



Paolo Pocecco Marco Pocecco

LE PUBBLICHE FOGNATURE

Manuale di progettazione – Costruzione – Manutenzione – Collaudo



Dario Flaccovio Editore

INDICE

Premessa
Introduzione

1. Sistemi di fognatura

1.1. Sistema misto e sistema separato.....	»	1
1.2. Raccolta dei dati che presiedono alle scelte decisionali.....	»	2
1.3. Schemi generali di fognatura.....	»	4
1.3.1. Conclusioni.....	»	7
1.4. Le fognature in depressione (cenni).....	»	9

2. Calcolo della portata meteorica

2.1. Previsione degli eventi massimi.....	»	11
2.1.1. Metodi statistici.....	»	11
2.1.2. Il tempo di ritorno.....	»	11
2.1.2.1. Il metodo di Gumbel.....	»	12
2.1.3. Curve di possibilità climatica.....	»	15
2.1.3.1. Le precipitazioni in Italia.....	»	18
2.2. Scelta del tempo di ritorno (T_r).....	»	19
2.3. Metodo del tempo di corrivazione.....	»	20
2.4. Coefficiente di deflusso.....	»	24
2.4.1. Il coefficiente di deflusso nel calcolo automatico.....	»	26
2.5. Il calcolo della portata.....	»	27
2.5.1. Determinazione del tempo di corrivazione (t_c).....	»	28
2.6. Ottimizzazione delle pendenze.....	»	35
2.6.1. Pendenze e trasporto solido.....	»	41
2.6.1.1. Ottimizzazione delle pendenze in relazione al trasporto solido e pendenze minime.....	»	41
2.6.1.2. Esempio di ottimizzazione delle pendenze.....	»	44
2.6.1.3. Pendenze massime.....	»	47
2.7. Metodo dell'invaso.....	»	47
2.8. Metodo del supino.....	»	51
2.8.1. Stima degli invasi specifici (W).....	»	54
2.8.2. Confronto tra i sistemi di calcolo.....	»	55
2.9. Acque meteoriche – pozzi perdenti.....	»	56
2.10. Dimensionamento e verifica di una fognatura.....	»	58

3. La portata di tempo secco

3.1. Previsione demografica.....	»	61
3.1.1. Aree da servire	»	62
3.2. Contributo unitario in fognatura	»	62
3.2.1. Consumi domestici in dettaglio.....	»	63
3.3. Apporti industriali e varie.....	»	64
3.3.1. Attività varie.....	»	64
3.4. Infiltrazione.....	»	65
3.4.1. Distribuzione della portata nelle 24 ore	»	66
3.5. Il progetto della rete delle acque di rifiuto	»	67
3.5.1. Portata di calcolo nel sistema misto	»	68
3.5.2. Portata di calcolo nel sistema separato.....	»	68
3.6. Parametri dell'inquinamento	»	69
3.7. Insufficienza delle reti esistenti	»	71
3.8. I consumi idrici in Italia.....	»	72
3.9. Il concetto di popolazione equivalente	»	73

4. Idraulica delle tubazioni

4.1. Il calcolo della portata delle tubazioni.....	»	75
4.2. Calcoli relativi al riempimento parziale in tubazioni circolari	»	81
4.3. Calcoli relativi al riempimento parziale in canali ovoidali.....	»	84
4.4. Riduzioni di diametro	»	87
4.4.1. Convenienza idraulica nell'uso di canali ovoidali anziché circolari	»	88

