بسم الله الرحمن الرحيم

سیستم‌های آبیاری فضای سبز و اصول طراحی آن‌ها

مؤلف:
حامد رضا کیخسروی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... ب

مقدمه ..... ق

فصل اول: ارزیابی موقعیت، انتخاب روش و کیفیت آبیاری فضای سبز 1

اهداف 2

1-1. دیباچه 3

2-1. پنج شیوه به کار بردن آب در فضای سبز 4

3-1. انتخاب سیستم آبیاری برای فضای سبز 5

1-3-1. معیارهای اساسی برای انتخاب و طراحی یک سیستم آبیاری 7

2-3-1. اطلاعات مورد نیاز طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار 12

3-3-1. نحوه انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار 18

4-1. کلیاتی در باره روش‌های آبیاری قابل توصیه برای فضای سبز 23

1-4-1. روش‌های کاربرد زیر زمینی 23

2-4-1. روش‌های آبیاری رو زمینی 32

5-1. خلاصه‌ای از روش‌های آبیاری در فضای سبز شهری و فراشهری 49

1-5-1. روش‌هایی که به طور کامل مبتنی بر مصالح و نیروی کار محلی هستند 49

2-5-1. روش‌های مبتنی بر مصالح وارداتی اما ساخت محلی 49

3-5-1. روش‌های مبتنی بر قطعات وارداتی 50

خلاصه 51

آزمون 52

فصل دوم: اصول فنی و طراحی سیستم‌های آبیاری فضای سبز 53

اهداف 54

1-2. دیباچه 55

2-2. اجزای سیستم آبیاری 56

3-2. معیارهای طراحی 61

2-4، حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح 63
2-5، عملکرد سیستم‌های آبیاری 70
2-5-1، راندمان آبیاری 70
2-5-2، راندمان ذخیره در مخزن 71
2-5-3، راندمان انتقال 72
2-5-4، راندمان کاربرد آب 73
2-5-5، یکنواختی آبیاری 73
2-5-6، کفایت آبیاری 76
2-5-7، راندمان ذخیره 77
2-5-8، کارآیی آبیاری 78
2-5-9، رابطه بین راندمان کاربرد مصرف و یکنواختی توزیع 78
2-5-10، رابطه بین کفایت آبیاری و راندمان کاربرد آب 79
خلاصه 80
آزمون 81
فصل سوم: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی در فضای سبز 85
اهداف 86
3-1، دیباچه 87
3-1-1، پستی و بلندی 87
3-1-2، نوع خاک 88
3-1-3، شکل یک قطعه فضای‌سبز 88
3-1-4، نوع گیاه 88
3-1-5، نیروی کار انسانی 89
3-2، راندمان‌ها در آبیاری سطحی 90
3-2-1، راندمان‌های ویژه 91
3-3، الگوی توزیع آب روی زمین 95
3-4، طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای (ردیفی) 97

3-4-1. روابط فیزیکی بین زمان پیشروی، مقدار نفوذ و نفوذ عمقی 102
3-4-2. روابط تجربی 109
3-4-3. روابط هیدرولیکی 111
3-4-4. روش نموداری 119
3-4-5. طراحی با روش کاهش جریان ورودی به فارو 122
3-4-6. روش نموداری 123
3-4-7. آزمایش‌های صحرایی برای تعیین درستی پارامترهای طراحی 124
3-5. طراحی سیستم آبیاری در کرت‌های مسطح 126
3-5-1. نوع خاک، مقدار جریان و عمق آبیاری 126
3-5-2. اندازه یک قطعه فضای‌سبز 127
3-5-3. شیب زمین 127
3-5-4. شیوهٔ عملیات احداث و نگهداری 128
3-5-5. شکل کرت 128
3-5-6. نوع عملیات احداث و نگهداری 129
3-5-7. روابط تجربی 130
3-5-8. روابط هیدرولیکی 130
3-6. طراحی سیستم‌های آبیاری نواری 135
3-6-1. روابط تجربی 136
3-6-2. روابط هیدرولیکی 138
3-6-3. محدودیت های طراحی 142
3-6-4. مسدود نمودن انتهای نوار 144
خلاصه 146
آزمون 146
فصل چهارم: ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی در فضای سبز 155
اهداف 156
4-1. دیباچه 157

2-4. جریان ورودی – خروجی 159
3-4. پیشروی و پسروی 163
4-4. ذخیره سطحی 165
5-4. نفوذپذیری 167
6-4. عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی 175
7-4. ارزیابی سیستم جویچه‌ای (فارو) 176
8-4. ارزیابی سیستم نواری 178
9-4. ارزیابی سیستم آبیاری کرتی 180
10-4. سایر مدل‌های ریاضی 181
11-4. اندازه‌گیری و ارزیابی نفوذ در آبیاری سطحی 184
1-11-4. حلقه‌های نفوذ 187
2-11-4. روش حوضچه‌ای 189
3-11-4. روش جویچه‌های مسدود شده 189
4-11-4. روش جریان ورودی – خروجی 190
5-11-4. روش نفوذ سنجی با گردش آب 190
خلاصه 191
آزمون 192
فصل پنجم: استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی 195
اهداف 196
1-5. دیباچه 197
4-5. طرح هیدرولیکی لوله‌ها 201
1-4-5. امکان یابی کلی طرح 201
2-4-5. اطلاعات نقشه‌ای 202
3-4-5. ارزیابی اجتماعی- اقتصادی 203
4-4-5. جانمایی سیمای طرح 204
5-5. تهیه جانمایی خطوط لوله 205

5-5-1، وسعت محدوده آبخور 205
5-5-2، آب قابل دسترس و هیدرومدول آبیاری 207
5-5-3، الگوی کشت و آب مورد نیاز گیاهان 208
5-5-4، راندمان توزیع سیستم‌های لوله زیرزمینی 208
5-5-5، مشخصات توپوگرافی 209
5-5-6، عوامل اقتصادی و اجتماعی 210
5-5-7، طول حداکثر انشعابات درجه 4 211
5-5-8، تراکم آبگیرها 214
5-5-9، مسیر خط لوله 216
5-6، روش تنظیم پمپ و بهره‌برداری سیستم 218
5-6-1، تنظیم دستی پمپ 218
5-6-2، تنظیم پمپ به روش خودکار 220
5-7، طراحی هیدرولیکی 224
5-8، سرعت های طراحی 225
5-8-1، حداکثر سرعت 225
5-8-2، حداقل سرعت 226
5-9، شیب لوله 227
5-10، طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته 228
5-10-1، تعیین فواصل و اندازه لوله‌ها برای سیستم‌های باز و نیمه بسته 229
5-11، طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله بسته 232
5-12، فشار قابل دسترس در ابتدای سیستم 233
5-12-1، افت بار در آبگیر 236
5-12-2، افت بار در جعبه تقسیم 237
5-12-3، افت بار در سیستم درجه 4 237
5-12-4، افت بار از سیستم توزیع آب (سیستم درجه 4) 238
5-12-5، حداکثر عمق آب در سطح قطعه فضای‌سبز در طول مدت آبیاری 238

5-12-6. اختلاف نسبی تراز زمین بین دهانه آبگیر و قطعه فضای‌سبز بحرانی 239
5-13. افت‌های جزئی (موضعی) 239
5-14. طراحی خطوط لوله 242
5-14-1. بهینه‌سازی قطر لوله 242
5-14-2. سیستم‌های حلقوی و شاخه‌ای 244
5-14-3. برآورد اصطکاک لوله 245
5-15. حفاظت در برابر ضربه و ضربه قوچ 249
5-15-1. ضربه 249
5-15-2. ضربه قوچ 250
5-15-3. سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته 251
5-15-4. سیستم‌های لوله بسته 252
5-15-5. توقف ناگهانی پمپ 252
5-15-6. تخلیه ناگهانی هوا 253
5-15-7. بستن ناگهانی شیر 253
5-15-8. روش‌های کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر 253
5-16. روش طراحی سیستم‌های لوله بسته با لوله هوادهی باز 257
5-16-1. برآورد حداکثر فشار موج بعد از بستن ناگهانی شیر 257
5-16-2. مقطع طولی لوله 260
خلاصه 260
آزمون 260
فصل ششم: اصول کلی سیستم‌های آبیاری بارانی در فضای سبز 263
اهداف 264
6-1. دیباچه 265
6-2. انواع سیستم‌های آبیاری بارانی 267
6-2-1. سیستم آبیاری بارانی جابجا شونده 267
6-2-2. سیستم آبیاری بارانی نیمه جابجا شونده 267

6-2-3. سیستم آبیاری نیمه ثابت 268
6-2-4. سیستم آبیاری بارانی ثابت 268
6-2-5. سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک 268
6-2-6. سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت 273
6-2-7. سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک دائم 275
6-2-8. سیستم آبیاری بارانی عقربه ای 276
6-2-9. سیستم آبیاری بارانی متحرک خطی 278
6-2-10. سیستم آبیاری بارانی با دستگاه آب‌پاش ارابه‌ای 281
6-3. اجزاء سیستم‌های آبیاری بارانی 284
6-4. آب‌پاش‌ها و خصوصیات آنها 287
6-4-1. انواع آب‌پاش‌ها 287
6-4-2. دبی آب‌پاش‌ها 290
6-4-3. برد پرتاب در آب‌پاش‌ها 291
6-4-4. الگوی توزیع آب توسط آب‌پاش‌ها 291
6-4-5. شدت پخش آب 294
6-4-6. اندازه قطرات در آب‌پاش‌ها 295
6-4-7. یکنواختی در پخش آب 298
6-5. کفایت پخش آب 305
6-5-1. رابطه بین ضریب یکنواختی توزیع، نفوذ عمقی و کفایت آبیاری 305
6-5-2. ترکیب مناسب یکنواختی و کفایت آبیاری 309
6-6. تبخیر و باد بردگی 310
6-6-1. نموگرام فراست و شوالن 311
6-6-2. راهنمای کلی 315
خلاصه 316
آزمون 317
فصل هفتم: اصول طراحی آبیاری بارانی در فضای سبز 319

اهداف 320
7-1، دیباچه 321
7-2، میزان پخش آب 321
7-3، فاصله آب‌پاش‌ها 327
7-3-1، استقرار متناوب 330
7-3-2، فاصله بین آبیاری‌ها 332
7-4، معیارهای انتخاب آب‌پاش 334
7-5، ظرفیت سیستم 336
خلاصه 338
آزمون 338
فصل هشتم: طراحی و آرایش سیستم‌های آبیاری بارانی 341
اهداف 342
8-1، دیباچه 343
8-2، طراحی سیستم لاترال‌ها 343
8-2-1، مفهوم طراحی لاترال‌ها 343
8-2-2، هیدرولیک لاترال‌ها 345
8-2-3، آرایش لاترال ها 349
8-3، طراحی سیستم لوله اصلی 353
8-3-1، فشار لازم در نقطه اتصال لاترال به لوله اصلی 353
8-3-2، فشار بحرانی مورد لزوم در لوله اصلی 354
خلاصه 357
آزمون 358
فصل نهم: طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در فضای سبز 363
اهداف 364
9-1، دیباچه 365
9-1-1، مزایای آبیاری قطره‌ای 366

2-1-9. معایب 366
2-9. اجزاء سیستم آبیاری قطره‌ای 368
3-9. قطره‌چکان‌ها 370
1-3-9. انواع قطره چکان‌ها 370
2-3-9. هیدرولیک قطره‌چکان‌ها 374
3-3-9. یکنواختی قطره‌چکان‌ها 378
4-9. هیدرولیک لاترال‌ها 382
1-4-9. روابط کلی 383
5-9. فیلترها و سیستم‌های تصفیه آب 385
1-5-9. انواع صافی‌ها 387
2-5-9. تصفیه باکتریایی 390
3-5-9. تصفیه شیمیایی 391
6-9. سیستم‌های تزریق کود 393
1-6-9. تجهیزات تزریق کود 394
خلاصه 396
آزمون 396
فهرست منابع و مراجع 399

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

نمودار 1-1: مراحل اصلی در یک پروژه آبیاری 10
نمودار 1-2: مراحل توسعه زمانی یک سیستم آبیاری 11
نمودار 1-3: مراحل توسعه منطقی یک سیستم آبیاری 11
جدول 1-1: عوامل مؤثر در طراحی اولیه سیستم آبیاری بارانی و موضعی 13
جدول 1-2: عمر مفید و ضریب نگهداری سالیانه در سیستم‌های آبیاری تحت فشار 21
جدول 1-3: نیروی انسانی موردنیاز در سیستم‌های آبیاری تحت فشار 22
شکل 1-1: توزیع رطوبت در خاک اطراف یک کوزه بین دو ردیف گیاه 25
شکل 1-2: چگونگی توزیع رطوبت در اطراف یک‌سری از کوزه‌های سفالی در میان دو ردیف گیاه 25
شکل 1-3- توزیع رطوبت در اطراف لوله‌های متخلخل 29
شکل 1-4:توزیع رطوبت به وسیله لوله‌های متخلخل افقی در میان دو ردیف گیاه 29
شکل 1-5: کاشت ردیف گیاه درست بالای لوله‌های متخلخل 29
شکل 1-6: الگوی توزیع رطوبت اطراف لوله پلاستیکی مشبک در کنار ناحیه ریشه 30
شکل 1-6 الف– یک لوله آبرسان قطره چکان دار با منافذ نزدیک به هم 31
شکل 1-7: نمای شماتیک سیستم آبیاری قطره‌ای 34
شکل 1-8 – الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای میان دو ردیف گیاه نزدیک به هم 35
شکل 1-9 : الگوی توزیع رطوبت در طرفین یک درخت در آبیاری قطره‌ای 37
شکل 1-10 – یک قطره چکان روی خط با یک خروجی 38
شکل 1-11: یک قطره چکان روی خط با چند خروجی 39
شکل 1-12: مقطع قطره چکان داخل خط با قابلیت جریان چرخشی و قطره چکان داخل خط با روزنه کوچک 39
شکل 1-13– چگونگی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای در خاک های شنی، سیلتی و رسی 39
شکل 1-14– چگونگی انتقال رطوبت به خاک توسط حلقه مملو از شن که به عمق چند سانتی متر در خاک کوبیده شده است 40

شکل 1-15: ساخت یک قطره چکان به وسیله سوراخ کردن لوله پلاستیکی و پوشاندن سوراخ با قطعه حلقوی از همان لوله 41
شکل 1-16 - ساخت یک قطره چکان به کمک لوله باریکی که در لوله آبده آبیاری قطره‌ای قرار داده شده است..... 41
شکل 1-17 – توزیع رطوبت در زیر یک ریز افشانه 43
شکل 1-18: توزیع رطوبت در زیر یک بابلر کم فشار 44
شکل 1-19 – تانک اختلاط کود برای تزریق مواد غذائی محلول (کود) به داخل لوله اصلی 47
شکل 1-20 : بالا و پائین بردن سطح آب به منظور آبیاری زیر زمینی، به کمک کنترل سطح آب در نهر های موازی..... 48
شکل 2-1: یک دهانه آبگیر ساده برای واردشدن آب از رودخانه به داخل کانال آبیاری..... 57
شکل 2-2: طرز قرارگرفتن پمپ های سانتریفوژ افقی..... 58
شکل 2-3- پمپ‌های سانتریفوژ عمودی..... 59
شکل 2-4: اجزاء مختلف یک سیستم آبیاری 61
شکل 2-5- منحنی تغییرات نیاز روزانه آبیاری و نیاز روزانه تجمعی.....66
جدول2-1- محاسبه مدول آبیاری برای طراحی سیستم.....68
شکل 2-6- منحنی تعیین کفایت آبیاری..... 77
شکل 2-7- فراوانی تجمعی توزیع آب برای دو سیستم آبیاری که در آنها کفایت آبیاری یکسان می‌باشد. 79
شکل 2-8- فراوانی تجمعی توزیع آب برای دو سیستم آبیاری که در آنها مقدار پخش آب یکسان و کفایت آبیاری متفاوت است..... 80
شکل 3-1: مراحل مختلف الگوی جریان آب روی خاک 96
شکل 3-2- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین در زمان‌های مختلف.....104
جدول 3-1- درصد مقدار تلفات در اثر نفوذ عمقی برای نسبت های مختلف زمان پیشروی (FAR) و مقادیر مختلف α.....108
جدول 3-2- حداکثر مجاز طول جویچه (متر) برای خاک ها، شیب‌ها و مقادیر مختلف آب آبیاری، طول به متر و عمق‌ها به سانتی‌متر می‌باشند. 111

جدول 3-3 شماره منحنی‌های نفوذ و ضرائب پیشروی برای شرایطی که نفوذ بر حسب میلی‌متر، زمان بر حسب دقیقه و طول بر حسب متر توصیف شود.....113
شکل 3-3- نمونه یک نمودار برای طراحی سیستم آبیاری فارو برای شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0/3، نیاز خالص آبیاری i_n=7.5cm، شیب زمین S=0.004m/m ضریب زبری مانینگ n=0.04و فاصله فاروها از یکدیگر 75 سانتی‌متر باشد. 120
شکل 3-4- نمودار طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای برای شرایطی که n = 0.04 می‌باشد. ...121
جدول 3-4- مقایسه اجزاء طرح در روش استاندارد و روش آبیاری کاهشی 123
شکل 3-5- نمودار طراحی فارو به روش کاهشی برای شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0.3، نیاز خالص آبیاری i_n=7.5cm، شیب زمین 0.004 m/m، ضریب زبری مانینگ 0.04 و فاصله بین فاروها w=75 cm باشد.....124
شکل 3-6- منحنی‌های پیشروی آب برای تعیین حداکثر طول فارو.....125
جدول 3-5 – مقادیر پیشنهادی برای سطح کرت به ازاء انواع مختلف خاک‌ها و دبی جریان ...130
جدول 3-6- نسبت T_t به T_n برای راندمان‌های مختلف الگوی توزیع 132
شکل 3-7 منحنی تخمین راندمان آبیاری از روی نسبت T_t / T_n در سیستم آبیاری کرتی 133
شکل 3-8- نمودار طراحی برای استفاده در سیستم آبیاری کرتی در شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0/5، ضریب زبری مانینگ n=0.15 و مقدار خالص نفوذ i_n=100 میلی‌متر باشد. 135
جدول 3-7- استانداردهای پیشنهادی برای طراحی آبیاری به روش نواری در گیاهانی که ریشه سطحی دارند. 137
جدول 3-8- استانداردهای پیشنهادی برای طراحی آبیاری به روش نوارهای شیب‌دار برای گیاهانی که ریشه عمیق دارند. 138
جدول 3-9- زمان تأخیر عقب نشینی جریان آب، T_{rl} (برحسب دقیقه) در نوارهای با شیب کم141
جدول 3-10- شماره منحنی نفوذ و ضرایب زبری برای تخمین مقدار رواناب 145
جدول 3-11 -پارامترهای محاسبه نفوذ تجمعی با روش SCS 147
شکل 4-1- نمونه‌ای از هیدروگراف جریان ورودی و خروجی از یک فارو در آبیاری سطحی 160
شکل 4-2- منحنی‌های پیشروی جبهه آب در آبیاری کرتی 165

شکل 4-3- وسیله موسوم به شیارسنج برای اندازه‌گیری سطح مقطع جریان ورودی به جویچه براساس اندازه‌گیری فاصله کف شیار تا سطح آب و سپس محاسبه مساحت مقطع با روش ذوزنقه 166
جدول 4-1- عمق آب اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) در زمان‌های مختلف در محل هریک از گره‌های سطح یک کرت شبکه‌بندی شده (شکل 4-2)..... 169
جدول 4-2 – عمق نفوذ تجمعی در محل هر یک از نقاط گره‌های شبکه بندی شده سطح کرت با استفاده از معادله تیپ و اصلاح شده نفوذ کاستیاکف 171
شکل 4-4- رابطه بین نیاز آبیاری و مقدار آب داده شده به زمین: (a) آبیاری ناقص، 176
(b) آبیاری کامل و (c) پرآبیاری 176
شکل 4-5- تصویر آبیاری در نوار که در آن پروفیل سطح آب در زمان قطع جریان و زمانی که پسروی از ابتدای نوار شروع می‌شود، نشان داده‌شده‌است..... 179
شکل 4-6- تصویر وضعیت آبیاری در یک کرت 180
جدول 4-3- مقادیر a، b ،c و d در معادله‌های نفوذ برای شماره‌های منحنی مختلف 185
جدول 4-4- مقادیر e، f و g در معادله نفوذ SCS برای استفاده در آبیاری کرتی و نواری 186
جدول 4-5- مقادیر e، f و g در معادله نفوذ SCS برای استفاده در آبیاری جویچه‌ای 186
شکل 4-7- رسم لگاریتمی سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی نسبت به زمان برای یک خاک مشخص از روی عرض از مبدأ و شیب این خط‌ها می‌توان معادله‌های سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی را به دست آورد. 188
شکل 4-8- نمای یک دستگاه نفوذسنج با گردش مجدد آب 191
نمودار 5-2 –جانمایی مقدماتی لوله ها 200
جدول 5-1 - خلاصه داده‌های مربوط به مساحت اراضی و طول لوله برای یک سیستم جانمایی مطلوب 212
شکل 5-1- پروفیل طولی لوله و شیب خط هیدرولیکی 225
جدول 5-2- حداقل سرعت مجاز در لوله ها 227
نمودار 5-3- طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز 230
نمودار 5-4- شیب هیدرولیکی سیستم‌های لوله نیمه بسته 231

نمودار 5-5- طراحی هیدرولیکی سیستم لوله‌های بسته 233
جدول 5-3- محدوده ارتفاع سازه‌های تنظیم فشار ابتدای شبکه.....234
جدول 5-4- افت بار در شیرهای آلفا(برحسب عمق آب به میلی‌متر).....236
جدول5-5-ضرایب افت اصطکاک.....240
جدول5-6- ضرایب افت اصطکاک برای سیستم لوله‌های مدفون.....241
جدول 5-7 - مقدار زبری سطح لوله‌ها.....246
شکل 5-2- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله‌ها.....246
شکل 5-3- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله‌ها.....247
شکل 5-4- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله‌ها.....248
نمودار 5-6- مقابله با ضربه قوچ برای سیستم‌های لوله‌ای بسته با تخلیه کننده هوا به صورت باز 251
شکل 5-5- تجهیزات برای جلوگیری از بستن سریع شیر 255
جدول 5-8- سرعت‌های موج فشار در لوله با مواد مختلف.....258
شکل 6-1- اجزاء یک سیستم آبیاری بارانی مرکب از پمپ، لوله اصلی و لوله‌های فرعی که روی آنها تعدادی آب‌پاش نصب شده است. 266
شکل 6-2 سیستم آبیاری متحرک دستی (کلاسیک) که بیشتر مناسب کشته‌ای ردیفی و چمنکاری‌های محدود است. 270
شکل 6-3- اجزاء تشکیل‌دهنده سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک کششی. الف) طریقه جابه جایی لوله فرعی در یک قطعه فضای‌سبز و موقعیت‌های استقرار لوله در زمان آبیاری، ب) صفحات اسکی شکل و چرخ‌های روی لوله فرعی برای ساده کردن عمل کشش 271
شکل 6-4 – اجزاء اصلی یک سیستم آبیاری بارانی با لوله چرخ‌دار شامل لوله فرعی، چرخ‌ها و آب‌پاش‌ها 272
شکل 6-5- سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت که در آن قطعه (بلوک) به صورت مجزا کنترل می‌شود. 275
شکل 6-6- سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت که در آن هریک از لوله‌های فرعی دارای شیر قطع و وصل بوده و به صورت جداگانه کنترل می‌شود. 276

شکل 6-7- مدیریت های مختلف در آبیاری با دستگاه متحرک خطی 280
شکل 6-8- ماشین آبیاری بارانی ارابه‌ای – نوع شیلنگ کش.....282
شکل 6-9- نحوه استقرار ماشین آبیاری بارانی ارابه‌ای نوع شیلنگ کش دریک قطعه فضای‌سبز 282
شکل 6-10- ماشین آب‌پاش ارابه‌ای – نوع شیلنگ پیچ.....283
شکل 6-11 - نمونه یک سیستم آبیاری ارابه‌ای – نوع شیلنگ پیچ 284
شکل 6-12- توصیف تصویری اجزاء اصلی سیستم‌های آبیاری بارانی 287
شکل 6-13 – اثر فشار آب بر الگوی پخش آب توسط آب‌پاش. فرض شده است که آب‌پاش در نقطه 0 قرارگرفته و فاصله های اطراف آب‌پاش بر حسب متر باشد. محور عمودی نشان‌دهنده عمق پخش آب است.....293
شکل6-14- جزء مؤثر آب خارج شده از آب پاش‌های آبیاری بارانی (R_e) که در شرایط مختلف به سطح زمین می‌رسند. 298
شکل 6-15- الگوی توزیع آب در اثر هم‌پوشانی آب‌پاش‌های دو لوله فرعی مجاور هم.....299
شکل 6-16- الگوی توزیع آب در اثر هم‌پوشانی آب‌پاش‌هایی که روی یک لوله فرعی قرار دارند. نقاط 0 موقعیت استقرار آب‌پاش‌ها است. 300
شکل 6-17- توزیع آب در اطراف آب پاش در وضعیتی که سرعت باد کم باشد. آب پاش در نقطه 0 قرارگرفته است.....301
شکل 6-18- الگوی توزیع آب در اطراف آب پاش در وضعیتی که سرعت باد شدید باشد. آب پاش در نقطه 0 قرارگرفته است.....301
شکل 6-19- ترتیب قرارگرفتن قوطی‌های جمع‌آوری آب برای اندازه‌گیری ضریب یکنواختی توزیع آب در آب‌پاش‌ها 303
شکل 6-20- ترتیب قرارگرفتن قوطی‌های جمع‌آوری آب برای تعیین ضریب یکنواختی در شرایطی که لاترال‌ها هم‌پوشانی نداشته باشند. 304
شکل 6-21- توزیع آب بر مبنای 50 درصد کفایت آبیاری با عمق متوسط آبیاری یک سانتی‌متر 306

شکل 6-22- توزیع آب بر مبنای سطح کفایت 50 درصد و سه ضریب یکنواختی 70، 80 و 90 درصد با عمق آبیاری یک سانتی‌متر 307
شکل 6-23- رابطه بین جزء مساحتی که به قدر کفایت آبیاری می‌شود با آب ذخیره شده در منطقه ریشه‌ها (A)، نفوذ عمقی (B) و مقدار کمبود آبیاری (C). این رابطه برای ضریب یکنواختی 84 درصد، کفایت آبیاری 95 درصد و نیاز خالص آبیاری 2 سانتی متر رسم شده است. 308
جدول 6-1- عملکرد آب‌پاش‌ها براساس توزیع نرمال 309
شکل 6-24 – نموگراف فراست و شوالن برای تعیین تلفات تبخیر و باد از آب‌پاش‌ها 313
جدول 6-2- انواع آب‌پاش‌ها و خصوصیات عملکرد آنها 315
جدول 6-3- ترکیب راندمان‌های الگوی توزیع و کاربردی آب در سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی 316
جدول 7-1- مقادیر توصیه شده برای حداقل دبی خروجی از آب‌پاش‌ها 322
جدول 7-2- حداکثر مقادیر پیشنهاد شده برای میزان پخش آب از آب‌پاش‌ها در انواع شیب‌ها و خاک‌های مختلف 323
جدول 7-3- نمونه مشخصات آب‌پاش‌ها که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود. 325
جدول 7-4- مقادیر توصیه شده فاصله نازل‌ها روی لاترال (S_1) وفاصله لاترال‌ها روی لوله اصلی (S_m) نسبت به قطر دایره خیس شده (D_w). قطر دایرهٔخیس شده برای حالتی است که باد وجود نداشته باشد. 328
شکل 7-1- تغییرات ضریب یکنواختی با سرعت باد، فاصله و فشار آب در یک آب‌پاش با دو نازل 328
شکل 7-2- آرایش مثلثی در آب‌پاش‌ها 329
شکل 7-4- آرایش مستطیلی در آب‌پاش‌ها 330
شکل 7-5- نمودار نشان‌دهنده استقرار متناوب (off-set) در نوبت‌های مختلف آبیاری 332
جدول 7-5- حداکثر عمق ریشه برای طراحی آبیاری بارانی در برخی از گیاهان زراعی و باغی .334
جدول 7-6- فشارهای توصیه شده برای آب‌پاش‌های مختلف 336
جدول 7-7- قطر دایره خیس شده در نازل‌های معمولی 336

جدول 7-8- دبی خروجی از نازل‌های معمولی.....336
جدول 7-9- مقدار ناخالص پخش آب در آب‌پاش‌ها با دبی‌ها و فواصل مختلف.....336
جدول 8-1- ضریب اصطکاک F برای محاسبه تلفات واقعی اصطکاک در لوله لاترال برای وضعیتی که اولین آب‌پاش در فاصله $S_1/2$ از لوله اصلی واقع است. 348
جدول 8-2- ضریب اصطکاک F برای محاسبه تلفات واقعی اصطکاک در لوله لاترال، اولین آب پاش در فاصله S_1 از لوله اصلی قرار دارد.....348
شکل 8-1- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که شیب زمین ملایم و یکنواخت است و منبع آب در وسط زمین قرارگرفته باشد، مسیر حرکت لاترال‌ها با علامت پیکان مشخص شده است.....350
شکل 8-2- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که شیب زمین ملایم و یکنواخت است و منبع آب در اضلاع زمین قرارگرفته باشد، مسیر حرکت لاترال‌ها با علامت پیکان مشخص شده است.....350
شکل 8-3- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که لوله اصلی در یکی از حاشیه‌های زمین قرار گرفته باشد، در اینجا لاترال‌ها در جهت شیب زمین می‌باشند تا افت فشار در آنها در اثر شیب خنثی شود. .351
شکل 8-4- آرایش لوله‌های در حالتی که لوله اصلی در حاشیه‌های بالایی زمین قرار گرفته و لاترال‌ها در جهت شیب زمین حرکت می‌کنند تا افت اصطکاک در اثر اختلاف ارتفاع برطرف شود، شکل زمین باعث می‌شود که یک پمپ فشار (بوستر) در نیمه راه لوله اصلی قرارگیرد. 351
شکل 8-5- آرایش لوله‌ها در یک زمین ناهموار که لوله‌های اصلی روی پشته‌های زمین و در مرکز آن قرار دارد و لاترال‌ها در جهت رو به پایین شیب حرکت می‌کنند.....352
شکل 8-6- آرایش لوله‌ها در زمین ناهموار که در آن به اجبار مقدار زیادی لوله اصلی در اطرف زمین قرارگرفته است تا لاترال‌ها بتوانند در جهت رو به پایین شیب حرکت کنند. 352
جدول 8-3- حداقل ارتفاع مجاز برای رایزرها 354
شکل 9-1 – اجزاء مختلف سیستم آبیاری قطره‌ای.....369
جدول 9-1 – تخمین کلی نیازهای سیستم آبیاری قطره‌ای برای گیاهان مختلف 369
شکل 9-2 – انواع مدل‌های قطره‌چکان نقطه‌ای و خطی.....371
شکل 9-3 (الف)- مقطع قطره چکان تک روزنه‌ای از نوع لانگ پت که در داخل یک لوله لاترال کار گذاشته شده است. (ب) مقطع قطره‌چکان چندروزنه‌ای از نوع لانگ پت که در داخل یک لوله لاترال کار گذاشته شده است.....372

شکل 9-4 (الف) – مقطع یک قطره‌چکان روزنه‌ای نصب شده روی لوله لاترال.....372
شکل 9-4 (ب)- مقطع قطره‌چکان نوع روزنه مارپیچی نصب شده روی لوله لاترال 372
شکل 9-5 – مقطع یک قطره‌چکان نوع تنظیم کننده فشار 373
شکل 9-6 – تصویر یک لوله دو محفظه‌ای 373
شکل9-7– کاربرد قطره‌چکان‌ها نوع نقطه‌ای و خطی در انواع مختلف گیاهان و کشت‌ها.....374
جدول 9-2 مقادیر زبری مطلق برای لوله و اتصالات مختلف.....378
جدول 9-3- ضریب تغییرات و نمای مورد استفاده در رابطه محاسبه دبی قطره چکان برای انواع قطره‌چکان‌ها 380
جدول 9-4- طبقه‌بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس ضریب تغییرات ساخت که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود. 380
جدول 9-5- استانداردهای طراحی در مورد ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌ها در مناطق خشک .380
شکل 9-8- رابطه میزان دبی و فشار در انواع قطره‌چکان‌ها. 382
جدول 9-6- ترکیبات فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی که در مسدود شدن قطره‌چکان‌ها مؤثر است. 386
جدول 9-7- معیارهای کیفی آب از نظر استفاده در آبیاری قطره‌ای.....387
شکل 9-9- انواع مختلف صافی‌های توری، شنی و سانتریفوژی 387
جدول9-8- طبقه‌بندی صافی‌ها و اندازه ذرات 388
جدول 9-9- مواد کلره تجارتی و مقادیر مورد نیاز برای آنکه غلظت 1233 مترمکعب آب را به غلظت 1 میلی‌گرم در لیتر برساند. 390
جدول 9-10- خطر خوردگی فلزات توسط کودهای مختلف 394
شکل 9-10- تصویر یک دستگاه تزریق کود که براساس تفاضل فشار کار می‌کند 395

مقدمه

میزان آب دریافتی سرانه (یک نفر) درسال، مطابق گزارش سازمان ملـل در سـال 1995، در ایران 1700 متر مکعب و میزان آب مصرفی یک نفردر سال 1200 متر مکعـب بـوده اسـت. مصرف آب در بخش‌های کشاورزی (بیشترین مصرف وحـدود 70%) در بخـش صـنعت و در بخش خانگی (کم‌ترین مصرف وحدود 10%) می‌باشد (اصـلی‌تـرین منبـع تـامین آب ایـران، نزولات آسمانی می‌باشد). یکنواخت نبودن توزیع (از نظرزمانی ومکانی) باعث کمبـود آب در ایران است و همچنین نداشتن منابع مختلف آبی کافی دلیل دیگر آن محسوب می‌گردد. در ادامه گزارش فوق‌الذکر آمده است که در سال 2025 مقدار مصرف سـرانه در ایـران 1200 و مقدار آب دریافتی نیز 1200 متر مکعب مـی‌باشـد (بـه دلیـل بـالا رفـتن فرهنـگ مـردم و همچنین افزایش جمعیت). در همین گـزارش پـیش‌بینـی شـده اسـت کـه در سـال 2050 میلادی مقدار آب دریافتی 700 و مقدار مصرف سرانه 1200 مترمکعب می‌باشد. از آن سال به بعد قطعاً هر سال مشکل کم‌آبی در کشور تبدیل بـه معضـلی حـاد خواهـد شـد. در ایـن مجموعه آموزشی با فرض آشـنایی کارشناسـان گرامـی بـا اصـول و مبـانی مـطالعات پایـه آبیـاری، با تمـرکز بر طراحی سیستم‌های آبیاری فضای‌سبز، سعی بر آن شـده اسـت کـه در طی فصول جداگانه اصول و ضوابط طراحی این سیستم ها شرح داده شوند ولـی قبـل از آن به اختصار و به بیانی ساده به بیان برخی تعاریف پرداخته می‌شود.

در قدیم آبیاری را چنین تعریف می‌کردند : رساندن آب کافی به خاک به منظـور تـامین رطوبت مورد نیاز گیاه. یعنی خاک واسطه‌ای بین آب وگیاه است. در این میان نقـش خـاک همانند یک ظرف برای رساندن آب به گیاه عمل می‌کند و عدم وجود خاک یعنـی رسـاندن دایم آب به گیاه. خاک نیاز دایمی گیاه به آب را به نیاز دوره‌ای تبدیل می‌کند.

اهداف آبیاری

1 - تامین رطوبت مورد نیاز برای رشد گیاه

2 - تامین ذخیره رطوبتی خاک در دوره‌های خشک

3 - خنک کردن خاک و محیط اطراف گیاه و ایجاد شرایطی مناسب برای رشد بهتر گیاه

4 - کاهش خطر یخبندان

5 - به تأخیر انداختن تشکیل گل در بعضی از گیاهان

6 - نرم کردن کلوخه‌های خاک پس از شخم

7 - رقیق کردن غلظت املاح در اطراف ریشه

8 - کنترل افات ودادن کود و سموم همراه با آب آبیاری

9 - شستشوی خاک وخارج کردن نمک‌های اضافی

یک شبکه آبیاری به مجموعه‌ای از بخش‌های مختلف گفته می‌شود که این مجموعه آب را تا دراختیار قرار گرفتن گیاه هدایت نماید. یک شبکه آبیاری ممکن است از پنج قسمت تشکیل شده باشد :

- منبع آب
- تأسیسات انحراف آب
- مخازن ذخیره موقت آب
- تأسیسات انتقال آب
- روش‌های توزیع آب در فضای سبز

1) منبع آب

حیاتی‌ترین بخش یک شبکه آبیاری می‌باشد و الباقی قسمت‌های شبکه تابع این قسمت است. رودخانه، چاه، چشمه، قنات، برکه، دریاچه آب شیرین و. . . به عنوان منابع آب محسوب می‌شوند. شرایط منبع آب برای استفاده از منبع در آبیاری فضای سبز عبارتند از :

الف) کیفیت آب

ب) گنجایش منبع

ج) تداوم جریان آب در منبع

د) فاصله منبع آب تا فضای سبز

2) تأسیسات انحراف آب : به سازه‌هایی گفته می‌شود که این سازه‌ها آب را درجهت فضای سبز هدایت می‌کند. این سازه‌ها شامل انواع سدها، ایستگاه‌های پمپاژ و کانال‌های انحرافی و... می‌باشد.

3) مخازن ذخیره موقت آب : این مخازن سازه‌هایی هستند که برای نگه داشتن آب در زمان‌هایی که منبع آب به دلایلی جواب‌گوی سیستم نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مخازن بیشتر در شبکه‌های آبیاری کوچک استفاده می‌گردد.

4) تأسیسات انتقال آب : به سازه‌هایی گفته می‌شود که برای انتقال آب و تنظیم جریان آب در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین بخش‌های تأسیسات انتقال آب، مجاری انتقال آب است که شامل مجاری بسته (لوله ها) و مجاری باز (کانال‌ها) می‌شوند. این مجاری دارای شکل‌های مختلفی هستند.

روش‌های توزیع آب در فضای سبز : روش‌های توزیع آب در فضای سبز به روش‌هایی گفته می‌شود که آب را در سطح فضای سبز در اختیار گیاه قرار می‌دهد، این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند :

- روش‌های آبیاری سطحی
- روش‌های آبیاری تحت فشار

1- روش‌های آبیاری سطحی : به روش‌هایی گفته می‌شود که آب را تحت اثر نیروی ثقل (جاذبه) روی سطح زمین در فضای سبز پخش می‌کنند. به این روش‌های آبیاری، روش‌های ثقلی هم گفته می‌شود.

انواع روش‌های آبیاری سطحی عبارتند از : آبیاری نواری[1]، آبیاری شیاری[2]، آبیاری کرتی[3]، نهرچه روی خط تراز[4]، مرزبندی خطوط تراز[5] و آبیاری سیلابی[6].

رایج‌ترین روش‌های آبیاری سطحی در فضای سبز روش‌های زیر هستند :

الف) کرتی (حوضچه‌ای یا غرقابی) : این روش برای گیاهانی مناسب است که به صورت متراکم کاشته می‌شوند. همچنین این روش آبیاری برای گیاهانی مناسب است که نسبت به حالت غرقابی حساسیتی ندارند. روش آبیاری کرتی برای خاک‌های سنگین مناسب‌تر است. این روش آبیاری باعث سله بستن خاک می‌گردد. در این روش از آنجا که آب با سرعت ملایم وارد زمین می‌گردد و چون زمین کرت‌بندی شده فاقد شیب ویا دارای شیب اندک است، لذا سطح زمین به طور یکنواخت آبگیری نمی‌شود. دراین روش تمام سطح زمین آبیاری می‌گردد.

ب) آبیاری نواری (کرت شیب‌دار) : این نوارها دارای عرضی به مراتب کمتر از طول آن است و در جهت طول نوار، شیب‌دار می‌باشد و مناسب‌تر است که در جهت عرضی هیچ شیبی نداشته باشد. جهت استفاده از این روش، اطراف قطعه فضای سبز را مرزبندی می‌کنند. وظیفه مرز فقط تفکیک قطعات است و از ارتفاع کمتری نسبت به پشته برخوردار می‌باشد. آب تأمین شده برای زمین، از یک ضلع (عرض بالا) وارد نوار شده و با توجه به شیب طولی زمین، جبهه پیش روی آب منظم خواهد بود. انتهای این نوارها باز است تا آب مازاد از آن

1. Border irrigation
2. Furrow irrigation
3. Basin irrigation irrigation
4. Contour Dith irrigation
5. Contour Level irrigation
6 . Flooding irrigation

خارج گردد. عرض نوارها مضربی از عرض ادوات و ماشین‌آلات مورد استفاده در فضای سبز می‌باشد. روش آبیاری نواری برای اکثر خاک‌های سبک و سنگین قابل استفاده است و برای گیاهانی مناسب‌تر است که نسبت به حالت غرقابی حساسیت متوسط دارند. دراین روش تمام سطح زمین آبیاری می‌گردد.

ج) آبیاری جویچه‌ایی (نشتی، جوی و پشته، شیاری، فارو): این روش مدرن‌ترین روش آبیاری سطحی می‌باشد و جریان آب را می‌توان کنترل نمود، زیرا آب فقط درون جوی‌ها جاری می‌گردند. در این روش آبیاری کل زمین را به جوی و پشته تبدیل می‌کنند که معمولاً آب داخل جوی‌ها حرکت می‌کند وگیاه نیز از بالاترین حد داغ آب تا روی پشته کشت می‌گردد. این روش آبیاری برای گیاهانی استفاده می‌گردد که نسبت به رطوبت حساسیت دارند. به طور کلی این روش برای گیاهانی است که به صورت مکانیزه کشت می‌گردند.

گیاه نسبت به دو عامل رطوبت و نمک واکنش نشان می‌دهد، با توجه به حساست گیاه باید تصمیم‌گیری شود که گیاه را روی پشته کشت نمایند و یا در محل داغ آب، توجه بیشترین نمک حاصل از آبیاری تا قبل از سبز شدن و سایه‌اندازی گیاه، روی بالاترین نقطه پشته قرار دارند. پس از آنکه گیاه سبز شد و سایه انداز گردید، می‌توان جای جوی و پشته را عوض نمود. فاصله بین پشته‌ها به نوع گیاه و به بافت خاک بستگی دارد. درخاک‌های سبک، جوی‌ها کم‌عرض و عمیق و در خاک‌های سنگین، جوی‌ها دارای عمق کم و عریض می‌باشند. طول این جوی‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله بافت خاک (هر چه سبک‌تر باشد، طول جوی کمتر است)، شیب زمین و ابعاد فضای سبز.

مزایا ومعایب آبیاری سطحی

- **مزایا**

1) دانش کم، جهت بهره‌برداری از سیستم
2) روش‌های آبیاری سطحی دارای سیستم تنظیم وکنترل آب ساده و با دوام هستند.
3) هزینه اجرای روش‌های آبیاری سطحی، کمتر از روش‌های آبیاری تحت فشار است.
4) در جاهایی که منبع آب از فضای سبز فاصله دارد و سطح آب در منبع در نوسان باشد، کار برای آبیاری سطحی بهتر انجام می‌شود. در آبیاری سطحی، تنظیم و میزان آب‌دهی به گیاه در فضای سبز انجام می‌شود ولی در آبیاری تحت‌فشار، این تنظیم در منبع انجام می‌شود.
5) روش‌های آبیاری سطحی کمتر تحت تاثیر شرایط اقلیمی وکیفیت آب قرار دارند.

- **معایب** :

1) علی‌رغم سادگی روش‌های آبیاری سطحی، کاربرد از این روش نیاز به تجربه دارد.
2) نیاز به نیروی کارگری زیادی دارد.
3) مشکل در دادن آب به میزان کم در ابتدا و انتهای دوره رشد گیاه.
4) راندمان روش‌های آبیاری سطحی پایین است

راندمان در آبیاری سطحی بین 30 تا 80%، درآبیاری بارانی بین 60 تا 75% ودر آبیاری قطره‌ای بین 80 تا 90% می‌باشد.

علت پایین آمدن راندمان در آبیاری سطحی تا 30%، نفوذ آب به درون زمین و خروج آب در انتهای محدوده کشت است. گیاه قادر به استفاده از تمامی آب‌هایی که به داخل زمین نفوذ می‌کنند، نیست و فقط از آب موجود در محدوده ریشه استفاده می‌کند. الباقی آب نفوذ کرده در زمین که مورد استفاده گیاه قرار نخواهندگرفت، آب تلف شده خواهد بود.

به این تلفات، تلفات عمقی گویند. کم کردن تلفات‌های سطحی و عمقی باعث افزایش راندمان خواهد شد.

2) روش‌های آبیاری تحت فشار : به روش‌هایی گفته می‌شود که آب را با فشار بیشتر از یک اتمسفر، از طریق یک شبکه انتقال در فضای سبز توزیع می‌کنند. روش‌های آبیاری تحت فشار به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف) روش‌های آبیاری بارانی : روش‌های آبیاری بارانی به روش‌هایی گفته می‌شود که آب را با فشار بیشتر از یک اتمسفر، از طریق یک شبکه انتقال و با استفاده از آب‌پاش‌ها در اطراف گیاه پخش می‌کنند.

قسمت‌های مختلف یک سیستم آبیاری بارانی عبارتند از سیستم پمپاژ، لوله اصلی، لوله جانبی و آب‌پاش‌ها.

روش‌های آبیاری بارانی انواع مختلفی دارد و در جاهایی که وزش بادها شدید باشد، کارایی خوبی ندارند. همچنین درشرایط گرم وخشک نیز تلفات آب زیاد خواهد بود.

- **مزایا**

1) توپوگرافی مشکلی برای آن ایجاد نمی‌کند

2) نیاز به تسطیح زمین ندارد

3) امکان آبیاری قطعات دارای شیب زیاد را دارد

4) بافت خاک محدودیتی برای آن به‌وجود نمی‌آورد

5) برای منابع آب محدود مناسب است

6) امکان آبیاری تکمیلی برای گیاهان خاص وجود دارد.

ب) روش‌های آبیاری قطره‌ای (موضعی) : روش‌های آبیاری قطره‌ای (موضعی) مشابه روش آبیاری بارانی است، با این تفاوت که به جای آب‌پاش از قطره‌چکان و برای هر درختی

معمولاً از تعدادی قطره‌چکان استفاده می‌شود. میزان آب‌دهی هرقطره‌چکان بین 2 تا 4 لیتر درساعت است. قسمت‌های مختلف آن همانند سیستم آبیاری می‌باشد، با این تفاوت که بعد از سیستم پمپاژ، یک بخش فیلتراسیون دارد که معمولاً دو بخش می‌باشد. بخش اول این فیلتر، ذرات درشت دانه و بخش دیگر آن، ذرات ریز دانه را از آب آبیاری جدا می‌کند. یکی از محدودیت‌های آبیاری قطره‌ای خطر گرفتگی قطره‌چکان ناشی از مواد معلق موجود درآب است. این آبیاری برای گیاهانی استفاده می‌شوند که دایمی باشند.

به غیر از روش آبیاری قطره‌ای، روش دیگری هم در سال‌های اخیر با نام سیستم آبیاری تراوا مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، آبیاری به‌صورت آبیاری زیرسطحی صورت می‌گیرد و آب از طریق لوله‌هایی به ریشه گیاه می‌رسد. جنس این لوله ها لاستیکی بوده (لاستیکی اسفنجی) و قطر آنها حدود 2 سانتی‌متر است. آب موجود در این لوله‌ها از دیواره لوله تراوش کرده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

از محدودیت‌های این روش، حمله ریشه گیاهان به سمت لوله و سوراخ کردن لوله توسط ریشه است. درحال حاضر از این روش برای شیلات و جهت هوا رساندن به استخرهای پرورش ماهی مورد استفاده می‌شود.

در ادامه به تشریح روند طراحی سیستم‌های آبیاری ثقلی و تحت فشار در فضای سبز پرداخته می‌شود.

فصل اول

ارزیابی موقعیت، انتخاب روش و کیفیت آبیاری فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

1. معیارهای انتخاب سیستم های آبیاری
2. فرایند شکل‌گیری یک سیستم آبیاری
3. روش‌های گوناگون آبیاری فضای سبز و اجزاء هر یک از آنها

1-1. دیباچه

به طور کلی هدف از توسعه آبیاری مدرن باید استفاده بهینه از آب همراه با زمین، منابع انسانی و نیز دیگر موارد ضروری (انرژی، ماشین‌آلات، کنترل علف‌های هرز و کودها)، به منظور رسیدن به فضای سبز مطلوب و پایداری آن باشد. انتخاب یک تکنولوژی مناسب آبیاری، می‌بایست دربرگیرنده ترکیبی از شرایط فیزیکی و اجتماعی – اقتصادی بوده که این موارد، گاه پیچیده و گاهی نیز مغایر می باشد. در مواردی که کمبود آب حاد است، باید حداکثر کوشش در جهت افزایش راندمان مصرف آب به عمل‌آید. در مواردی که محدودیت سرمایه وجود دارد؛ کوشش اصلی باید در جهت انتخاب یک روش آبیاری با حداقل وابستگی به سرمایه‌گذاری و یا تجهیزات گران‌قیمت متمرکز شود. در سایر موارد عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری ممکن است نیاز به انرژی، دردست بودن نیروی کار و یا هزینه‌های نگهداری باشد.

از آنجایی که ملاحظات اقتصادی همراه با شرایط فیزیکی و الگوهای کشت گیاهان در فضای سبز برای هر منطقه متفاوت می‌باشد؛ یک سیستم آبیاری کاملاً مناسب برای یک کشور یا ناحیه ممکن است در جای دیگر مناسب نباشد. به خصوص، این اشتباه است که فرض شود سیستم مدرنی که در یک منطقه صنعتی و پیشرفته از نظر فنی و اقتصادی دارای عملکرد مطلوب است، در منطقه‌ای با صنعت توسعه نیافته و شرایط اقتصادی ضعیف نیز دارای عملکرد مطلوب خواهد بود.

در بخش‌های زیر گزینه‌های متفاوت با توجه به امکان عملی بودنشان مورد تشریح و مقایسه قرار می‌گیرد. به طور کلی عامل‌های فیزیکی مؤثر در انتخاب سیستم‌های مورد بحث شامل خاک، گیاه، آب و هوا، توپوگرافی، کیفیت آب و در دسترس‌بودن‌آن، زهکشی، اندازه قطعه فضای سبز و اجرای سیستم می باشد. عامل‌های انسانی نیز شامل نیروی کار،

مدیریت و مهارت فنی است. عامل‌های اقتصادی شامل هزینه‌های نیروی کار، سرمایه و انرژی در رابطه با چگونگی بازگشت آن می‌باشد. بدیهی است که نمی‌توان تمام عامل‌های یاد شده را در هر مورد به صورت کمّی سنجید و لذا در اغلب موارد، اتخاذ تصمیم و انتخاب سیستم براساس ترجیحات معقول (و نه تحلیل) صورت می‌گیرد.

2-1. پنج شیوه به کار بردن آب در فضای سبز[1]

به طور کلی و خلاصه‌وار پنج روش کلی برای آبیاری فضای سبز در کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد که با مطالعه دقیق محیط و میزان سازگاری هر یک از این روش‌ها با وضع موجود و نیز نحوه توسعه آتی فضای سبز یکی از این روش‌ها که به لحاظ اقتصادی (هزینه اولیه و جاری) مناسب است، برای آبیاری فضای سبز انتخاب می‌شود. این روش‌ها عبارتند از :

1-2-1. آبیاری سطحی : آب در سطح به جریان افتاده و یا نگهداری می‌شود و خاک را تا عمق معینی اشباع می‌نماید.

2-2-1. آبیاری بارانی: آب را در هوا پخش کرده و همانند بارش باران بر روی گیاهان و خاک می‌ریزد.

---

1. ر.ک :

- احسانی، مهرزاد و همکاران، مقدمه‌ای بر *آب مجازی*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش 134، تهران، 1387

- سازمان برنامه و بودجه، «ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : منابع آب و خاک و نحوهٔ بهره‌برداری در گذشته و حال»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش103، تهران، 1373

- کریمیان سردشتی، نادر، *دانشنامه فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی جلد اول و دوم*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، 1382

- کریمیان سردشتی، نادر، *فرهنگ آب و آبیاری سنتی*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش29، تهران، 1378

3-2-1. آبیاری قطره‌ای : آب بر روی بخشی از سطح زمین چکانده می‌شود تا اینکه به منطقه رشد ریشه نفوذ کند.

4-2-1. آبیاری زیرسطحی : مستقیماً آب با استفاده از مواد متخلخل به منطقه ریشه وارد می‌شود.

5-2-1. آبیاری زیرزمینی : سطح ایستابی آب بالا آورده می شود. (در جایی که آب زیرزمینی کم عمق و یا قابل کنترل باشد) تا اینکه ناحیه ریشه توسط عمل مویینگی خیس شود.

3-1. انتخاب سیستم آبیاری برای فضای سبز

روی هم رفته چیزی به نام «بهترین سیستم» برای گیاهان، خاک‌ها و فضاهای سبز با اندازه‌های مختلف وجود ندارد. بنابراین هدف نباید انتخاب «بهترین سیستم» باشد، بلکه همواره ممکن است یک گروه خاص از گزینه‌ها برای شرایط، امکانات و موقعیت‌های مختلف، مناسب تلقی گردد. جستجو برای انتخاب روش‌های مناسب آبیاری، محدود به سطح دانش موجود بوده و از طریق آزمون و خطا و تجربه محلی امکان‌پذیر می باشد. اولین معیار برای انتخاب و وفق دادن یک روش و یا روش جدید آبیاری با نیازهای ویژه و شرایط و مقتضیات سیستم بهره‌بردار، کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای در ارتباط با نصب این سیستم‌ها می‌باشد.

امروزه در فضای سبز مدرن، سیستم‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که از طریق جانشین ساختن نیروی مکانیکی و خودکارکردن، نیاز به نیروی انسانی به حداقل برسد و به این ترتیب در هزینه‌های جاری سیستم نگهداری صرفه‌جویی شود. هرچند در حال حاضر با توجه به هزینه اولیه زیاد طراحی و اجرای سیستم‌های خودکار، مدیریت فضای سبز هزینه زیاد جاری را متحمل شده و از استفاده از سیستم‌های خودکار پرهیز می‌کند.

طیف وسیعی از گزینه‌ها برای انتخاب روش‌های آبیاری مناسب وجود دارد. این سیستم‌ها شامل سیستم‌های انتقال، توزیع و کاربرد آب بوده که می‌توانند کاملاً به صورت محلی اجرا شوند، به‌طوری‌که حتی کارگران بدون تخصص نیز بتوانند با آنها هماهنگ‌شده و بدون ایراد خسارت به سیستم و فضای سبز از آن استفاده کنند. علاوه بر این اجزاء این سیستم ها تماماً از همان منطقه قابل تهیه خواهد بود.

در سطح متوسط، این سیستم ها ترجیحاً باید به نوعی باشند که بتوانند توسط کارگاه‌ها و یا کارخانجات داخل کشور و یا منطقه ساخته شوند. در این سیستم ها کارگران نیمه ماهر قادر به استفاده از سیستم هستند.

استفاده از سیستم پیچیده و مجهز تنها در شرایط خاص که فضای سبز با ارزش و یا گیاهان با ارزش خاص، مد نظر باشد، امکان توجیه‌پذیری خواهد داشت. در سیستم‌های پیچیده تنها کارشناسان و کارگران ماهر و تخصصی قادر به فعالیت هستند.

در هیچ مورد، پذیرش کورکورانه تکنولوژی معرفی شده از سایر نمونه‌های اجرا شده نمی‌تواند قابل قبول باشد و همواره استفاده از تجربیات و آزمون و خطای محلی (مبتنی‌براصول) لازم خواهد بود. همان‌گونه که سیستم‌ها باید با تمرین و ممارست جهت تطابق با مقتضیات و سلیقه‌های استفاده کنندگان اصلاح شوند، تجربه محلی نیز به تدریج ظاهر شده و برای تخصصی شدن نیاز به زمان می‌باشد.

هیچ راه میانه‌ای برای مراحل پذیرش تطابق وجود ندارد و این امر نباید با عجله و شتاب انجام گیرد و هیچ‌گاه نباید از بالا تحمیل شود؛ بلکه همواره باید از طریق محرک‌های مثبت تغذیه گردد.

مدیریت میانی فضای سبز می‌توانند اطلاعات و راهنمایی‌های لازم را برای عوامل بهره‌برداری و نگهداری فراهم نمایند. چنین تکنولوژی‌هایی صرفاً درصورتی قابل قبول است که راندمان مناسب را به وجود آورده و نتایج آن به وضوح هزینه‌ها را برای مسئولان شهری

توجیه نماید. از آنجایی که منافع حاصله در هر مورد به شرایط اجتماعی و فضای شهری و عوامل محلی دیگر بستگی دارد، لذا پیش‌بینی آن از قبل و از بیرون از محیط میسر نخواهد بود.

1-3-1. معیارهای اساسی برای انتخاب و طراحی یک سیستم آبیاری[1]

یک سیستم آبیاری باید هدف بهره‌وری را دنبال کند که این امر نیز از طریق بهینه‌سازی سرمایه و هزینه‌های جاری حاصل می‌گردد.

برای انتخاب و طراحی سیستم یک سری پارامترها را باید مدنظر قرار داد. این پارامترهای محیطی را نمی‌توان تغییر داد و باید آنها را به‌عنوان داده‌های طراحی محسوب کرد. مهم‌ترین پارامترهای محیطی عبارتند از:

- شرایط اقلیمی
- شرایط خاک‌شناسی
- ساختار مدیریت و نگهداری فضای سبز
- شرایط اقتصادی – اجتماعی حاکم بر فضای سبز
- نوع و وضعیت منبع آب

اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع مورد نیاز است. بارندگی برای برآورد مقدار آبی که ممکن است صرف‌نظر از آبیاری توسط گیاه مصرف شود، قابل اهمیت است.

---

2. ر.ک :

- سیاهی، محمدکاظم و همکاران، *تدارک برای انجام پروژه های کوچک آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش35، تهران،1378
- سپاس خواه، علیرضا و همکاران، *اصول و کاربرد کم آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش100، تهران، 1384

اطلاعات مربوط به شرایط خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه برای شناسایی محدوده طرح آبیاری، درصد سطح سبز به سخت، خصوصیات هیدرودینامیکی خاک و دیگر پارامترهای مرتبط در آبیاری (میزان نفوذپذیری، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی، تخلیه مجاز رطوبتی و غیره) حائز اهمیت است.

منابع آب معمولاً در شبکه‌های آبیاری به عنوان عامل محدود کننده مطرح می‌باشد.

غالباً مقدار آب موجود به خصوص در زمان حداکثر مصرف، کمتر از نیاز آبی است. لذا احداث مخازن ذخیره‌سازی برای رفع تمامی یا بخشی از این نیاز ضروری می‌باشند. همچنین موقعیت منبع آب در رابطه با طرح آبیاری باید مدنظر قرار گیرد. چرا که ممکن است نیاز به هزینه بالای خطوط جمع‌آوری و انتقال آب و همین طور افت بیش از حد انرژی را در پی داشته باشد.

نهایتاً شرایط اقتصادی- اجتماعی را باید مورد توجه قرار داد. اهمیت این شرایط در انتخاب مناسب‌ترین برنامه زمانی تحویل و همین‌طور مناسب‌ترین روش آبیاری فضای سبز می‌باشد.

تمامی پارامترهای فوق تأثیر زیادی در انتخاب الویت مناسب سیستم آبیاری برجای‌می‌گذارند. مهم‌ترین پارامترهای تصمیم‌گیری عبارتنداز:

- الگوی کشت
- رفع نیاز آبی گیاه (کامل یا کم آبیاری)
- روش آبیاری فعلی در فضای سبز
- تراکم آبگیرها
- دبی آبگیرها

انتخاب سیستم و طراحی سیستم بر پایه اطلاعات اقلیمی، خصوصیات آب و خاک، کیفیت آب، شرایط بازار و سطح اطلاعات فنی و عوامل بهره‌بردار استوار است. نیاز آبی

گیاهان به لحاظ تئوری از الگوی توزیع گیاهان و ترکیب کشت و شرایط اقلیمی به دست می‌آید.

معمولاً این نیاز باید با احتمال وقوع حداقل پنج سال برآورد گردد. نیاز آبی می‌باید با توجه به راندمان کلی آبیاری اصلاح گردد و مقدار آب محاسبه شده را با مقدار آب موجود مقایسه کرد تا بتوانیم محدوده طرح آبیاری را مشخص کنیم و یا نیاز (آبی) دائم یا موقت فضای سبز را به منظور دستیابی به بهترین فضای سبز ممکن، تأمین نماییم. آب مورد نیاز باید براساس دبی حداکثر تعیین گردد. این مورد با محاسبه قطر لوله ارتباط پیدا می‌کند.

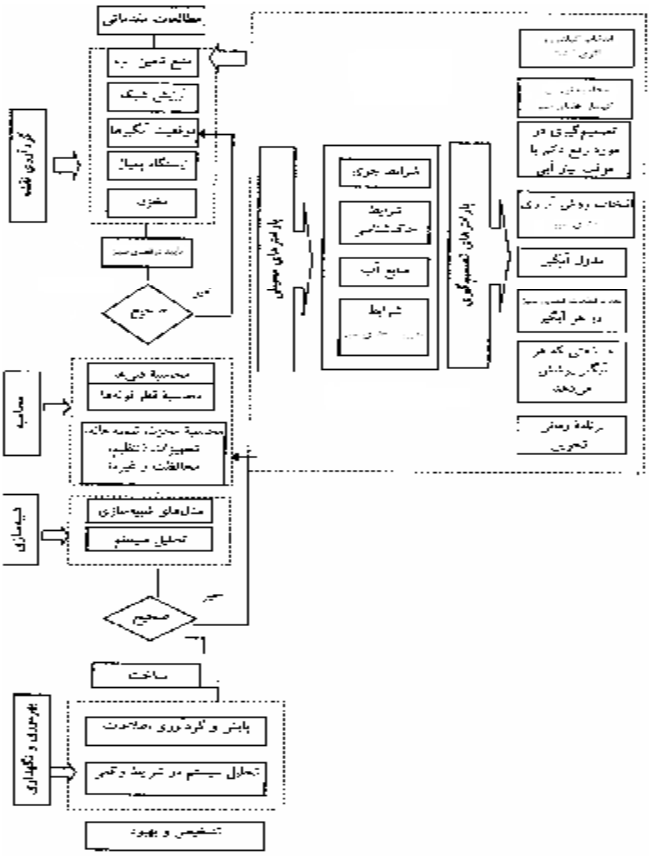
همچنین طراح به نقشه‌هایی نیاز دارد که جدید بوده، مقیاس مناسبی داشته (1:2000، 1:5000 و 1:25000)، حاوی خطوط تراز باشند و شامل مرزبندی‌های دقیق فضاهای سبزها و نحوه مدیریت و اداره فضای سبز باشند (بدین معنی که طراح باید از مساحت هر قطعه و نیز وضعیت نگهداری فضای سبز آگاه باشد). علاوه بر این نقشه‌ها باید حاوی طرح شبکه‌های موجود آب‌رسانی فضای سبز نیز باشند.

درمورد تعداد آبگیرها دریک سیستم آبیاری باید حد وسط را ملاک قرارداد. تعداد زیاد آبگیرها، شرایط بهره‌برداری را بهبود می‌بخشد ولی در مقابل هزینه های اجرایی بالاتری را به سیستم تحمیل می‌نماید. معمولاً برای اینکه تراکم متناسبی از آبگیرها داشته باشیم، بهتر است آبگیرهایی طراحی کنیم که هریک دارای ظرفیت کمتر از 5 لیتر در ثانیه و برای مجموع مساحت کوچک‌تر از 2/5 هکتار نباشد و در طرح‌های آبیاری در مواردی که قطعات خیلی کوچک فراوان‌اند، در صورت امکان بیش از سه یا چهار قطعه برای هر آبگیر در نظر گرفته نشود. این محدودیت‌ها شرایط کاری مناسبی برای عوامل بهره‌بردار فراهم می‌آورند.

همچنین دسترسی به آبگیر باید تسهیل گردد. به همین دلیل در مورد فضاهای سبز کوچک، بهتر است آبگیرها در کنار مرز این قطعات قرار داده شود.

درمورد فضاهای سبز بزرگ، بهتر است آبگیرها در وسط فضای سبز قرارداده شود تا فاصله بین آبگیر و مرز قطعه کاهش یابد.

مراحل متوالی در طراحی یک شبکه آبیاری عبارتند از : تعیین آرایش شبکه و تأسیسات جانبی شبکه مانند تلمبه‌خانه، مخزن آب بالادست و در صورت نیاز تجهیزات محافظت و یا تنظیم کننده (نمودار 1-1).

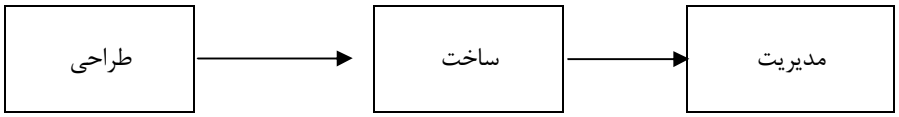


نمودار 1-1: مراحل اصلی در یک پروژه آبیاری

لازم است تأکید شود که مراحل فوق باید بر روی نقشه‌ها ترسیم شوند. نظر به‌اینکه غالباً نقشه‌ها قدیمی هستند، بازدیدهای صحرایی برای اجتناب از نادیده گرفتن ساختمان‌ها و تأسیسات جدیدی که روی نقشه‌ها وجود ندارند، ضروری می‌باشد.

پس از انجام تحلیل‌های ذکر شده، به‌ترتیب محاسبات مربوط به دبی‌های مورد انتقال، قطر لوله‌های شبکه، تأسیسات جانبی شبکه مانند تلمبه خانه، مخزن آب بالادست و تجهیزات محافظت و یا تنظیم انجام می‌گیرد.

با توجه به اینکه این فرآیند، روندی «یک طرفه» می‌باشد، واضح است که مدیریت در آخر قرارمی‌گیرد (نمودار (1-2)).



نمودار 1-2: مراحل توسعه زمانی یک سیستم آبیاری

تجربه بسیاری از طرح‌های آبیاری موجود، ثابت کرده است که مسائل مدیریتی با طراحی مرتبط می‌باشند و این مسئله از آنجا ناشی می‌شود که طراح الزاماً همان علائق و دغدغه‌های مدیر و استفاده‌کننده شبکه را ندارد. بنابراین بهتر است که روند موجود را به‌عنوان یک «کُل» در نظر بگیریم که در آن هر سه مرحله به نحوی تنگاتنگ به هم پیوسته و مرتبط هستند (نمودار 1-3).

نمودار 1-3: مراحل توسعه منطقی یک سیستم آبیاری

باتوجه به دلایل مذکور، قبل از واردشدن به مرحله ساخت شبکه، باید از مدل‌هایی که قادر به شبیه‌سازی سناریوهای گوناگون و انواع شرایط بهره‌برداری از سیستم در طول عمر آن می‌باشند، استفاده‌کرد. مدل‌های شبیه‌سازی، تحلیل شبکه را امکان‌پذیر ساخته و

نقص‌های احتمالی را قابل شناسایی می‌کنند. با مشاهده هرگونه نقصی، باید طراحی را با استفاده از تکنیک‌های مناسب، بهبود بخشید. در آن صورت می‌توان مرحله ساخت را آغاز کرد.

پس از اتمام مرحله ساخت، طراح باید شبکه را مورد پایش قراردهد و اطلاعات لازم را در مورد مراحل بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت گردآوری کند. این کار، تحلیل شبکه را تحت شرایط واقعی امکان‌پذیر می‌سازد و علاوه بر این واسنجی، تصدیق و به روز کردن مدل‌های موجود و همچنین تدوین مدل‌های جدید را میسر می‌سازد.

1-3-2. اطلاعات مورد نیاز طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار

در سیستم آبیاری تحت فشار، طراحی ابتدا بر اساس اطلاعات مقدماتی که در اختیار بوده و یا می توان کسب نمود، انجام می شود و نتایج به دست آمده به تدریج و در طی مراحل بعدی، طراحی و زمان اجرای سیستم که اطلاعات دقیق‌تر و عملی‌تر اخذ می‌شود، اصلاح می گردد. روش قدم به قدم در طراحی تکمیل جدول اطلاعات مطابق جدول 1-1 می باشد. در این جدول، 5 قسمت اطلاعاتی و محاسباتی به شرح زیر مندرج است:

- اطلاعات مربوط به گیاه
- اطلاعات مربوط به خاک
- محاسبات نیاز آبی
- اطلاعات مربوط به آبیاری
- محاسبات ظرفیت سیستم
- ابعاد قطعه فضای‌سبز
- شکل قطعه
- آرایش و ترکیب کشت

- وضعیت مرزهای فضای‌سبز
- نوع گیاهان مورد استفاده در فضای‌سبز
- موانع از قبیل دیوارها، دسترسی‌ها، کابل‌های زیرزمینی، روشنایی و تأسیسات و غیره
- محل چاه، مختصات و موقعیت ارتفاعی آن در زمین
- کیفیت آب، نوع و مقادیر املاح و محدودیت‌های آن
- کمیت آب، حجم آب در طول سال، بده، بیشترین بده، کم‌ترین بده، زمان وقوع بیشترین و کم‌ترین بده
- شرایط آب و هوایی و عوامل مؤثر در نیاز آبیاری از قبیل دما، رطوبت، ساعات آفتابی، سرعت باد و غیره
- خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن.

این اطلاعات منجر به تعیین بیشترین نیاز آبی، ظرفیت نفوذپذیری خاک، مقدار آب آبیاری در هر نوبت، شدت پخش و سرانجام ظرفیت سیستم خواهد شد.

جدول 1-1: عوامل مؤثر در طراحی اولیه سیستم آبیاری بارانی و موضعی

الف) گیاه				
1- عمق ریشه (میلی‌متر)				
2- فصل رشد (روز)				
3-نیاز آبی روزانه (میلی‌متر بر روز)				
4- نیاز آبی فصلی (میلی‌متر)				
ب) خاک				
1- بافت خاک سطحی و ضخامت آن (سانتی‌متر)				
2- ضریب آب سهل‌الوصول (میلی‌متر بر روز)				
3-بافت خاک عمقی و ضخامت آن (سانتی‌متر)				
4-آب قابل دسترس در خاک (میلی‌متر بر روز)				
5- ظرفیت رطوبتی (میلی‌متر)				
6-تخلیه مجاز (میلی‌متر)				
7 -نفوذ پذیری (میلی‌متر بر ساعت)				

پ) نیاز آبی				
1 - نیاز خالص فصلی (میلی‌متر)				
2- بارارن مؤثر (میلی‌متر)				
3- رطوبت ذخیره شده (میلی‌متر)				
4-عمق خالص آبیاری فصلی (میلی‌متر)				
5-عمق ناخالص آبیاری فصلی (میلی‌متر)				
6- تعداد آب‌پاش‌ها				
د - آبیاری				
1- دور آبیاری (روز)				
2- عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)				
3- راندمان (درصد)				
4- عمق ناخالص آبیلری (میلی‌متر)				
هـ - ظرفیت سیستم				
1- شدت پخش (میلی‌متر بر ساعت)				
2- زمان استقرار (ساعت)				
3-تعداد استقرار بر روز				
4-تعداد روزهای کاری بر هر نوبت				
5-ظرفیت اولیه سیستم (لیتر برثانیه)				

1-3-2-1. مراحل طراحی اولیه سیستم‌های آبیاری تحت فشار[1]

با توجه به این اطلاعات و داده‌های قبلی، طراح باید نوع سیستم آبیاری را انتخاب کند و بر آن اساس آرایش و سپس طراحی هیدرولیکی انجام پذیرد. برای رسیدن به این هدف اقدامات زیر انجام می‌شود:

- جدولی از کلیه منابع آب و خاک و گیاه و نیروی انسانی و غیره تهیه شود. در این جدول نوع خاک، پستی و بلندی، منبع آب، نیروی مکانیکی موجود، نوع گیاه و برنامه عملیات

3. ر.ک :
- بورکی،استفان و همکاران،ترجمه:مولائی محمدحسن،تهیه *مقررات ملی مدیریت منابع آب*،انتشارات سازمان مدیریت منابع آب ایران،تهران، 1379

نگهداری باید ذکر شود. علاوه بر اطلاعات یاد شده، طراح باید در خصوص توان مـالی واحـد فضای‌سبز، منبع تأمین نیازهای مالی، وجود کـارگران مـاهر، نیمـه مـاهر و معمـولی و تـوان مدیریتی مجموعه نیز اطلاعاتی کسب کند.

- با استفاده از اطلاعات بند فوق و کسب اطلاعات محلی و روش‌های تجربی عمق و مقـدار آب آبیاری در هر نوبت معلوم می‌گردد.
- متوسط دوره‌ای که نیاز آبی در آن بیشترین است، تعیین گردد.
- نیاز آبی روزانه و فصلی گیاهان موردنظر محاسبه شود.
- فاصله بین آبیاری‌ها مشخص شود.
- ظرفیت سیستم به دست آید.
- پس از مقایسه گزینه‌های مختلف، گزینه برتر با نظر کارفرما انتخاب شود.
- فشار کاری سیستم، متوسط شدت پخش و همچنین فاصله، بده و اندازه سر آب پـاش‌هـا و خروجی‌ها تعیین شود.
- تعداد آب‌پاش ها یـا خروجـی هـایی کـه باتوجـه بـه ظرفیـت سیسـتم، هـم زمـان کـار خواهندکرد تعیین گردد.
- انتخاب بهترین آرایش لوله اصلی و بال‌ها که در آن تعدادی آب پاش یا خروجی هم زمان کار خواهند کرد.
- تغییرات لازم در آرایش لوله‌ها انجام شود.
- اندازه و طول لوله‌های بال تعیین گردد.
- میزان بیشترین فشار لازم در هر لوله بال مشخص شود.
- متوسط شدت پخش آب به دست آید.
- قطر لوله اصلی محاسبه شود.
- کنترل اقتصادی قطر لوله اصلی با توجه به قدرت مورد نیاز انجام گیرد.

- مقادیر بیشترین و کم‌ترین فشار کار و آبده تعیین شود.
- برنامه آبیاری با توجه به آرایش لوله‌ها تنظیم شود.
- تعیین نوع پمپ با توجه به بیشترین فشار کاری و راندمان آن در دامنه شرایط کاری توصیه شده توسط کارخانه صورت گیرد.

1-3-2-2. نقشه‌ها و عکس‌های مورد نیاز در طرح‌های آبیاری تحت فشار

نقشه‌ها و عکس‌های هوایی مورد نیاز و همچنین نقشه‌های لازم جهت ارائه در گزارش در مراحل مختلف طراحی شبکه‌های آبیاری تحت فشار به شرح زیر می‌باشد:

1-3-2-2-1. مقیاس عکس‌های هوایی مورد نیاز

عکس‌هایی که در مراحل مختلف مطالعات مورد استفاده قرار می‌گیرد، به شرح زیر است:

- مرحله شناسایی : در این مرحله از مطالعات عکس‌های هوایی 1/20000 و یا حداقل 1/50000 لازم می‌باشد.
- مرحله یک (توجیهی): عکس‌های هوایی1/20000 یا 1/10000 و در صورت کوچک بودن منطقه طرح مقیاس1/10000 و یا در صورت وجود1/6500
- مرحله دو (تفصیلی): برای این مرحله کم‌ترین مقیاس عکس‌های هوایی 1/5000 و یا 1/6500 لازم می‌باشد و درصورت عدم وجود، از عکس‌هایی با مقیاس 1/10000 نیز در حالات خاص می‌توان استفاده نمود.

1-3-2-2-2. مقیاس نقشه‌های پایه مورد نیاز

مقیاس نقشه‌های مورد نیاز مربوط به نقشه‌های مبنا و یا پایه است و برای مراحل مختلف به شرح زیر است و به منظور مقاصد مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- مرحله شناسایی : 1/250000، 1/50000 در صورت وجود 1/20000 یا 1/25000
- مرحله یک (توجیهی): 1/250000، 1/50000، 1/25000 (و یا 1/20000)طبق استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور و در سیستم U.T.M و خطوط تراز در مقیاس‌های 1/50000 و 1/250000 موجود که طبق استاندارد سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران تهیه شده است. ذکر مشخصات فنی نقشه ضرورت ندارد، لیکن در نقشه‌های 1/25000 یا 1/20000 و سایر نقشه‌هایی که در زیر اشاره می‌گردد، ذکر مشخصات فنی ضرورت دارد.
- مرحله دو (تفصیلی): 1/5000 با خطوط تراز 0/5 متری برای شیب‌های 0/5 در هزار و بیشتر و با خطوط تراز 0/25 متری در اراضی با شیب مساوی و یا کمتر از 0/5 در هزار و طبق استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور و در سیستم U.T.M توصیه می‌شود.
- در صورت کوچک بودن سطح پروژه یا نیاز به احداث شبکه فرعی، تسطیح اراضی و یا زهکش زیرزمینی با موافقت کارفرما از نقشه‌های توپوگرافی 1/2000 (به عنوان نقشه‌ها مبنا) با خطوط تراز 0/5 متری برای شیب‌های بیش از 1 در هزار و یا 0/25 متری برای شیب‌های مساوی و یا کمتر از یک در هزار که در هر 40 متر یک نقطه ارتفاعی وجود داشته باشد و طبق استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور باشد، می‌توان استفاده نمود.

1-3-2-2-3. مقیاس نقشه‌های قابل ارائه در گزارش

نقشه‌هایی که در گزارش‌های مراحل مختلف ارائه می‌شود، به شرح زیر است:

- شناسایی : 1/50000
- مرحله یک : 1/5000 یا 1/20000

- مرحله دو : 1/5000 – (شبکه فرعی) : 1/2000
- در صورت استفاده از نوار برای پلان و پروفیل مقیاس 1/2000

1-3-3. نحوه انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار

یکی از موارد مهم در مطالعه و طراحی شبکه‌های آبیاری انتخاب روش آبیاری مناسب می باشد. در این ارتباط پارامترهای متعددی دخالت دارند که مهم‌ترین آنها وضعیت اقلیمی، وضعیت پستی و بلندی زمین، مشخصات آب و خاک، نوع گیاهان، شرایط تأمین انرژی، زمینه های فرهنگی، وضعیت نیروی‌انسانی، وضعیت بهره برداری و نگهداری و بالاخره هزینه‌ها و ملاحظات اقتصادی در هر طرح می باشد. میزان تأثیر و یا به عبارتی نوع محدودیتی که هر یک از این عامل‌ها در انتخاب روش آبیاری مناسب ایجاد می کند، ممکن است به یکی از سه حالت زیر باشد.

1- میزان محدودیت‌ها درحدی باشد که فقط استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار پاسخ‌گو بوده و سایر روش های آبیاری غیرعملی و یا غیراقتصادی باشد.

2- میزان محدودیت‌ها به نحوی باشد که استفاده از روش‌های مختلف آبیاری میسر بوده در نتیجه باید در شرایط فنی یکسان بین آبیاری تحت‌فشار و آبیاری ثقلی هر کدام را که عملی‌تر و اقتصادی‌تر باشد، برگزید.

3- محدودیت‌های خاص مربوط به اهداف برخی پروژه‌ها که در واقع ارتباط مستقیم به امر آبیاری نداشته بلکه کاربرد سیستم آبیاری تحت فشار را برای منظورهای خاص ضروری می‌سازد (نظیر استفاده از آبیاری بارانی برای کنترل یخبندان).

بنابراین پس از بررسی‌های اولیه در خصوص شرایط مشخصه طرح و ویژگی‌های سیستم‌های آبیاری، ممکن است به کارگیری بعضی از سیستم‌های آبیاری از لحاظ فنی امکان‌پذیر نباشد. در این شرایط به منظور انتخاب روش مناسب آبیاری در بین روش‌هایی

که از لحاظ فنی امکان‌پذیر می‌باشند، باید مقایسه اقتصادی انجام پذیرد.

1-3-3-1. روش مقایسه اقتصادی انتخاب روش آبیاری[1]

از روش‌های مناسب مقایسه اقتصادی گزینه‌های مختلف یک طرح، استفاده از معیار درآمده[2] به هزینه‌ها[3] (B / C)، معیار سود خالص(B-C) و هزینه هرمتر مکعب آب استحصالی می باشد. برای این منظور در طرح‌های آبیاری و زهکشی درآمدها و هزینه‌ها به شرح زیر محاسبه می‌شود:

1-3-3-1-1. درآمدها

در طرح‌های آبیاری، درآمد ناشی از طرح به طور عمده درآمد ناشی از جذب اعتبارات و یا دریافت ورودی پارک و یا دریافت اجاره‌بها از واحدهای مستقر در قطعه فضای‌سبز و حتی فروش گل و گیاهان زینتی تولید شده می‌باشد که از حاصلضرب عملکرد (با توجه به نوع سیستم آبیاری موردنظر) در منابع‌مالی به دست آمده، به دست می‌آید.

