



Articolo 16

Clima dei locali

Tutti i locali devono essere ventilati naturalmente o artificialmente in maniera sufficiente e proporzionata alla loro utilizzazione. La temperatura dei locali, la velocità e l'umidità relativa dell'aria devono essere stabilite e dosate reciprocamente in modo da assicurare un clima non nocivo alla salute e consoni al genere di lavoro.

Nel presente articolo sono descritte, singolarmente o nel loro complesso, le prescrizioni da rispettare in materia di temperatura, velocità e umidità dell'aria, nonché monossido di carbonio (CO₂). I parametri devono essere armonizzati l'uno con l'altro in modo da garantire un clima che non sia nocivo alla salute. In ragione della complessità tecnica, saranno innanzitutto illustrate le prescrizioni più importanti per la protezione della salute e successivamente nell'Allegato le prescrizioni tecniche d'approfondimento tratte dalle norme.

Temperatura dei locali

Una temperatura adeguata all'essere umano e alle sue attività è uno dei criteri climatici fisici più importanti. Per il termine fisico «temperatura» occorre distinguere le diverse definizioni:

- temperatura dell'aria:
temperatura dell'aria nel luogo considerato (sul posto di lavoro):
- Temperatura ambiente:
temperatura dell'ambiente al centro del locale, misurata a 1m dal suolo.

La temperatura dell'aria e la temperatura ambiente possono essere rilevate e valutate con un termometro.

- Temperatura del locale (temperatura operativa, temperatura percepita): corrisponde alla temperatura percepita dall'essere umano nel luogo considerato (posto di lavoro) ed è decisiva per il comfort termico delle persone (v. spiegazione

nell'Allegato tecnico). È composta dalla temperatura dell'aria nel luogo considerato e dalla temperatura di irraggiamento delle superfici circostanti (pavimento, pareti, soffitto, ecc.). Le prescrizioni nelle norme si riferiscono solitamente alla temperatura dei locali. Quando si effettuano misurazioni e valutazioni si devono considerare tutti i parametri fisici menzionati (v. Allegato tecnico «Temperatura dei locali»).

Il rapporto tra la temperatura dei locali e quella dell'aria è descritto nell'Allegato tecnico «Temperatura dei locali». Qualora sussistano grandi differenze tra la temperatura dell'aria e quella delle superfici circostanti, la temperatura dell'aria e quella dei locali differiscono. Questo accade ad es. in un edificio con una parete esposta all'irraggiamento solare (soprattutto nella stagione calda) o a causa di pareti mal isolate e in caso di utilizzo di apparecchi di climatizzazione locali (ad es. soffitti di raffreddamento).

La figura 316-1 mostra, dal punto di vista della fisiologia del lavoro, le temperature dell'aria ottimali per l'estate e l'inverno negli uffici e in caso di attività con differente sforzo fisico. Durante i periodi di grande caldo nei locali senza raffrescamento si devono tollerare temporaneamente anche temperature più elevate (SN 520 180). L'opuscolo «Lavorare in ufficio quando fa molto caldo» fornisce indicazioni sulla gestione nei locali interni in caso di caldo. La necessità di un impianto di condizionamento in caso di temperature esterne elevate dovute alla stagione è descritta nella norma SN 546 382/1.



Fasce fisiologicamente buone per il lavoro per le temperature dell'aria	
Temperatura dell'aria (°C)	Attività lavorativa
21 ... 23	Lavoro d'ufficio attività sedentaria (stagione fredda, inverno, «periodo di riscaldamento»)
23 ... 26	Lavoro d'ufficio attività sedentaria (stagione calda, estate, «periodo di raffreddamento»)
18 21	Lavoro da leggero a medio stando in piedi e muovendosi, (ad es. preparazione di ordini)
16 ... 19	mittelschwere körperliche Arbeit (z. B. Montage)

Figura 316-1: Fasce di temperature dell'aria fisiologicamente buone per il lavoro per diverse attività fisiche¹

Per i locali riscaldati, raffrescati o arieggiati meccanicamente si applicano le prescrizioni in materia di temperatura dei locali previste dalla norma SN 546 382/1: a seconda della temperatura esterna, la temperatura di questi locali si situa tra i 20,5°C e i 26,5°C. Nei locali parzialmente climatizzati, in caso di periodi di grande caldo, la differenza tra la temperatura esterna e quella dei locali non deve essere troppo elevata (non superiore a 8°C in caso di impianto di condizionamento ; in presenza di temperature esterne superiori a 32°C (per 48 ore), la temperatura dei locali non va abbassata al di sotto dei 26,5°C).

Per valutare in maniera approfondita la situazione di un posto di lavoro si deve determinare il cosiddetto «comfort termico». In proposito, oltre alla temperatura dell'aria e dei locali, occorre considerare anche l'attività fisica, l'abbigliamento, l'umidità dell'aria e la velocità dell'aria (v. Allegato «Comfort termico»).

Per il «comfort locale» (ossia per la percezione delle estremità del corpo) si devono prendere in con-

siderazione anche le differenze locali di temperatura tra il soffitto e il pavimento (rispettivamente tra la testa e le caviglie): la temperatura dell'aria al pavimento dovrebbe essere di al massimo 3°C più fredda rispetto alla temperatura dell'aria all'altezza della testa. La temperatura superficiale del pavimento deve essere di almeno 19°C, tuttavia non più di 28°C. In caso di pavimenti freddi (cemento, metallo) sono necessarie coperture isolanti, nonché calzature termoisolanti che devono essere messe a disposizione dal datore di lavoro.

Conformemente all'ordinanza sulla protezione della maternità sono considerati pericolosi per le donne incinte i lavori effettuati all'interno con temperature ambiente superiori a 28°C. Per la valutazione della temperatura ambiente bisogna ricorrere a uno specialista. A tale riguardo non è determinante solo la temperatura dell'aria, ma anche la temperatura d'irraggiamento delle superfici circostanti (v. sopra e nell'Allegato: «Temperatura dei locali»). Inoltre, per una valutazione completa della situazione si deve considerare il comfort termico (→ v. Allegato tecnico: «Comfort termico»).