5. Le tubazioni delle fognature

5.1. Cenni introduttivi.....	»	91
5.1.1. Normalizzazione delle tubazioni a sezione circolare	»	91
5.1.2. Le tubazioni per fognature (e acquedotti)	»	93
5.1.3. Curve delle tubazioni	»	96
5.1.4. Tubazioni per le fognature	»	96
5.1.4.1. Scelta del materiale	»	96
5.1.5. Norme UNI EN per tubi	»	97
5.1.5.1. Norme di riferimento.....	»	97
5.1.5.2. Tubazioni per ripristini e riparazioni.....	»	98
5.2. Tubi in calcestruzzo e cemento armato.....	»	98
5.2.1. Tubi non armati	»	100
5.2.2. Tubi armati	»	101
5.2.3. Tubi armati con camicia di lamiera.....	»	101
5.2.4. Tubi precompressi	»	102
5.2.5. Tubi precompressi con camicia di lamiera.....	»	103
5.2.6. Caratteristiche delle tubazioni in calcestruzzo.....	»	104
5.2.6.1. La resistenza allo schiacciamento	»	104
5.2.6.2. L'impermeabilità della parete.....	»	105

5.2.6.3.	La resistenza alla pressione idraulica interna.....	» 105
5.2.6.4.	La scabrezza della superficie interna.....	» 105
5.2.7.	Metodi e macchinari di fabbricazione.....	» 106
5.2.7.1.	La formatura in cassaforma vibrante.....	» 107
5.2.7.2.	La formatura per vibrocompressione.....	» 108
5.2.7.3.	La formatura per centrifugazione.....	» 110
5.2.7.4.	La formatura per compressione radiale.....	» 111
5.2.7.5.	Altri sistemi di produzione.....	» 112
5.2.7.6.	Conclusione.....	» 113
5.2.8.	La produzione in Italia.....	» 113
5.2.9.	Canali ovoidali.....	» 115
5.2.10.	Unione dei tubi di calcestruzzo.....	» 117
5.2.11.	Rivestimento del fondello.....	» 118
5.3.	Sezioni non circolari per canali di fognatura.....	» 119
5.3.1.	Collettori massimi.....	» 121
5.3.2.	Collettori emissari.....	» 124
5.3.3.	Tubi in cemento precompresso.....	» 125
5.3.4.	Canali a cielo aperto.....	» 126
5.4.	Tubi in fibrocemento.....	» 126
5.4.1.	Norme di riferimento.....	» 126
5.4.2.	Caratteristiche generali.....	» 126
5.5.	Tubazioni in gres (ceramico).....	» 131
5.5.1.	Norme di riferimento.....	» 131
5.5.2.	Caratteristiche generali.....	» 131
5.6.	Le materie plastiche.....	» 143
5.6.1.	Cenni storici.....	» 143
5.6.2.	Generalità.....	» 144
5.7.	Tubazioni di materia plastica – polivinilcloruro (PVC-U).....	» 145
5.7.1.	Norme di riferimento.....	» 145
5.7.2.	Generalità.....	» 146
5.7.3.	Caratteristiche generali.....	» 147
5.7.4.	Caratteristiche tecniche.....	» 147
5.7.5.	Tubazioni commerciali in PVC.....	» 157
5.7.6.	Posa in opera delle tubazioni in PVC.....	» 159
5.7.7.	Allacciamenti.....	» 167
5.7.8.	Raccordi con tubazioni di materiali diversi.....	» 169
5.7.8.1.	Attacco con bicchiere in gres.....	» 169
5.8.	Tubazioni di materia plastica – polietilene (PE).....	» 174
5.8.1.	Norme di riferimento.....	» 174
5.8.2.	Condotte in polietilene ad alta densità (HDPE).....	» 175
5.8.2.1.	Generalità.....	» 175
5.8.2.2.	Proprietà della materia prima – alta densità – tubi per fognatura.....	» 175
5.8.2.2.1.	Comportamento nei confronti di roditori.....	» 176
5.8.2.2.2.	Stabilità alle radiazioni.....	» 176

