

L'efficienza energetica è attraente e ostica, facile e difficile, invocata, troppo spesso mitizzata. Promette molto ma non sempre mantiene, e resta circondata di aloni di indecidibilità: un macchinario è concreto, ma l'efficienza è astratta, e non si sa nemmeno dove finisca l'efficienza ed inizi il risparmio (ci sono differenze?). La cosa certa è che l'efficienza costa e, poiché i benefici si presenteranno in un futuro aleatorio, gli investitori trovano difficoltà a finanziarla.

Questo libro fa chiarezza su tutta la linea. Poiché l'efficienza si regge sui tre pilastri dell'economia, della tecnica e della diagnosi, il testo tratta approfonditamente tali aspetti e soprattutto le loro interconnessioni: quali sono e come si individuano le soluzioni efficienti, come si valutano, come si propongono e come si pianificano, con innumerevoli esercizi, esempi chiarificatori, curiosità, storie di vita vissuta.

Il testo è destinato a tutti coloro che vogliono addentrarsi nel mondo dell'energy management, che siano attuali o futuri professionisti, manager e tecnici aziendali, funzionari di Pubbliche Amministrazioni, docenti di discipline tecniche o ricercatori.

Nino Di Franco, ingegnere e dirigente di ricerca, è da sempre impegnato sui temi del risparmio energetico. Presente a tavoli governativi nazionali e internazionali, ha diretto l'Agenzia nazionale per l'efficienza energetica dell'ENEA e tenuto fino ad oggi migliaia di ore di training ad operatori in Italia e all'estero, oltre a docenze in corsi universitari (Camerino, Roma3, Bicocca). Ha condotto e coordinato campagne diagnostiche in aziende e distretti industriali, e pubblicato libri, saggi e articoli sull'argomento. Ha redatto il lemma "Efficienza energetica" per l'Appendice IX dell'Enciclopedia Treccani.

nino.difranco56@gmail.com

FrancoAngeli
Management
Le conoscenze per innovare

€ 55,00 (V)

ISBN 978-88-917-1463-3



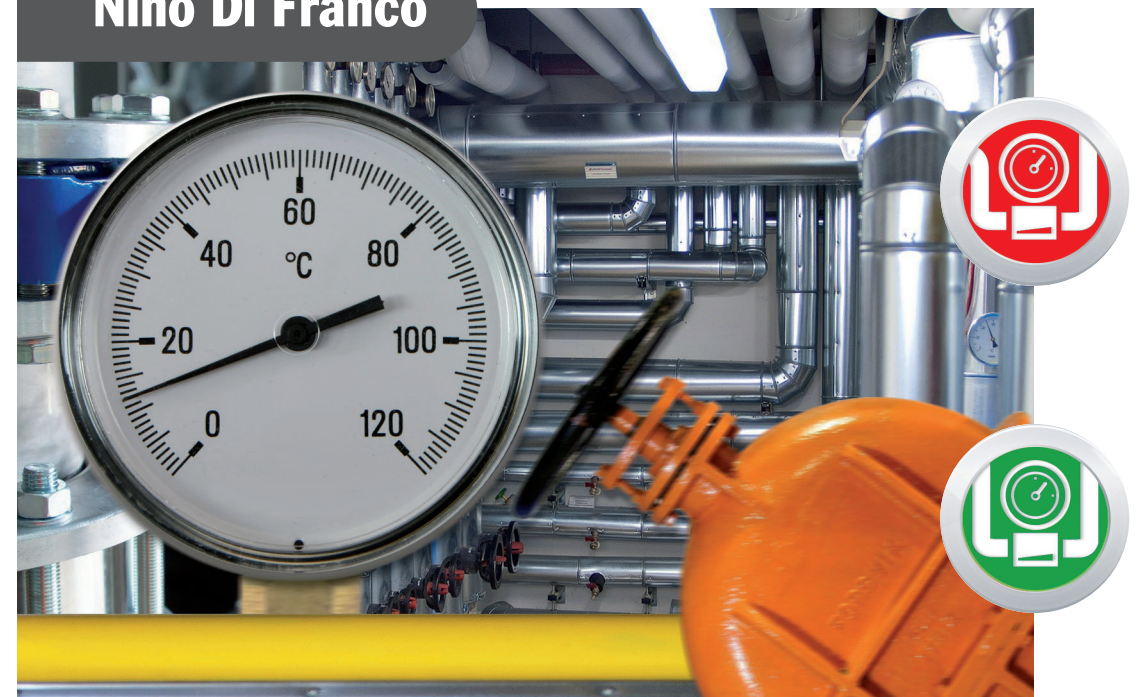
9 788891 714633

100.850 **N. Di Franco** ENERGY MANAGEMENT

Energy management

Fondamenti per la valutazione,
la pianificazione e il controllo dell'efficienza
energetica. Con esempi ed esercizi