1-3-3-1-2. هزینه‌ها

در طرح‌های آبیاری، هزینه موردنیاز طرح، به طور عمده هزینه استحصال، انتقال تا قطعه فضای‌سبز و توزیع آب در سطح قطعه آبیاری می‌باشد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های جاری بهره‌برداری و نگهداری، نیروی‌انسانی و انرژی مصرفی می‌باشد. نحوهٔ محاسبه هر یک از این هزینه‌ها به شرح زیر است:

---

4. ر.ک :
- حسینی، سید شمس الدین، *قیمت‌گذاری آب آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش64، تهران، 1381

[2]. Benefits
[3]. Costs

1-3-3-1-2-1. هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالیانه

به منظور امکان محاسبه مجموع هزینه‌های سالیانه یک طرح لازم است که هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری اولیه به هزینه‌های جاری تبدیل شود. برای این منظور باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه سیستم آبیاری با توجه به عمر مفید هر یک از اجزای سیستم آبیاری محاسبه شود. درصورتی که عمر مفید هر یک از اجزای سیستم آبیاری (جدول 1-2)کمتر از عمر مفید پروژه باشد، باید هزینه آن جزء پس از اتمام عمر مفید آن تجدید شود و همچنین لازم است که در انتهای عمر مفید پروژه درآمد ناشی از فروش اسقاطی اجزاء سیستم از هزینه سرمایه‌گذاری کسر گردد. سپس با تنزیل هزینه‌های سیستم به سال مبدأ، هزینه سرمایه گذاری اولیه محاسبه شود. با ضرب کردن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در ضریب بازگشت سرمایه (CRF) این هزینه‌ها، به‌هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه تبدیل خواهد شد. ضریب بازگشت سرمایه از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$CRF = \left(i(1+i)^n\right) / \left((1+i)^n - 1\right)$$ معادله 1-1

CRF= ضریب بازگشت سرمایه‌گذاری (اعشار)

i = نرخ بهره (اعشار)

n =عمر مفید پروژه (سال)

1-3-3-1-2-2. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

برای محاسبه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از سیستم آبیاری از ضریب بهره‌برداری و نگهداری سالیانه استفاده می‌شود، به‌طوری‌که با اعمال ضریب در هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه می‌توان هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالیانه را با یک تخمین قابل قبول محاسبه نمود. این ضرایب در جدول 1-2 ارائه گردیده است.

جدول 1-2: عمر مفید و ضریب نگهداری سالیانه در سیستم‌های آبیاری تحت فشار

نوع سیستم		عمر اقتصادی* (سال)	ضریب نگهداری** (درصد)
بارانی	متحرک دستی	۱۵	۲
	کشش انتهایی	۱۰	۳
	آبفشان غلتان	۱۵	۲
	بال متحرک	۱۵	۴
	بال آبیاری	۵/۲۰	۳
	آبفشان قرقره‌ای	۱۰	۶
	آبفشان دوار		
	– استاندارد	۱۵	۵
	– با گوشه پاش	۱۵	۶
	آبفشان خطی	۱۵	۶
	ثابت		
	– قابل حمل	۱۵	۲
	– دائمی	۲۰	۱
موضعی	پخش نقطه‌ای		
	– قطره‌ای	۱۰/۲۰	۳
	– افشان	۱۰/۲۰	۳
	– حبابی	۱۵	۲
	پخش خطی		
	– چند بار مصرف	۱۰/۲۰	۳
	– یک بار مصرف	۱/۲۰	۳
سایر اجزاء	خطوط لوله پی‌وی‌سی مدفون	۲۰–۴۰	۱
	خطوط لوله فولادی	۱۰–۲۰	۱
	خطوط لوله آلومینیومی	۱۰–۲۰	۲
	پمپ الکتریکی	۱۵	۳
	پمپ دیزلی	۱۰	۶
	چاهها	۲۵	۱

* در مواردی که دو عمر مفید با علامت (/) نشان داده شده است، اولین عدد مربوط به تجهیزات روی زمینی و دومین عدد مربوط به تجهیزات زیرزمینی می‌باشد

** این اعداد تقریبی هستند و از Keller (1990)و Bliesner and Merrion (1988) گرفته شده‌اند. در صورت امکان باید از تجارب محلی استفاده شود.

1-3-3-1-2-3. هزینه نیروی انسانی سالیانه

در هریک از روش‌های آبیاری، نیروی انسانی مورد نیاز برای انجام عمل آبیاری متفاوت

باشد. برای محاسبه هزینه نیروی انسانی مورد نیاز در هر یک از روش‌های آبیاری تحت فشار می‌توان از جدول 1-3 استفاده نمود.

جدول 1-3: نیروی انسانی موردنیاز در سیستم‌های آبیاری تحت فشار

	نوع سیستم	پیش‌آبیاری و اولین آبیاری* (نفر- ساعت بر هکتار)	آبیاری‌های بعدی (نفر- ساعت بر هکتار)
باغات	آبفشان دوار	۰/۱۲	۰/۰۵**
	آبفشان خطی		
	– تغذیه از کانال	۰/۱۲	۰/۱
	– تغذیه از شبکه	۰/۱۵	۰/۱۵
	– تغذیه از آبراه	۰/۱۲	۰/۰۷
	بال متحرک	۰/۲۹	۰/۶۷
	آبفشان افقی	۰/۲۵	۰/۸۶
	آبفشان قرقره‌ای	۰/۲۵	۰/۶۲
	متحرک دستی	۰/۲۵	۱/۷۳
	بال آبیاری شبانگی	۰/۲۵	۱/۲۵–۳
	قابل حمل	۲/۳۷***	۰/۱۵
	ثابت	۰/۲۵	۰/۱۵
فضای سبز	پخش نقطه‌ای		
	– قطره‌ای	۰/۲۵	۰/۰۵****
	– افشان	۰/۲۵	۰/۰۵
	پخش خطی		
	– چند دلو متحرک	۳/۳۰	۰/۰۵
	– یک دلو متحرک	۷/۰ *****	۰/۰۵

* مقادیر نشان داده شده برای پیش آبیاری و یا اولین آبیاری می‌باشد که برای هر کدام باید به طور جداگانه منظور گردد.

** با فرض عمق خالص آبیاری 25 میلی‌متر یا بیشتر می‌باشد.

***برای هر جابه‌جایی میان فصل 2/47 ساعت اضافه می‌شود.

**** محاسبه شده با فرض یک ساعت در روز برای هر 60 هکتار و دور آبیاری دو روز.

*****فرض می‌شود که لوله‌ها در زمان کاشت توسط ماشین خوابانیده می‌شوند.

1-3-3-1-2-1-4. هزینه انرژی مصرفی

در سیستم‌های آبیاری تحت فشار که به منظور تأمین فشار از ایستگاه‌های پمپاژ استفاده می‌شود، باید هزینه انرژی مصرفی را به ازای تأمین فشار آب مورد نیاز سالیانه محاسبه نمود. هزینه انرژی مصرفی سیستم آبیاری تحت فشار از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

رابطه 2-1 $$Pf = P \times Pu \times Ts$$

Pf = هزینه تأمین انرژی (ریال)

P =توان مصرفی ایستگاه پمپاژ (کیلو وات)

Pu = قیمت واحد سوخت (ریال بر کیلو وات ساعت)

Ts = زمان کارکرد سالیانه سیستم آبیاری (ساعت)

1-4. کلیاتی درباره روش‌های آبیاری قابل توصیه برای فضای سبز[1]

1-4-1. روش‌های کاربرد زیر زمینی

در این گروه از روش‌ها، آب مستقیماً از طریق خلل و فرج و یا مخازن سوراخداری که با سطح خاک ارتباط دارند، در عمق خاصی (از 10 تا 50 سانتی متر) به منطقه ریشه وارد می‌شود. این مخازن که در فواصل معین و یا همواره از آب پر نگاه داشته می‌شوند، از طریق دیواره‌های تراوای خود آب را به خاک اطراف منتقل می‌سازند. در این حالت، رطوبت، عمل تغذیه ریشه‌های گیاه را به عهده دارد. چنانچه این روش به صورت یک شبکه به کار برده

---

7. ر.ک :

- حیدریان، سید احمد و همکاران، *انتقال مدیریت آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش131، تهران، 1387
- بهره دار، دار یوش و همکاران، *مدیریت نوین آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش71، تهران، 1381
- دارابی، محمد و همکاران،ترجمه،*خُرد آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش119، تهران، 1387
- فرشی، علی اصغر و همکاران، *مدیریت آب آبیاری در مزرعه*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش76، تهران، 1382
- ولی زاده، ناصر، *روند توسعه و چشم انداز آبیاری تحت فشار در ایران*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش73، تهران، 1382

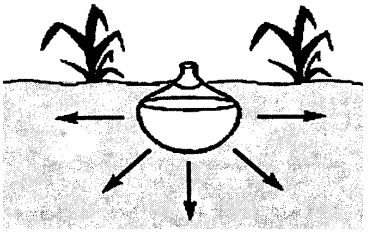
شود، می توان مخازن مرطوب کننده را به گونه‌ای آرایش داد که با توجه به چگونگی ریشه‌سازی و رفتار بیولوژیک گیاه همواره رطوبت مناسبی در خاک تأمین گردد.

سرعت نفوذ و توزیع رطوبت در منطقه ریشه نیز به خصوصیات خود خاک بستگی دارد. به عنوان مثال، در یک خاک با بافت درشت (شنی) طبیعتاً آب تمایل به جریان یافتن به سمت پایین را دارد، بنابراین یک محدوده مرطوب هویجی شکل را ایجاد می‌کند. از طرف دیگر، در یک خاک نرم(رسی) آب بیشتر تمایل به پخش شدن بر روی زمین را دارد و بنابراین یک منطقه مرطوب پیازی شکل را ایجاد می کند. در صورتی که برای توزیع رطوبت از مخازن متخلخل استوانه‌ای شکل به صورت لوله افقی در خاک استفاده شود ؛ منبع تأمین رطوبت آبیاری، شکل خطی امتداد یافته در جهت بستر را خواهد داشت. برای افزایش راندمان مصرف کود می‌توان مواد غذایی (کود) محلول را به درون منبع آب مذکور تزریق نمود. در واقع این نوع آبیاری می‌تواند آب را به طور مداوم تا زمانی که مخزن پر است در اختیار گیاه قرار دهد. دفعاتی که مخازن باید مجدداً پر شوند، به ظرفیت آنها (حجم آبی که می‌توانند درخود نگهداری‌کنند) بستگی داشته و نیز میزان آبی که به درون خاک جریان می یابد، بستگی به نفوذ پذیری دیواره‌های مخازن و نیز میزان رطوبت خاک اطراف ریشه دارد. چنانچه آب مصرفی دارای مواد ویژه (رسوب معلق، اعم از معدنی و یا آلی) و یا دارای مواد شیمیایی محلول (مانند نمک‌های کلسیم) باشد، ممکن است در نهایت موجب مسدود شدن خلل و فرج مخزن شود. رشد جلبک‌ها و یا باکتری نیز ممکن است باعث انسداد آن گردد. برای حل این مشکل، شستن مکرر با یک محلول اسیدی و یا قارچ‌کش و یا تعویض نمودن آنها پس از مدت معینی (چند سال) توصیه می شود. در مناطق خشک که سطح بالایی خاک توسط باران به میزان کافی خیس نمی شود، آبیاری زیرزمینی ممکن است باعث تجمع نمک در سطح شود. خصوصاً در صورتی که آب آبیاری حاوی غلظت قابل توجهی از

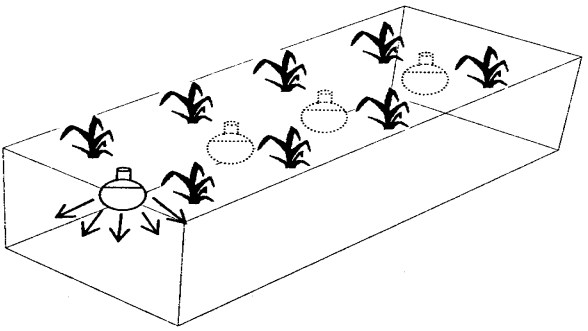
نمک‌ها باشد. در مواردی که این پدیده رخ می‌دهد، خاک سطحی باید در هر فصل توسط آبیاری سطحی آبشویی شود.

1-4-1-1. کوزه‌های سرامیکی خلل و فرج‌دار

استفاده از کوزه‌های متخلخل تعبیه شده در خاک یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری با حجم کم و تکرار زیاد (یا مداوم) می‌باشد. اگرچه قدمت و منشأ این روش دقیقاً مشخص نیست، اما گزارش‌های متعددی گواه بر استفاده آن توسط کشاورزان سنتی در سراسر آفریقای شمالی و خاور نزدیک می‌باشد. نمونه‌ای از این آبیاری در مناطق مرکزی ایران خصوصاً جیرفت و سبزواران وجود دارد (شکل های 1-1 و 1-2).



شکل 1-1: توزیع رطوبت در خاک اطراف یک کوزه بین دو ردیف گیاه



شکل 1-2: چگونگی توزیع رطوبت در اطراف یک سری از کوزه‌های سفالی در میان دو ردیف گیاه

در این روش، کوزه‌های سفالی متخلخل در چاله‌های کم‌عمق قرارداده شده و سپس اطراف آن تا نزدیک گردن کوزه از خاک پر می گردد تا اینکه لبه کوزه‌ها چند سانتی‌متر بالای سطح زمین قرار گیرد. آب با دست و یا به وسیله لوله خرطومی قابل ارتجاع که به یک منبع متصل می باشد، به داخل کوزه ها منتقل می شود. کوزه‌های مورد مصرف معمولاً از خاک کوزه‌گری محلی ساخته می شوند و بنابراین دارای شکل استاندارد، اندازه، ضخامت و یا خلل و فرج دیواره یکسان، نیستند. برای حصول بهترین نتیجه، کوزه‌ها باید در گرمای نسبتاً پایین حرارت داده شوند (بدون لعاب دادن)؛ در این حالت دیواره کوزه رطوبت‌پذیر باقی می‌ماند. انجام تجربه به صورت آزمون و خطا منجر به ساخت کوزه‌هایی با خصوصیات مناسب از قبیل استحکام (مقاومت در برابر شکستگی)، رطوبت‌پذیری (انتقال دادن آب به خاک اطراف به یک میزان نسبتاً ثابت) و اندازه (نگهداری آب کافی برای حداقل ذخیره یک روز) می‌شود. روش آبیاری با کوزه سفالی برای درختان و بعضاً درختچه‌ها، مناسب‌ترین روش می‌باشد. همچنین این روش می‌تواند برای گیاهان ردیفی خصوصاً در فضای سبز برون شهری که تردد در فضای سبز کمتر بوده و آبیاری فضای سبز با مشکل مواجه است نیز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. برای درختان جوان اساساً قراردادن یک کوزه در نزدیک هر نهال کفایت می‌کند.

به عنوان مثال، چنانچه یک کوزه پنج لیتری مقداری از خاک را به مساحت یک مترمربع مرطوب نماید و زمان خالی شدن کوزه یک روز باشد، میزان ذخیره برابر 5 لیتر در مترمربع در روز خواهد بود. الگوی تراوش آب از هر کوزه به صورت افقی و عمودی به بافت خاک و لایه‌بندی آن بستگی دارد. همچنین ممکن است که به شکل کوزه‌ها (باریک و دراز و یا پهن و کوتاه)، نیز بستگی داشته باشد.

همواره رشد درخت، پوشش گیاهی منطقه وسیع را می پوشاند و ریشه‌های آن به صورت افقی و عمودی رشد کرده تا اینکه مقدار وسیع‌تری از خاک را در بر گیرد.

یک درخت بالغ کـه پوشـش گیـاهی‌اش منطقـه‌ای از زمـین در حـدود 10 مترمربـع را پوشانده، ممکن است در طی یک دوره تابستان خشک نیاز به تقریباً 30 تـا 50 لیتـر آب در روز داشته باشد. در این حالت می‌توان چندین کوزه به صورت دایره‌وار دور تنه درخـت قـرار داد. به تدریج که درختان رشد مـی کننـد و نیـاز بـه آب بـرای خـیس کـردن یـک منطقـه وسیع‌تری از خاک افزایش می‌یابد، باید تعداد کوزه‌های متخلخل را نیز بـه تناسـب افـزایش داد.

البته مثال بالا فرضی است و مقادیر واقعی آب مصرفی باید در هر مورد مطابق بـا تجربـه محلی تعیین شود. برای بهینه کردن متغیرهـای سیسـتم، نیـاز بـه تجربـه و آزمـون دقیـق می‌باشد. دهانه‌های باز کوزه‌ها ممکن است توجه حیوانات تشنه و یا پرندگان را جلـب نمایـد و این امر ممکن است به نوبه خود به درختان خسارت وارد سـازد. بـه همـین علـت آبیـاری کنندگان باید علاوه بر جلوگیری از ریختن کلوخ‌های خاک به داخل کوزه‌ها و کاهش حجـم مؤثر آنها، لازم است سر کوزه‌ها را در فواصل بین آبیاری بپوشانند. ایـن عمـل مـی توانـد بـه سادگی با قرار دادن یک سنگ بر روی هر کوزه انجام گیرد.

ساده‌ترین و در عین حال پر زحمت‌ترین راه برای پر کـردن کـوزه‌هـا از آب، بـه طریـق دستی به کمک سطل یا وسایل مشابه است. روش کارآمدتر استفاده از یک لولهٔ انعطاف‌پـذیر متصل به یک منبع آب است. روش دیگری که می‌تواند دارای راندمان بیشتری از نظر صـرف نیروی انسانی کمتر برای پرکردن کوزه ها باشد، استفاده از یک لوله انعطاف‌پـذیر باریـک بـر تمام طول فصل آبیاری است که آب از طریق سوراخ‌های ایجاد شده در بالای هر کـوزه آن را تغذیه می‌نماید.

می توان در فواصل زمانی مناسب (روزانه یا هفتگی) لوله مـذکور را بـه منبـع آب متصـل ساخت تا تمام کوزه‌های واقع در مسیر به طور هم‌زمان پر شوند.

طول عمر کوزه ها بستگی به چندین عامل زیر دارد:

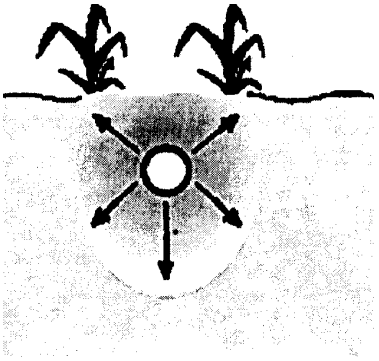
الف- میزان مسدود شدن توسط آب گل آلود (حاوی خاک و یا مواد آلی معلق) یا آب شور.

ب- اسیدی بودن آب که ممکن است بر دوام کوزه ها اثر بگذارد. به‌خصوص اگر از مواد آهکی ساخته شده باشد.

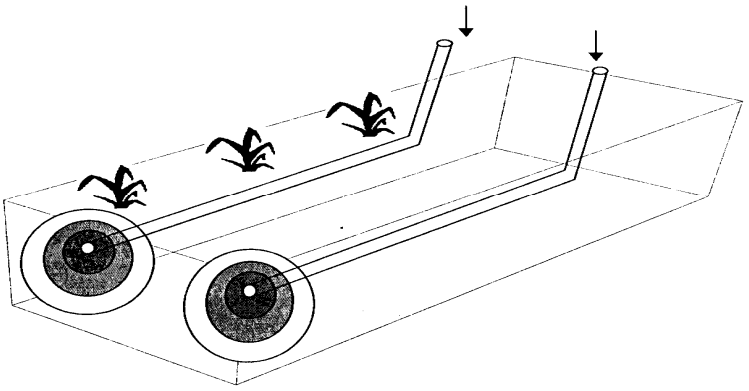
ج- لگدکردن کوزه‌ها توسط انسان و یا حیوان که ممکن است موجب شکستن و یا تجمع خاک در آنها گردد.

1-4-1-2. لوله‌های نیمه تراوا

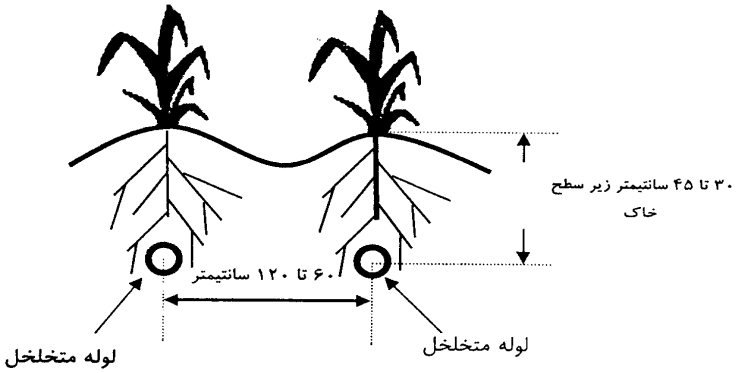
این روش آبیاری از نظر عملکرد همانند کوزه‌های متخلخل است که با هدف پخش مستمر آب در یک مسیر افقی خاک در مکان‌های دلخواه، طراحی شده است. این روش بیشتر برای گیاهان ردیفی با فواصل کم مانند گیاهان فصلی و پوششی مناسب می‌باشد. برای ورود آب، یک سر لوله خم شده و از خاک خارج و در سطح زمین به منبع ورودی متصل می گردد. در یک نمونه اجرا شده از روش آبیاری به طریق لوله نیمه تراوا از لوله‌های سفالی محلی به طول تقریبی 24 سانتی‌متر و قطر داخلی 7/5 سانتی‌متر با ضخامت بدنه 2/5 سانتی‌متر، استفاده شده است (البته این ابعاد اختیاری می‌باشند). این لوله‌های ترانشه‌ای به عمق کم (در حدود 25 سانتی‌متر) به فاصله یک متر از یکدیگر و طول سه متر به صورت افقی و دائمی قرار داده شده‌اند و سپس گودال از خاک پر شده است. پر شدن لوله‌ها از آب به وسیله کج کردن سر لوله و خروج از خاک (یک مدخل در قسمت ابتدایی لوله ایجاد می‌شود) انجام می‌شود. قطعات لوله بدون اتصال و آب‌بندی کامل فقط مجاور یکدیگر قرار داده شده و آب می‌تواند در محل اتصال بین قطعات مجاور و نیز از طریق خلل و فرج لوله ها به خاک نشت کند (شکل های 1-3، 1-4، 1-5).



شکل 1-3- توزیع رطوبت در اطراف لوله‌های متخلخل



شکل 1-4:توزیع رطوبت به وسیله لوله‌های متخلخل افقی در میان دو ردیف گیاه

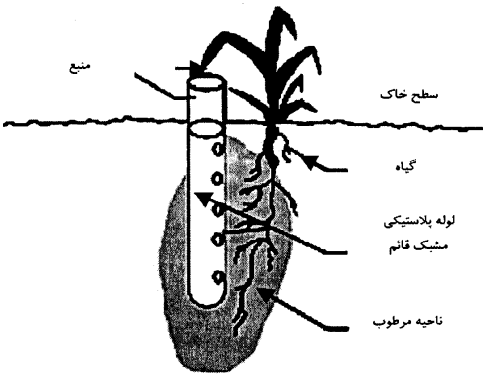


شکل 1-5: کاشت ردیف گیاه درست بالای لوله‌های متخلخل

تجربه نشان می‌دهد یک ردیف لوله که بدین صورت نصب شده باشد، می تواند دو ردیف از گیاهان فصلی را که در دوطرف آن کاشته شده،آبیاری نماید.

3-1-4-1. لوله‌های پلاستیکی مشبک قائم

یک روش جالب دیگر در آبیاری زیرزمینی، استفاده از ورقه‌های پلاستیکی است که به صورت لوله قائم آستین مانند در زمین نصب می‌شوند. امتیاز اصلی این روش هزینه پایین آن است. در هر صورت، این روش دارای معایبی می‌باشد که میزان عملی بودن آن را محدود می‌کند (شکل 1-6).



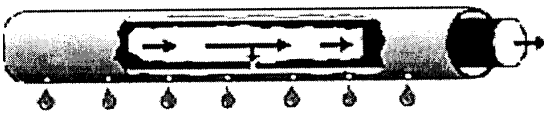
شکل 1-6: الگوی توزیع رطوبت اطراف لوله پلاستیکی مشبک در کنار ناحیه ریشه

از آنجایی که برای این کار از مواد پلاستیکی نرم استفاده می‌شود، لذا لوله نمی‌تواند شکل خود را حفظ کند. بدین جهت لازم است قبل از اینکه لوله در خاک قرار داده شود، آن را از شن پر نمود. شن باعث کاهش ظرفیت لوله به میزانی در حدود 5 تا 6 درصد می‌شود. علاوه بر این خود شن نیز تمایل به حفظ بخشی از رطوبت داده شده به آن را دارد و در مقابل خروج جریان مقاومت می‌کند. بنابراین ظرفیت مؤثر بیشتر کاهش می یابد. در نهایت از آنجایی که لوله پلاستیکی اساساً بدون منفذ است (برعکس کوزه سفالی که در بالا توضیح داده شد)، لذا باید سوراخ شود. قطر و تعداد سوراخ‌ها خود یکی از متغیرهای این

سیستم می باشد که باید در عمل با کمک روش آزمون و خطا تعیین گردد. تعداد بیش از حد سوراخ می تواند باعث ضعیف شدن پوشش پلاستیکی و کاهش عمر آن شود (در هر صورت نمی توان انتظار داشت به اندازه کوزه یا لوله سفالی عمر داشته باشد). در برخی موارد، ریشه‌های گیاهان و یا علف‌های هرز داخل سوراخ‌ها می‌شوند، در نتیجه توانایی لوله‌های پلاستیکی پر شده از شن در رابطه با انتقال آب به خاک اطراف هم از لحاظ حجم و هم از لحاظ مقدار محدود می گردد. در هر صورت برای تعیین سودمندی این روش باید با روش‌های دیگر آبیاری مورد مقایسه قرار گیرد. اما در حال حاضر از روش مذکور به صورت سیستماتیک استفاده نمی‌شود.

1-4-1-4. آبیاری قطره‌ای زیرزمینی

یک روش پیچیده‌تر و گران‌قیمت آبیاری زیرزمینی استفاده از لوله های پلاستیکی باریک به قطر 2 سانتی‌متر می‌باشد. این لوله‌ها در عمق20تا50 سانتی‌متر از سطح خاک قرار داده می‌شوند (در عمق کافی که مزاحمتی برای عملیات احداث و نگهداری متعارف نداشته باشد). لوله‌ها یا متخلخل می‌باشند و یا اینکه در آنها سوراخ هایی ایجاد می‌گردد. چنانچه لوله‌ای متخلخل باشد، در طول خود آب را بیرون می‌دهد و چنانچه دارای سوراخ باشد، آب را صرفاً از نقاط ویژه‌ای خارج می‌سازد و آبی که بدین صورت خارج شده در خاک منتشر می گردد. الگوی پخش رطوبت در محیط به خصوصیات خاک اطراف و نیز فاصله بین سوراخ‌ها و قدرت تخلیه آنها بستگی دارد (شکل 1-6 الف).



شکل 1-6 الف– یک لوله آبرسان قطره چکان‌دار با منافذ نزدیک به هم

یکی از مسائل عمده در این روش این است که دهانه باریک سوراخ‌ها ممکن است توسط ریشه، ذرات خاک، جلبک‌ها و یا نمک‌های رسوبی مسدود شوند. شناسایی این انسدادها بر عکس زمانی که لوله بر روی سطح زمین قرار دارد (مانند آبیاری قطره‌ای که در آن لوله روی زمین کار گذاشته می‌شود)، دشوار می‌باشد.

گاهی تزریق اسید و یا محلول علف کش به داخل لوله‌ها ممکن است به پاک کردن انسداد کمک نماید. اگر چه این مشکل ممکن است به صورت دوره ای مجدداً ایجاد شود. استفاده از قطعات درزدار می‌تواند مشکل گرفتگی لوله توسط ریشه را جبران نموده و میزان دبی آب ثابت بماند. در آبیاری قطره‌ای زیر زمینی، تأمین آب در لوله های غذا دهنده ممکن است دائمی و یا متناوب باشند. برای کاربرد یکنواخت آب باید از وسایل کنترل فشار استفاده نمود. درصورتی که خطوط طولانی و یا زمین شیب‌دار باشد، تفاوت قابل توجهی در فشار هیدرولیکی و نیز میزان خروج آب ایجاد خواهد شد. مگر اینکه در طول مسیر از وسایل کنترل فشار استفاده شود. چنین روش‌هایی درهر صورت گران هستند.

2-4-1. روش‌های آبیاری رو زمینی

روش‌های توصیف شده در این قسمت بر اساس تأمین آب ثابت و یا متناوب برای بخشی از سطح خاک استوار می‌باشد. این روش معمولاً از طریق توزیع آب در مجاری بسته (مانند لوله‌های پلاستیکی) به مناطق ویژه انجام می‌شود که چگونگی آن مطابق با ترکیب و شکل مورد رشد تفاوت می‌کند. در این روش آب به مقداری در سطح رها می‌شود که از قابلیت نفوذ خاک تجاوز نکند و بنابراین آب بدون جاری شدن در روی سطح زمین، در منطقه ریشه نفوذ می کند. سیستم های آبیاری از طریق مجاری بسته (لوله) معمولاً برای ذخیره آب و افزایش یکنواختی کاربرد و نیز جلوگیری از تلفات آب (ناشی از تراوش و تبخیر) و کیفیت (ناشی از آلودگی آب درکانال‌های باز) مناسب هستند. اما از آنجایی که این سیستم‌های

لوله‌ای نیاز به تأسیسات تأمین فشار دارند و این تأسیسات عموماً گران بوده و نیاز به سرمایه‌گذاری کلان دارند، بنابراین باید از روش‌هایی استفاده نمود که در آن میزان سرمایه‌گذاری و هزینه‌های انرژی به حداقل برسد.

1-4-2-1. سیستم قطره‌ای کامل

در آبیاری قطره‌ای آب به صورت متمرکز در محل ویژه و به شکل قطره قطره دریک نقطه و یا شبکه ای از نقاط در روی سطح خاک، پخش می‌شود. در این صورت میزان مصرف کمتر از آبگیری بالقوه خاک (نفوذ پذیری) می‌باشد و خاک، اشباع نشده باقی مانده و آبی در سطح زمین باقی نمی‌ماند و یا جریان نمی‌یابد. پخش آب در سیستم قطره‌ای از طریق یک سری لوله های پلاستیکی، (معمولاً لوله های پی وی سی[1]) و بر روی سطح زمین صورت می گیرد. این لوله‌ها عموماً به قطر 10 تا 25 میلی‌متر می‌باشد که یا سوراخ شده‌اند و یا خروجی‌های مخصوص دارند. این لوله ها به گونه‌ای می باشند که آب به میزان کنترل شده‌ای (حدوداً بین 1 تا 10 لیتر در ساعت) بر روی خاک چکه کند. فشار کاری آب در این روش معمولاً در حدود0/5تا2/5اتمسفر است. این فشار توسط اصطحکاک جریان از طریق مجرا های باریک و یا سوراخ ها، مستهلک می‌شود. بنابراین آب در فشار اتمسفر به شکل قطره (جاری‌شدن و یا پاشیدن) بیرون می آید.

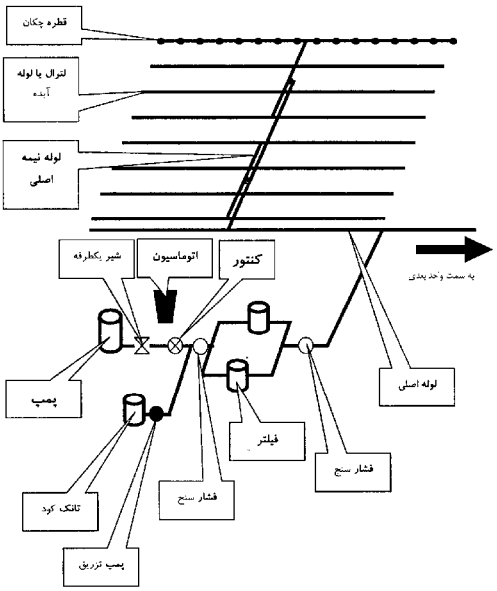
چکاننده ها یا قطره‌چکان‌های[2]تجاری عموماً به صورت داخل خط[3] (وصل شده به لوله های منبع) یا روی خط [4]هستند (توسط یک حفره ایجاد شده روی دیواره لوله، تعبیه می‌شوند). چکاننده‌های تجاری با ظرفیت تخلیه دائمی 2، 4 و یا 8 لیتر در ساعت از قبل تنظیم می‌گردند. این میزان تخلیه همواره تحت‌تأثیر تغییرات فشار قرار دارد. تکرار و

---

[1] .PVC
[2] . Emitter
[3]. In-line
[4]. On-line

استمرار آبیاری می تواند توسط شیرهای دستی و یا شیر اتوماتیک قابل تنظیم، کنترل شود. شیرهای حجمی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که جریان به طور اتوماتیک پس از اینکه حجم معینی از آب مصرف شد، بسته شوند (شکل 1-7).

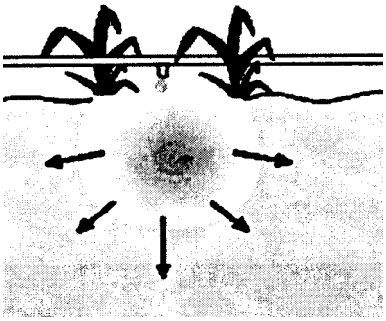
شکل 1-7: نمای شماتیک سیستم آبیاری قطره‌ای



آب ازنقطه چکیده شدن به مناطق اطراف پخش شده و به سمت پایین به درون خاک نفوذ می کند. حجم قسمتی از خاک که در عمل مرطوب می شود، به تعداد و تراکم نقاط تراوش (شبکه قطره چکان‌ها)، میزان کاربرد آب و خصوصیات انتشار رطوبت خاک بستگی دارد. از این رو در این روش، حجم ریشه فعال گیاه معمولاً کمتر از 50 درصد زمانی است که تمام خاک به صورت یکنواخت مرطوب شود. در آبیاری قطره‌ای، قسمت خیس‌شدهٔ خاک به طور مداوم مرطوب باقی می‌ماند، لیکن خاک اشباع نیست و بنابراین کاملاً تهویه می شود. این روش یک رژیم رطوبتی مناسب را در خاک ایجاد می نماید. بنابراین آبیاری قطره‌ای مزایای برجسته‌ای نسبت به آبیاری غرقابی داشته و حتی بهتر از آبیاری بارانی، به

خصوص در خاک‌های شنی دارای ظرفیت ذخیره رطوبتی کم و در آب و هواهای خشک با تبخیر بالا دارا می باشد. در مقایسه با آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای عملاً تحت‌تأثیر شرایط باد قرار نداشته و در مقایسه با آبیاری سطحی، کمتر تحت تأثیر بافت، توپوگرافی و یا ناهمواری‌های سطحی قرار دارد.

چنانچه آبیاری به مقداری انجام شود که از نیاز گیاه تجاوز نماید، منطقه خیس شده در زیر قطره‌چکان به سمت پایین کشیده شده و ممکن است در نهایت به شکل یک مجرا درآید که آب اضافی را پیش از رسیدن به ریشه‌ها زهکشی نماید (شکل1-8).



شکل 1-8 – الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای میان دو ردیف گیاه نزدیک به هم

با روش قطره‌ای، آبیاری گیاهانی که خیلی نسبت به شوری حساس نیستند، با استفاده از آب شور (با غلظت نمک حدود 1000 تا 2000 میلی گرم در لیتر) تا حدی امکان‌پذیر می شود. در این روش آبیاری، آب شور در تماس مستقیم با شاخ و برگ گیاهان نبوده و بنابراین همانند آبیاری بارانی، نمک باعث سوختن برگ‌ها نمی‌شود. از آنجایی که در این روش خاک در ناحیه خیس‌شده به طور مداوم مرطوب نگه داشته می شود، از تجمع نمک‌ها جلوگیری‌شده و شوری محلول در آب موجود درخاک منطقه ریشه، از شوری آبیاری آب آبیاری تجاوز نمی کند. در هر صورت چنانچه آب آبیاری شور باشد، مقداری از نمک‌های انتقال یافته توسط آب تمایل به جمع شدن پیرامون پیاز رطوبتی پیدا نموده و حلقه‌های

مشخصی از نمک در اطراف هر قطره‌چکان پدید می‌آید. در نـواحی کـه دارای بـارش فصـلی خوبی هستند، این حلقه‌های نمکی معمولاً سالانه شسته می‌شوند.

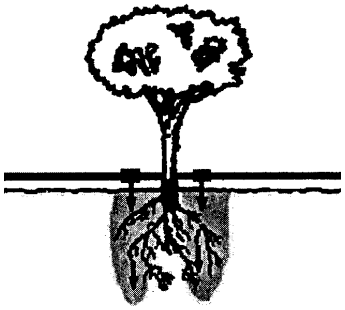
آبیاری قطره‌ای کامل می تواند به طور قابل توجهی هزینه‌های نیروی کار را کاهش دهـد، اما در مقابل نیاز به تکنسین‌های ماهر، منبـع آمـاده‌ای بـرای تـأمین قطعـات یـدکی و نیـز سرپرستی و نظارت دائم دارد. به طور قطع این سیستم به گونه‌ای نیست کـه پـس از نصـب بتواند بدون مشکل به عملکرد مطلوب خود ادامه دهد. قطره چکان‌ها باید به طور منظم مورد بازرسی قرار گرفته و هر وقت که انسداد یا خسارت مکانیکی به آنها وارد شد، تمیز یا تعویض گردند.

اگرچه لوله های پلاستیکی مورد استفاده در آبیاری قطره‌ای معمولاً مقاوم به هـوازدگی و انعطاف‌پذیر می باشند، اما چنانچه به صورت مکرر خم شده و یا لگد شوند، خسارت می‌بینند و ممکن است در اثر کاربرد وسایل و ماشین‌آلات عملیات نگهداری و یـا توسـط جونـدگان و پرندگان، سوراخ شده و یا آسیب‌ببیننـد. دفـن کـردن لولـه‌هـا در زمـین، طـول عمرشـان را افزایش می‌دهد، اما کار بازرسی و تعمیر در زمان صدمه دیدن را دشوارتر می‌سازد. مهم‌ترین جنبه نگهداری و حفظ سیستم آبیـاری قطـره‌ای، جلـوگیری از انسـداد توسـط ذرات معلـق (لجن)، میکرو ارگانیسم‌ها و نیز رسوبات شیمیایی نمـک‌هـا مـی‌باشـد. جلبـک و لجـن‌هـای بیولوژیکی، از طریق کلر زدن کنترل می‌شوند، لذا در آبیاری با استفاده از مخازن روباز که به لجن آلوده بوده و یا توسط گیاهان آبزی، به رنگ سبز روشن در آمده‌انـد، توجهـات ویـژه‌ای لازم است. برای جلوگیری از ته‌نشین شدن نمک‌هایی مانند کربنات سدیم می تـوان از روش اسیدی کردن آب در فواصل معین زمان استفاده نمود.

انواع ذرات معلق را می توان با استفاده از فیلترهای تـوری، فیلترهـای شـنی (متشـکل از شن و ماسه) و جداکننده‌های گریز از مرکز (سیلکون‌ها)، از آب ِآبیـاری جـدا نمـود. در واقـع استفاده از یک یا چند فیلتر ضروری می‌باشد. فیلترهای توری بسیار ظریف هستند و نیاز بـه

بازرسی و سرویس مکرر دارند. فیلترهای شن و ماسه‌ای ارزان هستند، اما به علت حجیم بودن موجب افت فشار می‌شوند. با مسدود شدن خلل و فرج فیلترهای شن و ماسه‌ای توسط ذرات جامد و یا لجن‌ها، افت فشار افزایش می‌یابد و میزان جریان کم می شود، بنابراین فیلترهای شن و ماسه‌ای نیاز به شستشوی مکرر و تعویض دوره‌ای دارند.

فاصله بین لوله‌ها، توسط فاصله ردیف‌های گیاه تعیین می‌شود. زیرا این لوله‌ها معمولاً در کنار هر ردیف قرار داده می‌شوند. در مورد گیاهانی با فاصله ردیفی نزدیک به هم، به منظور صرفه‌جویی می توان یک ردیف لوله را حذف نموده و دو ردیف گیاه را با یک ردیف لوله آبیاری نمود. البته انجام این امر در مورد درختان و درختچه‌های دارای فاصله زیاد، ممکن نمی‌باشد. در اصل آبیاری قطره‌ای بیشتر برای درختان و درختچه‌هایی که در ردیف‌ها و بسترهای عریض رشد می کنند، مناسب بوده و برای آبیاری گیاهان ردیفی نزدیک به هم که نیاز به مرطوب کردن یکنواخت کل حجم خاک دارد، مناسب نمی‌باشد (شکل 1-9).



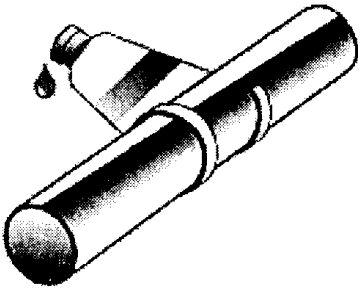
شکل 1-9 : الگوی توزیع رطوبت در طرفین یک درخت در آبیاری قطره‌ای

به طور کلی هزینه سرمایه‌گذاری سیستم آبیاری قطره‌ای، نسبتاً بالا می باشد. زیرا مقادیر زیادی لوله و وسایل جانبی برای انتقال آب به نقطه مورد نظر و نیز کنترل و توزیع مناسب آن مورد نیاز می باشد. علاوه بر این از آنجایی که سوراخ های خروجی قطره‌چکان‌ها باریک هستند، به تجهیزات فیلتری گران‌قیمت برای جلوگیری از انسداد نیاز دارند. از این رو سیستم‌های قطره‌ای حداقل نسبت به آبیاری سطحی خیلی گران‌تر می‌باشند. استفاده از

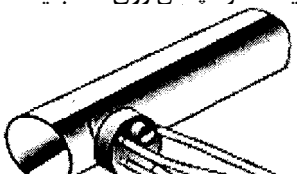
سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در صورتی که بتواند از تلفات آب و کاهش کیفیت زمین تحت آبیاری سنتی دائمی جلوگیری کند، ممکن است در طولانی مدت اقتصادی باشد. در هر صورت برای ایجاد سیستم آبیاری قطره‌ای کارآمد متناسب با شرایط آب و هوایی کشورهای خشک لازم است در جستجوی راه‌هایی برای ساده‌تر کردن سیستم و پایین آوردن قیمت آن از نظر نصب و کاربرد بود.

1-4-2-2. قطره‌چکان‌های ساده

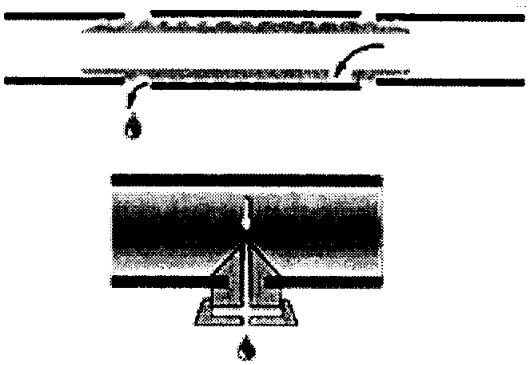
تجهیزات پیچیده سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که در کشورهای صنعتی تولید شده‌اند، این روش آبیاری را پیچیده‌تر و دشوارتر کرده‌اند. توجیه اصلی این پیچیدگی با هدف تمرکز سرمایه و انرژی در جهت کاهش هزینه‌های نیروی کار می باشد. از آنجایی که هزینه‌های نسبی لحاظ شده برای توسعه آبیاری برای کشورهای در حال توسعه غالباً برعکس کشورهای صنعتی می‌باشند، لذا باید نسبت به ساده کردن سیستم‌های آبیاری قطره‌ای توجه بیشتری مبذول شود. تلاش‌ها باید مستقیماً در جهت طراحی مجدد سیستم‌های قطره‌ای با هدف سهولت نصب و نگهداری سیستم، در حالی که مبانی اصلی سیستم یعنی تکرار زیاد، بالابردن راندمان و حجم کم آب آبیاری حفظ می‌شوند، باشد (شکل 1-10 الی 1-14).



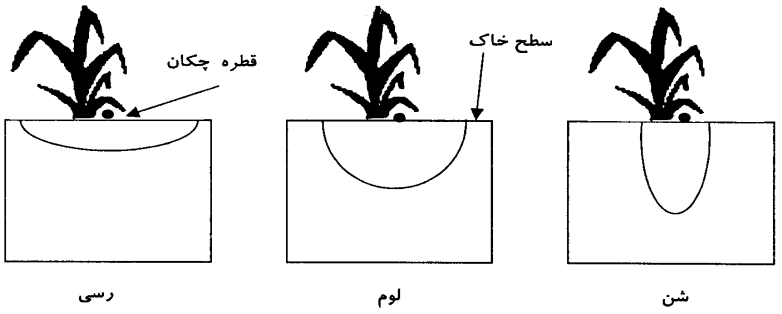
شکل 1-10 – یک قطره چکان روی خط با یک خروجی



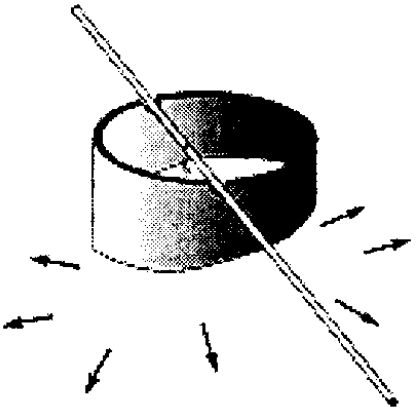
شکل 1-11: یک قطره چکان روی خط با چند خروجی



شکل 1-12: مقطع قطره چکان داخل خط با قابلیت جریان چرخشی و قطره چکان داخل خط با روزنه کوچک

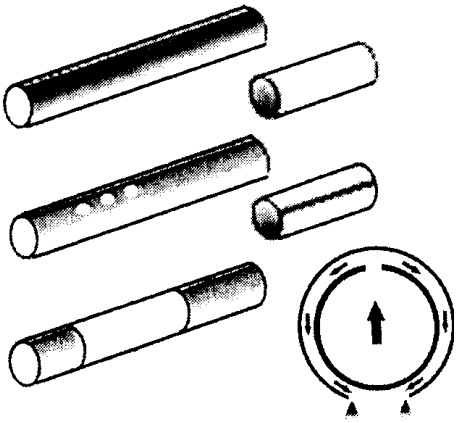


شکل 1-13– چگونگی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای در خاک های شنی، سیلتی و رسی

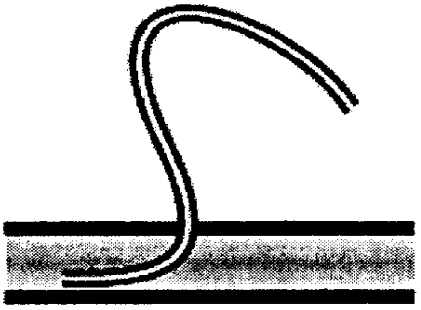


شکل 1-14– چگونگی انتقال رطوبت به خاک توسط حلقه مملو از شن که به عمق چند سانتی‌متر در خاک کوبیده شده است.

قطره چکان‌ها لزوماً نیاز به ساخت خیلی دقیق ندارند. آنها را می توان از طریق سوراخ کردن لوله‌های فرعی ایجاد نمود. برای ایجاد این سوراخ‌ها به شکل یکنواخت استفاده از سوراخ‌کن‌های لبه گرد استاندارد از نوعی که برای سوراخ کردن کمربندهای چرمی به کار می‌رود، توصیه می‌شود. برای جلوگیری از خروج زیاد آب و یا انسداد سوراخ‌ها، مصرف‌کننده می تواند از حلقه‌های بریده شده از همان لوله استفاده نموده و این حلقه‌های کوتاه را به صورت حلقه بریده شده از همان لوله استفاده نموده و این بریده‌های کوتاه را به صورت حلقه روی سوراخ قرار دهد. یک مصرف کننده می تواند با استفاده از آزمون و خطا و با مقدار اندکی هزینه، خروجی‌های مناسبی بسازد. علاوه بر این سرویس چنین خروجی‌هایی آسان بوده و خروجی‌ها، قرار دادن لوله‌ای باریک در داخل سوراخ‌های ایجاد شده در لوله های فرعی و سپس تنظیم طول لوله باریک برای رسیدن به میزان تخلیه مناسب و مطلوب می باشد (شکل‌های 1-15 و 1-16).



شکل 1-15: ساخت یک قطره‌چکان به وسیله سوراخ کردن لوله پلاستیکی و پوشاندن سوراخ با قطعه حلقوی از همان لوله



شکل 1-16 - ساخت یک قطره چکان به کمک لوله باریکی که در لوله آبده آبیاری قطره‌ای قرار داده شده است

در خطوط تحویل، نیاز به ایجاد فشار هیدرولیکی توسط پمپ‌های مکانیکی نمی باشد. فقط چند متر بالابردن مخزن در روی سطح زمین مورد آبیاری می تواند ارتفاع کافی برای آبیاری قطره‌ای یک ناحیه کوچک را ایجاد نماید. استفاده از لوله های با قطر بزرگ‌تر، یا خروجی با سوراخ های گشادتر و نیز آبیاری به مدت طولانی‌تر می توان جبران فشار کم در سیستم را بنماید. بدین ترتیب می توان به ویژه در جاهایی که زمین نسبتاً مسطح و لوله های فرعی خیلی طولانی و یا باریک نیستند، نیاز به تنظیم‌کننده‌های خیلی دقیق تنظیم فشار را مرتفع ساخت.

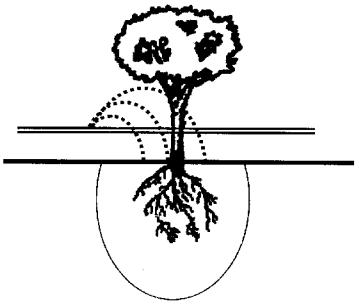
تصفیه فیزیکی می تواند از طریق گذاشتن یک ظرف پرشده از شن، در مسیر منبع آب و خطوط آبیاری انجام شود. در این روش ورود آب (گل آلود) از ته‌ظرف انجام یافته و در اثر جریان یافتن آب به سمت بالا از بین لایه‌های شن، آب صاف شده در بالا جمع می‌شود و به داخل خطوط آبیاری جریان می‌یابد. این فیلترها را می‌توان با استفاده از یک ظرف پلاستیکی و یا فلزی، در هر اندازه‌ای که برای میزان جریان و آلودگی آب مناسب و کافی باشد، ایجاد نمود. شن مورد استفاده باید از قبل با هدف حذف ذرات ریزتر شسته شده باشد و پس از شروع به استفاده نیز لازم است در فواصل معین و منظم مجدداً مورد شستشو و جایگزینی قرارگیرد.

اندازه گیری جریان یکی از نیازهای اساسی در مصرف بهینه آب می باشد. در مواردی که سیستم مجهز به کنتور اندازه‌گیری آب نیست، مقدار جریان باید با ثبت دوره زمانی هر آبیاری کنترل شود. حجم آب تخلیه شده در واحد زمان نیز به طور متناوب تعیین و مجدداً کنترل شده و به همین ترتیب لازم است یکنواختی توزیع دبی قطره‌چکان‌های درون هریک از خطوط سیستم تعیین و کنترل شود. حجم آب مصرفی در هر آبیاری باید با نیاز آبی محاسبه شده برای گیاهان فضای سبز در مرحله رشد و شرایط آب و هوایی (میزان بارندگی و تبخیر و تعرق پس از آبیاری قبلی) مطابقت داشته باشد.

3-2-4-1. ریز افشانه

ریز افشانه‌ها که آب‌پاش‌های کوچک نیز نامیده می‌شوند، در اصل در حالتی که آب صرفاً برای آبیاری بخشی از سطح زمین به کاربرده می شود، مشابه با سیستم های قطره‌ای می باشند. اما به جای چکیدن آب از سوراخ‌های خروجی باریک، آب به صورت فواره‌ای خیلی ظریف از طریق نازل میکرو افشانه پخش می شود. هر نازل می تواند یک ناحیه چند مترمربعی را آبیاری نماید که وسیع تر از ناحیه مرطوب شده توسط یک قطره چکان است.

بنابراین ریزافشانه‌ها می‌توانند حجم بیشتری از خاک را برای جذب آب و مواد غذایی از طریق ریشه‌های گیاه، مرطوب نمایند (بنابراین نیاز به استفاده از تعداد بیشتر قطره‌چکان را مرتفع می‌سازند). افزایش حجم خاک مرطوب شده به ویژه، برای درختان بزرگ حائز اهمیت می‌باشد (شکل 1-17).



شکل 1-17 – توزیع رطوبت در زیر یک ریز افشانه

یکی دیگر از مزایای مهم ریز افشانه‌ها، نسبت به سیستم های آبیاری قطره‌ای این است که به دلیل وجود سوراخ بزرگ‌تر در افشانک‌ها و میزان تخلیه زیادتر، خطر انسداد کاهش یافته و نیاز به استفاده از فیلترها و دشواری آن کمتر می باشد. به همین دلیل در این سیستم، هزینه‌های نصب تا حدی کمتر است. معذالک در این سیستم نیاز به فشار در حدود یک و یا دو اتمسفر کمتر از آبیاری بارانی است، اما هنوز نیاز به پمپاژ و یا یک مخزن به بلندی 10متر یا بیشتر در سیستم ضروری است.

از جنبه های دیگر آبیاری ریز افشانه این است که مزایای بالقوه آبیاری قطره‌ای یعنی تکرار زیاد، آبیاری با حجم کم، تزریق کود به داخل منبع آب را دارا می‌باشد. علاوه بر این سیستم های ریز افشانه را می‌توان با انطباق خوبی جهت آبیاری فضای‌سبزهای کوچک به کار برد.

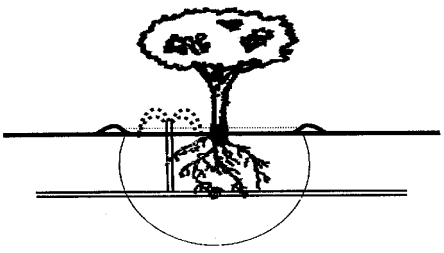
بدیهی است که باید معایب آبیاری ریز افشانه را نسبت به آبیاری قطره‌ای نیز در نظر گرفت. در این سیستم میزان تبخیر به علت افزایش منطقه خیس شده زمین، افشاندن آب

داخل هوای خشک و خیس کردن شاخ و برگ و کیفیت تاج گیاه افزایش می‌یابد. در آبیاری با ریز افشانه به دلیل خیس شدن برگ‌ها، استفاده از آب شور و وقوع بیماری های قارچی می‌تواند نسبت به آبیاری قطره‌ای مشکل‌سازتر باشد.

در سیستم‌های ریز افشانه نیز مشابه سیستم قطره‌ای از یک شبکه لوله استفاده می‌شود. در حال حاضر انواع گسترده‌ای از خروجی‌ها که عموماً با مواد پلاستیکی با دوام ساخته شده به صورت تجاری موجود می‌باشد. با این حال چون ساخت چنین افشانک‌هایی دشوار است، بنابراین استفاده از این روش نسبت به سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ساده شده و بیشتر به تولیدات پیش ساخته کارخانه‌ای وابسته است.

1-4-2-4. بابلرهای کم فشار

آبیاری بابلر، یک روش آبیاری با دفعات زیاد، حجم کم و در بخش محدودی از سطح زمین می باشد. در این روش با استفاده از لوله پلاستیکی دیواره نازک و موج‌دار ارزان با قطر کافی و با استفاده از فشار جزئی حاصل از یک مخزن کم ارتفاع، میزان سرمایه‌گذاری و انرژی مورد نیاز کاهش می یابد. آبیاری بابلر اساساً نوع اصلاح شده آبیاری قطره‌ای است که سیستم را کمتر به اجزاء پیچیده تولیدی صنعتی وابسته می‌سازد (شکل 1-18).



شکل 1-18: توزیع رطوبت در زیر یک بابلر کم فشار

در آبیاری بابلر از هیچ نوع خروجی استفاده نمی شود و آب به سادگی به صورت حباب از انتهای لوله های قائم خارج می‌گردد. این سیستم نیاز به تصفیه آب که در آبیاری قطره‌ای

یکی از مشکلات عمده است، ندارد. لوله‌های بابلر قائم (که به نـام لولـه‌هـای برخیزنـده و یـا ایستا نامیده می‌شوند) به‌قطر حدود 1 تا 3 سانتی‌متر می‌باشند که به لوله‌های فرعی آبیـاری دفن شده در خاک با قطر حداقل 10 سانتی‌متر اتصال یافته‌اند. بابلرها به تیرها (علمـک) بـا ارتفاع قابل تنظیم بسته شده و دبی آنها از طریق محاسبه و یا آزمون و خطا تنظیم می گردد و بنابراین آب به میزان دلخواه و مطلوب به زمـین داده مـی‌شـود. سیسـتم‌هـای بـابلر بـرای آبیاری گیاهانی با فاصله ردیف زیاد مانند درختان و یا درختچه‌ها مناسب بوده و در آن یـک لوله بابلر از طریق پر کردن حوضچه یا مخازن کوچک کم ارتفاعی که با ایجاد دیـواره خـاکی (پشته) ساخته شده‌اند، تأمین می‌شود. این حوضـچه‌هـا را مـی‌تـوان بـا دسـت و بـه‌صـورت دایره‌ای و یا مستطیلی ساخت (مشابه آبیاری تشتکی). بنابراین می‌توان با استفاده از وسـایل ساده مذکور، اصول یک آبیاری کارآمـد را بـه اجـرا درآورد. سیسـتم آبیـاری بـابلر بـه علـت سادگی و عدم وجود اجزاء ساخته شده استاندارد (مانند افشانک‌ها، لوازم تنظیم کننده فشار و فیلترها)، توسط فروشندگان لوازم به عنوان یک کالای تجاری مورد استقبال قـرار نگرفتـه است. شاید به همین دلیل است که بسیاری از مصـرف‌کننـدگان از مزایـای ایـن سیسـتم از جمله هزینه‌های پایین، نصب آسان و عملکرد آن مطلع نمی‌باشند.

5-2-4-1. تزریق کود

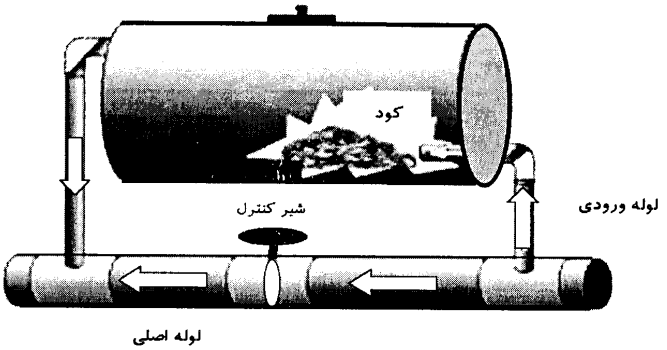
برخی از خاک‌های فضای سبز در کشور دارای حاصل‌خیزی پایینی می‌باشند. برخی خاک‌ها خصوصاً در مناطق پرباران آبشویی شده و لذا عموماً حالت اسـیدی و یـا مسـومیت ناشـی از آلومینیوم یا سولفات‌ها را دارند. خاک‌های منـاطق نیمـه گرمسـیری و خشـک دارای بافـت درشت و نیز مواد آلی کم هستند. چنین خـاک‌هـایی بـرای عملکـرد بهتـر و تـأمین امنیـت غذایی نیاز به اصلاح از طریـق مصـرف کودهـای آلـی یـا کودهـای شـیمیایی و سـایر مـواد شیمیایی دارند.

روش‌های متعارف مصرف کودها مانند پراکندن یکنواخت در سطح و یا از طریق دفن کود در کنار گیاهان ردیفی، سازگار با مساحت کم تحت آبیاری و یا آبیاری با حجم کم نمی‌باشند. برای حصول نتیجه بهتر، توزیع مکانی و زمانی کود در خاک باید مطابق با توزیع آب باشد.

در هر جا که آب فقط به بخشی از حجم خاک داده می شود، ریشه‌های گیاه در بخش خیس شده خاک متمرکز می‌گردند. بنابراین بسیار مهم است که اطمینان حاصل شود، منطقه ریشه دارای مواد غذایی کافی برای رشد گیاهان می‌باشد. پخش سطحی کود خشک نمی‌تواند ازاین نظر به ویژه در مورد روش‌های آبیاری زیرزمینی روش مناسبی باشد. تجربه نشان داده است که راندمان مصرف کود مانند راندمان مصرف آب، زمانی زیاد می‌شود که موادغذایی به آب آبیاری افزوده گردد.

ترکیب و به کارگیری هم زمان آب و کود به نام «کود آبیاری» نامیده می‌شود. مفهوم عمومی‌تر این واژه، واژه «شیمی آبیاری» است که به معنی انتقال مواد شیمیایی مختلف (شامل انواع کودها و سموم ضد آفات و بیماری‌های گیاهی) به منطقه ریشه گیاه به صورت محلول و از طریق آب آبیاری می‌باشد. از بین انواع مواد شیمیایی که در این رابطه کاربرد زیادی دارند، انواع علف‌کش‌ها برای مبارزه با علف های هرز، قارچ‌کش‌ها برای کنترل بیماری‌های قارچی و نماتوئیدها برای حفاظت ریشه‌های گیاه در برابر نماتودهای انگل را می‌توان نام برد.

در سیستم‌های آبیاری توسط لوله، عمل کود آبیاری را می‌توان به بهترین نحو از طریق یک مخزن تزریق کود به خط اصلی انجام‌داد (شکل 1-19).



شکل 1-19– تانک اختلاط کود برای تزریق مواد غذائی محلول (کود) به داخل لوله اصلی

ایجاد سیستم توزیع کود نسبتاً آسان است و نیاز به هیچ تجهیزات خاص ندارد و فقط با کمک یک مخزن مناسب (به حجم 20 تا 100 لیتر) ساخته شده از مصالح ضد زنگ که جریان آب از طریق آن صورت می گیرد، قابل انجام است. مخزن مذکور باید یک دریچه بزرگ برای ریختن و ترکیب کود و آب داشته باشد. برای سیستم‌هایی که به فیلتر نیاز دارند، مانند آبیاری قطره‌ای یا ریز افشانه باید کود از فیلتر رد شود تا از انسداد سوراخ‌ها توسط ذرات غیرمحلول جلوگیری به عمل آید.

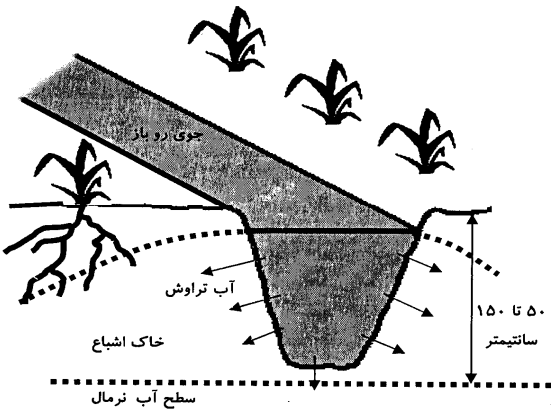
یکی از مواد اصلی مورد نیاز گیاه، ازت است که انواع معدنی آن (مانند سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، نیترات پتاسیم و اوره) به سهولت قابل حل در آب می‌باشند. کاربرد ازت اغلب منجر به رشد شدید قسمت‌های سبزینه‌دار گیاه، (به ویژه در گیاهانی که در خاک‌های شستشو شده حاوی مقادیر کم موادآلی هستند) می‌شود. با این حال گیاهانی که به آنها فقط کود ازته داده شده، ممکن است خیلی زود کمبود عناصر اصلی (فسفر و پتاسیم) و همین طور کمبود عناصر کمیاب را نشان دهند.

در صورت نیاز، پتاسیم را نیز می توان به صورت ترکیبات محلول از جمله کلراید، سولفات و یا نیترات پتاسیم در اختیار داشت. کودهای شیمیایی حاوی فسفر ممکن است برای قابل حل شدن، نیاز به اسیدی شدن داشته باشد. در خاک‌های گرمسیری با

حاصل‌خیزی خیلی کم، به علت کمبود عناصر مختلف ممکن است نیاز به پاشیدن هوائی کود با کمک اسپری باشد.

6-2-4-1. آبیاری زیرزمینی از طریق کنترل سطح ایستابی

آبیاری زیرزمینی، با این روش از طریق تأمین آب در منطقه ریشه گیاه به کمک تنظیم ارتفاع سطح ایستابی به صورت مصنوعی صورت می‌گیرد. این روش در مواردی که سطح ایستابی به طور طبیعی بالا می‌باشد، مانند امتداد دره‌های رودخانه‌ای و یا در جلگه‌ها و دشت‌هایی که بر روی لایه غیر قابل نفوذ قرار دارند، به کار برده می‌شود (شکل 1-20).



شکل 1-20 : بالا و پائین بردن سطح آب به منظور آبیاری زیر زمینی، به کمک کنترل سطح آب در نهرهای موازی

دراین روش نهرهای روباز معمولاً تا عمقی زیر سطح ایستابی حفر می‌شوند و سطح آب توسط دریچه و یا دیواره‌های قابل تنظیم کنترل می‌شود. در این حالت از نهرهای حفر شده می توان هم برای زهکشی آب اضافی استفاده نموده و توسط آن سطح ایستابی در طی دوره‌های مرطوب را پائین‌نگاه‌داشت (زهکشی) و هم برای بالا بردن سطح ایستابی در طی دوره‌های خشک و مرطوب نمودن منطقه ریشه از زیر بهره جست (آبیاری).

معایب این نهرهای روباز این است که زمین را قطع نموده و موجب سختی عملیات احداث و نگهداری می‌شوند. همچنین با حفر این نهرها درصد قابل‌توجهی از سطح زمین از زیر کشت خارج می‌شود.

روش دیگر قرار دادن لوله های متخلخل یا مشبک در زیر سطح ایستابی با خروجی‌های قابل کنترل (معمولاً لوله های پلاستیکی موجدار) می باشد. زمانی که خروجی‌ها باز است، لوله مانند زهکش عمل نموده وهنگامی که خروجی‌ها بسته‌اند، سطح ایستابی بالا می‌آید. معذالک نصب لوله های زیر زمینی گران‌تر بوده و نگهداری از آنها نیز دشوارتر است، زیرا که اغلب بر اثر رسوب ذرات خاک و یا اکسید آهن مسدود می‌شوند.

1-5. خلاصه‌ای از روش‌های آبیاری در فضای سبز شهری و فراشهری

1-5-1. روش‌هایی که به طور کامل مبتنی بر مصالح و نیروی کار محلی هستند

- کوزه‌های سرامیکی متخلخل که با حرارت کم پخته شده و بر روی سطح زمین و یا در داخل خاک در منطقه ریشه نصب شده‌اند. این ظروف گلی زمانی که از آب و کودهای محلول پر می‌شوند، آب و مواد غذایی را به داخل خاک نشت می‌دهند.
- لوله‌های سرامیکی قطعه‌ای که به طور خطی نصب شده و مواد غذایی را به ردیف‌های گیاه می‌رسانند.

2-5-1. روش‌های مبتنی بر مصالح وارداتی اما ساخت محلی

- لوله های پلاستیکی سوراخ شده به صورت دستی به عنوان سیستم آبیاری قطره‌ای در روی زمین قرار داده می‌شوند.

- قطعات لوله های پلاستیکی (ویا حتی ظروف پلاستیکی مازاد مانند بطری‌ها) که به صورت قائم در زمین نصب می‌شوند.

- - ظروف پلاستیکی با دیواره نازک، برای جلوگیری ازشکستن و تأمین مقاومت با شن و یا ماسه پر می‌شوند.

- پوسته‌های پلاستیکی شکاف‌دار که برای جلوگیری از ورود ریشه به سوراخ های خروج آب، روی لوله‌های متخلخل کشیده می‌شوند.

- فیلترهای شنی، مانع انسداد یافتن خروجی‌ها توسط ذرات معلق و یا جلبک ها می‌شوند.

- مخازن کمکی که برای حل کردن و وارد کردن کود به داخل آب آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- لوله‌های عمودی که برای انتقال آب از لوله‌های زیر زمینی به حوضچه‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

3-5-1. روش‌های مبتنی بر قطعات وارداتی

- مجموع قطره‌چکان‌ها و ریز افشانه‌ها که تحت کنترل و بازرسی دقیق ساخته و نگهداری می‌شوند.

- تجهیزات جانبی مانند فیلترهای توری یا شنی، دریچه‌ها یا شیرهای اندازه‌گیری، تنظیم کننده‌های فشار و تزریق‌کننده‌های کود که به شکل‌های مختلف و متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- کنترل دقیق آب زیر زمینی کم عمق، یک وظیفه دشوار و حساس بوده و ممکن است دارای خطرات جدی باشد. عمق بهینه سطح ایستابی در حدود 30 تا 60 سانتی‌متر در زیر منطقه ریشه می باشد. سطح ایستابی بالاتر باعث اشباع خاک می‌شود، تهویه خاک را محدود می‌کند و موجب افزایش صعود مویینه‌ای و تبخیر در سطح شده و در نتیجه تجمع نمک

می‌گردد. از طرف دیگر، نگه داشتن سطح ایستایی در عمق خیلی کم ممکن است گیاه را از رطوبت مورد نیاز محروم نماید. با رشد گیاه، میزان کشش رطوبت آن افزایش یافته و سیستم ریشه به سمت پائین توسعه می‌یابد، بنابراین سطح آب پایین می‌افتد، مگر اینکه عمداً و آگاهانه بالا نگه داشته شود.

از آنجایی که منبع آب در زیر منطقه ریشه قرار دارد، تأمین آب برای ریشه‌ها توسط عمل موئینه‌ای صورت می‌گیرد. از این رو عملکرد سیستم به خصوصیات جذب خاک بستگی دارد. یک خاک ریز بافت (خاک رسی) تمایل به اشباع شدن و جلوگیری از تهویه دارد و همچنین خاک رسی جریان آب را هم در آبیاری زیرزمینی و هم در زهکشی کم می‌کند. در چنین خاکی فاصله نهرها یا لوله‌های زیر زمینی باید نزدیک‌تر باشد. از طرف دیگر، یک خاک درشت (شنی) مقدار بسیار کمی آب در خود نگه داشته و تمایل به خشک شدن دارد.

در پایان این فصل، مجدداً متذکر می‌شود همچون موارد دیگر آبیاری، هیچ جانشینی برای تجربه محلی در کنترل آب بر اساس دانش و اطلاعات، شرایط خاک محل و نیازهای گیاهی وجود ندارد.

خلاصه

شما در این بخش آشنا شدید با :

1. پیش فرض‌ها، پیش نیازها و معیارهای اساسی مورد نیاز برای انتخاب و طراحی یک سیستم آبیاری برای یک قطعه فضای‌سبز
2. الزامات و موارد مورد نیاز و استانداردهای موجود برای تهیه گزارشات و نقشه‌های طرح‌های آبیاری فضای سبز
3. عوامل تأثیرگذار در روند شکل‌گیری و طراحی سیستم‌های آبیاری فضای سبز

4. بررسی و مقایسه اقتصادی روش‌های پیشنهادی آبیاری فضای سبز
5. روش‌های گوناگون آبیاری فضای سبز در طیف گسترده‌ای از آبیاری باستانی (روش کوزه‌های سفالی مدفون) تا جدیدترین متد آبیاری فضای سبز (لوله‌های تراوا)

آزمون

1. چهار شیوه به کار بردن آب در فضای سبز را نام ببرید؟
2. معیارهای اساسی برای انتخاب و طراحی یک سیستم آبیاری را نام ببرید؟
3. ده مورد از اطلاعات مورد نیاز برای طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار را نام ببرید؟
4. مقیاس عکس‌های هوائی مورد نیاز در مرحله شناسائی، توجیهی و تفصیلی مطالعات را ذکر کنید؟
5. مقیاس نقشه‌های ارائه در گزارش مراحل شناسائی، توجیهی و تفصیلی را به تفکیک بیان کنید؟
6. در روش مقایسه اقتصادی انتخاب روش آبیاری درآمدها و هزینه شامل چه مواردی است خلاصه‌وار بیان کنید؟
7. سه مورد از روش‌های آبیاری قابل توصیه برای فضای سبز را نام ببرد و هریک را به اختصار شرح دهید؟
8. مزایای تزریق کود در آب آبیاری را شرح داده و به اختصار مکانیسم آنرا تشریح کنید؟

فصل دوم

اصـــــول فنـــــی و طراحـــــی

سیستم‌های آبیاری فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

1. عوامل تأثیرگذار در طراحی هر یک از سیستم های آبیاری فضای سبز
2. نیاز آبی یک قطعه فضای سبز

2-1. دیباچه

هر سیستم آبیاری باید طوری طراحی شود که آب مورد نیاز یک قطعه فضای‌سبز را به مقدار کافی و در زمان معین تأمین نماید. گرچه تأمین و انتقال آب به یک قطعه فضای سبز بخشی از یک طرح آبیاری به شمار می‌رود، اما آنچه در اینجا به عنوان سیستم آبیاری مورد نظر ما می‌باشد، تمهیداتی است که در داخل یک قطعه فضای‌سبز به کار بسته می‌شود تا آب در اختیار گیاه قرارگیرد. از طرف دیگر، طرح آبیاری باید به گونه‌ای باشد که بتوان مدیریت‌های لازم را در یک قطعه فضای‌سبز اعمال کرد. از جمله این مدیریت‌ها می‌توان به کم- آبیاری‌ها، آبیاری‌های تکمیلی، آبیاری یک در میان ردیف های کشت و امثال آن اشاره کرد. سیستم آبیاری باید حتی‌الامکان قابلیت انعطاف داشته باشد تا در صورت نیاز بتوان تغییراتی را در آن داده و یا با حداقل هزینه سیستم را تعویض نمود. بنابراین در سیستم آبیاری باید وسایل اندازه‌گیری و تنظیم و جابجائی جریان آب وجود داشته باشد. چون سیستم‌های آبیاری بعضاً برای اهداف دیگری هم ممکن است طراحی شوند، لذا وضعیت‌هایی از قبیل آبیاری به منظور کنترل فرسایش خاک، آبیاری به منظور جلوگیری از یخزدگی گیاهان فضای‌سبز، آبیاری به منظور تسهیل در جوانه‌زنی و یا پخش کود نیز باید در نظر گرفته شوند.

2-2. اجزای سیستم آبیاری[1]

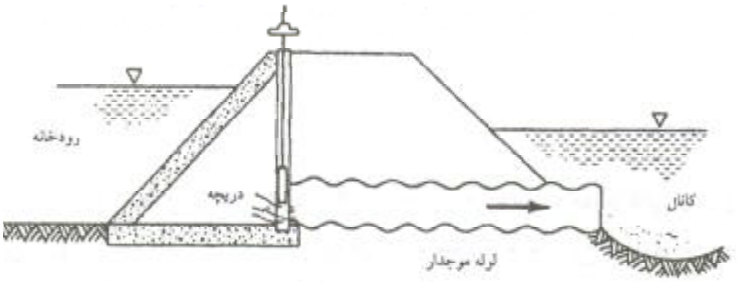
برای تأمین آب و انتقال آن به یک قطعه فضای‌سبز و توزیع آن در سطح زمین بسته به شرایط و وضعیت‌های مختلف روش‌های گوناگونی به کار گرفته می‌شوند. آب ممکن است از رودخانه تأمین شود که در این صورت یا از بندهای انحرافی[2] استفاده می‌شود و یا آب به کمک پمپ از رودخانه بالا آورده می‌شود. اما اگر منبع آب چاه و لایه‌های آبدار زیرزمینی باشد، در این صورت ناچاراً باید از پمپ استفاده کرد.

بند انحرافی ابنیه‌ایست که سطح آب در یک آبراهه را به اندازه کافی بالا می‌آورد تا آب بتواند از طریق دهانه‌های آبگیر[3] وارد کانال یا لوله شده و به یک قطعه فضای‌سبز انتقال یابد. در شکل 2-1 تیپ یک دهانه آبگیر که در آن آب از طریق یک قطعه لوله موج‌دار وارد کانال آبیاری می‌شود، مشاهده می‌گردد. زمین‌های زیردست دهانه‌های آبگیر را که می‌توانند با آب حاصله از این دهانه آبیاری شوند، اراضی بار آبگیری[4] گویند. تا حد امکان باید سعی شود دهانه‌های آبگیر در مکانی باشد که وسعت بیشتری از فضای‌سبز تحت آبیاری قرارگیرد.

---

1. ر.ک :
- سازمان برنامه و بودجه–وزارت نیرو«فهرست خدمات مرحله یک(توجیهی)طرح های آبیاری و زهکشی»،دفتر فنی،ش93، تهران، 1363
- سازمان برنامه و بودجه، «ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : مشخصات فنی عمومی»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش108، تهران، 1373
- علیزاده، امین، طراحی سیستم های آبیاری، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چپنجم، مشهد، 1383

2. diversion dam
3. turnout
4. command area



شکل 2-1: یک دهانه آبگیر ساده برای واردشدن آب از رودخانه به داخل کانال آبیاری

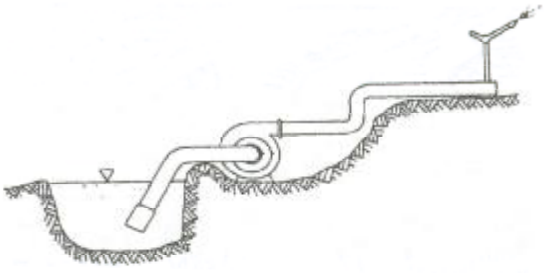
پمپ‌ها در وضعیتی به کار برده می‌شوند که سطح آب در منبع اصلی پائین‌تر از سطح یک قطعه فضای‌سبز بوده و یا بخواهیم از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار استفاده کنیم. ایستگاه‌های پمپاژ معمولاً از یک یا چند پمپ سانتریفوژ (گریز از مرکز) افقی یا عمودی تشکیل شده‌اند که با نیروی برق یا مولدهای احتراق داخلی کار می‌کنند. پمپ‌های سانتریفوژ افقی غالباً برای بالا کشیدن آب از کانال استفاده می‌شوند که در این صورت یا در بالای سطح آب نصب می‌گردند و یا اینکه در حفره‌ای قرار می‌گیرند تا محور پمپ از نظر رقومی زیر سطح آب قرارگیرد (شکل 2-2). پمپ‌های سانتریفوژ عمودی نیز برای بالا آوردن آب از منابع سطحی و یا برای استخراج آب از منابع زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل 2-3).

انتقال آب از منبع تا یک قطعه فضای‌سبز ممکن است توسط کانال‌های روباز و یا لوله‌های تحت فشار صورت گیرد. گاهی اوقات نیز آب توسط لوله‌های نیمه‌پر و یا آبراهه‌ای سرپوشیده انتقال پیدا می‌کند که به آنها لوله‌های کم فشار[1] هم گفته می‌شود. سیستم انتقال آب، بسته به اینکه آبراهه روباز و یا لوله‌های تحت فشار باشد، دارای ابنیه و تجهیزات مخصوص است تا بتوان آب را در طول مسیر انتقال تحت کنترل و اندازه‌گیری قرار داد. از

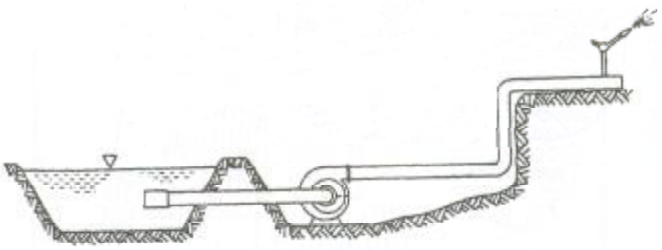
1. low head pipeline

جمله این تأسیسات می‌توان به وسایل اندازه‌گیری، آبشارها، مقسّم‌ها و آبگیرهای فرعی اشاره کرد.

پس از آنکه آب به یک قطعه فضای‌سبز رسید با سیستم‌های مختلف در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش می‌شود. سیستم‌های سطحی یا ثقلی[1]، سیستم‌های بارانی[2] و سیستم‌های قطره‌ای یا خرد آبیاری[3] سه روش عمده توزیع آب در سطح یک قطعه فضای سبز می‌باشند.



الف) پمپ بالای سطح آب مستقر است.



ب) رقوم محور پمپ زیرسطح آب قرار می‌گیرد.

