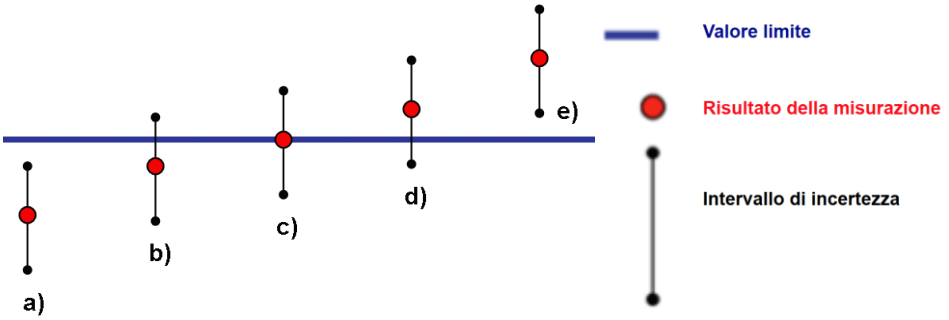


Figura 1 Possibile posizione dei valori misurati e incertezze rispetto al valore limite

Note a proposito dell'incertezza di misura

La norma SN EN ISO 9972 [2] afferma nel capitolo 8.3: "*Unter windstillen Bedingungen liegt die Gesamtunsicherheit in den meisten Fällen unter ±10 %. Unter windigen Bedingungen kann die Gesamtunsicherheit ±20 % erreichen*." (In condizioni senza vento, l'incertezza totale è nella maggior parte dei casi inferiore a ±10%. In condizioni ventose, l'incertezza totale può raggiungere ±20%.).

Un risultato impreciso non deriva solo dalla tecnica di misurazione o dall'incertezza di misura. Soluzioni diverse per la preparazione dell'edificio (ad es. nel caso della sigillatura provvisoria) possono avere come conseguenza differenze significative quando dei team di misurazione diversi misurano lo stesso oggetto. E' importante quindi che la presente direttiva stabilisca norme di misurazione dettagliate e univoche.

3.3 Altri requisiti specifici in materia di valori limite

a) Disposizioni per gli ammodernamenti

– Edifici residenziali: Se il valore limite per singoli appartamenti non può essere rispettato durante l'ammodernamento, nonostante la localizzazione delle infiltrazioni e la rimozione fattibile dei difetti (ad esempio da ricondurre a pavimenti e soffitti permeabili e non ristrutturati), è sufficiente dimostrare il rispetto del valore limite per l'intero edificio. Nella scheda di progetto per la certificazione definitiva viene quindi aggiunta una nota in cui si dichiara che i requisiti Miner-

gie relativi all’appartamento non sono rispettati e che il comfort per quanto riguarda gli odori e la trasmissione sonora può risultarne compromesso.

– Edifici funzionali: nella misura in cui il progetto di costruzione lo permette, si applica analogamente la stessa disposizione. La decisione sul metodo dettagliato e sulla determinazione e valutazione dei valori limite deve essere documentata nel concetto di misurazione e concordata con il Centro di certificazione,
– Trasformazione di nuovi edifici (ad es. ristrutturazioni interne): deve essere rispettato il valore limite per i nuovi edifici. Il Centro di certificazione può concedere valori limite divergenti in casi giustificati su richiesta scritta.

b) Ammodernamenti con ampliamento

In caso di ampliamento di edifici esistenti (sopraelevazione, annessione di una costruzione) è necessario rispettare il valore limite per gli edifici di nuova costruzione, il valore limite per l’ammodernamento o il valore limite specifico per l'oggetto, a seconda della situazione. Per informazioni dettagliate sui singoli prerequisiti si veda il capitolo 5.3, litt. a).

c) Cambiamento di destinazione

In caso di cambiamento di destinazione, il valore limite dipende dal cambiamento di temperatura interna. Le condizioni e i valori limite da rispettare sono descritti nel capitolo 5.3, litt. b).

d) Edifici funzionali:

Nel caso di edifici complessi, il Centro di certificazione può concedere deroghe al rispetto dei valori limite, purché siano rispettati gli obiettivi di Minergie.
Se vengono predisposte ulteriori possibilità di verifica nel senso del controllo della qualità Minergie (si veda il capitolo 6.5, litt. a) o 8.4, da litt. b) a litt. d), in genere non è possibile impostare valori limite (ad es. registrazioni termografiche).

e) Localizzazione delle infiltrazioni

Prima della misurazione, viene eseguita un'attenta rilevazione delle infiltrazioni. Le perdite gravi riscontrate, nel caso di Minergie-P e -A, devono essere documentate nel verbale di misurazione. Ove possibile e ragionevole, è necessario porre rimedio ai difetti. Nel caso in cui il valore limite non venga raggiunto, la procedura deve essere chiarita in anticipo con il cliente e la direzione dei lavori. Se per rimediare ai difetti dovuti ai lavori eseguiti o aspetti di dettaglio particolari è necessario un rilevamento delle infiltrazioni più approfondito, i costi per la continuazione devono essere valutati in anticipo nell'offerta e, se necessario e possibile, contrattati in loco (vedere il modello per bando di theCH [10]). Per decidere quali difetti devono essere eliminati, occorre trovare un equilibrio tra lo sforzo necessario per rimediare al difetto e il danno potenziale o il rischio di una riduzione del comfort o della perdita di energia. Vedere anche: lo studio "*Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker*" (2016) [8].

f) Competenza per imporre oneri

Per il rilevamento delle infiltrazioni si procede nel seguente modo:

1 Se si riscontrano delle infiltrazioni durante la verifica che precede la misurazione (identificazione delle perdite), il modo migliore per eliminare il difetto sta nel far sigillare dall'impresa in modo affidabile e durevole, su istruzione di chi misura o della direzione dei lavori.

2 Se durante la verifica che precede la misurazione (identificazione delle perdite) si riscontrano infiltrazioni che non possono/devono essere sigillate e che presumibilmente portano al risultato "non soddisfatto", la procedura successiva deve essere decisa *in sito*. Si presentano 2 casi:

a) Si riscontrano infiltrazioni che non possono più essere sigillate in modo affidabile e durevole prima della misurazione (ad es. i vani dei cavi, listelli di sostegno dei vetri, condotti di ventilazione, ecc.). In questo caso, è opportuno effettuare una localizzazione dettagliata (se possibile quantificabile) delle perdite verbalizzando i risultati, in modo da poter apportare miglioramenti specifici,

b) Si riscontrano infiltrazioni evitabili che impediscono una misurazione affidabile (ad es. soglia Planet bloccata, foro nel vetro della finestra (danno dell'edificio), giunti di tenuta mancanti da qualche parte, ecc.). In questo caso, il responsabile del collaudo può chiudere provvisoriamente l'infiltrazione, anche se di per sé questo procedimento non è consentito. Tuttavia, ciò vale solo per le infiltrazioni dove il successo della riparazione può essere controllato visivamente. Se tale valore limite viene raggiunto, non è necessario effettuare ulteriori misurazioni di controllo in Minergie. A tal fine, al rapporto di verifica è aggiunto il seguente onere:

– La sigillatura effettuata in seguito deve essere eseguita in modo professionale e durevole dall'impresa esecutrice di comune accordo con il responsabile della verifica di collaudo,
– Il responsabile della verifica di collaudo deve poter controllare visivamente il sigillo applicato. È consentita anche la documentazione fotografica da parte della direzione dei lavori,
– Il controllo deve essere documentato nel rapporto di verifica o presentato al Centro di certificazione al più tardi prima del rilascio del certificato definitivo.

La persona incaricata della verifica può ottenere un successivo miglioramento senza che il valore limite sia superato, soprattutto quando rileva danni potenziali durante il rilevamento delle perdite, che devono essere eliminati (vedere sotto "*Osservazioni*" ai valori limite della tabella 6).

4 Concetto di ermeticità all'aria

Il concetto di ermeticità all'aria serve a integrare il tema dell'ermeticità all'aria in tutte le fasi del processo di costruzione. Questo processo inizia con l'accordo di utilizzo con il committente e con la definizione delle zone di utilizzo e la loro delimitazione e termina con l'istruzione e l'assistenza tecnica degli utenti/residenti dopo la conclusione dei lavori di costruzione.

4.1 Possibilità di verifica in Minergie

Per gli edifici conformi allo standard Minergie base, la domanda inoltrata deve comprendere un concetto di ermeticità all'aria. Ciò può avvenire in due modi:

a) Con il formulario di verifica "Concetto di ermeticità all'aria" ("Luftdichtheitskonzept") [11], in cui devono essere trattati e risolti i punti seguenti:

– Domande sulle zone di utilizzo,
– Definizione del perimetro di ermeticità,
– Chiarimenti sulle sostanze inquinanti (radon),
– Discussione con i progettisti specializzati,
– Controlli sul cantiere,
– Pianificazione del livello di ermeticità all'aria,
– Passaggi tra elementi costruttivi,
– Trattamento di penetrazioni e dei raccordi / terminazioni,
– ecc.

b) Con un concetto di ermeticità all'aria come descritto al cap. 4.3, litt. a).

I documenti sono esaminati dal Centro di certificazione.

4.2 Requisiti generali

Sul concetto di tenuta stagna la norma SIA 180 [1] specifica, tra l'altro, quanto segue:

a) Art. 3.3.4: "Pareti, pavimenti e solette che separano i locali in cui ci sono fonti di sostanze inquinanti dell'aria o d'umidità (p. es. autorimesse, cantine, locali con alta concentrazione di radon) dai locali occupati, devono essere quanto più possibile ermetici all'aria. Porte e attraversamenti tra queste zone devono essere eseguiti in modo tale che il flusso d'aria a 50 Pa di pressione differenziale diviso la superficie totale degli elementi costruttivi divisori sia inferiore a 2 $m^3/(h*m^2)$".

b) Art. 3.6.1.1: "Le esigenze d'ermeticità non interessano solamente l'involucro termico dell'edificio ma, a dipendenza della situazione, anche suddivisioni interne all'involucro (pareti divisorie tra appartamenti, zone d'utilizzo diversificate negli edifici funzionali, ecc.). Spetta al progettista stabilire quali zone di un edificio debbano rispettare le esigenze di ermeticità."

c) Art. 3.6.1.4: "Perdite d'aria puntuali non devono causare danni o una riduzione del benessere (p. es. a causa di correnti d'aria, odori o rumori) neanche se i valori limite sono rispettati. Per elementi costruttivi cosiddetti critici per quello che concerne perdite d'aria, le esigenze d'ermeticità sono da stabilire specificatamente oppure sono da prestabilire classi di ermeticità all'aria secondo le norme per gli elementi costruttivi (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125)".

   Nota degli autori: Si vedano anche gli annessi delle norme sugli elementi costruttivi SIA 329, SIA 331, SIA 343 ecc.

d) Art 3.6.1.5: "Negli immobili non abitativi e nei grandi edifici s'impiegano elementi costruttivi cosiddetti critici in merito alle perdite d'aria (p. es. portoni scorrevoli, avvolgibili o pieghevoli, porte girevoli, porte d'ascensori, ante per l'evacuazione di calore o di fumo). Inoltre spesso misurazioni analoghe simili a quelle per le abitazioni non sono possibili. Per edifici di questo genere le esigenze da rispettare e i valori limite devono quindi essere pattuiti specificatamente nel concetto di ermeticità dell'edificio."

e) Art. 3.6.1.6: "La posizione e lo sviluppo, sia in superficie che presso i raccordi costruttivi con altri elementi e gli attraversamenti, dell'elemento che garantisce l'ermeticità all'aria devono essere stabiliti nel concetto di ermeticità all'aria dell'edificio."

f) Art. 3.6.4.2: "La misura della permeabilità all'aria negli edifici nuovi s'esegue in genere anticipatamente, al termine dei lavori di finitura, appena i lavori determinanti per l'ermeticità sono conclusi. Può avvenire anche a lavori ultimati o quando i locali sono utilizzati"

Diverse altre norme SIA rimandano alla norma SIA 180 [1] in merito all'ermeticità all'aria.