Nino Di Franco



FRANCOANGELI



Nino Di Franco

Energy management

Fondamenti per la valutazione,
la pianificazione e il controllo dell'efficienza
energetica. Con esempi ed esercizi



FRANCOANGELI

Indice

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 14 |
| 2. ANALISI COSTI-BENEFICI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA | 17 |
| 2.1 Logica dell'analisi costi-benefici | 18 |
| 2.2 Meccanismi di capitalizzazione e attualizzazione | 19 |
| 2.3 Flussi di cassa attualizzati e Valore Attuale Netto | 21 |
| 2.4 Il fattore di annualità | 23 |
| 2.4.1 Operazioni con i fattori di annualità | 25 |
| 2.5 Casi applicativi di capitalizzazione e sconto | 26 |
| 2.5.1 Da interesse annuo a interesse mensile. Rendimento di titoli pluriennali | 26 |
| 2.5.2 Determinazione di una rata annuale | 27 |
| 2.5.3 Il costo della disponibilità di denaro cash | 28 |
| 2.6 Parametri per il calcolo del VAN | 29 |
| 2.6.1 Investimento I_0 | 29 |
| 2.6.1.1 Investimento I_0 : effetto scala | 31 |
| 2.6.2 Vita dell'investimento n | 32 |
| 2.6.3 Interesse R | 33 |
| 2.6.4 Flusso di cassa FC | 36 |
| 2.7 Inflazione ed aumento differenziato dei prezzi | 38 |
| 2.7.1 Un altro metodo per tener in conto l'inflazione | 46 |
| 2.7.2 L'attualizzazione di capitali disponibili nel tempo | 48 |
| 2.8 Interludio sull'analisi costi-benefici | 49 |
| 2.8.1 Pregi e (inesistenti) difetti del VAN, Parte I | 49 |
| 2.8.2 Pregi e (inesistenti) difetti del VAN, Parte II | 50 |
| 2.8.3 Pregi e (inesistenti) difetti del VAN, Parte III | 51 |
| 2.8.4 Pregi e (inesistenti) difetti del VAN, Parte IV | 51 |
| 2.8.5 Pregi e (inesistenti) difetti del VAN, Parte V | 53 |
| 2.9 Un'applicazione significativa | 56 |
| 2.10 Influenza della tassazione | 59 |
| 2.10.1 Influenza reciproca dell'ammortamento e del valore di realizzo di un bene dismesso | 60 |
| 2.11 Vita residua | 61 |
| 2.12 Espressione completa del valore attuale netto | 66 |
| 2.13 Indicatori economici | 67 |
| 2.13.1 Tasso Interno di Rendimento (TIR) | 67 |
| 2.13.2 Tempo di Ritorno - TR | 70 |

| | | |
|---|---|------------|
| 2.13.3 | Tempo di Ritorno Attualizzato (TRA) | 72 |
| 2.13.4 | Indice di Profitto | 75 |
| 2.13.5 | VAN annuale (VAN/FA) | 77 |
| 2.13.6 | ROI | 77 |
| 2.13.7 | Interesse equivalente di un'iniziativa | 78 |
| 2.14 | Scelta tra progetti a diversa vita utile | 80 |
| 2.14.1 | Metodo 1): del m.c.m. (minimo comune multiplo) | 80 |
| 2.14.2 | Metodo 2): della vita residua | 81 |
| 2.14.3 | Metodo 3): del VAN annuo | 83 |
| 2.15 | Problemi di ottimizzazione | 83 |
| 2.16 | Analisi di sensibilità | 86 |
| 2.17 | Il metodo Montecarlo | 90 |
| 2.17.1 | Gli intervalli di variabilità Δp_j | 93 |
| 2.17.1.1 | Distribuzione equiprobabile | 93 |
| 2.17.1.2 | Distribuzione normale | 94 |
| 2.17.1.3 | Distribuzione normale destra o sinistra | 97 |
| 2.17.2 | I valori di p_j | 98 |
| APPENDICE 2.1 - Somma di una serie geometrica | | 99 |
| APPENDICE 2.2 - Coefficienti ed anni di ammortamento | | 100 |
| APPENDICE 2.3 - Determinazione del Tempo di Ritorno Attualizzato | | 102 |
| APPENDICE 2.4 - Calcolo di VAN per rinnovo di un parco di carrelli elevatori | | 103 |
| APPENDICE 2.5 - Metodo Montecarlo applicato al risparmio energetico | | 105 |
| 3. | LA DIAGNOSI ENERGETICA | 108 |
| 3.1 | Efficienza e risparmio | 108 |
| 3.2 | Le sei porte (chiuse) dell'efficienza energetica | 109 |
| 3.2.1 | Principio dello scarso impatto economico | 109 |
| 3.2.2 | Principio di ineluttabilità | 112 |
| 3.2.3 | Principio dei costi e dei benefici | 112 |
| 3.2.4 | Principio di competenza | 113 |
| 3.2.5 | Principio di (presunto) eccesso di competenze | 114 |
| 3.2.6 | Principio di contingenza | 114 |
| 3.3 | I principi dell'efficienza energetica | 115 |
| 3.4 | L'attività diagnostica | 116 |
| 3.4.1 | Un po' di storia | 117 |
| 3.4.2 | Aspetti concettuali: la sequenza degli interventi | 118 |
| 3.4.3 | Aspetti concettuali: spesa energetica | 121 |
| 3.4.4 | Aspetti concettuali: le componenti del risparmio | 123 |
| 3.4.5 | Elementi operativi: i modelli energetici | 132 |
| 3.4.5.1 | Modello elettrico | 132 |
| 3.4.5.2 | Come usare il modello elettrico | 136 |
| 3.4.5.3 | Riflessione: che succede in assenza dei modelli? | 138 |
| 3.4.5.4 | Modello termico | 138 |
| 3.4.5.5 | La regola di Pareto | 140 |
| 3.4.5.6 | Riflessione: i software ed i contabilizzatori | 141 |
| 3.4.6 | Analisi di convenienza di strumenti gestionali | 143 |
| 3.4.6.1 | Convenienza a dotarsi di un energy manager | 143 |
| 3.4.6.2 | Convenienza a realizzare una diagnosi energetica | 146 |
| 3.5 | Come si conduce una diagnosi energetica | 148 |
| 3.5.1 | La sequenza delle fasi | 148 |
| 3.5.2 | I riepiloghi finali | 152 |