	5.8.2.2.3. Stabilità agli agenti atmosferici.....	» 177
	5.8.2.2.4. Comportamento alla fiamma	» 177
	5.8.2.2.5. Resistenza all'abrasione	» 177
	5.8.2.2.6. Dilatazione termica.....	» 177
	5.8.2.3. Produzione dei tubi in HDPE.....	» 178
	5.8.2.4. Giunzione dei tubi	» 180
	5.8.2.4.1. Saldatura a manicotto elettrosaldabile.....	» 180
	5.8.2.4.2. Saldatura per polifusione testa a testa	» 181
	5.8.2.4.3. Attacco ai pozzetti	» 188
	5.8.2.5. Tendenze nella produzione dei tubi in HDPE.....	» 190
	5.8.2.6. Tubi in HDPE a parete strutturata di tipo corrugato	» 191
	5.8.3. Tubi in ldp (low density polyethylene) – tubazioni in polietilene a bassa densità.....	» 197
5.9.	Tubazioni di materia plastica – polipropilene (PP).....	» 198
	5.9.1. Norme di riferimento.....	» 198
	5.9.2. Caratteristiche generali.....	» 198
	5.9.3. Modalità di posa in opera.....	» 203
5.10.	Tubazioni in vetroresina (PRFV: resina poliestere rinforzata con fibre di vetro) – resina poliestere.....	» 204
	5.10.1. Norme di riferimento.....	» 204
	5.10.2. Caratteristiche generali.....	» 204
5.11.	Tubazioni di ghisa.....	» 212
	5.11.1. Norme di riferimento.....	» 212
	5.11.2. Proprietà meccaniche della ghisa	» 212
	5.11.3. Tubazioni in ghisa all'interno degli edifici	» 214
5.12.	Tubi in acciaio	» 217
	5.12.1. Produzione dei tubi di acciaio	» 217
	5.12.2. Considerazioni conclusive	» 222
	5.12.3. Rivestimenti delle condotte in acciaio	» 226
5.13.	Tubazioni di drenaggio	» 226
	5.13.1. Cenni storici	» 226
	5.13.2. Drenaggio.....	» 227
	5.13.3. Tubi di drenaggio lisci in HDPE.....	» 227
	5.13.4. Tubi di drenaggio in PVC	» 228
	5.13.5. Tubi di drenaggio in HDPE e PP corrugati.....	» 229
	5.13.6. Tubi di drenaggio in cemento.....	» 230
5.14.	Scelte, sotto il profilo economico, nelle condotte di fognatura	» 232
	5.14.1. Osservazione finale	» 233
6. I manufatti delle fognature		
6.1.	Pozzetti	» 237
	6.1.1. Pozzetti d'ispezione ed elementi complementari.....	» 237
	6.1.1.1. Norme di riferimento.....	» 237
	6.1.1.2. Caratteristiche generali.....	» 238