Oltre alla SIA 180 [1], il concetto di ermeticità all'aria è richiesto anche dalle norme sugli elementi costruttivi SIA 232/1, 232/2 e SIA 271. Secondo lo stato della tecnica, esso è un presupposto indispensabile per l'elaborazione del concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria e per il successo delle misura differenziale dopo il raggiungimento del livello di tenuta d'aria.

Pertanto, il concetto di ermeticità all'aria e il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria per gli edifici Minergie sono, a seconda dello standard, parte della certificazione e devono essere presentati o eseguiti insieme agli altri documenti richiesti (si veda il capitolo 3.1 per i requisiti esatti).

4.3 Requisiti per il concetto di ermeticità all'aria

Il concetto di ermeticità all'aria deve essere mantenuto aggiornato e essere concretizzato durante la progettazione. Durante il processo di costruzione devono essere definiti anche le responsabilità, le interfacce e i piani di controllo per assicurare la qualità.

Un presupposto per la preparazione del concetto è un accordo di utilizzazione con il cliente, che comprende, tra l'altro, la definizione degli standard energetici e dei valori limite di tenuta d'aria risultanti per tutte le zone, nonché il tipo di delimitazione tra queste zone. A tal fine, le specifiche del committente devono essere chiarite e completate con una consulenza.

Il concetto di ermeticità all'aria deve essere disponibile almeno come concetto generale presso il Centro di certificazione, al momento dell'inoltro della domanda. Sulla base di questo concetto preliminare potrà essere sviluppato il progetto dettagliato dello strato di tenuta all'aria richiesto dalla norma SIA 180.

a) Concetto generale

Nel concetto generale devono essere dichiarati i punti seguenti:

– Copertina:
  - Luogo (indirizzo)
  - Committenza
  - Autore
  - Data di creazione e stato del progetto quale punto di partenza

– Osservazioni preliminari:
  - Spiegazioni tecniche
  - Specifiche dell'accordo di utilizzo

– Descrizione generale:
  - Stato / metodo di costruzione (nel caso di edifici esistenti)
  - Standard previsto / requisiti / valori mirati
  - Informazioni concernenti l'impiantistica dell'edificio
  - Identificazione delle persone responsabili dell'attuazione del concetto
  - Sezione (sezioni) dell'edificio con indicazione della superficie ermetica rappresentata da una linea colorata continua e dei punti di dettaglio potenzialmente critici
  - Nella misura in cui non solo l'involucro termico dell'edificio deve essere ermetico all'aria, l'autore deve includere anche le pareti divisorie, i soffitti e i vani, ad esempio tra appartamenti, zone d'uso o zone climatiche (si veda il capitolo 4.2, litt. b)
  - Informazioni sulla superficie ermetica nell'area (materializzazione delle sovrastrutture standard)
  - Elenco o rappresentazione dei dettagli rilevanti per il progetto con uno schizzo o piano generale dei principi (non piani tecnici dettagliati!). Degli esempi si trovano su www.luftdicht.info > "Grobkonzept"
  - Per gli edifici funzionali e gli edifici di grandi dimensioni: designazione degli elementi costruttivi critici e specificazione dei requisiti relativi alle classi di ermeticità all'aria rispettivamente di permeabilità all'aria (si vedano il capitolo 4.2, litt. c) e d) e il capitolo 4.6)
  - Indicazioni relative alle misure previste per garantire la qualità durante la fase di realizzazione (p. es. ispezioni in loco, misure della ermeticità all'aria, ecc.)
  - Informazioni generali (per motivi di responsabilità):
    - Il piano generale non sostituisce la progettazione esecutiva
    - Sono fornite indicazioni sulla progettazione tecnica ancora necessaria
    - Nel concetto di ermeticità all'aria, le questioni riguardanti la pianificazione della ventilazione sono affrontate solo per gli attraversamenti previsti tra le zone e devono essere progettate separatamente, conformemente alla norma SIA 180, paragrafo 3.2

b) Progettazione della superficie ermetica all'aria nella pianificazione esecutiva

La progettazione della superficie ermetica all'aria nell'ambito della progetto esecutivo si basa sul piano generale e tiene conto di eventuali modifiche progettuali apportate nel frattempo. Oltre all'indicazione della superficie ermetica nelle piante e nelle sezioni, contiene le seguenti informazioni:

- Elenco / visualizzazione di tutti i dettagli rilevanti con pianificazione esecutiva dettagliata,
- Aggiornamento / adeguamento del concetto in collaborazione con i progettisti specializzati per la statica, l'isolamento termico, la protezione dall'umidità, l'isolamento fonico, la protezione antincendio, la protezione del legno e l'ermeticità all'aria, al fine di specificare i requisiti,
- Determinazione delle strutture degli strati, dei materiali e della conformazione delle superfici, in corrispondenza dei passaggi tra materiali differenti, dei raccordi e degli attraversamenti previsti, nonché confronto con le specifiche del costruttore (come base per la pubblicazione dell'appalto),
- Definizione delle responsabilità in materia di progettazione, esecuzione e supervisione/assicurazione della qualità, definizione delle interfacce tra le parti coinvolte.
- Elaborazione del calendario di esecuzione dei lavori e definizione delle sequenze per l'esecuzione e la garanzia di qualità delle superfici ermetiche all'aria. (Nota: Poiché la misurazione della permeabilità all'aria deve essere generalmente effettuata dopo l'esecuzione dei lavori principali che contribuiscono alla tenuta stagna, i lavori di costruzione devono essere il più possibile coordinati con le misure.)

4.4 Concetto di ermeticità all'aria nell'edilizia abitativa

In base al capitolo 4.2, litt. b), i progettisti stabiliscono quali zone devono essere ermetiche. Nella costruzione di abitazioni la situazione è chiara:

Gli appartamenti di un'abitazione PF devono essere ermetici l'uno verso l'altro secondo le riconosciute regole dell’arte. I dettagli devono essere elaborati conformemente al capitolo 4.2, litt. e).

Lo stesso vale per i locali con condizionamento particolari (si veda il capitolo 4.2, litt. a).

Nel caso di edifici con più piani della stessa tipologia, il concetto di ermeticità all'aria deve essere definito per un solo piano. Se un edificio è costituito, ad esempio, da un piano terra, da piani superiori diversi dal pianterreno, ma identici fra loro, e da un attico, devono essere predisposti concetti di ermeticità all'aria per tre piani: piano terreno, piano superiore e attico.

Gestione degli elementi costruttivi critici: si veda il capitolo 4.6.

Esempio stabile residenziale:

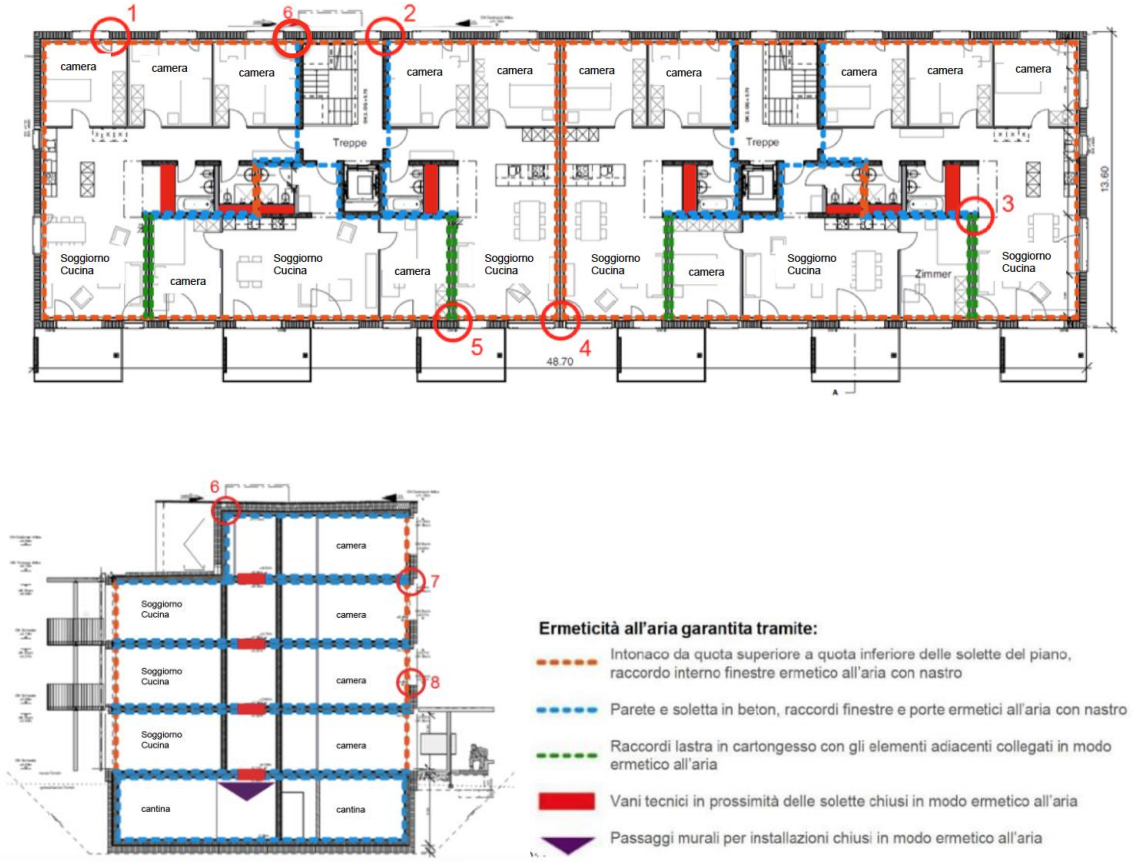


Figura 2 Sopra: Sezione con i provvedimenti per l'ermeticità all'aria evidenziati. In basso a sinistra: Sezione con i provvedimenti per l'ermeticità all'aria evidenziati. In basso a destra: Legenda dei provvedimenti. Fonte: Minergie-A Esempio di dossier per domanda di certificazione

4.5 Concetto di ermeticità all'aria per edifici funzionali

A differenza degli edifici residenziali, nel caso di edifici funzionali e di grandi dimensioni vanno prese importanti decisioni già nella fase di progettazione:

- Dove si sviluppa il perimetro ermetico all'aria nel caso di stanze d'albergo, di uffici o di superfici commerciali,
- Chiusura ermetica delle pareti divisorie in costruzione leggera verso gli elementi costruttivi adiacenti,
- Chiusura di pavimenti tecnici e soffitti ribassati che si raccordano al perimetro di ermeticità all'aria della zona adiacente.

Se non ci sono documenti di progetto chiari sull'ermeticità di differenti zone di utilizzo in edifici funzionali, è difficile determinare poi le diverse zone di misura.

Nel caso di edifici con piani con la stessa tipologia di costruzione, il concetto di ermeticità all'aria deve essere definito per un solo piano.

Esempio edificio funzionale:

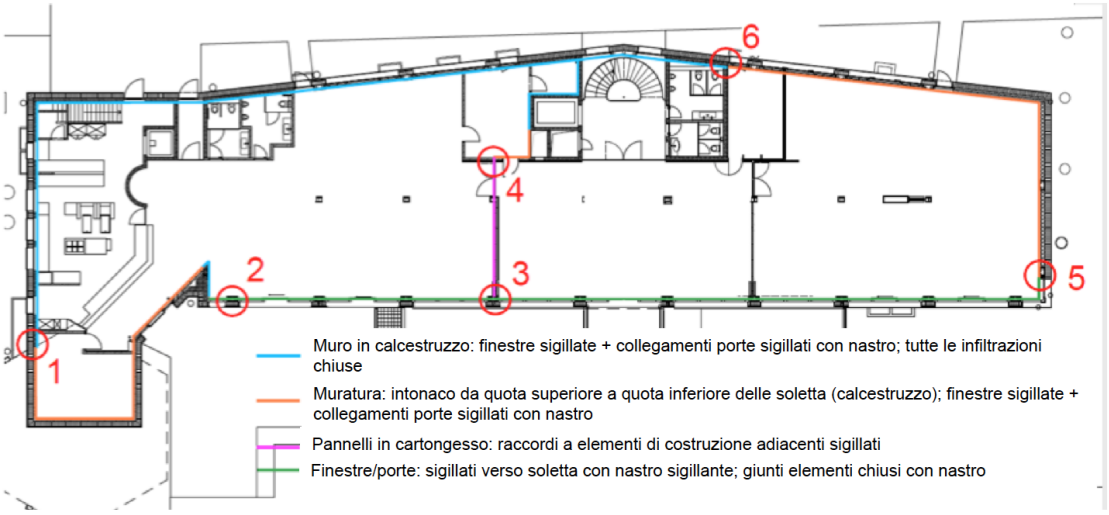


Figura 3 Piano con le misure per l'ermeticità all'aria evidenziate. Fonte: Planimetria fornita da Flumroc SA

Nota per i compartimenti tagliafuoco:

Nel caso di edifici funzionali, può essere utile definire i compartimenti tagliafuoco più grandi come zone ermetiche all'aria e come zone di misurazione. Va tuttavia osservato che in Svizzera "*a tenuta al fumo*" non equivale all'ermeticità all'aria e che "*i portoni tagliafuoco in Svizzera non devono necessariamente essere a tenuta al fumo o all'aria* " (cfr. norma SIA 180 [1], capitolo 3.6.1.1). Informazioni dettagliate sulla definizione dei compartimenti tagliafuoco si trovano nella norma antincendio VKF [9] e nelle direttive antincendio. Per la gestione degli elementi costruttivi critici, vedere il capitolo 4.6.