| | | |
|---|--|------------|
| 3.5.3 | Raccolta dei dati e loro organizzazione | 153 |
| 3.5.3.1 | Schede per l'acquisizione dei dati | 154 |
| 3.5.3.2 | La strumentazione | 154 |
| 3.5.3.3 | La presentazione dei dati | 156 |
| 3.6 | La realizzazione completa di un'attività diagnostica | 159 |
| 3.7 | Il vademecum del perfetto auditor energetico | 163 |
| APPENDICE 3.1 - Schede standardizzate per la raccolta dei dati | | 165 |
| APPENDICE 3.2 - Template di report di diagnosi | | 182 |
| 4. | ISOLAMENTI TERMICI | 203 |
| 4.1 | Calore sensibile | 203 |
| 4.2 | Calore latente | 204 |
| 4.3 | Meccanismi di trasmissione del calore | 206 |
| 4.3.1 | Conduzione | 206 |
| 4.3.2 | Convezione | 206 |
| 4.3.3 | Irraggiamento | 207 |
| 4.3.4 | Adduzione | 207 |
| 4.3.5 | Potenza termica attraverso una parete piana | 208 |
| 4.3.6 | Potenza termica attraverso uno strato cilindrico | 214 |
| 4.3.7 | Raggio critico di una tubazione coibentata | 219 |
| 4.3.8 | Lo spessore di coibentazione di sicurezza | 221 |
| 4.4 | I materiali isolanti | 222 |
| 4.4.1 | Classificazione dei materiali isolanti | 224 |
| 4.4.2 | Moderne opzioni per l'isolamento | 226 |
| 4.5 | Determinazione dello spessore di coibente ottimale | 228 |
| 4.5.1 | Lo spessore di coibente ottimale | 231 |
| 4.5.2 | Interazione dello spessore ottimale con la normativa | 236 |
| 4.5.3 | Coibentazione delle tubazioni del vapore | 238 |
| APPENDICE 4.1 | | 239 |
| APPENDICE 4.2 | | 241 |
| 5. | GESTIONE DELLA COMBUSTIONE | 242 |
| 5.1 | La combustione | 242 |
| 5.2 | Richiami di chimica della combustione | 244 |
| 5.2.1 | Combustione del carbonio | 244 |
| 5.2.2 | Combustione dell'idrogeno H ₂ | 245 |
| 5.2.3 | Combustione dello zolfo S ₂ | 245 |
| 5.2.4 | Combustione del metano | 246 |
| 5.2.5 | Combustione dell'ossido di carbonio CO | 246 |
| 5.2.6 | Combustione di un generico idrocarburo C _m H _n | 246 |
| 5.2.7 | Calcolo dell'aria teorica | 247 |
| 5.2.8 | La CO ₂ nei prodotti di combustione | 248 |
| 5.2.9 | Volume dei fumi | 249 |
| 5.3 | Combustione pratica | 250 |
| 5.3.1 | La CO ₂ con eccesso d'aria | 252 |
| 5.3.2 | Un'altra formula approssimata per il calcolo dell'indice d'aria | 254 |
| 5.3.3 | E finalmente le formule esatte | 255 |
| 5.4 | Potere calorifico superiore ed inferiore | 256 |
| 5.5 | Fenomeno delle condense acide | 257 |
| 5.6 | I diagrammi di Ostwald | 258 |
| 5.6.1 | Costruzione del diagramma di Ostwald | 261 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.6.1.1 | <i>Se è presente CO</i> | 262 |
| 5.7 | Diagnosi di un generatore di calore | 265 |
| 5.7.1. | I diversi regimi di combustione | 265 |
| 5.8 | Le perdite di calore | 267 |
| 5.8.1 | Perdite per calore sensibile dei fumi | 268 |
| 5.8.1.1 | <i>Effetto di un'elevata temperatura dei fumi</i> | 271 |
| 5.8.2 | Perdite di calore per incombusti | 273 |
| 5.8.2.1 | <i>Incombusti gassosi</i> | 273 |
| 5.8.2.2 | <i>Incombusti solidi</i> | 275 |
| 5.8.3 | Perdite di calore per irraggiamento | 276 |
| 5.9 | Analisi del generatore | 277 |
| | APPENDICE 5.1-A | 284 |
| | APPENDICE 5.1-B | 284 |
| | APPENDICE 5.1-C | 285 |
| | APPENDICE 5.2 - Calcolo del volume di fumi in presenza di incombusti | 286 |
| 6. | RECUPERI DI CALORE | 289 |
| 6.1 | L'opportunità del recupero | 289 |
| 6.2 | Assetto termico per scambiatori di calore | 289 |
| 6.2.1 | Configurazione in equicorrente | 291 |
| 6.2.2 | Configurazione in controcorrente | 293 |
| 6.3 | Dimensionamento della superficie di scambio termico | 296 |
| 6.4 | Dimensionamento ottimale di uno scambiatore | 299 |
| 6.4.1 | La teoria del processo di ottimizzazione | 300 |
| 6.4.2 | Osservazioni e complementi sul dimensionamento ottimale di uno scambio termico | 310 |
| 6.5 | Le verifiche preliminari | 313 |
| 6.6 | I recuperi multipli di calore | 316 |
| 6.6.1 | Il concetto di 'temperatura critica' | 317 |
| 6.6.2 | Analisi del pinch point | 321 |
| 6.7 | Scambiatori di calore | 333 |
| 6.7.1 | Scambiatore a fascio tubiero | 333 |
| 6.7.2 | Scambiatore a piastre | 335 |
| 6.7.3 | I tubi di calore | 336 |
| 6.8 | La ricomprensione meccanica del vapore | 338 |
| 6.9 | Allenare il colpo d'occhio: si risparmia energia? | 339 |
| | APPENDICE 6.1 | 342 |
| | APPENDICE 6.2 | 343 |
| 7. | REFRIGERAZIONE | 348 |
| 7.1 | L'opportunità | 348 |
| 7.2 | Ciclo frigorifero a compressione | 348 |
| 7.3 | Efficienza energetica degli impianti frigoriferi | 351 |
| 7.3.1 | Le cause delle inefficienze | 351 |
| 7.3.2 | Individuare le soluzioni di efficienza energetica | 352 |
| 7.3.2.1 | <i>Manutenzione: controlli visivi e acustici</i> | 352 |
| 7.3.2.2 | <i>Interventi gestionali</i> | 352 |
| 7.4 | Componenti dell'impianto frigorifero | 353 |
| 7.4.1 | Sistemi di accumulo del freddo | 356 |
| 7.4.2 | Free cooling | 358 |