Umidità dell'aria

Nelle persone sane, le mucose delle vie respiratorie nel naso e nella gola costituiscono un sistema di umidificazione efficiente (v. scheda informativa dell'Ufficio federale dell'energia, UFE). La fascia fisiologicamente ottimale per l'umidità relativa dell'aria si situa tra il 30 e il 60%. Questi valori non sono totalmente rigidi. Un'umidità dell'aria troppo bassa o troppo alta è sfavorevole dal punto di vista della salute e dannosa per gli edifici e va evitata. Un'umidità troppo bassa può provocare secchezza delle vie respiratorie, mentre a partire dal 60% circa, in particolare in caso di elevate temperature dei locali, l'aria è percepita come «afosa». Un'umidità troppo elevata può comportare danni all'edificio (ad es. crescita di muffa). Si noti che nelle norme le prescrizioni fanno riferimento all'umidità assoluta e non a quella relativa (v. Allegato tecnico «Umidità dell'ambiente»).

¹ «Durante i periodi di grande caldo si devono tollerare anche temperature più elevate, vedi «Allegato tecnico».

Indicazioni relative all'ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro

Capitolo 2: Esigenze particolari relative alla tutela della salute

Sezione 2: Illuminazione, clima dei locali, rumori e vibrazioni

Art. 16 Clima dei locali



Art. 16

La figura 316-2 mostra le fasce fisiologicamente gradevoli dell'umidità relativa dell'aria per l'inverno (in caso di temperature dell'aria nei locali comprese tra 21°C e 23°C) e per l'estate (tra 23°C e 26°C).

Umidità relativa dell'aria
Inverno : 30-50%
Estate : 40-60%

Figura 316-2: Prescrizioni per le fasce fisiologicamente gradevoli dell'umidità relativa dell'aria (Altopiano svizzero)

Al di sopra di un cosiddetto «limite dell'afa» l'aria dei locali, soprattutto in caso di temperature interne elevate, è percepita come sgradevole. Le condizioni sono fisiologicamente accettabili per quanto attiene alla percezione dell'afa se l'umidità relativa è limitata ai seguenti valori arrotondati:

da 24°C: < 60%

da 26°C: < 55%

da 28°C: < 50%

Nei locali di lavoro in cui l'umidità relativa è permanentemente bassa (ad es. nei locali per la produzione che richiedono condizioni di asciutto), l'aria deve essere il più possibile priva di polvere. Inoltre, deve essere messa a disposizione dei lavoratori acqua potabile.

In assenza di esigenze particolari per quanto attiene al clima dei locali, un'umidificazione dell'aria dei locali non è necessaria e neppure conveniente dal punto di vista energetico, in particolare nei periodi di riscaldamento. L'opportunità dell'umidificazione artificiale è descritta nella norma SN 546 382/1 e nella scheda informativa dell'UFE «Umificazione dell'aria» 805.162.1. In questa scheda informativa viene altresì trattato il tema della gestione delle scariche elettrostatiche dovute all'aria secca dei locali.

Per ulteriori prescrizioni tecniche in merito all'umidità dell'aria si rinvia all'Allegato tecnico «Umidità dell'aria».

Velocità dell'aria, rischio di correnti d'aria

Le correnti d'aria possono pregiudicare il benessere sul posto di lavoro, specialmente in caso di attività sedentarie, anche con basse velocità dell'aria. Se è presente una corrente d'aria, non si percepiscono i movimenti dell'aria in sé, ma le piccole differenze di temperatura sulla pelle. La sensibilità delle persone è diversa (sesso, età, stato di salute, ecc.). Le lamentele riguardo alle correnti d'aria devono essere considerate seriamente e chiarite poiché possono causare problemi di salute, insoddisfazione e calo del rendimento sul posto di lavoro.

Le cause delle correnti d'aria sono:

- finestre e porte aperte o non ermetiche;
- finestre e infissi con un isolamento termico insufficiente (elevato valore U);
- pareti esterne con isolamento termico insufficiente, difetti nell'isolamento;
- grandi superfici vetrate (correnti discendenti), eventualmente in aggiunta alla mancanza di radiatori alle finestre;
- locali alti (correnti discendenti);
- apparecchi di condizionamento con ricircolo dell'aria (corrente d'aria in prossimità del posto di lavoro);
- diffusori a dislocamento in prossimità del posto di lavoro.

La figura 316-3 mostra la velocità media locale dell'aria ammissibile per diverse temperature locali dell'aria in un ufficio con ventilazione meccanica o naturale. Per ragioni fisiologiche, in caso di temperature interne più calde è possibile tollerare velocità dell'aria superiori. In estate, in caso di grande caldo, in edifici con ventilazione naturale una misura di raffreddamento molto utile è rappresentata dai ventilatori. L'effetto di raffreddamento provocato dall'evaporazione del sudore è tuttavia efficace solo al di sotto dei 30-32°C circa. In caso



di temperature più basse la sensibilità alle correnti d'aria aumenta, per questo motivo i valori consentiti sono inferiori (v. Allegato tecnico «Rischio di correnti d'aria»).

In caso di attività artigianali e industriali sono accettabili e persino vantaggiose velocità dell'aria un po' più elevate, ad esempio quando si indossa un abbigliamento protettivo per lavori nelle cabine per verniciatura a spruzzo con adduzione diretta ed espulsione dell'aria o in caso di attività generalmente faticose.

Le correnti d'aria moleste causate da motivi tecnici possono essere in parte compensate da una temperatura dell'aria più elevata (o se necessario mediante una diminuzione dell'umidità). Per i lavori pericolosi ai sensi della [Direttiva CFSL 6508](#) i dispositivi di protezione individuale hanno sempre la priorità sul comfort termico.