4.6 Gestione degli elementi costruttivi critici

Il concetto "elementi costruttivi critici" (riferito alle infiltrazioni d'aria) si riferisce a elementi per i quali si prevede un elevato grado di permeabilità all'aria, che per motivi tecnici deve essere determinato anticipatamente. Se molti di questi elementi vengono utilizzati in un oggetto, il flusso delle infiltrazioni può diventare così grande da non poter poi più mantenere i limiti rigorosi per l'involucro dell'edificio, senza la chiusura di queste perdite. (Esempio: deposito dei pompieri → sala veicoli riscaldata, portone non ermetico...). Tali elementi, con inevitabile flusso di infiltrazione, esistono però anche in edifici residenziali.

a) Esempi di elementi costruttivi critici:

– Porte doppie dell'ascensore (nella superficie ermetica),
– Ingressi per il pubblico (porte scorrevoli, porte girevoli con guarnizioni a spazzole, ecc.),
– Portoni avvolgibili, porte scorrevoli, portoni a libro, portoni sezionali ecc.,
– Aperture per l'evacuazione del fumo e del calore negli ascensori:
  - Impianto a pressione per la protezione dal fumo (IPPF),
  - Impianti di evacuazione di fumo e calore (EFC).

b) Esempi specifici per edifici residenziali

– Caminetti e stufe negli edifici esistenti che aspirano aria dal locale; nei nuovi edifici l'aria per la combustione deve essere attinta direttamente dall'esterno, cfr. norma SIA 180, paragrafo 3.6.2.1,
– Gattaiola,
– Cappe d'aspirazione del vapore (verso l'esterno, prevedere bocchette che si chiudono automaticamente, cfr. norma SIA 180, paragrafo 3.4.1).

Per le misurazioni Minergie, gli "elementi costruttivi critici" sono trattati secondo la procedura 2 (involucro termico dell'edificio): "... le aperture esistenti volute sono sigillate". Sebbene l'idea di base si riferisca principalmente ai sistemi di ventilazione e alle aperture per l'aria espulsa, le inevitabili perdite degli "elementi costruttivi critici" possono essere considerate come "aperture intenzionalmente presenti" in senso lato.

Possono così verificarsi situazioni ambigue per certi edifici specifici durante l'utilizzo: a fronte di uno sforzo importante per rendere ermetico l'edificio, si mantengono importanti perdite di calore dovute a elementi costruttivi particolari (ad esempio le gattaiole).

Per ottenere informazioni più precise su questa problematica insoddisfacente, dopo la misurazione regolare (con elementi costruttivi critici sigillati provvisoriamente), le sigillature dei singoli "componenti critici" vengono progressivamente rimosse ove possibile ("adding a hole") e tramite una misurazione puntuale di ogni elemento costruttivo a una depressione (o sovrappressione) di 50 Pa, la corrente di dispersione è da calcolare con un calcolo differenziale. Ciò permette di effettuare dei confronti con i valori disponibili sulle norme degli elementi costruttivi (si veda “Riferimenti ulteriori”).

La procedura è descritta brevemente anche nella norma SN EN ISO 9972 [2], allegato E.

4.7 Transizioni tra elementi costruttivi / attraversamenti

a) Passaggi tra elementi costruttivi

I passaggi tra elementi costruttivi devono essere descritti e visualizzati nel concetto di ermeticità all'aria. Alcuni esempi si possono trovare sul sito tematico "Luftdichtes Bauen" (http://www.luftdicht.info/luftdichtheitskonzept.php, in tedesco), su WISSEN Wiki (http://www.wissenwiki.ch/Konstruktion, in tedesco) o sui siti web dei produttori degli elementi (piani dettagliati). La rappresentazione di un passaggio tra pavimento e una parete esterna potrebbe essere raffigurato come nella figura seguente.

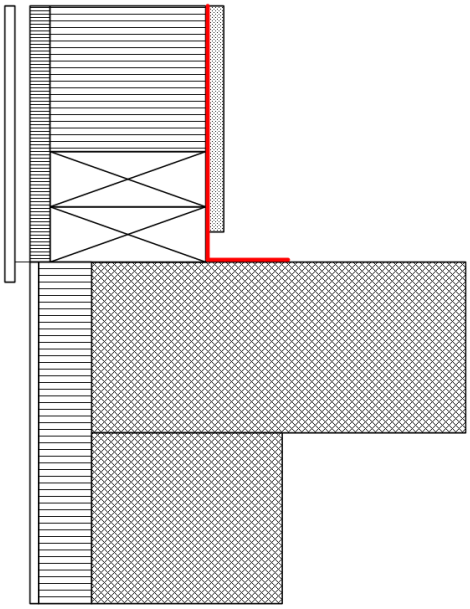


Figura 4 Esempio di un passaggio tra pavimento e parete esterna

b) Attraversamenti

Tutti gli elementi che attraversano il perimetro ermetico all'aria devono essere rappresentati nei piani. Deve essere descritta l'impermeabilizzazione tra l'elemento che attraversa e l'elemento adiacente. Da notare che i vani tecnici possono essere collocati sia all'interno che all'esterno del perimetro ermetico.

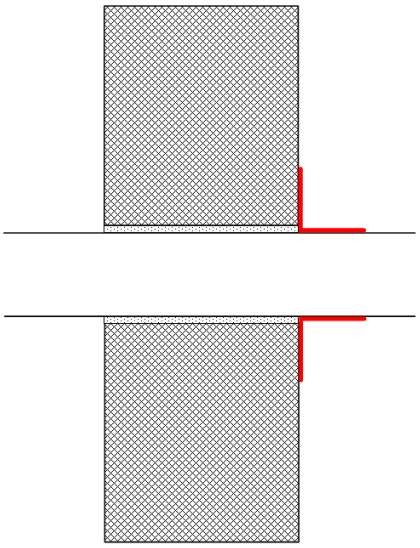


Figura 5 Esempio dell'attraversamento di un tubo

Nei vani tecnici, la paratia antincendio deve essere posata sistematicamente intorno ai cavi / condotti.

Figura 6 Vano tecnico verticale (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

I cavi elettrici non devono essere disposti in un fascio quando attraversano il perimetro ermetico all'aria.

Figura 7 Non idoneo: Fascio di installazioni elettriche (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

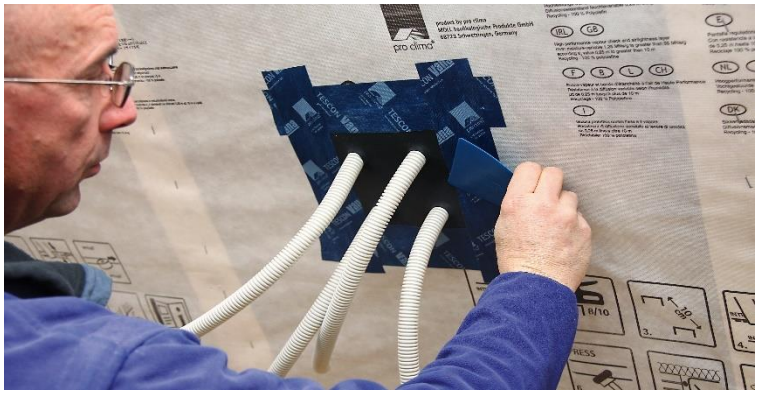


Figura 8 Guaina passatubo multipla adatta per tubi vuoti (Fonte: pro clima schweiz GmbH)

5 Concetto per la misurazione dell'ermeticità all'aria

Oltre al concetto di ventilazione e al concetto di ermeticità all'aria specificato dalla norma SIA 180 [1] deve essere elaborato un concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria degli edifici Minergie-P e Minergie-A per le seguenti categorie di edifici:

– Edifici abitativi (abitazione PF, case a schiera) a partire da 5 unità abitative
– Edifici funzionali

Un concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria mostra il numero e la posizione delle zone di misurazione e ne motiva la scelta. A questo scopo di solito conviene accordarsi tempestivamente con i progettisti e la direzione dei lavori, perché i luoghi e i periodi per le misurazioni devono essere concordati per motivi organizzativi e costruttivi.

Di norma, il concetto di misura deve essere sottoposto per iscritto e per approvazione al Centro di certificazione Minergie, insieme alla domanda Minergie. I rapporti di misurazione di edifici sprovvisti di un concetto di misurazione approvato, saranno respinti.

5.1 Numero e scelta delle zone di misurazione per abitazioni

La norma SIA 180 [1] richiede che l'ermeticità sia curata tanto all'esterno quanto tra le diverse zone di utilizzo.

a) Definizione delle zone di misurazione per abitazioni MF

Secondo Minergie, per le case monofamiliari indipendenti non è necessario un concetto di misura, dato che la zona di misura è solitamente univoca.

I locali al di fuori del perimetro dell'isolamento termico non fanno parte del perimetro ermetico all'aria.

I garage situati nel perimetro dell'isolamento termico devono essere separati ermeticamente dai locali adiacenti.

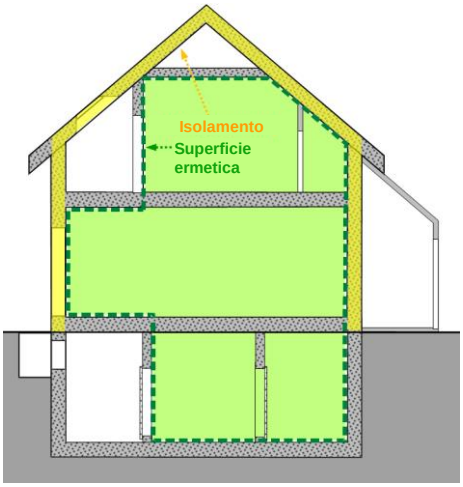


Figura 9 Nel caso di abitazioni MF più datati, è necessario stabilire dove si sviluppa il perimetro ermetico

Per gli edifici più vecchi è necessario chiarire tempestivamente se il perimetro ermetico all'aria differisce da quello dell'isolamento termico. La norma SN EN ISO 9972 [2] definisce la zona di misurazione nel capitolo 5.1.2. a) come segue:

"Üblicherweise umfasst der gemessene Gebäudeteil alle absichtlich konditionierten Räume (d. h. Räume, die dafür vorgesehen sind, als Ganzes direkt oder indirekt beheizt, gekühlt und/oder belüftet zu werden)" (Di solito, la parte misurata dell'edificio comprende tutti i locali appositamente condizionati (vale a dire i locali destinati ad essere riscaldati, raffreddati e/o ventilati direttamente o indirettamente).

b) Definizione delle zone di misurazione per abitazioni PF

In linea di principio, ogni unità d'uso (= appartamento) deve essere misurata. Gli appartamenti devono anche essere ermetici tra di loro.

