

**Riccardo Delmastro - Guido Noce**

# **GSHP**

## **GEOTERMIA A SONDE VERTICALI**

**Aspetti economici, teorici, progettuali,  
costruttivi, ambientali e normativi  
degli impianti geotermici a pompa di calore.**

---



# INDICE

<b>PREFAZIONE</b> .....	<b>XIII</b>
<b>RINGRAZIAMENTI</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1</b> <b>INTRODUZIONE ALLA GEOTERMIA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b> <b>Geotermia e pompa di calore</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2</b> <b>Piano dell'opera</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3</b> <b>La geotermia classica</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4</b> <b>La vera natura degli impianti geotermici</b> .....	<b>6</b>
<b>1.5</b> <b>La storia</b> .....	<b>7</b>
<b>Parte I</b> <b>RICHIAMI DI TEORIA</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b> <b>ELEMENTI DI IDRAULICA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b> <b>Equazione di Bernoulli e caratteri del moto</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b> <b>Moto in regime laminare e turbolento</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b> <b>Curve caratteristiche dei circuiti idraulici</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4</b> <b>Calcolo delle perdite di carico</b> .....	<b>20</b>
2.4.1      Perdite di carico distribuite .....	20
2.4.2      Perdite di carico concentrate .....	26
<b>3</b> <b>ELEMENTI DI TRASMISSIONE DEL CALORE</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1</b> <b>Introduzione</b> .....	<b>31</b>
<b>3.2</b> <b>Conduzione</b> .....	<b>32</b>
3.2.1      Parete singola con temperature superficiali indipendenti dal tempo .....	35
3.2.2      Spazio semi-infinito delimitato da superficie piana la cui temperatura varia con legge sinusoidale .....	36

---

3.2.3	Parete composta da più strati di materiale diverso con temperature superficiali indipendenti dal tempo .....	37
3.2.4	Tubo .....	38
3.2.5	Tubo a doppia parete .....	40
3.2.6	Parete piana con sorgente di calore interna .....	40
3.2.7	Sorgente di calore cilindrica .....	41
<b>3.3</b>	<b>Convezione</b> .....	<b>43</b>
3.3.1	Convezione naturale per fluidi avvolgenti cilindri orizzontali .....	45
3.3.2	Convezione naturale per fluidi avvolgenti cilindri verticali .....	46
3.3.3	Convezione forzata in tubazioni .....	46
3.3.4	Convezione forzata trasversale su cilindro .....	47
3.3.5	Esempi applicativi e osservazioni .....	47
<b>3.4</b>	<b>Irraggiamento</b> .....	<b>48</b>
<b>3.5</b>	<b>Trasmissione globale del calore</b> .....	<b>50</b>
<b>3.6</b>	<b>Scambiatori di calore</b> .....	<b>51</b>
3.6.1	Scambiatori a tubi coassiali .....	51
3.6.2	Scambiatori di calore a fascio tubiero .....	56
3.6.3	Scambiatori di calore a piastre .....	57
<b>4</b>	<b>ELEMENTI DI TERMODINAMICA</b> .....	<b>59</b>
<b>4.1</b>	<b>Definizioni generali</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2</b>	<b>Il primo principio della termodinamica</b> .....	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>Trasformazioni termodinamiche</b> .....	<b>64</b>
4.3.1	Trasformazione a pressione costante o isobara .....	64
4.3.2	Trasformazione a volume costante o isocora .....	64
4.3.3	Trasformazione a temperatura costante o isoterma .....	64
4.3.4	Trasformazione senza scambio di calore con l'esterno o adiabatica .....	65
4.3.5	Trasformazione politropica .....	65
<b>4.4</b>	<b>Il secondo principio della termodinamica</b> .....	<b>65</b>
<b>4.5</b>	<b>Entropia</b> .....	<b>67</b>
<b>4.6</b>	<b>Trasformazioni termodinamiche per i gas</b> .....	<b>67</b>
4.6.1	Trasformazione a pressione costante o isobara .....	68
4.6.2	Trasformazione a volume costante o isocora .....	68
4.6.3	Trasformazione a temperatura costante o isoterma .....	68
4.6.4	Trasformazione senza scambio di calore con l'esterno o adiabatica .....	68
<b>4.7</b>	<b>Trasformazioni termodinamiche per i vapori</b> .....	<b>69</b>
<b>4.8</b>	<b>Il ciclo frigorifero a compressione di vapore</b> .....	<b>70</b>
4.8.1	Cicli frigoriferi e pompe di calore .....	70
4.8.2	Il ciclo ideale .....	71
4.8.3	Il ciclo reale .....	75
4.8.4	Analisi delle prestazioni teoriche .....	77
4.8.5	Alcune varianti commerciali al ciclo base .....	78