Clima dei locali e «comfort termico»

I parametri climatici descritti sopra (temperatura, umidità e velocità dell'aria, ecc.) devono essere dosati reciprocamente in modo da garantire un clima salutare. Il concetto di «comfort termico» include quindi nel complesso diversi parametri e fatto-

ri e permette di determinare un indice di comfort senza dimensione (PMV = Predicted Mean Vote = voto medio previsto del comfort termico), nonché un tasso percentuale di insoddisfazione di una popolazione statisticamente media (PPD = Predicted Percentage Dissatisfied = percentuale prevista d'insoddisfatti) (v. Allegato tecnico «Comfort»).

Il comfort termico è raggiunto se la regolazione termica del corpo (assorbimento e rilascio del calore) è in equilibrio con i fattori ambientali. Nell'essere umano, il dispendio termico avviene principalmente per radiazione, evaporazione del sudore, espirazione e conduzione (calore di contatto). I fattori determinanti per il bilancio termico umano sono: temperatura dei locali (temperatura dell'aria e temperatura delle superfici che delimitano il locale), velocità/turbolenze dell'aria, umidità relativa dell'aria, nonché attività e isolamento dell'abbigliamento.

La norma SN EN ISO 7730 si basa su questi fattori per calcolare il comfort termico (v. Allegato tecnico «Comfort termico»). Nel risultato si prevede una percentuale statistica di persone insoddisfatte (PPD). Per gli uffici si esige il raggiungimento perlomeno della categoria B (ossia sino a un massimo del 10% di insoddisfatti) (v. Allegato tecnico «Comfort termico»).

Oltre al comfort complessivo, si deve altresì considerare il comfort locale, con cui si deve intendere

Temperatura locale dell'aria [°C]	Velocità massima dell'aria per tipo di ventilazione e livello di sensibilità [m/s]		
	Ventilazione meccanica «sensibile»	Ventilazione meccanica «normale»	Ventilazione naturale «entrambi i gruppi»
20	0.10	0.12	0.15
22	0.11	0.14	0.17
24	0.12	0.16	0.19
26	0.14	0.18	> 0.20

Figura 316-3: Velocità massime dell'aria a seconda della temperatura locale dell'aria e del tipo di ventilazione.

Presupposti: ventilazione meccanica DR=15% (DR= Draft Risk = rischio di correnti d'aria), ventilazione naturale DR=20% (ogni volta con grado di turbolenza del 50% secondo la norma SN EN 520 180, integrato mediante il calcolo per DR=10% per persone con sensibilità accresciuta).



in particolare la sensibilità delle estremità (braccia vs. mani, gambe vs. piedi, testa vs. caviglie) alle correnti d'aria (v. Allegato «Comfort termico»).

Qualità dell'aria «anidride carbonica CO₂»

I criteri generali per la qualità dell'aria sono descritti nelle indicazioni relative all'articolo 18 OLL3 (Inquinamento dell'aria). Nelle norme, nella maggior parte dei casi l'anidride carbonica (CO₂) è trattata nel capitolo «Clima dei locali». Nei locali privi di fonti interne di sostanze nocive l'essere umano è la fonte principale di CO₂, d'odori e di germi. Il CO₂ funge da «parametro indicativo» per la qualità dell'aria; la concentrazione di CO₂ dipende dall'occupazione del locale e dalle condizioni di ventilazione.

La figura 316-4 mostra la classificazione della qualità dell'aria sulla base del tenore di CO₂ per quanto concerne la «protezione della salute» e la norma SN 546 382/1 per i locali con ventilazione meccanica. Concentrazioni al di sopra dei 1000 ppm CO₂ possono temporaneamente causare stanchezza,

malessere, difficoltà di concentrazione e mal di testa. Valori molto elevati su più ore comportano inoltre disturbi del rendimento percepibili e stanchezza (→ maggiore rischio per le attività di sorveglianza). Il livello di base per il CO₂ nell'aria esterna e nell'aria dei locali pulita è di circa 380-450 ppm. La qualità dell'aria è considerata buona con una concentrazione inferiore a 1000 ppm CO₂. Nei locali con ventilazione meccanica i flussi volumetrici dell'aria esterna devono essere regolati in modo tale che la concentrazione di CO₂ raggiunga la classe di qualità dell'aria nei locali (RAL) adeguata per l'uso previsto del locale.

Nei locali con ventilazione naturale la concentrazione di CO₂ dipende dalla densità d'occupazione (numero di persone nel locale) e dal comportamento di ventilazione. In caso di occupazione elevata e di scarso ricambio dell'aria vi è un rapido aumento di CO₂, che può essere evitato efficacemente in presenza di un buon comportamento di ventilazione. Una ventilazione intensiva è indicata a partire da un valore massimo di 2000 ppm CO₂ (v. Allegato «Qualità dell'aria, anidride carbonica»).

Concentrazione di CO ₂ nell'aria dei locali [ppm]	Concentrazione di CO ₂ nell'aria dei locali [ppm]	Qualità dell'aria dei locali Classificazione secondo SN 546 382/1 (locali con ventilazione meccanica)
≤ 1'000*	da buona a molto buona	alta (RAL 1) media (RAL 2)
> 1'000...1'400	discreta	discreta (RAL 3)
> 1'400...2'000	bassa	bassa (RAL 4)
> 2'000	igienicamente inaccettabile Possibili danni alla salute in locali con ventilazione naturale: necessità d'intervento 2000 ppm (quale valore massimo): → arieggiare e ventilare regolarmente → verificare quale sia la migliore aereazione dei locali.	igienicamente inaccettabile Locali con ventilazione meccanica: → verifica tecnica dell'impianto e dei dati di pianificazione, ecc.

Figura 316-4: classi di qualità dell'aria nei locali in base alla terminologia della protezione della salute e secondo la norma SN 546 382/1 (per i locali con ventilazione meccanica).