| | |
|--|------------|
| 8. RISCALDAMENTO DI AMBIENTI INDUSTRIALI | 361 |
| 8.1 L'opportunità | 361 |
| 8.2 Parametri di un impianto di condizionamento | 361 |
| 8.3 Bilancio termico | 362 |
| 8.4 Misure di contenimento dei consumi | 363 |
| 8.4.1 Miglioramento delle prestazioni dell'involucro | 363 |
| 8.4.2 Installazione di pannello solare termico | 364 |
| 8.4.3 Gestione dei transistori | 365 |
| 8.4.3.1 <i>Il fattore di attenuazione</i> | 368 |
| 8.4.4 Destratificazione | 369 |
| 8.4.5 Riscaldamento a infrarossi | 370 |
| 8.4.6 Barriere alle fughe di calore | 371 |
| 8.4.7 Termostati ambiente con programma automatico di gestione | 371 |
| 8.4.8 Riscaldamento ad aria calda | 372 |
| 8.4.9 Recupero di calore per il riscaldamento ambienti | 372 |
| 8.4.10 Uso di pompa di calore | 372 |
| 8.4.10.1 <i>Analisi di sensibilità per pompa di calore</i> | 374 |
| 9. IL RIFASAMENTO DEL CARICO ELETTRICO | 377 |
| 9.1 Richiami teorici | 377 |
| 9.1.1 Circuito resistivo | 377 |
| 9.1.2 Circuito induttivo | 379 |
| 9.1.3 Circuito capacitivo | 381 |
| 9.1.4 Circuito "reale" | 382 |
| 9.2 Gestione del fattore di potenza | 385 |
| 9.2.1 Adeguamento del rifasamento in cabina | 388 |
| 9.2.1.1 <i>Una generalizzazione per il calcolo della potenza rifasante</i> | 390 |
| 9.2.1.2 <i>Rifasamento in cabina: determinare i parametri</i> | 392 |
| 9.2.1.3 <i>L'attuale fattore di potenza</i> | 394 |
| 9.2.1.4 <i>La potenza attiva</i> | 394 |
| 9.2.1.5 <i>Un altro metodo per il rifasamento centralizzato</i> | 398 |
| 9.2.1.6 <i>Convieni rifasare oltre $\cos\varphi=0,95$?</i> | 402 |
| 9.3 Il rifasamento distribuito | 403 |
| 9.3.1 Motore su linea dedicata | 403 |
| 9.3.2 Motore su linea non dedicata | 405 |
| 9.3.3 Rifasamento dedicato del trasformatore | 409 |
| 9.3.4 Aumento del fattore di utilizzazione delle macchine generatrici | 411 |
| 9.4 Il problema delle armoniche | 412 |
| 10. GESTIONE DEI TRASFORMATORI | 414 |
| 10.1 Principio di funzionamento del trasformatore | 414 |
| 10.2 Considerazioni energetiche | 415 |
| 10.2.1 Perdite nel ferro | 416 |
| 10.2.1.1 <i>Isteresi</i> | 416 |
| 10.2.1.2 <i>Correnti parassite</i> | 420 |
| 10.2.1.3 <i>Conclusioni sulle perdite nel ferro</i> | 421 |
| 10.2.2. Perdite nel rame | 422 |
| 10.3 Il rendimento di un trasformatore | 425 |
| 10.3.1 Prova a vuoto | 425 |
| 10.3.2 Prova di corto circuito | 426 |
| 10.3.3 Calcolo del rendimento | 427 |