6.2.	Pozzetti d'ispezione di fognature domestiche	» 238
6.3.	Pozzetti d'ispezione per canalizzazioni stradali	» 241
6.3.1.	Pozzetti di ispezione su piccoli diametri.....	» 243
6.3.2.	Pozzetti con canali curvi	» 248
6.3.3.	Esecuzione dei pozzetti prefabbricati a piccolo diametro.....	» 251
6.3.4.	Pozzetti capofonte e ispezioni non accessibili	» 252
6.3.5.	Pozzetti di ispezioni sicuri dalle infiltrazioni.....	» 253
6.3.6.	Pozzetti di ispezione in collettori a grande diametro	» 256
6.3.7.	Pozzetti di discesa a collettori massimi profondi.....	» 259
6.4.	Pozzetti speciali	» 259
6.4.1.	Pozzetti con salto.....	» 259
6.4.2.	Pozzetti su canalizzazioni separate	» 264
6.4.3.	Pozzetti intercettori	» 266
6.4.4.	Pozzetti antifiamma.....	» 266
6.4.5.	Pozzetti di trattenuta grassi	» 267
6.5.	Confluenze – progetto di raccordi tra collettori.....	» 270
6.5.1.	Progetto di raccordi col metodo di bilanciamento dei flussi.....	» 275
6.6.	Camerette	» 277
6.6.1.	Dimensionamento ed esecuzione delle camerette.....	» 277
6.6.2.	Interferenze con altri servizi in sottosuolo	» 280
6.6.3.	Impermeabilità delle camerette	» 280
6.7.	Gradini e scale di discesa nelle fognature.....	» 282
6.8.	Chiusini stradali	» 287
6.8.1.	Carichi di esercizio.....	» 288
6.8.2.	Carico di prova.....	» 289
6.8.3.	Marcatura	» 290
6.8.4.	Descrizione dei tipi più comuni	» 291
6.8.5.	Materiale di chiusini e telai (e caditoie).....	» 296
6.8.6.	Cenni sulla ghisa abitualmente usata per i chiusini	» 296
6.8.7.	Apertura dei chiusini	» 298
6.8.8.	Chiusini stradali speciali	» 300
6.8.9.	Chiusini idrici.....	» 300
6.8.10.	Tendenze recenti nella produzione di chiusini	» 301
6.8.11.	Chiusini rialzabili	» 302
6.8.12.	Chiusini per arredo urbano.....	» 303
6.8.13.	Difetti più comuni nei chiusini.....	» 304
6.8.14.	Chiusini per interni.....	» 305
6.8.15.	Chiusini di produzione nazionale corrente.....	» 305
6.9.	Caditoie stradali	» 308
6.9.1.	Generalità	» 308
6.9.2.	Dimensionamento – densità delle caditoie.....	» 308
6.9.3.	Chiusura idraulica	» 312
6.9.4.	Pozzetto per detriti	» 314
6.9.5.	Bocche di immissione	» 316
6.9.6.	Tipi di caditoie	» 319

6.9.7.	Tipi particolari di caditoia	» 320
6.9.8.	Posizionamento	» 323
6.9.9.	Sifonatura di caditoie esistenti	» 324
6.9.10.	Gli allacciamenti delle caditoie	» 325
6.9.11.	Caditoie e canalette per autostrade	» 326
6.9.12.	Canalette trasversali	» 327
6.9.13.	Caditoie a bocca di lupo – riduzione della bocca	» 327
6.9.14.	Caditoie con pozzi perdenti	» 329
6.9.15.	Manufatti di produzione corrente	» 329
6.10.	Gli allacciamenti	» 331
6.10.1.	Osservazione	» 342
6.11.	Scaricatori di piena	» 342
6.11.1.	Acque di prima pioggia	» 342
6.11.2.	Inquinamento prodotto dalle acque di ruscellamento	» 343
6.11.3.	Prevenzione	» 344
6.11.4.	Scaricatori	» 344
6.11.5.	Dimensionamento idraulico degli scaricatori	» 349
6.11.6.	Portata smaltibile dagli scaricatori	» 351
6.11.7.	Tipi di stramazzi in uso negli scaricatori	» 356
6.11.7.1.	Alcune regole di esecuzione pratica	» 361
6.11.8.	Scaricatori a caduta di fondo	» 362
6.12.	Vasche a pioggia	» 365
6.12.1.	Sistemi recenti	» 368
6.12.2.	Dimensionamento delle vasche a pioggia	» 371
6.12.3.	Vasche di laminazione	» 372
7. Il problema dei solfati		
7.1.	I solfati nelle fognature	» 375
7.1.1.	Produzione dei solfati	» 380
8. Il progetto della rete		
8.1.	Progetto preliminare	» 383
8.2.	Progetto esecutivo	» 385
9. Sollevamenti		
9.1.	Generalità	» 391
9.2.	Sistemi a una o più pompe	» 393
9.2.1.	Soluzioni grafiche	» 394
9.2.2.	Perdite di carico localizzate	» 398
9.2.3.	Perdite di carico nel valvolame	» 401
9.2.4.	Sistemi a più pompe	» 401
9.2.4.1.	Pompe uguali in parallelo	» 401