*Numero di Pettenkofer per una buona qualità dell'aria 1000 ppm CO₂. RAL = qualità dell'aria nei locali



Allegato tecnico

Temperatura dei locali

Confronto tra la temperatura dei locali e la temperatura ambiente

La temperatura dei locali è determinata (analogamente alla misurazione del comfort termico) con sensori di misurazione della temperatura dell'aria e di quella di irraggiamento (palla nera; v. Figura 316-12). La temperatura dell'aria è un valore ponderato con la velocità dell'aria, composto dalla temperatura dell'aria e dalla temperatura di irraggiamento delle superfici che delimitano il locale. Rapporto: temperatura dei locali, temperatura dell'aria e temperatura d'irraggiamento delle superfici circostanti (valide per velocità medie dell'aria < 0,2 m/sec):

$$T_{\text{Locale}} = 0.5 \times (T_{\text{Aria}} + T_{\text{m, irraggiamento}}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

T_{Locale}	=	Temperatura del locale in $^\circ\text{C}$
T_{Aria}	=	Temperatura dell'aria in $^\circ\text{C}$
$T_{\text{m, irraggiamento}}$	=	Valore medio risultante dalla temperatura d'irraggiamento delle superfici circostanti nel locale in $^\circ\text{C}$

Figura 316-5: Criteri di dimensionamento secondo la norma SNR 592 024 per i locali con ventilazione meccanica negli uffici e le basi (velocità dell'aria,

umidità relativa dell'aria, abbigliamento (clo) e attività metabolica (met)) per il loro calcolo.

La temperatura dei locali (temperatura percepita) negli uffici (riscaldati, raffreddati o con ventilazione meccanica) si situa, a seconda della temperatura esterna su 48 ore, tra i 20.5 e i 26.5 $^\circ\text{C}$ (SN 546 382/1).

Per i locali con ventilazione naturale (al di fuori del periodo di riscaldamento e senza raffreddamento), la temperatura percepita deve situarsi, a seconda della temperatura esterna su 48 ore, tra i 20.5 $^\circ\text{C}$ e i 25 $^\circ\text{C}$ (periodo freddo) o tra i 22 $^\circ\text{C}$ e i 30.5 $^\circ\text{C}$ (periodo caldo) (SN 520 180).

Temperatura dei locali confortevole in funzione dell'attività e dell'abbigliamento

Il comfort termico è determinato dall'attività fisica della persona e dall'isolamento dell'abbigliamento (SN EN ISO 7730). L'attività determina il consumo metabolico del corpo, che è indicato in «met» (=metabolic activity) con l'unità: Watt/m² di superficie corporea. Un adulto di 70 kg produce circa 100 Watt sotto forma di calore. Quale misura per l'isolamento dell'abbigliamento si usa l'unità «clo» (=clothing, abbigliamento), che fisicamente deve essere intesa come resistenza alla trasmissione termica. A seconda dell'isolamento dell'abbigliamento, il valore varia tra 0 e 3, laddove 0 corrisponde

Condizioni esterne	Valori di dimensionamento secondo SNR 592 024	Base di calcolo
	Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$)	
Inverno (periodo di riscaldamento)	20 ... 24	Velocità dell'aria max. 0,13 m/s Umidità rel. 30% Valore clo 1,0 / valore met 1,2
Estate (periodo di raffreddamento)	23.5 ... 26.5	Velocità dell'aria max. 0,18 m/s Umidità rel. 60% Valore clo 0,5 / valore met 1,2 Vale solo per i locali raffreddati con condizionatori!

Figura 316-5: Valori di dimensionamento per le temperature ambiente negli uffici secondo SNR 592024.

Indicazioni relative all'ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro

Capitolo 2: Esigenze particolari relative alla tutela della salute
Sezione 2: Illuminazione, clima dei locali, rumori e vibrazioni
Art. 16 Clima dei locali



Art. 16

a nessun abbigliamento e 3 a un abbigliamento da pieno inverno. La norma riporta indicazioni più dettagliate in merito al tipo di abbigliamento. Per i lavori d'ufficio si ipotizza in estate un valore clo tra 0,5 e 0,8 e in inverno tra 1,0 e 1,2.

La figura 316-6 illustra in maniera schematica diverse temperature percepite come ottimali (per locali riscaldati o raffreddati) e fasce di temperatura per diverse attività (o dispendi di calore) (asse y) e tipi di abbigliamento (asse x). (Esempio: attività d'ufficio (met = 1,2; clo = 1,0) → temperatura del locale 21,5°C e margine di dispersione ± 2,5°C).

Maggiore è lo sforzo fisico, minore dovrebbe essere la temperatura dei locali. Se ad esempio con un abbigliamento più caldo, come una camicia a maniche lunghe/pantaloni/maglione, è percepita come gradevole una temperatura del locale di 22°C, con lo stesso abbigliamento e un'attività di media intensità stando in piedi saranno percepiti come confortevoli 15°C (ad es. lavori di montaggio). Occorre quindi adeguare sempre l'abbigliamento alla prestazione fisica e alle condizioni esterne, in base alle stagioni.

Umidità dell'aria

Nelle norme, quale unità dell'umidità dell'ambiente si utilizza l'«umidità riferita alla massa». Essa è indicata come rapporto di mescolamento g vapore acqueo per kg di aria secca (v. SN 546 382/1 per le ventilazioni meccaniche). Il valore assoluto è indipendente dalla pressione atmosferica e dunque anche dall'altitudine sul livello del mare. L'umidità relativa dell'aria dipende invece dalla pressione atmosferica e dall'altitudine del sito sul livello del mare. L'umidità relativa dell'aria è usualmente riferita all'Altopiano svizzero (sino a un'altitudine massima di 800 m.s.m. (per le conversioni, v. SN 520 180).