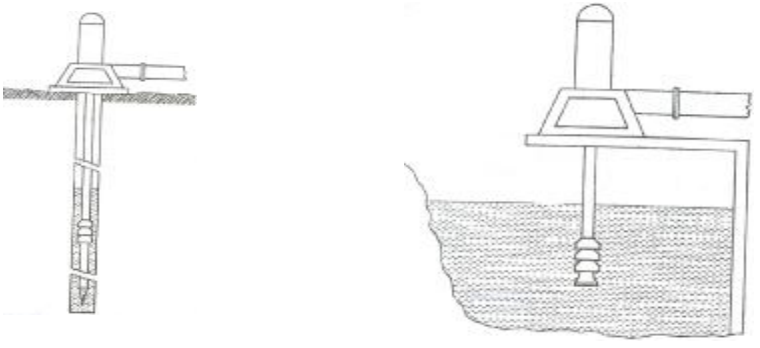
شکل 2-2: طرز قرارگرفتن پمپ های سانتریفوژ افقی

این سیستم‌ها هیچ کدام بر دیگری ارجحیت نداشته و هر کدام دارای محاسن و معایبی می‌باشند که باید متناسب با شرایط طبیعی، فنی، اقتصادی و اجتماعی و دیگر عوامل مؤثر

1. gravity
2. sprinklers
3. micro

یکی از آنها را انتخاب نمود. مثلاً در زمین‌هایی که شیب آنها کمتر از 2درصد بوده و یا در مواردی که کارگر فراوان در اختیار است، سیستم‌های سطحی مناسب‌تر می‌باشند. به خصوص اینکه سرمایه‌گذاری اولیه برای این سیستم‌ها نیز اندک است. حال آنکه در اراضی سبک با نفوذپذیری زیاد و یا اراضی شیب‌دار و فرسایش‌پذیر می‌توان از سیستم‌های بارانی استفاده کرد. اما هزینه و سرمایه‌گذاری اولیه در این سیستم‌ها بیشتر از سیستم‌های ثقلی است. در وضعیتی که ارزش آب زیاد بوده و مقدار آن نیز کم باشد و یا آنکه آب شور بوده و بخواهیم فقط برای هر بوته یا درخت به تنهائی آب را تأمین کنیم، روش آبیاری قطره‌ای ارجح است.

آخرین قسمت از یک سیستم آبیاری بخشی است که آب اضافی باید از یک قطعه فضای‌سبز خارج شود. معمولاً این بخش نادیده گرفته شده و حتی ممکن است از خروج آب اضافی از زمین جلوگیری شود. مثلاً غالباً مشاهده می‌شود که انتهای کرت‌ها یا ردیف‌های کاشت را سد کرده و مانع خروج آب اضافی از زمین می‌گردند و چنین تصور می‌کنند که بدین صورت جلو تلفات آب گرفته می‌شود.



الف) برای بالاآوردن آب از منابع سطحی ب) جهت استخراج آب از منابع زیرزمینی

شکل 2-3- پمپ‌های سانتریفوژ عمودی

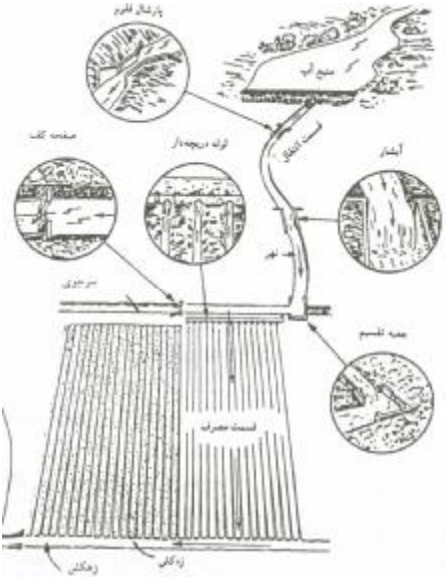
حال آنکه در این وضعیت قسمت انتهایی یک قطعه فضای‌سبز غرقاب شده و باعث خفگی گیاه و از بین رفتن آن می‌گردد. در صورتی که باید به این نکته مهم توجه شود که

زه آب، بخشی از آب آبیاری بوده و همان‌طور که در تأمین آب برای یک قطعه فضای‌سبز دقت می‌شود، در خروج و زهکشی آب اضافی نیز باید دقت کافی به عمل آمده و تمهیدات لازم برای انجام آن در نظر گرفته شود. به‌طور خلاصه یک طرح آبیاری مطابق شکل 2-4 از سه قسمت عمده تشکیل شده است که عبارتند از:

- قسمت انتقال[1]
- قسمت مصرف[2]
- قسمت پایاب[3]

در قسمت انتقال، آب پس از وارد شدن به یک قطعه فضای‌سبز با نهرهای کوچک[4] توزیع می‌شود. به‌طوری که در بالای هر قطعه زمین یک نهر[5] قرار می‌گیرد تا آب از آن توسط سیفون، لوله دریچه‌دار و یا وسایل دیگر وارد یک قطعه فضای‌سبز شود. قسمت مصرف همان یک قطعه فضای‌سبزی است که سیستم آبیاری برای آن طراحی می‌شود و بخش پایاب مشتمل بر شبکه‌ای از زهکش‌های فرعی و اصلی است که آب اضافی را از یک قطعه فضای‌سبز خارج می‌سازد.

1. delivery part
2. application part
3. disposal part
4. field ditch
5. head ditch



شکل 2-4: اجزاء مختلف یک سیستم آبیاری

2-3. معیارهای طراحی[1]

طراحی سیستم‌های آبیاری در یک قطعه فضای‌سبز باید بر اساس وضعیت فیزیکی و اقتصادی حاکم بر سیستم بهره‌بردار و میزان اهمیت آن قطعه فضای‌سبز صورت گیرد. از نظر فیزیکی عواملی مانند آب و هوا، خاک، پستی و بلندی زمین، موقعیت ساختمان‌ها و موانع داخلی یک قطعه فضای‌سبز، جاده‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها در نظر گرفته می‌شوند. در ابعاد اقتصادی مسایلی مانند هزینه‌های سوخت و انرژی، اجاره ادوات، زمین و مستقلات،

---

14. ر.ک :

- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی*»، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش106، تهران، 1373
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی*»، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ش281، تهران، 1383
- دونین، ال دی و همکاران، ترجمه : راهدار، محمدرضا، *آبیاری و مدیریت آب*، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چدوم، اهواز، 1384

دستمزد کارگرها و میزان اهمیت قطعه مورد بررسی قرارمی‌گیرند. وظیفه طراح آن است که در سیستم پیشنهادی خود بین این عوامل هماهنگی لازم را برقرارنماید. برای این منظور باید به ترتیب قدم‌هایی برداشته و به اجرا درآید که خلاصه آن به شرح زیر است:

1. جمع‌آوری داده‌های مورد لزوم در مورد آب و هوا، خاک، گیاه و هزینه های اقتصادی
2. مشخص کردن منبع آب از نظر کمی و کیفی در طول سال
3. به دست آوردن حداکثر نیاز روزانه آبیاری در طرح
4. طراحی گزینه‌های مختلف سیستم‌های آبیاری در یک قطعه فضای‌سبز
5. ارزیابی عملکرد هریک از گزینه‌های طراحی شده
6. مشخص کردن هزینه‌های سالانه درهریک از گزینه‌های طراحی شده و تحلیل اقتصادی
7. انتخاب مناسب‌ترین سیستم طراحی شده

جمع‌آوری اطلاعات و داده های موردنیاز هرطرح بستگی به موقعیت ویژه آن طرح دارد.

علاوه بر داده‌های رسمی مانند آمار هواشناسی و... طراح می‌تواند با تکمیل پرسشنامه‌های مناسب اطلاعات محلی را نیز جمع‌آوری و در طرح خود از آنها استفاده نماید. تأثیر منبع آب و خصوصیات کیفی و کمّی آن نیز در طرح متفاوت می‌باشد.

2-4. حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح[1]

جریانی که سیستم آبیاری باید توان تأمین آن را داشته باشد تا آبیاری یک قطعه فضای‌سبز به‌مقدار مورد نظر صورت گیرد، حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح[2] نام دارد که با علامت اختصاری DDIR نشان داده می‌شود. در واقع سیستم آبیاری بر اساس DDIR طراحی می‌شود. حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح بر اساس بالاترین شدت تبخیر – تعرق روزانه گیاه تعیین می‌شود. ولی در پاره‌ای موارد مانند آبیاری‌های اولیه (خاکاب) و یا شالی کاری حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح براساس مقدار آب مورد نیاز در زمان آماده‌سازی زمین به دست می‌آید که بیشتر بستگی به شرایط محلی داشته که این موارد استثنا بوده و در این‌جا ما فرض می‌کنیم که عامل اصلی در تعیین DDIR همان تبخیر–تعرق (ET) باشد.

حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح معمولاً برحسب میلی‌متر در روز یا لیتر درثانیه در هکتار که همان مدول آبیاری می‌باشد، سنجیده می‌شود. حداکثر نیاز روزانه بستگی به نوع گیاه، آب و هوا و خاک دارد. مقدار DDIR برای گیاهانی که ریشه سطحی دارند، بیشتر از گیاهانی است که ریشه آنها عمیق است. زیرا در مورد گیاهانی که ریشه عمیق دارند، چنین فرض می‌شود که گیاه قادر است از عمق زیادتر آب مورد نیاز خود را تأمین نموده و لذا

---

15. ر.ک :

- جنسن، ماروین، ترجمه: مالک، اسماعیل، *آب مصرفی گیاهان و آب مورد نیاز برای آبیاری*، مرکز نشر دانشگاهی، چاول، تهران، 1365
- خیرابی، جمشید و همکاران، *بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن – مانتیس با روش های فائو 24 در ایران*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش61، تهران، 1381
- علیزاده، امین و همکاران، *نیاز آبی گیاهان در ایران*، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاول، مشهد، 1386
- فلاحیان، افشین، *تقویم باغبانی و فضای سبز*، انتشارات جهاد دانشگاهی، چاول، مشهد، 1385
- مجموعه مقالات، «*سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری*»، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، کیش، 1386

2. Design Daily Irrigation Requirement

کمتر صدمه خواهد دید. هم‌چنین DDIR در مناطق خشک با تبخیر – تعرق بالا بیشتر از مناطق مرطوب است. اگر گیاه در زمینی که ظرفیت نگهداری رطوبت در آن کم است کشت شده باشد (خاک های شنی)، مقدار DDIR زیادتر از خاک‌های رسی و سنگین خواهد بود. زیرا فاصله بین آبیاری‌ها در خاک‌های سنگین بیشتر بوده و لذا متوسط نیاز روزانه آبیاری در دوره‌های آبیاری طولانی‌تر، کمتر می‌باشد.

برای به دست آوردن DDIR ابتدا تبخیر – تعرق روزانه گیاه (ET) در طول دوره رشد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ET = K_c(ET_0)$$ رابطه 2-1

که ET0 تبخیر – تعرق گیاه مرجع و Kc ضریب گیاهی است. سپس نیاز روزانه آبیاری (DDIR) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$DDIR = D_{rz}(\theta_f - \theta_i) + ET + LR - P_e$$ رابطه 2-2

در این رابطه :

D_{rz} = عمق توسعه ریشه ها

θ_f = درصد حجمی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (اعشار)

θ_i = درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری (اعشار)

ET = تبخیر - تعرق روزانه گیاه

LR = نیاز آبشویی

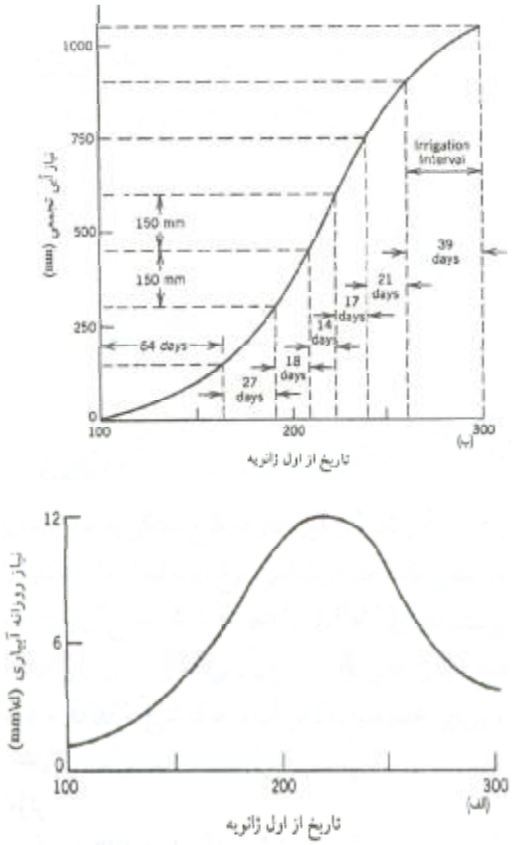
P_e = باران مؤثر

پس از به دست آوردن DDIR تغییرات آن در طول دوره رشد به صورت نمودار یا جدول رسم می‌شود. شکل 2-5 الف تغییرات نیاز روزانه آبیاری را در مورد یک گیاه به صورت نمودار نشان می‌دهد. DDIR معمولاً برابر حداکثر نیاز روزانه آبیاری درنظر گرفته می‌شود که برای به دست آوردن آن باید منحنی تجمعی نیاز آبیاری نیز رسم گردد. در

شکل 2-5 ب نمودار تغییرات نیاز آبیاری به صورت تجمعی رسم شده است. پس از این مرحله رطوبت سهل‌الوصول (RAW) را که می‌تواند توسط گیاه از خاک خارج شود محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه RAW لازم است عمق ریشه‌ها (D_{rz})، درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی (FC)، درصد حجمی رطوبت در حد پژمردگی (PWP) و حداکثر تخلیه مجاز (MAD) در اختیار باشد. دراین‌صورت :

$$RAW = (MAD)\ (D_{rz})\ (FC - PWP) / 100$$ رابطه 2-3

مقادیر MAD، FC و PWP برای هر نوع گیاه و خاک اعداد ثابتی هستند که مقادیر آنها برای خاک‌های مختلف محاسبه و مراجع ارائه شده است. ولی چون عمق توسعه ریشه‌ها مرتب در حال تغییر است، برای طراحی حداکثر D_{rz} درنظر گرفته می‌شود. مقدار RAW به ما خواهد گفت که در هر آبیاری چقدر آب می‌تواند توسط گیاه از زمین خارج شده و لذا همین مقدار باید توسط آبیاری تأمین گردد. پس از محاسبه RAW از مبدأ مختصات شروع کرده و محور y ها را به قطعاتی که اندازه هرکدام RAW باشد تقسیم می‌کنیم (شکل 2-5 ب). آنگاه از محل هرکدام از قطعات خطوط افقی اخراج می‌کنیم تا منحنی نیاز آبی تجمعی را در نقاطی قطع کند. از محل نقاط این تلاقی خطوط عمودی را اخراج می‌کنیم تا محور افقی را به قطعاتی که نامساوی خواهندبود، تقسیم نمایند. کوچک‌ترین قطعه را به عنوان دور آبیاری انتخاب می‌کنیم. مثلاً اگر RAW برابر 150 میلی‌متر باشد، در نوبت اول با توجه به نیازآبیاری 64 روز طول می‌کشد تا این مقدار به مصرف برسد. به عبارت دیگر در آبیاری اول طول دوره آبیاری می‌تواند 64 روز باشد. حال آنکه در آبیاری دوم به ازاء استفاده همین 150 میلی‌متر طول، دوره آبیاری به 27 و سپس 18 و 14 روز کاهش‌یافته و دوباره با توجه به شکل منحنی مقدار آن افزایش و به17 و 21 و 39 روز می‌رسد.



شکل 2-5- منحنی تغییرات نیاز روزانه آبیاری و نیاز روزانه تجمعی

بدین ترتیب می‌توانیم کوتاه‌ترین دوره آبیاری(II_{min}) از نظر طراحی را به دست آوریم که همان14 روز می‌باشد. از تقسیمRAW بر کوتاه‌ترین دوره آبیاری (II_{min}) که از شکلی مشابه شکل 2-5 ب به دست می‌آید ،حداکثر نیاز روزانه آبیاری طرح مشخص می‌گردد.

رابطه 2-4 $$DDIR=\frac{RAW}{II_{\min}}$$

آنچه تاکنون گفته شد مربوط به قطعات فضای‌سبز یکسان و توده کاری‌های همسان است، اما از آنجا که در یک قطعه فضای سبز، عموماً چند گیاه زینتی وجود دارد که اگر مساحت هر کدام از آنها A_i و نیاز روزانه آبیاری آنها $DDIR_i$ باشد، طریقه محاسبه

حداکثر نیاز روزانه آبیاری یک قطعه فضای‌سبز باید به گونه‌ای دیگر انجام شود. بدین ترتیب که ابتدا برای هر کدام از گیاهان یک قطعه فضای‌سبز نیاز آبیاری در هر روز محاسبه شود. سپس نیاز آبیاری روزانه یک قطعه فضای‌سبز که در آن تمام گیاهانی که هم‌زمان آبیاری می‌شوند در نظر گرفته شده‌اند، از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$(DDIR_f)_J = \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i)(DDIR_i)_J}{\sum_{i=1}^{n}A_i}$$ رابطه 2-5

که در آن:

$(DDIR_f)_J$ = نیاز روزانه آبیاری یک قطعه فضای‌سبز در هر یک از روزها از شروع دوره رشد

$DDIR_i$ = نیاز روزانه آبیاری هر کدام از گیاهان

A_i = مساحت مربوط به سطح زیر کشت هر کدام از گیاهان فضای‌سبز

n = تعداد گیاهانی که هم‌زمان در یک قطعه فضای‌سبز کشت می‌شوند

J = روز از شروع دوره رشد

i = نمایه مربوط به هر کدام از گیاهان زینتی

بالاترین مقدار به دست آمده برای $DDIR_f$ حداکثر نیاز روزانه آبیاری در یک قطعه فضای‌سبز $(DDIR_f)_J$ خواهد بود که باید ملاک طراحی قرارگیرد.

در طراحی قطعات فضای‌سبز بزرگ توصیه می‌شود که حداکثر نیاز روزانه آبیاری بر اساس آمار هواشناسی برای سال‌های مختلف آماری محاسبه و سپس فراوانی وقوع آنها مورد بررسی قرارگیرد. بدین صورت‌که DDIR بر اساس روش‌های معمول احتمالاتی برای دوره‌های برگشت مختلف (مثلاً 2، 5، 25 و 50 سال) محاسبه شده و سپس عددی را برای

DDIR انتخاب کنیم که در متوسط سال‌های خشک (احتمال 75 درصد) نیز آب یک قطعه فضای‌سبز تأمین گردد.

برای محاسبه حداکثر نیاز آبیاری طرح از روش مدول آبیاری نیز می‌توان استفاده کرد. فرض کنید در یک قطعه فضای‌سبز الگوی کشت به نحوی است که 50 درصد اراضی به چمن، 30درصد به گیاهان فصلی و 20درصد به درختان و درختچه‌ها اختصاص دارد. بنابراین ازهریک هکتار زمین 0/5 هکتار آن به چمن، 0/3 هکتار به گیاهان فصلی و 0/2 هکتار آن به درختان و درختچه ها اختصاص دارد که می‌توانیم برای مثال مدول آبیاری را مطابق جدول 2-1 تنظیم کنیم. (لازم به ذکر است این اعداد برای تفهیم مطلب بوده و در عمل می بایست برای هر یک از این گیاهان مدول آبیاری محاسبه گردد)

جدول2-1- محاسبه مدول آبیاری برای طراحی سیستم

ردیف	نیاز آبیاری گیاه	ماه											
		م	آ	آ	د	ب	ا	ف	ا	خ	ت	م	ش
1	چمن	2	6	4	3	0	0	6	7	8	0	0	0
2	گیاهان فصلی	6	0	0	0	0	3	5	6	7	9	8	6
3	درختان و درختچه‌ها	6	5	4	0	3	0	4	6	7	10	8	7
4	چمن 50%	1	3	2	1.5	0	0	3	3.5	4	0	0	0
5	گیاهان فصلی 30%	1.8	0	0	0	0	0.9	1.5	1.8	2.1	2.7	2.4	1.8
6	درختان و درختچه‌ها 20%	1.2	1.0	0.8	0	0.6	0	0.8	1.2	1.4	2	1.6	1.4
	جمع (mm)	4.0	4.0	2.8	1.5	0.6	0.9	5.3	6.5	7.5	4.7	4.0	3.2
	جمع (l/s/ha)	0.46	0.46	0.32	0.17	0.06	0.10	0.61	0.75	0.87	0.54	0.46	0.37

در جدول 2-1 ردیف اول مربوط به نیاز آبیاری چمن برحسب میلی‌متر در روز (نیاز آبی + تلفات + آبشویی) می‌باشد، ردیف دوم نیاز آبیاری گیاهان فصلی و ردیف سوم نیاز آبی درختان و درختچه‌ها است که با توجه به شرایط آب و هوایی محل در ماه‌های مختلف محاسبه و در آن نوشته شده است. در این ردیف‌ها فرض شده است که هر واحد سطح پوشیده از گیاهان مذکور است. حال اگر نیاز آبیاری را در تراکم کشت (به ترتیب 0/5، 0/3 و 0/2) ضرب کنیم، ارقام ردیف‌های 4 و 5 و 6 به دست می‌آید. جمع این ردیف‌ها که در ستون 7 نوشته شده است، کل نیاز آبیاری یک واحد سطح زیر کشت برحسب میلی‌متر با توجه به الگوی کشت خواهد بود. چنانچه دبی مورد نیاز را برحسب لیتر در ثانیه بر اساس ارقام ردیف 7 حساب کنیم، مدول آبیاری برحسب لیتر در ثانیه برای هر هکتار (l/s/ha) به دست می‌آید. مثلاً در ماه مهر که با توجه به الگوی کشت جمعاً 4 میلی‌متر آب مورد نیاز است، مدول آبیاری برابر خواهد بود با:

$$\text{مدول آبیاری مهرماه} = \left(\frac{4}{1000}\right)(10000)\frac{1000}{(24)(3600)} = 0.46 \quad l/s/ha$$

بالاترین مقدار مدول آبیاری که 0/87 می‌باشد، معیار طراحی خواهد بود و آن به این معنی است که در خرداد ماه برای هر هکتار فضای‌سبز در هر روز جریانی به میزان 0/87 لیتر در ثانیه مورد نیاز است که اگر فرضاً 20 هکتار فضای‌سبز داشته باشیم دبی مورد احتیاج برای طرح 17/4 لیتر در ثانیه است. چنانچه بخواهیم محاسبات دقیق‌تر باشد، باید به جای محاسبات ماهانه نیاز آبیاری را برای هر روز حساب کنیم که در این صورت جدول به جای 12 ستون 365 ستون خواهد داشت و آنگاه حداکثر نیاز روزانه آبیاری را برای طراحی انتخاب می‌کنیم.

2-5. عملکرد سیستم‌های آبیاری[1]

سیستم‌های آبیاری یک قطعه فضای‌سبز با این هدف طراحی می‌شوند که آب مورد نیاز فضای‌سبز را با حداقل تلفات تأمین نمایند. تلفات آب ممکن است به دلیل نفوذ آب در جدار کانال‌ها، نفوذ عمقی به خارج از منطقه توسعه ریشه‌ها، رواناب سطحی، تبخیر و امثال آن باشد. عملکرد یک سیستم آبیاری از روی راندمان ذخیره آب در مخازن، راندمان انتقال آب به یک قطعه فضای‌سبز، راندمان کاربرد آب، میزان کفایت آبیاری و یکنواختی پخش آب سنجیده می‌شود.

2-5-1. راندمان آبیاری

بر اساس یک تعریف ساده راندمان کلی یک سیستم آبیاری (E_i) که به آن راندمان آبیاری نیز گفته می‌شود، درصدی از مقدار آب تأمین شده برای یک قطعه فضای‌سبز است که بتواند مفید واقع گردد. مثلاً اگر برای یک قطعه فضای‌سبز به مقدار S آب تأمین شده باشد اما نیاز آبیاری و آبشویی به ترتیب I و L باشد، در این صورت راندمان آبیاری در این قطعه فضای‌سبز عبارت خواهد بود از:

رابطه 2-6

$$E_i = 100\left(\frac{I+L}{S}\right)$$

$$E_i = 100\left(\frac{S-DP-RO-O}{S}\right)$$

---

17. ر.ک :

- شکوهی لنگرودی، علیرضا، و همکاران، *آبیاری ؛ اصول، روش‌ها و طراحی سیستم‌های آبیاری*، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاول، تهران، 1386
- علیزاده، امین، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چهفدهم، مشهد، 1383

که در آن :

DP = نفوذ عمقی

RO = رواناب

O = تلفات متفرقه می‌باشد.

در حال عادی فرض می‌شود که آب به طور یکنواخت در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش گردیده است. حال آنکه عدم پخش یکنواخت آب نیز خود باعث تلفات می‌گردد. زیرا در بعضی نقاط یک قطعه فضای‌سبز آب بیش از حد نفوذ کرده و موجب تلفات عمقی می‌گردد.

در ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری غالباً راندمان‌های ذخیره آب در مخزن (E_r)، راندمان انتقال (E_c) و راندمان کاربرد آب در یک قطعه فضای‌سبز (E_a) به صورت جداگانه محاسبه و سپس راندمان کلی آبیاری (E_i) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 2-7

$$E_i = \left(\frac{E_r}{100}\right)\left(\frac{E_c}{100}\right)\left(\frac{E_a}{100}\right)(100)$$

در این رابطه هرکدام از راندمان‌ها برحسب درصد می‌باشند.

2-5-2. راندمان ذخیره در مخزن

چون بهره‌برداران غالباً آب را پس از استخراج و یا تحویل از شبکه آبیاری در مخزنی ذخیره و سپس آن را به یک قطعه فضای‌سبز انتقال می‌دهند امکان وجود تلفات به دلیل تبخیر یا نفوذ آب در جدار مخزن وجود دارد. بنابراین راندمان ذخیره آب در مخزن[1] عبارت خواهد بود از:

1. reservior storage efficiency

$$E_r = 100\left[\frac{V_i-(V_s+V_e)}{V_i}\right]=100\left(\frac{V_O+\Delta s}{V_i}\right)$$

رابطه 2-8

که در آن:

V_i = حجم آب ورودی به مخزن در دوره زمانی مورد نظر

V_o = حجم آب خروجی از مخزن در دوره زمانی مورد نظر

V_s = حجم نفوذ عمقی آب از جدار مخزن

V_e= حجم آب تبخیر شده از سطح مخزن

Δs = تغییر در حجم ذخیره آب در مخزن در دوره مورد نظر به عبارت دیگر مقدار آبی که لازم است به مخزن اضافه یا از آن برداشت شود تا سطح آب مخزن به همان سطحی که در ابتدای دوره زمانی بوده است، برسد. اگر برای رسیدن به تراز اولیه لازم باشد آب به مخزن اضافه شود، Δs منفی و اگر لازم باشد آب از آن برداشت شود، Δs مثبت است.

2-5-3. راندمان انتقال

طی انتقال آب از مخزن به محل یک قطعه فضای‌سبز نیز ممکن است تلفاتی صورت گیرد که عمدتاً به دلیل نفوذ آب در جدار، مصرف آب توسط گیاهان و علف‌های هرز جدار آبراهه و یا تبخیر از سطح آب است. برای ارزیابی این تلفات نیز راندمان انتقال[1] به صورت زیر توصیف شده است:

$$E_c = 100\left(\frac{V_{co}}{V_{ci}}\right)$$ رابطه 2-9

در این رابطه:

1. conveyance efficiency

V_{ci} = حجم آب انتقال یافته به یک قطعه فضای‌سبز توسط سیستم انتقال دهنده

V_{co} = حجم آب وارد شده به سیستم انتقال دهنده

2-5-4. راندمان کاربرد آب

راندمان مصرف یا کاربرد آب[1] در یک قطعه فضای‌سبز (E_a) عبارت است از حجم آبی که به صورت مفید توسط گیاه مورداستفاده قرار می‌گیرد. (V_{bu}) به حجم آبی که وارد آن قطعه فضای‌سبز می‌شود. اگر نیاز آبیاری I، نیاز آبشویی L و مقدار آبی که وارد فضای‌سبز شده است، V_a باشد، در این صورت راندمان کاربرد آب عبارت خواهد بود از:

$$E_a = 100\left(\frac{V_{bu}}{V_a}\right)100\left(\frac{I+L}{V_a}\right)$$

رابطه 2-10

برخی متخصصان راندمان آبیاری را به صورت ویژه نیز توصیف کرده‌اند که ممکن است با آنچه در بالا یا در مراجع دیگر مشاهده می‌گردد، متفاوت باشد. دلیل این امر آن است که در برخی سیستم‌های آبیاری مانند آبیاری بارانی ممکن است تمام آبی که از دهانه آب‌پاش‌ها خارج می‌شود در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش نشود و بخشی از آن توسط باد یا تبخیر تلف گردد. از این نظر راندمان دیگری به نام راندمان پخش آب یا راندمان دریافت آب از دریچه آبگیر نیز مطرح می‌شود.

2-5-5. یکنواختی آبیاری

در سیستم‌های آبیاری تنها بالابودن راندمان آبیاری کافی نیست، بلکه لازم است تا آب به طور یکنواخت نیز پخش شده باشد. زیرا ممکن است راندمان بسیار بالا باشد ولی آب

1. application efficiency

یکنواخت پخش نشده باشد. یکنواختی کاربرد آب در یک قطعه فضای‌سبز[1] معیاری است که بر اساس آن می‌توان مشخص کرد که آب چگونه در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش شده است. اگر مقدار آب نفوذ کرده در خاک (درآبیاری سطحی) یا آب خارج شده از هر قطره‌چکان (درآبیاری قطره‌ای) یا مقدار آب پاشیده شده در هر نقطه از زمین (در آبیاری بارانی) را ملاک توزیع آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز بدانیم، صرف‌نظر از نوع آبیاری ضریب یکنواختی[2] برابر خواهد بود با:

رابطه 2-11 $$C_u = 100\left(1-\frac{\sum|d|}{n\bar{x}}\right)$$

رابطه 2-12 $$d = x_i - \bar{x}$$

در این رابطه ها :

C_u = ضریب یکنواختی

n = تعداد نقاط اندازه‌گیری شده

$\bar{x}$ = متوسط عمق آب نفوذ کرده در خاک (یا مقدار آب جمع شده در قوطی‌های اندازه‌گیری در آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای)

x_i = مقدار عمق آب نفوذ کرده در خاک (یا مقدار آب جمع شده در قوطی‌های اندازه‌گیری در آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای) در هر نقطه، ضریب مذکور که بین صفر تا 100 متغیر است، به نام ضریب یکنواختی کریستیان سن[3] معروف است. غالباً در آبیاری سطحی اندازه‌گیری عمق نفوذ آب در خاک مشکل می‌باشد و لذا پس از آبیاری به جای آن عمق خاک خیس شده با مته اندازه‌گیری و برای تعیین ضریب یکنواختی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر تعداد نقاط اندازه‌گیری شده عمق نفوذ یا آب جمع شده در قوطی‌های

1. application uniformity
2. uniformity coefficient
3. Christiansen

اندازه‌گیری زیاد باشد و فرض شود که توزیع آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز الگوی نرمال داشته باشد، در این صورت رابطه ساده دیگری نیز استفاده می‌شود که عبارت است از:

$$C_u = 100 - 80 \left(\frac{S}{\bar{x}} \right)$$ رابطه 2-13

که در آن $\bar{x}$ متوسط عمق پخش آب در نقاط اندازه‌گیری شده و S انحراف از معیار مشاهدات می‌باشد. توصیه شده است که از رابطه فوق در آبیاری‌های سطحی استفاده نشود زیرا در این آبیاری‌ها تغییرات عمق خیس شده خاک در نقاط مختلف یک قطعه فضای‌سبز به ندرت از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. اما استفاده از آن در آبیاری‌های بارانی بلامانع تشخیص داده شده است. رابطه فوق به نام ضریب یکنواختی انجمن نیشکرکاران هاوایی نیز معروف است.

علاوه بر ضریب C_u معیار دیگری به نام D_u یا یکنواختی توزیع[1] نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که نمایه‌ای از چگونگی یکنواختی توزیع آب در یک قطعه فضای‌سبز می‌باشد.

مقدار D_u برابر است با :

$$D_u = 100 \frac{\bar{x}_{LQ}}{\bar{x}}$$ رابطه 2-14

در این رابطه:

$\bar{x}$ = متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده عمق نفوذ آب

$\bar{x}_{LQ}$ = متوسط چارک پایین مقادیر اندازه‌گیری شده عمق نفوذ آب و منظور از چارک پایین یعنی اگر تمام داده‌های اندازه‌گیری شده را به ترتیب نزولی ردیف کنیم و آنها را از بالا به پایین به 4 قسمت تقسیم نماییم. اگر از یک چهارم پایین اعداد پایین این ستون

1. Distribution Uniformity

میانگین‌گیری نماییم $\bar{x}_{LQ}$ خواهد بود. با محاسبه یکی از ضرایب C_u یا Du می‌توان آن دو را با استفاده از روابط تقریبی زیر به یکدیگر تبدیل کرد.

رابطه 2-15 $$C_u = 100 - 0.63\ (100 - D_u)$$

رابطه 2-16 $$D_u = 100 - 1.59\ (100 - C_u)$$

بنابراین یکنواختی توزیع آب را نیز می‌توان برحسب درصد یا ضرایب بالا توصیف کرد.

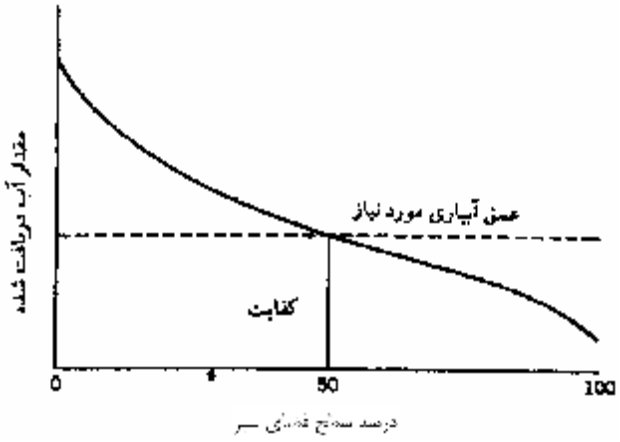
2-5-6. کفایت آبیاری

در طراحی سیستم‌های آبیاری علاوه بر بالا بودن راندمان و یکنواختی توزیع آب کفایت آبیاری نیز حائز اهمیت است. منظور از کفایت آبیاری[1] درصدی از سطح یک قطعه فضای‌سبز است که به اندازه مورد نظر آبیاری می‌شود. عدد مورد نظر نیز مقداری است که اگر آبیاری به آن اندازه صورت گیرد، گیاه به مقدار بهینه آبیاری شده و لطمه به فضای‌سبز نخواهیم داشت. بنابراین از نظر یک مسئول فضای‌سبز و یا بهره‌بردار از فضای‌سبز نمایه کفایت آبیاری شاخصی است که با داشتن آن می‌توان فهمید چه درصدی از سطح یک قطعه فضای‌سبز به اندازه کافی یا بیشتر از آن آبیاری شده است.

برای تعیین کفایت آبیاری لازم است توزیع فراوانی تجمعی مقدار پخش آب رسم شود (شکل 2-6) تا از روی آن بتوان مشخص کرد که چه درصدی از سطح زمین به میزان مورد نظر یا بیشتر از آن آب دریافت داشته است. در شکل 2-6 محور عمودی مقدار آبی است که به زمین داده شده و محور افقی درصدی از مساحت یک قطعه فضای‌سبز است که به اندازه مورد نظر یا بیشتر آب دریافت داشته است. پس از رسم منحنی فوق از نقطه مربوط به عمق

1. adequacy of irrigation

آبیاری مورد نظر یک خط افقی را رسم می‌کنیم تا منحنی را در نقطه‌ای قطع کند. نقطه متناظر آن روی محور عمودی درصد کفایت آبیاری را نشان می‌دهد.



شکل 2-6- منحنی تعیین کفایت آبیاری

2-5-7. راندمان ذخیره

اگر در هنگام آبیاری با عمق مورد نظر آبیاری خاک منطقه توسعه ریشه‌ها تا حد ظرفیت زراعی خیس شود، از نمایه دیگری به نام راندمان ذخیره[1] نیز استفاده می‌شود. راندمان ذخیره (E_s) به صورت زیر توصیف شده است:

$$E_s = 100\left(\frac{S_{rz}}{S_{fc}}\right)$$ رابطه 2-17

که در آن:

S_{rz} = مقدار آب ذخیره شده در منطقه ریشه‌ها در طی آبیاری

S_{fc} = مقدار آب لازم برای آنکه منطقه توسعه را تا حد ظرفیت زراعی مرطوب نماید (آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری).

1. storage efficiency

2-5-8. کارآیی آبیاری

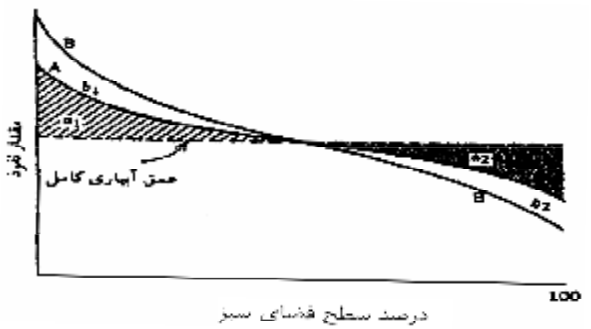
کارآیی یا درجه مؤثر بودن آبیاری[1] معیاری است که از روی سه نمایه راندمان کاربرد، ضریب یکنواختی و کفایت آبیاری مشخص می‌گردد. درجه مؤثر بودن آبیاری یعنی ترکیب سه نمایه فوق لزومی ندارد که یک سیستم آبیاری هم از راندمان بسیار بالا برخوردار باشد، هم آب به طور یکنواخت در سطح زمین پخش شده باشد و هم کفایت آبیاری در آن بالا باشد. زیرا چنین سیستمی بسیار گران خواهد بود. لذا باید بین این سه عامل بهترین حالت را انتخاب کرد تا آبیاری تأثیرگذاری زیادی داشته باشد. بنابراین شناخت مفهومی رابطه بین راندمان کاربرد، یکنواختی توزیع و کفایت آبیاری از نظر انتخاب سیستم آبیاری بسیار با اهمیت می‌باشد.

2-5-9. رابطه بین راندمان کاربرد مصرف و یکنواختی توزیع

رابطه‌ای که بین راندمان کاربرد مصرف آب و یکنواختی توزیع آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز وجود دارد، در شکل 2-7 به خوبی مشخص شده است. در این شکل منحنی تغییرات مقدار آب پخش شده روی زمین و درصد سطحی از زمین که مقداری مساوی یا بیشتر از آب پخش شده دریافت کرده ، نشان داده شده است. در این شکل دو سیستم آبیاری A و B بررسی شده‌اند. در این دو سیستم کفایت آبیاری به ازاء مقدار آب موردنظر (آبیاری کامل) یکسان است. یعنی درصد کفایت آبیاری در هر دو سیستم مشابه است، اما یکی از منحنی‌ها (A) نسبت به دیگری (B) مسطح‌تر می‌باشد و این بدان معنی است که در سیستم A آب یکنواخت‌تر در سطح زمین پخش شده است. در سیستم A که مسطح‌تر است a_1 و a_2 به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر پرآبیاری و کم آبیاری است. حال آنکه در سیستم

1. effectiveness of irrigation

B این مقادیر به ترتیب $a_1 + b_1$ و $a_2 + b_2$ است که نشان می‌دهد در سیستم B هم تلفات آبیاری بیشتر از سیستم A است و هم در بخش‌هایی که کم آبیاری شده، تنش آبی زیادتر است. بنابراین به ازاء یک کفایت آبیاری مساوی هر چه یکنواختی پخش آب در سیستم بیشتر باشد، آن سیستم مطلوب‌تر خواهد بود. هر چه منحنی به اصطلاح خوابیده‌تر باشد، مطلوبیت سیستم بیشتر خواهد بود.

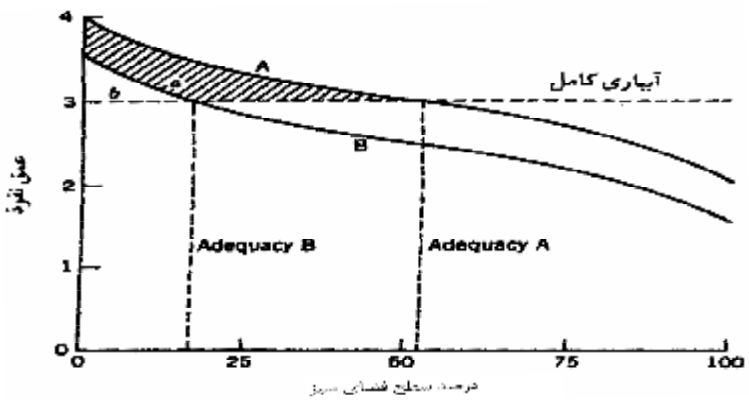


شکل 2-7- فراوانی تجمعی توزیع آب برای دو سیستم آبیاری که در آنها کفایت آبیاری یکسان می‌باشد.

2-5-10. رابطه بین کفایت آبیاری و راندمان کاربرد آب

در شکل 2-8 نیز رابطه بین راندمان کاربرد مصرف آب و کفایت آبیاری مشخص شده است. در این شکل فراوانی تجمعی مقدار نفوذ آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز برای دو سیستم A و B رسم شده است. اگر مقدار آبیاری مورد نظر فرضاً 3 سانتی‌متر باشد، مشاهده می‌گردد که کفایت آبیاری در این دو سیستم یکسان نخواهد بود. در سیستم B کفایت آبیاری 16 درصد و در سیستم A مقدار آن 52 درصد است. بنابراین اگر ملاک آبیاری کامل 3 سانتی‌متر باشد، تلفات عمقی در سیستم A معادل a+b و در سیستم B برابر b خواهد بود. به عبارت‌دیگر راندمان کاربرد آب در سیستم B بیشتر از سیستم A خواهد بود. ولی اگر ملاک کفایت آبیاری 52 درصد باشد، در این صورت مقایسه دو سیستم A و B نشان می دهد که در سیستم A روی سطحی که به میزان کفایت آبیاری شده است، 3 سانتی‌متر

و در سیستم B روی همین سطح 2/5 سانتی‌متر آب یا بیشتر توزیع شده است. به عبارت دیگر در سیستم B کم آبیاری بیشتر اعمال شده است. بنابراین افزایش راندمان کاربرد مصرف آب همراه با کاهش کفایت آبیاری است که خود باعث کاهش مطلوبیت کمی و کیفی فضای‌سبز می‌گردد و اگر بخواهیم حداکثر استفاده و بهره‌برداری از یک قطعه فضای‌سبز محقق شود، باید بین منافع حاصله از صرفه‌جوئی در آب و کاهش کیفی و کمی فضای‌سبز به دلیل پائین بودن درصد کفایت آبیاری توازن برقرار گردد.



شکل 2-8- فراوانی تجمعی توزیع آب برای دو سیستم آبیاری که در آنها مقدار پخش آب یکسان و کفایت آبیاری متفاوت است.

خلاصه

در این بخش اجزاء عمومی سیستم‌های آبیاری از منبع آبی تا محل مصرف (گیاه) تشریح شده و شمای کلی و عمومی این اجزا شامل سیستم پمپاژ، قسمت‌های انتقال و توزیع ترسیم شد. در ادامه به عنوان آغاز روند طراحی و آشنایی با ارکان طراحی، معیارهای عمومی طراحی سیستم که عموماً در طراحی تمامی سیستم‌های آبیاری دخیل هستند، بیان شدند. این موارد شامل محاسبه حداکثر نیاز آبیاری طرح (نیاز طراحی)، راندمان‌های

آبیاری و روابط بین این اجزا بوده و انتظار می‌رود پس از مطالعه این بخش شما قادر باشید برای شرایط مفروض این موارد را محاسبه نمائید.

آزمون

1. اگر داده‌های زیر مربوط به آمار دمای هوا در ماه ژوئیه (گرمترین ماه سال) باشد.

الف) برای هر سال DDIR را محاسبه و دامنه تغییرات آن را ملاحظه کنید.

ب) متوسط DDIR چقدر خواهد بود؟

ج) مقدار DDIR با احتمال 90 درصد اطمینان چقدر می‌باشد؟ نوع گیاه را سیب زینتی، خاک را لومی با عمق 180 سانتی‌متر و متوسط داده‌های هواشناسی را به شرح زیر در نظر بگیرید.

- عرض جغرافیائی $48\ ^{\circ}N$
- سرعت باد در ارتفاع 2 متری $2.5\ m/s$
- حداقل رطوبت نسبی 25%
- $n/N = 0.85$

Year	Mean Temperature[a] (°C)	Year	Mean Temperature[a] (°C)
1956	24.9	1971	22.4
1957	22.2	1972	21.6
1958	25.4	1973	21.0
1959	24.0	1974	20.2
1960	26.1	1975	23.2
1961	25.8	1976	20.2
1962	22.4	1977	22.2
1963	22.6	1978	21.1
1964	22.7	1979	20.8
1965	23.6	1980	19.7
1966	20.2	1981	21.9
1967	22.8	1982	20.3
1968	21.8	1983	20.9
1969	19.3	1984	20.7
1970	21.6	1985	23.2

[a] Mean temperature for July.

2. برای ارزیابی یک سیستم آبیاری یک قطعه فضای‌سبز را شبکه‌بندی کرده و از مرکز هر یک از مربع‌های شبکه که فاصله آنها 100 متر می‌باشد یک نمونه خاک قبل از آبیاری و یک نمونه بعد از آبیاری تهیه کرده و رطوبت حجمی را اندازه‌گیری کرده‌ایم که آمار آنها در زیر مشاهده می‌شود. رطوبت اندازه‌گیری شده مربوط به متوسط 100 سانتی‌متر لایه بالائی خاک است. اگر رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی 30 درصد حجمی‌باشد، حساب کنید:

الف) یکنواختی پخش آب (D_u)

ب) ضریب یکنواختی (C_u)

ج) راندمان ذخیره[1]

د) اگر بخواهیم عمق آبیاری یکی از مقادیر 14، 16، یا 18 سانتی‌متر باشد کفایت آبیاری برای هر مورد چقدر خواهد بود؟

هـ) با استفاده از منحنی توزیع فراوانی تجمعی (از قسمت قبل) راندمان کاربرد آب برای عمق آبیاری 16 سانتی‌متر چقدر است؟

و) با استفاده از منحنی توزیع فراوانی تجمعی برای آنکه بخواهیم کفایت آبیاری 100 درصد گردد، عمق آبیاری چقدر باید باشد؟ برای این آبیاری راندمان کاربرد چه مقدار است؟ عمق آبیاری مورد نظر 16 سانتی‌متر است.

رطوبت خاک قبل از آبیاری

14.3	16.1	15.2	13.3	14.8	15.5
15.2	15.4	13.6	15.8	14.3	15.5
16.2	14.9	15.4	13.8	14.5	15.0
12.9	14.2	15.0	16.4	17.1	16.2
14.9	15.3	14.8	15.9	14.2	15.3

رطوبت خاک بعد از آبیاری

30.2	29.8	31.5	32.0	31.5	29.8
30.5	30.4	31.2	31.6	31.8	32.1
29.4	28.5	31.0	31.2	29.9	30.5
30.6	31.2	31.5	30.1	29.5	30.8
31.0	31.4	30.6	29.8	32.5	32.0

1. storage efficiency

3. برای مسأله 2 کفایت آبیاری را برای وضعیتی که مقدار عمق و آبیاری مورد نظر به ترتیب 16، 14 و 18 سانتی‌متر باشد، حساب کنید؟

4. در مسأله 3 با استفاده از منحنی توزیع فراوانی تجمعی راندمان کاربرد مصرف آب را در وضعیتی که بخواهیم 16 سانتی‌متر آبیاری کنیم به‌دست‌آورید؟

5. در مسأله 3 با استفاده از منحنی توزیع فراوانی تجمعی اگر بخواهیم کفایت آبیاری 100 درصد باشد عمق آبیاری چقدر خواهد بود؟ در این صورت راندمان کاربرد آب چه مقدار خواهد بود. عمق مورد نظر برای آبیاری 16 سانتی‌متر است.

6. نیاز خالص برای یک قطعه فضای‌سبز 6/4 سانتی‌متر محاسبه شده است. سطح یک قطعه فضای‌سبز 2 هکتار است و به مدت 48 ساعت با دبی 11/6 لیتر در ثانیه آبیاری می‌شود. راندمان کاربرد آب برای این یک قطعه فضای‌سبز چند درصد است؟

الف) 50 ج – 75

ب – 64 د – 80

7. هیدرومدول هر واحد زراعی در پروژه‌های آبیاری و زهکشی بر اساس.... محاسبه می‌شود.

الف- پر مصرف‌ترین گیاه الگوی کشت و صد درصد تراکم

ب- هیدرومدول پروژه و کمتر از صد درصد تراکم

ج- متوسط مصرف گیاهان الگوی کشت و صد درصد تراکم

د- حداکثر تبخیر – تعرق منطقه و کمتر از صد درصد تراکم کشت

فصل سوم

طراحی سیستم‌های آبیـــاری سطحی در فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

1. پیش نیازهای مهم در طراحی آبیاری سطحی فضای سبز
2. تعریف راندمان‌های آبیاری و محاسبه آن
3. انواع سیستم‌های آبیاری سطحی فضای سبز

3-1. دیباچه

آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. این روش بر حسب وضعیت و شرایط خاک، آب، زمین و تجربه بهره‌برداران به صورت‌های گوناگون انجام می‌پذیرد؛ مانند آبیاری به روش جویچه‌ای، کرتی، شیاری، نواری و غیره. آبیاری سطحی اگر به درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل عدم نیاز به وسایل و دستگاه‌های پیچیده، برای بهره‌برداران یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود اما چنانچه به خوبی اجرا نشود، موجب تلفات آب، عدم یکنواختی توزیع آب و کاهش قابل ملاحظه کمی و کیفی فضای‌سبز می‌گردد. در تصمیم‌گیری برای انتخاب شیوهٔ آبیاری سطحی بایستی عوامل زیادی در نظر قرارگیرند. این عوامل عبارتند از: پستی و بلندی زمین، نوع خاک، شکل یک قطعه فضای‌سبز، نوع گیاه و نیروی کار انسانی.

3-1-1. پستی و بلندی

در انتخاب روش آبیاری شیب زمین مهم‌ترین عامل است. اگر زمین مسطح یا شیب آن کم باشد، می‌توان از روش آبیاری کرتی استفاده کرده و نیاز کمی به آماده‌سازی دارد. اما در صورتی که شیب زمین زیاد باشد، بهتر است از روش‌های آبیاری نواری یا ردیفی استفاده شود. البته در چنین مواردی از روش آبیاری کرتی نیز می‌توان استفاده کرد، لکن لازم است زمین را به دقت به شکل تراس‌های هموار درآوریم.

حداکثر شیب در آبیاری سطحی به وضعیت پوشش خاک بستگی دارد. اگر زمین پوشش علفی، مثلاً یونجه، داشته باشد شیب زمین می‌تواند زیاد باشد، زیرا در این صورت خطر فرسایش خاک کمتر است. در مناطق مرطوب به علت وجود بارندگی‌های شدید و امکان بروز فرسایش خاک شیب زمین بایستی کم گرفته شود. اگر زمین ناهموار باشد، می‌توان آن

را هموار و شیب‌بندی کرد تا به زمینی با شیب یکنواخت تبدیل شده و برای یک روش آبیاری سطحی خاص مناسب گردد.

3-1-2. نوع خاک

تمام روش‌های آبیاری سطحی برای خاک‌هایی که میزان نفوذپذیری آنها کم (بین 1 تا10 میلی‌متر در ساعت) و متوسط (بین 10 تا30 میلی‌متر در ساعت) است، مناسب هستند. اما اگر نفوذپذیری خاک بیشتر از 30 میلی‌متر در ساعت باشد، تأمین مقدار جریانی که بتواند قبل از نفوذ کامل در خاک فاصله‌ای قابل قبول را در یک قطعه فضای‌سبز طی کند مشکل خواهد بود. لذا در چنین مواردی باید از روش‌های دیگر مانند آبیاری بارانی و قطره‌ای استفاده کرد.

3-1-3. شکل یک قطعه فضای‌سبز

در قطعاتی که شکل نامنظم دارند، به سادگی می‌توان از روش آبیاری کرتی استفاده کرد. روش‌های آبیاری نواری و ردیفی برای فضاهای سبز مستطیل شکل مناسب هستند تا بتوان نوارها و شیارهایی به طول‌های یکسان ایجاد کرد. در چنین مواردی آبیاری ساده‌تر انجام‌می‌شود زیرا برای تمام شیارها و نوارها مقدار جریان و زمان آبیاری مشابهی مورد نیاز است.

3-1-4. نوع گیاه

گیاهان را می‌توان از نظر آبیاری به 3 گروه طبقه‌بندی کرد:

گیاهان ردیفی، (مانند گیاهان فصلی)، گیاهان غیر ردیفی (مثل چمن، پاپیتال و. . .) و درختان و درختچه‌ها. در مورد گیاهان ردیفی از تمام روش‌های آبیاری سطحی می‌توان

استفاده کرد، لکن استفاده از روش‌های آبیاری ردیفی بیشتر برای گیاهانی مناسب است که بیش از 12 ساعت قادر به ماندن در آب نیستند. در مورد گیاهانی که به صورت غیر ردیفی و متراکم کاشته می‌شوند، می‌توان از کرت یا نوار استفاده کرد. درختان و درختچه‌ها را با تمام روش‌هایی که با شکل یک قطعه فضای‌سبز و شیب زمین هماهنگ باشند، می‌توان آبیاری کرد.

3-1-5. نیروی کار انسانی

در تمام روش‌های آبیاری نیروی کار انسانی کم و بیش مورد نیاز است. اجرت کارگر، در دسترس بودن و مهارت او نیز بر انتخاب روش آبیاری مؤثر است. در آبیاری کرتی کمترین مقدار کار نیروی انسانی مورد نیاز است. در آبیاری نواری و ردیفی معمولاً برای اجرای مطلوب کار به نیروی انسانی بیشتر و متخصص نیاز است. هنگامی که آبیاری برای اولین بار صورت می‌گیرد، بهتر است روش ساده‌ای چون آبیاری کرتی انتخاب شود. پس از اینکه کارگران تجربهٔ کافی به دست آوردند، از روش‌های پیچیده مانند آبیاری نواری و ردیفی نیز می‌توان استفاده کرد.

در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی دو نقطه نظر وجود دارد که هر یک ناشی از طرز تفکر یک مکتب است. یک نظریه این است که برای طراحی این سیستم‌ها نیازی به تجزیه و تحلیل هیدرولیکی نیست و می‌بایست فقط از تجارب گذشته و معیارهائی که به تجربه به دست آمده است استفاده کرد. مکتب دوم خلاف این نظریه است. بدین‌ترتیب که می‌گوید طراحی باید فقط براساس تحلیل‌های هیدرولیکی باشد. آنچه در این کتابچه آموزشی دنبال شده است حالت بینابین است، یعنی سعی می‌شود انتخاب و تخمین اولیه پارامترها براساس تجارب انجام شود و سپس از تحلیل‌های هیدرولیکی به منظور تأیید نتایج سود جسته‌شود.

3-2. راندمان‌ها در آبیاری سطحی[1]

از آنجائی که آب بسیار ارزشمند است می‌بایست طراحی سیستم طوری انجام شود تا حتی‌الامکان از هدر رفتن آن جلوگیری به عمل آید. لازم است تمام کسانی که از آب برای آبیاری استفاده می‌کنند، بازده یا راندمان آبیاری را مشخص کنند. راندمان آبیاری از نظر مقایسه سیستم‌های مختلف آبیاری معیار بسیار سودمندی است. در واقع راندمان نمایه‌ای است که در آن نحوه کاربری آب در آبیاری به کمیت درآورده می‌شود. دست کم تا به حال 20 روش مختلف برای توصیف کمّی نحوه استفاده از آب تحت عناوین راندمان آبیاری ارائه شده است که همگی آنها تا حدی مفید واقع شده‌اند. اختلاف این تعاریف بیشتر جنبه سلیقه‌ای داشته و ممکن است مثلاً یک تعریف، ترکیبی از دو تعریف دیگر باشد و یا تفاوت‌ها در نحوه توصیف راندمان‌ها باشد تا ماهیت آنها و گرنه در تمامی آنها هدف آن است که نقاط ضعف سیستم از نظر هدررفتن آب مشخص گردد.

از نظر کلی راندمان یا بازده یک سیستم عبارت است از نسبت آنچه از آن سیستم گرفته می‌شود (ستاده‌ها[2]) به آنچه سیستم دریافت می‌دارد (داده‌ها[3]). در سیستم آبیاری سطحی داده‌ها مقدار آبی است که وارد سیستم یا بخشی از سیستم می‌شود و ستاده‌ها مقدار آبی است که در آن قسمت از سیستم به طور مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنچه در سیستم

---

2. ر.ک :

- شکوهی لنگرودی، علیرضا، و همکاران، *آبیاری ؛ اصول، روش‌ها و طراحی سیستم های آبیاری*، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاول، تهران، 1386

- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی*»، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش106، تهران، 1373

- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی*»، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ش281، تهران، 1383

2. output
3. input

آبیاری مفید واقع می‌شود، مقدار آبی است که به مصرف تبخیر _ تعرق، شستشوی نمک‌ها، جلوگیری از یخبندان و یا مثلاً خنک کردن گیاه می‌رسد. به عبارت دیگر:

مقدار آبی که مفید واقع می‌شود output

رابطه 1-3 ---------- = ------- = راندمان

مقدار کل آبی که از منبع دریافت می‌شود input

چون سیستم آبیاری از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است و آب به مصارف گوناگون می‌رسد، لذا به جای اینکه تنها به یک راندمان کلی اکتفا کنیم، راندمان در بخش‌های مختلف از منبع استخراج تا محل دفع آب تفکیک و تحت عناوین راندمان‌های ویژه توصیف می‌شود.

3-2-1. راندمان‌های ویژه

برای توصیف مقدار تلفات آب در بخش‌های مختلف سیستم آبیاری سطحی از راندمان‌های ویژه‌ای استفاده می‌شود، گرچه ممکن است این راندمان‌ها با آنچه در کتب و نشریات دیگر آمده است تا اندازه‌ای متفاوت باشد. اما باید توجه داشت که این توصیف‌ها فقط جنبه سلیقه‌ای در تعریف راندمان داشته و در اصل تفاوتی با هم ندارند.

از هنگامی که آب از منبع اصلی دریافت می‌شود تا زمانی که وارد یک قطعه فضای‌سبز گردد، تلفات گوناگونی به دلیل نفوذ و یا تبخیر-تعرق توسط گیاهان آبزی در آن صورت می‌گیرد که برای تعیین آنها انواع راندمان‌ها به شرح زیر توصیف شده‌اند.

الف) راندمان انتقال

راندمان انتقال آب مربوط به اولین قسمت از یک سیستم آبیاری سطحی است. در آبیاری سطحی آب یا از چاه استخراج می‌شود و یا از رودخانه و کانال و مخازن سدها دریافت می‌گردد. در این بخش ممکن است تلفات ولو به مقدار کم وجود داشته باشد و از کل آب استخراج شده تمام آن وارد سیستم توزیع در داخل یک قطعه فضای‌سبز نشود. بنابراین راندمان انتقال عبارت است از نسبت مقدار آبی که وارد سیستم انتقال آب در یک قطعه فضای‌سبز شده به مقدار آبی که از چاه یا مخزن یا رودخانه وارد لوله یا کانال‌های اصلی انتقال آب به یک قطعه فضای‌سبز می‌گردند.

حجم آبی که وارد سیستم انتقال می‌گردد

رابطه 2-3 E_x = ---------- * 100

حجم آبی که از منبع اصلی استخراج می‌شود

ب) راندمان توزیع

پس از آنکه آب با یک سیستم انتقال مانند لوله و کانال به محل یک قطعه فضای‌سبز رسید، باید در داخل قطعه توزیع شود و وارد سرجوی‌ها[1] یا نهرهای بالای یک قطعه فضای‌سبز گردد تا ازآنجا با لوله، سیفون و یا تمهیدات دیگر وارد زمین شود. راندمان توزیع مربوط به بخشی از سیستم آبیاری است که آب در جوی‌های داخل یک قطعه فضای‌سبز تلف می‌شود. چنانچه حجم آبی را که با سیفون یا وسایل دیگر وارد زمین می‌شود به حجم آبی که وارد سیستم توزیع می‌گردد تقسیم کنیم، راندمان توزیع به دست می‌آید.

حجم آبی که وارد سیفون‌ها می‌شود

رابطه 3-3 E_c = ----------

حجم آبی که وارد سیستم توزیع شده است

1. head ditch

ج) راندمان ورود آب به یک قطعه فضای‌سبز

در آبیاری سطحی تقریباً تمام حجم آبی که وارد سیفون‌ها یا دریچه‌های آبگیر می‌شوند، قابل دریافت و ورود به یک قطعه فضای‌سبز بوده و می‌توان گفت که در سطح زمین پخش خواهد شد ولی اگر وسیله دریافت آب مثلاً یک آب‌پاش آبیاری بارانی باشد، نمی‌توان گفت که آنچه وارد آب‌پاش می‌شود پس از خروج از دهانه آن وارد یک قطعه فضای‌سبز شده و در سطح زمین پخش خواهد شد؛ زیرا آب قبل از آنکه به سطح زمین برسد به صورت قطراتی وارد هوا شده که مقداری از آن توسط تبخیر یا بادبردگی تلف می‌شود. برای آنکه تلفات در این بخش از سیستم نیز درنظر گرفته شود، راندمانی به نام راندمان ورود آب به زمین توصیف شده است که عبارت است از نسبت مقدار آبی که در سطح زمین پخش می‌شود به مقدار آبی که وارد وسیله ورود آب (سیفون، لوله‌آبگیر، آب‌پاش، دریچه و. ..) در سطح زمین می‌گردد.

حجم آبی که وارد سطح زمین می‌شود

رابطه 3-4 E_a = ----------

حجم آبی که وارد وسیله پخش می‌گردد

هر وسیله‌ای که آب را در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش کند، به آن وسیله پخش[1] گفته می‌شود و سطحی که آب وارد آن شده است، سطح پخش[2] نام دارد.

د) راندمان الگوی توزیع[3]

1. application device
2. application surface
3. distribution pattern efficiency

مقدار آبی که با هر وسیله پخش، ممکن وارد زمین شود، به صورت یکنواخت در عمق توسعه ریشه ها پخش نخواهد شد. به طوری‌که ممکن است بعضی جاهای یک قطعه فضای‌سبز زیاد و برخی جاها کم آبیاری شده باشند، لذا برای توصیف یکنواختی پخش آب از نمایه‌ای به نام راندمان الگوی توزیع استفاده می‌شود که برابر است با حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها به حجم آبی که در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش شده است. این راندمان را اغلب کارشناسان راندمان کاربرد مصرف آب نام‌گذاشته‌اند. اما تصور می‌شود که الگوی توزیع، نام بهتری برای آن باشد با این وجود ما نیز از آن به عنوان راندمان کاربرد مصرف یاد خواهیم کرد.

حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها

رابطه 3-5 E_d = ----------

حجم آب واردشده به سطح زمین

هـ) راندمان سیستم آبیاری

با توجه به توصیف‌های فوق از آنجا که تلفات آب ممکن است در هر قسمت از اجزاء سیستم وجود داشته باشد، راندمان کلی یک سیستم آبیاری نسبت مقدار آبی است که در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره می‌شود به مقدار آبی که از منبع اصلی استخراج می‌شود. مقدار آب می‌تواند برحسب حجم آب یا دبی توصیف گردد. در واقع راندمان کلی یک سیستم آبیاری حاصلضرب راندمان‌هایی است که در بالا شرح داده شد:

حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها

رابطه 3-6 E_i = ----------

حجم آب استخراج شده از منبع اصل

$$E_i = \left(\frac{E_x}{100}\right)\left(\frac{E_c}{100}\right)\left(\frac{E_a}{100}\right)\left(\frac{E_d}{100}\right)\times 100$$ رابطه 7-3

ملاحظه می‌شود که تلفات آب از هنگام استخراج تا زمانی که در منطقه توسعه ریشه‌ها برای استفاده گیاه ذخیره می‌شود، وجودداشته و اگر بخواهیم از آب حداکثر استفاده به عمل آید، لازم است در هرقسمت از تلفات کاسته شود.

3-3. الگوی توزیع آب روی زمین[1]

در تمام سیستم‌های آبیاری سطحی توزیع آب روی خاک از یک قاعده کلی پیروی می‌کند که در شکل 3-4 نشان داده شده است. فرض کنید ابتدای فارو یا کرت که آب وارد آن می‌شود، نقطه 0-0 باشد و محور افقی طول یک قطعه فضای‌سبز را نشان دهد. هم‌چنین محور عمودی زمان از شروع آبیاری باشد. اگر آبیاری از زمان $t = 0$ شروع شود و در فواصل معین از ابتدای زمین میخ‌کوبی کرده باشیم و زمانی را که پیشانی یا جبهه آب به محل هر یک از میخ‌ها می‌رسد، یادداشت نمائیم. منحنی پیشروی[2] جبهه آب روی زمین نسبت به زمان وضعیتی مطابق آنچه در شکل 3-1 نشان‌داده شده است، خواهد داشت. ملاحظه می‌شود که پیشروی آب در ابتدا سریع است ولی به تدریج سرعت پیشروی آب به طرف انتهای زمین کند می‌شود. این مرحله از آبیاری را فاز پیشروی یا مرحله پیشروی[3] گویند. پس از اینکه آب به انتهای زمین رسید معمولاً مدتی به همین نحو آبیاری ادامه‌پیدامی‌کند تا انتهای یک قطعه فضای‌سبز نیز به مقدار لازم آبیاری شود. مسلم است که طی این مدت آب اضافی از یک قطعه فضای‌سبز خارج می‌شود و سرانجام در زمان tco ورود آب به زمین

---

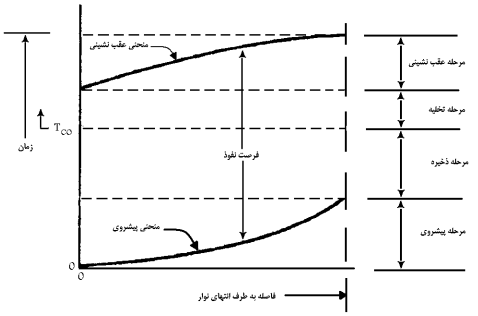
9. ر.ک :

-دونین، ال دی و همکاران، ترجمه : راهدار، محمدرضا، *آبیاری و مدیریت آب*، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چدوم، اهواز، 1384

2. advance curve
3. (advance phase

قطع می‌گردد. فاصله بین زمانی که آب به انتهای زمین رسیده بود تا زمانی که ورود آب به داخل زمین قطع گردید، به نام فاز ذخیره یا مرحله ذخیره رطوبت[1] مرسوم است. از هنگامی که ورود آب قطع شد، ممکن است مدتی طول بکشد تا آبی که در ابتدای یک قطعه فضای‌سبز در سطح زمین بوده است به تدریج نفوذ کند و سرانجام عمق آب در ابتدای زمین به صفر برسد. این مرحله را فاز تخلیه[2] گویند. فاز تخلیه در خاک‌های سبک ممکن است صفر باشد. یعنی به محض آنکه جریان ورودی به داخل زمین قطع گردید، عقب نشینی آب شروع می‌شود. از این به بعد، عقب‌نشینی یا پسروی آب شروع و کم کم جبهه آب به انتهای زمین عقب‌نشینی می‌کند. برخلاف منحنی پیشروی، منحنی عقب نشینی جبهه آب بسیار نامنظم و عملاً اندازه‌گیری آن در یک قطعه فضای‌سبز مشکل است. این مرحله فاز عقب نشینی یا پسروی[3] نام دارد. فاز پسروی نیز ممکن است در خاک‌های سبک بسیار کوچک و قابل صرف‌نظر کردن باشد. فاصله زمانی بین دو منحنی پیشروی و پسروی را در هرنقطه از زمین فرصت نفوذ[4] آب به داخل خاک در آن نقطه گویند.

شکل 3-1: مراحل مختلف الگوی جریان آب روی خاک



1. storage phase
2. depleition
3. recession
4. infiltration opportunity

3-4. طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای (ردیفی)[1]

آبیاری جویچه‌ای (ردیف) رایج‌ترین شیوه برای آبیاری گیاهان و درختان و درختچه‌های ردیفی است. در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری، اطلاعات ما در مورد این روش کمتر از شیوه‌های دیگر است. در این شیوه آب روی تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد، بلکه درون ردیف های کشت باریکی موسوم به فارو، که بین دو ردیف گیاه کاشته شده قرارگرفته‌اند، محدود می‌شود. آب به تدریج در کف و کناره‌های شیار نفوذ می‌کند و خاک مرطوب می‌گردد. نفوذ آب به داخل خاک از جدار و کف ردیف های کشت (جویچه‌ها) صورت می‌گیرد. آبیاری فارو (ردیفی) را می‌توان برای انواع گیاهان ردیفی، خاک‌های مختلف و شیوه‌های بهره‌برداری متعدد به‌کاربرد. با وجود این، لازم است شکل و طول شیارها و فاصله بین آنها مناسب باشد و مدیریت خوبی اعمال شود تا نتیجه مطلوب به دست آید.

برای اجرای آبیاری خوب و مناسب، شکل شیارها حائز اهمیتند. شیارها معمولاً به شکل V هستند، عرض آنها بین 25 تا 40 سانتی‌متر و عمق آنها بین 15 تا 30 سانتی‌متر است. ولی این ارقام با توجه به مقدار جریان، نوع خاک و نوع گیاهان متغیر می‌باشد. هر شیار مشابه یک کانال باریک است و باید به قدر کافی عریض باشد تا آب را منتقل کرده و

---

16. ر.ک :

-جچسون،رونالد،ترجمه:علیزاده،امین و همکاران،*تحلیل هیدرولیکی شبکه های توزیع آب*،انتشارات دانشگاه امام‌رضا(ع)، چچهارم،مشهد، 1375

-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک کانالها*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش104، تهران، 1367

-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک لوله ها و مجاری*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش105، تهران، 1373

-سازمان برنامه و بودجه – وزارت نیرو، «*شرح خدمات مهندسی مطالعات مراحل مختلف طرح های آبیاری و زهکشی*»، دفتر فنی، تهران، 1374

-علیزاده، امین، *طراحی سیستم های آبیاری*، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چپنجم، مشهد، 1383

صدمه‌ای به شیارها وارد نشود. هرچه مقدار جریان زیاد باشد، عرض شیار نیز بایستی افزایش یابد.

در خاک‌های رسی آب به کندی در خاک نفوذ می‌کند و به همین دلیل گاهی لازم است شیارها کم عمق و عریض باشند تا سطح خاکی که با آب تماس پیدا می‌کند، افزایش یافته و آب سریع‌تر جذب شود. اگر شیار خیلی باریک باشد، آب قبل از این که فرصتی برای نفوذ در خاک داشته باشد، به سرعت به انتهای شیار می‌رسد. لذا در مواردی که شیار بیش از حد باریک باشد، ممکن است بذرهایی که در قسمت بالای پشته قرارگرفته‌اند، جوانه نزنند.

در خاک‌های شنی آب سریع‌تر از خاک‌های رسی نفوذ می‌کند. در این موارد بایستی آب به سرعت در شیار حرکت کند تا زیاد در خاک نفوذ نکند. به همین دلیل در خاک‌های شنی از شیارهای باریک و عمیق استفاده می‌شود تا سطح خاکی که با آب تماس پیدا می‌کند، کم باشد و درنتیجه آب کمتری جذب خاک شود. وقتی بذر پاشیده شده با بوته نشا می‌شود بهتر است پشته‌ها کاملاً مرطوب شوند. این کار با استفاده از شیارهای کم عمق بهتر انجام می‌شود. با رشد سیستم ریشه می‌توان عمق شیار را زیاد کرد تا دبی جریان در شیار و درنتیجه مقدار نفوذ آب افزایش یابد. شیب دیواره پشته در فصول بهار و یا پائیز گاهی تغییر داده می‌شود تا سطح خاکی که در معرض گرمای خورشید قرار می‌گیرد، افزایش یابد و خاک سریع‌تر گرم شود. از نظر آبیاری، حرکت آب در منافذ خاک مهم‌ترین عامل است. آب درون شیار علاوه بر کف، در دیواره‌های آن نفوذ می‌کند. قسمت بالای پشته شیار نیز از طریق فرآیندی موسوم به جریان مویینه‌ای مرطوب می‌شود. فاصله بین شیارها باید آن قدر باشد که خاک پشته‌ها به خوبی مرطوب شود و این موضوع به نوع خاک بستگی دارد.

درخاک‌های شنی حرکت جانبی آب معمولاً کم است، بنابراین لازم است ردیف‌های کشت نزدیک هم باشند (بافاصله حداکثر نیم‌متر). در خاک‌های رسی دیواره‌های ردیف‌های

کشت (جویچه‌ها) بیشتر مرطوب می‌شوند و فاصله آنها می‌تواند تا 1/2 متر یا بیشتر باشد. در چنین مواردی اگر فاصله ردیف‌های کشت خیلی زیاد باشد، قسمتی از خاک واقع در بین آنها خشک باقی‌می‌ماند و به گیاهان موجود در این قسمت‌ها آب کافی نمی‌رسد.

برای سهولت در انجام عملیات نگهداری معمولاً فاصلهٔ بین ردیف‌های گیاه 0/75 تا یک متر انتخاب می‌شود. بعضی از گیاهان از جمله گیاهان فصلی را می‌توان به صورت دو ردیفی کاشت. درچنین مواردی عرض پشته بایستی بیشتر از عرض گیاهان یک ردیفی باشد.

در بیشتر قطعات فضای‌سبز وسایل موجود برای کاشت و نگهداری گیاهان نیز در تعیین فاصله ردیف‌های کشت نقش دارند. در این قبیل قطعات فاصلهٔ بین ردیف‌ها در مورد انواع گیاهان و خاک‌های مختلف یکسان انتخاب می‌شود تا بتوان در تمام قسمت‌های یک قطعه فضای‌سبز از ابزارهای مشابه استفاده کرد. با وجود این، بهتر است فاصله ردیف‌ها به گونه‌ای باشد که رطوبت کافی به تمام قسمت‌های زمین برسد.

انتخاب طول جویچه به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع خاک
- مقدار جریان
- عمق آبیاری
- اندازه و شکل یک قطعه فضای‌سبز
- شیب زمین
- شیوه نگهداری

در تعیین طول جویچه موارد بالا مهم‌ترین عوامل هستند. برای درک این موضوع بهتر است نحوه آبیاری ردیف‌های کشت را به یاد آورید. موقع آبیاری خاک‌های شنی، آب به سرعت در خاک نفوذ می‌کند. به این دلیل ردیف‌های کشت بایستی کوتاه باشند تا آب زودتر به انتهای یک قطعه فضای‌سبز برسد، حتی زمانی که مقدار جریان زیاد است. اگر

طول آنها به نسبت مقدار جریان خیلی زیاد باشد، در نزدیکی کانال آب زیادی بر اثر نفوذ در عمق هدر می‌رود. برعکس در خاک‌های رسی آب به کندی در خاک نفوذ می‌کند، بنابراین ردیف های کشت می‌توانند طولانی‌تر از خاک‌های شنی باشند، حتی زمانی که مقدار جریان کم است؛ اگر طول ردیف‌های کشت به نسبت مقدار جریان زیاد نباشد رواناب ایجاد می‌شود، زیرا برخلاف کرت‌ها در جویچه‌ها زمین غرقاب نمی‌شود و جریان آب بایستی به قدری دوام داشته باشد که خاک بتواند آب کافی جذب کند.

در خاک‌های مشابه اگر مقدار جریان زیاد باشد، جویچه می‌تواند طولانی انتخاب شود، زیرا آب به سرعت به طرف پایین جویچه پیش می‌رود. با وجود این، افزایش مقدار جریان نیز بایستی محدود باشد تا خطر فرسایش خاک به وجود نیاید. به کارگیری عمق آبیاری زیاد نیز لازمه‌اش طولانی بودن جویچه‌هاست، زیرا در این صورت برای توزیع آب زمان بیشتری وجود دارد. طول جویچه‌هایی که روی زمین شیب‌دار احداث می‌شوند نیز می‌تواند زیاد باشد، زیرا با افزایش شیب زمین سرعت حرکت آب نیز زیاد می‌شود. باوجود این، روی زمین‌های شیب‌دار همیشه خطر فرسایش خاک وجود دارد. اگر شیب زمین بیشتر باشد بایستی مقدار جریان کمتری مورد استفاده قرارگیرد تا فرسایش خاک رخ ندهد. به عبارت دیگر در چنین مواردی طول جویچه‌ها بایستی کم باشد. گاهی ممکن است در عمل مجبور شویم طول جویچه را محدود کنیم. برای مثال در قطعات فضای‌سبز کوچک طول آنها حداکثر می‌تواند به اندازهٔ طول آن قطعه باشد. فضای‌سبزهای بزرگ را نیز می‌توانیم به دو قسمت مساوی یا بیشتر تقسیم کنیم، مشابه کاری که در مورد نوارها انجام می‌شود به هریک از جویچه‌ها به نسبت مساوی آب منتقل می‌شود.

از نظر اصول نگهداری بهتر است جویچه‌ها حتی الامکان طولانی باشند تا کانال و زهکش کمتری ایجاد و در نتیجه زمین کمتری از این طریق اشغال شود. از طرفی مکانیزه کردن عملیات نگهداری نیز ساده‌تر صورت می‌گیرد. در صورتی که جویچه‌ها کوتاه باشند

مراقبت زیادی لازم دارند، زیرا جریان آب به طور منظم بایستی از یک شیار بـه شـیار دیگـر هدایت شود.

استفاده از ماشین‌آلات سنگین مانند تراکتور (به شرطی که به گیاهان آسیب نرساند) در یک قطعه بزرگ فضای‌سبز نیز بر طول جویچه‌ها اثر مـی‌گـذارد. چـرخ‌هـای تراکتـور سـبب کوبیده شدن خاک شیارها می‌شوند و ایـن کـار موجـب کـاهش میـزان نفـوذ آب در خـاک می‌شود.

استفاده از تراکتور و ماشین‌آلات سنگین در خاک‌های شنی به دلیل کوبیده شـدن کـف جویچه می‌تواند مفید باشد، به‌طوری‌که می‌توان به طول جویچه‌ها افزود، بدون اینکه آبـی در اثر نفوذ در عمق هدر رود. با وجود این، در چنین مـواردی لازم اسـت کـه تمـام جویچـه‌هـا به‌طور یکسان کوبیده شوند وگرنـه سـرعت پیشـروی آب در قسـمت‌هـای مختلـف متفـاوت خواهد بود.

بهتر است جویچه‌ها شیب یکنواختی داشته باشند. اگر جویچه دسـت کـم 0/05 درصـد شیب داشته باشد، آب به طرف پایین زمین حرکت مـی‌کنـد و آب اضـافی را نیـز مـی‌تـوان زهکشی کرد. حداکثر شیب جویچه به خطر فرسایش خاک بستگی دارد. خطر فرسـایش در جویچه‌ها به مراتب بحرانی تر از نوارهاست، زیرا در مورد جویچه‌هـا آب در درون یـک کانـال باریک محدود می‌شود و به سادگی می‌تواند خاک را بفرساید.

درصورت امکان بهتر است جویچه‌ها به طـور مسـتقیم و بـه مـوازات کنـارۀ یـک قطعـه فضای‌سبز و هم‌سو با شیب اصلی زمین ایجاد شوند. درصورتی‌که زمـین شـیب تنـد داشـته باشد، می‌توان جویچه‌ها را به نحوی ساخت که شیب اصلی را قطع کنند. با ایـن کـار شـیب جویچه کم می‌شود، گاهی روی زمین‌های ناهموار جویچه‌ها در امتـداد کنتـور زمـین (خـط تراز زمین) ایجاد می‌شوند. این‌گونـه جویچـه‌هـا را جویچـه کنتـوری[1] مـی‌نامنـد. در چنـین

1. contour furrow

مواردی نیز برای نگهداری و آبیاری جویچه‌ها به مهارت زیادی نیاز است. جویچه کنتوری روی خاک‌هایی که سله می‌بندند، نبایستی ایجاد شود. بعضی از جویچه‌ها روی زمین‌های هموار ایجاد می‌شوند، لکن این کار معمولاً در آبیاری خاک‌های رسی سنگین که میزان نفوذپذیری کمی دارند، اعمال می‌شود.

بیشتر گیاهان ردیفی را می‌توان با روش آبیاری ردیفی آبیاری کرد. در این مورد گیاهان معمولاً روی پشته‌های واقع در بین جویچه‌ها کاشته می‌شوند. جنگل‌کاری‌ها و نهالستان‌ها را نیز می‌توان با روش ردیفی آبیاری کرد. موقعی که درختان هنوز نهال‌های کوچکی هستند، به کمک یک جویچه می‌توان خاک اطراف ریشه را به قدر کافی مرطوب کرد. با رشد درختان می‌توان بین آنها جویچه‌های بیشتری ایجاد کرد. گاهی ترکیب جویچه‌ها به شکل خاصی است، مثلاً زیگزاگ، تا توزیع آب در خاک بهتر انجام شود. یکی از مزایای استفاده از جویچه این است که موقع آبیاری، تمام سطح خاک مرطوب نمی‌شود و ضمن آبیاری نیز می‌توان در نهالستان تردد کرد.