| | | |
|-----------------------|---|------------|
| 10.4 | Gestione ottimale dei trasformatori | 430 |
| 10.4.1 | Applicazioni | 431 |
| 10.4.2 | Il parallelo dei trasformatori | 433 |
| 10.5 | Tipologie di trasformatori | 436 |
| 10.5.1 | Trasformatori con isolamento dielettrico liquido | 436 |
| 10.5.2 | Con isolamento a secco | 437 |
| 10.5.2.1 | Con avvolgimenti incapsulati in resina | 437 |
| 10.5.2.2 | Ad avvolgimenti aperti (in "aria") | 437 |
| APPENDICE 10.1 | | 438 |
| 11. | MOTORI ELETTRICI | 440 |
| 11.1 | La teoria | 440 |
| 11.2 | Parametri energetici di un motore elettrico | 443 |
| 11.2.1 | Il fattore di carico | 443 |
| 11.2.2 | Rendimento | 444 |
| 11.3 | Corretta gestione energetica dei motori | 446 |
| 11.3.1 | Sostituzione di motori a fine vita | 446 |
| 11.3.2 | Sostituzione di motori con vita residua | 450 |
| 11.3.3 | Sostituzione di motori sovradimensionati | 450 |
| 11.4 | L'alternativa del riavvolgimento | 451 |
| 11.4.1 | Cos'è il riavvolgimento | 452 |
| 11.4.2 | Perché si riavvolge | 453 |
| 11.4.3 | Motore ad alta efficienza o riavvolgimento? | 453 |
| 11.5 | I motori ad alta efficienza | 455 |
| 11.5.1 | Il regolamento europeo | 456 |
| 11.6 | Trasmissioni della potenza | 458 |
| 11.7 | Variatori di velocità | 460 |
| 11.8 | Gestione del parco motori di un sito produttivo | 463 |
| APPENDICE 11.1 | - Caratteristiche energetiche di un motore asincrono | 465 |
| 12. | L'ARIA COMPRESSA | 467 |
| 12.1 | La fase di compressione | 467 |
| 12.1.1 | Isobara | 470 |
| 12.1.2 | Isocora | 470 |
| 12.1.3 | Isoterma | 471 |
| 12.1.4 | Adiabatica | 473 |
| 12.1.5 | Politropica | 474 |
| 12.1.6 | Confronto tra le diverse trasformazioni | 476 |
| 12.2 | Il ciclo di compressione reale | 476 |
| 12.2.1 | Le quattro fasi reali | 476 |
| 12.2.2 | Intero ciclo | 477 |
| 12.2.3 | Il ciclo reale | 478 |
| 12.2.4 | Il ciclo multistadio | 479 |
| 12.2.5 | La compressione interrefrigerata | 480 |
| 12.3 | I sistemi ad aria compressa | 482 |
| 12.3.1 | I costi energetici per la compressione dell'aria | 483 |
| 12.3.2 | Generalità sui compressori industriali | 483 |
| 12.3.3 | Portata e pressione | 484 |
| 12.3.4 | Unità di trattamento | 485 |
| 12.3.5 | Filtrazione | 485 |
| 12.3.6 | Essiccazione | 486 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| 12.3.6.1 | Il problema della condensa | 486 |
| 12.3.7 | Rete di distribuzione | 488 |
| 12.4 | Interventi di razionalizzazione | 489 |
| 12.4.1 | Portata | 490 |
| 12.4.1.1 | Perdite della rete | 490 |
| 12.4.1.2 | La misura delle perdite: il controllo strumentale | 491 |
| 12.4.1.2 | La misura delle perdite: le prove semplificate | 491 |
| 12.4.2 | Pressione | 493 |
| 12.4.2.1 | Rete a diversi livelli di pressione | 494 |
| 12.4.2.2 | Stazioni di compressione decentrate | 495 |
| 12.4.3 | La trasformazione termodinamica | 496 |
| 12.4.4 | Temperatura dell'aria in ingresso | 497 |
| 12.4.5 | Sistema di controllo | 499 |
| 13. | USI IMPROPRI DELL'ELETTRICITÀ | 503 |
| 13.1 | L'opportunità | 503 |
| 13.2 | Evitare l'uso dell'elettricità a fini termici | 504 |
| 14. | GESTIONE DEI POMPAGGI | 507 |
| 14.1 | Espressione della potenza di pompaggio | 507 |
| 14.2 | Curve caratteristiche | 508 |
| 14.2.1 | Caratteristica dell'impianto (esterna) | 508 |
| 14.2.2 | Caratteristica della pompa (interna) | 511 |
| 14.3 | Parametri energetici di una pompa | 514 |
| 14.3.1 | Potenza resa all'acqua | 514 |
| 14.3.2 | Rendimento della pompa | 514 |
| 14.4 | Interventi di risparmio nei sistemi di pompaggio | 514 |
| 14.4.1 | Verifica delle effettive necessità di pompaggio | 514 |
| 14.4.2 | Il controllo della portata | 515 |
| 14.4.2.1 | Metodi dissipativi: valvola sul circuito | 515 |
| 14.4.2.2 | Metodi non dissipativi: regolazione del numero di giri | 516 |
| 14.4.2.3 | Le leggi di similitudine | 517 |
| 14.4.2.4 | Variatione del rendimento al variare di n | 517 |
| 14.4.2.5 | La convenienza economica dell'inverter | 518 |
| 14.4.2.6 | Metodi dissipativi: by-pass | 520 |
| 14.4.2.7 | Metodi non dissipativi: tornitura della girante | 522 |
| 14.4.3 | Accortezze finali | 523 |
| 15. | DISTRIBUZIONE ELETTRICA | 524 |
| 15.1 | L'opportunità | 524 |
| 15.2 | Dimensionamento ottimale di un conduttore | 525 |
| 15.2.2 | Il 'raggio critico' dei conduttori di potenza | 528 |
| 15.3 | La termografia | 529 |
| 15.4 | Sbilanciamento di tensione | 530 |
| 15.5 | Turboespansore per decomprimere gas naturale | 531 |
| | APPENDICE 15.1 | 534 |
| | APPENDICE 15.2 | 535 |
| 16. | IL DIFFERIMENTO DEI CARICHI ELETTRICI | 536 |
| 16.1 | L'opportunità | 536 |
| 16.2 | L'accumulo del freddo | 537 |
| 16.2.1 | Il dimensionamento dell'accumulo | 540 |