Nella norma SN 546 382/1 viene preso come misura il limite superiore e inferiore dell'umidità. La figura 316-7 mostra la fascia fisiologicamente otti-

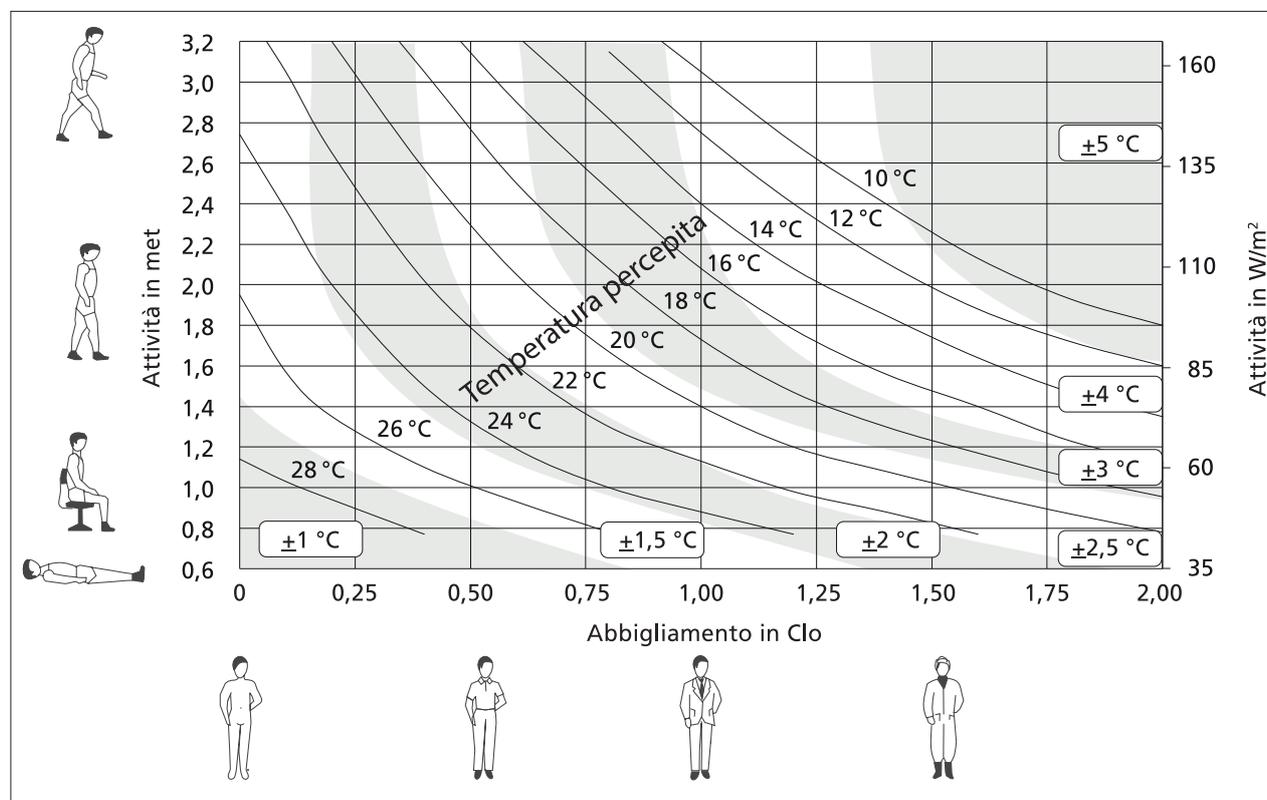


Figura 316-6: Temperatura percepita come ottimale a seconda dell'attività e dell'abbigliamento (secondo SN EN ISO 7730 e SN 520 180) per locali riscaldati/raffreddati; (Presupposti: umidità dell'aria 50%, velocità dell'aria < 0,1 m/s, PPD < 10%) (Fonte: SN EN ISO 7730)



male per l'umidità relativa dell'aria e le prescrizioni per il dimensionamento durante il periodo di riscaldamento e raffreddamento (v. Scheda informativa SNR 592024). Nella tabella sono indicati i limiti di temperatura per il rispetto del limite superiore e inferiore dell'umidità riferita alla massa secondo la norma SN 546 382/1 (4,9 g/kg = limite inferiore; 13,7 g/kg = limite superiore; presupposto per il limite dell'afa: 12,4 g/kg). Le prescrizioni normative per l'umidità minima dell'aria devono essere rispettate anche nei locali senza umidificazione attiva.

Occorre considerare ulteriori prescrizioni riportate nelle norme SN 530 180 e SN 546 382/1: i valori possono situarsi al di sopra o al di sotto dei valori limite per il 10% del tempo di utilizzo. Per evitare danni agli edifici e il rischio di formazione di muffa si devono rispettare i limiti superiori nella media giornaliera. I dettagli in merito alle condizioni alle quali si applicano questi requisiti (ventilazione meccanica, umidificazione, deumidificazione, raffreddamento, riscaldamento) sono reperibili nelle due norme.

Velocità dell'aria dei locali e rischio di correnti d'aria

L'individuazione del rischio di correnti d'aria serve a limitare un dispendio termico convettivo troppo elevato delle zone del corpo sensibili alle correnti

d'aria (nuca, zona dei piedi).

Il rischio di correnti d'aria (DR = Draught Rating, Draft Risk) si calcola sulla base delle misure:

- temperatura locale,
- velocità dell'aria,
- turbolenza dell'aria,

nonché dei fattori individuali:

- grado di copertura dei vestiti e attività (v. SN EN ISO 7730 e SN 520 180).

Il valore DR indica la percentuale statistica di persone che sono insoddisfatte in presenza di correnti d'aria.

In pratica, nelle norme sono indicate la velocità massima consentita dell'aria per temperature dell'aria definite, presupponendo un determinato grado di turbolenza e un'attività e un'abbigliamento dati.

Nella figura 316-8 è rappresentata la velocità media locale dell'aria ammissibile per diverse temperature locali dell'aria sul posto di lavoro. Presupposti: turbolenza = 50%, rischio di correnti d'aria DR = 15% (ventilazione meccanica), DR = 20% (ventilazione naturale), si veda SN 520 180. Nella stessa è anche raffigurata (sotto) la posizione della curva per le persone e le aree di lavoro sensibili (DR = 10%) (rilevante solo al di sotto dei 24°C).