9.2.4.2.	Pompe uguali in serie	» 403
9.2.4.3.	Pompe diverse collegate assieme in parallelo	» 404
9.2.4.4.	Pompe inserite su una stessa linea.....	» 405
9.2.4.5.	Pompe su condotte poste in parallelo.....	» 407
9.2.5.	Condotta alimentata da un serbatoio e da una pompa.....	» 408
9.2.6.	Condotte con correnti in depressione.....	» 410
9.3.	Dimensionamento delle tubazioni di mandata.....	» 412
9.4.	Volume minimo di una vasca di sollevamento	» 414
9.5.	Colpo d'ariete	» 417
9.6.	Pompe centrifughe.....	» 420
9.6.1.	Giranti	» 421
9.7.	Calcolo dei consumi	» 423
9.8.	Sfiati.....	» 424
9.9.	Potenza e rendimento di una pompa.....	» 426
9.10.	Pompe intubate (propeller).....	» 428
9.11.	Pompe a secco.....	» 432
9.11.1.	Altezza d'aspirazione.....	» 432
9.12.	Interruttori di livello	» 434
9.13.	Principi per la progettazione del pozzo	» 438
9.13.1.	Prove su modello.....	» 440
9.13.2.	Progettazione standard di base.....	» 440
9.13.3.	Pozzo a entrata frontale.....	» 442
9.13.4.	Pozzo a entrata laterale.....	» 442
9.13.5.	Configurazioni alternative.....	» 443
9.13.6.	Esecuzione pratica dei sollevamenti	» 443
9.13.7.	Stazioni di sollevamento di medie dimensioni.....	» 446
9.13.8.	Stazioni di sollevamento di grandi dimensioni.....	» 448
9.13.9.	Funzionamento difettoso.....	» 448
9.14.	Coclea.....	» 451
9.14.1.	Aspetti costruttivi.....	» 453
9.14.2.	Prevalenza	» 453
9.14.3.	Posa in opera.....	» 455
9.14.4.	Coclee e pompe centrifughe: vantaggi e svantaggi.....	» 456
9.15.	Idroestrattori (eiettore ad aria compressa – AIR LIFT).....	» 457

10. Sistemi controrigurrito, valvole, paratoie, prese, sfiati

10.1.	Paratoie	» 459
10.2.	Valvole controrigurrito.....	» 460
10.3.	Valvole regolatrici di flusso	» 463
10.4.	Paratoie anti allagamento.....	» 465
10.5.	Prese di acque superficiali	» 465
10.6.	Flange, valvole, clapet, giunti di dilatazione, sfiati per impianti in pressione	» 466
10.6.1.	Flange.....	» 466

10.6.2. Valvole a saracinesca.....	» 467
10.6.3. Valvole a clapet	» 471
10.6.4. Valvole di ritegno a palla	» 472
10.6.5. Compensatori	» 473
10.6.6. Compensatori di acciaio.....	» 474
10.6.7. Giunti dielettrici	» 475
10.6.8. Sfiati	» 476
10.6.9. Valvole di sicurezza.....	» 477
10.6.10. Prese o passaggio di tubazioni attraverso le pareti di vasche e serbatoi	» 478

11. Opere speciali

11.1. Attraversamenti ferroviari (eseguiti con sostegni senza interrompere il traffico)	» 479
11.2. Intercettazione di scarichi in torrenti e da torrenti canalizzati.....	» 483
11.3. Sifoni rovesci	» 487
11.4. Sottopasso con tubazioni di fognatura di canali o trincee	» 489
11.5. Attraversamenti sub-alvei o cunicoli sottofalda	» 492

12. Sistemi di telecontrollo

12.1. Generalità.....	» 497
12.1.1. Obiettivi del sistema di telecontrollo	» 499
12.2. Sistemi di telecontrollo nelle fognature.....	» 500