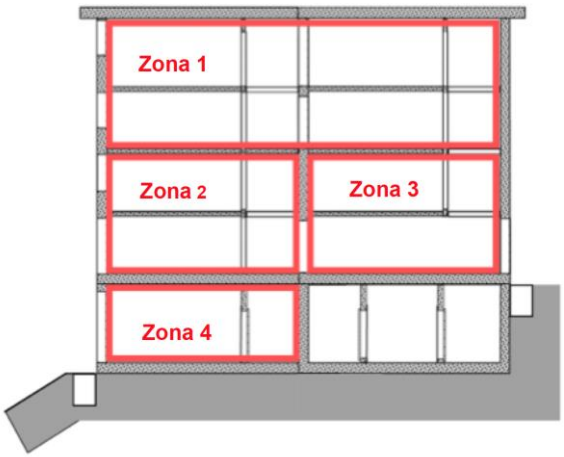


Figura 10 Abitazione PF con 4 unità. Nelle abitazioni PF, ogni unità d'uso (appartamento, sala comune, ecc.) deve essere ermetica verso le altre unità d'uso. Ciò vale anche per le scale, che raramente sono misurate come zona separata

Nel caso di complessi residenziali più grandi, non è necessario misurare tutti gli appartamenti, soprattutto se la pianta rimane invariata. I punti problematici presenti possono essere riparati in tutte le unità senza ripetere le misurazioni. Il paragrafo seguente illustra il principio secondo il quale è possibile ridurre il numero di misure per gli edifici residenziali.

Aiuto alla determinazione del numero di misurazioni per edifici e complessi residenziali.

Numero di zone di misurazione	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40	50	100	200	300
Numero di misure														
Minimo richiesto	1	1	2	2	3	6	7	8	9	10	11	14	18	21
Massimo richiesto	1	2	3	4	5	9	10	11	13	15	16	20	25	29

Tabella 7 Intervallo del numero di misurazioni da effettuare

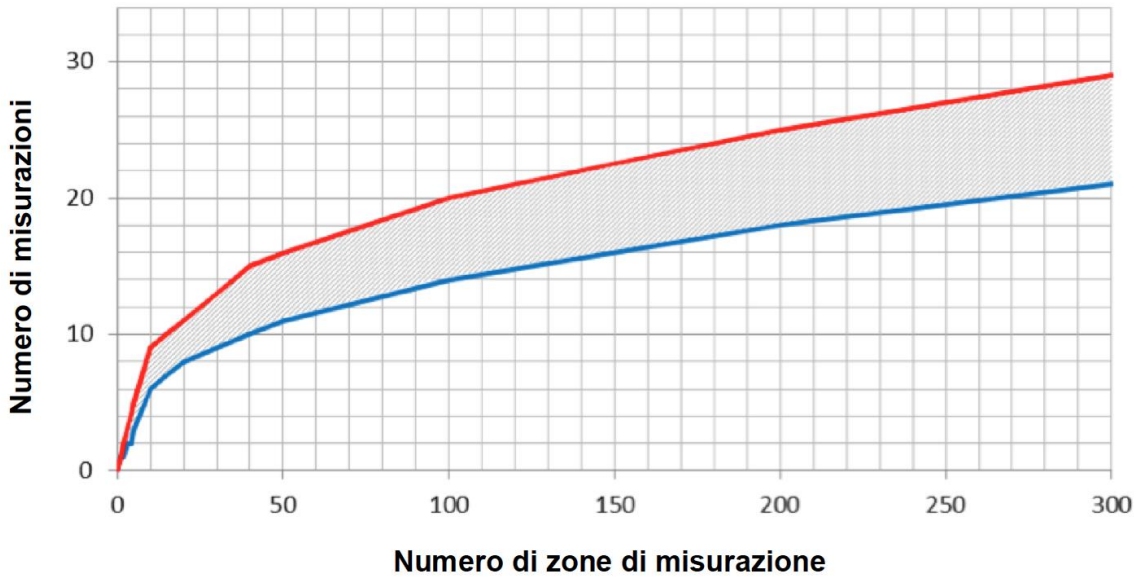


Figura 11 Rappresentazione grafica dell'intervallo del numero di misurazioni da effettuare

I Centri di certificazione in casi giustificati possono decidere deroghe alle indicazioni date nella tabella 7 o nella figura 11.

Criteri per la determinazione delle zone di misurazione edifici abitativi:

- Tenere conto del maggior numero possibile di tipi diversi di appartamento. (Tipo di appartamento: numero di camere e/o planimetrie molto diversi),
- Considerare le diverse esposizioni degli appartamenti (piani ed esposizioni diversi),
- Preferire appartamenti con:
  - facciate grandi
  - superfici estese verso altre zone di utilizzo (eccetto pavimenti e soffitti in calcestruzzo),
- Considerare zone costruite diversamente o con separazioni diverse (pareti, finestre, soffitti, ecc.),
- Dare la priorità agli appartamenti in "posizione critica" (piani sottotetto, piani terra, adiacenti all'ascensore, ecc.),
- Per i complessi residenziali composti da più edifici, le misurazioni devono essere distribuite tra di essi, tenendo tuttavia conto del processo di costruzione (eseguire diverse misurazioni nel primo oggetto misurabile, analizzare i dati e condividere le conclusioni per le unità successive).

5.2 Definizione delle zone di misurazione per edifici funzionali

Il concetto di ermeticità all'aria indica quali zone degli edifici funzionali devono essere rese ermetiche.

Nei grandi edifici funzionali (ad es. edifici amministrativi, ospedali, scuole, piscine coperte, centri commerciali, ecc.), a causa dei processi di costruzione spesso non è possibile eseguire una misurazione dell'ermeticità dell'aria su intere unità d'uso. In questi casi sono da misurare solo singole parti dell'edificio, in accordo con il Centro di certificazione.

All'interno di un'unità d'uso (ad es. reparto uffici / capannone di produzione) è possibile misurare separatamente diverse zone (ad es. locali per fumatori, cucine / ristoranti di fronte a uffici).

a) Criteri per la determinazione del numero di zone di misurazione

Possibili zone di misurazione per edifici funzionali:

- Se possibile: misure di prova su modelli,
- Edificio intero,
- Sezione / ala di edificio,
- Superficie intera (senza installazioni interne),
- Unità d'uso (analogamente alle abitazioni (appartamenti) secondo le unità di locazione o commerciali),
- Diverse zone di utilizzo all'interno dell'unità d'uso (locale fumatori, cucina, ristorante, ecc.),
- Rendere ermetici i singoli compartimento tagliafuoco soltanto se un accordo di utilizzo lo prevede.

Per la scelta degli elementi della facciata è necessario osservare quanto segue:

- Scelta di facciate diverse con la massima superficie possibile verso l'esterno,
- Situazioni ad angolo e raccordi tra gli elementi,
- Nel caso di edifici di grandi dimensioni: eventualmente incapsulare in modo provvisorio diverse aree della facciata,
- "Elementi costruttivi critici" (si veda il capitolo 4.6).

b) Ulteriori possibilità di garanzia della qualità

Nella scelta delle misurazioni o nello sviluppo del concetto di misura, considerare la possibilità di adottare ulteriori provvedimenti (si veda il capitolo 8.4) per migliorare la qualità dell'involucro termico dell'edificio.

Per gli edifici funzionali si è dimostrato valido quanto segue:

- Rilevamento dettagliato delle infiltrazioni e documentazione (se possibile con rilevamento qualitativo e quantitativo),
- Immagini termografiche (esterno/interno; tenere conto di: condizioni di esercizio; riscaldato o non riscaldato; differenze di temperatura tra interno ed esterno),
- Misurazioni della pressione (differenza di pressione naturale a diverse altitudini); la stagione e la modalità di funzionamento della ventilazione influenza l'effetto camino e quindi il carico di pressione per la struttura della facciata,
- Ottimizzazione dei processi di costruzione per una migliore integrazione del controllo qualità nel processo di costruzione,
- Stima del potenziale di danno all'edificio derivante dai difetti e raccomandazioni per la riparazione degli stessi.

5.3 Definizione delle zone di misurazione per ampliamenti e cambiamenti di destinazione

a) Ampliamenti

Se gli ampliamenti avvengono in edifici completamente separati da quelli esistenti e collegati solo da un'apertura o da una porta, è necessario eseguire una misura dell'ermeticità all'aria per entrambe le parti.
A condizione che il controsoffitto di separazione (cfr. figura 12) o la parete divisoria (cfr. figura 13) tra la struttura esistente e l'ampliamento sia ermetico, vale quanto segue:
Ampliamento (= nuovo edificio) ⇨ valore edificio nuovo $q_{E50} \leq 0.8$ risp. ≤ 1.2 ($m^3/h \cdot m^2$)
Stato (= ammodernamento) ⇨ valore ammodernamento $q_{E50} \leq 1.6$ ($m^3/h \cdot m^2$)

L'area della parete divisoria viene aggiunta all'area dell'involucro A_E per entrambe le parti dell'edificio.

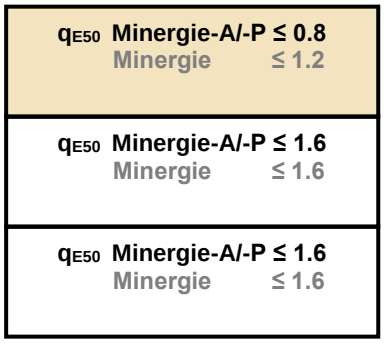


Figura 12 Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione autonoma

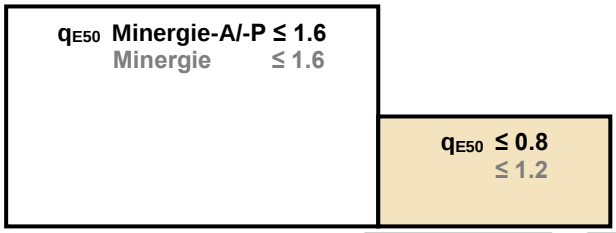


Figura 13 Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa autonoma

Se un ampliamento e l'edificio esistente sono collegati tra loro in modo aperto (soffitto intermedio con scala aperta verso la parte annessa, si veda figura 14; risp. senza parete divisoria, si veda figura 15), o se sono prevedibili importanti infiltrazioni nella parete divisoria, è possibile effettuare una misura dell'ermeticità all'aria per l'intero oggetto. Il valore limite richiesto dipende dai singoli valori limite specifici di un oggetto (osGW):

$$osGW\ qE50 = \frac{(AE, esistente \times 1.6) + (AE, nuovo \times 0.8\ o\ 1.2)}{Somma\ AE(esistente + nuovo)} (m^3/h \cdot m^2)$$

Ciò significa che la superficie di collegamento comune non è più necessaria per la determinazione di A_E, perché l'intero edificio è considerato come una singola unità d'uso.

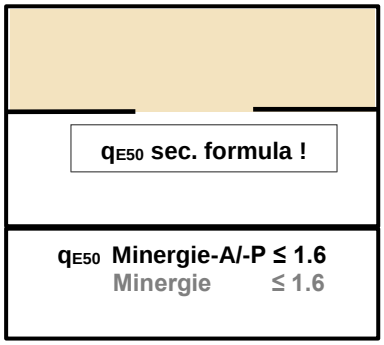


Figura 14 Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione aperta direttamente collegata all'edificio esistente (scala aperta)

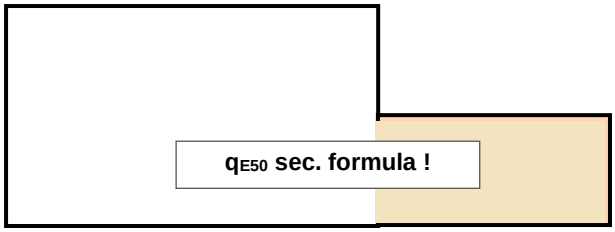


Figura 15 Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa aperta (p. es. abitazione MF con ampliamento dello spazio abitativo)

b) Cambiamento di destinazione

Nell'aiuto all'applicazione della norma EN-106 per il Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni, edizione 2014, vengono definiti i requisiti energetici per i cambiamenti di destinazione con variazioni di temperatura interna. Analogamente a questo aiuto all'applicazione, vengono qui definiti i requisiti per il valore limite di ermeticità all'aria.