Umidità relativa dell'aria conformemente ai criteri di dimensionamento SNR 592024 per gli uffici	Limite inferiore e superiore dell'umidità SN 546382/1 (riferito alla massa, g d'acqua per kg d'aria)
Inverno (periodo di riscaldamento) ≥ 30 % - 50%	Limite inferiore: 4,9 g/kg: corrisponde ≈ min. 30 %, con temperatura < 21 °C
Estate (periodo di raffreddamento) 40 - ≤ 60 %	Limite superiore: 13,7 g/kg: → corrisponde max. ≈ 62 % con temperatura > 26 °C Attenzione: limite dell'afa (12,4 g/kg) → v. capitolo «Umidità dell'aria»: max. 55% con 26°C

Figura 316-7: Valori indicativi per l'umidità relativa dell'aria negli uffici (base fisiologica) e limiti di temperatura calcolati sulla base della norma SN 546 382/1 per l'Altopiano svizzero: 400 m.s.m. / pressione assoluta $p = 966$ hPa



Comfort termico secondo SN EN ISO 7730

Campo di applicazione speciale

Le prescrizioni per il cosiddetto «comfort termico» devono essere rispettate durante tutto il tempo di utilizzo. Le prescrizioni normative si applicano per una determinata zona di permanenza nel locale, ossia sono definite le seguenti distanze minime dalle superfici circostanti (esempi):

- distanza dalle finestre / porte esterne: 1.0 m
- distanza dalle pareti interne / esterne: 0.5 m

Le due norme SN 520 180 e SN 546 382/1 costituiscono la base per la pianificazione del clima dei locali. Per una considerazione complessiva del comfort termico si deve includere il disagio locale nella zona di lavoro.

Indice di comfort PMV e tasso di insoddisfazione PPD

Sulla base dei sei parametri seguenti, mediante una complessa formula empirica, la cosiddetta «equazione di Fanger», viene calcolato l'indice di comfort PMV (Predicted Mean Vote = voto medio previsto):

- temperatura del bulbo nero, temperatura di irraggiamento (°C);
- temperatura dell'aria (°C);
- umidità dell'aria (%);
- velocità dell'aria (m/s);
- attività metabolica: valore met (-);
- abbigliamento: valore clo (-).

Di regola di situa tra -3 e +3. Il valore 0 è il valore neutro, che corrisponde al comfort ottimale. Il valore PPD (Predicted Percentage Dissatisfied = per-

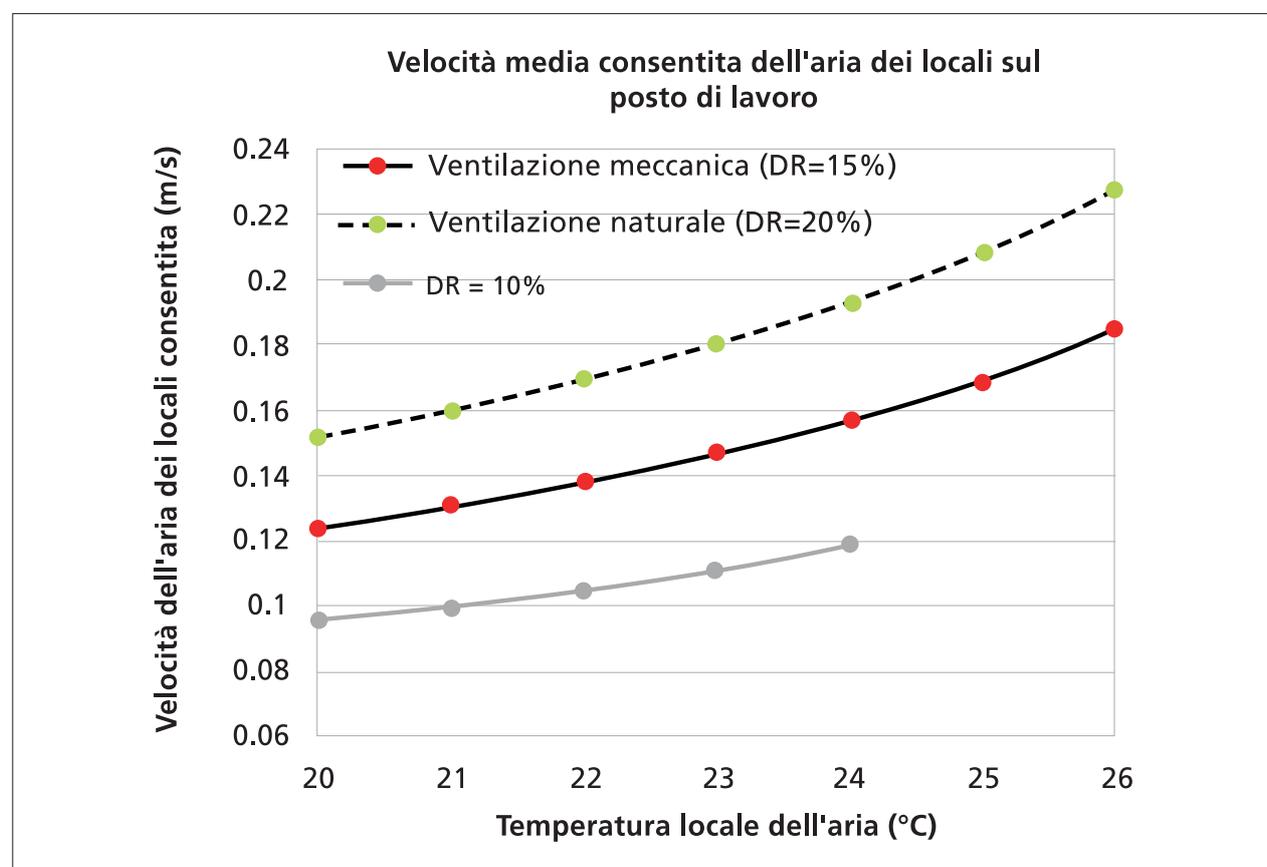


Figura 316-8: Velocità media locale consentita dell'aria dei locali sul posto di lavoro a seconda della temperatura locale dell'aria per ventilazione meccanica e naturale, nonché per persone e aree di lavoro sensibili



