POC Basilicata

Programma Operativo Complementare 2014-2020
al POR FESR 2014-2020 della Regione Basilicata

REGIONE BASILICATA

Comune di Melfi (PZ)

Committente:

Diocesi di Melfi - Rapolla - Venosa

Largo Duomo, 12 - 85025 Melfi (PZ)

Oggetto:

Lavori di ristrutturazione e adeguamento funzionale del Palazzo del Seminario Diocesano quale polo di attrazione culturale, turistica e per l'ospitalità e l'accoglienza religiosa nel complesso monumentale del Palazzo Vescovile di Melfi Diocesi di Melfi - Rapolla - Venosa. CUP:F69C25000130002

R.U.P: Ing. Geremia Russo Spena

Progettisti:

Architettonico:
Arch. Michele Antonio Schirò - Arch. Stefania Schirò

Impianti Elettrici:
Ing. Giovanni Montanarella

Impianti Meccanici:
Ing. Giovanni Ettorre

Rilievi, computazione e analisi energetica:
Geom. Alfonso Fasanella

Cordinatore per la sicurezza in fase di progettazione:
Ing. Michele Todisco

Ingegnere
RUSSO SPENA
GEREMIA
ORDINE DEGLI
INGEGNERI DELLA
PROVINCIA DI
POTENZA
13.03.2026 07:41:22
GMT+00:00

Stato progetto: **Progetto esecutivo**

Nome Disegno

Relazione di calcolo impianti meccanici

Nome tavola:

E_IM.06

Data: febbraio 2026

Scala Disegno:

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO

Impianti Meccanici – Climatizzazione Invernale ed Estiva e Produzione ACS

1. Oggetto della relazione

La presente Relazione Generale di Calcolo è redatta a corredo del progetto esecutivo degli impianti meccanici a servizio dell'edificio in oggetto e costituisce parte integrante della documentazione tecnico-amministrativa di gara.

La relazione descrive:

- i dati termoigrometrici di progetto assunti;
- i criteri metodologici adottati per il dimensionamento dei sistemi impiantistici;
- i riferimenti ai calcoli specialistici di dettaglio riportati negli elaborati allegati.

Il dimensionamento degli impianti è stato effettuato nel rispetto della normativa tecnica vigente e delle disposizioni legislative applicabili, nonché sulla base dei fabbisogni energetici determinati nella Relazione Energetica di progetto.

2. Riferimenti normativi

Il progetto e i calcoli sono stati sviluppati in conformità alle normative tecniche e legislative vigenti come meglio specificato nella relazione specialistica impianti meccanici (Cfr. E_IM.01).

- Normativa nazionale in materia di contenimento dei consumi energetici;
- Norme UNI/EN applicabili agli impianti termici e di climatizzazione;
- Disposizioni in materia di sicurezza degli impianti;
- Regolamenti locali e prescrizioni degli Enti competenti.

3. Dati termoigrometrici di progetto

3.1 Condizioni climatiche esterne

Le condizioni climatiche esterne di progetto sono state assunte in conformità ai dati ufficiali relativi alla località di intervento e alla zona climatica di appartenenza.

Periodo invernale:

- Temperatura esterna di progetto: -1°C
- Umidità relativa esterna: 70 %

Periodo estivo:

- Temperatura esterna di progetto: 35°C
- Umidità relativa esterna: 65%

I suddetti valori costituiscono riferimento per la determinazione dei carichi termici e frigoriferi di

progetto.

3.2 Condizioni interne di progetto

Le condizioni interne sono state definite in funzione della destinazione d'uso dei locali e nel rispetto dei requisiti di comfort termoigrometrico.

Inverno:

- Temperatura interna di progetto: 20 °C
- Umidità relativa interna: 50%

Estate:

- Temperatura interna di progetto: 26 °C
- Umidità relativa interna: 50%

4. Criteri generali di dimensionamento

Il dimensionamento dei circuiti idronici e dei terminali di emissione è stato effettuato sulla base dei fabbisogni termici e frigoriferi determinati nella Relazione Energetica, alla quale si rimanda per il dettaglio delle metodologie di calcolo e dei risultati.

In particolare:

- I carichi termici invernali sono stati determinati considerando le dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro edilizio e per ventilazione.
- I carichi frigoriferi estivi sono stati determinati tenendo conto degli apporti interni ed esterni, inclusi irraggiamento solare, carichi endogeni e ventilazione.