اگر آبی که برای آبیاری به مصرف می‌رسد نمک داشته باشد و گیاهانی که قرار است کاشته شوند، نسبت به نمک حساسیت داشته باشند؛ معمولاً گیاهان را روی دیواره جویچه می‌کارند نه روی پشته، زیرا آن مقدار نمکی که با آب شسته نمی‌شود و وارد خاک نمی‌گردد، معمولاً روی پشته جمع می‌شود. در مناطق خشک که آبیاری به صورت محدود انجام می‌شود، غالباً گیاهان را درون جویچه می‌کارند. با این کار گیاهان بیشترین آب ممکن را جذب می‌کنند و در اطراف آنها نیز نمکی وجود نخواهد داشت.

3-4-1. روابط فیزیکی بین زمان پیشروی، مقدار نفوذ و نفوذ عمقی

معادله نفوذ براساس رابطه کوستیاکوف به صورت زیر است:

$$i = c(t)^{\alpha}$$ رابطه 3-8

که در آن:

i = مقدار تجمعی نفوذ (مقدار آبی که از شروع آبیاری در زمین نفوذ می‌کند)، سانتی‌متر.

t = زمان نفوذ (از شروع نفوذ)، دقیقه

c و α = ضرایب ثابت تجربی که بستگی به نوع خاک دارند.

این معادله را می‌توان برحسب t به شکل زیر نیز نوشت:

$$t = \left(\frac{i}{c}\right)^{1/a}$$ رابطه 3-9

در این رابطه t عبارت است از زمان لازم برای آنکه آب به مقدار i در زمین نفوذ کند. چنانچه خاک همگن و رطوبت اولیه آن در تمام نقاط یکنواخت فرض شود عمقی از خاک که توسط آب خیس می‌شود (Z)، بستگی به مقدار آبی دارد که در خاک نفوذ می‌کند (i)، یعنی:

$$Z = K \times i$$ رابطه 3-10

در این رابطه K ضریب ثابتی است که بستگی به نوع خاک دارد و Z فاصله جبهه رطوبت تا سطح زمین است. حال اگر رابطه3-9 و 3-10 را در هم تلفیق کنیم، خواهیم داشت:

$$Z = K[c(t)^{\alpha}] = Kc(t)^{\alpha} = K'(t)^{\alpha}$$ رابطه 3-11

که به جای K.c ضریب ثابت دیگری به نام K′ درنظرگرفته شده است.

اگر زمان پیشروی کامل یعنی مدت زمانی را که آب به انتهای زمین می‌رسد T_t و زمان خالص آبیاری یا مدتی که لازم است آب به اندازه نیاز آبیاری در خاک نفوذ کند، T_n باشد با فرض اینکه زمان پیشروی یک چهارم زمان آبیاری باشد، خواهیم داشت:

رابطه 12-3 $$T_t = \frac{1}{4} T_n$$

در این صورت تغییرات عمق خیس‌شدگی از ابتدا تا انتهای زمین در دوره‌های زمانی مساوی مطابق شکل 3-2 خواهد بود. زیرا:

چنانچه زمان کل نفوذ آب را به چهار قسمت مساوی (Δt) تقسیم کنیم، باتوجه به اینکه این زمان را T_n فرض کرده‌ایم، خواهیم داشت:

رابطه 13-3 $$\Delta t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = \frac{T_n}{4}$$

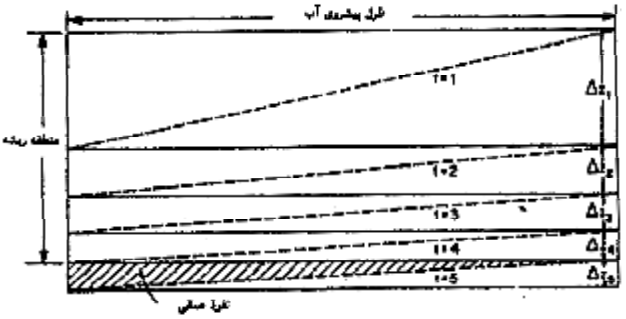
عمق آبی که در دوره زمانی t_1 درخاک نفوذ می‌کند، برابر Δi_1 می‌باشد، لذا:

رابطه 14-3 $$\Delta i_1 = i_1 - i_0$$

و عمق خاکی که در طی این دوره (t_1) خیس می‌شود، عبارت است از ΔZ_1 خواهد بود.

رابطه 15-3 $$\Delta Z = Z_1 - Z_0$$

که در مورد اولین دوره (t_1) هم i_0 و هم Z_0 برابر صفر می‌باشد.



شکل 3-2- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین در زمان‌های مختلف،

DZ نمایانگر عمق نفوذ جبهه رطوبت در دوره‌های زمانی مختلف است.

به عنوان مثال اگر در معادله، کاستیاکوف فرضاً $\alpha = 0.5$ باشد و Z_0 نیز صفر فرض شود، خواهیم داشت:

رابطه 16-3 $$\Delta Z_1 = Z_1 - 0 = Z_1$$

و یا این که:

$$\Delta Z_1 = Z_1 = K'(t_1)^{0.5}$$ رابطه 3-17

در انتهای این دوره عمق خیس شده خاک در ابتدای فارو ΔZ_1 ولی در انتهای فارو که تازه آب به آنجا رسیده ، صفر است. لذا تغییرات عمق خیس‌شدگی خاک مطابق خط نقطه‌چین $t = 1$ در شکل 3-2 می‌باشد. اما پس از دوره زمانی t2 در ابتدای فارو علاوه بر ΔZ_1 عمق دیگری از خاک نیز خیس می‌شود که عبارت است از ΔZ_2. مقدار ΔZ_2 عبارت است از:

$$\Delta Z_2 = Z_2 - Z_1 = K'(t_2)^{0.5} - \Delta Z_1$$ رابطه 3-18

چون $t_2 = 2t_1$ است پس:

$$\Delta Z_2 = K'(2t_1)^{0.5} - \Delta Z_1$$ رابطه 3-19

اما از طرف دیگر داریم که:

$$K'(2t_1)^{0.5} = K't_1^{0.5}(2)^{0.5} = \Delta Z_1(2)^{0.5}$$ رابطه 3-20

بنابراین:

$$\Delta Z_2 = \Delta Z_1(2)^{0.5} - \Delta Z_1$$ رابطه 3-21

یا اینکه :

$$\Delta Z_2 = \Delta Z_1[(2)^{0.5} - (1)^{0.5}]$$ رابطه 3-22 الف

در همین حال در انتهای دوره زمانی دوم عمق خیس شده خاک در انتهای فارو فقط به اندازه ΔZ_1 خواهد بود، زیرا در انتهای فارو فقط به اندازه یک Δt زمان نفوذ وجود داشته است. عمق خیس شدن خاک پس از مرحله t2 مطابق خط نقطه‌چین $t = 2$ در شکل 3-2 می‌باشد. به همین ترتیب برای دوره سوم و چهارم خواهیم داشت:

$$\Delta Z_3 = \Delta Z_1 [(3)^{0.5} - (2)^{0.5}]$$ رابطه 3-22 ب

$$\Delta Z_4 = \Delta Z_1 [(4)^{0.5} - (3)^{0.5}]$$ رابطه 3-22 ج

یعنی پس از طی زمان t_4 ابتدای زمین به اندازه کافی که همان عمق توسعه ریشه‌ها خیس شده است.

$(\Delta Z_1+\Delta Z_2+\Delta Z_3+\Delta Z_4)$

ولی انتهای زمین فقط به اندازه $\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3$ یعنی به اندازه ΔZ_4 کمتر از ابتدای زمین آبیاری شده است. حال اگر بخواهیم انتهای زمین هم تا عمق توسعه ریشه‌ها خیس شود، لازم است یک مرحله دیگر (t_5) نیز آبیاری ادامه داشته باشد تا انتهای یک قطعه فضای‌سبز هم به اندازه ΔZ_4 خیس شده و به عمق توسعه ریشه‌ها برسد، البته t_5 نیز برابر Δt است. مسلم است پس از طی این مرحله ابتدای زمین به اندازه ΔZ_5 بیشتر از حد نیاز آبیاری شده ، ولی انتهای زمین فقط به اندازه عمق ریشه‌ها آبیاری شده است. بنابراین اگر یک دوره زمانی دیگر (t_5) آب جریان داشته باشد، عمق اضافی نفوذ طی این دوره ابتدای فارو برابر است با:

رابطه 3-22د $$\Delta Z_5 = \Delta Z_1 [(5)^{0.5} - (4)^{0.5}]$$

باتوجه به شکل 3-2 برای آنکه آب در انتهای زمین به اندازه i_n در خاک نفوذ کند، می‌بایست فرصت نفوذ معادل T_n در انتهای زمین نیز وجود داشته باشد، چون:

رابطه 3-23 $$t_4 = 4t_1$$

رابطه 3-24 $$Z4 = K'(4t1)0.5$$

رابطه 3-25 $$Z4 = (K't10.5)(4)0.5$$

رابطه 3-26 $$Z_4 = \Delta Z_1(4)^{0.5}$$

درشرایطی که در انتهای زمین برای نفوذ آب به اندازه T_n فرصت وجود دارد مسلماً در ابتدای زمین فرصت نفوذ به اندازه یک دوره زمانی بیشتر آب دراختیاربوده و برابر است با:

رابطه 3-27 $$t_5 = T_n + \frac{T_n}{4} = 5t_1$$

و لذا:

رابطه 3-28

$$Z_5 = \Delta Z_1 (5)^{0.5}$$

چنانچه فرض شود تغییرات عمق نفوذ آب از ابتدای یک قطعه فضای‌سبز تا انتهای آن به صورت خطی باشد، متوسط عمق خیس شده خاک در اثر تلفات ناشی از نفوذ عمقی $\frac{\Delta Z_5}{2}$ است، زیرا نفوذ عمقی در ابتدای فارو ΔZ_5 و در انتهای فارو صفر می‌باشد.

رابطه 3-29

$$\frac{\Delta Z_5}{2} = \frac{Z_5 - Z_4}{2} = \frac{\left[(5)^{0.5} - (4)^{0.5}\right] \Delta Z_1}{2}$$

رابطه فوق فقط مربوط به نفوذ عمقی است یعنی عمقی که زیر منطقه ریشه‌ها خیس می‌شود ولی متوسط عمق خیس شده خاک عبارت است از:

رابطه 3-30

$$\frac{Z_4 + Z_5}{2} = \frac{\left[(4)^{0.5} + (5)^{0.5}\right] \Delta Z_1}{2}$$

زیرا عمق نفوذ در ابتدای فارو Z_5 و در انتهای فارو Z_4 می‌باشد.

حال می‌توانیم نسبت متوسط نفوذ عمقی را به متوسط عمق خیس شده خاک یعنی درصد تلفات عمقی محاسبه کنیم که عبارت خواهد بود از:

رابطه 3-31

$$\frac{\Delta Z_5 / 2}{(Z_4 + Z_5)/2} = \frac{1/2\left[(5)^{0.5} - (4)^{0.5}\right] \Delta Z_1}{1/2\left[(4)^{0.5} + (5)^{0.5}\right] \Delta Z_1} = 0.056$$

معادله فوق بدان معنی است که اگر زمان پیشروی آب و رسیدن آن به انتهای زمین (T_i) برابر یک چهارم زمان نفوذ خالص (T_n) بوده و α=0.5 درنظر گرفته شود، مقدار نفوذ عمقی 5/6 درصد خواهد بود. حال اگر T_t به جای اینکه برابر $\frac{1}{4}T_n$ باشد جزء دیگری از آن انتخاب شود (مثلاً $\frac{T_n}{1}$، $\frac{T_n}{2}$، $\frac{T_n}{3}$، $\frac{T_n}{5}$ یا $\frac{T_n}{10}$) و به ازاء مقادیر مختلف آن و نیز مقادیر مختلف α (از 0/1 تا 0/9) درصد تلفات در اثر نفوذ عمقی را حساب کنیم، اعدادی مطابق

جدول 3-1 به دست می‌آید. در این جدول نسبت زمان پیشروی اختصاراً بـه FAR [1] نشـان داده شده است. به عبارت دیگر اعداد جدول 3-1 از 54 ترکیـب مختلـف α و نسـبت FAR به دست آمده‌اند.

معمولاً در عملیات آبیاری اگر بخـواهیم بـدون انجـام محاسـبات طراحـی طـول فـارو را تخمین بزنیم، از قانون یک چهارم استفاده می‌شود. یعنی طول فارو طوری انتخاب مـی‌شـود که در یک چهارم زمان لازم برای آبیاری آب به انتهای فارو برسد، زیرا در این صورت تلفـات ناشی از نفوذ عمقی ناچیز خواهد بود (حدوداً 5/6درصد). مثلاً اگـر لازم باشـد بـرای آبیـاری 20 ساعت آب روی خاک وجود داشته باشد، طول فارو باید طوری انتخاب شـود کـه آب در مدت 5ساعت به انتهای آن برسد.

جدول 3-1- درصد مقدار تلفات در اثر نفوذ عمقی برای نسبت‌های مختلف زمان پیشروی (FAR) و مقادیر مختلف a

نسبت زمان پیشروی به زمان آبیاری	α								
(FAR)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	3.5	6.9	10.4	13.8	17.2	20.5	23.8	27.0	30.2
1/2	2.0	4.1	6.1	8.1	10.1	12.1	14.1	16.1	18.0
1/3	1.4	2.9	4.3	5.7	7.2	8.6	10.1	11.5	12.9
1/4	1.1	2.2	3.3	4.5	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0
1/5	0.9	1.8	2.7	3.6	4.6	5.5	6.4	7.3	8.2
1/10	0.5	1.0	1.4	1.9	2.4	2.9	3.3	3.8	4.3

منظور از ارائه مطالب این بخش آن است که نشـان داده شـود بـین نفوذپـذیری خـاک، زمان پیشروی و نفوذ عمقی یک رابطه کمّی وجود دارد که در طراحـی بایـد درنظـر گرفتـه شود. زمان پیشروی آب هم به طراحی سیستم و هم بـه مـدیریت سیسـتم آبیـاری بسـتگی دارد ولی نفوذ عمقی تابعی از راندمان آبیاری اسـت. مهنـدس طـراح بایسـت از ایـن روابـط

1. fractional advance ratio

اطلاع کافی داشته باشد تا بتواند سیستمی را برگزیند که در یک نوع به‌خصوص خاک بالاترین راندمان را داشته باشد. هر چند این روابط را ما فقط در مورد سیستم آبیاری جویچه‌ای ذکر می‌کنیم ولی این موضوع در تمام روش‌های آبیاری سطحی صادق است.

3-4-2. روابط تجربی

در طراحی سیستم آبیاری سطحی از یک سری روابط تجربی نیز استفاده می‌شود. این روابط براساس تجارب بسیار زیادی است که در قطعات فضای‌سبز مختلف روی سیستم آبیاری فارو انجام گرفته است. به طور کلی این رابطه‌ها در مقایسه با تحلیلهای هیدرولیکی نیاز به داده‌های زیادی ندارد و همین امر باعث محدودیت کاربرد آنها شده است لذا باید فقط در تخمین های اولیه از آنها استفاده شود. چنانچه اطلاعات فنی در مورد خاک و آب وجود داشته باشد توصیه می‌شود به جای این رابطه از روش تحلیل هیدرولیکی استفاده شود.

3-4-2-1. دبی غیرفرسایشی

برای آنکه فارو شکل خود را حفظ کند و از فرسایش خاک در قسمت ابتدای فارو و رسوب مواد فرسایشی در انتهای فارو جلوگیری‌شود می‌بایست سرعت آب در داخل آن از حدی که خاک را فرسایش می دهد بیشتر نباشد. چون سرعت جریان در فارو تابع دبی جریان است اگر فرض کنیم شکل فارو عوض نشود بین حداکثر دبی مجاز (Q_{max}) و شیب طولی فارو (S) براساس تجارب سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا[1] رابطه تجربی زیر به دست آمده است:

1. USDA - SCS

رابطه 3-32 $$Q_{max} = \frac{0.6}{S}$$

که در آن S برحسب درصد است. مثلاً چنانچه شیب زمین 0.005 m/m باشد (0.5 درصد) بالاترین مقدار دبی مجاز در فارو $\frac{0/6}{0/5}$ یا معادل 1/2 لیتردرثانیه خواهد بود. براساس این رابطه در صورتی که شیب زمین 2 درصد باشد حداکثر دبی مجاز تا 0/3 لیتردرثانیه می بایست کاهش پیدا کند که برقراری چنین دبی کم در یک قطعه فضای‌سبز غیرممکن است. لذا عملاً بالاترین حد شیب برای فاروها 2 درصد پیشنهاد شده است. سازمان حفاظت خاک در این رابطه اعداد دقیق‌تری را ارائه نموده است. بدین ترتیب که شیب فارو حتی الامکان بین 0/1 تا 1 درصد انتخاب شود. یعنی محدوده توصیه‌شده شیب برای آبیاری فارو 0/1 تا 1 درصد است. در مناطق خشک که بارندگی کم و لذا خطر فرسایش کمتر است شیب می‌تواند تا 3 درصد هم افزایش یابد. برعکس در مناطق مرطوب که به دلیل بارندگی زیاد خطر فرسایش خاک افزایش می‌یابد بالاترین حد توصیه شده برای شیب فارو 0/3 درصد می‌باشد. ولی اگر طول فاروها کوچک درنظر گرفته شود در این مناطق نیز می‌توان شیب‌ها را تا 0/5 درصد هم انتخاب کرد. در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب می‌بایست فارو حداقل شیب را برای تأمین زه‌کشی داشته باشد. بنابراین برای فاروها باید حداقل شیب 0/05 درصد را نیز درنظر داشت. بالاترین حد شیب فارو که برای مناطق نیمه مرطوب و نیمه خشک توصیه شده به ترتیب 1 تا 2 درصد است.

3-4-2-2. ابعاد یک قطعه فضای‌سبز

همان‌طور که در جدول 3-1 مشاهده شده هرچه طول زمین افزایش پیدا کند FAR یا نسبت زمان پیشروی افزایش می‌یابد و درنتیجه نفوذ عمقی زیاد می‌شود که باعث پایین آمدن راندمان آبیاری است. در جدول 3-2 مقادیر توصیه شده برای حداکثر طول فارو در خاک‌های مختلف به ازاء مقادیر متفاوت عمق آبیاری داده شده است. مثلاً براساس این جدول اگر شیب زمین در جهت فارو 0/3 درصد و مقدار آبیاری در هر نوبت 10 سانتی‌متر باشد در خاک شنی بالاترین طول توصیه شده فارو 280 متر می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود این جدول برای سه گروه کلی خاک رسی، لومی و شنی تهیه شده است. برای سایر خاک‌ها باید طول فارو نسبت به بافت خاک بین اعداد جدول تعدیل گردد. باردیگر یادآور می‌شویم که ارقام این جدول فقط جنبه راهنما داشته و در طراحی‌های اولیه برای سیمای کلی طرح می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد و ارقام دقیق‌تر طراحی باید از روی تجزیه و تحلیل هیدرولیکی به دست آیند.

جدول 3-2- حداکثر مجاز طول جویچه (متر) برای خاک‌ها، شیب ها و مقادیر مختلف آب آبیاری، طول به متر و عمق‌ها به سانتی متر می‌باشند.

شیب فارو	متوسط مقدار آبیاری (سانتی‌متر)											
	7.5	15	22.5	30	5	10	15	20	5	7.5	10	12.5
	رس				لوم				شن			
درصد	Meters											
0.05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190
0.1	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220
0.2	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300
0.3	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400
0.5	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300
1.0	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250
1.5	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220
2.0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190

3-4-3. روابط هیدرولیکی

در این قسمت سعی می‌شود از اصول دینامیکی سیالات استفاده و آنها را در طراحی سیستم‌های آبیاری فارو به کار ببریم. در ابتدا لازم به توضیح است که مهندسان در حل مسائل علاقمندند که به یک جواب دقیق برسند اما این طرز تفکر در طراحی سیستم‌های آبیاری زیاد صادق نیست. زیرا این سیستم‌ها از دو جزء تشکیل شده‌اند: یک جزء آن مکانیکی است مثل پمپ و لوله و شیرآلات و غیره و جزء دیگر طبیعی مثل خاک و گیاه و اقلیم که در سیستم‌های طبیعی نمی‌توان به یک راه حل دقیق دست‌یافت. بنابراین آنچه مهندس روی میز نقشه‌کشی طراحی می‌کند آن چیزی نخواهد بود که در یک قطعه فضای‌سبز نیز حاصل می‌گردد. هیچ وقت دو یک قطعه فضای‌سبز را مشاهده نخواهید کرد که پارامترهای آنها از نظر طراحی هیدرولیکی سیستم آبیاری یکسان باشد لذا نتایج حاصله از آزمایشات هیدرولیکی نیز هیچ‌گاه مشابه نخواهد بود. رابطه‌های هیدرولیکی که در این بخش برای طراحی سیستم آبیاری فارو ارائه شده است براساس معادله‌های فیزیکی است که توسط مؤسسه حفاظت خاک آمریکا برای این منظور ارائه شده است. در طراحی این سیستم‌ها به ضرائب دیگری نیز ممکن است نیاز باشد که در جدول 3-3 ارائه شده است. توجه داشته باشید ضرائب نوشته شده در جدول 3-3 برای حالتی است که نفوذ بر حسب میلی‌متر توصیف شده باشد. لازم به ذکر است که این رابطه‌ها اساس هیدرولیکی دارند اما براساس فرضیات مختلف تعدیل‌هایی در آنها صورت گرفته است و لذا شکل آنها با معادله‌های تئوریک متفاوت است.

جدول 3-3 شماره منحنی‌های نفوذ و ضرائب پیشروی برای شرایطی که نفوذ بر حسب میلی‌متر، زمان بر حسب دقیقه و طول بر حسب متر توصیف شود.

شماره‌منحنی‌نفوذ	a	b	c	f	g
0.05	0.5334	0.618	7.0	7.16	1.08×10^{-4}
0.10	0.6198	0.661	7.0	7.25	1.251×10^{-4}
0.15	0.7110	0.683	7.0	7.34	1.414×10^{-4}
0.20	0.7772	0.699	7.0	7.43	1.578×10^{-4}
0.25	0.8534	0.711	7.0	7.52	1.741×10^{-4}
0.30	0.9246	0.720	7.0	7.61	1.904×10^{-4}
0.35	0.9957	0.729	7.0	7.70	2.067×10^{-4}
0.40	1.064	0.736	7.0	7.79	2.230×10^{-4}
0.45	1.130	0.742	7.0	7.88	2.393×10^{-4}
0.50	1.196	0.748	7.0	7.97	2.556×10^{-4}
0.60	1.321	0.757	7.0	8.15	2.883×10^{-4}
0.70	1.443	0.766	7.0	8.33	3.209×10^{-4}
0.80	1.560	0.773	7.0	8.50	0.535×10^{-4}
0.90	1.674	0.779	7.0	8.68	3.862×10^{-4}
1.00	1.786	0.785	7.0	8.86	4.188×10^{-4}
1.50	2.284	0.799	7.0	7.76	5.819×10^{-4}
2.00	2.753	0.808	7.0	10.65	7.451×10^{-4}

نفوذ در جویچه و محاسبه زمان لازم برای نفوذ مقدار مشخص آب در فارو با سیستم‌های دیگر آبیاری سطحی متفاوت است. زیرا در فارو نفوذ فقط از محیط خیس شده صورت می‌گیرد. در حالی که مقدار نفوذ باید بر حسب واحد طول روی سطح یک قطعه فضای‌سبز توصیف گردد. برای اندازه‌گیری نفوذ در فارو قطعه‌ای از آن (مثلاً 60 تا 90 متر برای خاک‌های شنی و 150 تا 180 متر برای خاک‌های سنگین) انتخاب و با نصب فلوم در دو انتهای فارو جریان ورودی و خروجی از آن در زمانی حدوداً معادل زمان آبیاری اندازه‌گیری می‌شود. متوسط نفوذ آب (intake) در طول فارو عبارت خواهد بود از:

رابطه 3-33
$$i = \frac{1}{LP}(V_{in} - V_{out} - V_s)$$

i = متوسط مقدار نفوذ آب در فارو در سطح خیس شده آن (میلی‌متر)

L = فاصله بین دو نقطه ای که در آن جریان ورودی و خروجی اندازه‌گیری می‌شود (متر)

P = محیط خیس شده، متر (رابطه 3-34)

V_{in} = حجم جریان ورودی، (لیتر)

V_{out} = حجم جریان خروجی، (لیتر)

V_s = حجم آبی که به صورت ذخیره در فارو باقی مانده و هنوز در خاک نفوذ نکرده است، (لیتر). این مقدار از رابطه 3-35 به‌دست می‌آید.

مقدار تنظیم شده محیط خیس شده فارو از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P = 0.265\left[\frac{Q_n}{S^{0.5}}\right]^{0.425} + 0.227$$ رابطه 3-34

که در آن :

P = محیط خیس شده اصلاح شده (m)

Q = دبی ورودی فارو (لیتردرثانیه)

n = ضریب زبری مانینگ برای فارو که معمولاً 0/04 درنظر گرفته می‌شود.

S= شیب فارو یا گرادیان هیدرولیکی، (متر/متر) زیرا پس از آنکه جریان آب در فارو متعادل شد گرادیان هیدرولیکی و شیب فارو برابر می‌شوند.

حجم آبی که به صورت ذخیره موقت در داخل فارو وجود داشته (V_s) و هنوز در خاک نفوذ نکرده است از رابطه تجری زیر قابل محاسبه است:

$$V_s = \frac{L}{0.305}\left\{2.947\left[\frac{Q_n}{S^{0.5}}\right]^{0.735} - 0.0217\right\}$$ رابطه 3-35

که اجزاء آن قبلاً تشریح شده است. توجه داشته باشید که Q مقدار دبی حجمی ورودی (لیتردرثانیه) به فارو است.

مقدار نفوذ آب در سیستم آبیاری فارو باید برحسب ارتفاع آب در سطح کل یک قطعه فضای‌سبز توصیف شود. به این دلیل مقدار نفوذی که توسط معادله SCS به دست می‌آید

($i=at^b+c$) باید در P/W ضرب شود تا برحسب نسبت محیط خیس شده به فاصله بین فاروها اصلاح شود. بدین ترتیب که :

$$i = \left[a(t)^b + c\right]\frac{P}{W}$$ رابطه 3-36

در این رابطه:

W = فاصله بین پشته‌های فارو (متر)

زمان رسیدن جبهه پیشروی جریان آب در فارو براساس دستورالعمل SCS با معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$T_i = \frac{x}{f}\exp\left[\frac{gx}{Q(S)^{0.5}}\right]$$ رابطه 3-37

که در آن:

T_t = زمان پیشروی (دقیقه)

x = فاصله از ابتدای فارو (متر)

f = ضریب ثابت پیشروی که بسته به نوع خاک متفاوت است (جدول 3-3)

g = ضریب ثابت پیشروی که بسته به نوع خاک متفاوت است (جدول 3-3)

Q = دبی حجمی ورودی در فارو (لیتردرثانیه)

S = شیب فارو m/m

همان‌طور که قبلاً گفته شد و در شکل 3-1 مشهود است، فرصت نفوذ (T_o) عبارت است از زمان قطع آبیاری (T_{co}) منهای زمان پیشروی (T_t) به اضافه زمان پسروی (T_r)

$$T_o=T_{co} - T_t + T_r$$ رابطه 3-38

در این رابطه:

T_o = زمان فرصت نفوذ، دقیقه

T_{co} = زمان قطع، دقیقه

T_t = زمان پیشروی، دقیقه

T_r = زمان پسروی، دقیقه

در رابطه فوق زمان پسروی مرحله تخلیه را نیز شامل شده است. زمان قطع آبیاری (T_{co}) منعکس کننده مدیریت آبیاری و طراح سیستم آبیاری است. این زمان باید طوری باشد که مقدار کافی مورد لزوم، بدون آنکه تلفات عمقی زیادی دربرداشته باشد، در سرتاسر فارو به داخل خاک نفوذ کند. T_{co} معمولاً مساوی زمان پیشروی کامل آب به انتهای فارو به اضافه زمان لازم برای نفوذ مقدار خالص آب مورد نیاز به داخل خاک منهای زمان پسروی درنظر گرفته‌می‌شود. یعنی اینکه $T_{co}=T_t+T_n-T_r$. بنابراین اگر این مقدار را در رابطه 3-38 قرار دهیم زمان T_o برابر T_n به دست خواهد آمد ($T_o = T_n$). حال اگر i_n مقدار خالص آب مورد نیاز جهت نفوذ باشد، زمان لازم برای نفوذ این مقدار آب از جابه جایی اجزاء رابطه 3-39 به دست می آید:

$$T_n = \left[\frac{i_n(W/P)-c}{a}\right]^{1/b}$$ رابطه 3-39

در جویچه‌هایی که انتهای آنها باز می‌باشد و یا جویچه‌های شیبداری که در آنها S مساوی صفر نیست می‌توان زمان پسروی را صفر فرض کرد. بنابراین رابطه 3-38 به صورت زیر در می‌آید:

$$T_o=T_{co} - T_t$$ رابطه 2-40

باتوجه به آنچه در بالا گفته شد یعنی فرض اینکه $T_o = T_n$ باشد خواهیم داشت:

$$T_{co}= T_t + T_n$$ رابطه 3-41

T_t = زمان رسیدن آب به انتهای فارو به طول (L) برحسب دقیقه

چنانچه به منظور سادگی عملیات اجزاء داخل کروشه را در رابطه 3-37 با علامت β نشان دهیم خواهیم داشت:

رابطه 3-42

$$b = \frac{gx}{Q(S)^{0.5}}$$

که در آن:

S = شیب فارو یا گرادیان هیدرولیکی، m/m

متوسط فرصت نفوذ در حدفاصل ابتدای فارو تا طول x از ابتدای زمین از معادله زیر قابل محاسبه است:

رابطه 3-43

$$T_o - x = T_{co} - T_t = T_{co} - \frac{0.0929}{f(x)\left[\frac{0.305(\beta)}{x}\right]^2}[(\beta-1)\exp(\beta)+1]$$

در این رابطه f ضریبی است که مربوط به نوع خاک بوده و باتوجه به شماره منحنی نفوذ مقادیر آن در جدول 3-3 داده‌شده‌است. بنابراین متوسط زمان نفوذ در طول فارو (T_o) از رابطه فوق که در آن به جای x مقدار L گذاشته شود به دست می‌آید ($_L$).

رابطه 3-44

$$T_{o-L} = T_{co} - \frac{0.0929}{f(x)\left[\frac{0.305(\beta)}{x}\right]^2}[(\beta-1)\exp(\beta)+1]$$

همچنین اگر در رابطه 3-36 به جای t مقدار T_{o-L} را قرار دهیم متوسط مقدار نفوذ در طول کل فارو (i_{avg}) به دست خواهد آمد.

رابطه 3-45

$$i_{avg}=[a(T_{o-L})^b+c]\ \frac{P}{W}$$

چنانچه مقدار خالص آبیاری i_n باشد مقدار ناخالص آبیاری یعنی i_g از تقسیم i_n بر راندمان‌های آبیاری به دست می آید.

رابطه 3-46

$$i_g = \frac{i_n}{\frac{E_a}{100}\left(\frac{E_d}{100}\right)}$$

در رابطه فوق E_d راندمان کاربرد مصرف آب و E_a راندمان ورود آب به زمین است. در سیستم‌های سطحی فرض می‌شود راندمان ورود E_a برابر 100 باشد زیرا تمام مقدار آبی که وارد سیفون یا دریچه ورودی به فارو و کرت می‌شود بدون تلفات وارد زمین می‌گردد ولی راندمان کاربرد مصرف آب 100درصد نمی‌باشد لذا:

رابطه 3-47

$$i_g = \frac{i_n}{E_{d/100}}$$

برای محاسبه i_g برحسب ارتفاع آب باید حجم آب ورودی به فارو را برمساحت زمین تقسیم کنیم. چنانچه دبی ورودی به فارو Q و مدت آن T_{co} باشد باتوجه به طول و عرض فارو که L و W است حجم آب ورودی $60(Q)(T_{co})$ و مساحت خیس شده WL می‌باشد لذا:

رابطه 3-48

$$i_g = \frac{60(Q)(T_{co})}{WL}$$

که در آن:

i_g = مقدار ناخالص عمق آبیاری که وارد فارو شده است (میلی‌متر)

Q = دبی ورودی به فارو (لیتردرثانیه)

W = فاصله فاروها از همدیگر (متر)

T_{co} = زمان قطع جریان (دقیقه)

دراین صورت مقدار ارتفاع رواناب سطحی که از فارو خارج می‌شود (d_{ro}) از اختلاف بین مقادیر ناخالص آبیاری و متوسط خالص آب داده شده به زمین پست به دست می‌آید. یعنی:

رابطه 3-49

$$d_{ro} = i_g - i_{avg}$$

مقدار نفوذ عمقی (d_{dp}) نیز برابر است با مقدار متوسط نفوذ منهای مقدار خالص نفوذ

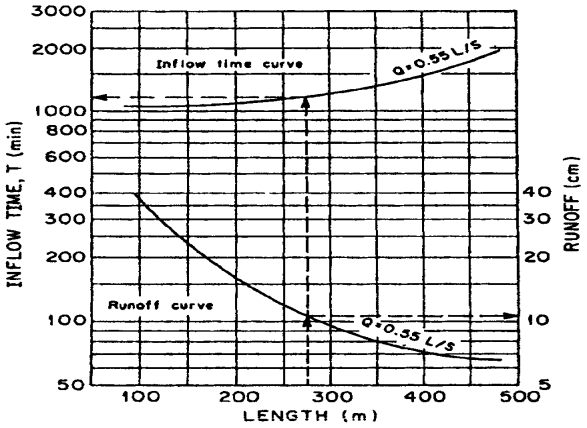
رابطه 3-50

$$d_{dp} = i_{avg} - i_n$$

بدین ترتیب با استفاده از روابط پیشنهادی سازمان SCS می‌توان مشخصه‌های سیستم آبیاری را در فارو به دست آورد.

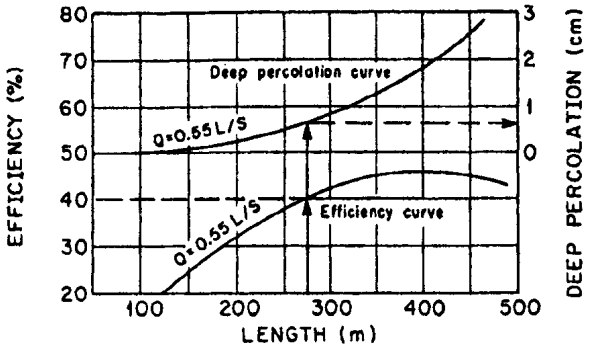
3-4-4. روش نموداری

برای حل مجموعه معادلاتی که در بالا گفته شد نمودارها و راه حل‌های گرافیکی نیز توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا ارائه شده است. هرکدام از این گراف‌ها برای حالت خاصی از شماره منحنی نفوذ، عمق آبیاری، شیب زمین، زبری مانینگ و فاصله بین فاروها کاربرد دارد و از یک نمودار نمی‌توان برای تمام حالات استفاده کرد. مثلاً شکل 3-3 نموداری است که فقط برای برخی شرایطی کاربرد دارد. شکل 4-3 نیز نموداری را نشان می دهد که طیف وسیع‌تری از دبی ورودی به فارو را شامل می‌شود.



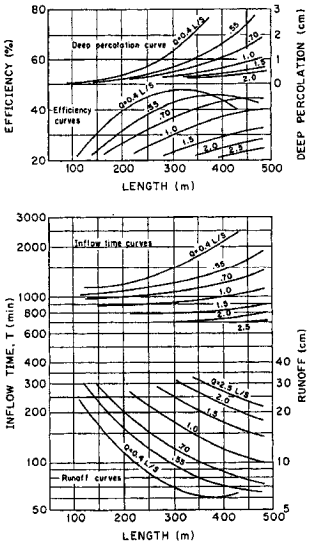
برای استفاده از نمودار ابتدا طول فارو را روی محور افقی آورده و از آن خط عمودی اخراج می‌کنیم تا منحنی مربوط

به دبی را در نقطه‌ای قطع کند. از نقطه تقاطع خطی به سمت راست اخراج کرده و رواناب سطحی را (برحسب سانتی‌متر) روی محور عمودی به دست می آوریم.



شکل 3-3- نمونه یک نمودار برای طراحی سیستم آبیاری فارو برای شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0/3، نیاز خالص آبیاری i_n=7.5cm، شیب زمین S=0.004m/m ضریب زبری مانینگ n=0.04و فاصله فاروها از یکدیگر 75 سانتی متر باشد.

اگر خط عمودی اولیه به سمت بالا ادامه پیدا کند تا بار دیگر منحنی دبی را قطع نماید در سمت چپ زمان قطع جریان برحسب دقیقه به دست می‌آید. به‌همین طریق از روی نمودار بالای شکل 3-3 با داشتن طول فارو می‌توان در محور سمت چپ راندمان آبیاری (راندمان کاربرد مصرف) و از منحنی بالا و در سمت راست مقدار نفوذ عمقی را به دست آورد.



شکل 3-4- نمودار طراحی سیستم آبیاری جویچه ای برای شرایطی که n = 0.04 می‌باشد.

مشکل در اینجا است که برای حل گرافیکی نیاز به آن است که تعداد زیادی گراف را در اختیار داشته باشیم که بتواند تمام شرایط متغیر زمین و گیاه و آب را شامل شود سازمان SCS برای این منظور دفترچه‌ای را که مشتمل بر تعداد زیادی گراف می‌باشد منتشر کرده است که می‌تواند مورد استفاده طراحان قرارگیرد. ولی امروزه با در اختیار بودن ماشین حساب‌ها و برنامه‌های کامپیوتری کاربرد روش‌های نموداری بسیار محدود است.

می دانیم که سرعت نفوذ با زمان کاهش می‌یابد واز طرفی مطابق جدول 3-1 هرچه نسبت پیشروی (FAR) کوچک باشد یعنی هرچه دبی افزایش پیداکند مقدار نفوذ عمقی تقلیل می‌یابد. ترکیب این متغیرها منجر به مفهوم روشی به‌نام آبیاری کاهشی[1] گردید. با این روش وقتی جریان ورودی به انتهای فارو رسید مقدار آن کاهش پیدا می‌کند. البته این که جریان چه وقت و چقدر تغییر می‌کند بستگی به نظر طراح دارد. رابطه‌هایی که در زیر ارائه شده است برای شرایطی است که در آن پس از این که آب به انتهای فارو رسید (T_t)

1. cut-back

جریان ورودی به نصف کاهش داده می‌شود. زیرا نصف‌کردن جریان پس از اینکه آب به انتهای فارو رسید عملی‌ترین روش برای آبیاری کاهشی می‌باشد. اگر زمان تغییر جریان را با T_{cb} نشان دهیم در این شرایط $T_t = T_{cb}$ خواهد بود در رابطه‌های ذیل اندیس 1 مربوط به شرایط اولیه جریان و 2 مربوط به شرایط ثانوی جریان یعنی هنگامی است که دبی به نصف تقلیل‌داده شده می‌باشد.

3-4-5. طراحی با روش کاهش جریان ورودی به فارو

برای آنکه بتوان معادله های لازم را در شرایط کاهش جریان ورودی به فارو حل کنیم باید تغییری در برخی از آنها داده شود. ازجمله در رابطه 3-34 برای به دست آوردن محیط خیس شده در زمانی که جریان کاهش داده شده است باید به جای Q مقدار Q_2 را گذاشته و در رابطه 3-39 برای تعیین زمان نفوذ خالص در طول L به جای P باید P_2 قرار داده شود و متوسط فرصت نفوذ طی زمان پیشروی برابر قدر مطلق قسمت دوم سمت راست رابطه 3-44 می‌باشد.

$$T_{avg} = \frac{0.0929}{f(L)\left[\frac{0.305(\beta)}{L}\right]^2}\left[(\beta-1)\exp(\beta)+1\right]$$ رابطه 3-51

متوسط نفوذ در شرایط آبیاری کاهشی عبارت است از:

$$i_{avg} = \left[a\left(T_{co}-T_{avg}\right)^b + c\right]\frac{P_2}{W} + \left[\left(a\left(T_{avg}\right)^b + c\right]\frac{P_1-P_2}{W}$$ رابطه 3-52

و مقدار ناخالص عمق آبی که روی زمین داده می‌شود عبارت خواهد بود از:

$$i_g = \frac{60}{WL}\left[Q_1(T_t)+Q_2(T_n)\right]$$ رابطه 3-53

مقایسه اجزاء مهم سیستم در دو طراحی به روش استاندارد و دیگری طراحی به روش آبیاری کاهشی، در جدول 4-2 ردیف شده است ؛ مشاهده می‌شود که با تغییر دبی بهبود عمده‌ای به خصوص در راندمان آبیاری آب و کاهش رواناب سطحی بوجود می آید.

جدول 3-4- مقایسه اجزاء طرح در روش استاندارد و روش آبیاری کاهشی

پارامتر	روش استاندارد	روش cut back
T_t (min)	144	144
T_n (min)	999	1165
T_{co} (min)	1143	1309
i_{avg} (mm)	80	80
i_g (mm)	200	127
d_{ro} (mm)	120	47
d_{dp} (mm)	5	5
e_d (%)	37.5	59

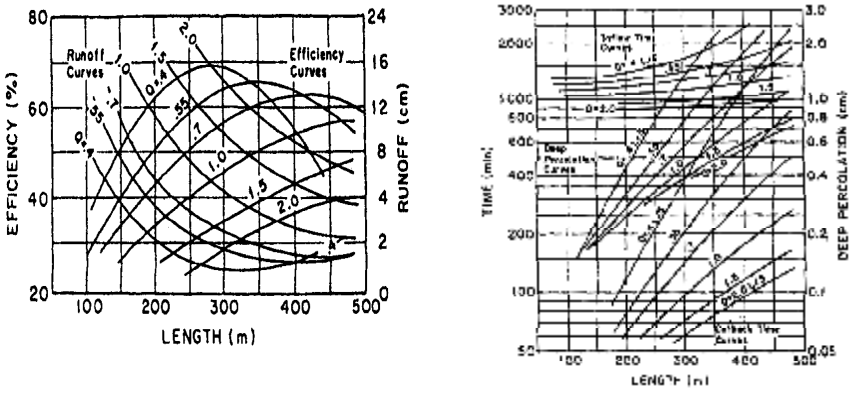
3-4-6. روش نموداری

برای حل معادلات طراحی به روش آبیاری کاهشی نیز نمودارهای طراحی ارائه شده است که مشابه گراف های قبلی است. نمونه‌ای از این گراف ها در شکل 3-5 نشان داده شده است. در شکل 3-5 با داشتن طول فارو روی محور افقی از روی سری داده‌های دبی در پایین ابتدا زمان کاهش جریان[1] از محور عمودی سمت چپ و سپس از روی داده‌های دبی در وسط، نفوذ عمقی (روی محور عمودی سمت راست) و با استفاده از داده‌های دبی در بالای گراف زمان قطع جریان (روی محور عمودی سمت چپ) به دست می آید. همچنین به طریق مشابه با داشتن طول فارو از شکل مذکور رواناب سطحی از روی محور عمودی سمت راست و راندمان آبیاری در محور عمودی سمت چپ به دست می‌آید.

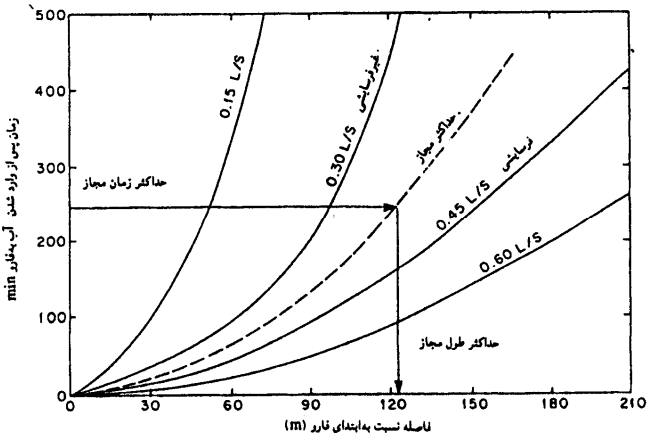
1. cut-back time

3-4-7. آزمایش‌های صحرایی برای تعیین درستی پارامترهای طراحی

به دلیل متغیر بودن خصوصیات فیزیکی خاک در نقاط مختلف یک قطعه فضای‌سبز توصیه می‌شود پس از آنکه متغیرهای طرح محاسبه شد با انجام آزمایشات صحرایی صحت آنها مورد بررسی قرارگیرد. برای این منظور ابتدا حداکثر دبی مجاز در فارو را از رابطه 3-32 باتوجه به شیب زمین به‌دست‌آورید (Q_{max}). سپس در یک قطعه فضای‌سبز 5 فارو را انتخاب کنید که در هرکدام جریان مشخصی وارد شود. به طوری که در دوتا از این فاروها دبی بیشتر از Q_{max} محاسبه شده ودر دوتای دیگر کمتر از Q_{max} و در یکی معادل Q_{max} باشد. دبی‌ها را طوری انتخاب کنید که در یکی از فاروها جریان کاملاً فرسایشی باشد و در دیگری به دلیل کوچک بودن دبی هیچ وقت جریان به انتهای فارو نرسد. آنگاه با این 5 جریان، پیشروی آب در فاروها را اندازه‌گیری و منحنی‌های پیشروی را رسم کنید تا شکلی مانند شکل 3-6 به دست آید. سپس منحنی مربوط به Q_{max} را انتخاب کرده و با اندازه‌گیری شیب زمین (S) با آزمون و خطا طول فارو و زمان پیشروی را به دست آورید.



شکل 3-5- نمودار طراحی فارو به روش کاهشی برای شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0.3، نیاز خالص آبیاری i_n=7.5cm، شیب زمین 0.004 m/m، ضریب زبری مانینگ 0.04 و فاصله بین فاروها w=75 cm باشد.



شکل 3-6- منحنی‌های پیشروی آب برای تعیین حداکثر طول فارو

در شکل 3-6 مشاهده می‌شود که نقطه‌ای که مختصات آن T_{t1}=110 و L = 100 است زیر منحنی مربوط به حداکثر دبی مجاز (Q_{max}) قرار می‌گیرد. پس حدس اولیه درست نمی‌باشد. حال برای L عدد 140 را در نظر می گیریم و T_{t2} جدید را به دست می‌آوریم نتیجه عبارت خواهد بود از:

$\beta = 2.98$

$T_{t2} = 362$ min

نقطه‌ای به مختصات 362 و 140 در شکل 3-6 کمی بالای منحنی Q_{max} قرار می‌گیرد پس برای بار سوم آزمون دیگری را انجام می‌دهیم. این بار L = 125 انتخاب می‌شود که برای آن T_{t3}=235 به دست می‌آید، مختصات این نقطه تقریباً روی منحنی Q_{max} قرار می‌گیرد که نسبتاً مناسب است لذا طول فارو باید 125 متر باشد. بر این مبنا سایر پارامترهای سیستم باید دوباره محاسبه شوند.

3-5. طراحی سیستم آبیاری در کرت‌های مسطح

منظور از کرت قطعه زمینی است که معمولاً به شکل مربع یا مستطیل بوده و اطراف آن توسط پشته کوچکی از خاک محصور است. سطح زمین در داخل کرت مسطح است یعنی فاقد شیب می‌باشد. به طوری که وقتی آب وارد آن شد داخل کرت حالت غرقابی به خود می‌گیرد تا به تدریج آب به داخل نفوذ کند. هرچه جبهه آب در داخل کرت یکنواخت‌تر حرکت نماید راندمان الگوی توزیع آب بیشتر خواهد شد. طراحی اینگونه سیستم‌ها براساس مقدار دبی جریان آب ورودی به کرت، شماره منحنی نفوذ خاک و ابعاد زمین انجام می‌شود.

سیستم کرتی تقریباً برای انواع گیاهان فضای‌سبز مناسب است. در کرت از چمن گرفته تا درختان و درختچه ها کشت و آبیاری می‌شود. اندازه کرت بستگی به مقدار جریان آب و نفوذپذیری خاک دارد. دربعضی شرایط مساحت کرت فقط چندمترمربع است حال آنکه در بعضی جاها ممکن است مساحت آن به ده‌ها هکتار برسد. بهره‌برداران به تجربه دریافته‌اند که اگر مقدار جریان آب کم باشد سیستم آبیاری کرتی مناسب‌ترین روش آبیاری زمین است.

اندازه کرت به عوامل زیر بستگی دارد که از جمله می‌توان : نوع خاک، مقدار جریان، عمق آبیاری، اندازهٔ یک قطعه فضای‌سبز، شیب زمین و شیوهٔ عملیات کاشت و نگهداری را نام برد.

3-5-1. نوع خاک، مقدار جریان و عمق آبیاری

این سه عامل در تعیین اندازه کرت‌ها مهمترین نقش را ایفا می‌کنند. وقتی خاک شنی باشد آب به سرعت در آن نفوذ می‌کند. این بدان معناست که بایستی کرت‌ها کوچک باشند تا آب سریعاً توزیع شود، حتی زمانی که مقدار جریان زیاد است. وقتی خاک رسی باشد آب به

کندی در آن نفوذ می‌کند و توزیع آب روی سطح خاک زمان بیشتری لازم دارد. پس کرت‌ها می‌توانند بزرگ باشند، حتی زمانی که مقدار جریان کم است. در مورد خاک‌های مشابه اگر مقدار جریان زیاد باشد معمولاً می‌توان کرت‌ها را بزرگتر گرفت. دلیل این کار سرعت توزیع آب روی سطح خاک است. برای ایجاد عمق نفوذ بیشتر نیز می‌توان اندازهٔ کرت را افزایش داد. به منظور افزایش عمق نفوذ آب لازم است زمان تماس طولانی باشد، اگر اندازهٔ کرت زیاد باشد زمان بیشتری برای توزیع آب روی سطح خاک لازم است و عمق نفوذ بیشتر خواهد شد.

3-5-2. اندازه یک قطعه فضای‌سبز

اندازه یک قطعه فضای‌سبز در انتخاب وسعت کرت نقش تعیین کننده‌ای دارد. در قطعات خیلی کوچک تمام یک قطعه فضای‌سبز می‌تواند یک کرت باشد و در فضای‌سبز های بزرگ رسم براین است که یک قطعه فضای‌سبز را به کرت‌های یک اندازه و یک شکل قسمت‌بندی می‌کنند. با این کار انتقال یکسان آب به هرکرت آسانتر صورت می‌گیرد.

3-5-3. شیب زمین

از آنجا که سطح خاک هر کرت بایستی مسطح باشد اندازه کرت می‌تواند از شیب زمین متأثر باشد. وقتی زمین مسطح است تا آنجا که مقدار جریان و نوع خاک اجازه دهد می‌توان کرت را بزرگ ساخت.

3-5-4. شیوهٔ عملیات احداث و نگهداری

در بسیاری از شهرهای کشور فضاهای سبز شهری غالباً کوچک انـد (اغلـب بـین یـک تـا 2 هکتار یا کمتر)، در این قطعات غالباً در یک زمان انواع گیاهان زینتی کاشته می‌شود و تمـام مراحل آماده سازی، کاشت و نگهداری با دست انجام می‌شود. برای این نوع قطعات اغلـب از کرت‌های کوچک استفاده‌می‌کنند. کرت‌های کوچک به سادگی با دست هموار می‌شـوند. در این موارد بهره‌بردار پس از قسمت‌بندی قطعه فضای‌سبز اقدام به نگهداری از فضای‌سبز مـی نماید و در این صورت برای آبیاری آن در هر نوبت تنها به مقدار کمی آب نیاز دارد.

در قطعات بزرگ که غالباً عملیات نگهداری مکانیزه است، کانال‌هـا و پشـته‌هـای خـاکی اطراف کرت‌ها مانع حرکت ماشین‌ها هستند. در این موارد لازم است کرت‌هـا آنقـدر بـرزرگ باشند که ماشین بتواند به سادگی دور بزند و طول کرت‌ها نیز بایستی بـه حـدی باشـد کـه دفعات دور زدن ماشین زیاد نشود. عرض کرت نیز بایستی چند برابر این مقدار باشد. گـاهی اندازه کرت تابع نوع گیاهانت مورد استفاده است. برای مثال از یک کـرت کوچـک مـی‌تـوان برای آبیاری تک‌درختان یا یک قطعه زمین کوچک مخصوص چمن‌کاری استفاده کرد.

3-5-5. شکل کرت

بطور کلی شکل کرت تابع شیب زمین است. وقتی زمین همـوار اسـت یـا شـیب یکنـواختی دارد کرت‌ها می‌توانند مستطیل شکل باشند. اگر کرت‌ها مستطیل شـکل باشـند کـار ایجـاد کانال، زهکش و جادهٔ اطـراف یـک قطعـه فضـای‌سـبز بـرای تـردد ماشـین در یـک قطعـه فضای‌سبز آسانتر صورت می‌گیرد. اگر زمین ناهموار باشد کـرت را مـی‌تـوان مطـابق کنتـور زمین ساخت. این گونه کرت‌ها را کرت‌های کنتوری[1] می‌نامند و شـکل آنهـا بسـیار نـامنظم

1. contour

است. در بعضی از طرح‌ها زمین ناهموار را صاف می‌کنند و به شکل یک دشت وسیع و مسطح در می‌آورند تا در آن کرت‌های مستطیل شکل بسازند. کرت‌های مستطیل شکل معمولاً طویل و باریکند و عرض آن‌ها در امتداد کانال قرار دارد. با این کار تعداد کانال‌های یک قطعه فضای‌سبز کاهش می‌یابد و در نتیجه هزینه‌های دستمزد کارگر و نگهداری نیز کم می‌شود، از طرفی راهیابی وسایل نقلیه به یک قطعه فضای‌سبز نیز ساده‌تر صورت می‌گیرد. در بعضی قطعات فضای‌سبز امکان آبیاری کرتی از دو طرف کانال نیز وجود دارد که با این کار از تعداد کانال‌ها کاسته می‌شود.

3-5-6. نوع عملیات احداث و نگهداری

در کرت‌ها انواع گیاهان کاشته می‌شود مانند: چمن، گیاهان فصلی و درختان و درختچه ها.

در مورد درختان و درختچه ها می‌توان کرت‌ها را به راحتی با نیازهای مربوط به رشد درختان هماهنگ کرد. ابتدا که نهال کاشته می‌شود سیستم ریشهٔ آن کوچک است و آب کمی لازم دارد که با ایجاد یک کرت کوچک در اطراف نهال آب مورد نیاز آن تأمین می‌شود. با رشد درخت و درنتیجه گسترش سیستم ریشه می‌توان کرت را بزرگ کرد تا آب بیشتری به درخت برسد.

بعضی ازگیاهان با ماندن زیاد در آب یا خاک خیلی مرطوب صدمه می‌بینند. اینگونه گیاهان را بایستی به جای کرت‌های هموار روی پشته شیارها کاشت. راه دیگر، کاشتن آنها روی پشته های برآمدهٔ درون کرت است. گیاهان فصلی معمولاً بدین طریق کاشته می‌شوند. همچنین در مواردی که خاک خیلی سنگین است و آب قبل از نفوذ در خاک به مدت 24 ساعت یا بیشتر روی زمین می‌ماند می‌توان از این روش استفاده کرد.

3-5-7. روابط تجربی

مشابه آنچه در مورد آبیاری فارو گفته شد در روش کرتی نیز روابط تجربی بین مقدار جریان آب، شماره منحنی نفوذ خاک، راندمان آبیاری و ابعاد کرت وجود دارد که از روی آنها می‌توان تخمین‌های اولیه را در طراحی به دست آورد. در جدول 3-5 سطح کرت برحسب پارامترهای خاک و آب داده شده است. مطابق این جدول مثلاً اگر دبی جریان 60 لیتردرثانیه و خاک از نوع لوم شنی باشد توصیه می‌شود مساحت کرت از 0/12 هکتار یا 1200 مترمربع تجاوزننماید. یادآوری می‌شود که ارقام ذکرشده در این جدول فقط جنبه توصیه‌ای داشته و تصمیم‌گیری درباره ابعاد کرت‌ها می بایست براساس تجزیه و تحلیل‌های دقیق‌تر باشد که در بخش‌های زیر به تفصیل بحث شده است.

جدول 3-5 – مقادیر پیشنهادی برای سطح کرت به ازاء انواع مختلف خاک‌ها و دبی جریان

مقدار جریان		تیپ خاک			
		شن	لوم شنی	لوم رسی	رس
لیتردرثانیه	متر مکعب در ساعت	هکتار			
30	108	0.02	0.06	0.12	0.2
60	216	0.04	0.12	0.24	0.4
90	324	0.06	0.18	0.36	0.6
120	432	0.08	0.24	0.48	0.8
150	540	0.10	0.30	0.60	1.0
180	648	0.12	0.35	0.72	1.2
210	756	0.14	0.42	0.84	1.4
240	864	0.16	0.48	0.96	1.6
270	972	0.18	0.54	1.08	1.8
300	1080	0.20	0.60	1.20	2.0

3-5-8. روابط هیدرولیکی

آنچه در اینجا به عنوان روابط هیدرولیکی در سیستم آبیاری کرتی ذکر می‌شود برمبنای دستورالعمل‌های طراحی است که توسط مؤسسه حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارائه شده و در آن از مفهوم شماره منحنی نفوذ استفاده شده است. آزمایشات نفوذ که در طراحی

سیستم آبیاری کرتی مورد لزوم است توسط حلقه‌های نفوذ و یا کرت‌های بسیار کوچکی که پر از آب می‌شود انجام می‌گردد. البته با فرض اینکه محل آزمایش نماینده کل فضای‌سبز بحث باشد؛ معادله‌های هیدرولیکی که براساس آنها پارامترهای طراحی محاسبه می‌شوند عبارتند از: معادله پیوستگی، معادله نفوذ و معادله مانینگ در جریان‌های رو باز که به کرت‌های پهن با عمق محدود تعمیم داده می‌شود. زمان خالص نفوذ (T_n) در یک کرت مسطح از معادله‌های مشابه رابطه 3-39 محاسبه می‌شود بدون آنکه نیازی به اصلاح محیط خیس شده و یا فاصله‌ای مانند فاروها داشته باشد:

$$T_n = \left[\frac{i_n - c}{a}\right]^{1/b}$$ رابطه 3-54

زمان لازم برای پیشروی آب (T_t) از حاصلضرب زمان نفوذ مقدار خالص آبیاری در نسبت پیشروی جزئی $\left(\frac{T_t}{T_n}\right)$ که خود تابعی از راندمان کاربرد مصرف آب است، به دست می‌آید زیرا:

$$FAR = \left(\frac{T_t}{T_n}\right)$$ رابطه 3-55

$$T_t = (FAR)\, T_n$$ رابطه 3-56

بنابراین برای به دست آوردن زمان پیشروی (T_t) در آبیاری کرتی ابتدا مقدار T_n را از رابطه 3-54 به دست آورده و در FAR ضرب می‌کنیم. حال سئوال این است که برای FAR چه مقداری را باید انتخاب کرد. انتخاب FAR بستگی به راندمان موردنظر دارد. از جدول 3-6 یا شکل 3-7 می‌توان با داشتن راندمان مورد نظر مقدار FAR یا T_t/T_n را به دست آورده و در رابطه 3-56 قرار داد. درصورتی که به شکل یا جدول فوق دسترسی نباشد می‌توان از معادله زیر که رابطه بین راندمان کاربرد آب (E_d) و نسبت زمان پیشروی (T_t / T_n) است استفاده کرد.

رابطه 3-57

$$E_d = 105.81 - 32.676 \left(\frac{T_t}{T_n} \right)^{0.5}$$

مزیت معادله فوق در این است که می‌توان به راحتی در برنامه‌های کامپیوتری گنجاند.

جدول 3-6- نسبت T_t به T_n برای راندمان‌های مختلف الگوی توزیع

راندمان کاربرد آب	نسبت T_t/T_n
95	0.16
90	0.28
85	0.4
80	0.58
75	0.80
70	1.08
65	1.45
60	1.90
55	2.45
50	3.20

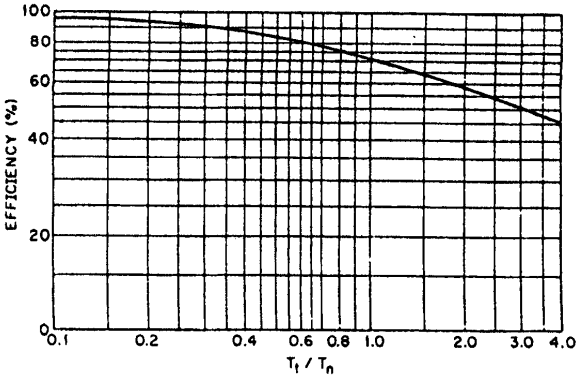
حال با داشتن زمان پیشروی (T_n) می‌توان طول کرت را از رابطه 3-58 به دست آورد. در این معادله Q_u دبی در واحد عرض کرت یا حاصل بخش دبی ورودی به عرض کرت می‌باشد که برحسب مترمکعب درثانیه درهرمتر یا معادل مترمربع درثانیه توصیف می‌شود.

رابطه 3-58

$$L = \frac{6\times10^4 (Q_u)(T_t)}{\frac{a(T_t)^b}{1+b} + c + 1798(n)^{3/8}(Q_u)^{9/16}(T_t)^{3/16}}$$

مقدار n ضریب زبری مانینگ است که عدد توصیه شده برای آن در کرت‌های مختلف به شرح ذیل می‌باشد:

- کرت‌های کشت نشده و صاف $n = 0.04$
- کرت‌های کشت شده با گیاهان فصلی $n = 0.10$
- کرت‌های کشت شده با چمن و گیاهان مشابه $n = 0.15$



شکل 3-7 منحنی تخمین راندمان آبیاری از روی نسبت T_t / T_n در سیستم آبیاری کرتی

بنابراین اگر دبی کرت در هر واحد عرض را داشته باشیم با انتخاب راندمان آبیاری و تعیین زمان پیشروی می‌توان مستقیماً از روی معادله 2-58 طول کرت را به دست آورد. ولی اگر طول کرت و زمان پیشروی را داشته باشیم برای به دست آوردن دبی واحد می‌بایست معادل فوق را به روش‌های محاسبات عددی و آزمون و خطا حل کرد. زیرا این معادله غیرخطی است و حل آن فقط به طریق عددی امکان پذیر است. یکی از روش‌های ساده حل عددی اینگونه معادله‌ها روش نیوتن است که می‌توان آن را با برنامه‌ای مناسب به ماشین‌های حساب و یا کامپیوتر داد.

زمان قطع جریان ورودی به کرت (T_{co}) زمانی است که لازم است مقدار ناخالص آبیاری (i_g) وارد سطح کرت شود. این زمان از معادله زیر به دست می‌آید:

رابطه 3-59

$$T_{co} = \frac{i_n L}{600(Q_u)E_d}$$

T_{co} = زمان قطعه جریان پس از شروع آبیاری کرت (دقیقه)

i_n = عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

E_d = راندمان آبیاری، درصد

توجه داشته باشید که در رابطه 3-59 فرض شده است که راندمان ورود آب به یک قطعه فضای‌سبز 100 درصد باشد. یعنی تمام آبی که به دریچه ورودی کرت می‌رسد به داخل کرت هدایت و در خاک نفوذ کرده است. اگر به دلایلی این راندمان (E_a) صددرصد نباشد رابطه 3-59 به صورت زیر خواهدبود:

رابطه 3-60

$$T_{co} = \frac{i_n L}{6(Q_u)(E_a)(E_d)}$$

که E_a و E_d هر دو برحسب درصد می‌باشند. در معادلات فوق i_n/E_d برابر نفوذ ناخالص یا i_g می‌باشد.

عمق جریان آبی که وارد کرت می‌شود یکی از پارامترهای مهم است زیرا ارتفاع پشته‌های اطراف کرت بستگی به این عمق دارد. اگر حداکثر این عمق d_{max} باشد ارتفاع پشته‌ها باید d_{max} 1.25 باشد. علاوه بر این پشته‌ها باید دارای شیب جانبی 2/5 (افقی) به یک (عمودی) باشند. حداکثر عمق جریان آب (d_{max}) را می‌توان از کاربرد رابطه مانینگ در رابطه 3-59 و با فرض اینکه عمق متوسط جریان 80 درصد عمق ماکزیمم جریان باشد به دست آورد. عمق ماکزیمم جریان از معادله زیر به دست می آید:

رابطه 3-61

$$d_{max}=2250(n)^{3/8}(Q_u)^{9/16}(T_{co})^{3/16}$$

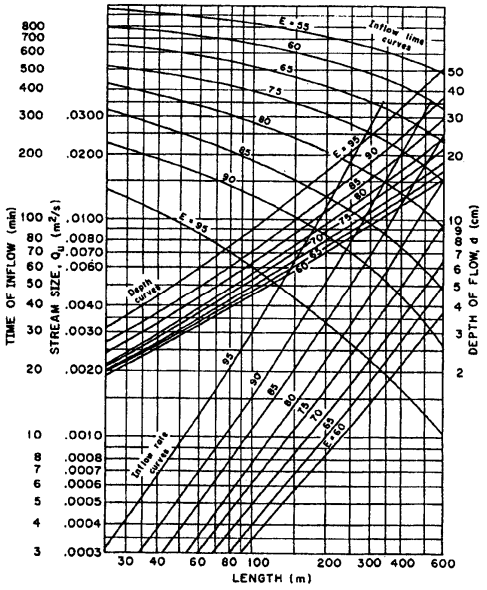
که در آن:

d_{max} = عمق ماکزیمم جریان mm

چنانچه زمان پیشروی (T_t) بزرگتر از زمان قطع جریان باشد ($T_t > T_{co}$) در رابطه 3-61 به جای T_{co} باید T_t را قرار داد.

برای طراحی سیستم آبیاری کرتی نیز نمودارهای طراحی توسط سازمان SCS ارائه شده است که نمونه‌ای از آن در شکل 3-8 نشان داده شده است. در این نمودار نیز می‌توان با داشتن طول کرت (روی محور افقی) از روی دسته اول منحنی راندمان در پایین شکل

مقدار دبی در واحد عرض (Q_u) را در ستون سمت چپ و از روی دسته دوم منحنی‌های راندمان در وسط شکل عمق جریان را از ستون عمودی سمت راست و از روی دسته سوم منحنی‌های راندمان در بالای شکل زمان قطع جریان را از ستون سمت چپ به دست آورد.



شکل 3-8- نمودار طراحی برای استفاده در سیستم آبیاری کرتی در شرایطی که شماره منحنی نفوذ 0/5، ضریب زبری مانینگ n=0.15 و مقدار خالص نفوذ i_n=100 میلی‌متر باشد.

3-6. طراحی سیستم‌های آبیاری نواری

از نظر کلی نوارها مشابه کرت‌های مسطح می‌باشند، به جز اینکه در جهت طولی دارای شیب هستند و درجهت عرضی نیز ممکن است شیب محدودی داشته باشند. نوارهای شیبدار به طور کامل محصور نیستند، یعنی انتهای آنها باز است و آب می‌تواند از آنها خارج شود. این وضعیت مشابه فاروهای شیبدار می‌باشد. نوارهای شیبدار بیشتر در زمین‌هایی کاربرد دارد که به دلیل محدود بودن عمق خاک امکان تسطیح و مسطح کردن زمین نباشد این روش برای خاک‌هایی مناسب است که نفوذپذیری آنها متوسط است (نسبتاً کم تا نسبتاً

زیاد) خاک‌هایی که نفوذپذیری آنها زیاد است برای این روش هیچگونه تناسبی ندارند. همچنین در خاک‌هایی که نفوذپذیری آنها بسیار کم است برای آنکه تا عمق موردنظر خیس شوند، می‌بایست مدت زیادی آب روی آنها قرارداشته‌باشد و چون انتهای نوارهای شیب دار باز است این امر موجب تلفات آب به صورت رواناب می‌شود. بهترین زمین از نظر شیب برای این سیستم زمین‌هایی است که شیب آنها از 0/5درصد کمتر باشد. اگر در زمین گیاهانی غیراز گیاهان فصلی کشت شده باشد شیب‌های تا 2 درصد هم قابل قبول است و اگر از این گیاهان استفاده شده باشد می‌توان زمین‌های با شیب تا 4درصد را هم با این سیستم آبیاری کرد.

وسعت زیاد نوار نشان می دهد که در این سیستم برای آنکه آب بتواند تا حد قابل قبولی یکنواخت روی نوار توزیع شود می‌بایست دبی ورودی زیاد باشد. از طرف دیگر نوارهای بزرگ را باید به خوبی شیب‌بندی کرد تا راندمان آبیاری بالا باشد.

منحنی‌های پیشروی و پسروی در نوارها تا حد زیادی از شکل 3-1 تبعیت می‌کند. بالاترین راندمان زمانی به دست می‌آید که به هر نقطه از نوار برای نفوذ آب فرصت مساوی داده شود و این وضعیت گاهی حاصل می‌شود که عمق آب داده شده به نوار مساوی عمق ناخالص آبیاری و فرصت نفوذ در انتهای نوار برابر زمان لازم برای نفوذ عمق خالص آبیاری باشد.

3-6-1. روابط تجربی

همانند سایر روش‌های آبیاری سطحی در روش نواری نیز تعدادی روابط تجربی بین اجزاء تشکیل دهنده این سیستم به دست آمده است که از نظر تخمین‌های اولیه در طراحی

بسیار مفید است. در جدول‌های 3-7 و 3-8 استانداردهایی را مشاهده می‌کنید که براساس تجربه به دست آمده و می‌تواند در طراحی این سیستم در مراحل اولیه طرح مفید واقع گردد. در این جدول‌ها طول و عرض نوار به عنوان تابعی از نوع خاک و درصد شیب طولی زمین داده‌شده است. در جدول 3-7 که برای گیاهانی است که ریشه سطحی دارند، سه نوع خاک و در جدول 2-8 که مخصوص گیاهانی با ریشه عمیق است پنج نوع خاک درنظر گرفته شده است. در این جدولها مقادیر توصیه شده برای دبی ورودی و عمق ناخالص آب که در هر نوبت آبیاری باید به نوار داده شود نوشته شده است. ارقام این جدولها از نظر تشخیص درجه تناسب زمین برای اینگونه آبیاری می‌تواند کمک مؤثری برای بهره‌بردار یا طراح باشد ولی تصمیم‌گیری واقعی و مقایسه گزینه‌ها می بایست براساس تحلیل هیدرولیکی سیستم باشد.

جدول 3-7- استانداردهای پیشنهادی برای طراحی آبیاری به روش نواری در گیاهانی که ریشه سطحی دارند.

پروفیل خاک		درصد شیب	دبی در هر متر عرض نوار	متوسط عمق آب داده شده	کرت نواری	
					عرض	طول
		متر در هر ۱۰۰ متر	لیتر در ثانیه	میلی‌متر	متر	
لوم رسی (عمق خاک تا ۶۰ سانتی‌متر)		0.15-0.6	6-8	50-100	5-18	90-180
		0.6-1.5	4-6	50-100	5-6	99-180
		1.5-4.0	2-4	50-100	5-6	90
رس (عمق خاک تا ۶۰ سانتی‌متر)		0.15-0.6	3-4	100-150	5-18	180-300
		0.6-1.5	2-3	100-150	5-6	180-300
		0.6-1.5	2.3	100-150	5-6	180-300
		1.5-4.0	1-2	100-150	5-6	180
لوم (عمق خاک ۱۵ تا۴۵ سانتی‌متر)		1.0-4.0	1-4	25-27	5-6	90-300

جدول 3-8- استانداردهای پیشنهادی برای طراحی آبیاری به روش نوارهای شیبدار برای گیاهانی که ریشه عمیق دارند.

نوع خاک	درصدشیب	دبی هر متر عرض نوار	متوسط عمق آبیاری	کرت نواری	
				عرض	طول
	متردرهر ۱۰۰ متر	لیتردرثانیه	میلی‌متر	متر	
شن	0.2-0.4	10-15	100	12-30	60-90
	0.4-0.6	8-10	100	9-12	60-90
	0.6-1.0	5-8	100	6-9	75
شن لومی	0.2-0.4	7-10	125	12-30	75-150
	0.4-0.6	5-8	125	9-12	75-150
	0.6-1.0	3-6	125	6-9	75
لوم شنی	0.2-0.4	5-7	150	12-30	90-250
	0.4-0.6	4-6	150	6-12	90-180
	0.6-1.0	2-4	150	6	90
لوم رسی	0.2-0.4	3-4	175	12-30	180-300
	0.4-0.6	2-3	175	6-12	90-180
	0.6-1.0	1-2	175	6	90
رس	0.2-0.3	2-4	200	12-30	350

3-6-2. روابط هیدرولیکی

روابط هیدرولیکی و روش طراحی که در این قسمت تشریح شده است براساس مطالعات سازمان SCS می‌باشد و همانند طراحی سیستم کرت‌های مسطح از مفهوم شماره منحنی نفوذ و دبی در واحد عرض استفاده شده است. البته رابطه‌ها در این مورد نسبت به روش کرتی پیچیده‌تر است. طراحی سیستم نواری بر این اصل استوار است که آب روی هرنقطه از یک قطعه فضای‌سبز باید برابر زمان لازم برای نفوذ به مقدار نیاز خالص آبیاری وجود داشته باشد. یعنی اگر برای تأمین نیاز خالص آبیاری 3 ساعت وقت لازم باشد که آب در خاک نفوذ کند، فرض می‌شود در هر نقطه از کرت آب به مدت حداقل سه ساعت روی زمین قرار می‌گیرد. در سیستم نواری فاصله بین زمان قطع آب در ابتدای نوار تا زمانی که آب در همان ابتدای نوار از روی زمین محو می‌شود، به نام زمان تأخیر پسروی نامیده می‌گردد (T_{rl}). زمان تأخیر پسروی معادل فاز تخلیه در شکل 3-1 است.

اگر فرصت نفوذ معادل زمان نفوذ مقدار خالص آبیاری باشد می‌توان نشان داد که زمان قطع جریان برابر است با زمان نفوذ مقدار خالص منهای زمان تأخیر پسروی آب یعنی:

$$T_{co} = T_n - T_{rl}$$ رابطه 3-62

در نوارهای با شیب تند، یعنی نوارهایی که شیب آنها تقریباً بیش از 0.004m/m باشد، فرض می‌شود که شیب سطح آب با شیب زمین برابر و عمق متوسط جریان مساوی با عمق جریان آب در ابتدای نوار باشد. در این وضعیت زمان تأخیر پسروی از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$T_{rl} = \frac{(Q_u)^{0.2}(n)^{1.2}}{120(S)^{1.6}}$$ رابطه 3-63

که در آن،

Q_u = دبی در واحد عرض نوار، m^2/s

n = ضریب زبری مانینگ

S = شیب زمین m/m

T_{rl} = زمان تأخیر عقب نشینی (دقیقه)

مقدار ضریب مانینگ مشابه با مقادیری است که برای کرت‌های مسطح گفته شد. در مورد نوارهای با شیب کم که در آنها شیب زمین کمتر از 0.004 m/m است، عمق جریان در ابتدای نوار که آب وارد آن می‌شود، کمتر از عمق نرمال آب در سطح نوار بوده و این امر باعث پیچیده شدن محاسبات هیدرولیکی می‌گردد. در این حالت شیب هیدرولیکی مورد لزوم در معادله مانینگ برابر شیب زمین نخواهد بود. شیب هیدرولیکی تقریباً برابر است با شیب زمین به اضافه عمق جریان در ابتدای نوار تقسیم بر طول پیشروی آب. در چنین شرایطی زمان تأخیر پسروی برابر است با:

رابطه 3-64

$$T_{rl} = \frac{(Q_u)^{0.2}(n)^{1.2}}{120\left[S + \frac{0.0094n(Q_u)^{0.175}}{(T_n)^{0.88}(S)^{0.5}}\right]}$$

که در آن :

T_n = زمان نفوذ خالص، min.

در جدول 3-9 زمان تأخیر پسروی به عنوان تابعی از زمان نفوذ خالص، شیب سطحی زمین و دبی واحد عرض داده شده است. این جدول می‌تواند به عنوان راهنما برای حل پارامترهای طراحی در مورد نوارهایی با شیب کم مورد استفاده قرارگیرد.

دبی واحد عرض از موازنه بین حجم آب داده شده به نوار و عمق خالص مورد نیاز آبیاری تقسیم بر راندمان آبیاری به دست می‌آید. مقدار دبی ورودی در واحد عرض نوار برحسب مترمربع درثانیه عبارت خواهد بود از:

رابطه 3-65

$$Q_u = \frac{0.00167 i_n L}{(T_n - T_{rl})E^d}$$

i_n = عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

L = طول نوار (متر)

E_d = راندمان آبیاری توزیع، درصد

در این معادله نیز فرض شده است که راندمان ورود آب به زمین (E_a) معادل 100 درصد باشد، در غیر این‌صورت می بایست در مخرج کسر (رابطه 3-65) راندمان E_a را نیز به صورت ضرب وارد کرد. چون Q_u در معادله‌های 3-63 و 3-64 در طرف راست رابطه قرار دارد، اگر بخواهیم زمان پسروی یا دبی واحد را به دست آوریم باید از روش آزمون و خطا ویا روش‌های محاسبات عددی استفاده شود.

راندمان کاربرد مصرف آب در سیستم نواری به دلیل نفوذ عمقی آب و رواناب خارج شده از سطح نوار متغیر است. این راندمان تابع شماره منحنی نفوذ، شیب زمین، ارتفاع خالص

آبیاری، طول نوار و دبی در واحد عرض نوار است. بالاترین راندمان معمولاً از زمین‌هایی که شماره منحنی نفوذ در آنها بالا و بین 1/5 تا 3 باشد به دست می‌آید. چنانچه شماره منحنی نفوذ از این مقدار کمتر باشد، راندمان نیز پایین خواهد بود. در نوارهایی که شیب ملایم دارند و سطح زمین به خوبی صاف شده و کنترل جریان آب نیز به دقت صورت گرفته باشد، راندمان کاربرد مصرف آب بین 60 تا 75 درصد خواهد بود که ارقام قابل قبولی است. ازنظر اقتصادی اگر این راندمان کمتر از 50 درصد باشد، سیستم نواری مقرون به صرفه نخواهد بود.

حداکثر عمق جریان آب در آبیاری نواری از روی ارتفاع پشته‌ها به دست می‌آید. ارتفاع پشته‌ها معمولاً 1/25 برابر حداکثر عمق جریان آب درنظر گرفته می‌شود. در هرحال توصیه می‌شود ماکزیمم جریان آب از 150 میلی‌متر تجاوز نکند، مگرآنکه خاک در مقابل فرسایش مقاوم باشد که در این صورت تا 200 میلی‌متر هم قابل پذیرش است.

جدول 3-9- زمان تأخیر عقب نشینی جریان آب، T_{rl} (برحسب دقیقه) در نوارهای با شیب کم

فرصت نفوذ T_o (min)	شیب نوار S_o (m/m)															
	0.0005				0.001				0.002				0.004			
	Inflow rate, Q_o (m^3/s)				Inflow rate, Q_o (m^3/s)				Inflow rate, Q_o (m^3/s)				Inflow rate, Q_o (m^3/s)			
	0.0001	0.001	0.01	0.02	0.0001	0.001	0.01	0.02	0.0001	0.001	0.01	0.02	0.0001	0.001	0.01	0.02
ضریب مانینگ = 0.04																
10	1.9	2.2	2.3	2.3	1.1	1.5	1.9	2.0			1.1	1.1				
25	3.1	4.0	4.8	5.1	1.4	2.0	2.8	3.1			1.2	1.4				
50	3.9	5.4	7.1	7.7	1.6	2.3	3.4	3.8			1.3	1.5				
100	4.4	6.5	9.2	10.1	1.6	2.5	3.8	4.3			1.4	1.6				
200	4.8	7.3	10.8	12.1	1.7	2.6	4.1	4.6			1.4	1.6				
500	5.1	7.9	12.1	13.7	1.7	2.7	4.2	4.9			1.4	1.6				
1000	5.2	8.1	12.6	14.4	1.7	2.7	4.3	4.9			1.4	1.7				
2000	5.2	8.2	12.9	14.8	1.7	2.8	4.4	5.0			1.4	1.7				
ضریب مانینگ = 0.15																
10	2.5	2.4	2.2	2.1	2.5	2.7	2.7	2.7	1.6	2.1	2.5	2.6		1.1	1.5	1.6
25	6.1	6.3	6.3	6.2	4.4	5.4	6.2	6.4	2.2	3.0	4.1	4.4		1.3	1.9	2.1
50	10.1	11.6	12.5	12.7	5.7	7.7	9.8	10.4	2.4	3.6	5.1	5.7		1.4	2.1	2.3
100	14.5	18.4	21.9	22.7	6.8	9.7	13.4	14.6	2.6	3.9	5.9	6.6		1.4	2.2	2.5
200	18.4	25.3	32.9	35.2	7.5	11.2	16.3	18.1	2.7	4.2	6.4	7.3		1.4	2.3	2.6
500	22.1	32.5	46.3	51.2	8.1	12.4	18.9	21.4	2.8	4.3	6.8	7.7		1.5	2.3	2.6
1000	23.7	36.0	53.6	60.2	8.3	12.9	20.0	22.8	2.8	4.4	6.9	7.9		1.5	2.3	2.7
2000	24.7	38.2	58.4	66.2	8.4	13.2	20.7	23.6	2.8	4.4	7.0	8.0		1.5	2.3	2.7
ضریب مانینگ = 0.25																
10	2.4	2.2	1.9	1.8	2.8	2.8	2.7	2.6	2.2	2.7	2.9	3.0	1.2	1.7	2.1	2.3
25	6.5	6.4	6.0	5.8	5.8	6.6	7.0	7.1	3.4	4.4	5.6	6.0	1.5	2.1	3.0	3.4
50	12.3	13.0	13.1	12.9	8.5	10.6	12.5	12.9	4.1	5.8	7.9	8.5	1.6	2.4	3.5	4.0
100	19.9	23.3	25.6	26.0	10.9	14.9	19.1	20.4	4.5	6.7	9.7	10.8	1.6	2.5	3.9	4.4
200	28.1	36.0	43.5	45.5	12.8	18.5	25.6	28.1	4.8	7.4	11.1	12.4	1.7	2.6	4.1	4.6
500	36.9	52.1	70.5	76.5	14.3	21.7	32.2	36.0	5.0	7.8	12.1	13.8	1.7	2.7	4.2	4.8
1000	41.3	61.2	88.0	97.5	15.0	23.1	35.3	39.9	5.1	8.0	12.5	14.3	1.7	2.7	4.3	4.9
2000	44.1	67.3	100.7	113.3	15.3	24.0	37.2	42.4	5.2	8.1	12.8	14.6	1.7	2.7	4.3	4.9

عمق جریان در ابتدای نوار برای وضعیتی که شیب زمین زیاد باشد، برابر عمق نرمال جریان درنظر گرفته شده و از روی معادله زیر به دست می آید:

$$d_h = \frac{1000(Q_u)^{0.6}(n)^{0.6}}{S^{0.3}}$$ رابطه 3-66

که در آن:

d_h = عمق جریان در ابتدای کرت نواری، mm

برای نوارهایی که شیب آنها کم است عمق جریان در ابتدای نوار کمتر از عمق نرمال جریان آب بوده و مقدار آن از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$d_h = 2454(T_{rl})^{0.1875}(Q_u)^{0.5625}(n)^{0.1875}$$ رابطه 3-67

3-6-3. محدودیت‌های طراحی

در طراحی سیستم آبیاری نواری محدودیت‌های خاصی اعمال می‌شود تا این سیستم بتواند از کارآیی بالاتری برخوردار باشد و در ضمن فرسایش خاک نیز انجام نشود. بنابراین پس از آنکه پارامترهای طرح از روی محاسبات هیدرولیکی به دست آمد، باید آنها را کنترل نمود تا اطمینان حاصل شود که اعداد به دست آمده در دامنه این محدودیت‌ها قرارگیرد.