| | |
|---|------------|
| 17. ILLUMINAZIONE | 544 |
| 17.1 Le sorgenti luminose | 545 |
| 17.1.1 Lampade a incandescenza | 545 |
| 17.1.2 Lampade a scarica nei gas | 546 |
| 17.1.2.1 Lampade fluorescenti | 546 |
| 17.1.2.2 Lampade al sodio a bassa pressione | 546 |
| 17.1.2.3 Lampade al sodio ad alta pressione | 547 |
| 17.1.2.4 Lampade ad alogenuri metallici | 548 |
| 17.1.2.5 LED (Light Emitting Diode) | 548 |
| 17.1.3 Apparecchi illuminanti | 549 |
| 17.2 Parametri illuminotecnici | 549 |
| 17.3 Energetica dell'impianto di illuminazione | 553 |
| 17.3.1 Sostituzione delle sorgenti luminose | 553 |
| 17.3.2 Sostituzione dei corpi illuminanti | 556 |
| 17.3.3 Miglioramento di corpi, sorgenti, ambiente e manutenzione | 559 |
| 17.3.5 Sensori di presenza persone, temporizzatori | 559 |
| 17.3.4 Uso di regolatori di flusso luminoso | 561 |
| 18. COGENERAZIONE | 563 |
| 18.1 Introduzione | 563 |
| 18.2 La cogenerazione e la produzione separata | 564 |
| 18.3 Il principio fisico | 566 |
| 18.4 Indicatori per la cogenerazione | 567 |
| 18.4.1 Indice elettrico - I_e | 567 |
| 18.4.2 PES (Primary Energy Savings) | 567 |
| 18.5 Le criticità della cogenerazione | 569 |
| 18.5.1 Accresciuta rigidità gestionale | 569 |
| 18.5.2 La diagnosi preventiva | 570 |
| 18.6 Le macchine da cogenerazione | 571 |
| 18.6.1 Turbina a vapore a spillamento | 571 |
| 18.6.2 Turbina a vapore a contropressione | 573 |
| 18.6.2.1 Sostituzione di valvole riduttrici di pressione del vapore con turbine a contropressione | 574 |
| 18.6.3 Turbina a gas a recupero | 575 |
| 18.6.3.1 Il costo del calore da un turbogas a recupero | 577 |
| 18.6.3.2 Il problema della temperatura dell'aria | 578 |
| 18.6.4 Cicli combinati | 580 |
| 18.6.5 Motori endotermici a recupero | 582 |
| 18.6.6 Confronto riassuntivo tra le diverse tecnologie di cogenerazione | 584 |
| 18.7 Gli accumuli termici | 585 |
| 18.8 La macchina per impianti di piccola taglia | 587 |
| 18.8.1 Tipi di motori alternativi | 587 |
| 18.8.2 Bilancio energetico | 588 |
| 18.8.3 Generatore elettrico | 589 |
| 18.8.4 Lo scambiatore di calore | 590 |
| 18.8.5 Installazione | 590 |
| 18.8.6 Dimensionamento del gruppo di cogenerazione | 592 |
| 18.8.6.1 Utenza | 592 |
| 18.8.6.2 La scelta della macchina | 592 |
| 18.8.7 I costi | 598 |
| 18.8.7.1 Investimento | 598 |