Sulla base dei fabbisogni così determinati si è proceduto a:

- Dimensionare i terminali di emissione/installazione previsti in progetto;
- Determinare le portate di fluido termovettore;
- Definire i salti termici di esercizio;
- Verificare la compatibilità tra generatori, sistemi di accumulo e circuiti di distribuzione.

5. Rete di distribuzione acqua calda e refrigerata

Il dimensionamento delle reti di distribuzione dell'acqua calda e dell'acqua refrigerata è stato eseguito sulla base delle portate di progetto e dei criteri di buona tecnica impiantistica, con particolare riferimento a:

- Velocità ammissibili nei tratti di tubazione;
- Perdite di carico lineari e concentrate;
- Equilibratura idraulica dei circuiti;
- Prevalenze richieste ai circolatori.

Le verifiche di dettaglio, comprensive di:

- determinazione dei diametri,
- calcolo delle perdite di carico,
- verifica delle pompe di circolazione,

sono riportate negli elaborati specialistici allegati alla presente relazione.

6. Verifica dell'accumulo inerziale

È stata effettuata la verifica del volume dell'accumulo inerziale al fine di garantire:

- la corretta gestione dei carichi parziali;
- la limitazione dei cicli di accensione e spegnimento dei generatori;
- la stabilità del sistema impiantistico.

Il dimensionamento dell'accumulo è stato eseguito in coerenza con la potenza installata e con i salti termici di progetto.

I calcoli analitici di verifica sono riportati negli allegati tecnici.

7. Produzione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria (ACS)

Il sistema di produzione dell'ACS è stato dimensionato in funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio;
- del numero di utenti previsti;
- dei coefficienti di contemporaneità;
- dei profili di prelievo.

Sono state eseguite le seguenti verifiche:

- Volume dell'accumulo sanitario;
- Potenza del generatore dedicato o integrato;
- Tempi di ripristino;
- Dimensionamento della rete di distribuzione e del circuito di ricircolo (ove previsto);
- Verifica delle temperature di accumulo e distribuzione ai fini igienico-sanitari.

I relativi calcoli sono riportati negli allegati tecnici.

8. Elaborati allegati

Costituiscono parte integrante della presente Relazione Generale di Calcolo i seguenti elaborati specialistici:

- Calcolo rete di distribuzione acqua calda;
- Verifica accumulo inerziale;
- Calcolo produzione e distribuzione ACS;
- Schemi funzionali e planimetrici di impianto.

RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO – PERDITE DI CARICO

Impianto di climatizzazione a fan-coil – Rete idronica in acciaio nero – Piano Secondo

---

1. Oggetto e scopo

La presente relazione ha lo scopo di verificare, ai fini del **progetto esecutivo**, le **perdite di carico** della rete idronica del piano secondo, realizzata con tubazioni in **acciaio nero**, e di determinare il **circuito idraulicamente più sfavorito**, utile alla verifica/dimensionamento del circolatore.

Sono considerate:

- perdite di carico **lineari** (distribuite) nelle tubazioni;
- perdite di carico **concentrate** (localizzate) dovute a curve e tee secondo accidentalità prescritte;
- perdite dei **terminali fan-coil** e della **valvola a 2 vie**;
- collegamenti dal collettore al fan-coil più lontano per ciascun collettore.

---

2. Teoria di calcolo delle perdite di carico

2.1 Perdite distribuite (lineari) – Equazione di Darcy–Weisbach

Le perdite di carico distribuite per attrito lungo una condotta si calcolano con:

$$\Delta p_{lin} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

dove:

- Δp_{lin} = perdita lineare [Pa]
- f = fattore di attrito (adimensionale)
- L = lunghezza del tratto [m]
- D = diametro interno [m]
- ρ = densità del fluido [kg/m³]
- v = velocità media [m/s]

La velocità si ricava da:

$$v = \frac{Q}{A} \qquad \text{con} \qquad A = \frac{\pi D^2}{4}$$

dove Q è la portata volumetrica [m³/s].

2.2 Regime di moto e numero di Reynolds

Il regime di moto è definito dal numero di Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

con μ viscosità dinamica [Pa·s]. Nelle reti impiantistiche HVAC si opera tipicamente in regime turbolento.

2.3 Fattore di attrito e scabrezza

Il fattore di attrito f dipende da Re e dalla **scabrezza relativa** ε/D, con ε scabrezza equivalente del materiale.