– Con cambiamento della temperatura interna

Se cambia la destinazione d'uso di edifici o di parti di edifici e ciò è associato ad un aumento o a una diminuzione della temperatura interna (ad es. locali o edifici frigoriferi), devono essere rispettati i seguenti valori q_{E50}:

- ≤ 1.6 $m^3/h \cdot m^2$ con un cambiamento della temperatura interna ≤ 5 Kelvin (come per ammodernamenti). Esempio: Se un magazzino viene trasformato in abitazione (loft),
- ≤ 0.8 $m^3/h \cdot m^2$ (Minergie-A/-P) risp. ≤ 1.2 $m^3/h \cdot m^2$ (Minergie) con un cambiamento della temperatura interna > 5 Kelvin (come per nuovi edifici). Esempio: Se una stalla non riscaldata viene trasformata in abitazione.

– Senza cambiamento della temperatura interna

Se la conversione avviene senza variazione della temperatura interna (ad es. in appartamenti), è necessario rispettare il seguente valore q_{E50}:

- ≤ 1.6 $m^3/h \cdot m^2$ (ammodernamenti).

– Casi particolari

I casi particolari devono essere sempre discussi preliminarmente con il Centro di certificazione per la definizione del relativo valore q_{E50}.

Le temperature interne definite secondo la norma SIA 380/1 [14] sono determinanti ai fini della valutazione.

6 Misura dell’ermeticità all'aria

Sia la norma SN EN ISO 9972 [2] che la norma SIA 180 [1] contengono indicazioni sulla tempistica della misurazione.

Norma SIA 180 [1], capitolo 3.6.4.2: “*La misura della permeabilità all'aria negli edifici nuovi s'esegue in genere anticipatamente, al termine dei lavori di finitura, appena i lavori determinanti per l'ermeticità sono conclusi. Può avvenire anche a lavori ultimati o quando i locali sono utilizzati.”*

Per le misurazioni Minergie, come definito anche nella norma SIA 180 [1], si applica il metodo 2 secondo SN EN ISO 9972 [2]secondo il quale durante una misurazione tutte le aperture intenzionali esistenti sono sigillate e le porte, finestre e botole sono chiuse. Per ulteriori metodi di misura si veda la norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.2.1.

Il metodo 2 mira a misurare le infiltrazioni dovute alla zona di misurazione. Nel caso ideale (non raggiungibile) un risultato di misurazione dovrebbe essere q_{E50} = 0 m^3/ (h m^2). Il capitolo "Elementi costruttivi critici" tratta le eccezioni a questa regola.

Una lista di controllo dettagliata su come trattare tutte le possibili aperture nell'involucro termico in questo caso è mostrata nel foglio “*sigillature*” del formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all’aria [7]

La definizione del **valore di riferimento determinante dell'involucro termico** per le misurazioni Minergie è la seguente (estratto dalla norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 6.1.2):

”Die Hüllfläche A_E des Gebäudes oder des untersuchten Gebäudeteils ist die Gesamtfläche aller Böden, Wände und Decken, die das Innenvolumen umschließen. Wände und Böden unter Erdbodenniveau sind eingeschlossen…“ (L’area dell’involucro A_E o della parte di edificio analizzato è l’area complessiva di tutti i pavimenti, le pareti e i soffitti che racchiudono l’interno volume. Le pareti e i pavimenti al di sotto del livello del terreno sono inclusi…). Riferirsi alla norma per ulteriori dettagli.

Ai fini del confronto (ad es. rapporto A_E/V) è consigliabile determinare anche il volume interno ed eventualmente indicare il valore n_{50}. Il calcolo del volume interno è definito nella norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 6.1.1.

6.1 Presupposti per una misurazione

Per eseguire con successo una misurazione devono essere soddisfatti i seguenti presupposti:

- Gli strumenti di misura devono soddisfare i requisiti della norma SN EN ISO 9972 (misurazione della pressione ± 1 Pa nell'intervallo da 0 a 100 Pa; termometro ± 0,5 K),
- Il concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria deve essere approvato dal Centro di certificazione,
- Sono stati eseguiti i calcoli del valore di riferimento,
- Devono essere presenti condizioni meteorologiche idonee (incertezza di misura max. ± 15%, differenza di pressione naturale ≤ 5 Pa. Nota: in condizioni di vento questi valori sono solitamente superati),
- La direzione dei lavori è informata,
- L'oggetto rispettivamente la zona da misurare sono pronti dal profilo costruttivo.

6.2 Preparazione dell'edificio

a) Zone di misurazione

Quali siano le zone da misurare deve essere chiarito nelle prime fasi tramite il concetto di misura! La base per la determinazione delle zone di misurazione è il concetto di ermeticità all'aria (si vedano il capitolo 5 e il capitolo 8.3).

b) Stato delle zone adiacenti

Nelle case monofamiliari c'è solitamente una sola zona di misurazione. Abitazioni PF e gli edifici funzionali hanno quasi sempre zone adiacenti. Nelle abitazioni PF, in particolare, gli appartamenti adiacenti formano zone vicine che devono essere separate ermeticamente (vedere capitolo 8.3). Per verificare le pareti divisorie verso le zone limitrofe analogamente alle pareti esterne (stessa differenza di pressione/pressione differenziale), le finestre, le ante di ventilazione ecc. sono aperte in tutte le zone limitrofe al di fuori della zona di misurazione. Ove possibile, ciò vale anche per i "locali tampone" come cantine non riscaldate, verande, garage, ecc.

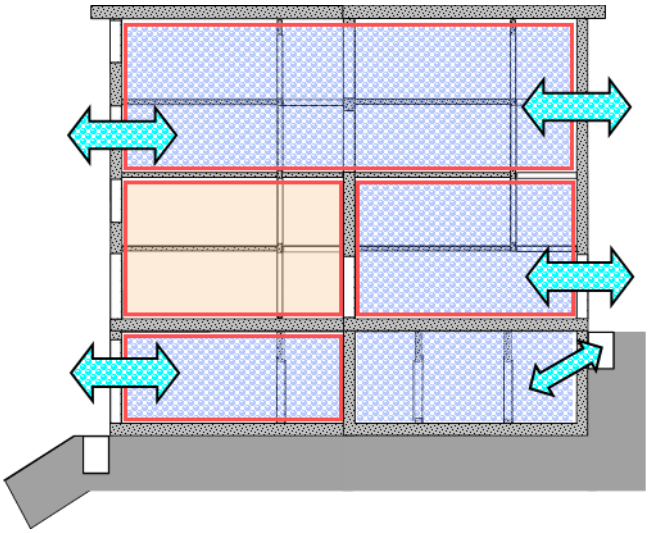


Figura 16 Misurazione di un'unità d'uso (appartamento) in un edificio (abitazione PF). Le finestre degli appartamenti confinanti, della scala e dei locali adiacenti non riscaldati vanno aperte

L'esperienza ha dimostrato che le finestre / porte aperte nella zona adiacente possono avere un impatto notevole sulla corrente di dispersione negli edifici in legno. Nel caso di appartamenti separati da soffitti in calcestruzzo/pavimenti in calcestruzzo, un effetto è raramente visibile (eccezione: nel caso di corrente di dispersione attraverso vani tecnici verticali).

Poiché non è sempre possibile avere tutte le zone adiacenti nello stato desiderato (ad es. per assenza degli inquilini), lo stato effettivo delle zone vicine durante la misurazione deve essere riportato nel rapporto di prova.

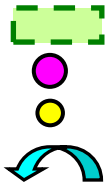
6.3 Sigillatura temporanea

a) Sigillature temporanee ammissibili

Per la misurazione secondo il metodo 2, le aperture intenzionali nel perimetro ermetico all'aria possono essere chiuse provvisoriamente. L'elenco nel capitolo 8.5 descrive cosa è ammissibile.

b) Impianti di aerazione

Per le misurazioni secondo il metodo 2, i condotti/tubi esterni dei sistemi di ventilazione e le aperture di ventilazione devono essere sigillati in modo che non passi attraverso questi sistemi tecnici elevato un flusso volumetrico.



Zona ermetica nella casa

Sigillature esterne

Sigillature interne

Bypass tramite perdite nelle tubazioni

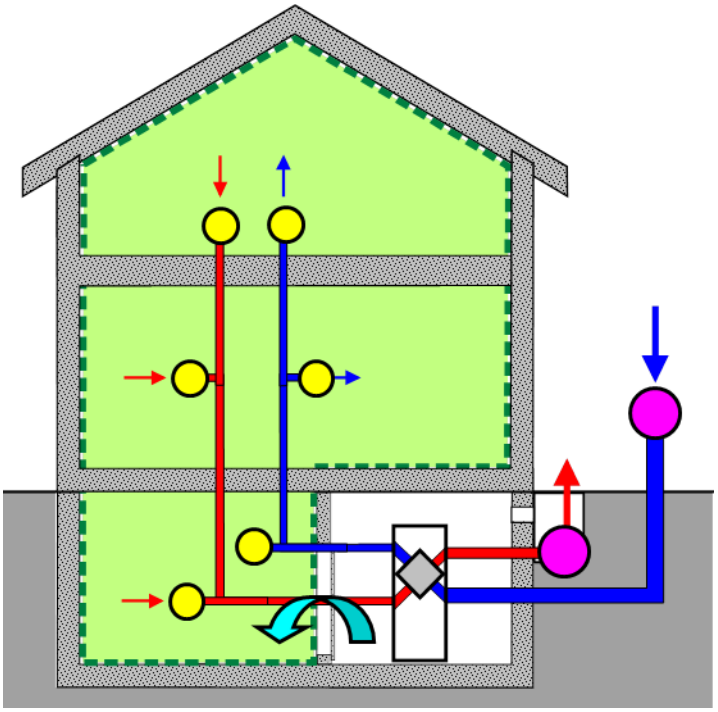


Figura 17 Sigillature temporanee possibili sugli impianti di aerazione

Infiltrazioni negli impianti di aerazione

Le misurazioni negli edifici dotati di impianti di aerazione sono particolarmente delicate. Per chiudere questi sistemi vi sono diverse possibilità. Le sigillature possono essere installate all'interno, all'esterno, nel gruppo di ventilazione stesso o in più punti (si vedano la figura 17 e la figura 18).

A seconda dell'ermeticità del sistema di condotte, tuttavia, si verificano infiltrazioni o perdite. La misurazione della permeabilità dell'aria rileva quindi un flusso di dispersione minore o maggiore attraverso i condotti e il sistema di ventilazione, nonostante le chiusure eseguite. Questo flusso di dispersione non ha nulla a che vedere con l'involucro termico dell'edificio e nella procedura 2 dovrebbe essere evitato per quanto possibile mediante sigillature temporanee.

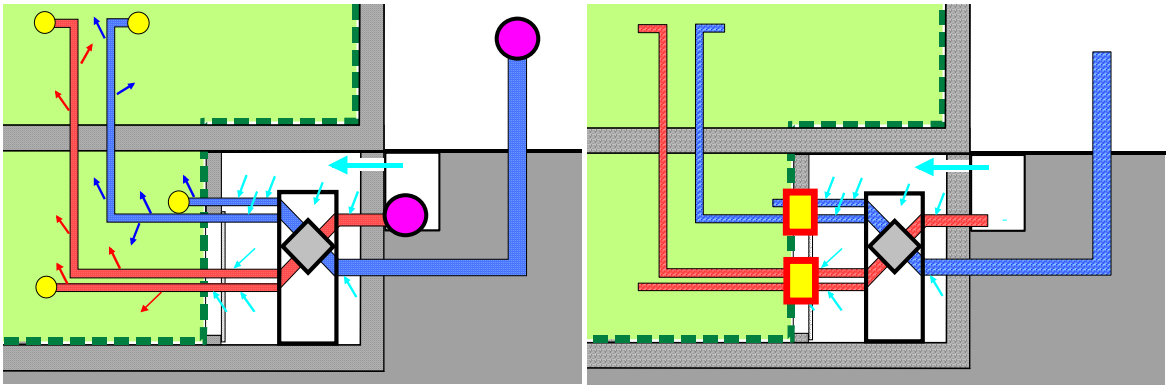


Figura 18 A sinistra: perdite d'aria causate da raccordi di tubi non ermetici. A destra: solo una sigillatura efficace della superficie ermetica all'aria (preferibilmente durante la fase di costruzione) previene le infiltrazioni.

6.4 Identificazione delle infiltrazioni / verifica preliminare

La determinazione dell'ermeticità all'aria è una misura *quantitativa*. Il risultato della misurazione non indica dove si trovano le infiltrazioni. A questa domanda si può rispondere con il *rilevamento qualitativo* delle infiltrazioni. La localizzazione delle perdite è necessaria perché è l'unico modo per individuare i difetti (soprattutto in caso di problemi e danni).