<b>5</b>	<b>ELEMENTI DI GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>81</b>
<b>5.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>81</b>
<b>5.2</b>	<b>La formazione delle rocce</b> .....	<b>81</b>
5.2.1	Rocce magmatiche .....	82
5.2.2	Rocce sedimentarie .....	82
5.2.3	Rocce metamorfiche .....	83
<b>5.3</b>	<b>Proprietà tecniche delle rocce</b> .....	<b>84</b>
5.3.1	Densità o massa volumica .....	84
5.3.2	Porosità .....	85
5.3.3	Permeabilità .....	85
5.3.4	Durezza .....	86
5.3.5	Gelività .....	86
5.3.6	Proprietà termiche .....	87
<b>5.4</b>	<b>I terreni</b> .....	<b>87</b>
5.4.1	I minerali delle argille .....	88
<b>5.5</b>	<b>Proprietà tecniche dei terreni</b> .....	<b>90</b>
5.5.1	Peso specifico dei granuli .....	91
5.5.2	Peso di volume allo stato secco .....	91
5.5.3	Peso di volume allo stato naturale .....	91
5.5.4	Porosità ed indice dei vuoti .....	92
5.5.5	Contenuto d'acqua e grado di saturazione .....	93
5.5.6	Grado di addensamento e limiti di Atterberg .....	94
5.5.7	Permeabilità .....	96
5.5.8	Proprietà termiche .....	96
<b>5.6</b>	<b>Le acque sotterranee</b> .....	<b>97</b>
<b>5.7</b>	<b>Legge di Darcy</b> .....	<b>98</b>
5.7.1	Determinazione in situ della permeabilità .....	101
<b>5.8</b>	<b>Teoria di consolidazione del mezzo poroso saturo</b> .....	<b>102</b>
<b>5.9</b>	<b>Falde e acquiferi</b> .....	<b>103</b>
5.9.1	Definizioni .....	104
5.9.2	Interazioni tra acquiferi e sonde geotermiche .....	106
<b>6</b>	<b>FABBISOGNO TERMICO E FRIGORIFERO</b> .....	<b>109</b>
<b>6.1</b>	<b>Caratterizzazione dei processi termici</b> .....	<b>109</b>
<b>6.2</b>	<b>Climatizzazione</b> .....	<b>111</b>
6.2.1	Metodo stazionario .....	112
6.2.2	Metodo dinamico delle funzioni di trasferimento .....	113
<b>6.3</b>	<b>Acqua calda sanitaria</b> .....	<b>115</b>
<b>Parte II</b>	<b>TECNOLOGIA</b> .....	<b>119</b>
<b>7</b>	<b>LA POMPA DI CALORE</b> .....	<b>121</b>