Per il calcolo esecutivo in regime turbolento si utilizza una correlazione esplicita equivalente alla Colebrook (ad es. Swamee–Jain):

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2}$$

2.4 Perdite concentrate (localizzate)

Le perdite concentrate dovute a curve, tee, valvole, ecc. si calcolano come:

$$\Delta p_{loc} = \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

dove ζ è il coefficiente localizzato dell'organo. In presenza di più organi:

$$\Delta p_{loc,tot} = \left(\sum \zeta_i\right) \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

Nota sulle tee: la perdita dipende dalla direzione del flusso (passaggio in linea o derivazione). In mancanza di dettagli run/branch, in esecutivo è corretto assumere coefficienti cautelativi.

2.5 Valvola di regolazione a 2 vie (Kv)

Se noto il coefficiente Kv, la perdita della valvola è:

$$\Delta p_{valv}[bar] = \left(\frac{Q[m^3/h]}{Kv}\right)^2 \quad \Rightarrow \quad \Delta p_{valv}[kPa] = 100\left(\frac{Q}{Kv}\right)^2$$

Nel presente calcolo, non essendo noto il modello, si assume una perdita tipica di progetto (vedi §7).

---

3. Dati di input

3.1 Rete principale (lunghezze comprensive di andata+ritorno)

Dati da schema “rete secondo piano”:

- A–B: 25 m, 2 ½”
- B–C: 30 m, 2”
- C–D: 20 m, 2”
- B–E: 15 m, 2”
- D–C7: 4 m, 1 ¼”
- D–C10: 8 m, 1 ¼”
- E–C8: 20 m, 1 ½”
- E–C9: 20 m, 1 ½”

Portate colletto.

- C7 = 3536 l/h
- C8 = 3000 l/h
- C9 = 4400 l/h
- C10 = 1900 l/h

Portata totale rete:

$$Q_{tot} = 12836\ l/h = 12{,}836\ m^3/h$$

3.2 Fan-coil per collettore

- C7: 6 fan-coil
- C8: 6 fan-coil
- C9: 7 fan-coil
- C10: 3 fan-coil
  (i termoarredi sono collegati al corrispondente fan-coil e quindi ricadono nel circuito terminale del fan-coil)

3.3 Collegamenti ai fan-coil più lontani (A+R) e portate

- **C7:** L = 40 m, Q = 862 l/h (0,862 m³/h), tubo multistrato **32×3**
- **C8:** L = 22 m, Q = 630 l/h (0,630 m³/h), tubo multistrato **26×2**
- **C9:** L = 22 m, Q = 862 l/h (0,862 m³/h), tubo multistrato **32×3**
- **C10:** L = 20 m, Q = 638 l/h (0,638 m³/h), tubo multistrato **32×3**

3.4 Perdite fan-coil e valvole

- Perdita fan-coil nota (caso remoto): **62,9 kPa** a **Q = 0,862 m³/h**
- Ogni fan-coil con **valvola a 2 vie**:
  - assunzione esecutiva: $\Delta p_{valv} = 15\ kPa$ (buona autorità di regolazione)

3.5 Accidentali (perdite concentrate) – come da specifica (no percentuali)

- Nodo **B**: 2 tee
- Nodo **D**: 2 tee
- Nodo **E**: 2 tee
- Nodo **C**: 2 curve
- Sul tratto **E–C9**: 2 curve

Coefficienti adottati (cautelativi):

- tee: $\zeta_T = 1{,}8$
- curva 90°: $\zeta_C = 0{,}9$

---

4. Risultati perdite “rete fino al collettore”

Calcolate su acciaio nero, con portata pari alla portata del collettore e includendo le accidentalità pertinenti al percorso.

Collettore	Percorso rete	Δp rete fino al collettore (kPa)
C7	A–B–C–D–C7	**15,65**
C8	A–B–E–C8	**14,44**
C9	A–B–E–C9	**20,94**
C10	A–B–C–D–C10	**14,77**

---

5. Perdite sui collegamenti “collettore → fan-coil più lontano”

Assunzioni diametri interni multistrato:

- 32×3 → $D_{int} \approx 26\ mm$
- 26×2 → $D_{int} \approx 22\ mm$

Perdite lineari (Darcy–Weisbach) sui collegamenti A+R:

Collettore	Tubo	L (m) A+R	Q (m³/h)	Δp collegamento (kPa)
C7	32×3	40	0,862	**4,75**
C8	26×2	22	0,630	**3,35**
C9	32×3	22	0,862	**2,61**
C10	32×3	20	0,638	**1,41**

6. Perdite fan-coil (completamento esecutivo)

È noto che:

- $\Delta p_{fc} = 62{,}9\ kPa$ a $Q = 0{,}862\ m^3/h$

Non essendo fornite le perdite fan-coil per C8 e C10, per chiusura esecutiva si assume lo stesso tipo di terminale e dipendenza quadratica:

$$\Delta p_{fc}(Q) = 62{,}9 \cdot \left(\frac{Q}{0{,}862}\right)^2$$

Ne derivano:

- C7 (0,862): **62,9 kPa**
- C9 (0,862): **62,9 kPa**
- C8 (0,630): **33,6 kPa**
- C10 (0,638): **34,5 kPa**

---

7. Valvola a 2 vie (assunzione e Kv indicativo)

Assunzione esecutiva per ciascun fan-coil più sfavorito:

$$\Delta p_{valv} = 15\ kPa = 0{,}15\ bar$$

Kv indicativo:

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{0{,}15}}$$

- Q = 0,862 → **Kv ≈ 2,23**
- Q = 0,630 → **Kv ≈ 1,63**
- Q = 0,638 → **Kv ≈ 1,65**

---

8. Bilancio dei circuiti più sfavoriti (per collettore)

Per ogni collettore si considera il fan-coil più lontano e si calcola:

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_{rete} + \Delta p_{colleg} + \Delta p_{fc} + \Delta p_{valv}$$

Collettore	Δp rete (kPa)	Δp colleg. (kPa)	Δp fan-coil (kPa)	Δp valvola (kPa)	Δp totale (kPa)	H (m c.a.)
C9	20,94	2,61	62,9	15	**101,45**	**10,34**
C7	15,65	4,75	62,9	15	**98,30**	**10,02**
C8	14,44	3,35	33,6	15	**66,39**	**6,77**
C10	14,77	1,41	34,5	15	**65,63**	**6,69**

Conversione usata: $H \approx \Delta p / 9{,}81$.

9. Dati di progetto per il circolatore e verifica del circolatore previsto

9.1 Punto di progetto dell’impianto

Portata totale:

$$Q_{tot} = 12{,}836\ m^3/h$$

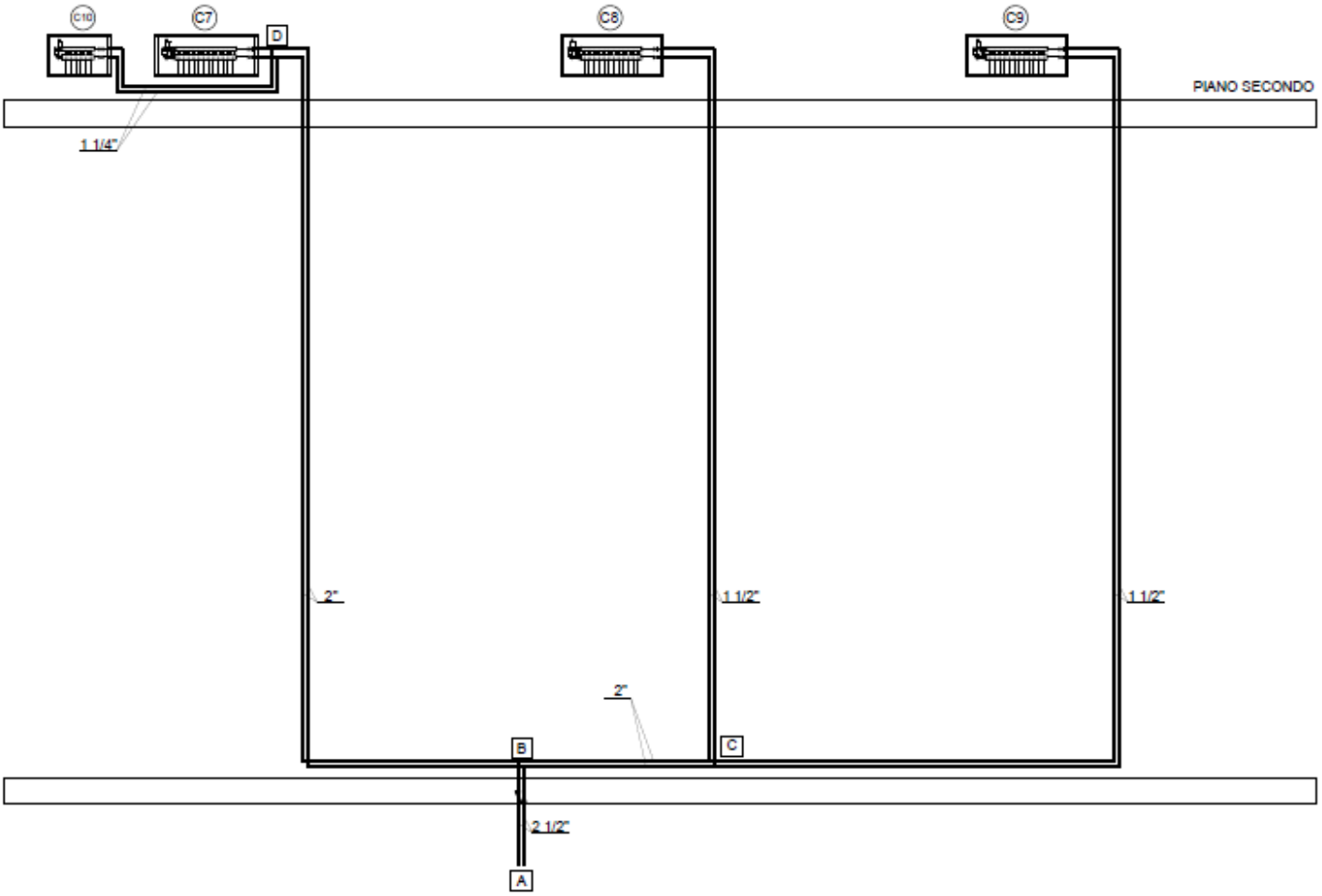
(dalla somma portate collettori) SCHEMA DELLA RETE SECONDO PIANO