Indicazioni relative all'ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro

Capitolo 2: Esigenze particolari relative alla tutela della salute
 Sezione 2: Illuminazione, clima dei locali, rumori e vibrazioni
 Art. 16 Clima dei locali

centuale prevista di insoddisfatti), che viene anche calcolato, indica la percentuale delle persone insoddisfatte del clima dei locali. Un valore PPD del 5% corrisponde a un valore PMV 0 e rispecchia un comfort termico ottimale. Considerato dal punto di vista statistico, anche in caso di condizioni climatiche ottimali c'è sempre un 5% di insoddisfatti! I calcoli si basano su dati scientifici di rilevazioni effettuate negli anni '80 da persone che avevano valutato soggettivamente il loro comfort in diverse condizioni climatiche sperimentali. Tali calcoli hanno portato alla successiva norma SN EN ISO 7730 (v. SN 520 180).

PMV	Comfort
-3	freddo
-2	fresco
-1	un po' troppo fresco
0	neutro (→ 5% di insoddisfatti!)
+1	un po' troppo caldo
+2	caldo
3	molto caldo

Figura 316-9: Predicted mean vote PMV; previsione del comfort (secondo SN EN ISO 7730)

Categorie

Per gli uffici è auspicabile una categoria dei locali B, con un tasso d'insoddisfazione ≤ 10% PPD (categoria B) risp. un valore PMV tra -0.5 (leggermente freddo) e +0.5 (leggermente caldo). Le valutazioni PMV/PPD si applicano per l'intero corpo. A determinate condizioni si deve quindi anche determinare il disagio locale (ad es. testa, nuca).

Categoria dei locali	PPD [%]	PMV [-]
Categoria A	≤ 6	-0.2 ... +0.2
Categoria B	≤ 10	-0.5 ... +0.5
Categoria C	≤ 15	-0.7 ... +0.7

Figura 316-10: Definizione delle categorie per PPD (=percentuale delle persone insoddisfatte) e PMV (Predicted Mean Vote) (secondo SN EN ISO 7730)

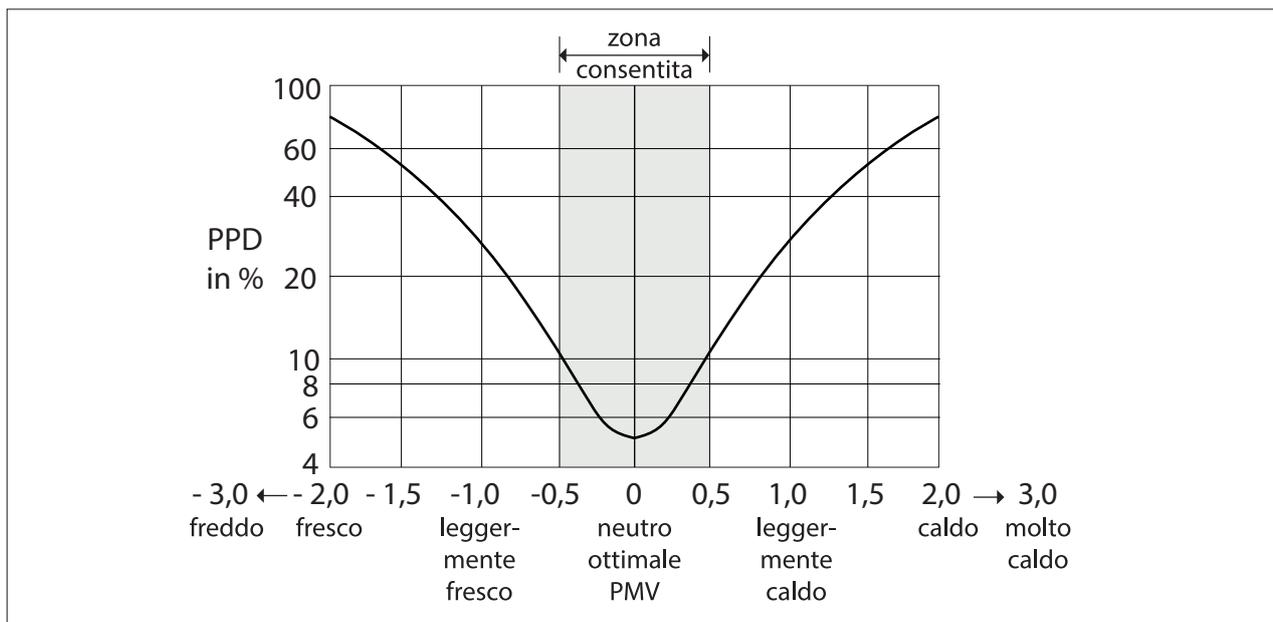


Figura 316-11: Rapporto tra PMV, PPD e fascia consentita per la categoria B con PPD < 10%. (secondo SN EN ISO 7730)

Indicazioni relative all'ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro

Capitolo 2: Esigenze particolari relative alla tutela della salute

Sezione 2: Illuminazione, clima dei locali, rumori e vibrazioni

Art. 16 Clima dei locali



Art. 16

Qualità dell'aria «anidride carbonica CO₂»

Nei locali occupati da persone privi di fonti di sostanze nocive, l'anidride carbonica (CO₂) è impiegata come indicatore per la qualità dell'aria. La composizione dell'aria (sotto) in CO₂ e ossigeno (O₂) mostra che, considerata l'elevata concentrazione di O₂, il consumo di ossigeno in un locale da parte delle persone diminuisce in modo insignificante (eccezioni: incendio, locale piccolo, occupazione del locale elevata e prolungata senza ricambio d'aria).