<b>7.1</b>	<b>Classificazioni</b> .....	<b>121</b>
7.1.1	Classificazione ASHRAE.....	123
7.1.2	Classificazione GSP .....	124
<b>7.2</b>	<b>Configurazioni e logiche di funzionamento</b> .....	<b>125</b>
7.2.1	Pompa di calore/chiller base .....	125
7.2.2	Pompa di calore con inversione di ciclo .....	130
7.2.3	Recupero totale .....	132
7.2.4	Recupero parziale o desurriscaldamento .....	133
7.2.5	Free cooling .....	137
<b>7.3</b>	<b>Campo di applicazione</b> .....	<b>139</b>
<b>7.4</b>	<b>Prestazioni stagionali</b> .....	<b>140</b>
7.4.1	Coefficiente di lavoro annuale .....	140
7.4.2	Integrated Part Load Value .....	142
7.4.3	European Seasonal Energy Efficiency Ratio .....	142
7.4.4	Valutazione approssimata del CLA .....	143
<b>7.5</b>	<b>I refrigeranti</b> .....	<b>143</b>
7.5.1	Classificazione e caratterizzazione dei refrigeranti .....	144
7.5.2	Infiammabilità e tossicità .....	146
7.5.3	Aspetti ambientali: l'effetto serra, il GWP e l'ODP. ....	146
7.5.4	I refrigeranti commerciali per GSHP .....	147
7.5.5	Tabelle di comparazione tra refrigeranti .....	153
<b>7.6</b>	<b>I compressori</b> .....	<b>153</b>
7.6.1	Compressori volumetrici rotativi .....	154
7.6.2	Compressori alternativi .....	159
7.6.3	Compressori centrifughi .....	160
<b>7.7</b>	<b>Evaporatore e condensatore</b> .....	<b>162</b>
<b>7.8</b>	<b>La valvola di laminazione</b> .....	<b>163</b>
<b>7.9</b>	<b>Valvola per l'inversione di ciclo</b> .....	<b>163</b>
<b>8</b>	<b>SCAMBIATORI A TERRENO</b> .....	<b>165</b>
<b>8.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>165</b>
<b>8.2</b>	<b>Impianti a circuito aperto</b> .....	<b>165</b>
<b>8.3</b>	<b>Impianti a circuito chiuso</b> .....	<b>167</b>
8.3.1	Sonde geotermiche verticali .....	167
8.3.2	Sonde geotermiche orizzontali .....	169
8.3.3	Minicollettori .....	171
8.3.4	Pilastri energetici .....	172
8.3.5	Espansione diretta .....	174
<b>8.4</b>	<b>Parametri per la scelta dello scambio con il terreno</b> .....	<b>174</b>

---

<b>9</b>	<b>LA SONDA GEOTERMICA VERTICALE</b> .....	<b>177</b>
<b>9.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>177</b>
<b>9.2</b>	<b>Tubazioni</b> .....	<b>178</b>
<b>9.3</b>	<b>Il piede di sonda</b> .....	<b>181</b>
<b>9.4</b>	<b>Materiale di riempimento</b> .....	<b>183</b>
9.4.1	Conduttività termica .....	185
9.4.2	Densità .....	186
9.4.3	Reologia .....	186
9.4.4	Permeabilità .....	187
9.4.5	Andamento della maturazione .....	187
9.4.6	Calore di maturazione .....	188
9.4.7	Variazione di volume durante la maturazione .....	188
9.4.8	Resistenza al gelo .....	189
9.4.9	Separazione delle fasi .....	189
<b>9.5</b>	<b>Gli ausiliari alla posa</b> .....	<b>190</b>
9.5.1	Tubo di iniezione .....	190
9.5.2	Zavorra .....	191
9.5.3	Distanziali .....	192
9.5.4	Packer .....	193
<b>9.6</b>	<b>I fluidi termovettori</b> .....	<b>194</b>
9.6.1	Glicole etilenico .....	195
9.6.2	Glicole propilenico .....	196
<b>9.7</b>	<b>Attrezzature specifiche per la posa della sonda</b> .....	<b>198</b>
9.7.1	Rulliera e sbobinatore .....	198
9.7.2	Miscelatori e pompe di iniezione .....	200
<b>10</b>	<b>TRASMISSIONE DEL CALORE IN ROCCE E TERRENI</b> .....	<b>203</b>
<b>10.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>203</b>
<b>10.2</b>	<b>Il bilancio energetico del terreno</b> .....	<b>203</b>
10.2.1	L'influenza dell'atmosfera .....	205
10.2.2	Il flusso geotermico .....	207
10.2.3	L'influenza dei moti di filtrazione .....	209
10.2.4	La sovrapposizione degli effetti .....	211
<b>10.3</b>	<b>Modellizzazione del campo sonde</b> .....	<b>211</b>
10.3.1	Modelli analitici conduttivi basati sulla teoria della sorgente lineare ...	212
10.3.2	Modelli analitici conduttivi basati sulla teoria della sorgente cilindrica .....	213
10.3.3	Modelli ibridi numerico-analitici conduttivi del campo sonde .....	221
10.3.4	Modelli convettivi .....	224
<b>10.4</b>	<b>La resistenza termica apparente della sonda</b> .....	<b>225</b>
<b>10.5</b>	<b>Profili di temperatura</b> .....	<b>229</b>