Prevalenza richiesta (circuito C9):

$$H_{rich} \approx 10{,}34\ m\ c.a.$$

Quindi, il punto di progetto impianto è circa:

- **Q = 12,84 m³/h**
- **H = 10,34 m c.a.**



TRATTO	LUNGHEZZA (m)	DIAMETRO
A-B	25	2 ½”
B-C	30	2”
C-D	20	2”
B-E	15	2”
D-C7	4	1 ¼”
D-C10	8	1 ¼”
E-C8	20	1 ½”
E-C9	20	1 ½”

COLLETTORE	PORTATA (l/h)
C7	3536
C8	3000
C9	4400
C10	1900

RELAZIONE TECNICA DI VERIFICA

VERIFICA ACCUMULO INERZIALE 2000 LITRI

Impianto di climatizzazione a fan-coil

---

1. OGGETTO DELLA RELAZIONE

La presente relazione tecnica verifica la congruità tecnica dell'accumulo inerziale da **2000 litri** previsto in centrale, in relazione alle portate di progetto dell'impianto e alla stabilità di funzionamento del generatore.

L'impianto è costituito da fan-coil dotati di valvole a 2 vie e rete a portata variabile.

---

2. DATI DI PROGETTO

Portate circuiti:

- Piano Terra: 13.052 l/h
- Primo Piano: 11.820 l/h
- Secondo Piano: 12.840 l/h

Portata totale impianto:

$Q_{tot} = 37{,}712\ m^3/h$

Portata di verifica idraulica:

$Q_{verifica} = 57\ m^3/h$

Salto termico assunto:

$\Delta T = 5\ K$

---

3. STIMA DELLA POTENZA TERMICA IMPIANTO

Conversione portata:

$37{,}712\ m^3/h = 10{,}48\ l/s$

Formula di calcolo:

$P = 4{,}18 \cdot Q \cdot \Delta T$

Sostituendo:

$P = 4{,}18 \cdot 10{,}48 \cdot 5$

Risultato:

$P \approx 219\ kW$

L'impianto risulta quindi dell'ordine di **200–220 kW**.