حداکثر دبی آب در نوارهایی که زیر کشت گیاهان فصلی و یا پوششی قرار می‌گیرد، متناسب با شیب زمین (S) باید حدوداً برابر باشد با:

$$Q_{u-\max} = \frac{1.765\times10^{-4}}{S^{0.75}}$$ رابطه 3-68

و برای گیاهان بسیار متراکم این رابطه به صورت زیر است:

$$Q_{u-\max} = \frac{3.53\times10^{-4}}{S^{0.75}}$$ رابطه 3-69

این رابطه‌ها هیچ گونه اساس هیدرولیکی نداشته و فقط از روی تجربه به دست آمده‌اند، کما اینکه درآنها نوع خاک نیز درنظر گرفته نشده است. بنابراین نباید در طراحی محض از آنها استفاده شود، بلکه فقط در تخمین‌های اولیه و کنترل نتایج حاصل از تحلیل‌های

هیدرولیکی با آنچه از روی تجربه به دست‌آمده است به کار برده شوند. وجود معیار حداقل عمق جریان برای اطمینان از اینکه جریان آب به اندازه کافی زیاد بوده تا بتواند در تمام سطح زمین پخش شود، الزامی است. این حداقل عمق برمبنای حداقل دبی در واحد عرض ($Q_{u\text{-}min}$) توصیف شده و از رابطه تجربی زیر به دست می آید:

$$Q_{u-\min} = \frac{5.95\times10^{-6} L(S)^{0.5}}{n}$$ رابطه 2-70

مشاهده می‌شود که در نوارهایی که سطح آنها ناصاف است در مقایسه با سطوح صاف‌تر به دلیل بالا بودن مقدار n به دبی کمتری نیاز می‌باشد.

حداکثر شیب نوار برحسب زبری سطح خاک، عمق خالص آبیاری، شماره منحنی نفوذ و راندمان آبیاری مورد نظر از رابطه زیر قابل تخمین است. معمولاً شیب‌های بیشتر از 0.04 m/m به دلیل بالابودن فرسایش قابل توصیه نمی‌باشند. رابطه تئوری حداکثر شیب مجاز به صورت زیر می‌باشد:

$$S_{\max} = \left[\left(\frac{n}{0.0117E_d}\right)\left(\frac{i_n}{T_n - T_{rl}}\right)\right]^2$$ رابطه 3-71

حداکثر طول نوار بستگی به ماکزیمم دبی در واحد عرض دارد. دبی ماکزیمم نیز خود در نوارهای شیب‌دار تابع جریان غیرفرسایشی و در نوارهای کم شیب تابع عمق جریان است. در نوارهایی که شیب زمین کم و شماره منحنی نفوذ در آنها پایین است حداکثر طول نوار که به طریق نظری به دست می‌آید، ممکن است عملاً بسیار زیاد باشد. معمولاً نوارهایی که طول آنها از 400 متر تجاوز کند کاربری مؤثری ندارند. حداکثر طول نوار از نظر تئوری برابر است با:

$$L_{\max} = \frac{Q_{u-\max} E_d (T_n - T_{rl})}{0.00167 i_n}$$ رابطه 3-72

توجه داشته باشید که در معادله‌های 3-71 و 3-72 در هر دوی آنها فرض شده است که راندمان ورود آب به نوار 100 باشد. در غیراین‌صورت باید به صورت حاصلضرب در معادله‌های مذکور وارد شود.

3-6-4. مسدود نمودن انتهای نوار

چنانچه بتوانیم رواناب خروجی از نوار را کنترل کنیم راندمان آبیاری افزایش می‌یابد. این عمل از دو طریق امکان‌پذیر است، یکی این که نوار را طولانی‌تر بگیریم تا رواناابی که قرار است از زمین خارج شود، به قسمت اضافی نوار ریخته گردد. دوم اینکه به جای افزایش طول نوار انتهای آن را ببندیم و یا با کم‌کردن دبی ورودی به نوار از رواناب جلوگیری نمائیم، در زیر به تشریح این دو روش می‌پردازیم.

3-6-4-1. افزایش طول نوار[1]

اگر بخواهیم با افزایش طول نوار از رواناب جلوگیری کنیم، قسمت افزایش یافته از یکی از رابطه‌های زیر به دست می‌آید که نتیجه هرکدام کوچک‌تر بود ؛ همان را انتخاب می‌کنیم:

رابطه 3-73
$$L_e = \frac{i_n}{1000(S)}$$

رابطه 3-74
$$L_e = \left(1 - \frac{E_d}{100}\right) r_i \, r_n(L)$$

که در آن:

L_e = قسمتی که باید به طول اولیه نوار افزوده شود (متر).

r_i = ضریب زبری مربوط به شماره منحنی نفوذ که از جدول 3-10 به دست می‌آید.

r_n = ضریب زبری مربوط به زبری سطح که از جدول 3-10 به دست می‌آید.

1. border extensions

L = طول طراحی شده برای نوار، m

جدول 3-10- شماره منحنی نفوذ و ضرایب زبری برای تخمین مقدار رواناب

شماره منحنی	ضریب نفوذ r_i (بدون بعد)	ضریب مانینگ	ضریب زبری r_n (بدون بعد)
0.3	0.90	0.10	0.80
0.50	0.80	0.15	0.75
1.0	0.70	0.20	0.70
1.5	0.65	0.25	0.65
2.0	0.60		
3.0	0.50		
4.0	0.40		

3-6-4-2. کاهش جریان[1]

در زمین‌هایی که از نظر اندازه امکان افزایش طول نوار نیست، جلوگیری از رواناب با کم کردن جریان ورودی امکان‌پذیر است. مقدار کاهش یافته جریان (Q_{ue}) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 3-75

$$Q_{ue} = \frac{Q_u}{1 + r_i\, r_n \left[1 - \frac{E_d}{100}\right]}$$

که در آن:

Q_{ue} = دبی اصلاح شده در واحد عرض نوار در حالتی که انتهای نوار بسته است، m^2/s

Q_u = دبی اولیه در واحد عرض، m^2/s

در رابطه 3-75 فرض شده است که کاهش دادن جریان ورودی تغییری در زمان تأخیر عقب نشینی آب نمی‌دهد.

1. inflow reduction

خلاصه

تا کنون کلیه عواملی که قبل از آغاز طراحی باید مد نظر طراح سیستم آبیاری فضای سبز باشد، تشریح شده و در این بخش عواملی که مشخصاً در طرح آبیاری سطحی مؤثر هستند، شرح داده شد. این عوامل شامل مواردی چون پستی و بلندی، نوع خاک، شکل قطعه فضای سبز، نوع گیاه و. . . بودند. پس از این موارد سایر معیارهای دارای اثر در طرح، خصوصاً راندمان‌ها در آبیاری سطحی تفصیلاً بیان شد.

در ادامه نیز روابط فیزیکی بین اجزاء انواع آبیاری سطحی (جویچه‌ای، کرتی و نواری به عنوان رایج‌ترین روش‌های آبیاری سطحی در فضای سبز) بیان شده و سپس روابط هیدرولیکی مورد نیاط برای طراحی این سیستم‌ها مشروحاً بیان شد.

آزمون

1- در یک خاک آزمایش نفوذ با حلقه انجام شده و نتایج زیر به دست آمده است:

i = 33 mm	t = 100 min
i = 107 min	t = 700 min

حساب کنید شماره منحنی نفوذ SCS این خاک را (intake family). (جواب 0/3)

2- یک کرت مسطح به مدت 5 ساعت غرقاب شده است. شماره منحنی نفوذ خاک داخل کرت 0/2 است (باروش SCS). حساب کنید عمق نفوذ را برحسب میلی‌متر. (جواب : 49)

{ از جدول 3-11 نیز مقادیر a و b مستقیماً قابل استخراج می‌باشند. }

جدول 3-11 -پارامتر های محاسبه نفوذ تجمعی با روش SCS

شماره منحنی	a (cm)	a (in)	b
0.05	0.0533	0.0210	0.6180
0.10	0.0620	0.0244	0.6610
0.15	0.0701	0.0276	0.6834
0.20	0.0771	0.0306	0.6988
0.25	0.0853	0.0336	0.7107
0.30	0.0925	0.0364	0.7204
0.35	0.0996	0.0392	0.7285
0.40	0.1064	0.0419	0.7356
0.45	0.1130	0.0445	0.7419
0.50	0.1196	0.0471	0.7475
0.60	0.1321	0.0520	0.7572
0.70	0.1443	0.0568	0.7656
0.80	0.1560	0.0614	0.7728
0.90	0.1674	0.0659	0.7792
1.00	0.1786	0.0703	0.785
1.50	0.2283	0.0899	0.799
2.00	0.2753	0.1084	0.808
3.00	0.3650	0.1437	0.816
4.00	0.4445	0.1750	0.823

3- حساب کنید زمان لازم (برحسب دقیقه) برای نفوذ 70 میلی‌متر آب را به داخل خاکی که براساس روش SCS شماره منحنی نفوذ آن 0/45 باشد؟ (جواب: 226دقیقه)

4- نتایج آزمایش نفوذ در یک خاک نشان می دهد که ضریب α براساس معادله کوستیاکوف 0/85 و ضریب c چنانچه عمق برحسب mm و زمان برحسب دقیقه در نظر گرفته شود معادل 1/5 به دست آمده است. قرار است این یک قطعه فضای‌سبز به روش فارو آبیاری شود. زمان خالص آبیاری 480 دقیقه و زمان پیشروی آب به انتهای زمین 9دقیقه است. حساب کنید عمق آبی که در اثر نفوذ عمقی تلف خواهد شد؟ (جواب: 24)

5- آب مورد نیاز یک یک قطعه فضای‌سبز از چاه تأمین می‌شود. آب چاه وارد نهری می‌شود که در انتهای آن توسط سیفون به داخل زمین هدایت می‌گردد. در یک دوره 6 ساعته اندازه‌گیریهایی به عمل آمده است که متوسط آنها به شرح زیر است:

8.5 l/sec = دبی چاه

6.9 l/sec = دبی اندازه‌گیری شده در پارشال فلوم

6.4 l/sec = مجموع دبی لوله‌های سیفون

چه نوع راندمان‌هایی را می‌توانید محاسبه کنید؟ مقادیر آنها چقدر است؟ (جواب: راندمان انتقال، 81% و راندمان توزیع، 93%)

6- وسعت یک یک قطعه فضای‌سبز 0/3 هکتار است که آب از طریق یک فلوم وارد آن می‌شود. دبی اندازه‌گیری شده در فلوم 11/8 لیتردرثانیه می‌باشد و آب به مدت 120 دقیقه وارد زمین می‌شود. عمق توسعه ریشه ها می‌تواند ارتفاعی معادل 26 میلی‌متر آب را در خود ذخیره کند. بیان کنید چه نوع راندمانهایی قابل محاسبه است و مقادیر آنها چقدر است؟ (جواب: راندمان کاربرد مصرف آب 92%)

7- از شما خواسته شده است که در یک منطقه خشک با خاک لومی حداکثر طول فارو را در یک سیستم آبیاری که متوسط نیاز آبیاری در هر نوبت 15 سانتی‌متر است، تخمین بزنید. جریان آب موجود برای هر فارو 2/2 لیتردرثانیه است که این مقدار فرسایش دهنده نخواهد بود. شیب زمین ملایم و برابر S = 0.1 % است که با اندکی هزینه می‌توان این شیب را تغییر داد. پیشنهاد شما برای طول فارو (m)، شیب زمین (درصد) و دبی ورودی به هر فارو (L/s) چقدر است؟(جواب: 500متر، 2 لیتردرثانیه و 0/27 درصد)

8- در مورد یک سیستم آبیاری به روش فاروهای شیب‌دار، اطلاعات زیر در دست است:

320 m = طول فاروها

0.45 = شماره منحنی نفوذ

1.1 m = فاصله فاروها

0.005 = شیب

85 mm = نیاز خالص آبی　　0.04 = ضریب زبری

0.65 L/s = دبی ورودی به فارو

حساب کنید عمق ناخالص آبیاری را برای این سیستم آبیاری؟ (جواب: 164 میلی‌متر)

9- در یک یک قطعه فضای‌سبز شماره منحنی نفوذ خاک براساس روش SCS برابر 0/3 است. این یک قطعه فضای‌سبز قرار است با سیستم فارو که فاصله فاروها از یکدیگر 0/4 متر است آبیاری شود. شیب زمین در جهت فاروها 0.008 m/m و نیاز خالص آبیاری 75 میلیمتر و زمان خالص آبیاری 336 دقیقه برآورد شده است. حساب کنید دبی حجمی جریان را برای هریک از فاروها برحسب لیتردرثانیه؟ (جواب: 1/36لیتردرثانیه)

10- در یک سیستم آبیاری فارو قرار است فاروها در جهت شیب طولی زمین که مقدار آن 0.005 m/m است کشیده شود. میزان دبی برای هر فارو 0.4 l/S و طول فاروها 210 متر است. متوسط رواناب در مدت 3 ساعت که از انتهای فارو خارج شده و با پارشال فلوم اندازه‌گیری شده است 0.06 L/S بوده است. حساب کنید عمق معادل آبی که در سطح یک قطعه فضای‌سبز پس از 3 ساعت نفوذ نموده است؟ (جواب: 38/9 میلی‌متر)

11- قرار است در یک خاک که شماره منحنی نفوذ آن براساس طبقه‌بندی SCS برابر 0/25 می‌باشد آبیاری فارو انجام شود. نیاز خالص آبیاری برای یک قطعه فضای‌سبز 80 میلی‌متر و راندمان موردنظر برای الگوی توزیع آب 45درصد است. فاصله فاروها از یکدیگر 0/8 متر و شیب طولی آنها 0/05 متر در هر متر و دبی واحد 0/8 لیتردرثانیه می‌باشد. حساب کنید ضریب زبری را چنانچه طول فاروها 325 متر و زمان قطع جریان 963 دقیقه باشد؟

12- برای یک قطعه زمین که طول آن 125 متر است می خواهیم یک سیستم آبیاری فارو را که در آن فاصله فاروها 0/6 متر است طراحی کنیم. زمان خالص آبیاری 391 دقیقه و زمان پیشروی آب به انتهای فارو 115 دقیقه است. شماره منحنی نفوذ براساس روش SCS

برای خاک این یک قطعه فضای‌سبز 0/6 مقدار اصلاح شده محیط خیس شده 0/398 متر می‌باشد. چنانچه دبی ورودی به هریک از فاروها 0/4 لیتردرثانیه باشد، حساب کنید زمان قطع جریان آب به فارو (cut-off)، راندمان کاربرد مصرف و شیب زمین را. (جواب 506 دقیقه، 52% و 0/002 متربرمتر)

13- در یک شیار زمان پیشروی آب به انتهای آن 60 دقیقه، زمان پسروی در انتهای شیار 20دقیقه و زمان نفوذ عمق خالص آبیاری 180 دقیقه است. زمان قطع جریان ورود آب به شیار چند دقیقه می‌باشد؟

الف) 180 ج- 220

ب) 200 د- 240

14- زمان آبیاری یک کرت مسطح 1000دقیقه است. جریان در واحد عرض کرت 0/3 متر مکعب دردقیقه، طول کرت 200متر و عمق خالص آبیاری 8 سانتی متر است. درصد نفوذ عمقی چقدر است؟

الف) 38 ج- 47

ب) 41 د- 53

15- در خاک‌های رسی، شیب‌های تند و عمق آب مورد نیاز زیاد، طول نوار به ترتیب بایستی :

الف) زیاد، کم، زیاد باشد

ب) زیاد، کم، کم باشد

ج- زیاد، زیاد، کم باشد

د- کم، کم، زیاد باشد

16- ضریب نفوذ خاکی 13 میلی‌متر در ساعت، راندمان آبیاری 80درصد، عمق خالص آبیاری 10 سانتی‌متر، طول جویچه ها 370 متر، فاصله جویچه ها 0/8 متر و حداکثر دبی

جویچه ها 1/2 لیتردرثانیه است. اگر 50 جویچه با هم آبیاری شوند دبی ورودی به یک قطعه فضای‌سبز چندلیتردرثانیه است؟

الف) 55 ج- 65

ب) 60 د- 70

17- در یک یک قطعه فضای‌سبز آبیاری نواری معادله نفوذ $i = 0.00736\ t^{0.3} + 0.00015$ است (i نفوذ تجمعی برحسب متر و t زمان برحسب دقیقه) کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری 10 سانتی متر و زمان پیشروی آب تا انتهای نوار 80 دقیقه است و 25 دقیقه بعد از قطع جریان ورود آب به نوار، آب از انتهای آن ناپدید می‌شود. بعداز چند دقیقه باید جریان ورودی قطع شود تا آبیاری در انتهای نوار کامل شود؟

الف) 271 ج- 431

ب) 296 د- 481

18- در مساله فوق اختلاف عمق آب نفوذ یافته بین ابتدا و انتهای نار موقعی که آبیاری انتهای نوار کامل می‌شود، چند سانتی‌متر است؟

الف) 1 ج- 2/2

ب) 1/8 د- 3/3

19- در یک یک قطعه فضای‌سبز آبیاری جویچه ای اگر کمبود رطوبت خاک در زمان آبیاری 4/5 سانتی‌متر، طول شیار 112 متر، دبی هر شیار 58 لیتردردقیقه، فاصله شیارها 0/65 متر و زمان پیشروی آب تا انتهای شیار 75 دقیقه باشد درصد رواناب چقدر است. آبیاری کامل شیارها موردنظر است و معادله نفوذ آب به شیار $i=0.14\ t^{0.75}$ است؟(i نفوذ تجمعی برحسب سانتی‌متر و t زمان برحسب دقیقه)

الف) 39/7 ج- 59/9

ب) 53/5 د- 63/7

20- در یک یک قطعه فضای‌سبز آبیاری کرتی در صورتی که جریان در واحد عرض نوار 0/48 مترمکعب دردقیقه، طول کرت 250 متر، کمبود رطوبت‌خاک در زمان آبیاری 5/25 سانتی متر و زمان انتقال آب به کرت 44 دقیقه باشد راندمان کاربرد آب در یک قطعه فضای‌سبز چنددرصد خواهد بود؟

الف) 28 ج- 54

ب) 36 د- 62

21- در یک یک قطعه فضای‌سبز راندمان انتقال و توزیع آب 90درصد، راندمان کاربرد آب 60درصد و راندمان یکنواختی توزیع آب 80درصد است. راندمان کلی آبیاری چقدر است؟

الف) 72 ج- 48

ب) 54 د- 43

22- در یک یک قطعه فضای‌سبز آبیاری نواری اگر عمق نرمال جریان 3/7 سانتی‌متر، ضریب زبری 0/15 و شیب یک قطعه فضای‌سبز 0/2درصد باشد جریان را در واحد عرض نوار چندلیتردرثانیه خواهد بود؟

الف) 0/6 ب) 1/2

ج- 2/6 د- 5/6

23- در یک سیستم آبیاری جویچه ای زمان متوسط نفوذ 4 ساعت، عرض جویچه 1/5متر، محیط خیس شده 0/9 متر است. درصورتی که معادله نفوذ $i = 8t^{0.6}$ باشد (i نفوذ تجمعی برحسب میلی‌متر و tبرحسب دقیقه است). متوسط عمق نفوذ در طول جویچه چند سانتی‌متر است؟

الف) 11/03 ج- 18/38

ب) 12/86 د- 21/44

24- در یک نوار به عرض 18 متر و طول 200 متر کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری 13 سانتی متر است. جریان 67 لیتردرثانیه بمدت 6 ساعت وارد نوار شده است. رواناب اندازه‌گیری شده 0/046 هکتار-متر گردیده است. بافرض اینکه کمبود رطوبت در طول نوار تکمیل شده باشد. درصد نفوذ عمقی چقدر است؟

الف)18 ج- 36

ب) 24 د- 54

25- معادله نفوذ تجمعی برای یک قطعه فضای‌سبز ای $i = 0.5\ t^{0.5}$ است (i = سانتی‌متر و t = دقیقه) نواری در این یک قطعه فضای‌سبز بادبی 10 لیتردرثانیه آبیاری می‌شود و 52 دقیقه طول می کشد تا آب به انتهای نوار برسد. اگر بخواهیم انتهای نوار به اندازه نیاز خالص 6 سانتی‌متر آبیاری شود، تلفات نفوذ عمقی به طور متوسط در طول نوار چند سانتی‌متر است؟

الف) 0/5 ج- 3/5

ب) 1 د- 7

فصل چهارم

ارزیابی سیستم های آبیـــاری سطحی در فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

1. ارزیابی هریک از سیستم های آبیاری سطحی، با توجه به مؤلفه‌های آبیاری
2. کنترل نحوه عملکرد سیستم های آبیاری سطحی، با توجه به عملکرد سیستم

4-1. دیباچه

هدف اصلی از ارزیابی یک سیستم آبیاری این است تا عملکرد سیستم را که همانا بالا بودن راندمان آبیاری و کاهش تلفات نفوذ عمقی و رواناب سطحی می‌باشد مشخص کرده و مناسب ترین راه‌کارها را برای بهبود عملکرد سیستم پیدا کنیم. مثلاً اگر راندمان آبیاری پایین باشد با کم کردن زمان آبیاری و یا تنظیم جریان ورودی آب به فارو و یا کرت ممکن است بتوان آن را افزایش داد. با ارزیابی یک سیستم آبیاری نه تنها داده‌هایی کسب می‌شود که از روی آنها پی به مشکلات سیستم برده می‌شود بلکه برای مدیریت سیستم نیز اطلاعات ذیقیمتی به دست می‌آید. ارزیابی، موضوعی نیست که فقط برای یکبار انجام شود بلکه لازم است همه ساله و یا حتی در یک فصل رشد چند بار صورت پذیرد. زیرا عملکرد سیستم دینامیک بوده و بسته به شرایط تغییر می‌کند. برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده است که به کارگیری آنها بسته به دقت و هزینه‌ای است که برای ارزیابی صرف‌می‌شود. تقریباً تمام روش‌های ارزیابی برای مشخص کردن چهار پارامتر زیر می‌باشند.

- راندمان کاربرد مصرف آب[1]
- نسبت نفوذ عمقی[2]
- نسبت رواناب انتهایی[3]
- راندمان نیاز آبی[4]

1. application effeciency
2. deep percolation ratio
3. field tailwater ratio
4. Water requirement effeciency

روش موسوم به توازن حجمی[1] یکی از روش‌هایی است که در ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی زیاد به کار برده می‌شود. این روش براساس تئوری‌های هیدرولیکی استوار بوده و مبنای فیزیکی –ریاضی دارد. آنچه در این فصل ارائه شده است کلیات ارزیابی به روش توزان حجمی است. در این روش از معادلات و فرضیاتی استفاده می‌شود که در اینجا به دلیل اطاله کلام به اثبات و یا استخراج آنها پرداخته نخواهد شد. در استفاده از روش توازن حجمی باید 6 گونه اطلاعات از سیستم آبیاری در اختیار باشد. این اطلاعات عبارتند از:

1. دبی ورودی (دبی واردشده به هر فارو یا دبی ورودی به کرت و نوار هرواحد عرض).
2. داده های پیشروی و پسروی آب روی زمین.
3. دبی خروجی از زمین (اگر وجود داشته باشد).
4. نیاز آبیاری در هر نوبت. منظور از نیاز آبیاری کمبود و رطوبت خاک نسبت به حد ظرفیت زراعی قبل از آبیاری است.
5. حجم آبی که در هر زمان روی خاک وجود داشته و هنوز فرصت نفوذ یا خارج شدن از زمین پیدا نکرده است.
6. نمایه ای از خصوصیات نفوذ آب به داخل خاک مانند معادله نفوذ.

مسلم است که به دست آوردن تمام اطلاعات هم وقت‌گیر است و هم پرهزینه، لذا از روش‌هایی استفاده می‌شود که یا این اطلاعات را بتوان تخمین زد و یا با اندازه‌گیری برخی از آنها سایر پارامترها از روی آنها با تقریب برآورد شود. قبل از آنکه به بحث پیرامون ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی بپردازیم بی‌مناسبت نخواهد بود اگر ابتدا به اندازه‌گیری چهار پارامتر مهم که معمولاً برای ارزیابی، اندازه‌گیری شده و سپس دو پارامتر دیگر از روی آنها تخمین‌زده‌می‌شود پرداخته شود. این چهار پارامتر عبارتنداز:

1. volume balance

الف) جریان ورودی – خروجی

ب) پیشروی – پسروی

ج- ذخیره آب در سطح خاک

د- خصوصیات نفوذ

اندازه‌گیری این پارامترها در آبیاری‌های فارو یا کرتی و نواری ممکن است تا اندازه‌ای با یکدیگر تفاوت داشته باشند اما همه این روش‌ها از یک اصول کلی پیروی می‌کنند که در زیر به آن اشاره شده است.

4-2. جریان ورودی – خروجی

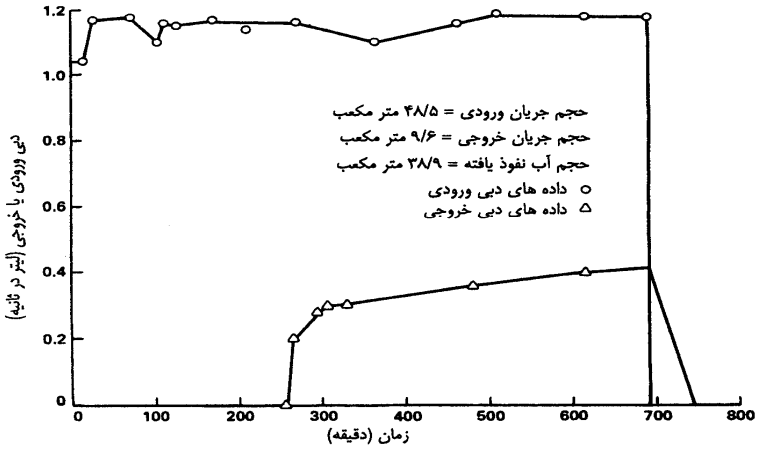
دبی ورودی به کرت یا فارو معمولاً ثابت درنظر گرفته می‌شود زیرا آب از طریق سرجوی با سیفون یا لوله و یا دریچه وارد زمین شده و با نصب یک عدد فلوم می‌توان مقدار آن را اندازه‌گیری کرد. اگر انتهای فارو یا نوار باز باشد پس از آنکه آب به انتهای زمین پیشروی کرد شروع به خارج شدن از آن می‌کند. دبی خروجی از زمین در ابتدا کم بوده و سپس بتدریج ثابت می‌شود. بنابراین تخمین حجم آب ورودی به زمین با اندازه‌گیری دبی و زمان قطع جریان آسان است ولی برای تخمین حجم آب خروجی باید چندین نوبت در زمان‌های مختلف دبی خروجی اندازه‌گیری شود. برای رفع این مشکل توصیه می‌شود با نصب دو عدد فلوم در ابتدا و انتهای فارو دبی‌های ورودی و خروجی را در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری کرده و هیدروگراف دبی ورودی و خروجی از فارو رسم شود. شکل 3-1 نمونه‌ای از هیدروگراف ورودی و خروجی از یک فارو را نشان می دهد. با ملاحظه این شکل می‌توان به اطلاعات و داده‌هایی دست‌یافت که از آن جمله عبارتنداز:

1- جریان آب با دبی حدود 1/17 لیتردرثانیه در زمان صفر وارد فارو شده و با کمی تغییر (دایره‌های توخالی در شکل) در زمان‌های مختلف تا 691 دقیقه ادامه داشته است. در این

زمان جریان ورودی قطع شده و دبی ورودی صفر شده است. بنابراین زمان قطع جریان (t_{co}) برابر 691 دقیقه (t_{co}=691min) و مقدار جریان ورودی به داخل فارو تقریباً 1/17 لیتردرثانیه است.

2- پس از 250 دقیقه آب به انتهای فارو رسیده و دبی خروجی از فارو شروع شده است. دبی خروجی در ابتدا کم و بتدریج افزایش پیدا کرده و در حد 0/4لیتردرثانیه ثابت شده است (مثلث های توخالی روی منحنی)

3- از زمان 691 دقیقه که جریان ورودی قطع گردید دبی جریان خروجی نیز کاهش پیدا کرده و در زمان 745 دقیقه مقدار آن به صفر می‌رسد. یعنی 54دقیقه پس از قطع جریان ورودی به فارو جریان خروجی نیز قطع شده است.



شکل 4-1- نمونه‌ای از هیدروگراف جریان ورودی و خروجی از یک فارو در آبیاری سطحی

با داشتن هیدروگراف ورودی و خروجی که در واقع تغییرات دبی ورودی و خروجی را نسبت به زمان مشخص می‌کند می‌توان چند نوع اطلاعات مهم را به‌دست آورد که عبارتند از :

اول- سطح زیر هیدروگراف ورودی از زمان صفر تا دقیقه 691 برابر حجم آبی است که وارد فارو شده است. این سطح را می‌توان با پلانی‌متر یا هر وسیله دیگر اندازه‌گیری کرد. در این شکل حجم آب ورودی به فارو 48/5 مترمکعب به دست می‌آید.

دوم- سطح زیر هیدروگراف خروجی از زمان دقیقه 250 تا دقیقه 745 حجم آب خارج شده از فارو می‌باشد. در این شکل حجم آب خروجی 9/6 مترمکعب به دست می‌آید.

سوم – با داشتن حجم آب ورودی (V_{in}) و حجم آب خروجی (V_{tw}) حجم آبی که در خاک نفوذ کرده است (V_z) به دست می‌آید که در شکل این مقدار 38/9 مترمکعب می‌باشد.

$$V_z = V_{in} - V_{tw}$$ رابطه 1-4

$$V_z = 48.5 - 9.6 = 389\ m^3$$

چهارم -از روی هیدروگراف ورودی‌وخروجی می‌توان نفوذپذیری پایه یا نهایی[1] آب به داخل خاک را (f_o) به دست آورد. چنانچه دبی خروجی از فارو را پس از آنکه مقدار آن ثابت شد از دبی ورودی کسر کنیم مقدار نفوذپذیری پایه به دست می‌آید. در شکل 3-1 دبی ورودی در حد 1/17 لیتر در ثانیه و دبی خروجی در حد 0/4 لیتر در ثانیه ثابت شده‌اند لذا، نفوذپذیری پایه برابر 0/77 لیتر در ثانیه (0/77 = 0/40 - 1/17) یا 46/2 لیتر در دقیقه است.بدین ترتیب اگر طول فارو مثلاً 625 متر باشد نفوذپذیری پایه (f_o) در هر متر طول فارو برابر 0/0739 لیتر در دقیقه در هر متر طول است زیرا:

$$f_o = \frac{46.2}{62.5} = 0.0739\ \text{lin/min per m}$$

پنجم –از روی هیدروگراف‌های ورودی و خروجی و نفوذپذیری پایه می‌توان حجم آبی را که در زمان قطع جریان (دقیقه 691) روی خاک به صورت موقت ذخیره می‌باشد به دست آورد. در شکل مشخص است که جریان ورودی در دقیقه 691 قطع و دبی خروجی در دقیقه 745 صفر شده است. بنابراین حجم آب خارج شده از زمین پس از قطع جریان

1. basic infiltration

ورودی سطح مثلث کوچک سمت راست شکل است که مساحت آن معادل 648 لیتر می‌باشد زیرا:

$$\text{حجم آب خروجی} = \frac{(745-691)[0.4\ l/s)(60\ s)]}{2} = \frac{(\text{ارتفاع})(\text{قاعده})}{2} = \text{مساحت مثلث}$$

$$\text{حجم آب خروجی} = 648\ lit$$

می‌دانیم از زمان قطع جریان (دقیقه 691) تا دقیقه 745 آب در انتهای زمین جریان داشته است. یعنی زمان پسروی در انتهای فارو 54 دقیقه می‌باشد (745 – 691=54). اگر فرض کنیم بلافاصله پس از قطع جریان، پسروی از ابتدای فارو شروع شده (پسروی = صفر) و تغییرات آن از ابتدا تا انتهای زمین به صورت خطی باشد، متوسط زمان پسروی روی زمین 27 دقیقه است.

(57 / 2 = 27 min) و چون در هر دقیقه در طول فارو 64/2 لیتر آب در زمین نفوذ می‌کند (نفوذ پذیری پایه) لذا حجم آبی که در مدت پسروی در خاک نفوذ می‌کند 1247 لیتر خواهد بود:

$$(V_z)_{rec} = (46.2 lit/\min)\left(\frac{54\min}{2}\right) = 1247\ lit$$

که در آن $(V_z)_{rec}$ حجم آب نفوذ شده در خاک طی زمان پسروی است. بدین ترتیب حجم آبی که در زمان قطع جریان به صورت ذخیره در سطح خاک وجود دارد عبارت است از مجموع حجم آب خروجی طی 54 دقیقه انتهایی (648 lit) و حجم آبی که طی زمان پسروی در خاک نفوذ خواهد کرد (1247 lit). یعنی :

حجم ذخیره سطحی = 648 + 1247 = 1895 lit

به طوری‌که ملاحظه گردید از روی هیدروگراف‌های ورودی و خروجی اطلاعات مفیدی که در ارزیابی می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد به دست می‌آید.

3-4. پیشروی و پسروی

در آبیاری سطحی برای هر نقطه از زمین از زمانی که پیشانی آب با پیشروی خود به آن نقطه می‌رسد تا زمانی که دوباره پیشانی آب، پسروی می‌کند فرصت نفوذ وجود دارد. بنابراین اگر منحنی پیشروی و پسروی آب را نسبت به فاصله از ابتدای فارو رسم کنیم فرصت نفوذ در هرنقطه اختلاف زمانی بین منحنی پیشروی و پسروی می‌باشد. منحنی پیشروی و زمان رسیدن آب به انتهای زمین یکی از معیارهای مدیریت سیستم آبیاری سطحی و به خصوص تعیین زمان قطع جریان است. مثلاً در فصل قبل مشاهده شد که اگر زمان رسیدن آب به انتهای فارو یک چهارم زمان مورد نیاز برای آبیاری باشد تلفات نفوذ عمقی کم و در حدود 5 درصد می‌باشد.

بنابراین داشتن اطلاعات کافی برای پیش‌بینی زمان پیشروی آب در فارو در ارزیابی سیستم‌های آبیاری الزامی است. منحنی پیشروی آب معمولاً با یک معادله نمایی توصیف می‌شود که شکل آب به صورت زیر است:

رابطه 4-2 $$(t_a)_x = p' x^{r'}$$

در این رابطه:

x = فاصله پیشروی از ابتدای فارو

$(t_a)_x$ = زمان لازم برای پیشروی آب از ابتدای فارو به نقطه ای که به فاصله x از آن قرار دارد.

p' , r' = ضرایب ثابت برازش منحنی.

چنانچه طول فارو L درنظر گرفته شود و دونقطه از فارو را که یکی در وسط فارو (فاصله 0.5 L از ابتدای فارو) و دیگر نقطه انتهایی فارو (فاصله L از ابتدای فارو) باشد در نظر

گرفته و زمانی که آب به این نقاط می‌رسد به ترتیب $t_{0.5L}$ و t_L اندازه‌گیری شده باشد با استفاده از مختصات این دو نقطه خواهیم‌داشت:

$$(t_{0.5L})=p'(0.5L)^{r'}$$ رابطه 3-4

$$(t_L) = p'(L)^{r'}$$ رابطه 4-4

از حل دو رابطه فوق خواهیم داشت:

$$r' = \frac{\ln(t_{0.5L} / t_L)}{\ln(0.5)}$$ رابطه 5-4

$$p' = \frac{t_L}{L^{r'}}$$ رابطه 6-4

معادله پیشروی آب به صورت دیگری نیز نمایش داده می‌شود که عبارت است از:

$$(t_a) = p'' \text{ x } e^{r''x}$$ رابطه 7-4

در این معادله نیز p'' و r'' ضرایب برازش منحنی می‌باشند.

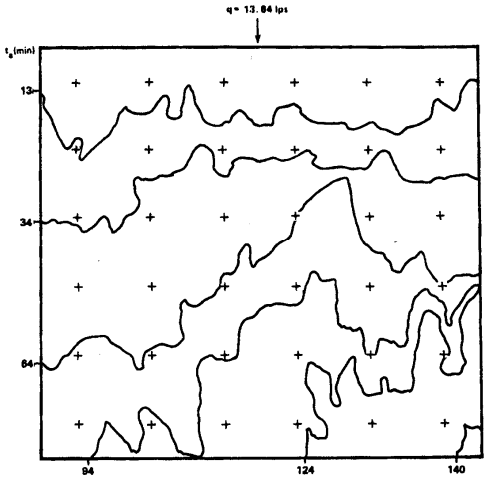
باید توجه داشت که به دست آوردن معادله منحنی پیشروی در فارو که در آن حرکت جبهه آب کاملاً قابل تشخیص و اندازه‌گیری است آسان باشد ولی برای کرت که آب از یک گوشه آن وارد زمین می‌شود و یا در نوار که آب از سرتاسر عرض آن وارد می‌شود جبهه پیشروی بسیار نامنظم بوده و نمی‌توان فاصله آن را تا ابتدای زمین مشخص کرد. در این مورد معمولاً زمین را به صورت شبکه بندی میخ‌کوبی کرده و با اندازه‌گیری زمان رسیدن جبهه آب به محل هرکدام از گره‌های شبکه نقشه خطوط هم‌پیمایش را رسم می‌کنیم. مثلاً در شکل 3-2 جریانی به مقدار 13/84 لیتردرثانیه وارد کرت شده است که نقاط شبکه بندی با علامت + مشخص شده‌اند. در این شکل خطوط جبهه پیشروی آب در دقایق 13، 34، 64 و، .. و 140 رسم شده‌اند. چون تعیین جبهه پیشروی میسر نمی‌باشد مساحت پیشروی شده را از ابتدای زمین در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری کرده و به جای طول پیموده شده از ابتدای فارو، مساحت خیس شده کرت نسبت به زمان رسم می‌شود. مثلاً در

مورد شکل 4-2 تغییرات سطح خیس شده زمین نسبت به زمان معادله‌ای به شکل زیر را خواهد داشت:

$$A_x = 33.92\ (t_a)_x^{0.74}$$ رابطه 4-8

که در آن A_x سطح خیس شده (m^2) و t_a زمان برحسب دقیقه می‌باشد.

در آزمایشات دقیق یک دوربین عکاسی را در نقطه‌ای ثابت کرده و در زمان‌های مختلف از کرت یا نوار عکس گرفته می‌شود سپس از روی عکس‌ها مساحت‌های خیس شده اندازه‌گیری می‌شود.



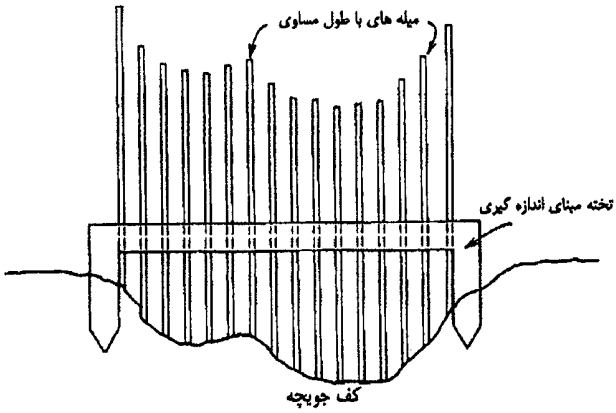
شکل 4-2- منحنی‌های پیشروی جبهه آب در آبیاری کرتی

4-4. ذخیره سطحی

حجم آب ذخیره موقت در سطح خاک در هر زمان یکی از پارامترهایی است که برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی باید در اختیار باشد. در فاروها و نوارها که دارای شیب می‌باشند کافی است سطح مقطع جریان را در ابتدای زمین داشته باشیم و سپس آن را در عددی به نام ضریب شکل[1] ضرب کرده تا متوسط سطح مقطع آب روی خاک به دست

1. shape factor

آید. چنانچه عدد به دست آمده را در طول پیشروی ضرب کنیم حجم آب موجود در سطح خاک به دست می‌آید. سطح مقطع جریان در ابتدای زمین با استفاده از رابطه مانینگ قابل محاسبه است. همچنین می‌توان سطح‌مقطع‌جریان را مستقیماً با استفاده از وسیله ساده‌ای بنام شیارسنج[1] که در شکل 4-3 نشان داده شده است اندازه‌گیری کرد. این دستگاه از یک تخته افقی که به فواصل مساوی سوراخ شده و در هریک از سوراخ‌ها میله‌های چوبی می‌تواند قرار داده شود تشکیل شده است. تخته را روی فارو قرار داده و از روی ارتفاع هریک از میله‌ها که در آب قرارگرفته اند عمق آب در آن نقطه به دست می‌آید. با داشتن عمق آب در فواصل مساوی و عرض بالای سطح آب می‌توان به روش ذوزنقه سطح مقطع جریان را محاسبه کرد.



شکل 4-3- وسیله موسوم به شیارسنج برای اندازه‌گیری سطح مقطع جریان ورودی به جویچه براساس اندازه‌گیری فاصله کف شیار تا سطح آب و سپس محاسبه مساحت مقطع با روش ذوزنقه

در کرت‌های مسطح و یا نوارهای کم شیب اندازه‌گیری حجم آب ذخیره شده در سطح زمین در زمان‌های مختلف به روش دیگر انجام می‌شود. در این روش مثلاً در هریک از نقاط شبکه بندی شده کرت که در شکل 2-3 نشان داده یک میله عمودی را در خاک فرو کرده

1. rill meter

و با علامت‌گذاری ارتفاع آب (داغاب) روی آن در زمان‌های مثلاً 13، 34، 64، ...، 94، 124 و 145 دقیقه ارتفاع آب اندازه‌گیری و سپس جدولی مشابه 4-1 را تشکیل می دهیم. حال با داشتن ارتفاع آب در نقاط مختلف در هریک از زمان‌ها می‌توان حجم آب موجود در سطح زمین را به دست آورد. به عنوان مثال در مورد شکل 4-2 حجم آب ذخیره (V_{ss}) شده بر حسب مترمکعب در زمان‌های پیشروی $(t_a)_x$ (برحسب دقیقه) به صورت زیر می‌باشد:

$(t_a)_x$ (min)	V_{ss} (m^3)
13	5.6
34	13.7
64	24.8
94	31.2
124	43.8
145	52.9

با استفاده از این اطلاعات به شرحی که در زیر آمده است می‌توان خصوصیات نفوذ آب در خاک را به دست آورد.

4-5. نفوذپذیری

مهم‌ترین و مشکل‌ترین پارامتر در ارزیابی یک سیستم آبیاری سطحی نفوذپذیری است، زیرا نفوذپذیری خاک هم نسبت به زمان و هم نسبت به مکان تغییر می‌باشد. بنابراین باید تعداد اندازه‌گیری‌ها بسیار زیاد باشد. اندازه‌گیری‌های به اصطلاح استاتیک مانند اندازه‌گیری به روش حلقه های نفوذ که در یک نقطه انجام می‌شود به سختی می‌تواند شرایط دینامیک خاک را نشان دهد. برای حل این مشکل دو راه حل عمده وجود دارد که می‌توان یکی از آنها را انتخاب نمود.

این دو عبارتند از:

1- اندازه‌گیری نفوذپذیری با حلقه نفوذ در یک نقطه و به دست آوردن معادله نفوذ و سپس اصلاح این معادله از روی جریان ورودی آب.

2- اندازه‌گیری مستقیم و به دست آوردن معادله نفوذ از روی داده‌های صحرایی جریان ورودی – خروجی، پیشروی – پسروی و داده‌های حجم ذخیره موقت در سطح خاک.

الف) روش اصلاح معادله نفوذپذیری نقطه‌ای

در این روش ابتدا معادله نفوذپذیری تجمعی را با استفاده از حلقه‌های نفوذ که معمولاً در وسط یک قطعه فضای‌سبز نصب می‌شوند اندازه‌گیری کرده و از روی داده‌های آن معادله کاستیاکف محاسبه می‌شود. فرض کنید این معادله به صورت زیر می‌باشد:

جدول 4-1- عمق آب اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) در زمان‌های مختلف در محل هریک از گره‌های سطح یک کرت شبکه‌بندی شده (شکل 4-2)

زمان پیشروی (t_a), (min)	شماره ایستگاه																	
	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	31	32	33	34	35	36
13	35	3	29	41	29	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	44	54	41	44	35	38	41	24	16	25	3	21	—	—	—	—	—	22
64	41	57	44	48	41	44	48	29	22	32	16	32	38	24	17	17	30	38
94	41	57	44	48	44	48	51	32	25	32	22	32	38	30	30	24	32	44
124	44	60	44	51	44	48	41	32	25	32	22	32	38	32	35	25	38	44
145	44	60	44	51	44	48	54	35	25	32	25	35	38	32	40	25	40	48

زمان پیشروی (t_a), (min)	شماره ایستگاه																	
	41	42	43	44	45	46	51	52	53	54	55	56	61	62	63	64	65	66
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	—	—	—	—	24	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	21	32	3	24	32	25	—	—	—	10	32	38	—	—	—	—	—	29
124	25	38	27	25	32	29	—	19	29	35	35	44	—	—	35	32	38	38
145	25	44	32	30	38	30	44	32	41	44	38	48	51	35	48	41	41	41

رابطه 4-9

$$Z_{typ} = 2.25\ t^{0.676}$$

که در آن:

Z_{typ} = نفوذ تجمعی (میلی‌متر)

t = فرصت نفوذ (دقیقه)

حال با استفاده از داده‌های جریان ورودی به کرت این معادله را اصلاح می‌کنیم.

اگر در محل هر یک از نقاط شبکه‌بندی شده کرت، زمان پیشروی (t_a) و زمان پسروی (t_r) را اندازه‌گیری کنیم از روی این دو عدد می‌توانیم فرصت نفوذ ($t = t_r - t_a$) و با داشتن آن مقدار نفوذ را از رابطه 4-9 به دست آوریم (Z_{typ}). اعداد ستون‌های 2 و 3 و 4 و 5 در جدول 4-2 نشان دهنده مقادیر t_r، t_a، t و Z_{typ} می‌باشد. متوسط فرصت نفوذ برای 36 نقطه شبکه در این جدول 283/4 دقیقه است که اگر آن را در رابطه 4-9 قرار دهیم متوسط مقدار نفوذ در سطح زمین برابر 102/34 میلی‌متر خواهد بود. زیرا:

$$Z_{typ} = 2.25\ (283.4)^{0.676}$$

$$Z_{typ} = 102.34$$

از طرف دیگر چنانچه فرض شود در این مثال دبی ورودی به کرت 13/84 لیتر در ثانیه و به مدت 180 دقیقه بوده است و چنانچه شبکه‌بندی به صورت 6×6 متر و ابعاد زمین 36/6×36/6 باشد وسعت کرت 1339/56 متر مربع می‌باشد. لذا در مدت 180 دقیقه جمعاً 149/472 متر مکعب آب وارد کرت شده که در سطح کرت پخش شده و ارتفاعی معادل 111/97 میلی‌متر آب در خاک نفوذ کرده است. چون 111/97 میلی‌متر عدد واقعی مقدار نفوذ است لذا رابطه 4-9 نیز در مدت متوسط فرصت نفوذ 283/4 دقیقه باید همین رقم را ارائه کند که لازم است ضریب 2/25 معادله به نسبت $\frac{111/97}{102/34}$ اصلاح‌گردد. یعنی:

$$\text{ضریب اصلاحی} = 2.25 \left(\frac{111.97}{102.34}\right) = 2.46$$

لذا معادله اصلاح شده نفوذ تجمعی (z_{ad}) به صورت زیر خواهد بود:

$$z_{ad} = 2.46\, t^{0.676}$$ رابطه 4-10

در این صورت مقادیر نفوذ در محل هر یک از نقاط شبکه از معادله بالا قابل محاسبه است که نتایج حاصله در ستون ششم جدول 4-2 نوشته شده است. سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که نفوذ چقدر در سطح کرت یکنواخت بوده است. داده‌ها نشان می دهد که ضریب R برای اصلاح داده‌های‌نفوذ فقط 10 درصد رقم حاصله از معادله کاستیاکف را افزایش داده است بنابراین می‌توان گفت که نفوذ تقریباً یکنواخت صورت گرفته است. بالابودن ضریب R نشان دهنده عدم یکنواختی نفوذ در سطح کرت است.

جدول 4-2 – عمق نفوذ تجمعی در محل هر یک از نقاط گره‌های شبکه‌بندی شده سطح کرت با استفاده از معادله تیپ و اصلاح شده نفوذ کاستیاکف

Station	t_r (min)	t_a (min)	t (min)	z_{typ} (mm)	z_{ad} (mm)	Station	t_r (min)	t_a (min)	t (min)	z_{typ} (mm)	z_{ad} (mm)
11	385	3	382	125	137	41	300	64	236	90	99
12	410	2	408	131	143	42	320	77	243	92	101
13	315	4	311	109	119	43	335	90	245	93	101
14	310	6	304	107	117	44	308	69	239	91	98
15	335	7	328	113	124	45	335	51	284	103	112
16	400	3	397	129	141	46	295	54	241	92	100
21	405	19	386	126	138	51	375	123	252	95	103
22	365	20	345	117	128	52	350	94	256	96	104
23	265	28	237	91	99	53	350	119	231	89	97
24	295	18	277	101	110	54	360	92	268	99	108
25	265	29	236	90	99	55	345	67	278	101	110
26	350	17	333	114	125	56	360	71	289	104	113
31	315	37	278	101	110	61	405	139	266	98	107
32	340	48	292	104	114	62	375	132	243	92	101
33	285	64	221	87	95	63	405	122	283	102	112
34	285	40	245	93	101	64	385	105	280	108	110
35	322	40	282	102	112	65	355	99	256	96	104
36	330	28	302	107	117	66	355	84	271	99	109

$\bar{t}$ = 283.4; $\bar{z}_{typ}$ = 102.34 mm; $\bar{z}$ = $\bar{z}$ = 111.97 mm.

ب- روش به دست آوردن معادله نفوذ از روی داده‌های پیشروی آب

این روش بر اساس معادله توازن حجمی استوار بوده که بدون واردشدن بـه مباحـث تئـوری برای به دست آوردن معادله نفوذ باید عملیات زیر را انجام داد.

1- تیپ معادله نمایی آب را در فارو یا نوار و کرت بنویسید. این معادله بـه شـکل کلـی زیـر می‌باشد.

رابطه 4-11 $$x = p\,[\,(t_a)_x]^r$$

که x فاصله جبهه پیشروی آب از ابتدای زمین در زمان t_a می‌باشد. P و r ضـرایب ثابـت معادله می‌باشند که با توجه به رابـطه 4-2 که در آن برای زمان پیشروی از ضـرایب p' و r' استفاده شد خواهیم داشت:

رابطه 4-12 الف $$r = \frac{1}{r'}$$

رابطه 4-12 ب $$p = \left(\frac{1}{p'}\right)^r$$

2- معادله اصلاح شده کاستیاکف –لوئیس را بنویسید. این معادله به صورت زیر می‌باشد.

رابطه 13-4 $z = kt^a + f_o t$

در این معادله:

z = حجم آب نفوذ شده در هر متر طول در فرصت نفوذ t.

F_o = سرعت نفوذ نهایی بر حسب واحد حجم در واحد طول در واحد زمان.

k و Q = ضرایب ثابت.

3- با داشتن معادله پیشروی و معادله نفوذ کاستیاکف – لوئیس معادله بیلان حجمی در هر زمان را بنویسید. این معادله به صورت زیر می‌باشد.

رابطه 14-4 $$Q_o t = d_y A_o x + d_z k t^a x + \frac{f_o t x}{1+r}$$

که در آن:

A_o = سطح مقطع جریان در ابتدای زمین (مترمربع)

Q_o = دبی ورودی (مترمکعب در دقیقه)

t= زمان از شروع آبیاری (دقیقه)

d_y = ضریب شکل ذخیره سطحی آب که مقدار آن حدوداً 0/7 تا 0/8 می‌باشد.

d_z = ضریب شکل قسمت خیس شده خاک در زیر سطح زمین

مقدار d_z از معادله زیر به دست می آید:

رابطه 15-4 $$d_z = \frac{a + r(1-a) + 1}{(1+a)(1+r)}$$

مقدار A_o تابعی از عمق جریان (y) بوده و برابر است با:

رابطه 16-4 $$A_o = d_1 y^{d_2}$$

لذا عمق جریان برحسب A_o برابر است با:

رابطه 17-4 $$y = d_1' A_o^{d_2'}$$

که ضرایب d_1 با d_1' و d_2 با d_2' به صورت زیر با یکدیگر مرتبط می‌باشند.

رابطه 4-18
$$d_2' = \frac{1}{d_2}$$

رابطه 4-19
$$d_1' = \left(\frac{1}{d_1}\right)^{d_2'}$$

محیط خیس شده (WP) فارو نیز تابعی از عمق جریان است. به‌طوریکه :

رابطه 4-20
$$WP = g_1 y^{g2}$$

که $g1$ و $g2$ ضرایب ثابت هستند. باید توجه داشت که در آبیاری نواری مقادیر d_1 و d_2 و $g1$ برابر یک و مقدار $g2$ برابر صفر است. با استفاده از معادله مانینگ نیز می‌توان A_o را به صورت زیر محاسبه کرد:

رابطه 4-21
$$A_o = C_1\left(\frac{Q_o n}{60\sqrt{S_o}}\right)^{C_2}$$

که n و S_o به ترتیب ضریب زبری مانینگ و شیب فارو بوده و ضرایب C_1 و C_2 عبارتند از:

رابطه 4-22
$$C_2 = \frac{3d_2}{5d_2 - 2d_2}$$

رابطه 4-23
$$C_1 = d_1\left[\left(\frac{d_1^{0.67}}{d_1^{1.67}}\right)\right]^{C_2}$$

ضریب زبری مانینگ برای زمین‌هایی که قبلاً آبیاری شده‌اند 0/02 و برای قطعات فضای‌سبز معمولی 0/04 درنظر گرفته شده و چنانچه مقاومت در برابر جریان آب زیاد باشد مقدار آن 0/15 می‌باشد.

حال ببینیم چگونه می‌توان این پارامترها را به دست آورده و معادله نفوذ را برای خاک مشخص نمود. برای این منظور از روشی بنام روش دونقطه‌ای[1] استفاده می‌شود که در زیر به شرح آن می‌پردازیم.

اگر طول فارو L باشد دو نقطه وسط (0.5L) و انتهای آنرا (L) درنظر گرفته و زمان رسیدن به این دو نقطه ($t_{0.5L}$ و t_L) را به دست آورید. سپس معادله بیلان حجمی (رابطه 4-14) را برای این دو نقطه بنویسید که عبارت خواهد بود از:

رابطه 4-24

$$Q_o(t_{0.5L}) = \frac{d_y A_o L}{2} + d_z \frac{K(t_{0.5L})^a L}{2} + \frac{f_o(t_{0.5L})L}{2(1+r)}$$

و برای انتهای زمین:

رابطه 4-25

$$Q_o t_L = d_y A_o L + d_z k(t_L)^a L + \frac{f_o(t_L)L}{1+r}$$

که در آنها:

$t_{0.5L}$ = زمان پیشروی آب تا نیمه زمین (دقیقه)

t_L = زمان پیشروی آب تا انتهای زمین (دقیقه)

L = طول زمین (متر)

از حل این دو معادله می‌توان ضرایب a و k را به دست آورد که عبارت خواهند شد از:

رابطه 4-26

$$a = \frac{\ln(V_L / V_{0.5L})}{\ln(t_L / t_{0.5L})}$$

رابطه 4-27

$$V_L = \frac{Q_o t_L}{L} - d_y A_o - \frac{f_o(t_L)}{(1+r)}$$

1. two-point

$$V_{0.5L} = \frac{2Q_o(t_{0.5L})}{L} - d_y A_o - \frac{f_o(t_{0.5L})}{(1+r)}$$ رابطه 28-4

ضریب d_z از رابطه 15-4 وسپس k از معادله زیر محاسبه می‌گردد.

$$k = \frac{V_L}{d_z(t_L)^a}$$ رابطه 29-4

پس از محاسبه a و k جزء دیگر معادله نفوذ (رابطه 13-4) f_o یا نفوذپذیری نهایی است که باتوجه به هیدروگراف ورودی و خروجی که در قسمت قبل شرح داده شده مقدار آن برابر است با :

$$f_o = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L}$$ رابطه 30-4

که Q_{in} و Q_{out} مقادیر دبی ورودی و خروجی از فارو برحسب مترمکعب دردقیقه است.

6-4. عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی[1]

با تحلیل داده‌های صحرایی این امکان وجود دارد که عملکرد سیستم آبیاری با عدد و رقم مشخص گردد. این عملکرد نه تنها شامل خصوصیات فیزیکی سیستم بلکه نوع مدیریت سیستم را نیز مشخص می‌کند. بطورکلی نتیجه تحلیل‌های صحرایی سه حالت آبیاری را

---

11. ر.ک :

-بورکی،استفان و همکاران،ترجمه:مولائی محمدحسن،*تهیه مقررات ملی مدیریت منابع آب*،انتشارات سازمان مدیریت منابع آب ایران،تهران، 1379

-جعفری، محمد صادق، ترجمه، مدیریت، *بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی*، کمیته ملی آبیاری و زهکشی و شرکت مهندشی مشاور مهاب قدس، ش 113، تهران، 1387

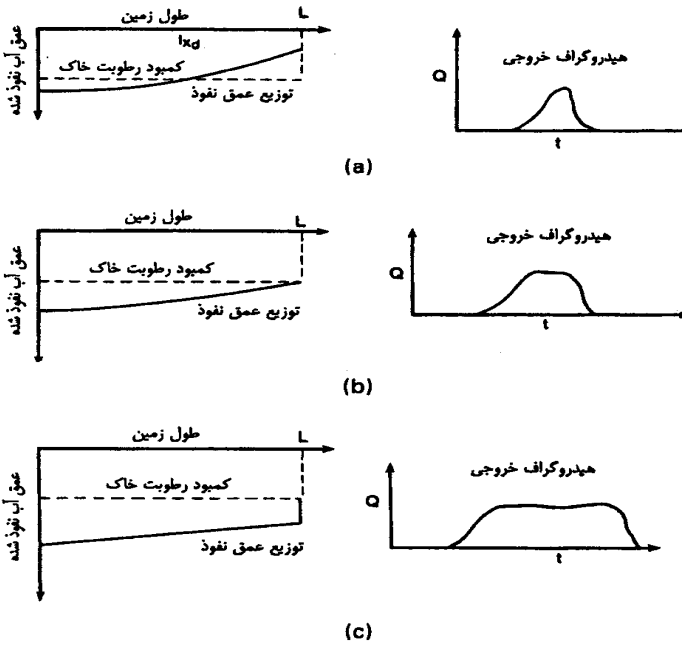
-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : خدمات فنی دوران بهره برداری و نگهداری*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش109، تهران، 1373

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره برداری و نگهداری از سامانه های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری*»، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، ش313، تهران، 1384

-مجموعه مقالات، «*سومین همایش تبادل تجربه های پژوهشی، فنی و مهندسی*»، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، 1385

نشان خواهد داد که سیستم می‌تواند یکی از آنها باشد. این سه حالت در شکل 4-4 نشان داده شده است. قسمت a حالتی را نشان می دهد که بخشی از زمین (از ابتدای فارو تا فاصله x_d) به‌طور کامل و بیش از حد نیاز آبیاری شده و با وجودی‌که مقداری آب به‌صورت رواناب از زمین خارج شده است بخش دیگری از زمین بطور ناقص آبیاری شده است.

در این حالت راندمان نیاز آبیاری کمتر از 100 خواهد بود. حالت b شرایط را نشان می دهد که انتهای زمین درست به اندازه کافی آبیاری شده و قسمت‌های دیگر زمین بیش از اندازه آبیاری شده است. راندمان آبیاری در این حالت 100 می‌باشد. حالت c نیز وضعیتی را نشان می دهد که تمام قسمت‌های زمین بیش از حد نیاز آبیاری شده‌اند. رواناب خروجی از زمین بیشتر از حالات قبلی است و راندمان نیاز آبیاری نیز 100 می‌باشد.



شکل 4-4- رابطه بین نیاز آبیاری و مقدار آب داده شده به زمین: (a) آبیاری ناقص، (b) آبیاری کامل و (c) پرآبیاری

4-7. ارزیابی سیستم جویچه‌ای (فارو)

برای ارزیابی یک سیستم آبیاری فارو عملیات زیر را انجام دهید.

1- از ابتدای فارو تا انتهای آن به‌فواصل معین زمین را میخ‌کوبی کنید. طول فارو (L) و فاصله میخ‌ها از یکدیگر را یادداشت نمایید.

2- جریان آب در فارو را برقرار کرده و مقدار دبی ورودی (Q_o) را اندازه‌گیری کنید.

3- زمان پیشروی (t_a) به محل هرکدام از میخ‌ها را به دست آورید.

4- زمان قطع آبیاری (t_{co}) را یادداشت کنید.

5- زمان پسروی در محل هرکدام از میخ‌ها را به دست آورید. (t_r)

6- فرصت نفوذ ($t_r - t_a$) را در محل هریک از میخ‌کوبی‌ها به دست آورید.

7- مقدار عمق آبیاری مورد لزوم (Z_{req}) رابرحسب m^3/m مشخص کنید (کمبود رطوبت قبل از آبیاری)

8- مقدار نفوذ تجمعی را در محل هریک از میخ‌کوبی‌ها از معادله زیر به دست آورید.

رابطه 4-31 $$Z_i = k[t_r-(t_a)_i]^a + f_o[t_r-(t_a)_i]$$

که در آن k، a و f_o قبلاً شرح داده شد. در این معادله i نشان دهنده محل هریک از میخ‌ها می‌باشد.

9- حجم آب نفوذ شده در طول فارو را با استفاده از قانون ذوزنقه از معادله زیر محاسبه کنید.

رابطه 4-32 $$V_z = \frac{L}{Z_n}(Z_o + 2Z_1 + 2Z_2 + ... + Z_n)$$

که در آن:

L = طول فارو (m)

Z_i = مقدار نفوذ تجمعی در i مین نقطه (m^3/m)

n = تعداد قطعات میخ‌کوبی شده

10- اگر آبیاری کامل نباشد (حالت a در شکل 4-4) حجم آب نفوذشده را باید در دو قسمت محاسبه کرد قسمت اول از ابتدای فارو تا نقطه x_d که به طور کامل آبیاری شده است (V_{za}) و قسمت دوم که آبیاری بطور ناقص صورت گرفته است (V_{zi}). بنابراین V_z عبارت خواهد بود از :

$$V_z = V_{za} + V_{zi}$$ رابطه 4-33

11- با داشتن اطلاعات بالا 4 پارامتر استاندارد عملکرد سیستم آبیاری را که عبارتند از:

راندمان سیستم (E_a)، نسبت نفوذ عمقی (DPR)، نسبت رواناب انتهایی (TWR) و راندمان نیاز آبیاری (E_r) به شرح زیر به دست‌آورید.

12- درصورتی که آبیاری کامل یا پرآبیاری صورت گرفته باشد:

$$E_a = \frac{(Z_{req})(L)}{Q_O t_{co}} \times 100$$ رابطه 4-34

$$DPR = \frac{V_z - (Z_{req})L}{Q_o t_{co}} \times 100$$ رابطه 4-35

$$TWR -= 100 - E_a - DPR$$ رابطه 4-36

13- درصورتی که آبیاری بطور ناقص انجام شده باشد:

$$E_a = \frac{(Z_{req})(x_d) + V_{zi}}{Q_o t_{co}} \times 100$$ رابطه 4-37

$$DPR = \frac{V_{za} - Z_{req} x_d}{Q_o t_{co}} \times 100$$ رابطه 4-38

$$TWR = 100 - E_a - DPR$$ رابطه 4-39

$$E_r = \frac{(Z_{req} x_d) + V_{zi}}{(Z_{req})L} \times 100$$ رابطه 4-40

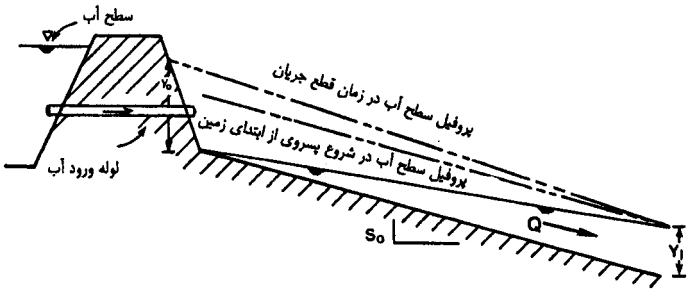
4-8. ارزیابی سیستم نواری

در آبیاری نواری به دلیل شیب زمین باید آب اضافی از انتهای زمین خارج گردد. در این‌صورت ارزیابی سیستم نواری همانند فارو می‌باشد ولی اگر انتهای نوار مسدود باشد باید آن را مشابه یک کرت فرض کرده و روشی را برای ارزیابی استفاده نمود که برای سیستم کرتی شرح داده شده است.

فرض کنید در یک سیستم نواری آب با دبی q_o در واحد عرض نوار در زمان صفر وارد نوار شده و در مدت t_L به انتهای آن برسد (شکل 4-5). سپس جریان از انتهای نوار خارج شده و در زمان t_{co} جریان آب قطع می‌گردد. بعداز قطع جریان در زمان t_d آب در ابتدای نوار و در زمان t_r در سرتاسر نوار فروکش می‌کند. اگر عمق جریان آب در ابتدای نوار y_o باشد زمان پسروی در اول نوار (t_d) به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$t_d = t_{co} + \frac{y_o L}{2q_o}$$ رابطه 4-41

به عبارت دیگر t_d زمان پایان فاز تخلیه در ابتدای نوار است.



شکل 4-5- تصویر آبیاری در نوار که در آن پروفیل سطح آب در زمان قطع جریان و زمانی که پسروی از ابتدای نوار شروع می‌شود نشان داده‌شده‌است.

فاصله بین $t_r - t_d$ برحسب دقیقه از معادلات زیر قابل محاسبه است.

$$t_r - t_d = \frac{0.095 n^{0.47565} S_y^{0.20735} L^{0.6829}}{I^{0.52435} S_o^{0.237825}}$$ رابطه 4-42

$$S_y = \frac{y1}{L} = \frac{\left[(q_L n)(60\sqrt{S_o})\right]^{0.6}}{L}$$ رابطه 4-43

که S_o شیب نوار y_1 عمق آب در انتهای نوار در زمانی است که پسروی شروع شده باشد.

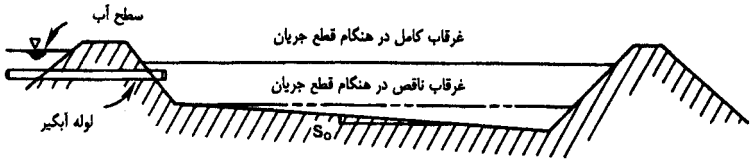
$$q_L = q_o - IL$$ رابطه 4-44

$$I = \frac{ak}{2}\left[t_{d^{a-1}} + (t_d - t_L)^{a-1}\right] + f_o$$ رابطه 4-45

پس از آنکه td و tr محاسبه شد برای محاسبه E_a، DPR، TWR و E_r از رابطه‌های 4-31 الی 4-40 استفاده کنید.

4-9. ارزیابی سیستم آبیاری کرتی

چنانچه آب در زمان صفر وارد کرت شده، در زمان t_L به انتهای کرت برسد و در زمان t_{co} جریان ورودی به کرت که طول آن L می‌باشد قطع گردد (شکل 4-6) براساس معادله توازن حجمی خواهیم داشت.



شکل 4-6- تصویر وضعیت آبیاری در یک کرت

$$q_o t_{co} - \frac{Z_o + Z_L}{2} L = \frac{y_o + y_1}{2} L$$ رابطه 4-46

که در آن:

$$Z_o = k(t_{co})^a + f_o(t_{co})$$ رابطه 4-47

$$Z_L = k(t_{co} - t_L)^a + f_o(t_{co} - t_L)$$ رابطه 4-48

مقادیر y_o و y_1 عمق جریان در ابتدا و انتهای کرت می‌باشند. بافرض اینکه سطح آب در کرت افقی باشد خواهیم داشت:

$$y_1 = y_o + S_oL$$ رابطه 4-49

که اگر آن را در رابطه 4-46 جایگزین کرده و برحسب y_o بنویسیم خواهیم داشت:

$$y_o = \frac{q_o t_{co}}{L} - \frac{Z_o - Z_L}{2} - \frac{S_o L}{2}$$ رابطه 4-50

توزیع نهایی عمق خیس شده بدین صورت خواهد بود که به Z_o به اندازه y_o و به Z_L به اندازه y_1 اضافه شود سپس راندمان آبیاری و نسبت نفوذ عمقی از رابطه‌های 4-31 الی 4-40 قابل محاسبه است.

4-10. سایر مدل‌های ریاضی

استفاده از سایر مدل‌های ریاضی در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی نیز معمول می‌باشد. زیرا با کاربرد این مدل‌ها می‌توان بسیاری از محاسبات پیچیده مربوط به موقعیت جبهه پیشروی و پسروی آب، یکنواختی توزیع و راندمان آبیاری را به سرعت انجام داده و تأثیر هرگونه تغییر در پارامترهای طراحی را به سهولت ارزیابی نمود. اکثر مدل‌های ریاضی آبیاری سطحی برپایه دو معادله پیوستگی جریان[1] و معادله اندازه حرکت[2] استوارند.

در شرایط جریان غیر ماندگار و غیریکنواخت معادله پیوستگی به‌صورت دیفرانسیلی زیر نوشته می‌شود.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + I = o$$ رابطه 4-51

که در آن:

1. continuity equation
2. momentum equation

A = سطح مقطع جریان

Q = دبی

I = شدت نفوذ در واحد طول

t = زمان

x = فاصله از ابتدای زمین در امتداد جریان آب

کاربردهای معادله دوم نیوتن در آبیاری سطحی معادله‌ای را نتیجه می دهد که بنام معادله اندازه حرکت یا مومنتم نامیده می‌شود این معادله به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$(\frac{1}{Ag})(\frac{\partial Q}{\partial t})+(\frac{2Q}{A^2 g})(\frac{\partial Q}{\partial x})+(1-Fr^2)(\frac{\partial y}{\partial x})=S_o-S_f$$ رابطه 52-4

$$Fr=\frac{Q^2 T}{A^3 g}$$ رابطه 53-4

در این معادله ها:

A = سطح مقطع جریان

Q= دبی

y = عمق جریان

g = شتاب ثقل

t = زمان

x = فاصله از ابتدای زمین در امتداد جریان آب

T = عرض بالای سطح مقطع جریان

F_r = عدد فرود

S_o = شیب زمین (فارو، کرت یا نوار)

S_r = شیب خط انرژی

رابطه‌های 4-51 و 4-52 بنام معادله‌های سنت ونان[1] نامیده می‌شود و کلیه مدل‌های کامپیوتری آبیاری سطحی که در آنها از معادله‌های سنت –ونان استفاده شوند بنام مدل‌های هیدرودینامیک[2] نامیده می‌شوند. اما باید به این نکته توجه داشت که مدل‌های هیدرودینامیک بسیار پیچیده بوده و استفاده آنها در شرایط معمولی ساده نمی‌باشد.

برای این منظور سعی شده است تا حدممکن بدون کاهش در کیفیت کار در این معادلات ساده‌سازی شود. مثلاً چون سرعت جریان در آبیاری سطحی کوچک است اجزاء شتاب و اینرسی در رابطه 4-53 صفر فرض می‌شوند؛ در این صورت رابطه 4-52 به صورت ساده زیر تبدیل می‌شود که حل آن به مراتب آسانتر است.

$$\frac{\partial y}{\partial x} = S_O - S_f$$ رابطه 4-54

مدل‌هایی که براساس این فرض استوارند و در آنها از رابطه‌های 4-51 و 4-53 استفاده می‌شود به نام مدل‌های فرض صفر[3] معروفند. این مدل‌ها در طراحی کرت‌ها و نوارهای شیبدار زیاد مورد استفاده دارند.

در برخی دیگر از مدل های ریاضی با فرض اینکه جریان یکنواخت باشد به جای معادله اندازه حرکت (رابطه 4-52) معادلاتی مانند مانینگ، شنری و دارسی – وایسباخ جایگزین شده‌اند. اینگونه مدل‌های آبیاری سطحی را مدل‌های موج سینماتیک[4] گویند.

مدل‌های موج سینماتیک به اسامی مدل‌های عمق نرمال[5] مدل‌های جریان یکنواخت[6] و مدل‌های عمق یکنواخت[7] نیز نامیده می‌شوند.

1. Saint-Venant
2. Hydrodynamic
3. zero-inertia
4. kinematic-wave
5. normal depth model
6. uniform flow model
7. unform depth model

روش دیگر در مدل‌سازی آبیاری سطحی روش توازن حجمی[1] است که مدل‌های مربوط نیز به‌همان نام توازن حجمی اسم گذاری شده اند و ما صور مختلف آن را در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی مشاهده کردیم.

4-11. اندازه‌گیری و ارزیابی نفوذ در آبیاری سطحی

اصولاً انتخاب نوع سیستم آبیاری بخصوص در سیستم آبیاری سطحی براساس اندازه‌گیری نفوذ و ارزیابی آن می‌باشد. بنابراین اطلاعات طراح در مورد خصوصیات نفوذ باید کامل باشد.

از طرف دیگر نفوذ به‌قدری تابع شرایط مکانی خاک و روش اندازه‌گیری است که کمتر نتایج حاصله از دو آزمایش نفوذ مشاهده یکدیگر هستند باوجود این لازم است طراح به روش‌های مختلف نفوذ را اندازه‌گیری و معادلات مربوطه را ارزیابی نماید، زیرا تعیین رابطه نفوذ تجمعی نسبت به زمان از اولین داده‌های مورد نیاز در طراحی آبیاری سطحی است. این رابطه را می‌توان از روی اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب به داخل خاک و رسم منحنی آن نسبت به زمان به دست آورد.

می‌دانیم که رابطه بین سرعت نفوذ آب به داخل خاک (i) و زمان به صورت معادله نمایی زیر می‌باشد که بنام کاستیاکف معروف است.

رابطه 4-55 $i = at^b$

f_i = سرعت نفوذ به داخل خاک (میلی‌متر در ساعت)

t = زمان از شروع نفوذ (ساعت)

a و b = ضرایب ثابت مربوط به نوع خاک

نفوذ تجمعی (I) انتگرال معادله فوق می‌باشد که به صورت زیر خواهد بود.

1. volume balance

رابطه 4-56 $$I = \frac{a}{b+1} t^{b+1}$$

رابطه 4-57 $$I = ct^{d}$$

ضرایب c و d به ترتیب عبارتند از:

رابطه 4-58 $$c = \frac{a}{b+1}$$

رابطه 4-59 $$d = b + 1$$

مقادیر a، b، c و d برای رابطه‌های فوق برحسب شماره منحنی نفوذ خاک[1] به صورت جدول 4-3 ارائه شده است. توجه شود که این ضرایب برای وضعیتی است که زمان برحسب ساعت و نفوذ برحسب میلی‌متر باشد.

جدول 4-3- مقادیر a، b c و d در معادله‌های نفوذ برای شماره‌های منحنی مختلف

شماره‌منحنی‌نفوذ	a	b	c	d
0.1	6.83	-0.485	13.28	0.485
0.3	15.16	-0.381	24.49	0.619
0.5	21.77	-0.340	32.98	0.660
1.0	36.59	-0.305	25.43	0.695
1.5	47.90	-0.290	34.00	0.710

سازمان حفاظت خاک آمریکا برای طراحی آبیاری کرتی و نواری و حوضچه‌ای رابطه زیر را توصیه نموده است که البته در آبیاری جویچه‌ای نیز از آن استفاده می‌شود.

رابطه 4-60 $$I = et^{f} + g$$

در این رابطه I نفوذ تجمعی برحسب میلی‌متر، t برحسب دقیقه و مقادیر e، f و g که ضرایب مربوط به نوع خاک هستند که برای استفاده در طراحی آبیاری کرتی و نواری در جدول 4-4 و برای استفاده در طراحی آبیاری جویچه‌ای در جدول 4-5 ارائه گردیده است. بنابراین سازمان SCS خاک‌ها را ابتدا به گروه‌های نفوذ که با شماره منحنی مشخص

1. intake family

شده‌اند تقسیم کرده و سپس برای هرنوع خاک مقادیر e، f و g را مشخص نموده است که این ارقام در جداول 4-4 و 4-5 ارائه شده است.

جدول 4-4- مقادیر e، f و g در معادله نفوذ SCS برای استفاده در آبیاری کرتی و نواری

شماره منحنی نفوذ	e	f	g
0.1	0.6198	0.661	0.985
0.3	0.9347	0.721	6.985
0.5	1.1862	0.756	0.985
1.0	1.7805	0.785	6.985
1.5	2.2832	0.799	6.985
2.0	2.7534	0.808	6.985
3.0	3.6500	0.816	6.985
4.0	4.450	6.823	0.985

جدول 4-5- مقادیر e، f و g در معادله نفوذ SCS برای استفاده در آبیاری جویچه‌ای

شماره منحنی نفوذ	e	f	g
0.05	0.5334	0.6180	6.985
0.10	0.6198	0.6610	6.985
0.15	0.7110	0.6834	6.985
0.20	0.7772	0.6988	6.985
0.25	0.8534	0.7107	6.985
0.30	0.9246	0.7204	6.985
0.35	0.9957	0.7285	6.985
0.40	1.064	0.7326	6.985
0.45	1.130	0.7419	0.985
0.45	1.130	0.7419	6.985
0.50	1.196	0.7475	6.985
0.60	1.321	0.7572	6.985
0.70	1.443	0.7656	6.985
0.80	1.560	0.7728	6.985
0.90	1.674	0.7792	6.985
1.0	1.786	0.7850	6.985
1.10	2.284	0.7990	6.985
2.0	2.753	0.8080	6.985

با این وجود بهتر است قبل از طراحی با انجام عملیات صحرایی داده های نفوذ آب در خاک را با یکی از روش‌های مرسوم مانند حلقه‌های نفوذ، روش حوضچه‌ای، روش فاروهای مسدود شده، روش ورودی – خروجی و روش نفوذسنجی با گردش آب به دست‌آورد.

خصوصیات نفوذ آب در خاک می‌تواند از روی منحنی پیشروی آب به روش مرسوم بـه روش دونقطه‌ای نیز صورت گیرد.

معمـولاً در طراحـی سیسـتم‌هـای آبیـاری کرتـی و نـواری از داده‌هـای نفـوذ کـه روش حلقه‌های نفوذ و روش دو نقطه ای به دست‌آمده‌باشند استفاده شـده و در طـراحی ابیـاری جویچه‌ای از داده های به دست آمده با روش هـای فاروهـای مسـدود شـده، روش ورودی-خروجی، روش نفوذسنجی با گردش آب یا روش دو نقطه ای استفاده می‌شود.