---

<b>10.6</b>	<b>Caratterizzazione termica del sottosuolo e delle sonde</b> .....	<b>233</b>
10.6.1	Stabilità termica .....	234
10.6.2	Caratterizzazione termica del sottosuolo su base tabellare .....	236
10.6.3	Caratterizzazione del sottosuolo mediante metodi analitici .....	238
10.6.4	Caratterizzazione del sottosuolo mediante misure in laboratorio e in situ .....	239
10.6.5	Caratterizzazione termica della sonda .....	239
<b>11</b>	<b>TECNICHE DI PERFORAZIONE</b> .....	<b>241</b>
<b>11.1</b>	<b>La perforazione</b> .....	<b>241</b>
<b>11.2</b>	<b>Perforatrici</b> .....	<b>245</b>
11.2.1	Dimensione .....	245
11.2.2	Semovenza .....	246
11.2.3	Sistema di caricamento delle aste .....	247
1.2.4	Teste di perforazione .....	249
<b>11.3</b>	<b>Scalpelli</b> .....	<b>249</b>
11.3.1	Scalpelli ad inserti .....	250
11.3.2	Martelli fondo foro .....	250
11.3.3	Triconi .....	252
11.3.4	Scalpelli a lame .....	253
11.3.5	Corone e scarpe .....	254
11.3.6	Aste e rivestimenti .....	255
<b>11.4</b>	<b>I fluidi di perforazione</b> .....	<b>257</b>
11.4.1	Aria compressa .....	257
11.4.2	Acqua, fanghi e addensanti per la trivellazione .....	258
<b>12</b>	<b>LINEE DI DISTRIBUZIONE E COMPONENTISTICA IDRAULICA</b> .....	<b>261</b>
<b>12.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>261</b>
<b>12.2</b>	<b>Le tubazioni</b> .....	<b>261</b>
12.2.1	Criteri di dimensionamento di una tubazione .....	262
12.2.2	Dilatazione termica .....	263
12.2.3	Isolamento termico .....	268
12.2.4	Diametri commerciali dei tubi e tabelle di comparazione .....	270
12.2.5	Flangiature .....	272
12.2.6	Vincoli e staffaggi .....	274
<b>12.3</b>	<b>Vasi d'espansione</b> .....	<b>275</b>
<b>12.4</b>	<b>Pompe e circolatori</b> .....	<b>277</b>
12.4.1	Regolazione .....	280
12.4.2	Accorgimenti per l'installazione .....	282
<b>12.5</b>	<b>Collettori</b> .....	<b>284</b>
<b>12.6</b>	<b>Valvole d'intercettazione</b> .....	<b>284</b>