---

4. VERIFICA DEL VOLUME ACCUMULO 2000 L

Rapporto litri/kW:

$2000 / 219 \approx 9{,}1$ litri/kW

Il valore rientra nei criteri di buona pratica HVAC:

8 – 15 litri/kW

L'accumulo garantisce:

- Disaccoppiamento idraulico
- Stabilizzazione del ΔT
- Riduzione cicli ON/OFF
- Smorzamento transitori di portata

---

5. VERIFICA DIAMETRO ATTACCHI ACCUMULO (4")

Portata:

$Q = 57\ m^3/h$

Conversione:

$Q = 57 / 3600 = 0{,}01583\ m^3/s$

Diametro interno assunto:

$D = 0{,}102\ m$

Sezione:

$A = \pi \cdot D^2 / 4$
$A \approx 0{,}00817\ m^2$

Velocità:

$v = Q / A$
$v \approx 1{,}94\ m/s$

Valutazione tecnica

La velocità risultante (≈ 1,9 m/s) rientra nei limiti accettabili per brevi tratti di centrale termofrigorifera (1,5 – 2,0 m/s).

Gli attacchi DN100 (4") risultano pertanto **idonei** per portate fino a 57 m³/h.

---

6. CONCLUSIONI

L'accumulo inerziale da **2000 litri** risulta:

✓ Coerente con potenza impianto ≈ 219 kW
✓ Compatibile con criterio 8–15 litri/kW
✓ Adeguato per impianto con valvole a 2 vie
✓ Idoneo a garantire stabilità di funzionamento

Gli attacchi DN100 (4") risultano:

✓ Idonei per portate fino a 57 m³/h
✓ Compatibili con velocità ≈ 1,9 m/s
✓ Conformi alle buone pratiche impiantistiche

La scelta progettuale dell'accumulo da 2000 litri risulta pertanto tecnicamente giustificata.

Calcolo dell'intervallo di tempo tra due accensioni con accumulo da 2000 L (ΔT = 5 K)

Dati

- Volume accumulo: $V = 2000$ L $= 2{,}0$ m^3
- Densità acqua: $\rho \approx 1000$ kg/m^3 → massa $m = \rho V \approx 2000$ kg
- Calore specifico acqua: $c = 4{,}18$ k J/(kg\K)
- Salto termico disponibile: $\Delta T = 5$ K
- Potenza di riferimento impianto: $P \approx 219$ kW (da portata totale e ΔT=5K)

Energia accumulabile (utilizzabile tra due accensioni)

$$E = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$E = 2000 \cdot 4{,}18 \cdot 5 = 41800 \text{ kJ}$$
$$E = \frac{41800}{3600} = 11{,}6 \text{ kWh}$$

Quindi l'accumulo da 2000 L, con ΔT = 5 K, rende disponibili circa **11,6 kWh**.

Tempo equivalente tra due accensioni

Il tempo dipende dalla **potenza netta** che carica/scarica l'accumulo:

$$t = \frac{E}{P_{net}} \text{ con} P_{net} = | P_{gen} - P_{utenze} |$$

Caso cautelativo (massimo sbilanciamento, $P_{net} \approx 219$ kW)

$$t = \frac{11{,}6}{219} \text{ h} = 0{,}053 \text{ h} \approx 3{,}2 \text{ min}$$

Intervallo minimo teorico (scenario peggiore): **circa 3,2 minuti**.

Valori realistici in esercizio modulante (esempi utili da relazione)

- Se $P_{net} = 100$ kW → $t = 11{,}6/100$ h $\approx 7{,}0$ min
- Se $P_{net} = 70$ kW → $t \approx 10{,}0$ min
- Se $P_{net} = 50$ kW → $t \approx 14{,}0$ min

In condizioni reali (generatore modulante e carichi parziali), l'intervallo tra due accensioni risulta tipicamente **7–15 minuti**, mentre il valore **cautelativo minimo** è **~3 minuti**.

RELAZIONE TECNICA

Impianto Acqua Calda Sanitaria con Produzione Istantanea e Ricircolo

---

1. OGGETTO DELL'INTERVENTO

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento esecutivo del sistema di:

- produzione di **acqua calda sanitaria (ACS)** mediante accumulo inerziale di acqua tecnica;
- produzione istantanea ACS tramite **n. 2 scambiatori a piastre da 60 L/min ciascuno**;
- distribuzione ACS con rete in multistrato;
- sistema di ricircolo per mantenimento temperatura e riduzione tempi di attesa.