Verifica preliminare
La norma SN EN ISO 9972 [2] descrive nel capitolo 5.3.1:
"Die gesamte Gebäudehülle ist immer nahe der höchsten Druckdifferenz, die bei der Prüfung verwendet wird, auf große Lecks und auf das Versagen provisorisch abgedichteter Öffnungen zu prüfen. Werden solche Lecks entdeckt, sind sie ausführlich zu beschreiben" (L'intero involucro termico dell'edificio deve sempre essere misurato alla differenza di pressione massima, per verificare la presenza di importanti infiltrazioni e la tenuta delle sigillature provvisorie. Nel caso in cui venissero rilevate delle infiltrazioni, queste devono essere descritte in dettaglio).

In pratica, si è dimostrato utile effettuare la verifica preparatoria = "identificazione delle infiltrazioni" sempre nelle seguenti condizioni:

– Pressione di riferimento ca. 50 Pa
– Depressione

A dipendenza della situazione possono rivelarsi idonei dei livelli di pressione più elevati. Il responsabile della verifica deve tener conto del fatto che livelli di pressione elevati possono sviluppare un potenziale distruttivo (ad esempio danni alla barriera vapore non fissato saldamente). L'esperienza insegna che solo facendo misurazioni con pressioni differenziali pressoché uguali la persona incaricata può svi-

luppa nel tempo re un “metro di valutazione” affidabile in merito alle infiltrazioni rilevate. È essenziale che tutte le condizioni quadro siano registrate con precisione nella documentazione.

Mezzi per il rilevamento e la visualizzazione delle perdite (si veda anche la norma SN EN ISO 9972 [2], Allegato E):

- A mano (eventualmente con il dito bagnato o con il dorso della mano),
- Con tubi per la misurazione del flusso d’aria,
- Con generatori di fumo (tuttavia, i generatori di nebbia sono generalmente inadatti per piccole infiltrazioni),
- Con anemometro (misurazione della velocità dell'aria sulla superficie o a una distanza definita),
- Con fili di lana,
- Con termografia a infrarossi (eventualmente con immagini differenziali),
- Con generatori di fumo per rilevare infiltrazioni inaccessibili.

Note sull'interpretazione delle termografie in caso di infiltrazioni:
Usare prudenza nell'interpretazione delle perdite riscontrate con una termocamera a infrarossi! Vedere l'esempio seguente.

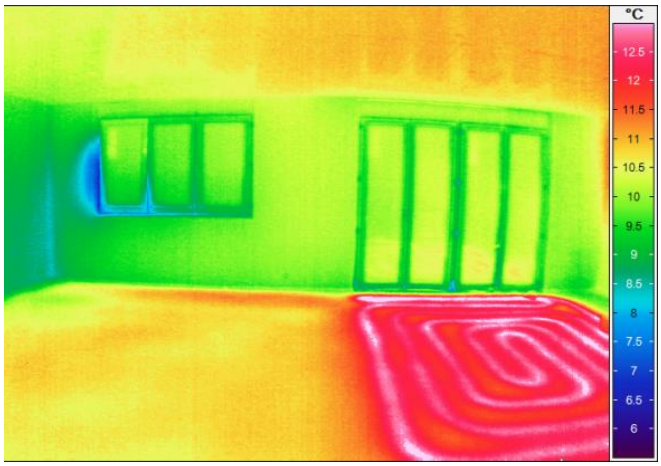


Figura 19 Differenza di temperatura sull'involucro termico dell'edificio: ca. 8 Kelvin, depressione: 50 Pa, da ca. 10 min. Attenzione: la finestra a sinistra è ermetica! La zona blu a fianco è causata dal fatto che la finestra prima era aperta a ribalta (fonte: Ingenieurbüro Baucheck-Tanner)

Il metodo di sottrazione a infrarossi è adatto per ottenere informazioni dettagliate sulle infiltrazioni. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito https://www.thech.ch/de/publikationen/publikationen.

Va tenuto presente che non tutte le zone problematiche possono essere visualizzate con immagini a infrarossi. Le perdite che conducono a zone limitrofe (ad esempio in appartamenti) spesso non sono rilevabili perché la parete divisoria di solito non si trova in un gradiente termico.

Non esiste una formula generale per la valutazione delle infiltrazioni. Le possibili cause, gli effetti, le condizioni e le abitudini degli occupanti sono troppo variegate. Lo studio "*Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Bauprak-tiker*" (2016) [8] fornisce informazioni complete sull'argomento.

6.5 Misurazione

a) La misurazione anticipata

Una misura di permeabilità all'aria può essere eseguita anche prima del completamento della costruzione. Per una cosiddetta "misura anticipata" (cfr. norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.1.3) devono essere completati tutti i lavori necessari per rendere ermetico l'involucro termico dell'edificio o la zona di misura. Se il risultato soddisfa il valore limite richiesto, il risultato viene riconosciuto per il requisito Minergie e non è necessaria alcuna ulteriore misura di collaudo dopo la conclusione dei lavori. Nel protocollo di misurazione, lo stato della costruzione deve essere previamente registrato e tutte le sigillature provvisorie devono essere descritte in dettaglio (si veda anche il foglio “preparazione” del formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all’aria [7]).
Nel caso di una misurazione anticipata, può accadere che un elemento costruttivo non sia ancora funzionante o addirittura mancante (porta d'appartamento, porta dell'ascensore, porta del garage, finestra difettosa a causa di danni all'edificio, ecc.) In casi simili può essere applicata una sigillatura provvisoria, ma ciò deve essere accuratamente documentato (foto). Si applica inoltre il principio di imporre degli oneri (si veda il capitolo 3.3, litt. f): La corretta installazione successiva deve essere confermata dal collaudatore. Le eccezioni usuali, che non devono essere nuovamente controllate, includono la porta dell'appartamento, che di solito viene posata solo alla fine, quando il marchio Minergie è già stato assegnato.

La misurazione anticipata (con rilevamento delle infiltrazioni) è utile nella fase di costruzione ed è richiesta dalle imprese, poiché le eventuali infiltrazioni possono spesso essere riparate senza grandi sforzi. Con il completamento dell'edificio, l'ermeticità all'aria sarà migliorata con i lavori di carpenteria, intonacatura, verniciatura e pavimentazione. Tuttavia, ulteriori perdite possono essere causate anche da successivi lavori di installazione (soprattutto elettrici) o dall'installazione dell'impianto di aerazione.

Il completamento dell'edificio comporta solitamente un cambiamento di permeabilità all'aria. Pertanto, i risultati delle misurazioni anticipate non sono ripetibili e dovrebbero essere ben documentati! I lavori sulla superficie ermetica all'aria dopo la misurazione devono essere monitorati e documentati dalla direzione dei lavori con collaudi parziali prima che non siano più accessibili a causa del rivestimento interno.

Negli edifici funzionali, se dovessero essere misurate solo determinate zone, il Centro di certificazione può stabilire in anticipo ulteriori misurazioni, come ad esempio:

- Immagini termografiche,
- Misura della differenza di pressione naturale,
- Controllo visivo,
- Misure puntuali per elementi costruttivi critici,
- Misurazioni con modelli,
- ecc.

La descrizione delle verifiche si trova al capitolo 8.4.

Per queste misure non sono specificati valori limite e non sono rilevanti ai fini della certificazione.

b) Mancato raggiungimento del valore limite

Se durante una misurazione risulta evidente che il valore limite non viene raggiunto, si raccomanda di procedere come segue:

1 Controllare se le guarnizioni provvisorie si sono allentate. Alcuni tipi di nastro adesivo (nastro adesivo per calcestruzzo) possono staccarsi sotto pressione. Gli adesivi devono essere essiccati. I nastri adesivi ermetici richiedono un tempo di presa prima che raggiungano la loro massima tenuta!

2 Valutare se vi sono metodi di sigillatura provvisoria migliori / diversi applicabili per l'impianto di aerazione e per le altre sigillature provvisorie ammesse (si veda il capitolo 6.3). Ciò include anche il controllo se il Blower-Door, incluso il ventilatore, è ermetico su tutti i lati.

Osservazione

Per la procedura 2, è chiaramente regolato ciò che può e non può essere sigillato (si veda il capitolo 8.2, litt. b) e per gli elementi costruttivi critici il capitolo 4.6).

Costituisce una violazione grave del Regolamento se un responsabile della verifica sigilla provvisoriamente o in modo non-professionale tutti i punti di perdita rilevabili in modo tale che sia ancora possibile raggiungere un valore limite.

6.6 Requisiti per la serie di misure

Le formulazioni per registrare le serie di misure sono riportate come segue nella norma SN EN ISO 9972 [2] al capitolo 5.3.4:

"Die Prüfung wird vorgenommen, indem über einen Bereich der erzeugten Druckdifferenzen in Schritten von nicht mehr als etwa 10 Pa Messungen des Volumenstroms und der Druckdifferenz zwischen innen und aussen durchgeführt werden.

*Für jede Prüfung sind mindestens **fünf** etwa gleich weit voneinander entfernte Datenpunkte **zwischen der kleinsten und der größten Druckdifferenz** zu definieren.*

Die kleinste Druckdifferenz muss mind. 10 Pa oder das Fünffache des Wertes der natürlichen Druckdifferenz (Δp01) betragen, je nachdem, welcher Wert höher ist.

Die höchste Druckdifferenz muss mindestens 50 Pa betragen; um die höchste Genauigkeit der berechneten Ergebnisse zu erhalten, wird jedoch empfohlen, Ablesungen bei Druckdifferenzen bis zu 100 Pa vorzunehmen."

(La verifica viene eseguita misurando il flusso d'aria e la differenza di pressione tra interno ed esterno per un intervallo di differenza di pressione generata, a intervalli non superiori a circa 10 Pa.

Per ciascuna verifica devono essere definiti almeno **cinque** punti determinati tra **la pressione differenziale minore e maggiore**, a intervalli approssimativamente simili.

La pressione differenziale minore deve essere almeno pari a 10 Pa o cinque volte il valore della differenza di pressione naturale (Δp01), a dipendenza del valore maggiore fra i due.

La pressione differenziale maggiore deve essere almeno pari a 50 Pa; tuttavia, al fine di ottenere la massima precisione dei risultati calcolati, si raccomanda di eseguire la lettura dei dati per differenze di pressione fino a 100 Pa.)

In caso di scostamenti da questa regola, devono essere descritte le condizioni limite. La plausibilità della misura e il risultato devono essere verificabili dal Centro di certificazione in caso di richieste, se necessario. Se i livelli di pressione superiori (min. 50 Pa) non sono raggiunti in edifici di grandi dimensioni, vale quanto segue:

– Se si raggiunge pressione differenziale < 25 Pa, la misura non è valida,
– Se la pressione differenziale è compresa tra 25 Pa e 50 Pa, la misura è valida. Tuttavia, questo deve essere chiaramente indicato nel rapporto di verifica e deve essere giustificato,
– Per ulteriori informazioni vedere SN EN ISO 9972 [2], capitolo 5.3.4.

Diversamente da SN EN ISO 9972 [2], si veda il capitolo 8.2, litt. b), per la misurazione di edifici Minergie vale che:

– Devono essere monitorati **almeno 5 punti** di misura a intervalli approssimativamente regolari. Il punto di misura più basso e quello più alto dovrebbe differire di ***circa 40 - 70 Pascal***, considerando che il valore di riferimento (50 Pa) dovrebbe essere chiaramente compreso nella serie di misure.

6.7 Qualità della serie di misure

Con la nuova norma SN EN ISO 9972 [2], le carenze nella qualità della valutazione dei dati vengono colmate nel capitolo 6.2:

In merito all'esponente di flusso n e il coefficiente di determinazione r^2:

"*Damit die Prüfergebnisse im Kontext dieser Internationalen Norm gültig sind, muss n im Bereich von **0,5 bis 1** liegen und r^2 darf **0,98** nicht unterschreiten*" (Affinché i risultati della verifica siano validi nel contesto della presente norma internazionale, n deve essere compreso tra 0.5 e 1 e il valore di r^2 non può essere al di sotto di 0.98).