13. Costruzione delle fognature

13.1. Sezioni tipo e sistemi di posa.....	» 503
13.1.1. Modalità di esecuzione e di posa in opera delle tubazioni elastiche	» 505
13.1.1.1. Unione delle tubazioni.....	» 505
13.1.1.2. Scavo	» 506
13.1.1.2.1. Condotte in pressione	» 507
13.1.1.2.2. Condotte a gravità	» 507
13.1.1.3. Riempimento dello scavo	» 508
13.1.1.4. Periodo di posa	» 508
13.1.1.5. Posa di condotte a gravità	» 509
13.1.1.6. Riempimento dello scavo	» 509
13.1.1.6.1. Zone non soggette a traffico e zone coltivate	» 509
13.1.1.6.2. Zone soggette a traffico leggero, strade secondarie, banchine e marciapiedi.....	» 509
13.1.1.6.3. Zone soggette a traffico pesante	» 510
13.1.1.7. Compattamento	» 510
13.1.1.8. Inizio del riempimento	» 511
13.1.1.9. Posa in zone paludose o in scavo pieno d'acqua.....	» 511

13.1.2. Condotte in terreni molto scoscesi.....	» 512
13.2. Scavi e rinterri.....	» 514
13.2.1. Definizione degli scavi.....	» 514
13.2.2. Verifica della spinta del terreno sulle pareti delle trincee	» 522
13.2.3. Armatura degli scavi con centine speciali.....	» 524
13.2.3.1. Centinatura con piastre e puntone idraulico.....	» 525
13.2.3.2. Sistema a puntelli scorrevoli	» 525
13.2.3.3. Sistema a casseri autoaffondanti	» 526
13.2.4. Palancole	» 527
13.2.5. Scavo.....	» 529
13.2.6. Scavo di materiali sciolti con escavatore a risucchio.....	» 530
13.3. Trincee in terreni inconsistenti	» 532
13.3.1. Stabilità di scavi armati.....	» 532
13.4. Aggottamenti e drenaggi.....	» 538
13.4.1. Presenza d'acqua negli scavi.....	» 540
13.4.2. La tecnologia well-point	» 543
13.4.3. Prove tecniche in falda	» 544
13.4.3.1. Profondità di infissione.....	» 545
13.5. Assemblaggio e movimentazione delle tubazioni	» 546
13.5.1. Movimentazione.....	» 548
13.5.2. Allineamento delle tubazioni	» 549
13.6. Prove di tenuta – water test, air test.....	» 551
13.6.1. Prova di tenuta a pressione d'acqua (<i>water test</i>).....	» 551
13.6.2. Prova di tenuta a pressione d'aria (<i>air test</i>)	» 552
13.6.3. Altri test.....	» 554
13.7. Rinterri.....	» 554
13.7.1. Attrezzature per il costipamento	» 555
13.8. Ripristini stradali	» 556
13.9. Materiali lapidei per i rinterri – cenni per il rinterro, sottofondi, drenaggi ecc.	» 558
13.9.1. Frantoi a mascelle	» 558
13.9.2. Frantoi a cilindri multipli	» 558
13.9.3. Frantoi a cilindri e mascelle	» 559
13.9.4. Mulini.....	» 560
13.9.5. Vagli e stacci	» 561
13.9.6. Lavorazione del materiale di cava estratto.....	» 562
13.9.7. Materiale idoneo per i rinterri	» 562
13.10. Metodi particolari di costruzione.....	» 564
13.10.1. Generalità	» 564
13.10.2. Il no-dig.....	» 564
13.10.3. Directional drilling.....	» 566
13.10.4. Relining.....	» 567
13.10.5. Pipe bursting.....	» 568
13.10.5.1. Pipe bursting a trazione semplice.....	» 568
13.10.5.2. Pipe bursting a percussione.....	» 569