| | | |
|-----------------------|------------------------|------------|
| 18.8.7.2 | <i>Costi operativi</i> | 599 |
| 18.8.8 | Analisi economica | 599 |
| RINGRAZIAMENTI | | 601 |
| BIBLIOGRAFIA | | 602 |

Il decreto legislativo n. 102 del 4 luglio 2014, recepimento della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, prevede fra le novità più rilevanti l'obbligo di esecuzione di una diagnosi energetica per le grandi imprese entro il 5 dicembre 2015, da replicarsi successivamente ogni quattro anni. L'Unione Europea ha voluto con ciò sollecitare il settore produttivo all'adozione di accorgimenti orientati al corretto uso dell'energia i quali, seppur indotti da un provvedimento cogente, dovrebbero facilitare razionalizzazioni e risparmi in grado di ripagare ampiamente lo sforzo di adeguamento. Una prescrizione apparentemente così asettica contiene in sé tuttavia i germi del vaso di Pandora. Eseguire una diagnosi energetica efficace significa infatti conoscere i cicli produttivi, le tecnologie efficienti cui ricorrere, saper svolgere analisi economiche, saper determinare, in regime di ottimizzazione, le dimensioni dei vari apparati da introdurre; saper reperire, filtrare, elaborare e presentare i dati e le informazioni, trovare le fonti di finanziamento, adottare sistemi di gestione, eccetera. In ognuno dei precedenti aspetti sono poi nidificate altre questioni da dover padroneggiare, per esempio nell'ambito delle tecnologie efficienti si trovano quelle *orizzontali* e quelle *verticali*, ogni famiglia delle quali contiene decine (centinaia?) di opzioni da dover tener contemporaneamente presenti all'atto dell'esecuzione della diagnosi, ed ogni opzione rimanda ad una particolare problematica tecnico-economica che chiama in causa potenze installate, coefficienti di carico, ore di inserzione, rendimenti e fattori di potenza, costi d'investimento, costi operativi e altro ancora. Affrontare questo impegno contando su un ottimo bagaglio teorico e pratico è vitale sia per il consulente, che può così dimostrarsi completamente all'altezza del mandato, che per l'impresa committente, che può così orientare al meglio le analisi ed attingere a nuove opportunità di *business*.