6.8 Analisi dei dati

Affinché lo svolgimento del processo di misura sia affidabile devono essere calcolati e dichiarati diversi parametri. Normalmente vengono forniti dal software del sistema di misura. I dettagli sui valori di riferimento, le formule di calcolo e le quantità derivate sono riportati nel capitolo 6 della norma SN EN ISO 9972 [2].

7 Rapporto di misurazione dell'ermeticità all’aria

7.1 Requisiti del rapporto di misurazione

In linea di principio, i rapporti devono essere conformi a tutti i requisiti della norma SN EN ISO 9972 [2], capitolo 7. La documentazione delle misurazioni Minergie è soggetta a requisiti aggiuntivi, descritti di seguito. (si veda il foglio “preparazione” nel formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all’aria, disponibile in tedesco [7]).

Descrizione dell'oggetto da misurare e questioni procedurali

- Informazioni sull'oggetto da misurare (indirizzo, tipo di edificio, anno di costruzione, altezza sul livello del mare, ev. foto),
- Standard Minergie dell'edificio,
- Fattore di esposizione al vento (A, B, C) della zona di misurazione,
- Vento, se disponibile: sviluppo nel giorno di misurazione, dalla stazione meteo nelle vicinanze,
- Altezza della zona di misura (altezza in aria → effetto-camino),
- Documentazione della zona di misurazione (eventualmente foto) e informazioni sui valori di riferimento:
    - Calcoli di A_E (inclusi documenti di pianificazione con indicazione della zona di misura),
- Procedura utilizzata 1, **2** o 3 (prescrizioni SIA 180 [1] e Minergie: procedura 2),
- Se si intende utilizzare la procedura 1 o 3, ciò dovrà essere previamente discusso con il Centro di certificazione competente, specificando in dettaglio i motivi.

Condizioni durante la misurazione

- Foto con posizione e tipo di Blower-door installata durante la misura,
- Data *e ora* della misurazione,
- *Stato:*
    - Misura anticipata o di collaudo,
    - Documentazione stato attuale,
- Edificio esistente / edificio vecchio,
- Descrizione/elenco dettagliato e foto che illustrano cosa, come e dove è stata eseguita la sigillatura provvisoria (vedere capitolo 6.3). Può anche essere utilizzata la lista di controllo: foglio "*preparazione*", nel formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all'aria, disponibile in tedesco [7].
- Descrizione dello stato delle zone limitrofe (finestre aperte?). Se questo stato non è noto (perché potrebbe non essere accessibile), ciò dev'essere specificato nel rapporto.

Altro

Indipendentemente dal fatto che sia stato raggiunto o meno un valore limite, le infiltrazioni più importanti riscontrate devono essere descritte in dettaglio e, ove possibile, documentate con foto (per i dettagli, vedere al capitolo 8.2 e in [8]).

Si raccomanda di integrare nel rapporto le *osservazioni* riportate nella tabella dei valori limite (tabella 6).

8 Allegati

8.1 Utensili per ogni fase di costruzione

Per ogni fase di costruzione è disponibile una checklist relativa alla permeabilità all'aria [6] che può essere scaricata dal sito www.minergie.ch. A titolo esemplificativo, la parte della checklist per la fase preliminare del progetto è rappresentata qui di seguito. http://www.minergie.ch

Fase di progetto preliminare

	Responsabile	Eseguito	Osservazioni
È stato sviluppato il concetto di ermeticità all'aria?			
È stato sviluppato il concetto di ventilazione?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità necessario: eseguito?			
È stato definito l'involucro ermetico dell'edificio?			
Si è evitato il più possibile di attraversare l'involucro ermetico?			
Le congiunzioni nell'involucro ermetico sono state limitate?			
I concetti sono stati discussi con gli specialisti (fisico della costruzione, RSVC e esperti in ecologia)?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità necessario / allestito, pianificazione terminata e sottoposta agli specialisti?			
Concetto di misurazione dell'ermeticità presentato al centro di certificazione?			

Figura 20 Checklist permeabilità all'aria [6]

8.2 Termini e simboli

Confronto norme

Questo elenco comprende i parametri più importanti, ma non è esaustivo.

La tabella che segue riporta alcuni dei termini più importanti, con i diversi simboli utilizzati nelle diverse norme.

La direttiva utilizza i simboli della norma SN EN ISO 9972 [2].

Panoramica simboli

Termine / Descrizione	**Unità**	**Norma SN EN ISO 9972 [2]**	**Norma EN ISO 13829 [3]**	**Norma SIA 180 [1]**
Area dell'involucro *(Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.2)*	m^2	A_E	A_E	A_{inf}
Volume interno *(Definizione cfr. EN ISO 9972 [2], 6.1.1)*	m^3	V	V	V_i
Flusso d'aria, misurato	m^3/h	q_m	V_m	q v,a,e
Flusso d'aria, rilevato	m^3/h	q_r	V_r	
Differenza di pressione, misurata	Pa	Δp_m	Δp_m	
Pressione differenziale di riferimento	Pa	Δp_r	Δp_r	Δp_r
Flusso di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m^3/h	q_{pr}	V_{pr}	qpr
Flusso di infiltrazione a 50 Pa	m^3/h	q_{50}	V_{50}	q_{50}
Tasso di ricambio d'aria alla differenza di pressione di riferimento (→ riferita al volume!)	h^{-1}	n_{pr}		
Tasso di ricambio d'aria a 50 Pa (riferito al volume!)	h^{-1}	n_{50}	n_{50}	
Permeabilità all'aria alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro termico dell'edificio	$m^3/(h \cdot m^2)$	q_{Epr}		q_{pr}
Permeabilità all'aria alla differenza di pressione di riferimento di 50 Pa (riferita alla superficie dell'involucro!)	$m^3/(h \cdot m^2)$	q_{E50}	q_{50}	q_{a50} / $q_{a50,li}$ / ta
Flusso specifico di infiltrazione riferito alla superficie di base, alla pressione differenziale di riferimento sull'involucro dell'edificio	$m^3/(h \cdot m^2)$	q_{Fpr} risp. q_{F50}	q_{wpr} risp. q_{w50}	
Superficie effettiva di infiltrazione alla pressione differenziale di riferimento	m^2	ELA_{pr}		
Coefficiente di flusso	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	C_{env}	C_{env}	
Coefficiente di dispersione	$m^3/(h \cdot Pa^n)$	C_L	C_L	C_L
Esponente di flusso	-	n (esponente)	n (esponente)	n (esponente)
Coefficiente di determinazione / coefficiente di correlazione	-	r^2		

Tabella 8 Panoramica dei simboli nelle diverse norme

8.3 Norma SIA 180 [1]

Con la norma SIA 180:2014 [1] tutti i valori di riferimento rilevanti per l'ermeticità all'aria sono definiti come negli standard internazionali. Esistono ancora solo alcune differenze nelle designazioni/simboli (confronto dei simboli: cfr. tabella 8).

Valori limite secondo la norma SIA 180 [1]

La norma SIA 180 [1] prescrive i seguenti valori limite e valori mirati:
(Nota: $q_{a50,li}$ / $q_{a50,ta}$ equivale a q_{E50} secondo la norma SN EN ISO 9972 [2])

	Valore limite		**Valore mirato**
	Ventilazione naturale	Ventilazione meccanica	in generale
	$q_{a50,li}$	$q_{a50,li}$	$q_{a50,ta}$
	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$	$m^3/(h \cdot m^2)$
Edifici nuovi	2.4	1.6	0.6
Edifici trasformati, riattati	3.6	2.4	1.2

Tabella 9 Valori limite e valori mirati della norma SIA 180 [1]

Note:

- I valori limite devono obbligatoriamente essere rispettati. I valori mirati devono essere perseguiti.
- Un altro valore limite per le pareti divisorie è descritto nel capitolo 3.3.4: cfr. tabella 10, nota [6)]

Panoramica dei concetti secondo norma SIA 180 [1]

	Norma SN EN ISO 9972 [2]	**Norma SIA 180 [1]**	**Minergie 2017**
Concetto di ventilazione [1)]	nessuna prescrizione	sì, cfr. [1)] SIA cap. 3.2	Sì (base: SIA)
Concetto di ermeticità [2)]	nessuna prescrizione	sì, cfr. SIA cap. 3.6.1.6 [3)] SIA cap. 3.6.1.5 [4)] SIA cap. 3.6.1.1 [5)] SIA cap. 3.3.4 [6)]	Sì (base: SIA)
Concetto di misurazione dell'ermeticità all'aria [7)]	nessuna prescrizione	nessuna prescrizione	Sì in caso di obbligo di misurazione e condizioni specifiche [7)]

Tabella 10 Panoramica concetti di ventilazione, ermeticità e di misurazione dell'ermeticità all'aria

1) Sebbene il **concetto di ventilazione** non abbia nulla a che fare con le misurazioni, il capitolo 3.2.5 della norma SIA 180 [1] può essere di notevole importanza per l'analisi dei risultati delle misurazioni e le perizie nel campo della permeabilità dell'aria:

"Nel caso sia pianificata una ventilazione manuale, dove spetta all'utente garantire manualmente l'approvvigionamento d'aria fresca e quindi la qualità dell'aria interna, allora è necessario notificarlo chiaramente nella documentazione dell'opera, segnalando i possibili problemi correlati con il sistema."

2) Per quanto riguarda il **concetto di ermeticità**, la norma SIA 180 [1] spiega quanto segue:

3) Capitolo 3.6.1.6: "*La posizione e lo sviluppo, sia in superficie che presso i raccordi costruttivi con altri elementi e gli attraversamenti, dell'elemento che garantisce l'ermeticità all'aria devono essere stabiliti* ***nel concetto d'ermeticità all'aria*** *dell'edificio*."

4) Capitolo 3.6.1.5: "*Negli immobili non abitativi e nei grandi edifici spesso s'impiegano* ***elementi costruttivi cosiddetti critici in merito alle perdite d'aria*** *(p.es. portoni scorrevoli, avvolgibili o pieghevoli, porte girevoli, porte d'ascensori, ante per l'evacuazione di calore o di fumo). Inoltre spesso misurazioni analoghe a quelle per le abitazioni non sono possibili. Per edifici di questo genere le esigenze da rispettare e i valori limite devono quindi essere* ***pattuiti specificatamente nel concetto d'ermeticità dell'edificio****.*"

5) Nella norma SIA 180 [1] il capitolo 3.6.1.1 è decisivo per quanto riguarda le zone ermetiche: "*Le esigenze d'ermeticità non interessano solamente l'involucro termico dell'edificio ma, a dipendenza della situazione, anche suddivisioni interne all'involucro (pareti divisorie tra appartamenti, zone d'utilizzo diversificate negli edifici commerciali, ecc.).* ***Spetta al progettista stabilire*** *quali zone di un edificio debbano rispettare le esigenze d'ermeticità.*"

6) Un caso particolare riguardante le delimitazioni/zone ermetiche è descritto nella norma SIA 180 [1] nel capitolo 3.3.4 e corredato di un valore limite separato: "*Pareti, pavimenti e solette che separano i locali in cui ci sono fonti di sostanze inquinanti dell'aria o d'umidita (p.es. autorimesse, cantine, locali con alta concentrazione di radon) dai locali occupati, devono essere quanto più possibile ermetici all'aria. Porte e attraversamenti tra queste zone devono essere eseguiti in modo tale che il flusso d'aria a 50 Pa di pressione differenziale diviso la superficie totale degli elementi costruttivi divisori sia inferiore a* $2\ m^3/(h \cdot m^2)$*.*"

7) In merito al **concetto di misurazione** dell'ermeticità all'aria: si veda il capitolo 5.

8.4 Ulteriori metodi di misurazione

a) La misurazione orientativa

Durante un'analisi di un edificio è spesso necessario fornire un'indicazione sull'ermeticità all'aria nel più breve tempo possibile e con il minimo sforzo possibile (costi). Si tratta di una "*misurazione orientativa*" quando si applica una procedura abbreviata e semplificata per determinare il risultato di una misurazione della permeabilità all'aria - ad esempio solo con depressione, solo come misura di 1 punto a 50 Pa, o con solo il valore di riferimento stimato - o con altre misure che si discostano dalle norme e dalle presenti linee guida. Ciò comporta anche altre incertezze di misura, solitamente maggiori rispetto alle misurazioni standard. La designazione corretta di tale misurazione è quindi "*misurazione orientativa in base alla norma*...", dove occorre specificare in cosa consiste il riferimento / non riferimento (*si veda il link [12], meritevole di essere letto, per misuratori*).