---

12.7	<b>Valvole di ritegno</b> .....	286
12.8	<b>Valvole di regolazione</b> .....	287
12.9	<b>Valvole di sicurezza</b> .....	289
12.10	<b>Filtri</b> .....	292
12.11	<b>I serbatoi di accumulo</b> .....	293
12.11.1	Serbatoi per la climatizzazione .....	293
12.11.2	Serbatoi per acqua calda sanitaria .....	294
12.12	<b>Giunti antivibranti</b> .....	295
12.13	<b>Strumenti di misura e di controllo</b> .....	295
12.13.1	Strumenti analogici .....	296
12.13.2	Strumenti digitali .....	297
12.13.3	Strumenti di verifica dello stato .....	297
13	<b>TERMINALI DI IMPIANTO</b> .....	299
13.1	<b>Introduzione</b> .....	299
13.2	<b>Radiatori</b> .....	300
13.3	<b>Pannelli radianti</b> .....	302
13.4	<b>Ventilconvettori</b> .....	305
13.5	<b>Unità di trattamento aria</b> .....	306
Parte III	<b>PROGETTARE E COSTRUIRE</b> .....	309
14	<b>PROGETTARE A REGOLA D'ARTE</b> .....	311
14.1	<b>Introduzione</b> .....	311
14.2	<b>La divisione di responsabilità e competenze</b> .....	311
14.3	<b>Procedura progettuale</b> .....	312
14.3.1	Gli output della progettazione .....	312
14.4	<b>Lo studio di fattibilità</b> .....	313
14.4.1	Quando può essere vantaggioso un impianto geotermico .....	313
14.4.2	Requisiti per la fattibilità .....	314
14.5	<b>Vincoli autorizzativi</b> .....	318
14.6	<b>Caratterizzazione termica dell'utenza</b> .....	318
14.7	<b>Caratterizzazione geologica</b> .....	319
14.7.1	Metodologia di indagine .....	319
14.7.2	Conseguenze sul progetto .....	320
14.8	<b>Condizioni di scambio sonde-terreno</b> .....	321
14.9	<b>Schema di centrale termica e pompa di calore</b> .....	322
14.10	<b>Dimensionamento delle sonde</b> .....	325
14.10.1	I limiti dei software e come superarli .....	327
14.11	<b>Dimensionamento della distribuzione orizzontale alle sonde</b> .....	330
14.11.1	Schema di posa .....	330
14.11.2	Dettagli costruttivi .....	332

---

14.11.3	Bilanciamento idraulico .....	333
14.11.4	Componentistica di controllo e comando .....	334
<b>14.12</b>	<b>Allestimento centrale termica, staffaggi e finiture .....</b>	<b>335</b>
<b>15</b>	<b>COSTRUIRE A REGOLA D'ARTE .....</b>	<b>337</b>
<b>15.1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>337</b>
<b>15.2</b>	<b>Bozza di capitolato tecnico .....</b>	<b>337</b>
15.2.1	Costruzione della sonda geotermica .....	337
15.2.2	Distribuzione orizzontale .....	342
<b>15.3</b>	<b>Contratti e responsabilità .....</b>	<b>346</b>
<b>15.4</b>	<b>Costruzione della sonda .....</b>	<b>347</b>
15.4.1	Allestimento del cantiere .....	348
15.4.2	Perforazione .....	350
15.4.3	Posa della sonda .....	353
15.4.4	Cementazione .....	354
15.4.5	Estrazione dei rivestimenti .....	355
<b>15.5</b>	<b>Costruzione della distribuzione orizzontale .....</b>	<b>356</b>
15.5.1	Lo sfiato dei circuiti .....	356
15.5.2	Corretta sequenzialità delle tubazioni .....	357
15.5.3	Riempimento con soluzione glicolata .....	358
<b>16</b>	<b>IL COLLAUDO .....</b>	<b>359</b>
<b>16.1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>359</b>
<b>16.2</b>	<b>L'importanza del collaudo .....</b>	<b>360</b>
<b>16.3</b>	<b>Verifiche visive e dimensionali sul campo sonde .....</b>	<b>361</b>
<b>16.4</b>	<b>Prove di cantiere e laboratorio sulle malte cementizie .....</b>	<b>362</b>
<b>16.5</b>	<b>La prova in pressione .....</b>	<b>364</b>
16.5.1	Procedura di prova .....	368
16.5.2	Attrezzatura di prova .....	371
<b>16.6</b>	<b>Prova di flusso .....</b>	<b>372</b>
16.6.1	Procedura di prova .....	374
16.6.2	Attrezzatura di prova .....	374
<b>16.7</b>	<b>Test di scambio termico .....</b>	<b>375</b>
16.7.1	Basi teoriche .....	376
16.7.2	Attrezzatura di prova .....	379
16.7.3	Progettazione della campagna di misura .....	381
16.7.4	Determinazione delle variabili per l'interpretazione .....	382
16.7.5	Procedura di prova .....	384
16.7.6	Interpretazione delle misure .....	386
16.7.7	Analisi dell'errore e significatività dei risultati .....	388
16.7.8	Alcune varianti al GeRT .....	390