4-11-1. حلقه‌های نفوذ

یک حلقه نفوذ، از استوانه فلـزی بـه قطـر تقریبـی 25 سـانتی متـر یـا بیشـتر و ارتفـاع 40 سانتی‌متر تشکیل شده است که وقتی در خاک قرار می‌گیرد حدود 15 سانتی متر در خـاک فرو رود. برای اندازه‌گیری نفوذ ابتدا حلقه پر از آب شده و سپس با افت سطح آب در داخـل حلقه نسبت به یک نقطه مشخص مقداری آب اضافه می‌شود تـا سـطح آب بـه نقطـه اولیـه برگشت نماید. حجم آب ریخته شده در استوانه با توجه به قطر حلقه می‌تواند بـه ارتفـاع آب نفوذ شده در خاک تبدیل شود. بدین ترتیب مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ در زمان‌هـای مختلف از شروع نفوذ به دست می‌آید. پس از به دست آوردن مقادیر تجمعی و شـدت نفـوذ در یک کاغذ لگاریتمی[1] که محور افقی آن به زمان و محورهای عمـودی مطـابق شـکل 4-7 به سرعت نفوذ (محور عمودی سمت‌چپ) و نفـوذ تجمعـی (محـور عمـودی سـمت راسـت) اختصاص داده می‌شود منحنی‌های تغییرات شدت نفوذ و نفوذ تجمعی به دست می‌آیـد کـه به صورت خط خواهند بود.

اگر معادله‌های سرعت نفوذ (i) و نفوذ تجمعی (I) به ترتیب زیر باشند:

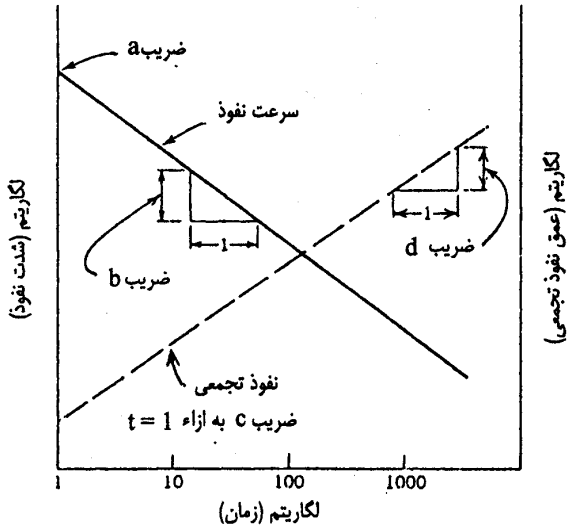
رابطه 4-61 $i = at^b$

1. log –log

رابطه 4-62 $I = ct^d$

ضرایب a، b، c و d از روی عرض مبدأ و شیب خط های رسم شده به دست می آیند. (شکل 4-7)

چون داده‌های به دست آمده با حلقه های نفوذ ممکن است با مقادیر واقعی نفوذ در طی آبیاری مطابقت نداشته باشند. عملاً این داده ها با اندازه‌گیری جریان ورودی، پیشروی و پسروی اصلاح می‌شوند. با اصلاح داده‌ها عرض از مبدأ (مقادیر c و d) و در نتیجه معادله‌های نفوذ اصلاح خواهد شد.



شکل 4-7- رسم لگاریتمی سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی نسبت به زمان برای یک خاک مشخص از روی عرض از مبدأ و شیب این خطها می‌توان معادله‌های سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی را به دست آورد.

اکثراً به جای یک حلقه نفوذ دو حلقه به صورت متحد المرکز[1] در زمین قرار داده شده و فاصله بین دو حلقه که حدود 15 سانتی‌متر است نیز با آب پر می‌شود اما اندازه‌گیری نفوذ

1. double ring

فقط در حلقه میانی انجام می‌شود. اعداد حاصله از حلقه‌های مضاعف نسبت به کاربرد یک حلقه نفوذ قابل‌اطمینان‌تر می‌باشند.

4-11-2. روش حوضچه‌ای

به جای استفاده از حلقه‌های نفوذ می‌توان در قسمتی از زمین که مورد نظر است پشته خاکی ایجاد کرده تا به شکل یک حوضچه کوچک درآید. سپس این حوضچه پر از آب می‌شود و مطابق آنچه در مورد حلقه‌های نفوذ عمل می‌شود مقدار نفوذ اندازه‌گیری می‌شود. حتی به جای یک حوضچه می‌توان دو حوضچه متحدالمرکز[1] را ایجاد کرد تا وضعیتی مشابه حلقه‌های مضاعف باشد. روش حوضچه‌ای به دلیل اینکه سطح وسیع‌تری نسبت به حلقه‌های نفوذ دارد بر آن ارجحیت دارد. توصیه می‌شود پشته‌های اطراف حوضچه با ورقه‌های پلاستیک عایق شود تا از نفوذ جانبی آب که باعث بروز اشتباه در اندازه‌گیری می‌شود جلوگیری شود. برای این منظور ابتدا در اطراف حوضچه ترانشه‌ای ایجاد و با قرار دادن ورقه پلاستیک در آن جلو نفوذ جانبی گرفته می‌شود. قسمت اضافی ورقه های پلاستیک که از ترانشه بیرون می‌ماند روی پشته خاکی قرار می گیرند.

4-11-3. روش جویچه‌های مسدود شده

داده‌های حاصله از روش حلقه‌های نفوذ یا روش حوضچه‌ای نمی‌تواند در آبیاری فارو مورد استفاده باشد زیرا در این آبیاری‌ها بخش زیادی از نفوذ به صورت جانبی باعث خیس شدن خاک بین ردیف‌ها می‌گردد. برای این منظور روش فاروهای مسدود شده توصیه گردیده است. در این روش در جویچه‌ای که آب جاری است با قرار دادن دو صفحه عمودی در قسمتی از مسیر آن جریان آب فارو قطع می‌شود. حال اگر آنقدر آب به بخش مجزا شده

1. double ponds

اضافه شود تا سطح آب در آن ثابت باقی بماند مقدار آب اضافه شده برابر مقدار نفوذ خواهد بود. عمق نفوذ از تقسیم حجم آب نفوذ شده بر سطح فارو به دست می‌آید. سطح فارو نیز برابر است با طول آن در فاصله بین فاروها. توصیه می‌شود انجام آزمایش نفوذ در فاروهای مسدود شده در سه جویچه مجاور هم صورت‌گرفته و متوسط مقادیر به دست آمده برای طراحی مورد استفاده قرارگیرد.

4-11-4. روش جریان ورودی – خروجی

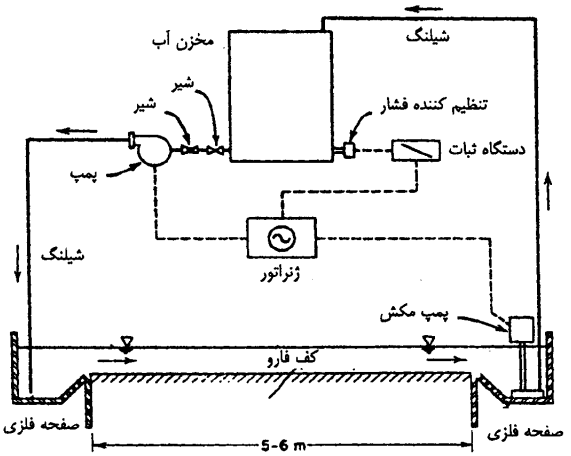
در این روش یک جویچه انتخاب و مقدار دبی جریان در ابتدا و انتهای آن با یک فلوم کوچک اندازه‌گیری می‌شود. تفاوت دبی برابر مقدار نفوذی است که در طول فارو صورت می‌گیرد.

4-11-5. روش نفوذ سنجی با گردش آب

دستگاه نفوذ سنج با چرخش آب[1] نیز یک نوع پیشرفته از روش دبی ورودی – خروجی است. قسمتی از یک فارو را انتخاب کنید و آب از یک تانک مطابق شکل 4-8 وارد حوضچه ابتدای این قسمت از فارو شده و در آن جریان پیدا می‌کند.

جریان آب در انتهای قطعه فارو نیز در حوضچه‌ای جمع شده که توسط پمپ مکیده شده و وارد مخزن می‌شود. شیر آب ورودی به قسمت ابتدایی فارو طوری تنظیم می‌شود که سطح آب در قطعه فارو همواره ثابت باقی بماند. بنابراین مقدار آب اضافی که از مخزن تخلیه می‌شود برابر مقدار نفوذ می‌باشد.

1. recirculating infiltrometer



شکل 4-8- نمای یک دستگاه نفوذسنج با گردش مجدد آب

پس از مدتی می‌توان از روی تعیین حجم آب مخزن مشخص کرد که چقدر آب در قطعه فارو نفوذ کرده است. با داشتن دوره زمانی، حجم آب مصرفی در سطح فارو شدت نفوذ برحسب واحد طول در زمان محاسبه می‌شود.

خلاصه

پس از طراحی و اجرای یک سیستم آبیاری سطحی در فضای سبز به منظور اطلاع و اطمینان از صحت عملکرد سیستم آبیاری طراحی شده نیاز به کنترل و ارزیابی این سیستم خواهد بود. به همین منظور در این بخش به صورت تفصیلی به سیستم های ارزیابی آبیاری سطحی پرداخته شد. همانگونه که در متن نیز مطالعه نمودید سیستم های ارزیابی آبیاری سطحی فضای سبز برروی کنترل اجزاء آن خصوصاً راندمان کاربرد و مصرف آب، نسبت نفوذ عمقی، نسبت رواناب انتهائی و کارائی نیاز آبی متمرکز است. برای کنترل این عوامل چند روش برشمرده شده و تشریح شد که می توان از آن میان به روش توازن حجمی اشاره کرد. در این بخش کلیه روابط کنترل عوامل دخیل در آبیاری سطحی آورده شده است.

در ادامه نیز روابط رایج و روشهای متداول در ارزیابی سیستم های مختلف آبیاری سطحی در فضای سبز شرح داده شد.

آزمون

1- در یک نوار به طول 200 متر بعد از 30 دقیقه آب به وسط نوار پیشروی نمود. در صورتی که بعد از 120 دقیقه به انتهای نوار برسد و معادله پیشروی آب در نوار به صورت $x = pt^r$ (x مسافت پیشروی برحسب متر و t زمان پیشروی برحسب دقیقه) بعد از چند دقیقه به مسافت 150 متری خواهد رسید؟

الف) 75 ج- 59

ب) 67/6 د- 52

2- در یک جویچه در صورتی که دبی ثابت جریان ورودی 1/7 لیتردرثانیه، دبی ثابت جریان خروجی بعد از 2/4 ساعت آبیاری 1/1 لیتردرثانیه در طول جویچه 280 متر باشد سرعت نفوذ نهایی شیار برحسب لیتردردقیقه برمتر چقدر خواهد بود؟

الف) 0/002 ج- 0/13

ب) 0/09 د- 0/23

3- زمان پیشروی آب در طول جویچه از معادله $T_t = 30\ (e^{0.008x} - 1)$ به دست می آید که در آن t دقیقه و x فاصله به متر است. معادله نفوذ آب در خاک نیز $i = 2t^{0.5}$ می‌باشد که i نفوذ عمقی برحسب سانتی متر می‌باشد. برای نفوذ دادن 20 سانتی متر آب درخاک طول جویچه چند متر است؟

الف) 50 ج- 100

ب) 61 د- 120

4- اگر معادله نفوذ تجمعی در یک خاک به صورت $I = kt^{0.6}$ باشد (I نفوذ تجمعی، k ضریب ثابت و t فرصت نفوذ) و زمان پیشروی آب در جویچه ها نصف زمان لازم برای نفوذ آب باشد در ابتدای جویچه نسبت به انتهای آن چنددرصد آب اضافی نفوذ می‌کند؟

الف) 11/5 ج- 20/5

ب) 12/5 د- 27/5

فصل پنجم

استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی

اهداف

1. هدف از مطالعه این فصل، آشنائی با مطالب زیر می باشد:
2. سیستم جدید لوله های کم فشار و کاربرد آنها در فضای سبز
3. کلیه محاسبات مربوط به استفاده از لوله های کم فشار
4. مؤلفه ها و عوامل مؤثر در جایگزینی لوله های کم فشار به جای کانالهای روباز

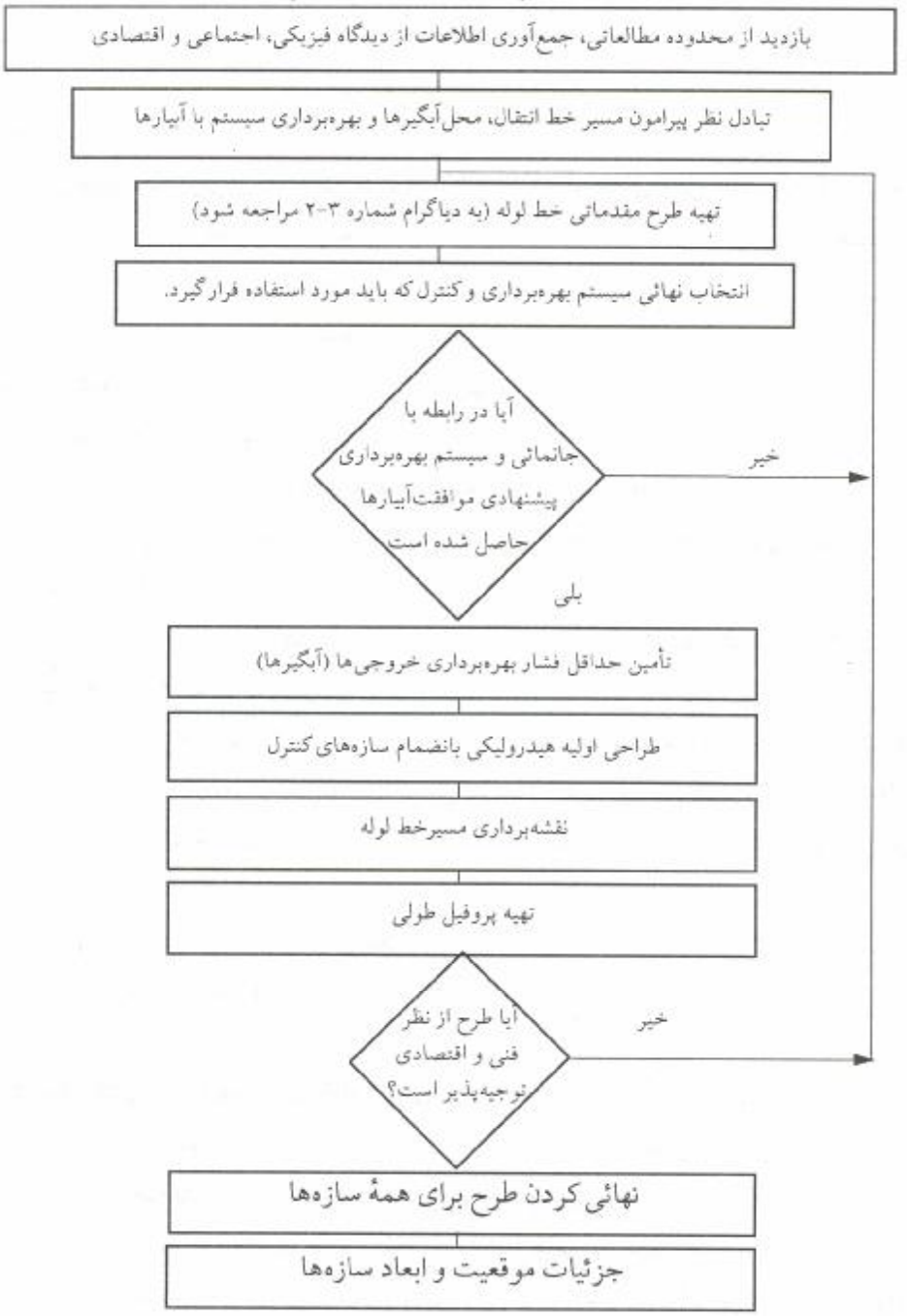
5-1. دیباچه

در این فصل روش های برنامه ریزی و طراحی سیستم توزیع آب با لوله هـای زیرزمینـی در یک فضای‌سبز معرفی می‌شود. استفاده از این روش در آبیاری فضای‌سبز معمول نیسـت بـه این دلیل که اصولاً استفاده از لوله های کم فشار صرفاً به منظور انتقال و توزیـع آب بـوده و به عنوان یک سیستم مستقل آبیاری شناخته نمی‌شود. در ادامه ویژگی‌های اسـتاندارد یـک طرح که بسیاری از شبکه‌های آبیاری مجزا را شامل می‌گردد، آورده شده و طی این فصل بـه طور کاملاً اجمالی روند گزینش این موارد، دنبال می‌شود.

- نوع سیستم لوله زیرزمینی (باز- نیمه باز- بسته)
- سیستم نگهداری و بهره‌برداری
- روش تأمین آب
- گزینش مقدماتی جنس لوله‌ای که باید مورد استقفاده قرارگیرد و جانمایی آن
- روش های توزیع تا انشعابات درجه 4 و آبیاری در سطح قطعات فضای‌سبز
- دبی مطلوب آبگیری

در این قسمت روند طراحی و روش های شناخته شده برای سیستم لوله‌هـای زیرزمینـی کم فشار معرفی می‌گردد. گرچه عناصری نظیر طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای برای هـر یـک از انواع سیستم‌های لوله ای متفاوت می‌باشد ولی طراحی همه سیستم‌هـای لولـه‌ای ا ز یـک رویه مشابه تبعیت می‌کند.

برنامه ریزی کلی و مراحل طراحی در نمودار 5-1 خلاصه شده است.



نمودار 5-1 جانمائی و طرح سیستم لوله های زیر زمینی

5-2. توجیه سیمای کلی و بررسی پیش نیاز طراحی[1]

مطالعات توجیهی و بررسی‌های پیش نیاز طراحی مانند سایر روش‌های آبیاری به‌طور معمول مشتمل بر جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات فیزیکی،اجتماعی و اقتصادی مرتبط با محدوده طرح و تجزیه و تحلیل‌هایی به جهت اطمینان از تطابق سیمای طرح با مبانی پذیرفته شده اقتصادی توسط کارفرما و یا ارگان استفاده کننده خواهد بود. اطلاعات فیزیکی می‌تواند بر پایه نقشه‌های موجود همراه با کنترل، بازدید و حاشیه نویسی به منظور مشخص کردن ویژگی‌های حائز اهمیت و مرتبط با طرح تهیه شود.

5-3. تهیه نقشه جانمایی لوله‌ها

پس از اینکه استفاده از الگوی لوله های کم فشار به عنوان سیستم آبیاری تعیین شد، یک نقشه مقدماتی باید براساس مشاوره با کارفرما و سیستم بهره‌بردار پیرامون مسیر خط لوله، موقعیت آبگیرها و بهره‌برداری سیستم تهیه شود. اگر سیستم برای توسعه فضای‌سبز طراحی می‌شود طی مذاکره با طراح فضای‌سبز این موارد مشخص می‌شود. در این مرحله، هدف از جانمایی باید به حداقل رساندن طول لوله و دستیابی به یک ظرفیت مناسب آبگیری باشد. در این جانمائی ها که به‌طور شماتیک تعیین میگردند به طرح هیدرولیکی توجه نمی‌شود و هدف صرفاً شکل گیری کلیات طرح خواهد بود. طرح جانمایی خط لوله درچهار گام زیر خلاصه می‌شود ؛

---

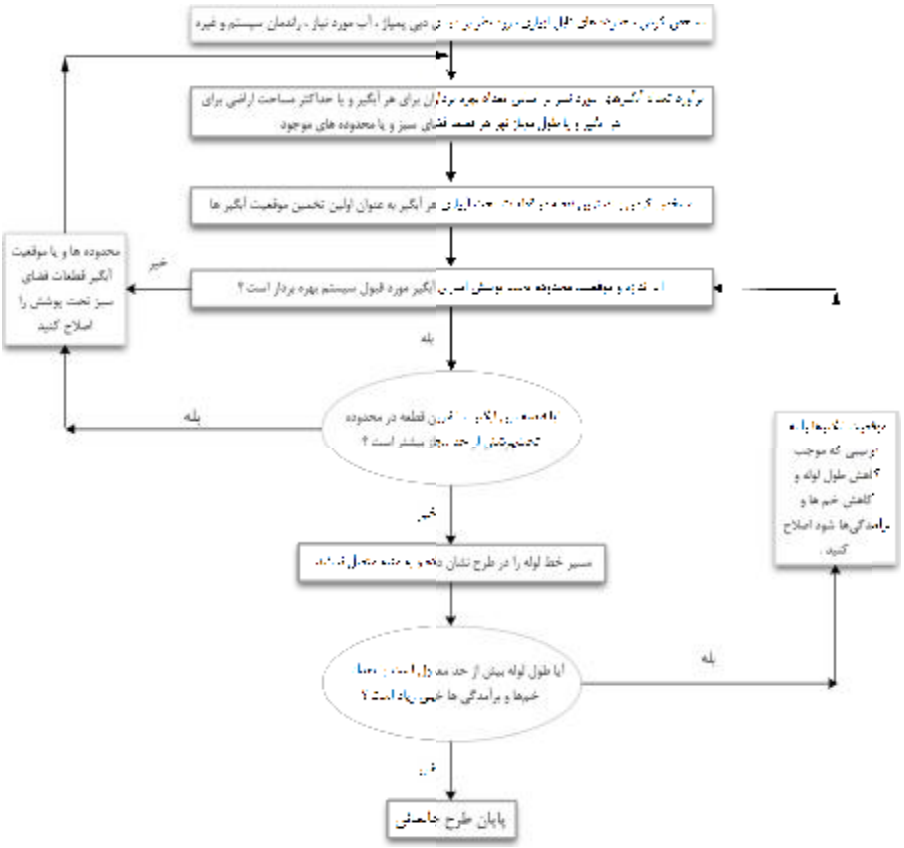
2. ر.ک :

-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک کانالها*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش104، تهران، 1367

-شکوهی لنگرودی، علیرضا، و همکاران، *آبیاری ؛ اصول، روشها و طراحی سیستم های آبیاری*، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاول، تهران، 1386

- مشخص کردن قطعات فضای‌سبز دارای قابلیت آبیاری
- تعیین طول حداکثر انهار درجه 4
- تعیین محدوده‌های تحت‌پوشش آبیاری آبگیرها (خروجی‌ها)
- تعیین ساده‌ترین مسیر خط لوله که نیازهای طراحی را تأمین می‌نماید.

این موارد به‌صورت خلاصه در نمودار 5-2 آمده است.



نمودار 5-2 –جانمائی مقدماتی لوله ها

4-5. طرح هیدرولیکی لوله‌ها

جانمایی اولیه، قبل از آنکه مورد تأیید قرارگیرد و سیستم کنترل و بهره‌برداری و نحوه بهره‌برداری نهایی شود ممکن است بارها اصلاح شود.

برای همه موارد، خطوط لوله، باید به ترتیبی طرح شوند که در محدوده افت هیدرولیکی مجاز، دبی طراحی را انتقال دهند. برای سیستم‌های توزیع آب با لوله، این شرایط با درنظر گرفتن اختلاف فشار قابل دستیابی در ورودی سیستم و فشار بهره‌برداری موردنیاز در حادترین خروجی تعیین می‌شود. فشار قابل دسترس برای لوله با احتساب حداقل افت زانوها، شیرآلات و افت‌های ورودی و خروجی سازه‌ها تعیین می‌شود. روش های خاص طرح هیدرولیکی برای سیستم‌های باز، بسته و نیمه بسته با جزئیات در ادامه تشریح خواهد شد.

5-4-1. امکان‌یابی کلی طرح

پیش از اقدام در جهت طراحی و ساخت یک سیستم آبیاری، بسیار مهم است که همه زوایای توسعه و اثرات آن بر مجموعهٔ عوامل ذیربط در فضای‌سبز به منظور نشان دادن دیدگاه‌های اصلی طرح توسعه که شامل موارد زیر می‌باشد (FISHTEE)، مورد توجه قرارگیرد.

- مالی[2]
- اداری[3]
- اجتماعی و فرهنگی[4]
- بهداشتی[5]

2. Financial
3. Institutional
4. Social and cultural
5. Health

- فنی[6]
- اقتصادی[7]
- محیط‌زیستی[8]

همه این موارد در سیمای طرح شبکه آبیاری با اهمیت هستند. در بسیاری از این جهات مطالعات مربوط به امکان سنجی طرح آبیاری با استفاده از سیستم لوله‌های زیرزمینی به همان روش های معمول در سایر طرح‌های آبیاری انجام می‌شود.

5-4-2. اطلاعات نقشه‌ای

واضح است که طراحی دقیق یک سیستم لوله زیرزمینی مستلزم در دسترس بودن یک نقشه دقیق از بخش‌های مستعد محدوده مطالعاتی همراه با مرزهای قطعات فضای‌سبز، دسترسی ها و مسیرهای عبور و سایر سازه ها است. نقشه های معماری فضای‌سبز، معمولاً یک مبنای اولیه مناسب برای شروع کار طراحی هستند. اگرچه ضروری است براساس بازدیدهای میدانی و مشاوره با مدیریت و عوامل آبیاری فعلی قطعات فضای‌سبز به‌روز شوند.

سایر منابع آب آبیاری در محدوده قطعات فضای‌سبز بایستی مشخص شوند تا چگونگی تأثیر آنها بر محدوده توسعه پیشنهادی طرح مشخص شود.

عوارض مهمی که باید در نقشه نشان داده شوند عبارتند از :

- ارتفاع قطعات فضای‌سبز توسط خطوط تراز یا رقوم ارتفاعی نقاط
- مرز محدوده های اجرایی نظیر محدوده پارک یا قطعه فضای‌سبز، محدوده آبیاری فعلی و یا مرزبندی‌های منطقه‌ای، شهری و یا محلی در قطعات فضای‌سبز و قطعاتی که در نظر است در یک نوبت آبیاری شوند.

---

6 . Technical
7. Economic
8. Environmental

- قسمت هائی که آبیاری نمی‌شوند نظیر سطوح سخت در قطعات فضای‌سبز، مناطق‌پست، دسترسی‌ها وغیره
- سیستم‌های زهکشی و سایر منابع آب آبیاری
- سایر تأسیسات زیربنایی

بسیار مهم است که این بررسی‌ها با همکاری مدیریت و متولی فضای سبز انجام گیرد. این امر مستلزم روشی است که به ارتباط ومشاوره مفید منجر شود. همکاری در بررسی ها ممکن است اولین کار ارجاع شده به سیستم بهره‌بردار و شروع روندی باشد که می‌تواند در شکل گیری و تحقق پذیری طرح مؤثر واقع شود.

سیستم‌های لوله‌های زیرزمینی نسبت به سیستم کانال‌های روباز به بررسی های کمتری نیاز دارد. هرچند آگاهی از ارتفاعی زمین برای طرح هیدرولیکی الزامی است، ولی در سیستم لوله های زیرزمینی تنها آگاهی از رقوم ارتفاعی در فواصل بین هر قطعه فضای‌سبز یا فواصل معین بین قطعات و نیز ارتفاع یک یا دو نقطه به انضمام ارتفاع بالاترین ترازی که باید آبیاری شود کافی خواهد بود. همچنین شکل و وسعت سیستم‌های توزیع موجود در مجاورت هر خروجی نیز باید مشخص گردد.

5-4-3. ارزیابی اجتماعی - اقتصادی

سؤالاتی که در جهت تصمیم‌گیری برای توسعه شبکه آبیاری می‌تواند موردنظر قرارگیرد شامل موارد زیر است:

- آیا کمبود آب محدودیت اصلی سیستم آبیاری فعلی است؟
- سایر محدودیت ها کدامند؟
- آیا زمینه برای بهبود وضع موجود می‌تواند مناسب‌تر از احداث یک سیستم جدید باشد؟

- با وجود محدودیت تأمین سرمایه (اعتبار)، آیا یک طرح آبیاری به سایر اشکال سرمایه گذاری شهری ترجیح داده می‌شود؟
- نیازهای نگهداری و بهره‌برداری طرح کدامند و چگونه تأمین می‌شوند؟ آیا سرمایه و مهارت های لازم را می‌توان تأمین کرد؟

4-4-5. جانمائی سیمای طرح

سیمای طرح باید ترجیحاً در محل محدوده مطالعاتی هم با مسئولان شهری و هم با باغبانان و آبیارها مورد بحث قرارگیرد.

این امر باید همه قطعات فضای‌سبز واقع در محدوده مطالعاتی، مسیر خط لوله و محل‌های آبگیرها را تحت‌پوشش قرار داده و به بهره‌بردار اجازه دهد در تصمیمات اثر گذاشته و امکان انتخاب بین شرایط مختلف تکنیکی را داشته باشد. سیمای طرح باید در نقشه و در صورت دسترسی در روی عکس‌های با مقیاس مناسب نشان داده شود.

در مرحله سیمای طرح و طراحی و قبل از آن که زمینی علامت گذاری و یا تخریب گردد، باید دقت‌نظر کافی برای تعیین مرزها و نحوه تملیک و مالکیت اراضی که در محل توسعه و احداث تأسیسات زیربنائی هستند، صرف شود.

تهیه طرح شامل موارد زیر است:

- اطمینان از آن که حتی الامکان مرزهای توسعه و آبگیرها با مرزهای موجود فضای‌سبز و دسترسی‌ها انطباق دارند.
- اتخاذ تصمیمات جامع برای تخصیص آب آبیاری در حالت کلی و در زمان‌های کمبود آب.
- افزایش قابلیت مدیریت فضای‌سبز در عهده دار شدن مدیریت مستقل بهره‌برداری و نگهداری از سیستم.

5-5. تهیه جانمایی خطوط لوله

جنبه‌های گوناگون که از دیدگاه اقتصادی در جانمایی یک خط لوله اهمیت دارند قبلاً در نمودار 5-2 نشان داده‌شد. در تهیه طرح، طراح درصدد است که به شرایط متعادلی از وسعت قطعات تحت‌پوشش آبیاری، هزینه سرمایه گذاری کم، راندمان توزیع بالا و بهره‌برداری آسان، دست یابد. همه اینها به یکدیگر مرتبط بوده و به سایر پارامترهای سیمای طرح وابسته‌اند.

طراحی مقدماتی خط لوله در چهار گام زیرخلاصه شده است.

- مشخص کردن حد قطعات فضای‌سبز قابل آبیاری در محدوده مطالعاتی
- مشخص کردن حداکثر طول انهار درجه 4
- مشخص کردن مساحت تحت‌پوشش آبگیرها
- انتخاب ساده‌ترین مسیر خط لوله که نیازهای طراحی را پاسخگو باشد.

5-5-1. وسعت محدوده آبخور[9]

وسعت محدوده طرح شبکه توزیع به شرح زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 5-1 $$A = \frac{Q}{q_d}$$

که در آن :

A = وسعت محدوده طرح (هکتار)

Q= دبی ورودی به سیستم خط لوله (لیتر در ثانیه)

q_d = هیدرمدول آبیاری (لیتر در ثانیه در هکتار)

و مقدار آن برابر است با :

9. Target command area

$$q_d = \frac{I_f \times 10000}{U \times 24 \times 3600} \times \frac{1}{E_d}$$ رابطه 2-5

که در این رابطه :

I_f= آب موردنیاز ناخالص قطعه فضای‌سبز بر حسب میلی متر در روز

Ed= راندمان توزیع

U = مصرف، استمرار جریان ورودی در کل مدت

همچنین :

$$I_f = I_n \times \frac{1}{Ea}$$ رابطه 3-5

$$I_n = ET_{Landscape} - (Pe + Ge + Wb)$$ رابطه 4-5

و در این رابطه نیز:

In= آب خالص موردنیاز آبیاری (میلی متر در روز)

Ea= راندمان کاربرد

$ET_{Landscape}$ = تعریق و تبخیر فضای‌سبز (میلی متر در روز)

Pe= باران مؤثر (میلی متر در روز)

Ge= رطوبت دریافت شده از آب زیرزمینی (میلی متر در روز)

Wb= آب دریافت شده از رطوبت ذخیره شده در خاک (میلی متر در روز)

بنابراین اندازه محدوده آبیاری وابسته به عوامل زیر است:

- هیدرومدول آبیاری طرح و آب ورودی قابل دسترس از منابع آب
- ترکیب کشت و آب موردنیاز گیاهان فضای‌سبز
- راندمان توزیع سیستم خط لوله و راندمان کاربرد آب در قطعات فضای‌سبز
- آب و هوای ناحیه و ویژگی‌های خاک و توپوگرافی
- تجربیات محلی در ارتباط با ساعات آبیاری در طول روز و روزهای آبیاری در طول هفته

- عوامل اقتصادی و اجتماعی که ممکن است محدوده طرح را که باید تحت‌پوشش قرارگیرند، محدود نمایند.

2-5-5. آب قابل دسترس و هیدرومدول آبیاری

مشخص نمودن هیدرومدول آبیاری طرح (q_d) نیازمند اتخاذ تصمیم پیرامون نیاز دوره حداکثر است. ظرفیت طراحی سیستم خط لوله باید برای آب موردنیاز دوره حداکثر مصرف که با آن مواجه می‌شویم و اعمال یک ضریب افزایشی که بتواند تغییرات آتی را نیز پاسخگو باشد، پیش بینی گردد. زیرا افزایش ظرفیت یک سیستم خط لوله بسیار مشکل تر از یک سیستم کانال روباز است.

در عین حال نقطه نظراتی مبنی بر افزایش هیدرومدول آبیاری و ظرفیت خط انتقال به منظور افزایش انعطاف‌پذیری در بهره‌برداری مطرح است.

از آن جا که یکی از ویژگی‌های اصلی و مفید سیستم‌های لوله‌ای قابلیت انعطاف پذیری آن‌ها در تأمین آب می‌باشد، محدودنمودن ظرفیت سیستم نه تنها به‌لحاظ آنکه اصلاح آن گران تمام خواهد شد بلکه به‌لحاظ نیاز به صرف هزینه اضافی در رابطه با تغییر الگوی کشت و نیز تغییر نوع گیاهان فضای‌سبز در طرح های توسعه نیز مورد توجه خواهد بود.

برای همه سیستم‌ها باید در مورد مفید بودن آنها طبق تجربه و طول مدت آبیاری در روز و در هفته و به ویژه در طول دوره حداکثر فصل آبیاری تصمیم گیری شود.

تجربه بهره‌برداری برای سیستم‌های بزرگ که به منظور تأمین نیازهای پیک به انجام آبیاری در طول شب وابسته‌اند و نیز سیستم‌های کوچک تر که عمدتاً آبیاری روزانه برای آنها عمل می‌شود متغیر است. بدیهی است آبیاری شبانه فرصت تأمین نیازهای بالای دوره پیک را فراهم می‌آورد اما این مسئله باید با مواردی نظیر راندمان کم در قطعات فضای‌سبز و عدم تمایل به آبیاری دراین اوقات به طور هم‌زمان بررسی شود.

برای سیستم‌هایی که توسط پمپ تأمین آب می‌شوند، ظرفیت پمپ و طول مدت بهره‌برداری از آن در طول روز، میزان حداکثر هیدرومدول آبیاری را که برای یک محدوده خاص تحت‌پوشش، قابل تأمین است مشخص می‌کند. در عین حال هیدرومدول کمتر آبیاری به‌لحاظ نصب پمپ‌های کوچک تر یا افزایش وسعت محدوده تحت‌پوشش آبیاری می‌تواند موجب کاهش هزینه سرمایه گذاری در واحد سطح شود ولی در همین حال خطر عملکرد ضعیف و به‌هم ریختگی آبیاری در قطعاتی که میزان آب تأمین‌شده با نیاز حداکثر در طول ساعات کار منطبق نباشد نیز وجود دارد.

5-5-3. الگوی کشت و آب مورد نیاز گیاهان

هیدرومدول آبیاری (q_d) طرح، نشاندهنده گزینه‌ای از ترکیب کشت‌ها و آب مورد نیاز مربوطه است. با توجه به تجربیات عملی در حیطه آبیاری فضای‌سبز می‌توان پیش‌بینی نمود که سیستم لوله‌های زیرزمینی نسبت به کانال‌های روباز، در دوره‌های کم آبی امکان مدیریت ترکیب کشت‌های متنوع‌تر و در نتیجه موفقیت بیشتر، به لحاظ امکان توزیع آب با دقت و سرعت بیشتر و نیز انتقال آب از یک محدوده آبیاری به محدوده دیگر و همچنین حداقل تلفات آب را فراهم خواهدآورد.

سیستم‌های لوله‌ای در عین حال با فراهم آوردن انعطاف پذیری و امکان ایجاد تغییرات بیشتر در ترکیب کشت‌ها در برابر گیاهانی نظیر چمن که مصرف آب آنها بالاتر است، به کاهش هیدرومدول متوسط آبیاری کمک‌می‌کنند.

5-5-4. راندمان توزیع سیستم‌های لوله زیرزمینی

جایگزینی سیستم کانال‌های روباز با سیستم لوله‌های زیرزمینی در یک شبکه آبیاری موجود می‌تواند با پیش‌گیری از هدررفتن آب به لحاظ کاهش تلفات انتقال، کاهش قطع

جریان تأمین آب و درنتیجه افزایش سطح تحت‌پوشش فضای‌سبزمدنظر قرارگیرد. راندمان کلی توزیع عبارت است از راندمان انتقال سیستم درجه سه (لوله) و راندمان سیستم درجه 4 (اغلب کانال‌های روباز).

5-5-5. مشخصات توپوگرافی

مشخصات توپوگرافی که می‌تواند موجب محدودیت قطعات فضای‌سبز تحت‌پوشش در یک سیستم لوله‌ای باشد مشتمل است بر :

- تغییرات ارتفاعی در حد فاصل بین منبع آب و تراز بلندترین قطعه ای که باید آبیاری شود.
- عمق آبراهه و یا مجرای زهکشی
- یک پیکره دائمی آب

در عمل به استثنای قطعات فضای‌سبز دو عارضه‌ای و یا بریده بریده، به ندرت این مسئله وجود دارد که به لحاظ شرایط توپوگرافی خاص توجیه پذیری سیستم کانال‌های روباز نسبت به لوله‌های کم فشار ارجح باشد. در جایی که وجود ارتفاعات یا تقاطع آبراهه‌ها موجب افزایش دامنه تغییرات فشار خط لوله شود، در طول کوتاه از لوله‌های فشار قوی، استفاده می‌شود.

هرجا که قطعات فضای‌سبز تحت‌پوشش در شیب دامنه‌ها واقع شده‌اند و یا وسعت زیادی دارند سیستم تأمین آب با پمپاژ ممکن است تنها گزینه باشد. برای سیستم‌های پمپاژی که از برج‌های تأمین فشار استفاده می‌شود، در شرایطی که ارتفاع این برج‌ها بیش از 4 تا 5 متر باشد، هزینه احداث آنها زیاد بوده و اجرای آنها با مصالح بومی نیز مشکل است. در تمام حالات باید دقت‌گردد که فشار طراحی، از فشار حداکثر اسمی لوله موردنظر فراتر نرفته باشد.

این مطلب خصوصاً در مورد لوله‌های بتنی غیرمسلح بیش از لوله‌های پی وی سی و یا پلی اتیلن صدق می‌کند. جائی که یک سیستم لوله ای برروی یک سیستم موجود تأمین آب با پمپاژ نصب می‌شود، بار هیدرولیکی اضافی موردنیاز برای جبران افت هیدرولیکی لوله‌ها نباید موجب کاهش معنی دار دبی پمپ گردد.

6-5-5. عوامل اقتصادی و اجتماعی

در برخی موارد برای انتخاب محدوده آبیاری ممکن است ملاحظات فنی نسبت به دیدگاههای اقتصادی و اجتماعی از اهمیت کمتری برخوردار باشند. به‌طور کلی اهمیت مشارکت مدیریت کلان و خرد فضای سبز و حتی مردم بومی و استفاده کنندگان فضای‌سبز در تمام مراحل تهیه سیمای آبیاری امری مطلوب است. اما به نظر می‌رسد که این امر در اغلب موارد از همان مراحل ابتدایی طرح از سوی مهندسان طراحی مورد کم توجهی قرار می‌گیرد. ضروری است که عوامل مهم محلی مورد توجه قرارگیرند ولی برخی توصیه‌های عمومی زیر نیز باید به کار گرفته شود.

الف) از محدوده‌های تحت‌پوشش آبیاری بزرگ هم در ارتباط با سیمای طرح و هم در ارتباط با آبگیرها اجتناب شود.

این امر ممکن است در مناطقی که مردم همجوار فضای‌سبز و حتی استفاده کنندگان به لحاظ فرهنگ شهری با مشکل مواجه هستند موجب تنش های اجتماعی شود، به ویژه در مواردی که تأمین آب شرب و غیرشرب مردم و استفاده کنندگان از قطعات فضای‌سبز با مشکل مواجه باشد، ممکن است از دیدگاه آنها تفسیر به اسراف گردد. سیمای طرح با توسعه وسیع، ممکن است ساختار سازمان بهره‌برداری فعلی را بیش از ظرفیت شان گسترش دهد، به ویژه در جاهایی که این ساختار فقط به میزان کمی رشد یافته باشد. سیستم تحت فشار کوچک تر با تعداد معدودی از کارگرها غالباً از مشکلات کمتر سازمانی

برخوردار خواهدبود. اگر چه هزینه سرمایه گذاری در هر هکتار برای این محدوده‌های کوچک تر معمولاً بیشتر است لیکن نظر بر این است که به لحاظ افزایش شدت آبیاری، هزینه در هکتار واقعی (به لحاظ صرفه جوئی در نیروی انسانی و غیره) کمتر خواهد شد.

ب) در هر مرحله از انتخاب و طراحی سیمای طرح، مسئولان فضای‌سبز شهری و باغبانان و آبیارها را باید دخالت دارد.

درگیر کردن افرادی که به هر نحو با مقوله آبیاری فضای‌سبز درگیر هستند، در همه مراحل جانمایی، طراحی و ساخت پروژه هرچند که باعث کندی پیشرفت طرح می‌گردد امّا باعث خواهد شد که عوامل ذیربط به نوعی احساس دلگرمی نموده و خود را در شکل گیری طرح شریک بدانند که این موضوع یقیناً موفقیت طرح را تضمین خواهد نمود. این نحوه درگیر نمودن دست‌اندرکاران می‌تواند به عنوان بخشی از فعالیت ساختار مشارکت، آنها باشد.

آموزش کارگران برای انجام کارهای تخصصی و اداره تعمیرات موردنیاز نیز موجب تشویق آنها در جهت همکاری مسئولانه در اینگونه طرح های آبیاری می‌گردد.

5-5-7. طول حداکثر انشعابات درجه 4

اغلب همه محدوده‌های آبیاری که در آنها باید از سیستم‌های لوله‌ای استفاده شود می‌تواند با یک شکل منظم تقریباً مربع، مستطیل و یا دایره تعریف شوند. برای این حالت‌ها تجزیه و تحلیلی برروی یک سیستم لوله‌ای با جانمایی در شرایط مطلوب صورت گرفته است و نتیجه برای سیستم‌های شاخه‌ای در جدول 5-1 خلاصه شده است. این جدول طول لوله در هر هکتار را برای حالات متفاوت انشعابات درجه 4، محدوده تحت‌پوشش و موقعیت ورودی به سیستم لوله نشان می دهد.

جدول 5-1 - خلاصه داده های مربوط به مساحت اراضی و طول لوله برای یک سیستم جانمائی مطلوب

شماره جانمایی	موقعیت قرارگیری	شکل	طول لوله L (متر)	پرفکت ۵۰ متر مساحت A (هکتار)	L/A	طول لوله L (متر)	پرفکت ۱۰۰ متر مساحت A (هکتار)	L/A	طول لوله L (متر)	پرفکت ۱۵۰ متر مساحت A (هکتار)	L/A
۱	مرکز	دایره	۱۱۶۰	۱۳	۹۲	۳۲۲۰	۵۰	۶۴/۴	۳۴۸۰	۱۳	۲۶/۸
۲	مرکز	دایره	۱۰۶۰	۱۳	۸۲	۲۱۶۰	۸۰	۲۶/۲	۳۱۸۰	۱۳	۲۵/۱
۳	حاشیه	دایره	۱۲۰۵	۱۳	۹۲	۲۸۱۰	۵۰	۵۶/۱	۳۹۲۵	۱۳	۳۰/۲
۴	حاشیه	دایره	۱۲۲۵	۱۳	۹۸	۲۴۹۰	۵۰	۴۹/۲	۳۷۰۵	۱۳	۲۹/۸
۵	مرکز	دایره	۳۰۷۵	۲۸	۱۰۹	۶۱۵۰	۱۱۳	۵۴/۴	۹۲۲۵	۲۵۴	۳۶/۲
۶	مرکز	دایره	۲۵۸۵	۲۸	۹۲	۵۱۷۰	۱۱۳	۴۵/۷	۷۷۵۵	۲۵۴	۳۰/۵
۷	مرکز	مربع	۱۷۰۰	۱۶	۱۰۶	۳۶۰۰	۶۴	۵۶/۱	۵۱۰۰	۱۴۴	۳۵/۴
۸	مرکز	مربع	۱۱۰۰	۹	۱۲۲	۲۲۰۰	۳۶	۶۱/۱	۳۳۰۰	۸۱	۴۰/۷
۹	حاشیه	مربع	۱۰۰۰	۹	۱۱۱	۲۰۰۰	۳۶	۵۵/۵	۳۰۰۰	۸۱	۳۷/۰
۱۰	حاشیه	مربع	۱۴۰۰	۱۶	۸۸	۲۸۰۰	۶۴	۴۴/۱	۴۲۰۰	۱۴۴	۲۹/۲
۱۱	مرکز	مستطیل	۹۰۰	۸	۱۱۳	۱۸۰۰	۳۲	۵۶/۳	۲۷۰۰	۷۲	۳۷/۵
۱۲	مرکز	مستطیل	۷۱۰	۸	۸۸	۱۴۲۰	۳۲	۴۴/۸	۲۱۳۰	۷۲	۲۹/۶
۱۳	مرکز	مستطیل	۲۲۵۰	۱۸	۱۲۵	۴۵۰۰	۷۲	۶۲/۵	۶۷۵۰	۱۶۲	۴۱/۶
۱۴	مرکز	مستطیل	۱۸۵۰	۱۸	۱۰۳	۳۶۰۰	۷۲	۵۱/۴	۵۵۵۰	۱۶۲	۳۴/۲
۱۵	حاشیه	مستطیل	۹۵۰	۸	۱۱۹	۱۹۰۰	۳۲	۵۹/۴	۲۸۵۰	۷۲	۳۹/۶
۱۶	حاشیه	مستطیل	۱۰۰۰	۸	۱۲۰	۱۶۰۰	۳۲	۵۰/۰	۲۴۰۰	۷۲	۳۳/۳
۱۷	حاشیه	مستطیل	۱۹۵۰	۱۸	۱۰۸	۳۹۰۰	۷۲	۵۴/۱	۵۸۵۰	۱۶۲	۳۶/۱
۱۸	حاشیه	مستطیل	۱۷۵۰	۱۸	۹۷	۳۵۰۰	۷۲	۴۸/۶	۵۲۵۰	۱۶۲	۳۲/۴

توصیح . (L4) طول لوله درجه 4 است.

بهینه سازی جانمایی خط لوله، دستیابی به یک محدوده مطلوب تحت‌پوشش آبگیر را با حداقل طول لوله در هکتار (L/A) تضمین می‌نماید. از جدول 5-1 چنین برمی‌آید که L/A با حداکثر فاصله از آبگیر و دورترین قسمت تحت‌پوشش آن آبگیر، نسبت معکوس دارد. این فواصل مستقیم به عنوان طول حداکثر انشعابات درجه 4 (حداکثر La) تعریف شده اند. اگر چه در عمل به دلیل عبور از مرز محدوده ها، انهار درجه 4 طولانی تر خواهند شد.

بنابراین همچنان‌که طول حداکثر انشعابات درجه 4 (حداکثر La) افزایش می‌یابد طول خط لوله در هکتار (L/A) کاهش خواهدیافت. معمولاً افزایش طول انشعابات درجه 4 یک اثر کاهشی بر تعداد آبگیرها و همچنین یک اثر افزایشی بر محدوده تحت‌پوشش هر آبگیر دارد. زیرا که برای ارتباط تعداد کمتری از آبگیرها، شبکه خط لوله کوتاه تری موردنیاز است. این مسئله‌ای است که برای محدوده مطلوب تحت‌پوشش آبگیر باید در نظر گرفته شود.

افزایش طول انشعابات درجه 4 همچنین موجب افزایش افت های مربوط به این انشعابات و در نتیجه موجب کم شدن راندمان کلی توزیع (Ed) می‌گردد. طراح نیاز به آن دارد که طول انشعاب درجه 4 را براساس راندمان توزیع مطلوب، مدیریت و بهره‌برداری موردنظر و نیز تلفات برآورد شده در واحد طول انشعابات درجه4 انتخاب نماید. این تلفات تحت تأثیر عوامل زیر می‌باشد:

الف) نوع سیستم درجه 4 (به‌طور نمونه انهار خاکی هستند و یا از لوله های سطحی و لوله‌های آبیاری لاستیکی نیز استفاده می‌شود؟).

ب) نوع خاک

پ) کیفیت اجرای سیستم درجه 4 (سیستم دائمی و یا سیستمی که هر سال ساخته می‌شود)

5-5-7-1. نوع سیستم توزیع درجه 4

انتخاب سیستم شبکه توزیع درجه 4 به گیاهان مورد استفاده در فضای‌سبز، اندازه قطعه فضای‌سبز و روش آبیاری بستگی دارد. در جایی که قطعات فضای‌سبز بزرگ و تسطیح زمین مناسب وجود دارد و امکان استفاده از فاروهای یکنواخت و کرت فراهم‌است، در مقایسه با قطعات فضای‌سبز ناهموار با پستی و بلندی های بسیار زیاد که به شبکه کانال‌های متراکم تری نیاز دارند، کانال‌های توزیع یا نیم لوله، کوتاه تر خواهند بود.

در جایی که از لوله‌های سطحی، لوله‌های دریچه دار و یا لوله‌های لاستیکی استفاده می‌شود، فاصله بین آبگیر و قطعه فضای‌سبز، بیشتر از مسئله راندمان توزیع، تحت تأثیر قیمت لوله و یا مصالح مربوطه، محدودمی‌شود. این هزینه در جایی که تعدادی از قطعات در استفاده از وسائل سطحی مشترک هستند کاهش می‌یابد.

کانال‌های خاکی به عنوان یک گزینه شبکه توزیع با حداقل راندمان معمولاً کمترین هزینه سرمایه گذاری را در پی دارند. از این کانال‌ها تنها برای طول های کوتاه باید استفاده شود. (معمولاً برای طول های کمتر از 100 متر) به جز در جاهایی که خاک ها کم نفوذپذیر هستند.

5-5-7-2. نوع خاک

کانال‌های خاکی که با مصالح با چسبندگی ضعیف و خاک‌های درشت دانه ساخته می‌شوند موجب راندمان پایین شبکه توزیع خواهند شد. در تجربیات انجام شده حتی در خاک های ریزدانه لومی اندازه‌گیری راندمان کانال‌های خاکی شبکه توزیع تلفاتی معادل 5 تا 8 لیتر در ثانیه در هر 100 متر را برای کانال‌های با دبی 40 تا 50 لیتر در ثانیه نشان می‌دهد. این مقدار معادل 5 تا 10 برابر میزان تلفات در سیستم لوله‌های بتنی غیرمسلح زیرزمینی می‌باشد. براساس تجربیات انجام شده حتی برای خاک‌هایی با نفوذپذیری کم، طول کانال‌های آبیاری فضای‌سبز نباید از 200 متر بیشتر شود ضروری است که اساساً کانالهای توزیع درجه 4 در خاک هایی که دارای حداقل میزان بافت درشت دانه باشند عبور داده شوند.

5-5-7-3.کیفیت اجرای سیستم درجه 4

میزان تراکم خاکریزهای یک کانال خاکی تأثیر فراوانی بر تلفات نشت آن کانال دارد. ابعاد متناسب و تراز مناسب در پیشگیری از جریان سرریز شونده اهمیت به سزایی دارند و برای جلوگیری از نشت، مراقبت از نقاط آبگیر ضروری است.

5-5-8. تراکم آبگیرها

عوامل مؤثر در محدوده تحت‌پوشش هر آبگیر شامل موارد زیر است:

الف) طول قابل قبول انشعاب درجه 4

ب) تعداد قطعات فضای‌سبز و میزان پراکندگی آن‌ها

پ) میزان قسمت های غیرقابل آبیاری در حواشی آبگیر

این موارد به شرح زیر مورد بحث قرار میگیرند.

5-5-8-1. طول انشعاب درجه 4

همان‌طور که با افزایش طول حداکثر انشعابات درجه 4، محدوده تحت‌پوشش هر آبگیر افزایش می‌یابد، محدوده واقعی تحت‌پوشش به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. برای طول حداکثر انشعاب درجه 4 (La) در حدود 200 متر، محدوده تحت‌پوشش آبگیر عموماً به وسعت 2 تا 4 هکتار محدود می‌شود. محدوده تحت‌پوشش تنها در شرایطی که (La) به حدود 100 متر می‌رسد به کمتر از 2 هکتار کاهش می یابد. محدوده تحت‌پوشش سیستم‌هایی که با لوله‌هایی پی وی سی سخت و یا پلی‌اتیلن ساخته شده‌اند، در مقایسه با سیستم‌های لوله‌ای غیرمسلح وسیع‌ترند و این امر بر طول انشعابات درجه 4 تأثیر می‌گذارد که اغلب بیش از 250 متر می‌باشند.

5-5-8-2. تعداد قطعات فضای‌سبز

اگر به لحاظ پراکندگی قابل توجه قطعات فضای‌سبز، تعداد قطعات در مجاورت یک آبگیر زیاد باشد، با منظورنمودن یک آبگیر اضافی بهره‌برداری ساده‌تر خواهد شد. این کار همچنین به کاهش توسعه و پیچیدگی شبکه کانال‌های فضای‌سبز کمک می‌کند.

در محدوده‌های تحت‌پوششی که فضای‌سبز پراکنده دارند شبکه کانال‌های قطعات اغلب مسیرهای پیچ‌درپیچ و باریک با خم‌های تند به خود می‌گیرند.

به‌کارگیری این سیستم برای قطعات فضای‌سبز بزرگ و یکپارچه به لحاظ اجرایی، روشی است برای اقتصادی بودن سیستم لوله‌ای توزیع آب از طریق کاهش شبکه کانال‌های خاکی که به‌طور قابل ملاحظه ای در بهره‌برداری سیستم تسهیل ایجاد می‌کند و بالعکس وجود قطعات فضای‌سبز تحت بهره‌برداری بسیار پراکنده اغلب استفاده از آبگیرهای با سطح تحت‌پوشش کوچک‌تر را توجیه می‌نماید اگرچه به‌لحاظ فنی ممکن است قابل توجیه نباشد.

5-5-8-3. توزیع قطعات فضای‌سبز قابل آبیاری در محدوده تحت‌پوشش

به منظور دستیابی به طول منطقی برای انشعابات درجه 4 در جایی که قطعات قابل آبیاری به‌صورت پراکنده باشند سیمای شبکه در مقایسه با محدوده‌های بزرگ فضای‌سبز به تعداد آبگیرهای بیشتر با محدوده‌های تحت‌پوشش کوچک‌تر نیاز دارد.

5-5-9. مسیر خط لوله

تجزیه و تحلیل جانمایی های مطلوب سیستم توزیع با لوله نشان داده که طول لوله در هر هکتار بیش از هرچیز تحت تأثیر طول انشعابات درجه 4 و محدوده تحت‌پوشش آبگیرها می‌باشد و تفاوت در شکل محدوده آبیاری تنها تغییر کوچکی در این زمینه ایجاد می‌نماید.

5-5-9-1. یافته‌های کلی

در جایی که از یک سیستم جانمایی حلقوی و یا شاخه‌ای استفاده می‌شود، طول لوله غالباً براساس حداکثر فاصله قابل قبول از هر آبگیر نسبت به دورترین قطعه فضای‌سبز تحت‌پوشش آن آبگیر تعیین می‌شود (L4). چه برای سیستم جانمایی حلقوی و چه برای سیستم جانمایی شاخه‌ای، هرقدر که طول حداکثر انشعابات درجه 4 افزایش یابد میزان طول لوله در هر هکتار کاهش خواهد یافت. این مسئله اغلب موجب کاهش تعداد آبگیرها و

در نتیجه افزایش سطح تحت‌پوشش آبیاری هر آبگیر می‌شود. زیرا کـه بـرای ارتبـاط تعـداد محدودتر آبگیرها، شبکه لوله‌ای کوتاه تری مورد نیاز است.

عوامل مهم در تعیین جانمایی خط لوله شامل موارد زیر است:

5-5-9-2. موقعیت آبگیر ورودی یا منبع آب در ارتباط با محدوده تحت‌پوشش

این امر به این ویژگی بستگی دارد که آیا منبع آب در حاشیه قرار می‌گیرد و یـا در نزدیـک مرکز محدوده تحت‌پوشش؟

برای محدوده‌های دایره‌ای و یا نامنظم با همان طول مجـاری درجـه 4، موقعیـت منبـع آب در حاشیه زمین سبب می‌شود که طول لوله در مقایسه با شرایطی که منبع آب به مرکز زمین نزدیکتر باشد حدود 20 درصد افزایش یابد. بـرای فضـاهای سـبز حاشـیه‌ای بـا طـول بزرگ تغییر در طول لوله به ویژگـی و مشخصـات آنهـا بسـتگی دارد. سـایر عـواملی کـه در انتخاب موقعیت منبع آب در ارتباط با محدوده تحت‌پوشش مؤثر خواهندبود عبارتند از :

- فاصله از منبع تأمین انرژی برای الکتروموتورهای پمپ ها
- فاصله از محل استقرار مدیریت بهره‌بردار به منظور سهولت نظارت
- موقعیت قسمت های مرتفع برای سهولت آبرسانی ثقلی و یا کاربرد مخزن با ارتفاع کم

5-5-9-3. نسبت سطح سبز به سطح سخت

مساحت زیاد سطوح سخت (مناطقی که آبیاری نمی شوند امّا جزء فضای‌سبز هستند منجر به وسیعترشدن قسمت های ناخالص تحت‌پوشش آبیاری خواهد شد کـه بـه شـبکه لولـه‌ای گسترده تر برای دستیابی به طراحی فضای‌سبز خالص تحت آبیاری نیاز می‌باشد. در چنـین حالتی به ویژه اگر فضاهای سبز قابل آبیاری قطعه‌قطعه باشند ممکن اسـت سـرمایه گـذاری سیستم درجه 3 در همه محدوده به‌لحاظ اقتصادی منطقی‌نباشد.

یکی از گزینه‌های جایگزین در چنین شرایطی ممکن است ایجاد سیستمهای کوچکتر در بخشهای جدا از هم در محدوده طرح به وسیله استفاده از منابع آبی مجزا خواهد بود.

5-5-9-4. دبی سیستم و حداکثر مساحت تحت‌پوشش

با افزایش اندازه محدوده، همان‌طور که فاصله متوسط آبگیرها از منبع آب زیاد می‌شود، طول لوله مورد نیاز برای هر هکتار فضای‌سبز تحت‌پوشش آبیاری هم افزایش می یابد.

5-6. روش تنظیم پمپ و بهره‌برداری سیستم

انتخاب نهایی در مورد روش تنظیم پمپ و بهره‌برداری سیستم باید براساس اولویتهای موردنظر سیستم بهره‌بردار، سطح مهارت کارگران و فرصتهای پدید آمده براساس یک سطح کنترل خودکار صورت گیرد.

این حالت‌ها به سیستم‌های دستی و خودکار تفکیک می‌شوند. روش‌های ممکن برای تنظیم پمپ بر روی سیستم‌های لوله‌ای به شرح زیر خلاصه می‌گردد.

5-6-1. تنظیم دستی پمپ

دو روش برای تنظیم دستی پمپها، شامل بهره‌برداری ساده با روش هماهنگی بهره‌برداری (روش ساده) و یا استفاده از یک مخزن متعادل کننده یا مشخص دهنده فشار (مشاهده سطح آب) بوده و به شرح زیر است.

5-6-1-1. روش ساده

اپراتور (مسئول پمپها) در زمانی که آبگیر به آب نیاز دارد و باز است استارت می‌کند و سپس با تعدیل سرعت موتور و یا بازشدگی دریچه آبگیر جریان را تنظیم می‌کند به ترتیبی که به تعادل برسد. سرریزی آب از سازه‌کنترل، نظیر تانک یا برج فشار یا دریچه‌هوا، ضرورت کاهش دبی ورودی از پمپ و یا افزایش دبی آبگیر را نشان می‌دهد. در سیستم هیچ امکان ذخیره‌ای برای کمک به شرایط تغییرات در میزان آب موردنیاز در برابر تأمین آب وجود ندارد. یک چنین سیستمی برای حالتی که فشار بهره‌برداری در برابر فشار کار توصیه‌شده لوله، افزایش می یابد باید به یک مکانیزم فشار شکن مجهز باشد. مثلاً وقتی که همه دریچه‌های آبگیری (خروجی‌ها) بسته‌اند ولی پمپ استارت می‌شود این تجهیزات می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- پیش بینی لوله ارتفاع دهنده بار هیدرولیکی درحد فاصل پمپ و شبکه که در شرایط افزایش فشار در خطوط شبکه می‌تواند سرریز نماید.
- پیش بینی یک شیر فشار شکن که برای فشار معینی از خط عمل می‌کند. این مورد مستقیماً به سیستم خط لوله نصب‌می‌شود.
- پیش بینی یک سنسور فشار در داخل خط که می‌تواند تحت یک فشار از پیش تعیین شده پمپ را خاموش کند.

بنابر شرایط مذکور روش ساده به‌طور معمول در جایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که پمپ مستقیماً به شبکه لوله وصل شده است و به‌طور معمول یک کارگر همه دبی پمپ را مورد استفاده قرار می‌دهد. گزینش بهینه پمپ در انطباق تنگاتنگ با نیازهای سیستم، به آسان شدن کار تنظیم پمپ کمک می‌کند. پمپهای مناسب، آنهایی هستند که دارای یک منحنی مشخصه نسبتاً ملایم بوده که بدون ایجاد فشار اضافی در خط تغییرات، دبی خروجی موردنظر را تأمین می‌کنند.

5-6-1-2. مشاهده ارتفاع سطح آب

در این حالت سیستم توزیع از یک برج فشار و یا لوله ارتفاع دهنده بار هیدرولیکی درحد فاصل لوله خروجی پمپ و خط لوله سیستم توزیع استفاده می‌کند که می‌تواند مقداری ذخیره ضربه گیر پدید آورد و به پمپ اجازه دهد که درحدفاصل دامنه‌های فشار و یا سطح آب های مورد انتظار تنظیم شود.

در برج فشار و یا لوله ارتفاع دهنده بار هیدرولیکی جهت کمک به مسئول پمپ در تنظیم سطح آب، یک شناور و یا یک لوله نشانه به‌کار برده می‌شود. در برخی شرایط از یک مخزن بزرگتر استفاده می‌شود و مسئول بهره‌برداری، پمپ را با اطمینان از این که مخزن پر می‌باشد کنترل می‌کند. در نتیجه برای یک دوره طولانی‌تر آبیاری آماده می‌شود. اگر مخزن از پمپ فاصله داشته‌باشد معمولاً سیستم به شیر شناور و یک نشان‌دهنده تراز سطح آب که بتواند از ایستگاه پمپاژ قابل رویت باشد تجهیز می‌شود.

5-6-2. تنظیم پمپ به روش خودکار

تنظیم پمپ به روش خودکار تنها یک انتخاب برای پمپهای مجهز به الکتروموتور است و باید شامل تجهیزات سنسور فشاری یا الکتریکی برای حفاظت پمپ و خط لوله باشد. سه طریق تنظیم پمپ به روش خودکار در دامه تشریح شده است.

5-6-2-1. تنظیم با استفاده از یک مخزن هوایی روباز

این انتخاب یکی از روش‌های رایج مورد استفاده در سیستم توزیع خطوط لوله آبیاری زیرزمینی است. دو روش کنترل که به‌طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از :

1. تنظیم با سنسور فشار
2. تنظیم با تراز سطح آب

اگرچه در اغلب موارد مخزن در نزدیکی پمپ مستقر می‌گردد، ولی در عین حال می‌تواند در مکان‌های دیگر شبکه و در هر جایی که مکان آن مناسب باشد قرارگیرد.

5-6-2-1-1. تنظیم با سنسور فشار

در این سیستم یک مخزن متعادل کننده عمودی، یک سنسور فشار که برروی لوله خروجی پمپ نصب شده باشد، یک کنترل کننده فشارکه پمپ را در یک فشار معین خاموش می‌کند، یک کلید تأخیر زمانی که پس از یک مدت مشخص پمپ را مجدداً روشن می‌کند و یک شیر شناور در لوله ورودی به مخزن، وجود دارد که با بالا آمدن سطح آب باعث بسته شدن جریان ورودی شده و موجب می‌گردد که کلید فشاری، پمپ را خاموش کند. با این وسیله ها چنانچه فشار خط کمتر از مقدار فشار کلید فشاری باشد، پمپ مجدداً روش می‌شود.

عمل نکردن و خرابی شیر شاور در زمانی که باید به‌طور کامل بسته باشد می‌تواند مشکل‌زا باشد. برای اجتناب از دور بالای موتور و فرسایش اجزا وابسته به آن ضروری است که در مقایسه با مقدار جریان خروجی از پمپ، مخزن به اندازه کافی بزرگ باشد (تا بتواند حجم جریان چهار تا پنج دقیقه را در خود نگهدارد). این نوع کنترل به‌طور نسبی ارزان و ساده است ولی فقط برای پمپهای منفرد نصب شده برای شبکه کوچک آبیاری با دبی کمتر از ده لیتر در ثانیه مناسب است.

5-6-2-1-2. روش تراز سطح آب

در این حالت از یک مخزن هوایی با یک کلید شناور یا یک میله الکتریکی که به وسیله سیم رابطه و یا امواج‌رادیویی به ایستگاه پمپاژ متصل است استفاده می‌شود.

فرکانس‌هایی که توسط آن پمپ روشن و خاموش می‌شود، به حجم مخزن و تغییرات مصرف بستگی دارد. نوسانات زیاد روشن و خاموش شدن پمپ‌ها برای تجهیزات هیدرولیکی و الکتریکی زیان بار است. دقت در تعیین ابعاد مخزن موجب گریز از بسیاری از مسائل می‌گردد. همچنین یک کلید تأخیر زمانی نیز می‌تواند به‌عنوان یک کنترل کننده نهایی بهره‌برداری از پمپ در سیستم قرارگیرد.

این سیستم به‌واقع فقط در مکان‌هایی که تانک تنظیم کننده در مجاورت پمپ و منبع آب قرار دارد و می‌توان از کابلهای رابط الکتریکی استفاده نمود، توجیه پذیر است. سیستم‌های کنترل با امواج رادیویی نیز عملی است ولی بسیار گران هستند.

از آنجایی که مخزن باید مرتفع باشد، در مکان‌هایی که زمین‌های بلند در نزدیکی محل پمپ قرار نداشته باشد این روش به‌صورت یک انتخاب گران‌قیمت مطرح می‌شود و به‌طور مسلم این انتخاب برای محدوده‌های آبیاری کوچک بسیار گران و غیر اقتصادی است.

5-6-2-2. استفاده از دریچه فشار هوا (روش مخزن هوای فشرده)

این روش برای سیستم‌های لوله‌ای کوچک که تحت فشارهای متوسط و زیاد کار می‌کنند عملی می‌باشد. در این حالت دریچه فشار جایگزین مخزن هوایی می‌شود. پمپ برای روشن و خاموش شدن تحت فشارهای مشخصی که با کلید فشار سنج نشان داده‌می‌شود تنظیم شده است. از آنجا که هزینه دریچه فشار، رقم معنی دار و معمولاً بالایی است، اندازه این دریچه باید هرقدر که ممکن است کوچک اختیار شود.

برای سیستم‌های لوله‌ای کم فشار آبیاری، این تنظیم خودکار عملی نیست زیرا که کنترل دبی جریان به میزان ذخیره ای که در نتیجه فشار بهره‌برداری در دامنه مناسب در دریچه فشار هوا پدید می‌آید، بستگی دارد. به‌لحاظ سادگی و هزینه سرمایه گذاری کم وقتی که دبی پمپاژ کم است، این روش مناسب است ولی برای سیستم‌های توزیع با تغییرات زیاد دبی مناسب نیست زیرا که سیستم نیاز دارد که دریچه فشار در شرایطی با فشار بیش از دامنه فشار عادی سیستم عمل کند، این امر ممکن است استفاده از لوله ها و اتصالات با تحمل فشار بیشتررا ضروری نماید، که موجب افزایش هزینه سرمایه گذاری می‌گردد.

5-6-2-3. استفاده از دبی سنج مرتبط با یک دریچه فشار هوا

در این روش تجهیزات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- یک دبی سنج الکتریکی که برروی لوله اصلی نصب می‌گردد.
- یک پمپ کوچک، که با یک دریچه فشار کوچک تنظیم می‌شود و یک جریان با دبی کم را برای جبران تلفات در سیستم تأمین می‌کند.
- تعدادی پمپ با منحنی مشخصه ملایم (ارتفاع پمپاژ- دبی) که قادر به تأمین نیازها در دامنه وسیعی از جریان باشد.

پمپ ها براساس میزان تقاضا که توسط دبی‌سنج اندازه‌گیری می‌شود روشن و خاموش می‌شوند. مخزن متعادل کننده که باید در ارتفاع قرارگیرد در اینجا مورد نیاز نیست و این یک امتیاز است. اگر پمپ به‌دقت انتخاب شده باشد فشار پمپ از فشار مورد نیاز برای تنظیم با استفاده از دریچه فشار هوا کمتر است. به‌هر حال دبی‌سنج های با دقت بسیار زیاد برای این شرایط، بسیار گران هستند. به‌طور معمول یک سیستم پمپاژ ترکیبی، روش کنترل دستی توسط اپراتور را به‌عنوان یک گزینه ایمنی در اختیار دارد.

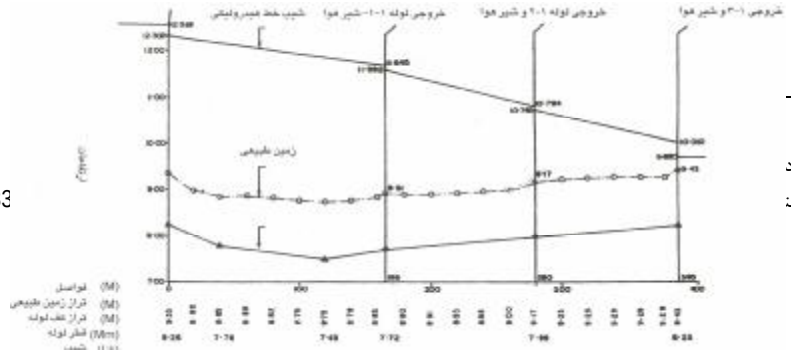
5-7. طراحی هیدرولیکی[10]

در سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه باز و نیمه بسته، هر قسمت از خطوط لوله که بین لوله‌های ایستاده با شیرشناور و یا سرریز، قرارمی‌گیرد باید به‌صورت مستقل طراحی گردد. اما به هر حال در مواردی که شیب زمین و فشار بهره‌برداری (فشار کار) مشابه باشند، طراحی لوله برای قسمت های مختلف یکسان است. سیستم‌های لوله ای بسته، به‌صورت یکپارچه درنظر گرفته می‌شوند، اگرچه انشعابات و حلقه های مختلف که از یک منبع آبگیری می نمایند به‌صورت مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرارمی‌گیرند.

برای طراحی لوله و محاسبه شیب هیدرولیکی، نکات زیر باید برای تمام سیستم‌ها مدنظر قرارگیرد.

- تراز خط شیب هیدرولیکی نباید در هیچ نقطه‌ای از مسیر، در حالت عبور جریان به کمتر از رقوم بالای لوله تنزل‌یابد.
- طراحی باید براساس فراهم آوردن امکان بهره‌بردای از آبگیر بحرانی صورت گیرد که معمولاً دورترین و یا مرتفع ترین آبگیر نسبت به منبع آب می‌باشد.
- طراحی برای سیستم‌های شاخه‌ای باید از انتهای پایین دست هریک از شاخه ها شروع گردد و برای بخشهایی که در بالادست لوله های ایستاده قرار دارند، طراحی باید براساس بالاترین گرادیان مورد نیاز صورت پذیرد.

لازم به توضیح است که شیب هیدرولیکی، یک خط مجازی است که نمایانگر ارتفاع صعود آب در نقاط مختلف خط لوله در یک ستون آزاد (باز) می‌باشد. این خط از نقطه



11. ر.ک :
-آذری، ارد
-اکرم، مجت
1383

ارتفاع معادل سطح آب یا فشار آب در شروع هر یک از شبکه های مجزا آغاز می‌گردد و شیب آن متناسب با سرعت جریان در طول خط لوله تغییر می‌نماید. یک خط شیب هیدرولیکی نمونه در شکل 5-1 توضیح داده شده است.

شکل 5-1- پروفیل طولی لوله و شیب خط هیدرولیکی

5-8. سرعت های طراحی

5-8-1. حداکثر سرعت

انتخاب سرعت نتیجه مقایسه بین سرعت زیاد (جهت کاهش قطر و در نتیجه کاهش قیمت لوله) و هزینه اعمال شده برای حفاظت در مقابل پدیده ضربه قوچ که در سرعتهای بالاتر جریان اثر گذارتر خواهد بود، می‌باشد. حداکثر سرعت جریان توصیه‌شده برای لوله‌های کم فشار در محدوده 1/3 الی 1/5 متر برثانیه می‌باشد. این سرعت برای لوله‌های بتونی غیرمسلح با اتصالات ملات سیمان، لوله های آزبست سیمانی با فشار پایین و لوله های پی وی سی سخت با جدار نازک کاربرد دارد.

برای اغلب سیستم‌های بسته با استفاده از لوله‌های کم فشار (با حداکثر فشار کار بهره‌برداری کمتراز10متر) و لوله های ایستاده روباز به‌عنوان سازه، کنترل جریان به معنی این است که سرعت در لوله ها به‌ندرت از حداکثر سرعت توصیه شده (1/5 متر برثانیه) تجاوز می‌نماید. برای سیستم لوله های زیرزمینی در برخی تجربیات انجام شده در مقوله کشاورزی ارتفاع رانش در حدود 3 تا 5 متر بوده و سرعت واقعی جریان بین 0/6 تا1متربرثانیه می‌باشد. سرعت جریان بیش از حد مذکور منتج به فشار بالاتر به دلیل وقوع

پدیده ضربه قوچ شده که بالطبع نیاز به رایزرهای موج گیر پرهزینه‌تر و بیشتر را الزامی خواهد نمود.

در مواردی که جنس مصالح لوله های مورد استفاده تحمل فشارهای کاربرد بالاتری را داشته باشد (بیش از 20 متر) وجود سرعت بیشتر جریان در سیستم امکان پذیر است. برای لوله های پی وی سی سخت و پلی‌اتیلن با جدارصاف و لوله های بتنی مسلح با اتصالات حلقه‌ای لاستیکی سرعت حداکثر جریان تا حد 3 متر در ثانیه نیز امکان پذیر است. این گونه سیستم‌های لوله ای جزء سیستم‌های کم فشار محسوب نگردیده و لذا دقت زیادی باید به پدیده ضربه قوچ و تخلیه هوا مبذول گردد.

در سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته جایی که شیب لوله، برای جبران تلفات ناشی از اصطکاک در لوله، بیش از حد موردنیاز باشد، انتخاب قطر لوله به گونه‌ای که از سرعت توصیه شده در لوله (1/5 متر در ثانیه) تجاوز ننماید حائز اهمیت می‌باشد. فشار مازاد بر افت هیدرولیکی لوله ها در شرایط جریان لحاظ شده در طراحی را باید به‌وسیله شیرهای شناور با سرریز و یا لوله ایستاده با شیر شناور مستهلک نمود.

5-8-2. حداقل سرعت

سرعت حداقل توصیه شده برای اطمینان به شستشوی رسوب و مواد زائد وارد شده به سیستم لوله در طول زمان بهره‌برداری می‌باشد. سرعت جریان تحت شرایط خاص بهره‌برداری ممکن است از مقادیر ذکر شده در این مبحث کاهش یابد لیکن زمانی که رژیم جریان به‌حالت عادی درآید، لوله ها باید به اندازه کافی از مواد ته‌نشین شده شستشو شوند.

سرعت شستشو در لوله ها برای مواد غیر چسبنده در حد 0/3 متر بر ثانیه برای خاک‌های سیلتی و 0/5 متر در ثانیه برای ماسه ریز درنظر گرفته خواهد شد. این مواد به‌عنوان مشکل زاترین موادی که وارد خط لوله ها می‌شوند، مدنظر قرار می‌گیرند.

حداقل سرعت مجاز برای شبکه لوله های تحت فشار تا حدی به قطر لوله بستگی دارد. سرعت 0/5 متر در ثانیه برای لوله‌هایی به قطر 350 میلیمتر یا بیشتر قابل قبول بوده، لیکن سرعتهای پایین تر برای لوله های کوچک‌تر همچنان‌که در جدول 5-2 نیز آمده مجاز دانسته شده است. به‌هر حال در هر جایی‌که، میزان رسوب قابل توجهی مورد انتظار بوده دستگاه ماسه گیر باید نصب‌گردد. در غیر این صورت شدت جریان طراحی شده نباید در هیچ حالتی کمتر از 0/5 متر در ثانیه باشد.

جدول 5-2- حداقل سرعت مجاز در لوله ها

قطر (میلیمتر)	حداقل سرعت (m/s)
350	0/5
300	0/4
250	0/4
200	0/35
150	0/25
125	0/25
100	0/2

5-9. شیب لوله

استفاده از لوله‌های کم فشار در فضاهای سبز با شیب‌های تند، اولاً به‌خاطر محدودیت فشار کار سیستم ناشی از جنس مواد لوله‌های کم فشار و ثانیاً هزینه زیاد ناشی از افزایش تعداد سازه‌های کنترل فشار آب عملی نمی‌باشند. سیستم‌های کم فشار در قطعات با شیب‌های صفر تا 10 درصد قابل اجرا بوده و در قطعات فضای‌سبز با شیب‌های بیشتر، از سیستم لوله‌های پرفشار استفاده می‌گردد.

در صورتی که تمهیدات لازم برای نیروهای محوری جابه‌جا کننده مدنظر قرارگیرد، بخشی از مسیر لوله می‌تواند در شیب‌های نسبتاً تند قرارگیرد. در این حالت سازه تخلیه هوا و و کنترل فشار اضافی نیز ممکن است مورد نیاز باشند. سیستم‌های لوله‌ای باز و نیمه بسته

معمولاً در شیب‌های مثبت (به‌طرف بالا) با در نظر گرفتن تمهیدات کافی برای حرکت هوا استقرار می‌یابند.

در سیستم‌های لوله‌ای بسته که برروی زمین‌های هموار قرار می‌گیرند، مشکلاتی برای حرکت حباب‌های هوا پدید می‌آید. شیب‌های معکوس برای خطوط لوله قابل قبول بوده، هرچند از به‌کار بردن مکرر شیب‌های معکوس باید پرهیز نمود، زیرا سبب تجمع هوا در نقاط مرتفع گردیده و نیاز به تخلیه هوا ضروری خواهد بود.

باید حتی‌الامکان از کارگذاری لوله‌ها به‌صورت برعکس و به حالت تقریباً صاف پرهیز شود زیرا سبب افزایش مشکلات مربوط به ایجاد ضربه موج ناشی از حبس هوا می‌شود. در جایی که نتوان از بروز این مسئله جلوگیری نمود، تعداد بیشتر شیر تخلیه هوا یا شیرهای روزنه‌ای هوا مورد نیاز می‌باشد.

شیب حداقل 1 در 300 برای کارگذاری لوله‌ها در شیب‌های روبه پایین و 1 در 500 برای شیب‌های رو به بالا، جهت ایمنی جریان هوا به‌طور رضایت بخش از شیرهای تخلیه هوا، پیشنهاد شده است. به‌هرحال در شرایط قرارگرفتن لوله‌ها برروی زمین‌های مسطح این امر یک فرض غیر عملی می‌باشد.

5-10. طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته

قبل از طراحی خط لوله در سیستم‌های باز و نیمه بسته، تعیین ارتفاع و فواصل لوله ایستاده سرریزدار از یکدیگر در سیستم‌های باز و ارتفاع و فواصل لوله ایستاده با شیر شناور در سیستم‌های نیمه بسته ضروری می‌باشد. اندازه لوله و در نتیجه تلفات افت اصطکاکی باید برای هریک از بخشهای خط لوله که بین محل استقرار لوله‌های ایستاده قرارمی‌گیرد تعیین شود. اگرچه هم لوله‌های ایستاده با سرریز و هم لوله‌های ایستاده با شیرهای شناور برای مستهلک کردن انرژی هیدرولیکی مازاد بر فشار کار لوله‌ها طراحی گردیده‌اند.