Sistema generazione:

- **Caldaia: 110 kW**
- **Puffer acqua tecnica: 2000 L**
- Regime acqua tecnica: **80 / 60 °C**
- ACS distribuita: **55 °C**
- Docce progetto: **40 °C**
- Acqua fredda sanitaria: **10 °C**

---

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- UNI EN 806 – Impianti idrici interni
- UNI 9182 – Impianti distribuzione acqua
- UNI EN 12828 – Impianti ad acqua
- DPR 412/93 e s.m.i. – Contenimento consumi energetici
- Linee guida prevenzione Legionella
- Buona pratica impiantistica (velocità ≤ 1 m/s)

3. DATI DI PROGETTO

Parametro	Valore
Temperatura ACS	55 °C
Temperatura docce	40 °C
Acqua fredda	10 °C
ΔT ricircolo	5 K (55→50 °C)
Isolamento tubazioni	13 mm – λ = 0,043 W/mK
Puffer	2000 L (80→60 °C)
Caldaia	110 kW
Scambiatori	2 × 60 L/min (120 L/min totali)

4. DISTRIBUZIONE UTENZE

Collettore	Utenze
C1	2 bagni
C2	2 lavelli cucina
C3	7 bagni
C4	2 bagni
C5	11 bagni
C6	3 bagni

Totale camere con doccia: **19**

5. CRITERI DI CALCOLO

5.1 Portate gruppi bagni

Formula adottata:

$$q(n) = 0{,}6\sqrt{n} \cdot q_{bagno}$$

con bagno tipo (lavabo + bidet + doccia):

Collettore	Portata [L/s]
C1	0,153
C2	0,170
C3	0,286
C4	0,153
C5	0,358
C6	0,187

Totale tronco A–B:

$$1,307\ L/s$$

6. DIMENSIONAMENTO RETE DISTRIBUZIONE (v ≤ 1 m/s)

Diametri disponibili:

63×5,8 – 50×4,6 – 40×3,7 – 32×3 – 25×2,3 – 20×2

Criterio:

$$v = \frac{Q}{A} \leq 1,0\ m/s$$

6.1 Mandata

Tratta	Q [L/s]	Diametro	Verifica
A–B	1,307	63×5,8	OK
B–C	0,797	40×3,7	OK
C–D	0,644	40×3,7	OK
D–C5	0,358	32×3	OK
B–E	0,510	32×3	OK
E–F	0,340	32×3	OK
Derivazioni	0,153–0,358	20×2 / 25×2,3	OK

✔ Tutte le tratte rispettano **v ≤ 1 m/s**

7. RICIRCOLO ACS

Temperatura rete:

- Mandata: 55 °C
- Ritorno: 50 °C

ΔT ricircolo = 5 K

Isolamento 13 mm – λ 0,043 W/mK

Portate ricircolo calcolate

- Ramo destro: **294 L/h**
- Ramo sinistro: **359 L/h**
- Totale: **653 L/h = 0,65 m³/h**

Diametri ritorni:

- **20×2**

Velocità < 1 m/s

Valvole di bilanciamento su ciascun ramo prima della confluenza.

---

8. VERIFICA SISTEMA DI PRODUZIONE

8.1 Potenza massima scambiatori

120 L/min = 2,0 L/s

ΔT sanitario:

$$55 - 10 = 45K$$

$$P = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$P = 2 \cdot 4,186 \cdot 45 \approx 377kW$$

8.2 Potenza continua disponibile

Caldaia:

$$110kW$$

Portata continua sostenibile:

$$\approx 35L/min$$

Energia disponibile nel puffer

$$E = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$E = 2000 \cdot 4,186 \cdot 20$$

$$E \approx 46,5 kWh$$

---

9. VERIFICA CONTEMPORANEITÀ 12 DOCCE SU 19

Doccia progetto:

- 8 L/min
- 40 °C

Frazione ACS necessaria:

$$f = \frac{40 - 10}{55 - 10} = 0,667$$

ACS per doccia:

$$8 \cdot 0,667 = 5,33 L/min$$

Per 12 docce:

$$12 \cdot 5,33 = 64 L/min$$

Potenza richiesta:

$$P \approx 201 kW$$

Potenza integrativa richiesta al puffer:

$$201 - 110 = 91 kW$$

Tempo di punta coperto:

$$t = \frac{46,5}{91} \approx 0,51 h$$

✔ **Risultato:**

Circa 31 minuti con 12 docce contemporanee

10. INTERPRETAZIONE TECNICA

Il sistema garantisce:

- **6 docce continuative** in regime permanente
- **12 docce contemporanee per circa 30 minuti**
- fino a **22 docce istantanee** (limite scambiatori) per durata breve