13.10.5.3. Pipe bursting con espansori ad apertura variabile.....	»	569
13.10.6. Pipe splitting.....	»	570
13.10.7. Pipe reaming.....	»	570
13.10.8. Microtunneling e spingitubo	»	570
13.10.8.1. Microtunneling.....	»	573
13.10.8.2. Spingitubo (pipe jacking).....	»	576
13.11. I cementi armati nelle opere di fognatura	»	578
13.11.1. Generalità	»	578
13.11.2. Carichi	»	579
13.11.3. Strutture e riprese dei getti	»	579
13.11.4. Limitazioni alla fessurazione	»	579
13.11.5. Cedimenti	»	580
13.11.6. Terreno aggressivo	»	581
13.11.7. Impermeabilità del calcestruzzo.....	»	581
13.11.8. Copriferro.....	»	581
13.11.9. Calcolo agli stati limite	»	581
13.11.10. Calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili	»	581
13.11.11. Requisiti dei calcestruzzi	»	582
13.11.12. Collaudo idraulico e statico delle vasche.....	»	582
13.11.13. Armature del calcestruzzo.....	»	582
13.11.14. Reti elettrosaldate	»	583
13.11.15. Disegni esecutivi.....	»	583
13.11.16. Piegatura e taglio	»	583
13.11.17. Posa in opera delle barre o delle reti.....	»	583
13.11.18. Cementi armati nelle camerette e nelle vasche	»	583
13.12. Le vasche circolari.....	»	586
13.13. Temperature in sottosuolo.....	»	592
13.13.1. Temperature nelle fognature	»	593

14. Manutenzione delle fognature

14.1. Scopi e finalità	»	595
14.2. Servizio manutenzione.....	»	597
14.2.1. Personale e risorse.....	»	597
14.2.2. Attrezzature specifiche – canne flessibili e canal-jet.....	»	598
14.2.3. Apparecchiature per la chiusura di canali	»	599
14.2.4. Apparecchiature per la rimozione di radici.....	»	600
14.2.5. Disservizi e guasti	»	600
14.2.6. Attrezzature individuali e collettive	»	601
14.2.7. Servizio pulizia caditoie	»	604
14.3. Organizzazione del servizio fognature (per città con più di 1.000.000 abitanti).....	»	604
14.4. Attrezzature particolari	»	607
14.4.1. Scudo.....	»	607
14.4.2. Telecamere e altre tecniche d'indagine	»	608

14.5. Direzione e programmazione di un servizio fognature.....	» 609
14.6. Tecniche particolari di ripristino delle tubazioni	» 611
14.6.1. Ripristino dell'impermeabilizzazione delle tubazioni con calza e guaina in HDPE	» 611
14.6.2. Sistema dei fogli a bolle in HDPE.....	» 611
14.6.3. Materiali utilizzati.....	» 613
14.6.3.1. Guaina	» 613
14.6.3.2. Resina.....	» 613
14.6.4. Conclusioni	» 614
15. Comportamento a trave delle tubazioni	
15.1. Le tubazioni viste come travi – generalità.....	» 615
15.2. Raggio di curvatura minimo	» 616
15.3. Distanza tra gli appoggi.....	» 617
15.4. Condotta sollevata a un estremo.....	» 618
15.5. Condotta sollevata al centro.....	» 620
15.6. Condotta semiappoggiata in trincea.....	» 621
16. Stabilità delle condotte interrate	
16.1. Generalità.....	» 625
16.2. Tubazioni rigide ed elastiche	» 626
16.3. Calcolo statico – trattazione semplificata	» 628
16.3.1. Condotte in trincea	» 628
16.3.2. Condotte sotto rilevato	» 630
16.3.3. Carichi mobili e accidentali	» 633
16.3.4. Costipamento.....	» 635
16.3.5. Terreni cedevoli.....	» 635
16.3.6. Sollecitazioni nei tubi rigidi interrati	» 635
16.4. Resistenza delle condotte elastiche.....	» 636
16.4.1. Sviluppi della formula di Spangler	» 641
16.5. Condotte elastiche – teoria di Martson	» 643
16.5.1. Carichi mobili (q_m).....	» 656
16.6. Condotte rigide	» 659
16.7. Statica dei tubi rigidi.....	» 661
16.7.1. Espressioni risolutive esposte in sintesi	» 662
16.7.1.1. Peso proprio del tubo.....	» 662
16.7.1.2. Carico laterale – uniforme.....	» 665
16.7.1.3. Spinta attiva del terreno.....	» 666
16.7.1.4. Selle di appoggio.....	» 667
16.7.1.5. Carico di prova per tubi in calcestruzzo.....	» 670
16.7.2. Tabelle per il calcolo rapido di momento e sforzo normale massimi	» 671
16.8. Effetti di un sisma sulle condotte interrate	» 683