افت اصطکاکی برای قسمت‌هایی از خط لوله که در بالادست سازه‌های فوق قرار می‌گیرد از شیب خط زمین در این مسیر کمتر خواهد بود.

5-10-1. تعیین فواصل و اندازه لوله‌ها برای سیستم‌های باز و نیمه بسته

این موضوع در دو گام به شرح زیر خلاصه می‌شود:

گام اول- فاصله بین لوله‌های ایستاده

فاصله بین لوله‌های ایستاده از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

رابطه 5-5 $M=E+D+SgL$

که :

M = حداکثر فشار کار مطمئن برای لوله

E = حداقل ارتفاع انرژی مورد نیاز در محل لوله ایستاده

Sg = شیب زمین

L = فاصله لوله‌های ایستاده از همدیگر

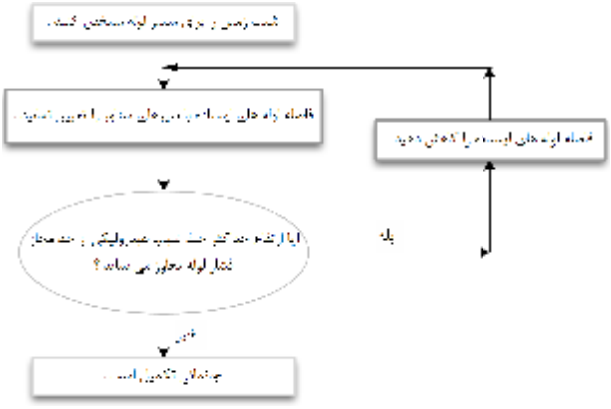
D = میزان افت سطح آب در محل لوله‌های ایستاده

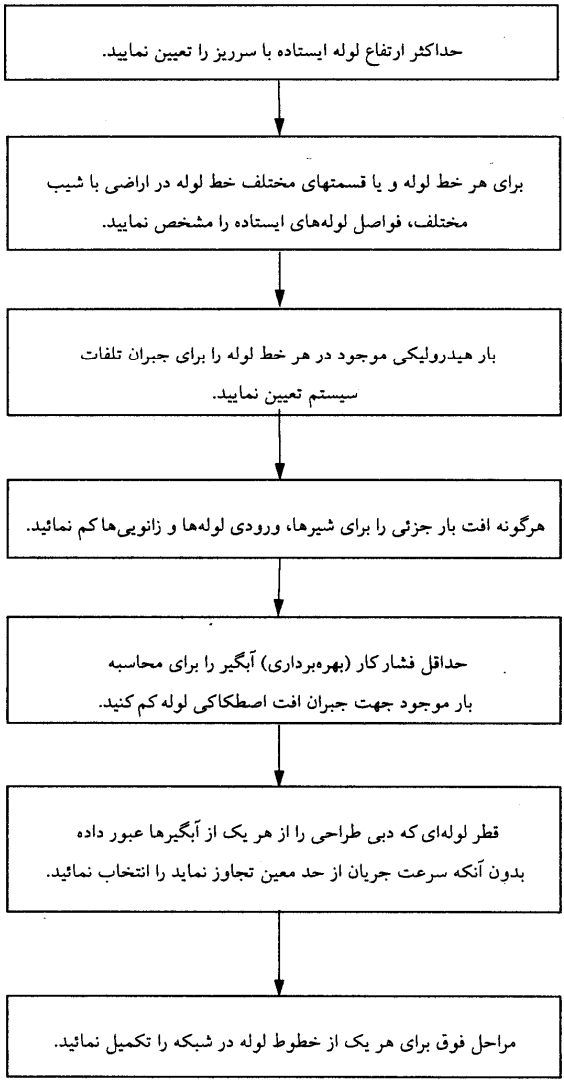
گام دوم – انتخاب قطر لوله‌ها

در صورتی که فواصل لوله‌های ایستاده مشخص باشد، قطر لوله باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که سرعت جریان کمتراز 1/5 متر در ثانیه باشد، آنگاه فشاری که باید در محل شیر شناور مستهلک گردد، محاسبه می‌شود.

چکیده مراحل طراحی هیدرولیکی برای سیستم‌های باز در نمودار 5-3 و برای سیستمهای نیمه بسته در نمودار 5-4 ارایه شده است.

نمودار 5-3- طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله باز





نمودار 5-4- شیب هیدرولیکی سیستم‌های لوله نیمه بسته[11]

به این منظور اقدامات زیر انجام می‌شود :

1. لوله ها با توجه به حداکثر سرعت جریان انتخاب شوند.

---

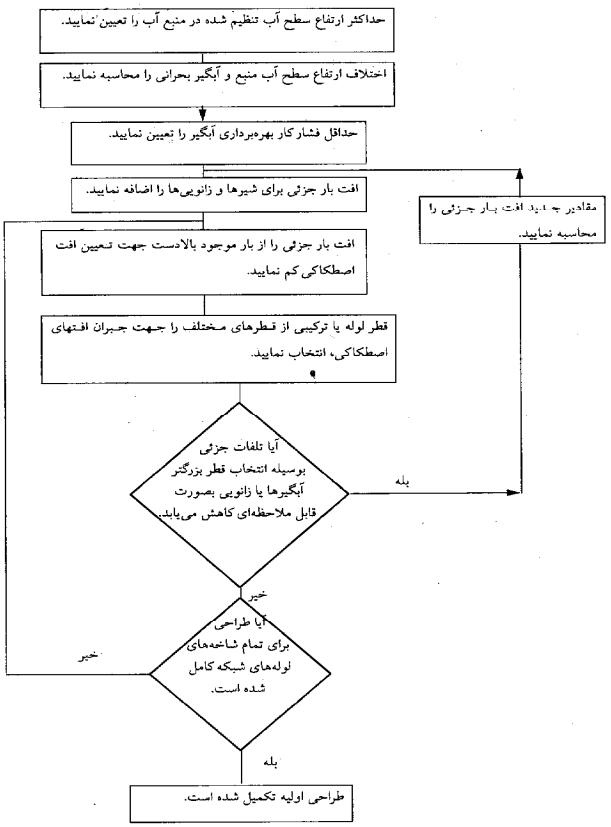
۱۰. مراحل طراحی برای بخشی از سیستم که در بالادست شیر شناور قرار دارد

2. بار فشاری که باید در شیر شناور برای شدت جریان طراحی مستهلک گردد، محاسبه شود.
3. اندازه و نوع شیر شناور به گونه ای انتخاب شود که افت اصطکاک طراحی مربوطه کمتر از میزان استهلاک بار (فشار) مورد نظر باشد.
4. شدت جریان در شیر های کاملاً باز محاسبه گردد.
5. موقعیت استقرار شناور برای جریان طراحی تعیین شود.
6. میزان غوطه وری مورد نیاز برای شناور در حالت بسته شدن شیرها محاسبه شود.
7. حداکثر سطح آب را در لوله ایستاده با شیر شناور محاسبه گردد.
8. ارتفاع لوله ایستاده و حداکثر فشار در بالادست تعیین گردد.

5-11. طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله بسته

طراحی هیدرولیکی سیستم‌های لوله‌ای بسته متکی بر شناخت مسیر بحرانی برای هریک از شبکه لوله‌ها به‌طور جداگانه می‌باشد. معنی این کار تجزیه و تحلیل تلفات بار (فشار) برای تأمین دبی طراحی تعدادی آبگیر می‌باشد (برروی شبکه لوله‌ها یا در نزدیکی پیرامون آن). تلفات جزئی(موضعی) و حداقل فشار کار لازم در آبگیرهای بحرانی از بار فشار در بالادست جهت تعیین میزان بار موجود برای افت اصطکاکی در لوله کسر می‌گردد. پس ازاین، طراحی بقیه قسمت‌های شبکه نیزکامل می‌گردد.

نمودار5-5 خلاصه‌ای از مراحل طراحی هیدرولیکی را برای سیستم لوله‌های بسته ارایه می‌دهد.



نمودار 5-5- طراحی هیدرولیکی سیستم لوله های بسته

5-12. فشار قابل دسترس در ابتدای سیستم

ارتفاع رانش قابل دسترس به وسیله حداکثر ارتفاع سطح آب تنظیم شده در منبع آب، تعیین می‌گردد. برای سیستم‌های پمپاژ این امر با به‌حداکثر رساندن ارتفاع مخزن کنترل یا برج فشار، شدت فشار قابل تحمل توسط لوله‌ها یا با منحنی مشخصه دبی- فشار پمپ صورت می‌پذیرد. حد ارتفاع برج فشار یا لوله رایزر اغلب از طریق موازنه بین افزایش هزینه

سازه‌ها با پارامتر ارتفاع و کاهش میزان دبی و یا افزایش هزینه‌های پمپاژ با ارتفاع برای به‌دست آوردن بهترین حالت، به‌دست می‌آید.

فشار قابل دسترس در سیستم‌های ثقلی تأمین آب، با رقوم سطح آب تأمین شده براساس حداقل سطح آب در منبع تأمین آب(به‌عنوان مثال کانال درجه 2) ارتباط دارد. در بعضی از حالات امکان افزایش حداقل سطح آب وجود دارد که به‌عنوان مثال با نصب یک سازه تنظیم سطح آب برروی کانال و یا افزایش سطح آب در مخزن امکان پذیر می‌باشد.

در عمل، حداکثر ارتفاع برای سازه منبع آب، تاجایی که حداکثر بار (فشار) هیدرولیکی حاصله کمتر از فشار کار لوله باشد، بستگی به مصالح و روش ساخت آنها دارد. پدیده‌های ضربه قوچ یا وقوع امواج که در فشارهای بالاتر پدید می‌آید سبب سرریزشدن آب از سازه‌ها می‌شوند.

برای محاسبه حداکثر مطلق ارتفاع (بار) برای لوله ایستاده پمپ یا مخزن ابتدایی، تجزیه و تحلیل سازه‌ای و طراحی تفصیلی مورد نیاز است، لیکن برای بعضی از انواع سازه‌ها که به‌صورت گسترده ساخته می‌شوند محدوده ارتفاع قابل اجرا در جدول 5-3 داده‌شده است. ارتفاع ارایه شده بالای سطح زمین می‌باشد، در جایی که زمین در نزدیکی منبع آب مرتفع باشد، بار فشاری بیشتری قابل دسترس می‌باشد.

جدول 5-3- محدوده ارتفاع سازه های تنظیم فشار ابتدای شبکه

نوع مخزن	ارتفاع نسبت به سطح زمین (متر)
مخازن هوائی آب با ستون نگهدارنده	5-6
قطعات لوله بتنی غیر مسلح	3-4
برج فشار آجری تقویت شده	4-5
لوله رایزر فولادی	8-10

محدودیت سیستم‌های پمپاژ اغلب به‌صورت افزایش هزینه‌های پمپاژ ظاهر می‌شود و لذا ارتفاع برج آب به‌گونه‌ای تنظیم می‌گرددکه فشار کار مورد نیاز در مجرای خروجی آبگیر بحرانی را با در نظر گرفتن افت اصطکاکی(2 تا 3 متر) در طول لوله تأمین نماید.

هزینه سرمایه‌ای مربوط به سازه‌ها با ارتفاع، افزایش یافته و برای سازه‌های با ارتفاع تا حدود 3 متر بالاتر از سطح زمین افزایش هزینه به‌صورت خطی می‌باشد. در حالت‌های بیش از 3 متر، نیاز به پی ودیوارهای سنگین‌تر و عمیق تر نگهدارنده وزن سازه و ستون آب، موجب افزایش هزینه‌های ساختمانی می‌شود.

سطح آب طراحی در آبگیرها

فشار هیدرولیکی کافی برای هریک از آبگیرها جهت آبیاری دورترین نقطه هر یک از نواحی تحت‌پوشش(با هر روش توزیع آب سیستم درجه 4) باید موجود باشد. سطح آب طراحی در بیشتر حالات، بر اساس آبگیرهایی که از محل چاه بیشترین فاصله را دارند تعیین می‌شود، ضمناً در آبگیرهایی که در اواسط شبکه قرار دارند فشار کافی باید موجود باشد. محل آبگیرها باید تا جایی که امکان‌پذیر باشد در بالاترین نقطه محدوده های آبخور هر آبگیر یا نزدیک به آن جانمایی شود تا از قرارگرفتن کانال‌ها و انهار برروی خاکریز جلوگیری به‌عمل آمده و امکان انتخاب دامنه وسیعی از روش‌های توزیع آب در فضای‌سبز وجود داشته باشد.

آبگیرها و قطعات فضای‌سبز که سطح آب طراحی برای قسمت‌های مختلف سیستم را دیکته می‌نمایند، اغلب به‌نام آبگیرها و قطعات فضای‌سبز بحرانی خوانده می‌شوند.

فشار کار یا سطح آب مورد نیاز در آبگیرها بستگی به شش پارامتر زیر دارد.

5-12-1. افت بار در آبگیر

افت فشار در آبگیر معمولاً به کمتر از 0/3 متر محدود می‌شود و در صورتی که فشار اضافی (فشار بالا) می‌باید مستهلک گردد، شیر آبگیر می‌تواند نیمه بسته شود. سرعت بالای جریان نیاز به تمهیداتی جهت جلوگیری از سائیدگی در اطراف مجرای آبگیر داشته، در غیر این صورت می‌تواند سبب افزایش فرسایش و لرزش در شیرها گردد. به‌طور نمونه افت بار در شیرهای آلفا آلفا تقریباً حدود 1/5 تا 2/2 برابر ارتفاع هیدرولیکی معادل سرعت در طول رایزر می‌باشد. افت بار در آبگیرهای مجهز به شیر آلفاآلفا در جدول 5-4 نشان داده شده‌اند.

افت بار ذکر شده در جدول براساس شیرهایی بوده که با دقت ساخته شده‌اند و در جایی که شیرها به‌صورت محلی ساخته شده باید افت اصطکاکی را بالاتر در نظر گرفت.

جدول 5-4- افت بار در شیرهای آلفا(برحسب عمق آب به میلیمتر)[12]

شدت جریان (لیتر بر ثانیه)	قطر روزنه (میلیمتر)						
	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰
۱۰	۲۰	۱۰					
۲۰	۱۰۰	۳۰	۱۰				
۳۰	۲۶۰	۷۰	۳۰	۱۰			
۴۰	۵۰۰	۱۳۰	۵۰	۲۰	۱۰		
۵۰	۸۳۰	۲۲۰	۸۰	۴۰	۲۰	۱۰	
۶۰	۱۲۶۰	۳۴۰	۱۲۰	۶۰	۳۰	۲۰	۱۰
۸۰	۲۵۰۰	۶۴۰	۲۴۰	۱۱۰	۵۰	۳۰	۲۰
۱۰۰		۱۰۵۰	۴۰۰	۱۸۰	۹۰	۵۰	۳۰
۱۲۵		۱۶۵۰	۶۵۰	۲۹۰	۱۵۰	۷۰	۵۰
۱۵۰		۲۵۰۰	۹۷۰	۴۴۰	۲۲۰	۱۲۰	۷۰
۱۷۵			۱۳۶۰	۶۵۰	۳۰۰	۱۷۰	۱۰۰
۲۰۰			۱۸۵۰	۸۳۰	۴۱۰	۲۲۰	۱۴۰

12. FAO1974

5-12-2. افت بار در جعبه تقسیم

سازه جعبه تقسیم معمولاً همراه انهار روباز به‌کار برده می‌شود. افت‌های اصطکاکی بسته به عملکرد ساختمان توزیع آب به موارد زیر بستگی دارد :

- شکل هندسی سازه توزیع آب
- تقسیم جریان
- جریان از روی سرریز و حوضچه آرامش

میزان کل افت بار سازه توزیع آب دهانه آبگیر در دبی جریان طراحی به‌طور معمول کمتر از 0/2 متر بوده و نباید تحت هیچ شرایطی از 0/3 متر بیشتر گردد.

5-12-3. افت بار در سیستم درجه 4

افت بار بستگی به نوع سیستم درجه 4 به‌کار گرفته شده و طول سیستم تا قطعه فضای‌سبز بحرانی دارد.

اگر چه روش‌های مختلفی از سیستم درجه 4 (سیستم توزیع آب در قطعه فضای‌سبز) نظیر لوله‌های سطحی، انهار خاکی و لوله‌های تاشو را می‌توان همراه سیستم لوله‌های کم فشار مورد استفاده قرار داد، لیکن معمول‌ترین آنها استفاده از انهار روباز می‌باشد.

فاصله بین آبگیر تا قطعه فضای‌سبز بحرانی در حالت استفاده از انهار روباز بر مبنای توازن بین حداکثر تلفات نشت آب در نهر خاکی و بالاترین هزینه سرمایه‌ای برای سیستم لوله با تراکم آبگیر بیشتر می‌باشد. اگرچه لوله‌های سطحی و لوله‌های تاشو می‌توانند مستقیم‌ترین مسیر از دهانه آبگیر تا قطعه فضای‌سبز را طی نمایند، لیکن برای به‌کار بردن تجهیزات با قطر کمتر که دارای هزینه‌های سرمایه‌ای پایین‌تر باشد، نیاز به فشارهای

بهره‌برداری بالاتری می‌باشد، از اینرو طول لوله توزیع آب به وسیله فشار موجود و هزینه سرمایه‌ای تجهیزات به‌کار رفته محدود می‌گردد.

انتخاب حداکثر فاصله سیستم درجه 4 (سیستم توزیع آب قطعه فضای‌سبز) از دهانه آبگیر تا قطعه فضای‌سبز مورد نظر قبلاً مورد بحث قرارگرفته است. فشار بهره‌برداری مورد نیاز آبگیر برای روش‌های مختلف به‌شرح زیر می‌باشد.

- انهار روباز 0/2 متر
- لوله‌های دریچه‌دار 0/2 تا 2 متر
- لوله‌های سطحی 0/5 تا 2 متر
- لوله‌های آبده تخت(تاشو) 1 تا 1/5 متر

5-12-4. افت بار از سیستم توزیع آب(سیستم درجه 4)

مقدار این افت بار کوچک بوده و بستگی به روش هدایت از سیستم درجه 4 به قطعه فضای‌سبز دارد. فشار بهره‌برداری سیستم برای جبران تلفات خروج آب از یک یا چند روزنه سیستم لوله‌ای سطحی یا لوله تاشو توزیع آب در نظر گرفته می‌شود. در انهار روباز یکی از موارد زیر برای هدایت آب به قطعه فضای‌سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- دهانه آبگیری دائمی یا موقت بر روی دیواره‌های خاکی نهر
- سیفون‌ها

5-12-5. حداکثر عمق آب در سطح قطعه فضای‌سبز در طول مدت آبیاری

حداکثر عمق آب به نوع گیاه و خاک بستگی داشته ولی به‌هر حال نباید از 0/15 متر تجاوز نماید.

5-12-6. اختلاف نسبی تراز زمین بین دهانه آبگیر و قطعه فضای‌سبز بحرانی

رقوم ارتفاعی محل آبگیر باید بالاتر از قطعه فضای‌سبز بحرانی بوده تا نیازی به ایجاد کانال خاکی در خاکریز نباشد. در جایی که ارتفاع محل آبگیر از هر کدام از قطعات فضای‌سبز کمتر باشند، لوله‌های سطحی یا لوله‌های تخت(تاشو) برای انتقال فشار از آبگیر به عنوان یک جایگزین نهر خاکی با خاکریز بلند مورد استفاده قرار می‌گیرد. برعکس، آبگیرهایی که ارتفاع آنها از قطعات فضای‌سبز اطراف خیلی بالاتر بوده نیاز به سازه‌های شیب شکن[13] یا سازه‌های حفاظت در برابر فرسایش دارند.

فشار کارکرد یا تراز آب مورد نیاز آبگیر برابر خواهد بود با :

افت بار در طول دهانه آبگیر + افت بار در ساختمان تقسیم دهانه آبگیر + افت بار در سیستم توزیع (درجه 4) قطعه فضای‌سبز بحرانی + افت بار از سیستم درجه 4 + قطعه فضای‌سبز مورد نیاز + عمق آب در سطح قطعه فضای‌سبز در طول مدت آبیاری + تراز ارتفاعی قطعه فضای‌سبز بحرانی

5-13. افت‌های جزئی (موضعی)

به‌طور کلی، به‌جز در مواقعی که متعلقات ضعیف و سازه‌های با اندازه‌های نادرست انتخاب شده و یا مواقعی که سوار کردن لوله‌ها به خوبی انجام نشده، افت بار سیستم که ناشی از زانویی و شیرها بوده، تنها 5 تا 10 درصد کل افت اصطکاکی لوله می‌باشد و به‌طور معمول از آنها به‌عنوان افتهای جزئی یا موضعی نام برده می‌شود. از به‌کار بردن زانویی‌ها و اتصالات غیر ضروری باید پرهیزنمود زیرا نه تنها سبب افزایش افت اصطکاکی می‌شوند بلکه نشت آب از طریق آنها نیز به‌راحتی صورت می‌پذیرد.

13. drop

افت بار معمولاً بر حسب ارتفاع متناظر سرعت محاسبه می‌گردد.

رابطه 6-5

$$H_m = \frac{k_m v^2}{2g}$$

K_m = ضریب افت اصطکاک

V = سرعت جریان در لوله قبل از متعلقاتی که سبب ایجاد افت اصطکاکی می‌شود (m/s)

H_m = افت بار موضعی (جزئی) (m)

برای شرایطی که از سیستم‌های لوله زیرزمینی استفاده شود، ضرایب افت اصطکاکی (K_m) برای انواع متعلقات به‌طور نمونه از اعداد مندرج در جدول 5-5 استفاده می‌شود.

جدول5-5-ضرایب افت اصطکاک

متعلقات سیستم	(Km)
زانویی 90 درجه	0/2 تا 0/3
زانویی 45 درجه	0/1 تا 0/15
زانویی 22/5 درجه	0/05 تا 0/1
سه راهی 90 درجه، جریان در مسیر مستقیم	0/1
سه راهی 90 درجه با خروجی جانبی	1/3 تا 1/8
ورودی به یک لوله ایستاده	1
خروجی از لوله ایستاده دریچه‌دار	0/5 تا 0/8
آبگیر شیر آلفا آلفا	1/5 تا 2/2
ورودی نوع آلفا آلفا	4 تا 6

مقدار افت اصطکاکی در شیرها که شرایط مختلف برروی سیستم‌های لوله زیرزمینی مورد استفاده قرارگرفته به‌صورت کامل در جدول 6-5 آمده است.

جدول5-6- ضرایب افت اصطکاک برای سیستم لوله های مدفون

خصوصیات	Km
1-افت از مخزن به لوله	
قسمتی از لوله داخل مخزن است	0/8 تا 1
لوله همسطح با دیوار مخزن است	0/4 تا 0/5
اتصال جدار لوله با جدار مخزن با شعاع کم	0/1 برای شعاع کمتر از D4)
اتصال جدار لوله با جدار مخزن با شعاع زیاد	0/05 برای شعاع بیشتر از D4)
2- لوله به مخزن (کلیه حالات)	1
3- زانوئی ها : r=شعاع زانوئی، D=قطر لوله	
زانوئی 90 درجه r/D=1	0/15
زانوئی 90 درجه r/D=2	0/18
زانوئی 90 درجه r/D=5	0/20
زانوئی 90 درجه r/D=10	0/32
زانوئی 90 درجه r/D=15	0/38
زانوئی 90 درجه r/D=20	0/42
برای زانوئی 60 مقدار بالا برای هر r/D	0/83
برای زانوئی 45 مقدار بالا برای هر r/D	0/7
برای زانوئی 22/5 مقدار بالا برای هر r/D	0/42
4- شیر ها (باز شدگی کامل)	
زاویه شیر با خروجی زاویه دار (Angel valve)	2/5 تا 5
ساچمه ای (حبابی)	10
یکطرفه :	0/6 تا 2/5
کشوئی: با لوله 300 میلیمتر	0/07
کشوئی : با لوله 500 میلیمتر	0/016
سوزنی	0/5
پروانه ای	0/3
شناور متعادل (دو صفحه ای)	1/9
شناور نا متعادل (یک صفحه ای)	2/4
5- سه راهی	
خروجی جانبی	1/8
ورودی جانبی	1/3
مسیر مستقیم	0/1
زانوئی کوتاه	0/9
زانوئی متوسط	0/8
زانوئی طولانی	0/6

زانوئی 45	0/4
زانوئی برگشتی	2/2
زانوئی مربعی	1/27

توجه : کاتالوگ کارخانه سازنده باید مدنظر قرارگیرد.

6- تبدیل : باز شدن مقطع $h_m = k_m v_1^2 / 2g$

تغییر مقطع ناگهانی $k_m = \left(1 - D_1^2 / D_2^2\right)$

تغییر مقطع تدریجی k_m از جدول زیر = زاویه مخروط

D_1^2 / D_2^2

θ°	0	0/2	0/4	0/6	0/8	1
7/5	0/13	0/08	0/05	0/02	0	0
15	0/3	0/24	0/15	0/08	0/02	0
30	0/78	0/45	0/27	0/13	0/03	0

انقباض ناگهانی $h_m = k_m v_2^2 / 2g$

D_1^2 / D_2^2	0	0/2	0/4	0/6	0/8	1
k_m	0/5	0/37	0/25	0/15	0/07	0

D1 و V1مقادیر اولیه می باشند.

5-14. طراحی خطوط لوله

5-14-1. بهینه سازی قطر لوله

در سیستم‌های خطوط لوله پیچیده، از آن‌جائی‌که با افزایش قطر لوله، هزینه لوله‌ها افـزایش یافته ولی از طرفی هزینه پمپاژ کاهش می‌یابد، انتخاب لوله مناسب اغلب نیاز به اسـتفاده از یک‌سری مراحل بهینه سازی دارد. در شبکه‌های خطوط لولـه سـاده کـه در اینجـا در نظـر گرفته شده، دامنه قطر و نوع لوله مورد استفاده محدود بـوده، لـذا انتخـاب بـر اسـاس روش سعی و خطا معمولاً دشـوار نخواهـد بـود. اسـتانداردسـازی ابعـاد و مصـالح لولـه مـی‌توانـد هزینه‌های طراحی و اجرا را کاهش دهد، بنابراین امکان انتخـاب دقیـق و مشـخص از میـان

دامنه گسترده‌ای از لوله‌های با قطرهای مختلف دارای مزایای مهم و قابل توجهی خواهد بود.

در جائیکه تولید محلی لوله مورد نظر است، انتخاب تعداد محدودی از قطر برای لوله‌ها، به‌طور قابل ملاحظه‌ای سرمایه‌گذاری مورد نیاز را کاهش می‌دهد (به‌طور مثال قالب ساخت برای لوله‌های بتنی غیر مسلح).

از آن‌جائی‌که هزینه‌های مصالح لوله‌ها بسته به اینکه از چه نوع موادی استفاده شود، بین 60 تا 90 درصد هزینه سیستم را شامل می‌شود، طراح بایستی بکوشد ترکیبی از لوله‌ها با هزینه سرمایه‌ای حداقل که البته می‌تواند جریان مورد نیاز را انتقال دهد انتخاب نماید.

قبل از انتخاب قطر لوله‌ها، دو پارامتر بایستی برای کل شبکه لوله و یا قسمت‌هایی از آن منظور شود :

5-14-1-1. فشار در دسترس (از یک منبع ثقلی یا پمپاژ)

سرعت جریان بالاتر می‌تواند به کاهش قطر لوله کمک کند در حالیکه منجر به افزایش فشار مورد نیاز در قسمت ورودی می‌شود. سرعت جریان پایین‌تر نه تنها هزینه پمپاژ را کاهش می‌دهد بلکه کمترین نوسانات را در دبی جریان خروجی از آبگیرهایی که به‌طور هم‌زمان در یک شبکه بسته عمل می‌نمایند فراهم می‌آورد.

5-14-1-2. ظرفیت جریان خطوط لوله

لوله‌های با قطر بزرگتر می‌توانند در راستای افزایش ضریب اطمینان، انعطاف پذیری بهره‌برداری از سیستم را افزایش دهند و اهمیت این مسئله ممکن است افزایش بیشتر هزینه سرمایه‌گذاری اولیه ناشی از افزایش قطر را توجیه نماید.

در جائیکه جریان در سیستم توسط یک پمپ تأمین می‌شود، ظرفیت جریان با دبی پمپ انطباق داده خواهدشد.

وقتی یک سیستم لوله به یک منبع آب و تأسیسات پمپاژ موجود متصل می‌شود، ظرفیت جریان بایستی بازتابی از هر گونه بهبود قابل انتظار در بازده منبع آب یا هر تغییر ممکن در تجهیزات عمل کننده سیستم باشد. برای مثال یک پمپ احتمال دارد که برای دفعات متعددی در طول عمر یک سیستم توزیع آب، جایگزین شود. افزایش سن فضای‌سبز و تغییرات در الگوی کشت گیاهان فضای‌سبز و روش‌های آبیاری می‌تواند باعث نیاز به دبی جریان بیشترگردد.

اگر بخواهیم در شبکه‌های لوله‌ای ساده، هزینه کل هر قسمت از مسیر لوله را به حداقل برسانیم معمولاً به بیش از دو نوع لوله با اقطار مختلف نیاز نخواهیم داشت و حتی در 90 درصد مواقع تنها استفاده از یک لوله با قطر مشخص برای قسمت‌های مختلف سیستم کفایت می‌نماید.

5-14-2. سیستم‌های حلقوی و شاخه‌ای

در سیستم‌های حلقوی هدف بایستی انتخاب یک قطر لوله برای کل شبکه باشد. در جائی‌که دامنه وسیعی از قطر برای لوله‌ها در دسترس نیست، دو قطر لوله می‌تواند برای فراهم آوردن تعادل لازم بین افت انرژی و هزینه‌های سرمایه‌ای مناسب باشد. در سیستم‌های شاخه‌ای، قطر لوله با دور شدن از منبع آب کاهش می‌یابد.

شاخه بحرانی و آبگیر بحرانی، انتخاب لوله‌ها از دامنه قطرهای در دسترس را با توجه به فشار لازم جهت غلبه بر افت اصطکاکی فراهم می‌کند. بهینه سازی سخت گیرانه انتخاب لوله، تنها اجازه به‌کارگیری لوله‌های با قطر کوچکتر در شاخه‌های لوله غیربحرانی کوتاه را می‌دهد.

5-14-3. برآورد اصطکاک لوله

مهمترین اطلاعات مربوط به طراحی سیستم لوله، دبی‌های حداکثر جریان است که بایستی در قسمت‌های مختلف سیستم انتقال داده شود. سیستمی که دارای ظرفیت ناکافی باشد شدیداً محدودیت ایجاد نموده و جبران آن هزینه‌بر می‌باشد.

برای لوله‌های کم فشار افزایش سرعت جریان همیشه تنها گزینه مناسب نمی‌باشد. به‌طور کلی برای جنس لوله‌ها و فشارهای متداول، سرعت‌های جریان به‌ندرت از 1/5 متر بر ثانیه بیشتر می‌شود.

از میان تمام معادلات به‌کار گرفته شده برای تخمین افت‌های اصطکاکی لوله معادله کلبروک- وایت که ترکیبی از نظریه جریان آشفته (متلاطم) با داده‌های آزمایشگاهی برای جریان در لوله‌های متعارف می‌باشد، به‌نظر از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است. این معادله تمامی دامنه جریان‌های متلاطم را ضمن ملاحظه درجه حرارت شامل می‌شود.

در انتخاب مقدار زبری نه تنها به کیفیت اتصالات بلکه به تغییرات زبری سطح لوله‌ها که در شرایط قطر یکسان نیز دیده می‌شود، باید توجه نمود.

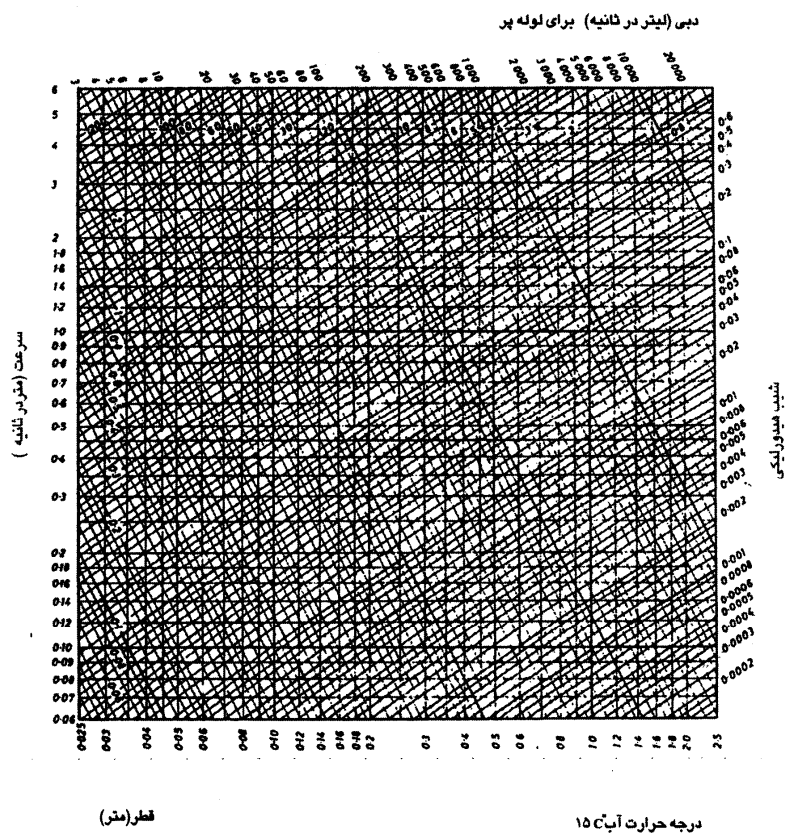
مقادیر بر گرفته از اندازه‌گیری‌های تأیید شده میدانی در جدول 5-7 نشان داده شده است.

ارتفاع زبری به‌منظور قابلیت تخمین افت اصطکاکی در اشکال 5-2، 5-3، 5-4 ارائه شده است.

جدول 5-7 - مقدار زبری سطح لوله‌ها

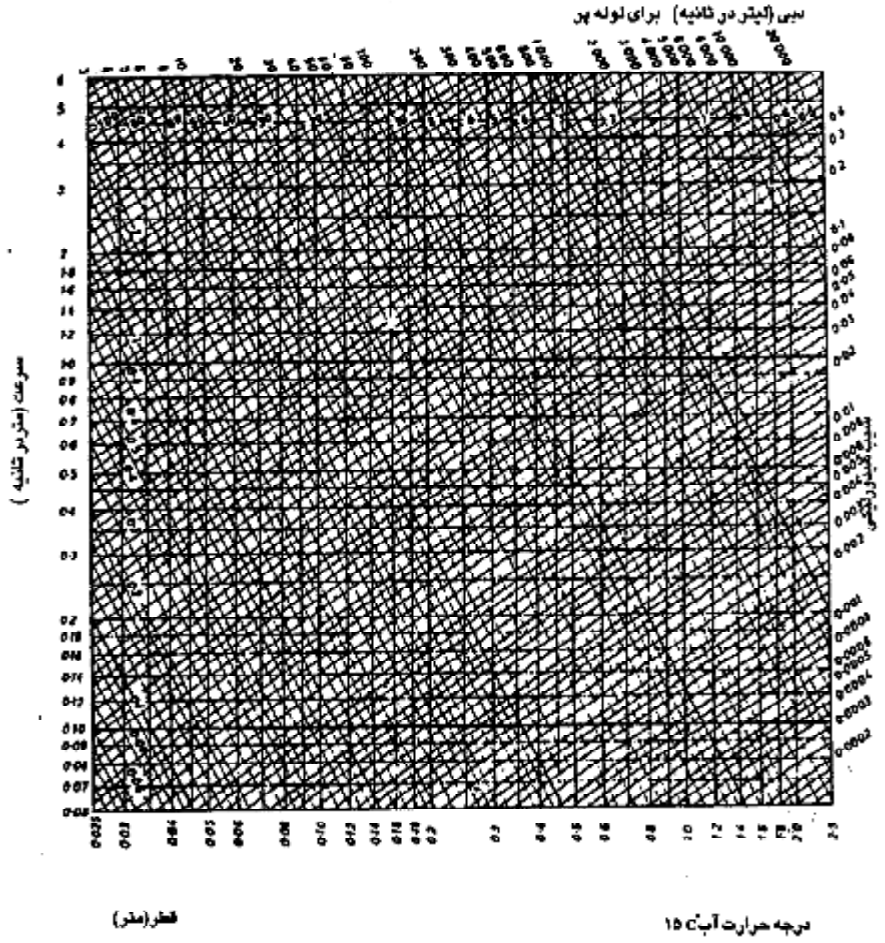
شرایط لوله	پی وی سی سخت و پلی‌اتیلن	بتنی غیر مسلح	آزبست سیمان
خوب	0/03	0/3	0/015
عادی	0/06	0/6	0/03

لازم به توضیح است که این مقادیر تا حدودی محافظه کارانه بوده و تولیدکننده‌های لوله ممکن است مقادیر بیشتری را ارائه نمایند (به‌عنوان مثال K = 0/015 برای لوله‌های پی وی سخت). البته عموماً برای لوله‌های با ابعاد کوچک و سرعت‌های جریان کم این عامل فقط یک اختلاف کم در تخمین افت‌اصطکاکی به‌وجود می‌آورد.



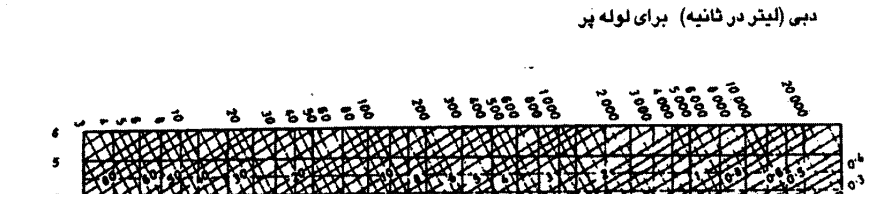
شکل 5-2- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها

لوله بتنی غیر مسلح در شرایط متعارف Ks=%6 mm



شکل 5-3- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها

لوله آزبست سیمان در شرایط متفاوت Rs=%3 mm



شکل 5-4- نمودار طراحی هیدرولیکی لوله ها

لوله پی وی سی سخت در شرایط متعارف Ks=%6 mm

5-15. حفاظت در برابر ضربه و ضربه قوچ

5-15-1. ضربه[14]

ضربه به هر نوع نوسان فشار ناپایدار که ممکن است در شبکه خطوط لوله اتفاق بیافتد، اشاره دارد. در خلال ضربه، شرایط جریان ناپایدار شده و به شکل نوسانی از یک حالت پایدار به حالت دیگر تغییر می‌نماید.

اغلب ضربه آب با ورود و خروج هوا که در مجموعه لوله در تله می‌افتد همراه است. مسائل ضربه در خطوط لوله کم فشار معمولاً با آزاد شدن ناگهانی و کنترل نشده هوای حبس شده به‌وجود می‌آید.

هوا در خلال پر شدن لوله یا ورود جریان در سازه‌هائی از قبیل لوله‌های ایستاده سرریزی می‌تواند جمع گردد. آسیب ضربه به سیستم خطوط لوله باز، جائی‌که لوله‌های ایستاده سرریزی به‌کار گرفته شود، نسبت به دیگر سیستم‌های خطوط لوله بیشتر است. اگر حجم بزرگی از هوا آزاد گردد یک ضربه می‌تواند تولید شود.

راه‌های جلوگیری از ضربه شامل :

- تمهیدات به‌کارگیری شیرهای هوا یا تخلیه کننده‌های هوا در مجموعه لوله به‌منظور فراهم نمودن آزادسازی کنترل شده هوا.
- جلوگیری از تغییرات غیر ضروری در مسیر قائم لوله به‌منظور کاهش موقعیت‌هایی در سیستم لوله که در آنها هوا حبس‌شده و در شرایطی به‌طور ناگهانی آزاد شود.
- اطمینان از پر بودن سیستم لوله از آب که به‌طور مؤثری مشکلات ضربه را کاهش می‌دهد.

14 .Surge

5-15-2. ضربه قوچ

هنگامی که انرژی جنبشی آب در حال حرکت به انرژی فشاری تبدیل شود، یک موج فشار که به‌صورت نوسانی در خط لوله جلو و عقب می‌رود تولید می‌شود. در هر نقطه از خط لوله، این موج تحت فشار بنام ضربه قوچ شناخته می‌شود. موج فشار هنگامی که با سطح آزاد آب مواجه می‌شود، معمولاً در سازه ایستاده باز به پشت خود بازتاب می‌نماید.

ضربه قوچ در سیستم خطوط لوله مدفون معمولاًبه‌عنوان نتیجه توقف ناگهانی جریان با یکی از دلایل زیر اتفاق می‌افتد:

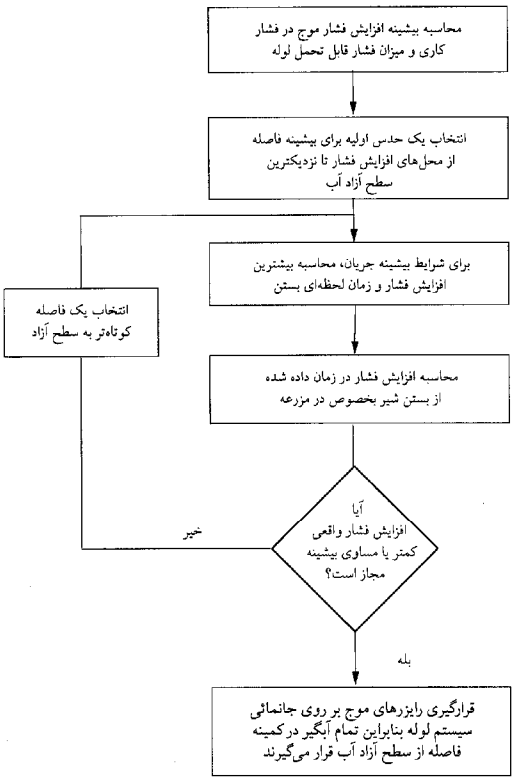
- بسته شدن ناگهانی شیر
- رها شدن ناگهانی هوا
- توقف ناگهانی پمپ

از رها شدن ناگهانی هوا می‌توان با به‌کارگیری تمهیدات کافی برای رها سازی هوا توسط شیر یا تخلیه کننده هوا جلوگیری نمود. در حالت توقف ناگهانی پمپ و بسته شدن شیر، فشار موج حاصله اگر به زیر حد معینی محدود نشود مخرب می‌باشد. این صدمات شامل موارد زیر است :

- اگر جمع فشار اولیه لوله و فشار اضافی ناشی از ضربه قوچ از حداکثر فشار مجاز لوله افزایش یابد، نتیجه آن خطر شکست لوله یا اتصالات خواهد بود.
- اگر فشار منفی به‌وجود آید، آنگاه یک محل کاویتاسیون(خوردگی ناشی از خلاء زایی) به‌وجود می‌آید که به شکست دیواره لوله (به‌خصوص در لوله‌های پلاستیکی) یا درزهای لوله منجر خواهد شد.
- تناوب فشارهای مثبت و منفی با توجه به فرسودگی لوله، می‌تواند تخریب را در زمان کمتری شتاب بخشد. نیازمندی‌های مقابله با موج و ضربه قوچ و روش‌های انتخابی مقابله با آنها بستگی به نوع سیستم خطوط لوله مدفون دارد.

5-15-3. سیستم‌های لوله باز و نیمه بسته

در سیستم‌های باز و نیمه بسته فواصل استقرار شیرهای ایستاده سرریزی و شیرهای شناور ایستاده معمولاً این اطمینان را می‌دهد که پدیده ضربه قوچ در سازه‌های ایستاده، به سرعت تحلیل یافته و میزان افزایش فشار محدود شود. برای شرایط بسته شدن سریع شیر، در اکثر حالات فواصل استقرار سازه‌های ایستاده به نحوی است که شیرهای آبگیری در محدوده حداقل فاصله از سطح آزاد آب عمل می‌نمایند. روش محاسبه این حداقل فاصله در ادامه و در نمودار 5-6 بیان شده است.



نمودار 5-6- مقابله با ضربه قوچ برای سیستم‌های لوله‌ای بسته با تخلیه کننده هوا به صورت باز

جائی‌که خطوط لوله مستقیم بوده و تعداد سازه‌های ایستاده کم است، برای طراحی تمهیدات حفاظتی سیستم‌های بسته، ممکن‌است تخلیه کننده‌های باز هوا یا شیرهای تقلیل

فشار (شیر فشار شکن) مورد نیاز باشد. در سیستم‌هایی که تعداد زیادی از قطعات فضای‌سبز هم‌زمان و در یک وقت معین، آب دریافت می‌کنند، تغییرات در نوسانات جریان اغلب کم بوده و مشکلات محدودی را به‌وجود می‌آورد.

معمولاً می‌توان با روش‌های معقول بهره‌برداری به‌خصوص در دوره پر نمودن لوله از بروز مسائل ناشی از موج جلوگیری نمود. روش‌هایی که به جلوگیری از به تله افتادن مقادیر زیادی هوا و رها شدن ناگهانی بعدی آن کمک می‌نماید، شامل موارد زیر است:

- به‌کارگیری دریچه‌های زیرآب[15] در سرریزهای ایستاده در سیستم خطوط لوله باز.
- پر نمودن خطوط لوله از آب به دقت و به آرامی در زمانی که خالی هستند.

5-15-4. سیستم‌های لوله بسته

در سیستم‌های لوله‌ای بسته تحلیل برای مقابله با ضربه قوچ ضروری است. انتخاب روش مقابله، برای محدود نمودن میزان افزایش فشار بستگی به امکان نصب رایزرهای تخلیه کننده روباز موج دارد. در بیشتر سیستم‌های کم فشار، این امر معمولاً امکان‌پذیر است. در مواردی که به‌کارگیری تمهیدات فوق‌الذکر امکان‌پذیر نیست استفاده از شیر فشارشکن مخصوص ضروری‌است. استفاده از لوله با فشار کار بالاتر می‌تواند از نیاز به این‌گونه سازه‌ها جلوگیری نماید.

5-15-5. توقف ناگهانی پمپ

15. Undershot

در اغلب سیستم‌های لوله‌ای با منبع تأمین کننده آب توسط پمپ، از لوله ایستاده باز یا مخزن بین پمپ و خط‌لوله، برای حفاظت شبکه از ضربه قوچ ناشی از توقف ناگهانی پمپ استفاده می‌شود. جائی‌که پمپ به‌طور مستقیم به خط لوله متصل شده است یک شیر رها سازی فشار(فشار شکن) مورد نیاز خواهد بود.

5-15-6. تخلیه ناگهانی هوا

از بروز ضربه قوچ ناشی از رها شدن ناگهانی هوا در خطوط لوله می‌توان با نصب تخلیه کننده‌های هوا یا شیرهای رهاسازی فشار در نقاط مرتفع یا مناطق مسئله‌دار جلوگیری نمود. هر نوع سازه ایستاده باز به‌عنوان یک تخلیه کننده هوا عمل می‌نماید و کاهش‌دهنده اتفاقات ناشی از رها شدن ناگهانی هوا می‌باشد.

5-15-7. بستن ناگهانی شیر

بسته شدن ناگهانی شیر دلیل غالب تشکیل ضربه قوچ در سیستم‌های لوله‌ای بسته می‌باشد و به حداقل رساندن افزایش فشار به‌وجود آمده، موضوع طراحی رایزرهای تخلیه کننده روباز موج است.

5-15-8. روش‌های کاهش خسارت افزایش فشار ناشی از بستن ناگهانی شیر

تحلیل ضربه قوچ پیچیده است و هر تلاشی برای پیش بینی شرایط قابل وقوع نیازمند فرضیاتی می‌باشد. به‌طور کلی اگر زمان بستن شیر(T_1) بیشتر از 20 برابر زمان بستن لحظه‌ای (T_c) باشد آنگاه موج فشار می‌تواند بی‌اهمیت باشد. زمان بستن لحظه‌ای به زمانی اطلاق می‌شود، که موج فشار توسعه یافته ناشی از بستن شیر برای طی فاصله رفت و برگشتی تا نزدیک‌ترین سطح آزاد آب، نیاز دارد.

بستن لحظه‌ای شیر با به‌کارگیری رابطه 7-5 محاسبه می‌شود. برای هر موقعیت بینابینی که در آن $T_c<T_1<20T_c$ باشد، آنگاه در نحوه طراحی برای محدود نمودن افزایش فشار و یا کاهش اثرات تخریبی آن باید تصمیم‌گیری شود.

زمان تمرکز بر حسب ثانیه (T_c) از رابطه 7-5 به دست می‌آید.

رابطه 7-5 $$T_c=\frac{2L}{U}$$

L= فاصله از شیر یا پمپ تا سطح آزاد یا مخزن (متر)

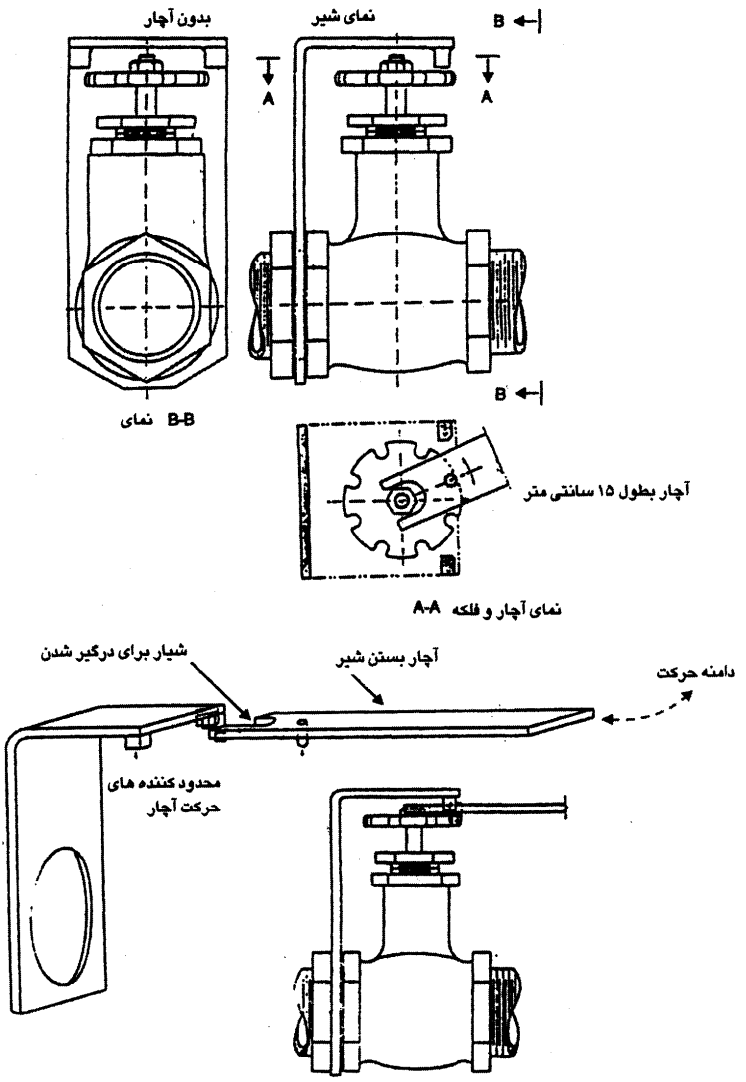
U= سرعت موج فشار در جنس مصالح لوله(متر بر ثانیه)

مقدار افزایش فشار را به روش‌های مختلف شامل موارد زیر می‌توان کنترل نمود:

5-15-8-1. کنترل میزان بستن شیر

با تمهیدات زیر:

- به‌کارگیری شیرآلات با دندانه‌های رزوه ریز تا پیچاندن بیشتری برای یک میزان مشخص از بستن مورد نیاز باشد، اغلب شیرآلات آلفا آلفا برای مصارف عمومی با این دیدگاه ساخته می‌شوند.
- به‌کارگیری شیرآلاتی که با یک آچار مخصوص باز می‌شود، باید برای هر قسمت از پیچاندن آچار را آزاد نموده و در موقعیت جدید قرار بگیرد. یک طرح شیر آبگیری از این نوع در شکل 5-5 نشان داده شده است.



شکل 5-5- تجهیزات برای جلوگیری از بستن سریع شیر

5-15-8-2. نصب رایزرهای ضربه‌گیر

انتخاب و استقرار رایزرهای ضربه‌گیر روش ابتدائی برای محدود نمودن مقدار افـزایش فشـار است، که گام‌هـای طراحـی آن در زیـر تشـریح شـده اسـت. رایزرهـای ضـربه‌گیـر در تمـام

سیستم‌های لوله‌ای مورد نیاز می‌باشد اگرچه در عمل هر سازه ایستاده باز با قطر کافی برای بازتاب موج فشار عمل می‌نماید.

تحلیل مقدار افزایش فشار برای لوله‌های ساخته شده از مصالح صلب از قبیل بتن یا آزبست سیمان مهم است.

5-15-8-3. نصب شیرهای رها کننده فشار و خلاء زدا

اگرچه شیرآلات از این نوع در سیستم‌های لوله‌ای بسته یک کاربرد دارد ولی مصرف معمول آنها در سیستم‌های لوله‌ای با تأمین آب توسط پمپ رایج است که در آنها توقف کار پمپ و قطع برق دلیل عمده و معمول وقوع ضربه قوچ می‌باشد. شیرهای ساده رهاسازی فشار که بتواند در فشارهای نسبتاً کم حساس شده و عمل نمایند، در دسترس نمی‌باشد.

5-15-8-4. مراقبت هنگام نصب لوله

حفظ خط شیب هیدرولیکی بالاتر از لوله مهم است. اگر تراز شیب هیدرولیکی به لوله نزدیک باشد در این صورت وقوع فشار پایین‌تر از فشار اتمسفر در لوله در شرایط تولید امواج فشار منفی ناشی از بستن شیر امکان‌پذیر است. حفظ تراز لوله به میزان کافی پائین‌تر از شیب هیدرولیکی ممکن است نیاز به پرهیز از عبور از نقاط مرتفع میانی در طول مسیر و یا انجام خاک‌برداری عمیق داشته باشد. در این حالت شیرهای خلاء را می‌توان نصب کرد اما هوایی که این شیرها در خلال فشارهای منفی دریافت می‌کند اگر به‌طور ناگهانی رها گردد، می‌تواند موجب بروز مشکل پدیده ضربه شود.

5-16. روش طراحی سیستم‌های لوله بسته با لوله هوادهی باز

روش طراحی معمول باید بر مبنای لوله‌ای که بتواند در مقابل فشارهای ضربه برآورد شده تحت شرایط عملی بستن آرام شیر مقاومت نماید همراه با پیش بینی سازه رایزر تعدیل ضربه، استوار باشد.

برای طراحی یک سیستم لوله‌ای افزایش فشار همراه با حداقل زمان مورد انتظار برای بستن شیر یا توقف پمپ باید انجام گیرد. این ضربه فشار هنگامی که به حداکثر فشار کار اضافه شود باید کمتر از میزان فشار قابل تحمل لوله باشد. تحلیل موضوع برای تعدادی از موقعیت های بحرانی در سیستم لوله باید تکرار شود.

روش برآورد حداکثر فشار ضربه و تعیین حداقل فاصله از یک شیر تا یک سازه ایستاده باز در نمودار 5-6 که قبلاً آمده است، بیان می‌شود.

5-16-1. برآورد حداکثر فشار موج بعد از بستن ناگهانی شیر

گام 1- محاسبه حداکثر مجاز افزایش فشار موج

این موضوع با حداکثر فشار کار در یک نقطه و میزان تحمل فشار لوله تعریف می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای لوله‌های پی وی سی و پلی‌اتیلن فشار موج نباید از 30 درصد میزان فشار لوله بیشتر گردد. برای لوله‌های بتنی کم فشار، فشار موج اضافه‌شده به فشار کار نباید از 25 تا 35 درصد فشار آزمایش هیدرواستاتیک فراتر رود.

گام 2- انتخاب یک برآورد اولیه برای حداکثر فاصله بین محل افزایش فشار و هر موقعیت سطح آزاد آب

برای سیستم‌های لوله‌های پی وی سی و پلی اتیلن این مقدار از 600 تا 800 متر می‌باشد.

برای سیستم‌های لوله‌های بتنی غیر مسلح این مقدار از 300 تا 500 متر می‌باشد.

گام 3- محاسبه حداکثر افزایش فشار در شرایط جریان حداکثر و بستن لحظه‌ای شیر

در حالت عبور جریان حداکثر، باید حداکثر افزایش فشار ناشی از بسته شدن لحظه‌ای شیر محاسبه گردد.

حداکثر افزایش فشار زمانی رخ می‌دهد که بسته شدن شیر یا توقف پمپ در دوره زمانی مساوی و یا کمتر از زمانی که موج فشار به سطح آزاد می‌رسد (زمان تمرکز)، صورت گیرد.

حداکثر افزایش فشار و افت فشار منفی بر حسب متر از معادله زیر به دست می‌آید.

معادله 8-5 $\frac{VaUg}{}$

که :

V_a = سرعت جریان قبل از بستن شیر یا توقف پمپ (متر بر ثانیه)

U = سرعت موج فشار در مصالح ساخت لوله مورد نظر (متر بر ثانیه).

g = شتاب ثقل (9/81 متر بر مجذور ثانیه).

سرعت موج تابعی از خصوصیات ارتجاعی آب و جنس دیواره لوله است. سرعت موج، با تغییرات قابل ملاحظه‌ای در دامنه قطر لوله نسبت به تغییر مصالح یکسان تغییر نمی‌کند. سرعت موج نمی‌تواند از 1400 متر بر ثانیه که سرعت صوت در آب است تجاوز کند. مقادیر سرعت موج در مصالح متعارف به‌کار رفته برای ساخت لوله‌ها در جدول 5-8 آمده است.

جدول 5-8- سرعت‌های موج فشار در لوله با مواد مختلف

جنس لوله	ضخامت دیواره(میلیمتر)	قطر لوله(میلیمتر)	نسبت	سرعت موج (متر برثانیه)
بتن غیر مسلح	25	250	0/1	1100
بتن غیر مسلح	25	300	0/083	1060
پی وی سی (2/5 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)	4/5	250	0/017	220
پی وی سی (جدار نازک)	2/5	25	0/01	170
فولاد	4/5	250	0/017	1140

توجه : نسبت دو طرفه ضخامت جداره به قطر خارجی لوله به نسبت اندازه (DR) موسوم است.

مقدار افت فشار منفی یا افزایش بر حسب پاسکال بیان می‌شود.

رابطه 9-5 $W \times g \times P(m) = P(KP_a)$

W= چگالی آب (1 تن بر مترمکعب)

G= شتاب ثقل (9/81 متر بر مجذور ثانیه)

گام 4- محاسبه افزایش فشار برای مقادیر کاهش جریان که کمتر از شرایط بستن لحظه‌ای می‌باشد.

به‌منظور برآورد افزایش فشار برای زمان‌های طولانی‌تر بستن شیر یک محاسبه تقریبی باید انجام گیرد. زیرا میزان تغییر سرعت در دوره بستن، یکنواخت نمی‌باشد. فرض بر این است که تغییر معرف سرعت در خلال زمان رفت و برگشت سه برابر میزان متوسط تغییر در طول یک دوره کامل بستن می‌باشد. لذا برای تغییر متوسط در Vo و T_c رابطه زیر را خواهیم داشت.

رابطه 10-5 $$\frac{0.5T_c xV_0}{T_1}$$

T_1= زمان بستن شیر بر حسب ثانیه

تغییر مصرف V_o= سه برابر متوسط تغییر سرعت $(3 \times Vo)$

حداکثر افزایش ارتفاع با جایگزینی این مقدار در معادله 5-8 حاصل می‌شود.

گام 5 مقایسه مقادیر محاسبه شده افزایش فشار با حداکثر فشار ضربه مجاز

اگر فشار ضربه خیلی زیاد باشد آنگاه فاصله کوتاه‌تری تا سطح آزاد آب باید انتخاب گردد. اگر فشار ضربه در حد قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقدار مورد قبول باشد فاصله بیشتری می‌تواند انتخاب شود و بنابراین کمترین تعداد رایزرهای ضربه تعبیه می‌گردد.

5-16-2. مقطع طولی لوله

در نهایت هنگامی که افت‌های اصطکاکی برآورد گردید و موقعیت سازه‌هایی از قبیل رایزرهای ضربه یا تخلیه‌کننده‌های هوا تعیین‌شد یک مقطع طولی برای هر قسمت از خطوط لوله که نشان دهنده خط شیب‌هیدرولیکی و خط‌زمین باشد، همراه با نیمرخ طولی لوله در عمق نصب توصیه شده تهیه می‌گردد. نمونه‌ای از یک مقطع طولی خط لوله در شکل 5-1 نشان داده‌شده‌است.

خلاصه

با توجه به اینکه استفاده از لوله های کم فشار در آبیاری سطحی خصوصاً در فضای سبز مبحث جدیدی محسوب می‌شود در این بخش به طور مفصل به تشریح این روش و کلیات استفاده از لوله های زیرزمینی با فشار کم به جای کانالهای روباز انتقال و توزیع آب پرداخته شد. در ادامه ساختار و اجزاء این سیستم به همراه معیارها و پیش‌نیازهای پیاده‌سازی این سیستم در فضای سبز شرح داده شده و در انتها مبانی طراحی این لوله ها به همراه روابط فیزیکی و هیدرولیکی مورد استفاده در طراحی سیستم لوله‌های کم فشار شرح داده شد.

آزمون

1-اگر هیدرومدول آبیاری 0/98 لیتر در ثانیه برای هر هکتار باشد و آب مورد نیاز ناخالص قطعه فضای سبز 15 میلی‌متر در روز برآورد گردد و نیز سیستم توزیع با راندمان 92% کار کند میزان استمرار جریان ورودی در کل مدت آبیاری را حساب کنید؟

2- در مسئله بالا اگر قرار باشد محدوده 22 هکتار تحت‌پوشش طرح قرار بگیرد دبی ورودی به سیستم خط لوله چقدر خواهدبود؟

3- دو روش تنظیم عملکرد پمپ در سیستم لوله های زیر زمینی به روش خودکار را نام برده و یک روش را تشریح کنید.

4- سرعت شستشو در سیستم لوله های کم فشار برای خاکهای سیلتی و ماسه‌ای ریز چند متر در ثانیه در نظر گرفته‌می‌شود؟

5- محدوده شیب مطلوب برای استفاده از سیستم لوله های کم فشار در چه محدوده‌ای قراردارد؟

الف – 0 تا 10 درصد　　ب – 10 تا 20 درصد

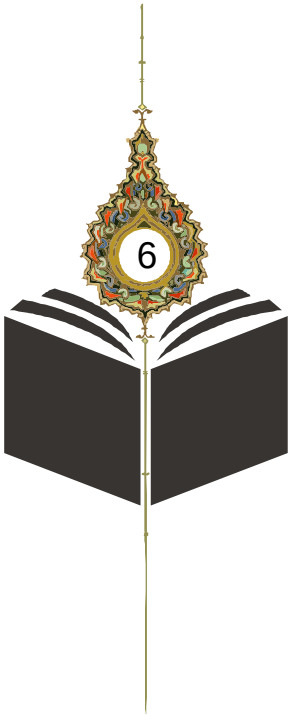
ج – 20 تا 30 درصد　　د – 30 تا 40 درصد

6- حداکثر افت بار سازه توزیع آب دهانه آبگیر چند متر است؟

الف – 0/2　　ب – 0/25

ج – 0/3　　د – 0/35

7- حداکثر افزایش فشار برای لوله بتن غیر مسلح به قطر 300 میلی‌متر و سرعت جریان : 1 متر بر ثانیه را محاسبه نمائید؟



فصل ششم

اصول کلی سیستم های آبیاری بارانی در فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

1. روش‌های گوناگون آبیاری بارانی در فضای سبز
2. عوامل مؤثر در انتخاب سیستم آبیاری بارانی

6-1. دیباچه

در آبیاری به روش بارانی[1] آب با فشار در داخل یک شبکه لوله‌کشی شده جریان پیدا کرده و سپس از خروجی‌هایی که روی این شبکه تعبیه شده و آب‌پاش نامیده می‌شوند، خارج می‌شود. ساختمان آب‌پاش‌ها طوری است که هنگامی که آب با فشار از آن خارج می‌شود به صورت قطرات ریز و درشت درآمده و مشابه باران در سطح یک قطعه فضای‌سبز ریخته می‌شود. به همین دلیل این سیستم آبیاری روش بارانی نامیده می‌شود. گرچه روش بارانی اساساً برای آبیاری مزارع بزرگ، چمنکاری ها ابداع گردید، اما از این روش برای اهداف دیگر هم استفاده می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از:

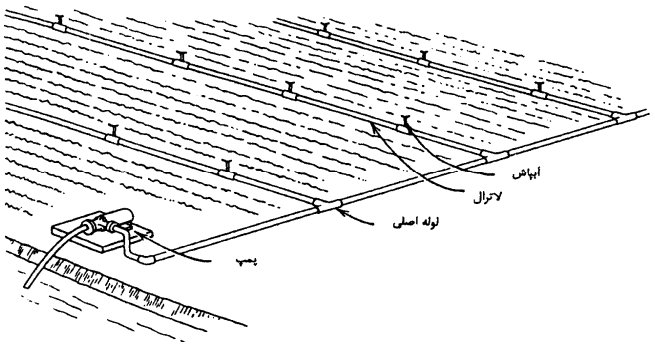
برای پخش کودهای مایع در سطح یک قطعه فضای‌سبز.

- برای دفع پساب حاصله از تصفیه خانه های فاضلاب در سطح اراضی کشاورزی و فضای‌سبز.
- برای آب‌پاشی روی گیاه به منظور حفاظت آنها در مقابل سرما و یخبندان.
- برای تعویق انداختن زمان تشکیل غنچه و گل.
- برای مرطوب کردن سطح خاک و جلوگیری از فرسایش بادی.
- برای کمک به جوانه زدن بذرها.
- برای کنترل محیط و خنک کردن خاک و گیاه و هوای اطراف آن.

بنابراین در هنگام طراحی یک سیستم آبیاری بارانی در ابتدا باید هدف از طرح مشخص باشد. زیرا سیستمی که مثلاً برای جلوگیری از یخبندان طراحی می‌شود با سیستمی که بخواهد نیاز آبیاری گیاهان را تأمین کند متفاوت خواهد بود.

1. sprinkler irrigation

در سیستم آبیاری بارانی آب توسط پمپ از یک منبع مانند چاه، کانال، استخر برداشت شده و با فشار وارد شبکه‌ای از لوله‌ها که به ترتیب لوله‌اصلی[1]، لوله نیمه اصلی[2] و لوله فرعی[3] نام دارند؛ شده و سرانجام از آب‌پاش‌هایی[4] که روی لوله فرعی قرارمی‌گیرند خارج می‌شود. خروج آب از روزنه‌هایی که به آنها سرآب‌پاش یا نازل[5] گفته می‌شود انجام می‌گردد. برخی سرآب‌پاش‌ها دارای یک و برخی دارای دو روزنه هستند. در شکل 6-1 الگوی ساده‌ای از یک سیستم آبیاری به روش بارانی نشان داده شده است که اجزاء اصلی آن مشتمل بر پمپ، لوله اصلی، لوله‌های فرعی و آب‌پاش‌ها می‌باشند. اجزای تشکیل دهنده سیستم آبیاری بارانی بسته به موقعیت ممکن است متفاوت باشند. مثلاً برخی سیستم‌ها مانند شکل 6-1 فاقد لوله نیمه اصلی می‌باشند. حال آنکه ممکن است در پاره‌ای از سیستم‌ها چندین لوله نیمه‌اصلی وجود داشته باشد و یا برای تقویت فشار روی لوله اصلی یک یا چند پمپ تقویت‌کننده فشار (بوستر[6]) نصب گردد. بنابراین سیستم‌های بارانی از نظر آرایش ظاهری بسیار متغیرند.



شکل 6-1- اجزاء یک سیستم آبیاری بارانی مرکب از پمپ، لوله اصلی و لوله‌های فرعی که روی آنها تعدادی آب‌پاش نصب شده است.

1. main
2. submain
3. lateral
4. sprinkler
5. nozzle
6. booster

6-2. انواع سیستم‌های آبیاری بارانی

سیستم‌های آبیاری بارانی را می‌توان به انواع جابه جا شونده[1]، نیمه جابه جا شونده[2]، نیمه ثابت[3]، ثابت[4]، مجموعه متحرک[5]، مجموعه ثابت[6] و مجموعه متحرک دائم[7] طبقه بندی نمود.

6-2-1. سیستم آبیاری بارانی جابجا شونده

در این سیستم کلیه اجزاء تشکیل دهنده واحد آبیاری بارانی اعم از پمپ، لوله اصلی، لوله نیمه اصلی (در صورت موجود بودن) و لوله‌های فرعی قابل جا به جا شدن بوده و می‌توانند از یک قطعه فضای‌سبز به یک قطعه فضای‌سبز دیگر انتقال داده شوند.

6-2-2. سیستم آبیاری بارانی نیمه جابجا شونده

این سیستم، مشابه سیستم آبیاری جابجا شونده است با این تفاوت که محل برداشت آب و ایستگاه پمپاژ ثابت بوده و لذا پمپ قابل جا به جا شدن نیست ولی بقیه اجزای سیستم می‌توانند در داخل یک قطعه فضای‌سبز از یک موقعیت به موقعیت دیگر انتقال داده شوند. اما اگر بخواهیم از اجزای این سیستم در مزرعهٔ دیگر استفاده کنیم باید در آن یک قطعه فضای‌سبز پمپ و ایستگاه پمپاژ جداگانه‌ای وجود داشته باشد.

1. portable
2. semi-portable
3. semi-permanent
4. permanent
5. set-move
6. solid-set
7. continuous move

6-2-3. سیستم آبیاری نیمه ثابت

در سیستم آبیاری بارانی نیمه ثابت لوله‌های فرعی قابل جابجا شدن هستند، اما لوله اصلی و پمپ و محل برداشت آب در جای خود ثابت می‌باشند. در این سیستم معمولاً لوله اصلی در زیر زمین قرار داده می‌شود و در فواصل معین لوله‌های عمودی از آن منشعب و تا سطح زمین بالامی‌آیند تا لوله‌های فرعی برای آبگیری به آنها متصل شوند. این لوله‌های عمودی و شیرهای تعبیه شده روی آن را هیدرانت[1] یا شیرهای آبگیری نامند.

6-2-4. سیستم آبیاری بارانی ثابت

در سیستم آبیاری بارانی ثابت کلیه اجزاء سیستم از پمپ گرفته تا لوله اصلی، لوله نیمه اصلی و لوله‌های فرعی در موقعیت خود ثابت بوده و برای تمام ایام سال در همان مکان باقی می‌مانند. این سیستم‌ها معمولاً برای گیاهان چندین ساله و درختان و درختچه ها به کار برده شده و به دلیل پرهزینه‌بودن غالباً آنها را به صورت خودکار[2] طراحی می‌کنند تا برای آبیاری نیاز به نیروی انسانی زیاد نباشد، مانند سیستم‌های آبیاری که در زمین‌های ورزشی به کار برده می‌شوند و در آن کلیه شبکه لوله‌ها به صورت ثابت در زیر زمین دفن می‌شوند تا مانعی برای حرکت بازیکنان نبوده و آبیاری نیز به صورت خودکار انجام می‌شود.

6-2-5. سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک

یک سیستم متحرک می‌تواند از یک موقعیت استقرار به صورت دستی یا مکانیکی به موقعیت دیگر انتقال داده شود. بدین ترتیب که لوله فرعی و آب‌پاش‌های مستقر شده روی آن در یک موقعیت مشخص در یک قطعه فضای‌سبز قرارگرفته و به کمک یک لوله شیلنگی

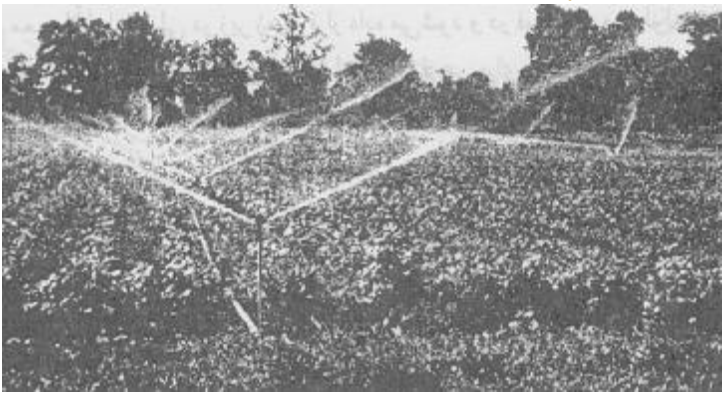
1. hydrant
2. automatic.

قابل انعطاف به لوله اصلی متصل می‌گردد. با بازکردن شیر تعبیه شده روی هیدرانت، آب وارد لوله فرعی شده و عمل آبیاری صورت می‌گیرد پس از خاتمه آبیاری شیر هیدرانت بسته شده و کم شدن فشار در داخل لوله فرعی باعث تخلیه آب موجود در آن از محل اتصالات می‌گردد. سپس لوله فرعی برای آبیاری قسمت دیگر یک قطعه فضای‌سبز به موقعیت جدید منتقل شده و برای دریافت آب از لوله اصلی به شیر هیدرانت دیگر متصل می‌گردد. این عمل آن قدر تکرار می‌شود تا سرتاسر یک قطعه فضای‌سبز آبیاری شده و لوله فرعی دوباره پس از چند روز برای آبیاری مجدد یک قطعه فضای‌سبز به موقعیت اول خود برگشت داده شود. ملاحظه می‌شود که سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک گرچه در سطح یک قطعه فضای‌سبز حرکت می‌کند اما در تمام مدت آبیاری در محل خود ثابت است. از انواع این سیستم‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

6-2-5-1. سیستم متحرک دستی[1]

در این سیستم قطعات لوله فرعی با جفت کننده‌های سریع[2] به یکدیگر متصل شده و پس از آبیاری به کمک دست دوباره باز شده و به محل دیگر منتقل می‌شوند. در این سیستم قطر لوله‌های فرعی 50 تا 150 میلی‌متر (2 تا 6 اینچ) و طول قطعات آنها 6، 9 و 12 متر است. این سیستم‌ها را نوع کلاسیک نیز می‌گویند. شکل 6-2 تصویر یک سیستم متحرک دستی در حال کار را نشان می دهد.

1. hand-move
2. fast couping



شکل 6-2 سیستم آبیاری متحرک دستی (کلاسیک) که بیشتر مناسب کشته ای ردیفی و چمنکاری های محدود است.

6-2-5-2. سیستم متحرک کششی[1]

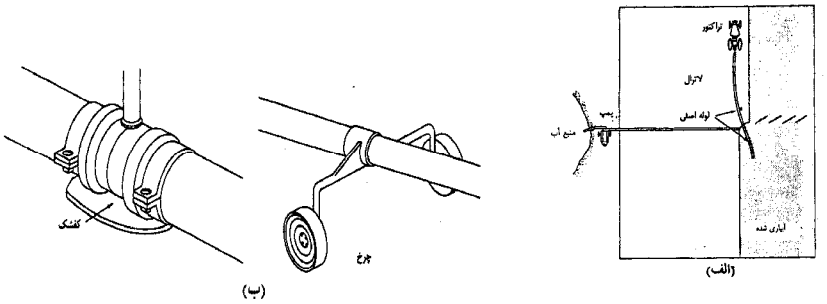
سیستم متحرک کششی ارزانترین نوع سیستم آبیاری مجموعه متحرک است. در این سیستم لوله فرعی به طور کامل بدون آنکه قطعات آن باز شوند، توسط یک تراکتور کشیده شده و برای آبیاری قسمت دیگر یک قطعه فضای‌سبز به موقعیت جدید منتقل می‌گردد. (شکل 6-3الف). برای آنکه از اصطکاک لوله فرعی با زمین کاسته شده و حرکت آن به سادگی انجام شود در محل اتصال قطعات لوله فرعی به یکدیگر صفحات اسکی مانند یا چرخ‌های کوچک تعبیه می‌گردد (شکل 6-3-ب) همچنین برای جلوگیری از انحراف لوله از مسیر حرکت دو عدد لنگر گردونه ای[2] در زمین مستقر می‌شود که در طرفین لوله فرعی قرارگرفته و باعث می‌شوند که لوله فرعی در هنگام جا به جا شدن در امتداد یک مسیر مشخص حرکت کند (شکل 6-3الف). نقل مکان لوله فرعی معمولاً به صورت S و یک در میان در طرفین لوله اصلی که معمولاً در وسط زمین قراردارد انجام می‌شود. سیستم مجموعه متحرک کششی به دلیل پر زحمت بودن کار آبیاری و خساراتی که در اثر رفت و

1. tow-move
2. capstan

آمد ماشین آلات و کشیده شدن لوله فرعی روی زمین به فضای‌سبز وارد می‌شود با استقبال عوامل بهره‌بردار فضای‌سبز مواجه نبوده و به جز آبیاری چمنکاریهای محدود و برخی مناطق شیب دار کمتر مورداستفاده قرار می‌گیرد.

6-2-5-3. سیستم متحرک با لوله چرخدار[1]

این سیستم از معمول‌ترین سیستم‌های آبیاری بارانی مجموعه متحرک است که جابه جایی آن به صورت مکانیکی توسط یک موتور که معمولاً در وسط لوله قرار می‌گیرد انجام می‌شود.

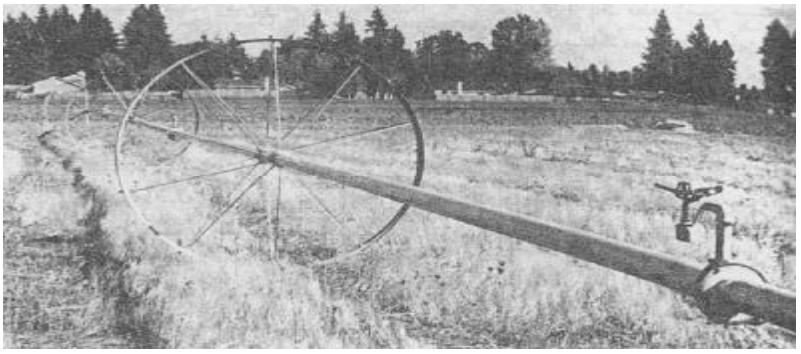


شکل 6-3- اجزاء تشکیل دهنده سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک کششی. الف) طریقه جابه جایی لوله فرعی در یک قطعه فضای‌سبز و موقعیت‌های استقرار لوله در زمان آبیاری، ب) صفحات اسکی شکل و چرخهای روی لوله فرعی برای ساده کردن عمل کشش

در این سیستم یک لوله فرعی که طول آن به اندازه عرض زمین می‌باشد با شیلنگ خرطومی به لوله اصلی که در امتداد زمین کشیده شده است متصل می‌شود و عمل آبیاری با خروج آب از آب‌پاش‌هایی که روی لوله فرعی قرار دارند صورت می‌گیرد. پس از اتمام آبیاری لوله فرعی توسط چرخ‌هایی که در فواصل معین روی آن قرار داشته و به کمک یک

1. roll line, side roll, wheel-move

موتور بنزینی که در وسط یا انتهای لوله نصب شده است به جلو حرکت کرده و سپس برای آبیاری در قسمتی دیگر از یک قطعه فضای‌سبز متوقف می‌شود.



شکل 6-4 – اجزاء اصلی یک سیستم آبیاری بارانی با لوله چرخ‌دار شامل لوله فرعی، چرخ‌ها و آب‌پاش‌ها

در این سیستم لوله فرعی به عنوان محور چرخ‌ها عمل کرده و آب‌پاش‌ها مجهز به آونگ وزنه‌ای می‌باشند تا در هر موقعیت به طور قائم قرارگرفته و عمل پخش آب با مشکل مواجه نشود. در سیستم آبیاری بارانی با لوله چرخدار قطرلوله فرعی 100 یا 125 میلی‌متر (4 یا 5 اینچ) و طول آن بسته به عرض زمین تا 800 متر می‌رسد. قطعات لوله فرعی هرکدام 12 متر و چرخ‌ها در محل اتصال لوله‌ها قرار می گیرند. فواصل استقرار لوله فرعی برای آبیاری زمین معمولاً 18 متر است. بنابراین فواصل هیدرانت‌ها روی لوله اصلی می‌تواند 18 یا 36 متر باشد. قطر چرخها بسته به نوع قطعه فضای‌سبز (عموماً چمنکاریهای وسیع) متفاوت بوده اما معمول‌ترین اندازه برای قطر چرخها 120، 150، 160 و 190 سانتی متر است. لوله‌اصلی در کنار زمین و یا در وسط آن قرارمی‌گیرد. بنابراین ورود آب به لوله فرعی یا از کنار و یا از وسط صورت می‌گیرد. پس از آنکه با جلورفتن لوله، آبیاری یک قطعه فضای‌سبز کامل شد، لوله خالی به عقب برگشت داده شده و در موقعیت اولیه قرار می‌گیرد. در نوعی دیگر از روش آبیاری محل استقرار لوله فرعی یک در میان صورت می‌گیرد. به‌طوریکه مثلاً

در هنگام جلو رفتن لوله فرعی استقرارهای فرد (1، 3، 5، ..) و در برگشت‌های استقرارهای زوج (2، 4، 6، ..) آبیاری می‌شود.