Questo libro è stato scritto per venire incontro ad entrambe le controparti, con lo scopo di facilitare la creazione di una base di *fondamenti*, il cui possesso distingue colui che sa fare rispetto a chi troppo spesso ricorre all'improvvisazione, alla facile creatività o alla stanca riproposizione di sempre uguali soluzioni.

Il testo non si pone in concorrenza ai manuali tecnici; tabelle quantitative sono

ristrette al numero indispensabile, e sono state contenute al massimo le classificazioni impiantistiche, qualora non ritenute significanti. Si è dato per acquisito che la manutenzione degli impianti sia sempre stata eseguita correttamente, cosicché i problemi di tipo energetico saranno ricercati nei pertinenti ambiti *a monte*.

Per veicolare un efficace pragmatismo, l'opera è stata sfrondata da un eccessivo indugio formulistico, evitando il ricorso ad equazioni differenziali, integrali ed operatori esotici, quando si sia ritenuto che ciò non aggiungesse valore aggiunto alla comprensione degli argomenti. Spesso tuttavia le catene causali che partono dai principi fisici fino alle prassi ultime sono *belle*, e in questi casi non si è potuto fare a meno di proporle.

Nel testo non si enfatizzano statistiche di consumo energetico, né a livello mondiale né locale o per categoria di utilities o di usi finali o di fonti energetiche. Statistiche valide al momento dell'ultima stesura saranno già obsolete alla data della pubblicazione, e perderanno sempre più di significato con lo scorrere del tempo. Elementi storicizzati in un testo di *fondamenti* rischiano di essere controproducenti, visto che i principi dell'energetica sono validi sempre ed a qualunque latitudine.

Lo stesso discorso riguarda la normativa: l'efficienza ed il risparmio energetico sono stati sottoposti nel tempo – e continueranno ad esserlo – ad un'intensa normazione a partire dalla legge 373/76 fino al recente D.Lgs 102/14. Un aggancio troppo stretto ad un qualunque disposto normativo renderebbe il testo sorpassato già dopo alcuni mesi: invece le verità e le metodologie tecniche ed economiche esposte nel libro resteranno. Le normative passano.

L'approccio economico lega come un *fil rouge* tutti gli argomenti presentati. A seguito del progressivo depauperamento delle riserve di energia primaria, l'efficienza energetica è ormai divenuta un *topic* mediatico, spesso sopravvalutata, poco approfondita e/o criticata, da conseguirsi spesso tout court all'insegna del *costi quel che costi*. Essa viceversa va considerata come un importante strumento a disposizione dei decisori per poter risolvere questioni di bilancio e di sostenibilità.

Se l'energy manager si appropria di questo sano principio saprà agevolmente individuare e superare le barriere che ostacolano l'effettivo e pieno conseguimento dei possibili risparmi energetici e, nel confronto col committente, sarà in grado di motivare le proprie scelte con gli argomenti 'forti' per eccellenza: l'economia e la tecnica. L'aspetto ideologico o romantico sarà destinato ad altri tavoli di discussione, che non siano il sano confronto sui *fatti*.

Il mestiere dell'energy manager è bellissimo. Ogni realtà operativa è diversa da qualunque altra, e non ci sono mai soluzioni precostituite le quali, poiché hanno dato buoni esiti in un contesto A, daranno senz'altro esiti analoghi anche in un contesto B. Tanti ambiti della consulenza tecnica vengono affrontati e risolti compilando questionari precostituiti; nel campo dell'efficienza energetica questo non è possibile, e questo rende il nostro mestiere paragonabile a quello dell'investigatore, che deve andare in cerca di indizi, saper dare il giusto peso alle informazioni acquisite, avere fiuto, saper trattare con gli organi di vertice come con le maestranze, e ogni volta rimettersi in discussione, al fine di individuare quelle opportunità che

concorrono a far quadrare meglio i conti del committente. Chiunque, con un po' di pratica, riesce a compilare questionari. Pochi riescono invece ad inquadrare la nuova realtà da risanare, anche se appartenente ad un settore produttivo non conosciuto, in una corretta cornice metodologica, e ad accettare la nuova sfida che questo comporta. Non è un lavoro per i sedentari o per chi non abbia voglia di migliorarsi continuamente, e proprio per questo l'energy management è un lavoro prodigo delle soddisfazioni che capitano solo a chi tenta per la prima volta l'esperimento temuto dagli altri.