---

<b>16.8</b>	<b>Misura della temperatura del terreno .....</b>	<b>391</b>
<b>16.9</b>	<b>Verifica della concentrazione di glicole .....</b>	<b>392</b>
<b>16.10</b>	<b>Il collaudo della centrale termica .....</b>	<b>392</b>
<b>Parte IV</b>	<b>ECONOMIA E SVILUPPO .....</b>	<b>395</b>
<b>17</b>	<b>LA DIFFUSIONE NEL MONDO .....</b>	<b>397</b>
<b>17.1</b>	<b>Diffusione delle geotermia a bassa entalpia in Europa .....</b>	<b>397</b>
17.1.1	Condizione minima per la convenienza economica di un impianto geotermico .....	398
17.1.2	Svezia .....	399
17.1.3	Germania .....	401
17.1.4	Francia .....	402
17.1.5	Austria .....	403
17.1.6	Inghilterra .....	404
17.1.7	Svizzera .....	405
<b>17.2</b>	<b>Chi e perché ha cominciato a fare geotermia in Italia .....</b>	<b>406</b>
17.2.1	Finanziamenti pubblici .....	407
<b>17.3</b>	<b>Condizioni favorevoli alla diffusione della geotermia a bassa entalpia .....</b>	<b>409</b>
<b>18</b>	<b>BENEFICI ECONOMICI E AMBIENTALI .....</b>	<b>411</b>
<b>18.1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>411</b>
<b>18.2</b>	<b>Costi operativi di un impianto geotermico e confronto con le soluzioni alternative .....</b>	<b>412</b>
18.2.1	Abitazione monofamiliare .....	413
18.2.2	Applicazione industriale .....	416
<b>18.3</b>	<b>Risparmi operativi cumulati durante il ciclo di vita dell'impianto .....</b>	<b>419</b>
18.3.1	Calcolo analitico dei risparmi di gestione .....	420
<b>18.4</b>	<b>Benefici ambientali generati da un impianto geotermico a pompa di calore e confronto con le soluzioni alternative .....</b>	<b>422</b>
18.4.1	Storia e stato dell'arte delle politiche dell'unione europea a favore della geotermia a bassa entalpia .....	423
18.4.2	Riduzione delle emissioni di gas climalteranti .....	425
<b>Parte V</b>	<b>AMBIENTE E NORMATIVE .....</b>	<b>427</b>
<b>19</b>	<b>INTERFERENZE AMBIENTALI .....</b>	<b>429</b>
<b>19.1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>429</b>
<b>19.2</b>	<b>Interferenza chimica con l'acqua di falda .....</b>	<b>430</b>
19.2.1	Materiali usati per la trivellazione .....	430
19.2.2	Materiali costituenti la sonda .....	431