17. I servizi pubblici in sottosuolo

17.1. Necessità di un coordinamento	» 689
17.2. Attività di coordinamento	» 690
17.3. Membri della commissione di coordinamento	» 690
17.4. Funzionamento della commissione	» 691
17.5. Limiti della commissione	» 691
17.6. Regolamentazione.....	» 691
17.6.1. Gallerie tecniche.....	» 692
17.7. Pianificazione dei servizi in sottosuolo.....	» 694

18. Sicurezza nel lavoro nelle fognature e negli impianti di depurazione

18.1. Ferite	» 698
18.2. Leptosirosi	» 699
18.3. Tifo.....	» 700
18.4. Tetano.....	» 701
18.5. Mancanza o insufficienza di ossigeno – presenza di gas tossici o nocivi ..	» 703
18.5.1. Vapori e gas tossici.....	» 703
18.5.2. Vapori di metalli organici e inorganici.....	» 704
18.5.3. Gas esplosivi	» 705
18.5.4. Gas di fognatura	» 705
18.5.5. Gas da digestione	» 706
18.5.6. Altri gas riscontrabili anche se per cause accidentali in fognatura	» 706
18.5.7. Rilevatori di gas tossici e deficienza di ossigeno	» 706
18.5.7.1. Apparecchiature di controllo dei gas.....	» 707
18.6. Presenza di ratti.....	» 710
18.7. Annegamento.....	» 711
18.8. Materiali radioattivi	» 712
18.9. Caratteristiche igieniche dei locali e precauzioni di ordine igienico-sanitario.....	» 712
18.10. Sicurezza nelle attività di scavo per fognature	» 713

19. Impianti di depurazione – ubicazione

19.1. Cenni sugli obiettivi e sui metodi di trattamento.....	» 717
19.1.1. Cenni storici	» 717
19.1.2. Classificazione dei trattamenti	» 717
19.1.3. Linea acque	» 719
19.2. Localizzazione degli impianti.....	» 721
19.2.1. Criteri di scelta	» 721
19.2.2. Conclusioni	» 724
19.3. Area da destinarsi a un impianto di depurazione.....	» 724
19.4. Costi degli impianti di depurazione – costi di gestione.....	» 726
19.4.1. Ripartizione dei costi	» 727
19.4.2. Costi di gestione di un impianto.....	» 728

20. Chimica nella tecnica delle fognature e degli impianti di trattamento

20.1. Composti organici e inorganici.....	» 729
20.2. Trattamento aerobico.....	» 729
20.3. Prodotti finali (chimici).....	» 730
20.4. Processo di ossidazione.....	» 730
20.5. Richiesta di ossigeno.....	» 731
20.6. Misura della quantità di sostanza organica presente nel liquame.....	» 732
20.6.1. BOD e BOD ₅	» 732
20.6.2. COD.....	» 733
20.6.3. Il valore al permanganato.....	» 733
20.6.4. TOC.....	» 733
20.7. Il ciclo dell'azoto e gli effluenti nitrificati.....	» 734
20.8. pH.....	» 736
20.9. Detergenti sintetici.....	» 736
20.10. Metalli tossici.....	» 736
20.11. Parametri tipici di controllo di un impianto di trattamento.....	» 737
20.12. Trattamento dei fanghi.....	» 738

Appendici

Glossario e definizioni.....	» 741
Trenchless technology – Glossario dei termini inglesi.....	» 747
Uso delle tabelle allegate.....	» 750
 Normativa.....	 » 779
 Bibliografia.....	 » 781