Il risultato di una "*misurazione orientativa*" può essere confrontato con i valori limite, ma non è ammessa alcuna valutazione (soddisfatto/non soddisfatto) in termini di valori limite Minergie.

b) Immagini termografiche

L'intero edificio deve essere esaminato dall'esterno per individuare eventuali punti deboli mediante immagini termografiche. La temperatura interna durante le riprese deve corrispondere alla situazione in esercizio. Si può presumere che, nell'interesse di tutti i soggetti coinvolti nel processo di costruzione, le incongruenze o i punti problematici riscontrati siano oggetto di ulteriori indagini e miglioramenti. Occorre allestire un rapporto da presentare al Centro di certificazione.

c) Misura della differenza di pressione naturale

In inverno, nei piani designati dal Centro di certificazione deve essere eseguita una misurazione della pressione differenziale naturale tra interno ed esterno con la ventilazione disattivata. La distribuzione della pressione nei diversi piani va documentata in un rapporto.

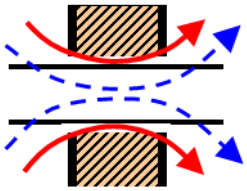
d) Misura puntuale di elementi costruttivi critici

Deve essere eseguita una misurazione singola a 50 Pa con il componente critico sigillato con nastro adesivo e un’altra con la sigillatura rimossa. Se sono presenti più componenti critici, rimuovere una sigillatura per volta e determinare il flusso volumetrico ogni volta. Determinare il flusso d’aria riferito al m^2 di superficie di elementi costruttivi critici in base alla differenza dei flusso volumetrici; confrontare la stima ottenuta con le norme sugli elementi costruttivi (si veda il capitolo 8.6).

8.5 Elenco delle sigillature provvisorie consentite

Sigillature provvisorie per i metodi di misura 1 e 2

Provvedimenti	**Metodo 1** (stato d'utilizzo)	**Metodo 2** (involucro dell'edifico)
Porte esterne *	chiudere	chiudere
Porte interne	aprire	aprire
Porte verso locali tecnici riscaldati * es. depositi	aprire	aprire
Porte verso locali non riscaldati (magazzini, cantina, garage) *)	chiudere	chiudere
Porte lift (= verso altre zone)	chiudere	chiudere e sigillare
Serrature *	niente	niente
Finestre sul tetto / aperture, se non comprese nel perimetro ermetico	aprire	aprire
Finestre sul tetto / aperture, se comprese nel perimetro ermetico *	chiudere	chiudere
Finestre / porte finestre / lucernari contro esterno *	chiudere	chiudere
Feritoie nelle finestre (profili)	chiudere	chiudere e sigillare
Prese d'aria nelle finestre del tetto	chiudere	chiudere e sigillare
Raccordo avvolgibili / schermature *	niente	niente
Apparecchio di aerazione centralizzato / decentralizzato	dove possibile sigillare l'apparecchio	dove possibile sigillare l'apparecchio
Bocchette dell'aria d'immissione	ev. sigillare	chiudere e sigillare
Bocchette dell'aria d'aspirazione	ev. sigillare	ev. sigillare
Cappa d'aspirazione della cucina (ricircolo)	niente	niente
Cappa d'aspirazione della cucina (estrazione)	niente	sigillare
Estrattori (bagni, docce, WC)	niente	sigillare
Asciugatrici in locali riscaldati con aspirazione esterna	chiudere	chiudere e sigillare
Stufe / camini ecc…	chiudere	chiudere e sigillare
Prese d'aria delle stufe	chiudere	chiudere e sigillare
Comignoli	chiudere	chiudere e sigillare
Tubo della biancheria in zona non riscaldata	chiudere	chiudere e sigillare
Porticine per gatti	chiudere	chiudere e sigillare
Chiusini in zone riscaldate	chiudere	sigillare
Soffitti ribassati	niente	niente
Quadro elettrico, fusibili *	niente	niente
Prese elettriche *	niente	niente
Lampade risp. predisposizione *	niente	niente

Cassetta di distribuzione (riscaldamento) *	niente	niente
Casetta sanitari WC *)	niente	niente
Altri attacchi sanitari e aperture *)	niente	niente
Canali per l'aria, valvole in zone riscaldate	niente	sigillare
Aspirapolvere centralizzata	chiudere	chiudere e sigillare
Tubi vuoti passanti in altre zone	sigillare	sigillare
Attraversamenti di tubi in generale		
	rosso: nessun intervento (= involucro) blu: chiudere, risp. sigillare	rosso: nessun intervento (= involucro) blu: sigillare
Altro:		

*) Se durante il procedimento di misurazione, vengono riscontrate importanti infiltrazione, l'entità può essere stimata mediante sigillare con una misura supplementare (cfr. capitolo 5). Tuttavia, per una valutazione MINERGIE con il metodo di misurazione 2, non è consentita la sigillatura temporanea.

Tabella 11 Elenco delle sigillature provvisorie consentite

Avvertimento: dopo la rimozione delle sigillature provvisorie p.es. stufe, tubo panni sporchi, ecc.; tramite una misurazione puntuale (Δp 50 Pa) si può misurare la differenza di perdita tra i due procedimenti di misurazione (1 o 2). In questo modo si possono quantificare le perdite che non appartengono all'involucro dell'edificio.

8.6 Riferimenti ulteriori

- Annesso alla norma DIN EN 13829, Ausgabe 4: www.flib.de/publikationen/Beiblatt/flib_beiblatt.php; 2015/05

- Leitfaden Luftdichtheitskonzept; http://www.luftdicht.info

- SN EN 1026; SIA-Norm 331.055; Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren; 2016 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12152; SIA-Norm 329.001; Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit - Leistungsanforderungen und Klassifizierung; 2002 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12153; SIA-Norm 329.002; Vorhangfassaden - Luftdurchlässigkeit – Prüfverfahren; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12207; SIA-Norm 331.301Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung; 2016 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12426; SIA-Norm 343.103; Tore – Luftdurchlässigkeit - Klassierung; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12427; SIA-Norm 343.104; Tore – Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 12835; SIA-Norm 342.008; Luftdichte Abschlüsse - Prüfung der Luftdurchlässigkeit; 2000 (disponibile in tedesco o in francese)

- SN EN 13125; SIA-Norm 342.011; Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand - Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt; 2001 (disponibile in tedesco o in francese)

Bibliografia

[1] Norma SIA 180; Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici; 2014/07

[2] Norm SN EN ISO 9972 (in tedesco); Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren; 2015/09 (SIA 180.206; 2016/02)

[3] EN 13829 (ritirata); Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren; 2000/11

[4] Regolamento d'uso Minergie, Versione 2018.1; https://www.minergie.ch/it/certificare/funzionamento/; 2018/01https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie/

[5] Regolamento di prodotto Minergie, Version 2018.1; https://www.minergie.ch/it/certificare/funzionamento/; 2018/01https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie/

[6] Checklist permeabilità all'aria (in tedesco); https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie-p/; 2016/05

[7] Formulario di verifica per la misurazione della permeabilità all'aria; https://www.minergie.ch/it/certificare/minergie/?l; 2018

[8] Forschungsbericht: Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen - Handlungsempfehlung für Baupraktiker (Flieg, AIBAU, IBP); www.flib.de/publikationen/forschungsbericht/FLiB_Forschungsbericht_2016.pdf; 2016/10

[9] AICAA Norme e direttive per la protezione antincendio; http://www.praever.ch/it/bs/vs/seiten/default.aspx

[10] Specifiche per le misure della permeabilità all'aria (in tedesco o francese); https://www.thech.ch/de/blower-door/blower-door

[11] Formulario di verifica "Concetto di ermeticità all'aria" ("Luftdichtheitskonzept" disponibile in tedesco), https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie Versione 2018/01

[12] Normgerecht prüfen - aber mit Verstand (Günter Calina); https://www.erichsen.de/service/fachartikel/oberflaechenpruefung/normgerecht-pruefen-aber-mit-verstand/view; 2011/05

[13] Anwendung der erweiterten Blower-Door-Messmethoden (Monika Hall); http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/veroeffentlichungen/ Publikationen00/bp6_00.pdf; 2000

[14] Norma SIA 380/1; Fabbisogno termico; 2016/12

Elenco delle figure

Figura 1 Possibile posizione dei valori misurati e incertezze rispetto al valore limite

Figura 2 Sopra: Sezione con i provvedimenti per l'ermeticità all'aria evidenziati. In basso a sinistra: Sezione con i provvedimenti per l'ermeticità all'aria evidenziati. In basso a destra: Legenda dei provvedimenti. Fonte: Minergie-A Esempio di dossier per domanda di certificazione

Figura 3 Piano con le misure per l'ermeticità all'aria evidenziate. Fonte: Planimetria fornita da Flumroc SA

Figura 4 Esempio di un passaggio tra pavimento e parete esterna

Figura 5 Esempio dell’attraversamento di un tubo

Figura 6 Vano tecnico verticale (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

Figura 7 Non idoneo: Fascio di installazioni elettriche (Fonte: Hochschule Luzern – Technik & Architektur; Foto: 30.11.2013)

Figura 8 Guaina passatubo multipla adatta per tubi vuoti (Fonte: pro clima schweiz GmbH)

Figura 9 Nel caso di abitazioni MF più datati, è necessario stabilire dove si sviluppa il perimetro ermetico

Figura 10 Abitazione PF con 4 unità. Nelle abitazioni PF, ogni unità d'uso (appartamento, sala comune, ecc.) deve essere ermetica verso le altre unità d'uso. Ciò vale anche per le scale, che raramente sono misurate come zona separata.

Figura 11 Rappresentazione grafica dell'intervallo del numero di misurazioni da effettuare

Figura 12 Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione autonoma

Figura 13 Misurazioni separate per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa autonoma

Figura 14 Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. sopraelevazione aperta direttamente collegata all'edificio esistente (scala aperta)

Figura 15 Misura "mista" per ammodernamento e ampliamento come schizzo del sistema. P. es. costruzione annessa aperta (p. es. abitazione MF con ampliamento dello spazio abitativo)

Figura 16 Misurazione di un'unità d'uso (appartamento) in un edificio (abitazione PF). Le finestre degli appartamenti confinanti, della scala e dei locali adiacenti non riscaldati vanno aperte

Figura 17 Sigillature temporanee possibili sugli impianti di aerazione

Figura 18 A sinistra: perdite d'aria causate da raccordi di tubi non ermetici. A destra: solo una sigillatura efficace della superficie ermetica all'aria (preferibilmente durante la fase di costruzione) previene le infiltrazioni.

Figura 19 Differenza di temperatura sull'involucro termico dell'edificio: ca. 8 Kelvin, depressione: 50 Pa, da ca. 10 min. Attenzione: la finestra a sinistra è ermetica! Motivo per la zona fresca, di colore blu, sulla sinistra: La finestra era in posizione inclinata prima della misura (fonte: Ingenieurbüro Baucheck-Tanner)

Figura 20 Checklist permeabilità all'aria [6]

Elenco delle tabelle

Tabella 1 Panoramica dei più importanti cambiamenti normativi tra RiLuMi 2018 e RiLuMi 2007

Tabella 2 Panoramica dei capitoli rilevanti per le persone coinvolte nella costruzione

Tabella 3 Panoramica delle norme e dei documenti applicabili

Tabella 4 Panoramica dei termini e dei simboli secondo la norma SN EN ISO 9972 [2]

Tabella 5 Panoramica dei concetti da inoltrare e dei metodi da applicare

Tabella 6 Valore limite q_{E50} da rispettare espresso in ($m^3/(m^2*h)$)

Tabella 7 Intervallo del numero di misurazioni da effettuare

Tabella 8 Panoramica dei simboli nelle diverse norme

Tabella 9 Valori limite e valori mirati della norma SIA 180 [1]

Tabella 10 Panoramica concetti di ventilazione, ermeticità e di misurazione dell'ermeticità all'aria

Tabella 11 Elenco delle sigillature provvisorie consentite