19.2.3	Trasporto in falda di sostanze inquinanti già presenti nel sottosuolo o percolanti dalla superficie .....	433
19.2.4	Perdita di soluzione antigelo .....	434
19.2.5	Perdita di antigelo: casi ed azioni .....	438
<b>19.3</b>	<b>Interferenza con l'aria</b> .....	<b>439</b>
<b>19.4</b>	<b>Interferenza termica con il suolo e l'acqua di falda</b> .....	<b>440</b>
<b>19.5</b>	<b>False interferenze ambientali</b> .....	<b>441</b>
<b>20</b>	<b>PANORAMA LEGISLATIVO ITALIANO</b> .....	<b>443</b>
<b>20.1</b>	<b>Introduzione</b> .....	<b>443</b>
<b>20.2</b>	<b>I riferimenti legislativi nazionali</b> .....	<b>443</b>
<b>20.3</b>	<b>Varie disposizioni Provinciali e Regionali</b> .....	<b>444</b>
20.3.1	Regione Liguria .....	444
20.3.2	Regione Lombardia .....	444
20.3.3	Regione Piemonte .....	447
20.3.4	Regione Toscana .....	448
20.3.5	Regione Trentino Alto Adige .....	448
20.3.6	Regione Veneto .....	449
<b>20.4</b>	<b>Situazione normativa europea</b> .....	<b>451</b>
<b>20.5</b>	<b>Ragionamenti sulla creazione di una nuova normativa</b> .....	<b>452</b>
20.5.1	La proprietà del flusso di energia termica .....	453
<b>20.6</b>	<b>Aggiornamenti e prospettive</b> .....	<b>453</b>
<b>Appendice A - UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALI</b> .....		<b>455</b>
<b>Appendice B - UNITÀ DI MISURA DERIVATE</b> .....		<b>459</b>
<b>Appendice C - GRANDEZZE FONDAMENTALI</b> .....		<b>463</b>
<b>C.1</b>	<b>Massa volumica, densità e volume specifico</b> .....	<b>463</b>
<b>C.2</b>	<b>Calore specifico o capacità termica massica</b> .....	<b>463</b>
<b>C.3</b>	<b>Viscosità</b> .....	<b>464</b>
<b>C.4</b>	<b>Dilatazione termica</b> .....	<b>465</b>
<b>C.5</b>	<b>Cambiamenti di stato</b> .....	<b>466</b>
<b>Appendice D - SCHEMI DI CENTRALI TERMICHE</b> .....		<b>469</b>
Schema 1)	Solo riscaldamento. ....	470
Schema 2)	Solo condizionamento. ....	471
Schema 3)	Riscaldamento e condizionamento. ....	472
Schema 4A)	Riscaldamento e ACS: spillamento di energia per ACS dall'accumulo. ....	473
Schema 4B)	Riscaldamento e ACS: pompa di calore a doppio set point e tre vie sul lato idrico. ....	474

Schema 4C) Riscaldamento e ACS: pompa di calore a doppio set point e doppia condensazione. ....	475
Schema 4D) Riscaldamento e ACS: pompa di calore con recupero parziale. ....	476
Schema 5A) Condizionamento e ACS: chiller a recupero parziale. ....	477
Schema 5B) Condizionamento e ACS: chiller a recupero totale. ....	478
Schema 6) Riscaldamento e condizionamento in contemporanea: pompa di calore a recupero totale. ....	479
Schema 7A) Riscaldamento e condizionamento in alternativa, ACS tutto l'anno: pompa di calore a recupero totale reversibile. ....	480
Schema 7B) Riscaldamento e condizionamento in alternativa, ACS tutto l'anno: pompa di calore reversibile a recupero parziale. ....	481
<b>Appendice E - BACKSTAGE</b> .....	<b>483</b>
<b>E.1 Il pensiero "Ecosofico"</b> .....	<b>483</b>
<b>E.2 Il contributo personale di un uomo al comando</b> .....	<b>485</b>
E.2.1 GIACOMINI Dott. Andrea - GIACOMINI S.p.A. ....	486
E.2.2 MOGGI Ing. Vieri - TECNOSITAF S.p.A. ....	486
E.2.3 MITI Ing. Egidio - Direttore Tecnico Italia-Europa di AUTOGRILL S.p.A. ....	487
<b>BIBLIOGRAFIA - SITOGRAFIA</b> .....	<b>489</b>
<b>INDICE ANALITICO</b> .....	<b>499</b>