Composizione dell'aria:

Aria esterna / «livello base»	Aria espirata
Ossigeno: 21% = 210'000 ppm	18% = 180'000 ppm
Anidride carbonica 0.04% = 400 ppm	4% = 40'000 ppm
Consumo di aria durante la respirazione (seduti tranquilli): ca. 10 litri d'aria al minuto.	

Il livello di base di CO₂ nell'aria esterna o nell'aria inutilizzata dei locali ammonta circa allo 0,04% della percentuale in volume (400 ppm CO₂) e per l'ossigeno O₂ a circa il 21% (circa 210'000 ppm). In caso di normali attività d'ufficio una persona respira circa 18-22 l/h di CO₂ con una concentrazione di CO₂ di circa 35'000 ppm e di O₂ di circa



Figura 316-12: Unità di misura per la misurazione del clima dei locali; sensori di misurazione da sinistra a destra: termometro a bulbo (palla nera) (1), sensore per CO₂ (2), sensori per umidità relativa, temperatura dell'aria e pressione atmosferica (3), sensore per velocità dell'aria (4).



180'000 ppm. La quota di O₂ nell'aria ammonta al 21% e di regola non si riduce in maniera sostanziale in seguito alla presenza di persone². 1000 ppm CO₂ riducono la quota di O₂ solo dello 0,1%. Nei locali con ventilazione meccanica la concentrazione di CO₂ si situa, rispettando i tassi d'aria e l'occupazione, entro i limiti per la corrispondente qualità dell'aria nei locali (RAL) (v. Figura 316-4 e SN 546 302/1).

Nei locali con ventilazione naturale la concentrazione di CO₂ può salire rapidamente a seconda dell'occupazione e della densità di occupazione del locale. È pertanto necessario un adeguato regime di ventilazione. Una ventilazione intensiva è indicata a partire da un valore massimo di 2000 ppm CO₂.

Stress da calore all'interno quando fa molto caldo

Chi lavora in locali privi di climatizzazione rischia di andare incontro a disturbi della salute durante i periodi di caldo intenso. Alcune categorie sono particolarmente sensibili, ad es. le donne incinte, le persone obese o sottopeso e i lavoratori più anziani. Occorre prestare molta attenzione quando le temperature dei locali superano i 30 °C poiché i disturbi legati all'eccessivo calore si manifestano piuttosto rapidamente. L'acqua fresca deve essere sempre a disposizione. Lavorare in cabine di guida non climatizzate (ad es. bus, veicoli utilitari, tram, gru, locomotive) rientra tra le attività critiche dal punto di vista climatico e richiede misure di protezione particolari poiché la temperatura delle cabine può essere nettamente superiore a quella esterna. Il sistema cardiocircolatorio ne risente notevolmente e l'attenzione risulta inferiore. È opportuno quindi dotare le cabine di guida di impianti di climatizzazione o adottare misure compensative (ad es. pause regolamentate, bevande).

Indice di calore per stimare lo stress da calore

Gli indici di calore (ad es. HUMIDEX, WBGT), che descrivono la temperatura percepita in funzione della temperatura dell'aria misurata, dell'umidità relativa e di altri parametri (ad es. velocità dell'aria), sono un valido strumento per valutare lo stress da calore. Questi fattori agiscono sul meccanismo fisiologico della termoregolazione, in particolare sulla sudorazione, influenzando in modo determinante sulla sensazione di benessere. Un'elevata umidità dell'aria limita ad esempio la traspirazione cutanea e, associata a una temperatura elevata, determina una sensazione di caldo soffocante. Per il sistema cardiocircolatorio è ancora più negativo del caldo secco; per questo motivo, ad esempio, l'organismo sopporta molto meglio temperature superiori ai 40 °C nelle regioni desertiche, piuttosto che la permanenza in una foresta tropicale dove le temperature non superano i

30 °C, ma il tasso di umidità relativa è del 100 %. Il rischio di stress da calore aumenta di pari passo con la temperatura e con l'umidità dell'aria. Un indice di calore esprime in che modo la combinazione di questi fattori influisce sulla temperatura effettivamente percepita e sul benessere di una persona.

Nei periodi di caldo e all'interno degli edifici gli indici climatici consentono, a determinate condizioni e in modo semplificato, di procedere a una stima approssimativa dello stress da calore.

Grazie a tali metodi è possibile determinare in modo empirico una temperatura modificata (ad es. WBGT) o in modo analitico un indice climatico (ad es. Humidex, PMV, PPD). Questi valori sono classificati in categorie di rischio corrispondenti con adeguate misure di protezione da adottare.

Per maggiori informazioni si rinvia agli organi d'esecuzione dei Cantoni e della SECO.

² In confronto, le concentrazioni di O₂ in locali industriali e sotto-ossigenati varia, a seconda dell'utilizzo, dal 13% al 17%.

Indicazioni relative all'ordinanza 3 concernente la legge sul lavoro

Capitolo 2: Esigenze particolari relative alla tutela della salute

Sezione 2: Illuminazione, clima dei locali, rumori e vibrazioni

Art. 16 Clima dei locali



Art. 16

Bibliografia

Norme:

- Norma SN 520 180 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici»
- Norma SN 546 382/1 «Impianti di ventilazione e climatizzazione – Basi generali e requisiti»
- Norma UNI EN ISO 7726 «Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche»
- Norma UNI EN ISO 7730:2006 «Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale»
- Norma UNI EN ISO 7243:2017 «Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)» (ISO 7243)

Norma svizzera:

- SNR (Norma svizzera) 592024 SIA «Dati d'utilizzo di locali per l'energia e l'impiantistica degli edifici»

Schede informative, volantini, opuscoli:

- Promemoria SECO «Lavoro d'ufficio in periodi di caldo»
- Bollettino SUVA 44 021 «Umidificazione dell'aria»
- Umidificazione dell'aria: scheda informativa per specialisti del settore della ventilazione, dell'architettura e della gestione tecnica degli edifici, UFE, n. 805.162.1D,
www.pubblicazionifederali.admin.ch