6-2-5-4. سیستم آبیاری بارانی متحرک تفنگی

یکی دیگر از سیستم‌های آبیاری بارانی مجموعه متحرک، آب‌پاش‌های تفنگی[1] است. این دستگاه‌ها از یک آب‌پاش بسیار بزرگ[2] که روی ارابه چرخدار یا تریلر نصب شده است تشکیل شده و آب با فشار زیاد از دهانه آب‌پاش خارج می‌شود. شعاع پرتاب ممکن است تا 100 متر و حجم آب خروجی تا 5000 لیتر در دقیقه برسد. به همین دلیل این دستگاهها را آب‌پاشهای حجیم[3] نیز می‌نامند. فشار مورد نیاز برای کار آب‌پاشهای تفنگی زیاد و حدود 5 تا 10 اتمسفر است. از این دستگاهها به خوبی می‌توان در پخش پسابها و کودهای مایع روی چمن کاریها استفاده کرد.

6-2-6. سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت

سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت[4] دارای تعداد کافی لوله فرعی و آب‌پاش می‌باشد. به طوریکه بتواند سرتاسر یک قطعه فضای‌سبز را پوشانده و در صورت لزوم همزمان آبیاری کند. این سیستم‌ها بیشتر برای حفاظت در برابر سرما و یخبندان به کاربرده می‌شوند، زیرا در چنین مواردی نمی‌توان یک قطعه فضای‌سبز یا درختکاری را به صورت قطعه قطعه آبیاری کرد. سیستم‌های مجموعه ثابت می‌توانند از نوع جابجاشونده، نیمه‌جابجا شونده، نیمه ثابت یا ثابت کامل باشد. در سه حالت اول معمولاً لوله‌ها از جنس آلومینیومی سبک

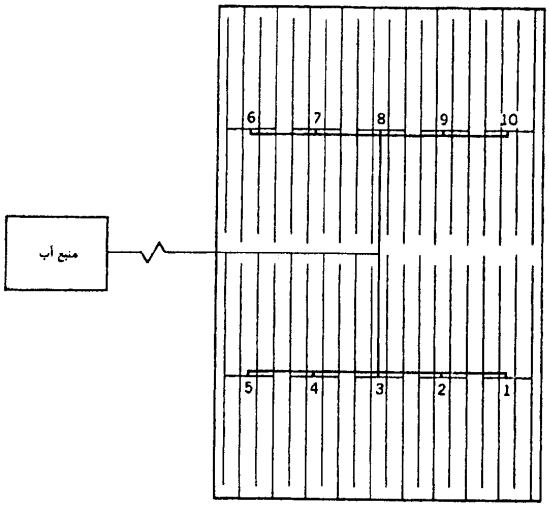
1. gun
2. big-gun sprinkler
3. large-volume sprinkler
4. Solid-set

انتخاب شده و در سطح زمین قرارمی‌گیرند بطوریکه در تمام طول سال در محل خود باقی می‌مانند. اما در سیستم‌های مجموعه ثابت دائمی بهتر است لوله‌های اصلی و فرعی در زیر زمین قرارگرفته و فقط آب‌پاشها در سطح زمین واقع شوند. در شکل 6-5 تصویری از یک قطعه زمین مستطیل شکل که برای آبیاری بارانی مجموعه ثابت لوله گذاری شده است مشاهده می‌گردد. در این شکل لوله‌های اصلی به صورت H در وسط زمین قرارگرفته و از آنها 10 لوله نیمه‌اصلی که به هرکدام 8 لوله فرعی متصل است منشعب می‌گردد. هر لوله نیمه اصلی با یک شیر قطع و وصل آب را از لوله اصلی دریافت داشته و می‌تواند با 8 لوله فرعی خود یک قطعه (بلوک) زمین را آبیاری کند.

در این سیستم بسته به فشار و حجم آب در هر زمان یک یا دو قطعه آبیاری می‌شود. بدین ترتیب که تمام شیرها بسته و فقط شیر مربوط به لوله نیمه اصلی همان قطعه یا قطعات باز می‌شود. اگر قرار باشد دو قطعه به طور هم‌زمان آبیاری شوند توصیه می‌شود برای توازن فشار قطعه 1 با 6، قطعه 2 با 7، قطعه 3 با 8 و به همین ترتیب قطعه 5 با 10 آبیاری شوند. بطوریکه ملاحظه می‌شود در این نوع آرایش لوله‌ها، کنترل برهریک از لوله‌های فرعی نبوده بلکه هریک از قطعات که مشتمل بر 8 لوله فرعی است به طور جداگانه کنترل می‌شوند. در نوعی دیگر از آرایش لوله‌ها که در شکل 6-6 نشان داده شده است هریک از لوله‌های فرعی دارای شیر قطع و وصل جداگانه بوده و می‌تواند مستقلاً کنترل شود. عیب این روش آن است که برای هرلوله باید یک شیر وجود داشته باشد و این خود برهزینه سرمایه گذاری سیستم می‌افزاید.

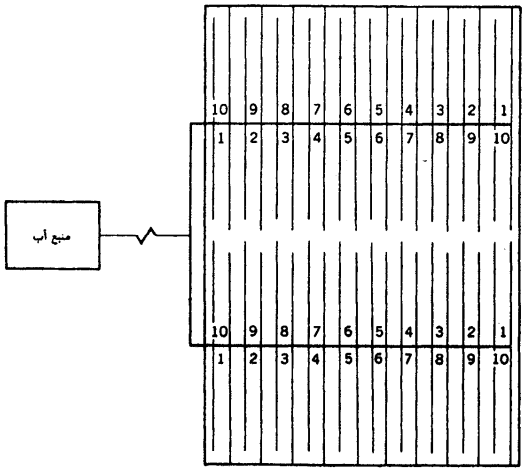
6-2-7. سیستم آبیاری بارانی مجموعه متحرک دائم

در سیستم آبیاری مجموعه متحرک دائم[1] درحالی که لوله فرعی به لوله اصلی متصل بوده، آب را مستقیماً از یک منبع دریافت می‌کند و به حرکت خود ادامه می دهد. بدین ترتیب که دستگاه هم‌زمان با آبیاری به تدریج نیز به جلو حرکت می‌کند. سه نوع مهم از دستگاه‌های آبیاری بارانی مجموعه متحرک دائم عبارتند از: سیستم آبیاری بارانی عقربه‌ای یا دورانی[2]، سیستم آبیاری بارانی متحرک خطی[3] و سیستم آبیاری بارانی با دستگاه آب‌پاش ارابه‌ای[4].



شکل 6-5- سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت که در آن قطعه (بلوک) به صورت مجزا کنترل می‌شود.

1. continuous-move
2. center pivot
3. linear-move
4. traveler



شکل 6-6- سیستم آبیاری بارانی مجموعه ثابت که در آن هریک از لوله‌های فرعی دارای شیر قطع و وصل بوده و به صورت جداگانه کنترل می‌شود.

6-2-8. سیستم آبیاری بارانی عقربه ای

ماشین‌های آبیاری بارانی عقربه‌ای یا سنترپیوت از یک لوله فرعی قطور و طویل که حول یک نقطه مرکزی دوران می‌کند تشکیل شده‌اند.

آب‌پاش‌ها روی لوله فرعی قرارگرفته و لذا سطح آبیاری شده در طی چرخش کامل لوله فرعی به صورت یک دایره است. آب مورد نیاز لوله فرعی از مرکز چرخش تأمین می‌گردد. لوله فرعی به دلیل طویل بودن توسط برجهایی که به فواصل 24 تا 76 متری از یکدیگر واقع شده‌اند و از طریق کابل‌هایی که به آن متصل شده‌اند مهار می‌شود. برجها نیز خود روی چرخ‌هایی قرار دارند و هر کدام از آنها توسط یک موتور الکتریکی باقدرت1تا1/5 اسب بخار به جلو حرکت می‌کنند. به جای موتورهای برقی ممکن است از موتورهای هیدرولیکی آبی یا روغنی استفاده شود. طول لوله‌فرعی در انواع کوچک 60 متر و در ماشین‌های بزرگ تا 800 متر می‌رسد. فشار آب در آب‌پاشها از 1/5 تا 8 اتمسفر متغیر است. امروزه ماشین

های آبیاری عقربه‌ای خیلی کوچک[1] نیز ابداع شده‌اند که می‌توانند قطعات کوچکتر از یک هکتار را نیز آبیاری کنند.

لوله فرعی در ماشین آبیاری بارانی عقربه‌ای در هنگام چرخش باید در امتداد یک خط مستقیم قرار داشته باشد. این عمل از طریق حرکت موتورهایی که در هر یک از برج‌ها قرار دارد صورت می‌گیرد. سرعت چرخش لوله توسط آخرین موتور که در دورترین برج نسبت به مرکز قرار دارد کنترل می‌گردد. بدین ترتیب که موتور مذکور بر طبق سرعت تنظیم شده همیشه روشن بوده و به جلو حرکت می‌کند. اما سایر موتورها از طریق کابل مستقیمی که در امتداد لوله قرار دارند طوری روشن و خاموش می‌شوند که نه از امتداد لوله عقب بمانند و نه از آن جلو بزنند. مثلاً به محض اینکه موتور بخواهد از امتداد لوله جلو بزند اتصال با کابل موتور را خاموش کرده و آن را از حرکت باز می‌دارد و یا در صورتی که بخواهد عقب بماند اتصال کابل دیگر موتور را روشن کرده و تا زمانی که دوباره خاموش شود به جلو حرکت می‌کند.

چون سرعت خطی آب‌پاش‌هایی که در انتهای لوله فرعی قرار دارند نسبت به آب‌پاش‌های نزدیک مرکز زیادتر است، برای یکنواختی پخش آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز باید حجم آب خروجی از آنها بسیار زیاد باشد. این امر ممکن است باعث ایجاد رواناب در سطح یک قطعه فضای‌سبز شود. به همین دلیل سیستم آبیاری دورانی بیشتر مناسب زمین‌های شنی که قابلیت نفوذ آنها زیاد است می‌باشد. عمده‌ترین عیب سیستم‌های عقربه‌ای این‌است که مساحت آبیاری شده در آنها دایره‌ای است و لذا گوشه‌های زمین بدون چمن و پوشش باقی می‌ماند. مگر اینکه برای جلوگیری از این کار تمهیدات خاصی به کار گرفته شود. مثلاً اگر یک قطعه زمین مربع شکل به مساحت 65 هکتار داشته باشیم با روش آبیاری بارانی دورانی تنها 51هکتار آن (79 درصد) آبیاری می‌شود. برخی از سیستم‌های

1. mini-center

عقربه ای در انتهای لوله فرعی مجهز به لوله فرعی گوشه پاش[1] یا آب‌پاش تفنگی هستند که هنگام رسیدن لوله به گوشه های زمین عمل نموده و بخشی از این گوشه‌ها را آبیاری می‌کند.

6-2-9. سیستم آبیاری بارانی متحرک خطی

ماشین آبیاری متحرک خطی[2] اساساً بدین منظور طراحی و ساخته شد که مشکلات مربوط به ایجاد رواناب و عدم آبیاری گوشه‌های زمین که در سیستم عقربه ای وجود دارد بر طرف شود. در این سیستم لوله فرعی به صورت خطی در امتداد طول زمین به کمک برجها و موتورهای مستقر شده در آن به جلو حرکت کرده و زمین را آبیاری می‌کند و مشابه با روش دورانی آب از یک طرف وارد لوله فرعی می‌شود. دریافت آب ممکن است به کمک لوله خرطومی و توسط یک پمپ از یک کانال روباز که در امتداد زمین کشیده شده است صورت گیرد. در این صورت لازم است پمپ نیز متحرک بوده و همراه با جلو رفتن لوله فرعی، پمپ نیز حرکت نماید. در بعضی موارد آب از یک لوله اصلی که در امتداد زمین قرار دارد تأمین می‌گردد. لوله اصلی ممکن است یک یا چند شیر دریافت آب داشته باشد که لوله فرعی به صورت دستی یا خودکار به آن متصل می‌گردد. سیستم‌های متحرک خطی برای آبیاری روزانه یا کوتاه مدت مناسب نیستند. زیرا در آبیاری عقربه‌ای پس از یک دور آبیاری سیستم دوباره به محل شروع بر می‌گردد، اما سیستم متحرک خطی پس از پایان آبیاری در انتهای زمین قرار می‌گیرد که برگشتن آن به محل اولیه روی زمین خیس بسیار مشکل است. برای رفع این مشکل تمهیدات مختلفی از نظر برنامه ریزی آبیاری صورت می‌گیرد تا خیس شدن

1. catch corner
2. linear-move

زمین مشکلی در حرکت ماشین آبیاری به وجود نیاورد. پاره ای از این تمهیدات در شکل 6-7 نشان داده شده است.

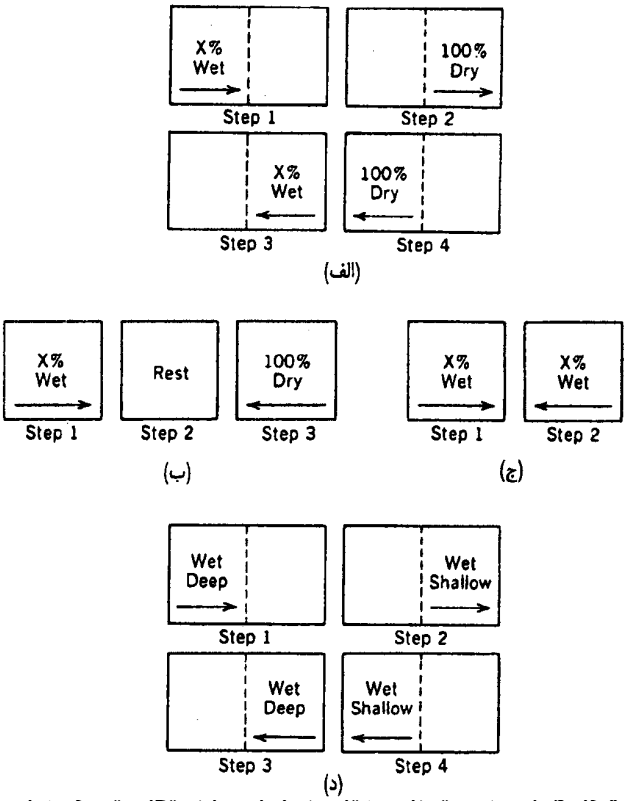
در روش اول، آبیاری به 4 مرحله تقسیم می‌شود (شکل 6-7الف) در مرحله اول ماشین از ابتدای زمین شروع به حرکت کرده و تا وسط زمین را آبیاری می‌کند. در وسط زمین آب قطع شده و ماشین با سرعت روی زمین خشک حرکت می‌کند تا به انتهای زمین برسد. در مرحله سوم ماشین از انتهای زمین در جهت عکس آبیاری را شروع کرده و حرکت می‌کند تا دوباره به وسط زمین برسد. در اینجا دوباره جریان آب قطع شده و در مرحله چهارم ماشین بدون آبیاری روی قسمتی که تا به حال به اندازه کافی خشک شده و برای حرکت ماشین مشکلی را ایجاد نمی‌کند به سرعت حرکت‌کرده و به ابتدای زمین می‌رسد تا دوره جدید آبیاری شروع شود.

در روش دوم، که در شکل 6-7ب نشان داده شده است آبیاری دارای سه مرحله است. در مرحله اول ماشین از ابتدای زمین شروع به آبیاری کرده و تا انتهای زمین به جلو می‌رود. مرحله دوم شامل چند روز توقف آبیاری و ماندن ماشین در انتهای زمین است تا رطوبت خاک کم شده و ماشین بتواند روی آن حرکت کند. در مرحله سوم ماشین بدون آبیاری کردن به سرعت به ابتدای زمین برگشت داده می‌شود.

روش سوم، (شکل 6-7-ج) برای زمین‌های نفوذپذیر یا آبیاری‌های سبکی است که فاصله آنها کوتاه می‌باشد. در این روش ماشین از ابتدای زمین حرکت کرده و طوری آبیاری می‌کند که وقتی به انتهای زمین رسید بلافاصله عقب گرد کرده و دوباره آبیاری را از انتها تا ابتدای زمین ادامه دهد. در این روش وضعیت رطوبت زمین به نحوی است که مانع حرکت چرخ‌های ماشین آبیاری نمی‌شود. در این روش به جای اینکه تمام آب مورد نیاز زمین یکباره به آن داده شود نصف آن در مرحله رفت و نصف دیگر آب مورد نیاز در مرحله برگشت ماشین به زمین داده می‌شود.

در روش چهارم، (شکل 6-7 د) ماشین از ابتدای زمین شروع به آبیاری کرده و با سرعت کند جلو می‌رود تا عمق آبیاری در نیمه اول زمین زیاد باشد. هنگامی که ماشین به وسط زمین رسید سرعت آن زیاد می‌شود تا عمق آبیاری در نیمه دوم زمین کمتر از نیمه اول بوده و آبیاری به اصطلاح سبک انجام شود. پس از اینکه ماشین به انتهای زمین رسید در جهت عکس شروع به حرکت کرده و با سرعت کم آبیاری سنگین تا نیمه زمین به‌جلو می‌رود. هنگامی که دوباره به وسط زمین رسید سرعت ماشین زیاد شده تا آبیاری در قسمت بعد به صورت سبک انجام شود.

بدین ترتیب تمام زمین به صورت یکنواخت آب دریافت می‌دارد.



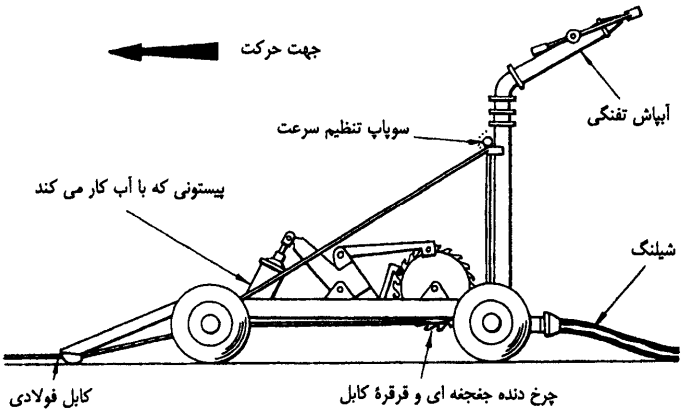
شکل ۵- ۷ - مدیریت های مختلف در ابیاری با دستگاه متحرک حطی

6-2-10. سیستم آبیاری بارانی با دستگاه آب‌پاش ارابه‌ای

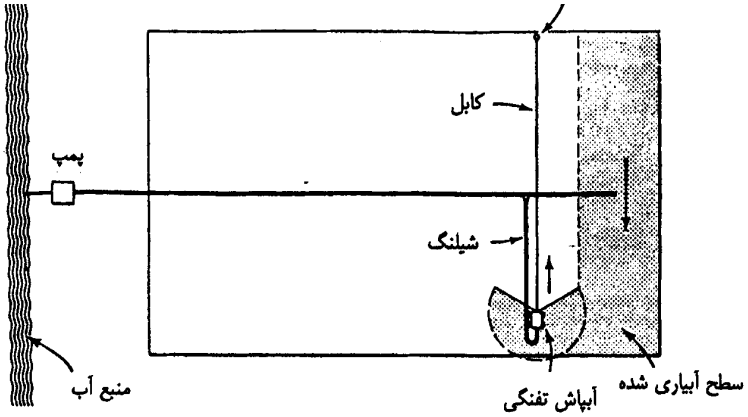
ماشین های آب‌پاش ارابه‌ای مشتمل بر یک آب‌پاش تفنگی بزرگ هستند که آب را توسط یک شیلنگ قابل انعطاف از لوله اصلی دریافت داشته و در سطح یک قطعه فضای‌سبز پخش می‌کنند. آب‌پاش روی ارابه‌ای مستقر بوده و با کابل یا شیلنگ کشیده می‌شود. معمولاً ماشین های آب‌پاش با فشار زیاد 5 تا 10 بار کار می‌کنند و دبی آنها 40 تا 120 مترمکعب درساعت است. این ماشین‌ها قادرند منطقه‌ای به عرض 100 متر و طول 400 متر را در یک مرحله آبیاری کنند، میزان پخش آب در هر ساعت 5 تا 35 میلیمتر است. سیستم‌های ارابه‌ای بسته به روش کشیده شدن ارابه و نوع شیلنگ طبقه بندی می‌شوند. این سیستم‌ها عمدتاً دو نوع هستند که عبارتند از: سیستم شیلنگ‌کش و سیستم شیلنگ‌پیچ.

در سیستم آبیاری بارانی ارابه‌ای با روش شیلنگ کشی، ماشین شیلنگ کش مجهز به یک آب‌پاش بزرگ است که روی ارابه چرخدار نصب می‌شود (شکل 6-8). آب مورد نیاز سیستم به وسیله یک شیلنگ نرم به طول 200 متر و قطر 50 تا 100 میلی‌متر تأمین می‌شود. این شیلنگ به دنبال ماشین کشیده می‌شود. معمولاً در سیستم شیلنگ‌کش که طرح نمونه آن در شکل 6-9 نشان‌داده‌شده است لوله اصلی در وسط یک قطعه فضای‌سبز و دور از محل استقرار پمپ آب قرار می‌گیرد. دراین حالت گرچه طول شیلنگ فقط 200 متر است، لکن در یک مرحله می‌توان یک نوار 400متری از یک قطعه فضای‌سبز را آبیاری کرد.

ارابه در ابتدای مسیری که قرار است آبیاری شود قرار می‌گیرد و شیلنگ نرم در امتداد مسیر حرکت ارابه روی زمین خوابانیده می‌شود و آنگاه دوسر آن به آب‌پاش وشیر فلکه روی لوله اصلی وصل می‌شود. لازم است دقت شود تا در مسیر شیلنگ پیچ و تاب ایجاد نشود زیرا این کار موجب قطع جریان آب می‌شود.



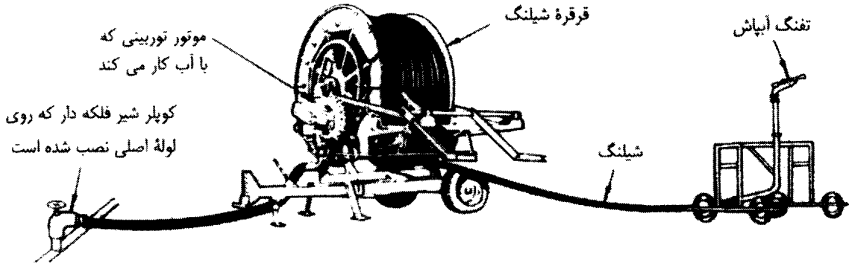
شکل 6-8- ماشین آبیاری بارانی ارابه‌ای – نوع شیلنگ کش



شکل 6-9- نحوه استقرار ماشین آبیاری بارانی ارابه‌ای نوع شیلنگ کش دریک قطعه فضای‌سبز

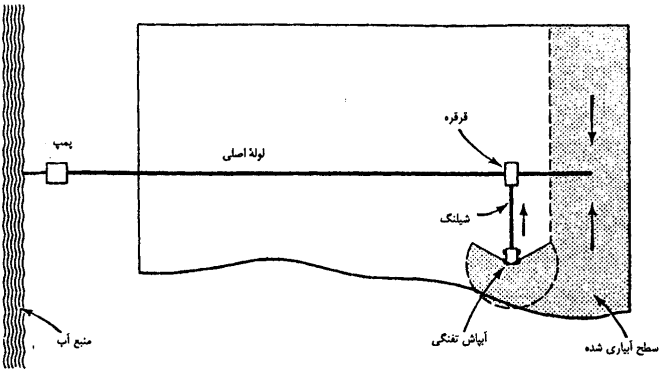
یک کابل فولادی راهنما از ارابه آب‌پاش تا انتهای یک قطعه فضای‌سبز کشیده و در آنجا خیلی محکم بسته می‌شود. سپس شیرفلکه به آرامی بازمی‌شود تا آبیاری شروع شود. یک توربین آبی که با جریان آب کار می‌کند و نیروی آن توسط یک پیستون تأمین می‌شود قرقره کابل جمع کن دستگاه را می‌چرخاند و کابل راهنما دور قرقره می پیچد، در نتیجه ارابه در یک قطعه فضای‌سبز به حرکت درمی آید.

در سیستم ماشین شیلنگ‌پیچ یک آب‌پاش بزرگ روی غلتک یا ارابه چرخدار نصب می‌شود (شکل 6-10) اما جنس شیلنگ که آب را به این ماشین می‌رساند سخت تر و معمولاً از نوع پلی اتیلن است. با وجود این شیلنگ می‌تواند دور یک قرقره بزرگ بپیچد. به وسیله همین شیلنگ، آب‌پاش به سمت قرقره که در کنار یک قطعه فضای‌سبز قرارگرفته است کشیده می‌شود. این قبیل ماشین‌ها همراه با شیلنگهایی به طول 200 تا 400 متر در بازار موجود است.



شکل 6-10- ماشین آب‌پاش ارابه ای – نوع شیلنگ پیچ

برای نمونه در طرح یک سیستم شیلنگ پیچ که در شکل 6-11 نشان داده شده است، لوله اصلی که به پمپ متصل است در وسط یک قطعه فضای‌سبز قرارگرفته است. موقع شروع اولین مرحله آبیاری قرقره نزدیک لوله اصلی در وسط یک قطعه فضای‌سبز قرارگرفته و شیلنگ به لوله‌اصلی متصل می‌شود. سپس ارابه آب‌پاش به آرامی توسط یک تراکتور کشیده شده و شیلنگ از قرقره بازمی‌شود. شیلنگ تنها به اندازه مورد نیاز کشیده می‌شود و بقیه دور قرقره باقی می‌ماند. پمپ را روشن نموده و برای شروع آبیاری شیر فلکه به آرامی باز می‌شود. جریان آب یک موتور، توربین آبی را به حرکت درآورده و باعث چرخیدن قرقره می‌شود. با پیچیده شدن شیلنگ به دور قرقره آب‌پاش به آرامی به عقب کشیده می‌شود تا سرانجام به نزدیک قرقره برسد. در این مرحله قرقره و آب‌پاش به کمک تراکتور 180درجه تغییر جهت می دهد تا طرف دیگر لوله اصلی نیز به همین روش آبیاری شود.



شکل 6-11 - نمونه یک سیستم آبیاری ارابه ای – نوع شیلنگ پیچ

6-3. اجزاء سیستم‌های آبیاری بارانی[1]

هرچند سیستم‌های آبیاری بارانی بسیار متنوعند اما وجوه مشترک نیز بین آنها وجود دارد. از جمله اینکه در تمام این سیستم‌ها باید آب تحت فشار قرارگیرد. فشار ممکن است بسیار زیاد (8 تا10 اتمسفر) مانند آنچه در ماشین‌های آبیاری تفنگی[2] کاربرد دارد، متوسط (3 تا 5 اتمسفر) مانند سیستم‌های جابجا شونده کلاسیک و یا نسبتاً کم (1 تا2 اتمسفر) باشد. امروزه سعی می‌شود سیستم‌های آبیاری بارانی برای صرفه‌جویی انرژی از انواع کم فشار طراحی شوند. سیستم‌های پیشرفته کم فشار متحرک خطی و عقربه‌ای از این نوع به شمار

---

34. ر.ک :

-جیسون،رونالد،ترجمه:علیزاده،امین و همکاران،*تحلیل هیدرولیکی شبکه های توزیع آب*،انتشارات دانشگاه امام‌رضا(ع)، چچهارم،مشهد، 1375

-دونین، ال دی و همکاران، ترجمه : راهدار، محمدرضا، *آبیاری و مدیریت آب*، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چدوم، اهواز، 1384

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی*»، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش106، تهران، 1373

-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک لوله ها و مجاری*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش105، تهران، 1373

-سازمان برنامه و بودجه – وزارت نیرو، «*شرح خدمات مهندسی مطالعات مراحل مختلف طرح های آبیاری و زهکشی*»، دفتر فنی، تهران، 1374

-علیزاده، امین، *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چهفدهم، مشهد، 1383

2. gun

می‌روند. در صورتی که منبع آب نسبت به یک قطعه فضای‌سبز در ارتفاع بالاتری قرار داشته باشد این امکان وجود دارد که آب را با لوله منتقل نموده و از اختلاف ارتفاع برای تأمین فشار در سیستم استفاده به عمل آورد اما در اکثر موارد فشار سیستم توسط پمپ تأمین می‌گردد. بنابراین اساسی‌ترین جزء یک سیستم آبیاری بارانی به شمارمی‌رود.

جزء دیگر سیستم آبیاری بارانی لوله اصلی است که بین پمپ (یا نقطه تأمین فشار) و نقطه ای که آب به یک قطعه فضای‌سبز منتقل می‌شود قرارمی‌گیرد. برخی سیستم‌ها مانند ماشین‌های آبیاری بارانی مجموعه متحرک خطی که آب را از کانال رو باز برداشت می‌کنند فاقد لوله اصلی هستند. همان‌طور که در بعضی شرایط ممکن است چندین لوله اصلی در یک قطعه فضای‌سبز کشیده شده باشد. چون لوله‌های اصلی کمتر جابجا می‌شوند اکثراً در زیر زمین قرار می‌گیرد و هرکجا لازم باشد آب از آنها دریافت شود یک لوله عمودی[1] از آن منشعب و تا سطح زمین بالامی‌آید. روی این لوله شیر فلکه نصب می‌گردد تا به آسانی بتوان جریان آب را قطع و وصل کرد. لوله اصلی ممکن است خود انشعابات کوچکتری داشته باشد که به آنها نیمه اصلی گویند. درحالی که لوله‌اصلی وظیفه آبرسانی به کل یک قطعه فضای‌سبز را دارد، لوله نیمه اصلی فقط برای قسمتی از یک قطعه فضای‌سبز آب تأمین می‌کند. بنابراین لوله اصلی و لوله‌های نیمه اصلی جزء دیگر یک سیستم معمولی آبیاری بارانی را تشکیل می‌دهند.

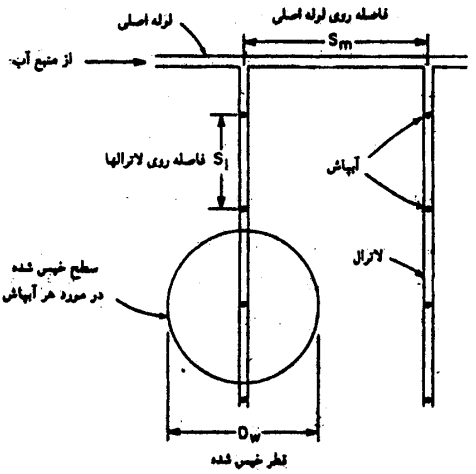
آبرسانی به داخل یک قطعه فضای‌سبز و جابه جایی آب در زمین توسط لوله‌های دیگری که از لوله اصلی یا لوله نیمه اصلی منشعب می‌شوند صورت می‌گیرد. این لوله‌ها را لوله فرعی یا لاترال[2] گویند. دربعضی سیستم‌ها مانند ماشین‌های مجموعه متحرک دورانی و خطی و لوله‌های چرخدار فقط یک لوله فرعی وجود دارد. حال آنکه برخی دیگر از

1. riser
2. lateral

سیستم‌ها مانند انواع جابجا شونده کلاسیک و یا سیستم‌های ثابت ممکن است 2 یا چند لوله فرعی داشته باشند. لوله یا لوله‌های فرعی نیز از اجزاء مهم سیستم آبیاری بارانی به شمار رفته و طراحی آن از نظر قطر و طول یکی از کارهای اساسی در طرح یک سیستم آبیاری بارانی است.

آخرین جزء سیستم بارانی را آب‌پاشها[1] تشکیل می‌دهند. آب‌پاشها ممکن است مستقیماً روی لوله فرعی قرارگیرند و یا اینکه روی پایه عمودی که از لوله فرعی منشعب شده و به آن پایه آب‌پاش[2] می گویند واقع گردند. وظیفه آب‌پاش خارج ساختن آب از لوله فرعی و تبدیل آن به قطرات ریز و درشت و پخش در اطراف می‌باشد. برای آنکه پخش آب در سطح یک قطعه فضای‌سبز یکنواخت صورت گیرد، فاصله لوله‌های فرعی از یکدیگر (Sm) که همان فاصله روی لوله اصلی می‌باشد[3] و فاصله آب‌پاش‌ها از همدیگر (SI) که در واقع فاصله روی لوله لاترال[4] می‌باشد و قطر دایره پاشش (Dw) از معیارهای مهمی است که در طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی باید درنظرگرفته‌شود. شکل 6-12 الگوی یک سیستم آبیاری بارانی را به صورت تصویری نشان می دهد.

1. sprinkler
2. riser
3. main spacing
4. lateral spacing



شکل 6-12- توصیف تصویری اجزاء اصلی سیستم‌های آبیاری بارانی

6-4. آب‌پاش ها و خصوصیات آنها

6-4-1. انواع آب‌پاش‌ها

همان‌طور که گفته شد آخرین جزء سیستم آبیاری بارانی آب‌پاشها به شمار می‌روند. آب‌پاش‌ها باید آب را تا حدممکن به طور یکنواخت و بدون آنکه در سطح زمین رواناب ایجاد شود، پخش نمایند. برای این منظور انواع مختلف آب‌پاش‌ها طراحی و ساخته شده‌اند. برخی آب‌پاش‌ها چرخان[1] و برخی به صورت ثابت[2] می‌باشند. از آب‌پاش‌های چرخان، می‌توان انواع ضربه‌ای[3] دنده‌ای[4] و عکس‌العملی[5] و از نوع ثابت آب‌افشان‌ها[6] را نام برد.

1. rotating sprinkler
2. fixed-head sprinkler
3. impact
4. gear-driven
5. reaction-type
6. spray-type

6-4-1-1. آب‌پاش‌های ضربه‌ای

آب‌پاش‌های ضربه‌ای دارای یک یا دو سر آب‌پاش یا نازل[1]می‌باشند که جت (فواره) آب را وارد هوا می‌کنند. آب‌پاش‌تک‌فواره‌ای دارای یک روزنه بوده و آب کمتری مصرف نموده و به طور یکنواخت آبیاری می‌کند. در آب‌پاش دوفواره ای یک فواره دارای برد زیاد است که مشابه آب‌پاش تک فواره‌ای عمل می‌کند و فواره دیگر دارای برد کم است که اطراف نزدیک آب‌پاش را آبیاری می‌کند. به این ترتیب یکنواختی پخش آب بیشتر می‌شود. در مقابل فواره آب یک صفحه فنرداری قرارگرفته‌است که در اثر برخورد جریان آب با آن و عکس العمل فنر، به طور مرتب رفت و برگشت‌نموده و مانند آن است که جریان آب را با برخورد با آن قطع و وصل کند. این عمل باعث چرخیدن فواره آب می‌شود. در آب‌پاشهای دوفواره‌ای این صفحه فقط در مقابل فواره‌ای که برد زیاد دارد قرارگرفته است. برای استفاده در آب‌پاشهای ضربه‌ای انوع سرآب‌پاشها طراحی شده اند که عبارتند از: سرآب‌پاش با دبی ثابت، سرآب‌پاش با قطر ثابت و سرآب‌پاش جت پخش[2] معمول‌ترین نوع سرآب‌پاشها دارای قطر روزنه ثابت هستند که از برنج و پلاستیک ساخته می‌شوند. دبی خروجی از این سرآب‌پاشها متناسب با جذر فشار می‌باشد. آب‌پاشهای با دبی ثابت طوری ساخته می‌شوند که پس از رسیدن فشار به یک آستانه مشخص دبی ثابت شده و اگر فشار از این آستانه بیشتر باشد تغییرات فشار بر دبی خروجی تأثیر ندارد. این آب‌پاشها در واقع تنظیم کننده دبی بوده و در مواردی به کار می‌روند که به دلیل پستی و بلندی زمین تغییرات فشار در طول لوله‌های فرعی زیاد است. سرآب‌پاشهای پخش‌کننده جت آب برای وضعیتی طراحی شده‌اند که در فشار پایین نیز قطرات کوچک آب تشکیل گردد. زیرا در صورت استفاده از سرآب‌پاش های ضربه ای در فشار پائین قطرات کوچک آب به وجود نمی‌آید. این سرآب‌پاشها دارای روزنه دایره ای شکل

1. nozzle
2. diffuse – jet

بوده و ممکن‌است در محل روزنه متلاطم کننده‌هائی نیز برای پخش آب تعبیه شده باشد. باید توجه داشت که قطر دایره خیس شده در این سرآب‌پاش ها به اندازه آب‌پاش‌های ضربه‌ای نمی‌باشد.

6-4-1-2. آب‌پاشهای دنده ای

نوعی دیگر از آب‌پاش های چرخان انواع دنده‌ای[1] می‌باشند. در این آب‌پاش‌ها توربین کوچکی کار گذاشته شده است که در آن سرعت چرخشی زیاد توربین توسط تعدادی چرخ دنده تقلیل داده می‌شود. این آب‌پاش‌ها نیز دارای یک یا چند جت خروجی آب هستند که حول محور عمودی آب‌پاش می چرخند. برخلاف آب‌پاش‌های ضربه‌ای که به صورت قطع و وصلی عمل می‌کنند، چرخش آب‌پاش‌های دنده‌ای آرام و بدون اغتشاش صورت می‌گیرد.

6-4-1-3. آب‌پاشهای عکس العملی

در آب‌پاش‌های عکس العملی[2] عمل چرخش در اثر نیروی عکس العمل آب در هنگام خروج از دهانه فواره صورت می‌گیرد. این آب‌پاش‌ها سطح وسیعی را آبیاری نمی‌کنند و فشار مورد نیاز برای استفاده آنها به مراتب کمتر است (0/5 تا 2 اتمسفر).

6-4-1-4. آب‌پاش‌های ثابت

انواع آب‌پاش‌های ثابت بستگی به وضعیت شیارهای مسیر خروج آب دارد. شیارها، شکافها، مخروطها و صفحات منحرف کننده در مسیر جریان آب باعث می‌شوند تا جریان‌های متعدد کوچک[3] در اطراف آب‌پاش ایجاد شود و یا این که آب در یک الگوی دایره‌ای شکل در حول

1. gear-driven
2. reaction
3. multi-streamlet

و حوش آب‌پاش به صورت افشان[1] پراکنده شود. فشار لازم برای این آب‌پاش‌ها کم و حدود 2 تا 3 اتمسفر است. امروزه در سیستم‌های پیشرفته آبیاری بارانی با ماشین های دورانی و خطی از این نوع آب‌پاش‌ها استفاده می‌شود.

فشار آب و ابعاد هندسی سر آب‌پاش (مانند قطر روزنه، شکل روزنه و زاویه خروج جریان آب) مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد آب‌پاش‌ها از روی دبی، بردپرتاب قطرات[2]، الگوی توزیع، شدت پخش و اندازه قطرات مشخص می‌گردد.

6-4-2. دبی آب‌پاش‌ها

دبی آب‌پاش حجم آبی است که در واحد زمان از آن خارج می‌شود و بر حسب واحدهایی مانند لیتر در دقیقه توصیف می‌شود. چون جریان خروج آب از سرآب‌پاش‌ها از روزنه‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین دبی هر آب‌پاش را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} C_i A_i \sqrt{(2gPi)}$$ رابطه 1-6

در این رابطه n تعداد روزنه‌ها در هر آب‌پاش، A_i سطح مقطع روزنه، P_i فشار آب در داخل لوله در محل آب‌پاش، g شتاب ثقل زمین و C_i ضریب مربوط به روزنه سرآب‌پاش می‌باشد. هر کارخانه سازنده برای آب‌پاش‌هائی که تولید می‌کند کاتالوگ‌هایی را در اختیار قرار می دهد که در آن در مورد هر آب‌پاش برای قطرهای مختلف روزنه مقادیر دبی به ازای فشارهای مختلف داده شده است. این کاتالوگ‌ها به طراح کمک می‌کند تا بداند در صورت انتخاب یک آب‌پاش بخصوص در فشاری که طراحی می‌کند مقدار دبی قابل انتظار از آن چقدر است. در این کاتالوگ‌ها هم چنین قطر دایره خیس شده و بردپرتاب قطرات در فشارهای مختلف داده شده است.

---

1. spray
2. distance of throw

6-4-3. برد پرتاب در آب‌پاش‌ها

فاصله‌ای که بین آب‌پاش‌ها در نظر گرفته می‌شود بستگی به برد پرتاب قطرات آب دارد. برد پرتاب نیز خود تابعی از فشار، شکل و قطر روزنه سرآب‌پاش و زاویه خروج فواره آب نسبت به افق است. با افزایش فشار، برد پرتاب زیاد می‌شود و اگر تمام عوامل ثابت باشند برد پرتاب با افزایش قطر روزنه نیز افزایش پیدا می‌کند. اما با افزایش زاویه پرتاب نسبت به افق، برد پرتاب ابتدا زیاد شده و سپس کاهش پیدا می‌کند. کارخانجات سازنده برای هر یک از سرآب‌پاشها به ازاء قطر روزنه، زاویه پرتاب و شکل روزنه، مقادیر برد پرتاب را به صورت قطر دایره خیس شده در فشارهای مختلف ارائه می‌کنند تا طراح بتواند در مورد انتخاب فاصله آب‌پاشها تصمیم‌گیری نماید.

6-4-4. الگوی توزیع آب توسط آب‌پاش‌ها

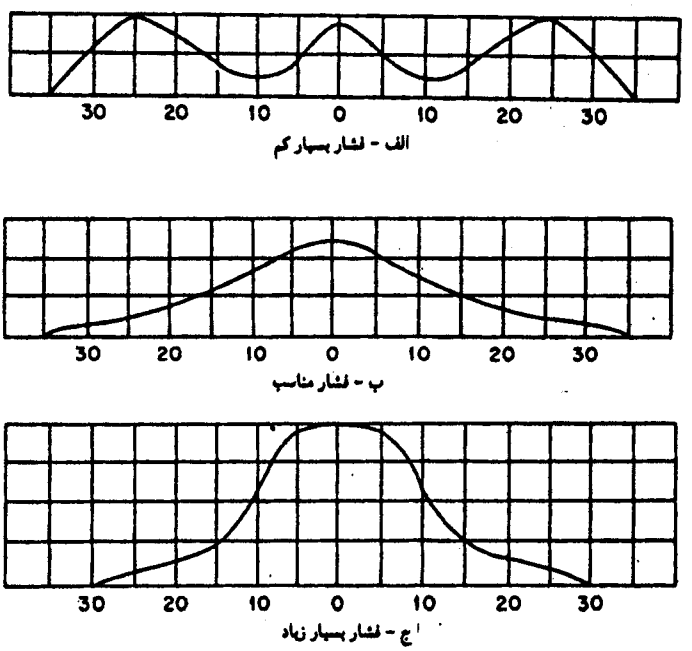
حجم آب و شدت پخش در زیر آب‌پاش‌ها نسبت به فاصله از آب‌پاش متغیر است. الگوی پخش آب در دایره خیس شده هر آب‌پاش را الگوی توزیع[1] گویند. این الگو برای هر آب‌پاش در فشار ثابت باید ثابت باشد. اما تغییرات فشار باعث تغییر در الگوی توزیع آب می‌شود. چنانچه شدت پخش یا عمق آب ریخته شده روی زمین را در اطراف آب‌پاش بررسی کنیم مشاهده خواهد شد که نیمرخ آن در فشارهای مختلف مطابق شکل 6-13 خواهد بود، بدین ترتیب که در فشار خیلی کم چون اکثر قطرات قطر یکنواخت دارند عمدتاً به خارج پرت شده و لذا شدت پخش در قسمت حاشیه دایره پخش زیادتر است و اگر از قسمت نزدیک آب‌پاش که در آنجا نیز معمولاً ریزش آب زیاد است صرف نظر کنیم تقریباً در وسط دایره پخش حجم آبی که به زمین می‌ریزد بسیار کم است. در واقع مثل آن است

1. distribution pattern

که الگوی توزیع آب مشابه یک حلقه لاستیک باد کرده اتومبیل یا نان شیرینی دونات[1] باشد (شکل6-13الف)، در صورتی که اگر فشار مناسب باشد الگوی توزیع مشابه شکل 6-13 ب مثلثی است. در این حالت عمق آب از حاشیه دایره خیس شده به سمت مرکز پخش به صورت خطی افزایش می‌یابد. چنانچه فشار آب در آب‌پاش‌ها بسیار زیاد باشد قطرات تشکیل شده آب ریز خواهند بود و برد پرتاب آنها کم است. در این حالت اکثر قطرات در همان نزدیکی‌های آب‌پاش فرو ریخته و عمق آب در حاشیه دایره خیس شده بسیار اندک است.

در هر حال فشار نامناسب در سیستم بارانی- چه زیاد و چه کم- باعث می‌شود تا بعضی جاهای زمین کمتر آبیاری شود که اثر آن بر رشد گیاه در آن نقاط مشهود است. هر وقت در قطعات فضای‌سبز که با آبیاری بارانی، آبیاری می‌شوند مشاهده کردید که رشد گیاهان در خطوطی موازی با آب‌پاش‌ها کم است می‌توانید نتیجه بگیرید که در این سیستم فشار متناسب طراحی نشده است. چنانچه فشار زیاد بوده است خطی که در آن رشد گیاهان کم‌است در وسط لوله‌های فرعی قرار می‌گیرد. زیرا خیس شدن دایره‌ای که مورد نظر است به خوبی صورت نمی‌گیرد (این حالت ممکن است به دلیل بزرگ گرفتن فاصله در لاترال‌ها نیز به وجود آید). چنانچه فشار سیستم بسیار کم باشد خطوطی که در آن رشد گیاهان کم است هم در مجاورت لوله فرعی و هم در وسط آنها قرار می‌گیرد.

1. donut-shape



شکل 6-13 – اثر فشار آب بر الگوی پخش آب توسط آب‌پاش. فرض شده است که آب‌پاش در نقطه 0 قرارگرفته و فاصله های اطراف آب‌پاش بر حسب متر باشد. محور عمودی نشان دهنده عمق پخش آب است.

تأثیر قطر روزنه آب‌پاش و شکل سرآب‌پاش بر الگوی توزیع آب به اندازه فشار نیست. به خصوص اینکه می‌توان اثر آنها را با نصب صفحات منحرف کننده جریان خنثی نموده و یکنواختی پخش آب را افزایش داد. اثر زاویه جت خروجی آب نیز بیشتر بر شعاع دایره پاشش است تا الگوی توزیع. با وجودیکه اکثر کارخانجات سازنده سعی دارند آب‌پاشهایی به بازار عرضه کنند که از الگوی توزیع یکنواختی برخوردار باشند اما اگر بخواهیم یکنواختی پخش آب در دایره پاشش افزایش یابد لازم است که در طراحی فشار سیستم دقت شود.

6-4-5. شدت پخش آب

به مقدار آبی که در یک نقطه از زمین در واحد زمان توسط آب‌پاش فرو ریخته می‌شود شدت پخش[1] گویند. شدت پخش از پارامترهای مهم در طراحی یک سیستم آبیاری است زیرا مقدار آن باید هماهنگ با شدت نفوذ آب در خاک باشد. درصورتی‌که شدت پخش زیادتر از ظرفیت نهایی نفوذ آب به داخل خاک باشد رواناب سطحی ایجاد خواهد شد. متوسط شدت پخش برای یک آب‌پاش منفرد از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$A = 60\frac{Q}{a}$$ رابطه 6-2

در این رابطه Q دبی آب‌پاش (لیتردرقیقه)، a مساحت دایره پاشش (مترمربع) و A شدت پخش (میلی‌متر در ساعت) می‌باشد. اما چنانچه در یک قطعه فضای‌سبز تعداد زیادی آب‌پاش مشابه مشغول به کار باشند مقدار A برابر خواهد بود با:

$$A = 60\frac{Q}{L.S}$$ رابطه 6-3

که L فاصله بین آب‌پاشها روی لوله فرعی (متر) و S فاصله لوله‌های فرعی از یکدیگر (متر) می‌باشد. در واقع در این حالت آب‌پاشها روی شبکه‌ای به ابعاد L × S قرارگرفته‌اند که L. S مساحت مربوط به هر آب‌پاش می‌باشد. در مورد یک لوله فرعی، اگر دبی ورودی به آن Q_t (لیتردرقیقه) و طول آن L_I (متر) باشد با فرض اینکه فاصله آب‌پاشها از یکدیگر S (متر) باشد، متوسط شدت پخش در مساحت خیس شده توسط این لوله برابر است با:

$$A = \frac{60(Q)}{(L_I)S}$$ رابطه 6-4

بنابراین آنچه از معادله فوق به دست می‌آید متوسط شدت پخش آب در زیر یک لوله لاترال است. در مورد اکثر آب‌پاشها تغییرات فشار تأثیر چندانی برشدت پخش ندارد زیرا

1. application rate

اگر فشار افزایش یابد درست است که Q افزایش پیدا می‌کند اما اثر افزوده شدن Q با اثر افزوده شدن مساحت دایره پاشش خنثی می‌شود. درحالتی که چندین آب‌پاش مشابه هم‌پوشانی ایجادکنند افزایش فشار، شدت پخش را افزایش می دهد زیرا مقادیر L و S ثابت باقی‌می‌مانند. این موضوع در مساحت خیس‌شده زیر یک لوله فرعی نیز صادق است.

عوامل دیگری مانند زاویه جت خروجی آب، شکل روزنه، قطر روزنه و صفحات منحرف کننده جریان همگی برشدت پخش مؤثرند. زیرا این عوامل باعث تغییر در مساحت دایره خیس شده می گردند. شدت لحظه ای پخش[1] که عبارت از مقدار آبی است که در یک لحظه روی سطح خاک می‌ریزد، در آب‌پاشهای مختلف متفاوت است. مثلاً در آب‌پاشهای ضربه‌ای، یک نقطه از خاک در هر چرخش یک یا دو مرتبه آب روی آن ریخته می‌شود. درصورتی که در آب‌پاشهایی که صفحات منحرف کننده دارند یا در آب‌پاشهای آب‌افشان تقریباً در تمام لحظات آب روی خاک ریخته می‌شود. در بعضی خاکها که در مقابل فرسایش حساسند هرچه شدت لحظه ای پخش آب کمتر باشد خطرات مربوط به رواناب و ایجاد فرسایش نیز کمتر خواهد شد.

6-4-6. اندازه قطرات در آب‌پاشها

اندازه یا قطر قطرات آب از این نظر حائز اهمیت هستند که باعث تخریب خاکدانه‌ها و ایجاد سله در سطح خاکهای لخت می‌شوند. بنابراین در بعضی خاکهای حساس به فرسایش با تغییر سرآب‌پاشها می‌توان قطر قطرات را کاهش داد تا از نیروی برخورد آنها با خاکدانه‌ها کاسته شود. اما در جاهایی که باد وجود دارد اگر قطرقطرات کوچک باشند همراه باد جابجا شده و الگوی توزیع آب در زیر آب‌پاش تغییر می‌کند. تلفات مربوط به تبخیر و باد بردگی قطرات در آب‌پاشهایی که قطرات ریز تولید می‌کنند بیشتر است. به طور کلی در یک

1. instantaneous application rate

آب‌پاش مشخص افزایش فشار معمولاً حجم آبی را که به صورت قطرات ریز فرومی‌ریزد افزایش داده در حالی که حجم آب مربوط به قطرات درشت را کاهش می دهد. به عبارت دیگر افزایش فشار باعث ریزترشدن قطرات می‌گردد. همین موضوع در مورد کوچک شدن قطر روزنه سرآب‌پاش‌ها صادق است. شکل روزنه نیز بر اندازه قطرات مؤثر است اما زاویه خروج آب تأثیری بر اندازه قطرات ندارد.

قطرات آب که توسط آب‌پاشها به زمین می‌رسند مهمترین عامل شکستن خاکدانه‌ها می‌باشند. هرچه قطرات ریزتر باشند نیروی برخورد آنها با خاک کمتر بوده و لذا خطر سله بستن سطح خاک کمتر است. بنابراین درهنگامی که از آبیاری بارانی برای تسهیل در جوانه زدن استفاده می‌شود به جای آب‌پاشهایی که قطرات درشت تولید می‌کنند بهتر است از آب‌پاشهایی استفاده شود که قطرات آب در آنها کوچک است. از طرف دیگر خطر بادبردگی و تبخیر در قطرات کوچکتر زیادتر می‌شود. هرچه فشار آب زیادتر باشد حجم آب خروجی زیادتر شده و قطرات آب نیز ریزتر می‌شوند. برعکس فشارکم، قطرات درشت‌تری را تولید می‌کند.

تأثیر درشتی قطرات بر تبخیر و بادبردگی از روی نمایه درشتی[1] که با علامت C_i نشان داده می‌شود تعیین می‌گردد. این نمایه برابر است با:

$$C_i = 0.032\frac{P^{1.3}}{B}$$ رابطه 5-6

که در آن P فشار آب در سرآب‌پاش (kP_a) و B قطر روزنه سرآب‌پاش (mm) است. مثلاً اگر قطر روزنه سرآب‌پاش 3/5 میلی‌متر و فشار آب 300 کیلو پاسکال باشد نمایه درشتی قطرات (C_i) از رابطه فوق معادل 15 خواهد بود. چنانچه $C_i \leq 7$ باشد قطرات درشت و اگر $C_i \geq 7$ باشد قطرات ریز خواهند بود. در عمل سعی می‌شود نمایه درشتی

1. corsness index

قطرات بین 7 و 17 باشد. با توجه به ریزی و درشتی قطرات می‌توان از روی شکل 6-14با داشتن پتانسیل تبخیر مقدار R_e را که درصد مفید قطرات آب خارج شده از سر آب‌پاش می‌باشند به دست آورد (نسبت مقدار قطراتی که به سطح زمین می‌رسند به مقدار قطراتی که از دهانه آب‌پاش خارج می‌شوند) زیرا هرچه قطرات ریزتر باشند و سرعت باد نیز زیاد باشد بخصوص در مناطق گرم و خشک تلفات تبخیر و بادبردگی زیاد خواهد بود. در شکل مذکور سه وضعیت برای سرعت باد نیز داده شده است. قسمت بالای شکل برای حالتی است که قطرات درشت و قسمت پایینی شکل برای زمانی که قطرات ریز باشند می‌باشد. درصورتی که C_i بین 7 و 17 باشد مقدار R_e از رابطه زیر استفاده می‌شود:

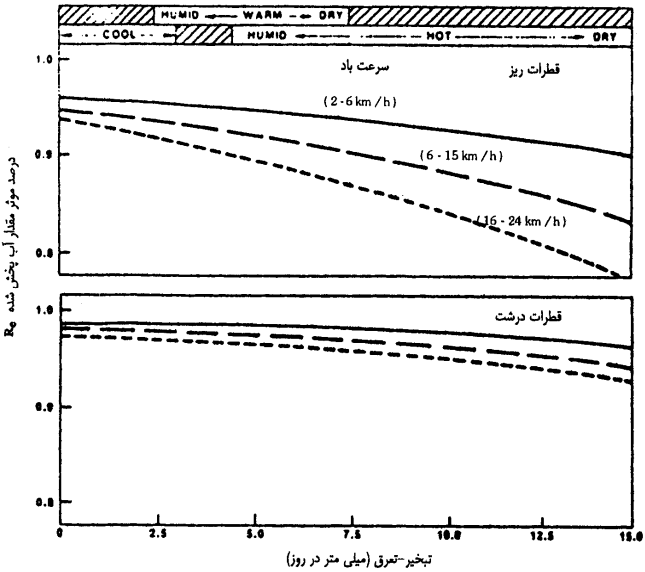
رابطه 6-6
$$R_e = \frac{(C_i - 7)}{10}(R_e)_f + \frac{(17 - C_i)}{10}(R_e)_c$$

که در آن $(R_e)_c$ مقدار به دست آمده R_e از قسمت بالای شکل (قطرات درشت) و $(R_e)_f$ مقدار به دست آمده R_e از قسمت پایین شکل (قطرات ریز) می‌باشند. از رابطه زیر نیز با داشتن ET روزانه یعنی پتانسیل تبخیر می‌توان R_e را به دست آورد.

رابطه 6-7

$$R_e = 0.976 + 0.005\ ET - 0.00017\ ET^2 + 0.0012\ WS - C_i\ (0.00043\ ET + 0.00018\ WS + 0.000016\ ET.WS)$$

رابطه فوق برای وضعیتی که $7 \le C_i \le 17$ باشد صادق است. درصورتی که $C_i > 17$ باشد آن را معادل $C_i = 17$ و درصورتی که $C_i < 7$ باشد آن را معادل $C_i = 7$ فرض نمائید. در رابطه مذکور ET تبخیر – تعرق پتانسیل برحسب میلیمتر در روز و WS سرعت باد برحسب کیلومتر درساعت و C_i نمایه درشتی قطرات است.



شکل6-14- جزء مؤثر آب خارج شده از آب‌پاش‌های آبیاری بارانی (R_e) که در شرایط مختلف به سطح زمین می رسند.

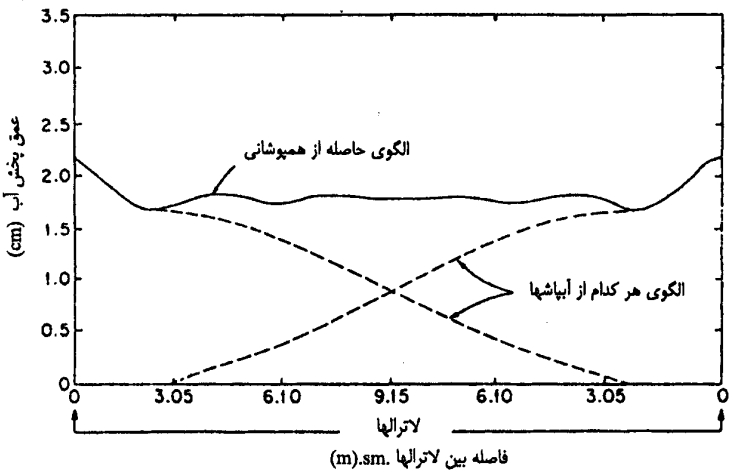
6-4-7. یکنواختی در پخش آب

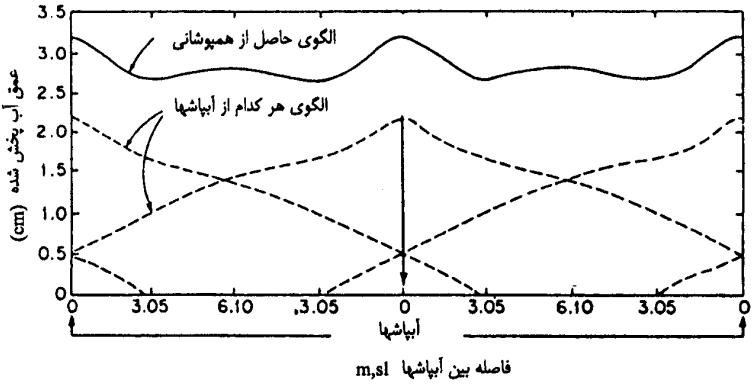
یکنواختی پخش آب در سیستم آبیاری بارانی عمدتاً بستگی به این دارد که باتوجه به فاصله بین آب‌پاشها و اثر باد مناسب‌ترین مقدار فشار و اندازه آب‌پاش انتخاب شود. فشار مناسب در آب‌پاشها باعث می‌شود تا نیمرخ عمق پخش آب مشابه شکل 6-13 ب حالت مثلثی داشته باشد. چنانچه این الگو توسط مثلث مشابه دیگری پوشیده شود توزیع آب در روی زمین نسبتاً یکنواخت خواهد شد. اگر به شکل 6-15 توجه کنید در نقاط 0 در راست و چپ این شکل دو آب‌پاش قرار دارند که نیمرخ مثلثی الگوی پخش آب در هرکدام به صورت خط چین نشان داده شده است.

عمق کل پخش آب در هرنقطه از زمین که بین این دو آب‌پاش قرارگرفته باشد برابر مجموع عمق آب دریافتی از هرکدام از آب‌پاشهاست. این عمق در شکل با منحنی سیاه رنگ بالای شکل نشان داده شده است که نسبتاً به صورت افقی و یکنواخت است. البته در

سیستم بارانی هیچ وقت نخواهیم توانست به یک خط افقی صاف دستیابی پیدا کنیم یعنی اینکه رسیدن به یکنواختی توزیع 100 درصد امکان پذیر نخواهد بود و لذا مهندس طراح باید سعی کند بین هزینه‌هایی که صرف سیستم می‌شود و درجه یکنواختی توزیع آب توازن مناسبی برقرار کند. در شکل 6-16 اثر الگوی همپوشانی آب‌پاشهایی که در طول لوله فرعی قرار دارند بر یکنواختی توزیع نشان داده شده است. در این حالت علائم 0 که روی محور افقی دیده می‌شود موقعیت آب‌پاشها است که فاصله آنها در طول لوله فرعی از یکدیگر S_1 می‌باشد.

شکل 6-15- الگوی توزیع آب در اثر همپوشانی آب‌پاشهای دو لوله فرعی مجاور هم

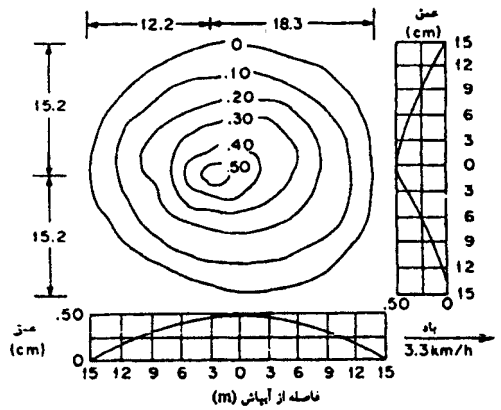




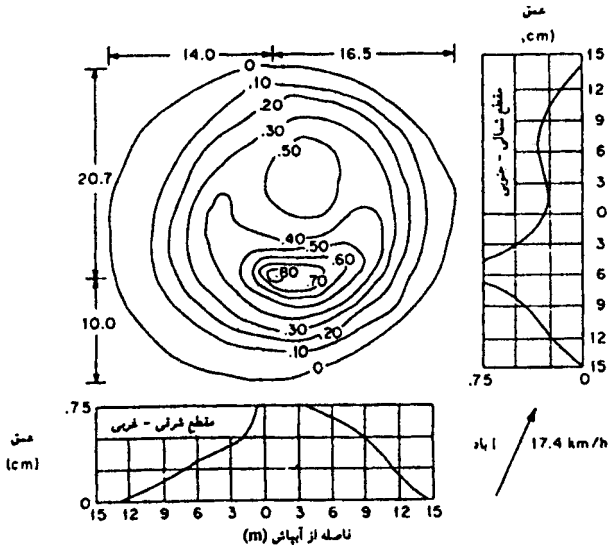
شکل 6-16- الگوی توزیع آب در اثر همپوشانی آب‌پاشهایی که روی یک لوله فرعی قرار دارند. نقاط 0 موقعیت استقرار آب‌پاشها است.

6-4-7-1. اثر باد

جهت و سرعت باد غالباً بر یکنواختی توزیع آب در سیستم‌های بارانی نقش مؤثری دارد. وجود بادهای شدید در یک نقطه می‌تواند عامل محدودکننده در طرح ریزی سیستم بارانی بوده و یا حداقل زمان کار آن را محدود به شب که در آن سرعت باد کمتر است بنماید. در شکل‌های 6-17 و 6-18 تأثیر باد بر چگونگی توزیع آب در یک آب‌پاش مشاهده می‌گردد. در حالتی که باد وجود نداشته باشد و یا سرعت آن کم باشد الگوی توزیع مطابق شکل 6-17 است. در اینجا نیز موقعیت آب‌پاش نقطه 0 است و نیمرخ عمق آب پخش شده شکل مثلثی دارد. در این حالت خطوط هم عمق پخش، دایره‌هایی هستند متحدالمرکز، حال آنکه در وضعیت باد شدید مطابق شکل 6-18 الگوی توزیع به شدت پیدا می‌کند. در این شرایط الگوی توزیع تابعی از جهت و سرعت باد است. اگر در منطقه سرعت باد زیاد باشد می‌بایست فاصله لوله‌های فرعی و آب‌پاشها را کمتر گرفت تا توزیع آب هرچه بیشتر یکنواخت باشد.



شکل 6-17- توزیع آب در اطراف آب‌پاش در وضعیتی که سرعت باد کم باشد. آب‌پاش در نقطه 0 قرارگرفته است.



شکل 6-18- الگوی توزیع آب در اطراف آب‌پاش در وضعیتی که سرعت باد شدید باشد. آب‌پاش در نقطه 0 قرارگرفته است.

6-4-7-2. ضرایب یکنواختی

با در نظر گرفتن مطالبی که در قسمت‌های قبل گفته شد ملاحظه می‌شود که یکنواختی توزیع در سیستم آبیاری بارانی از مهمترین پارامترهائی است که باید به آن توجه خاص

معطوف داشت. برای تعیین یکنواختی توزیع در این سیستم‌ها روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده است. این روش‌ها همگی شامل قراردادن تعدادی قوطی جمع‌آوری آب در نقاط مختلف اطراف آب‌پاش است.

در شکل 6-19 قطعه‌ای از یک سیستم آبیاری بارانی با دو خط لوله فرعی به فاصله S_m که روی آنها آب‌پاشها به فاصله S_1 از یکدیگر قرارگرفته اند نشان‌داده شده است. بین لوله‌های فرعی تعدادی قوطی به فواصل مشخص جهت جمع‌آوری آب قرار داده شده است. پس ار آنکه آب‌پاشها برای مدتی کار کردند عمق آب در هر قوطی اندازه گرفته می‌شود. سپس برای محاسبه ضریب یکنواختی معمولاً از یکی از دو رابطه زیر استفاده می‌شود. اولین رابطه به نام رابطه ضریب یکنواختی کریستیان سن[1] است:

$$UC = 1 - \sum_{i=1}^{n} [abs(x_i - \bar{x})] / (n\bar{x})$$ رابطه 6-8

که در آن:

UC = ضریب یکنواختی کریستیان سن (اعشار).

abs = علامت قدر مطلق.

x_i = عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری آب، mm.

$\bar{x}$ = میانگین عمق آب در قوطی‌های جمع‌آوری، mm .

n = تعداد قوطی‌های جمع‌آوری آب.

رابطه دیگری که توسط متخصصین انجمن نیشکر هاوائی ارائه شده است به شرح زیر می‌باشد:

$$UC = 1-[2/\pi]^{0.5}(s/\bar{x})$$ رابطه 6-9

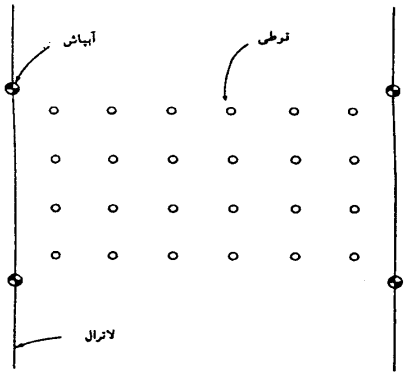
که در آن:

1. Christiansen

s = انحراف از معیار عمق آب جمع شده در قوطی‌ها،mm .

$\overline{x}$ = میانگین عمق آب جمع شده در قوطی‌ها، mm.

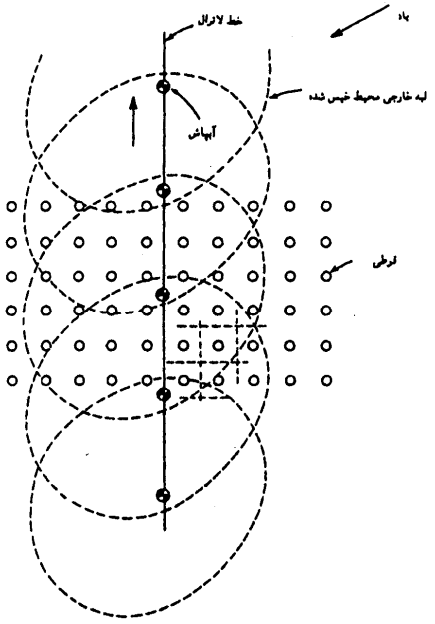
UC = ضریب یکنواختی توزیع به روش هاوائی.



شکل 6-19- ترتیب قرارگرفتن قوطی‌های جمع‌آوری آب برای اندازه‌گیری ضریب یکنواختی توزیع آب در آب‌پاشها

روش استاندارد برای اندازه‌گیری ضریب یکنواختی در مورد یک آب‌پاش این است که در دایره پاشش آن آب‌پاش حداقل تعداد 80 قوطی را به صورت شبکه مربعی قرار دهیم. حداقل قطر قوطی‌ها 80 میلی‌متر باید باشد. آب‌پاشی که قرار است مورد بررسی قرارگیرد می‌بایست در مرکز 4 گره شبکه قرارگیرد، یعنی در وسط چهار قوطی اطراف آب‌پاش، حداقل زمان آزمایش یک ساعت است که می‌بایست در طی آزمایش فشار و سرعت چرخش آب‌پاش، سرعت و جهت باد و دمای تر و خشک نیز اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری ضریب یکنواختی به روش شکل 4-19 برای حالتی است که حداقل دو لوله فرعی به طور هم‌زمان کارکنند. در این صورت وجود 24 قوطی جمع‌آوری آب که فاصله آنها از هم حدود 3 متر باشد کفایت خواهد کرد.حال آنکه الگویی که در شکل 6-20 نشان‌داده‌شده است برای

هنگامی است که فقط یک خط لوله فرعی وجود داشته و لوله فرعی دیگری که روی آن پوشش ایجادکند، وجود نداشته باشد (مانند سیستم لوله‌های چرخدار).



شکل 6-20- ترتیب قرارگرفتن قوطی‌های جمع‌آوری آب برای تعیین ضریب یکنواختی در شرایطی که لاترال‌ها هم‌پوشانی نداشته باشند.

تعداد قوطی‌ها و فاصله آنها از یکدیگر در این حالت نیز مشابه حالتی است که چند لوله فرعی هم‌زمان کار کنند. در هر حال لازم است دبی خروجی از حداقل سه آب‌پاشی که در طول لوله فرعی قرار دارند اندازه‌گیری شود. در سیستم‌های آبیاری بارانی دورانی و سیستم‌های متحرک خطی روش‌های اندازه‌گیری متفاوتی به کار می‌رود.

تغییرات عمق آب در قوطی‌ها از توزیع احتمالی نرمال تبعیت می‌کند که در این صورت نتایج حاصل از هر دو ضریب کریستیان سن و هاوائی یکسان است. عدم مساوی بودن این دو دلالت بر این دارد که تغییرات توزیع عمق آب نرمال نیست. آنچه در این نوشتار از آن

استفاده شده است ضریب کریستیان سن است زیرا در بیشتر معادلات و مراجع علمی از این ضریب استفاده شده است.

6-5. کفایت پخش آب

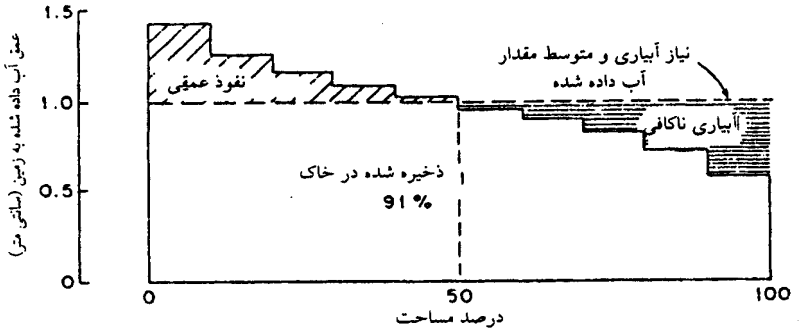
نیاز خالص آبیاری عبارت از مقدار آبی است که گیاه از هنگام آبیاری قبل مصرف کرده است منهای بارندگی مؤثر. شکل‌های قبل نشان داد که پخش آب در سیستم بارانی هیچ وقت یکنواخت نیست یعنی بعضی جاهای یک قطعه فضای‌سبز زیاد آبیاری می‌شود و برخی جاها کم. مفهوم کفایت، این سؤال را می‌رساند که هر قسمت از سطح یک قطعه فضای‌سبز حداقل چه مقدار از نیاز خالص آبیاری را دریافت داشته است. به آن بخش از یک قطعه فضای‌سبز که به اندازه نیاز خالص آبیاری و یا بیشتر از آن آب دریافت کرده باشد گفته می‌شود که آبیاری در حد کفایت بوده است و بقیه قسمت‌های یک قطعه فضای‌سبز کمتر آبیاری شده‌اند. به صورت دیگر در آبیاری بارانی مشاهده می‌شود که بعضی نقاط یک قطعه فضای‌سبز بالاترین مقدار آب را دریافت می‌دارند. در این نقاط مازاد بر نیاز خالص آبیاری به صورت نفوذ عمقی تلف می‌شود. مثلاً چنانچه 25 درصد سطح یک قطعه فضای‌سبز حداقل به اندازه نیاز خالص آب دریافت دارند گفته می‌شود آبیاری در سطح کفایت 25 درصد انجام شده است. از رابطه بین کفایت و یکنواختی پخش آب می‌توان مقدار نفوذ عمقی را در سیستم بارانی به دست آورد.

6-5-1. رابطه بین ضریب یکنواختی توزیع، نفوذ عمقی و کفایت آبیاری

اگر پس از آبیاری در 10 نقطه از یک قطعه فضای‌سبز که هر نقطه نماینده 10 درصد مساحت یک قطعه فضای‌سبز باشد مقدار آبیاری را اندازه‌گیری کرده و سپس هیستوگرام فراوانی مقدار آبیاری را بر حسب درصد مساحت رسم کنیم شکلی مشابه 6-21 به دست

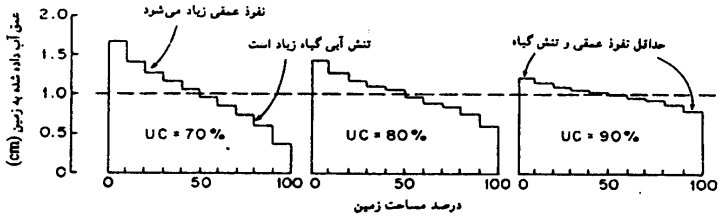
خواهد آمد. رابطه بین کفایت آبیاری، یکنواختی و نفوذ عمقی را می‌توان با توجه به شکل 6-21 به خوبی درک کرد. این شکل برای وضعیتی رسم شده است که مقدار آبیاری مورد نیاز، یک سانتی‌متر بوده و لذا در آن کفایت آبیاری 50 درصد است. خط پلکانی نشان می دهد که چه درصدی از زمین به اندازه مشخص شده روی محور عمودی و یا بیشتر از آن آب دریافت داشته‌است. چنانچه نیاز خالص آبیاری یک سانتی‌متر باشد به موجب این شکل 91 درصد مقدار آب داده شده به زمین در منطقه توسعه ریشه‌ها در خاک ذخیره شده و 9 درصد آن نفوذ عمقی پیدا می‌کند. چون کفایت آبیاری 50 درصد وسعت زمین کمتر از نیاز (که یک سانتی‌متراست) آب دریافت داشته است. مثلاً در این شکل 10 درصد زمین حداقل 1/4 سانتی متر و 20 درصد از سطح زمین حداقل 1/25 سانتی متر آب دریافت داشته اند.

شکل 6-21- توزیع آب بر مبنای 50 درصد کفایت آبیاری با عمق متوسط آبیاری یک سانتی متر



حال اگر کفایت آبیاری را در حد 50 درصد ثابت نگه‌داریم اما ضریب یکنواختی پخش آب تغییر کند نمودارهائی مشابه شکل6-22 خواهیم داشت. در این شکل منحنی‌ها برای سه ضریب یکنواختی 70، 80 و 90 درصد رسم شده‌اند. در حالتی که ضریب یکنواختی 70 درصد است هر چند کفایت آبیاری 50 درصد است اما تلفات عمقی آب در بخشی که به اندازه کافی آب خورده است بسیار زیاد و تنش گیاهی در بخشی از زمین که کمتر از نیاز آب دریافت داشته‌است نیز بسیار شدید است. حال آنکه با همین درجه از

کفایت آبیاری در حالتی که ضریب یکنواختی 90 درصد است هم تلفات عمقی کم است و هم تنش آبی گیاه کم خواهد بود. به عبارت دیگر در این وضعیت گرچه کفایت آبیاری همان 50 درصد است اما کاهش کمی و کیفی فضای‌سبز در اثر کم‌آبیاری در بخشی از زمین که کمتر از حد نیاز آب دریافت داشته است اندک خواهد بود.

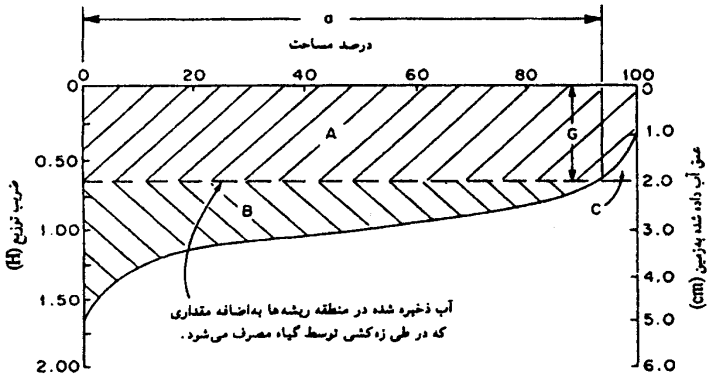


شکل 6-22- توزیع آب بر مبنای سطح کفایت 50 درصد و سه ضریب یکنواختی 70، 80 و 90 درصد با عمق آبیاری یک سانتی متر

شکل 6-23 یک رابطه نموداری الگوی توزیع آب در منطقه توسعه ریشه را برای کفایت آبیاری 95 درصد و ضریب یکنواختی 84 درصد نشان می دهد. در این شکل مقدار نیاز خالص آبیاری 2 سانتی‌متر فرض شده است که با علامت G نشان داده شده است. مقدار آبی که در بالای خط چین قرار می‌گیرد و با علامت A مشخص است در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره می‌شود و مقدار آبی که زیر این خط قرارگرفته و با علامت B مشخص است نفوذ عمقی می‌باشد. قسمت C نماینده بخشی از زمین است که در آن دریافت آب به حد کفایت نبوده است. این منحنی بر این اساس رسم شده است که فرض شود پخش آب توسط سیستم بارانی از توزیع نرمال تبعیت می‌کند.

جدول 6-1 پارامترهائی را که در شکل 6-23 تصویر شده‌اند برای یک واحد عمق آبیاری نشان می دهد. در این جدول رابطه بین ضریب یکنواختی، درصد کفایت آبیاری، ضریب ذخیره آب (E) و ضریب توزیع (H) نشان داده شده است. ضریب ذخیره آب عبارت است از یک منهای نفوذ عمقی. مثلاً اگر نفوذ عمقی 9 درصد باشد ضریب ذخیره آب 0/91 خواهد

بود (1-0/90) ضریب توزیع H درصدی از متوسط عمق آبیاری است که بر روی سطحی که به حد کفایت آب خورده است ریخته می‌شود. مثلاً چنانچه ضریب ذخیره 0/69 باشد به این معنی است که اگر متوسط عمق آبیاری 100 میلی‌متر باشد، قسمتی از یک قطعه فضای‌سبز که در حد کفایت آبیاری می‌شود 69 میلی‌متر آب دریافت داشته است. هر چند در این جدول ضریب یکنواختی بر اساس رابطه انجمن نیشکر هاوائی محاسبه شده است اما تجربه نشان داده است که چنانچه میزان پخش آب در قوطی‌های اندلزه‌گیری یکنواختی پخش از توزیع نرمال تبعیت کند محاسبه ضریب یکنواختی با رابطه کریستیان سن نیز جهت استفاده این جدول صادق خواهد بود.



شکل 6-23- رابطه بین جزء مساحتی که به قدر کفایت آبیاری می‌شود با آب ذخیره شده در منطقه ریشه ها (A)، نفوذ عمقی (B) و مقدار کمبود آبیاری (C). این رابطه برای ضریب یکنواختی 84 درصد، کفایت آبیاری 95 درصد و نیاز خالص آبیاری 2 سانتی متر رسم شده است.

جدول 6-1- عملکرد آب‌پاشها براساس توزیع نرمال

ضریب یکنواختی درصد	انحراف از معیار میانگین ÷	پارامتر	درصدی از مساحت زمین که بحد کفایت آبیاری‌می‌شود 99.9	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
99.9	.00125	H	.996	.998	.998	.999	.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		E	.996	.998	.998	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
98	.0251	H	.923	.959	.968	.974	.979	.983	.987	.990	.994	.997	1.000
		E	.923	.958	.967	.972	.976	.979	.982	.984	.986	.988	.990
96	.0501	H	.845	.917	.936	.948	.958	.966	.974	.981	.987	.994	1.000
		E	.845	.916	.933	.944	.952	.959	.964	.969	.973	.977	.980
94	.0752	H	.768	.876	.903	.922	.937	.949	.961	.971	.981	.991	1.000
		E	.768	.875	.900	.916	.928	.938	.946	.953	.959	.965	.970
92	.1003	H	.690	.835	.871	.896	.915	.932	.947	.961	.975	.987	1.000
		E	.690	.833	.867	.888	.904	.917	.928	.938	.946	.953	.960
90	.1253	H	.613	.794	.839	.870	.894	.915	.934	.952	.968	.984	1.000
		E	.613	.791	.833	.860	.880	.897	.910	.922	.932	.941	.950
88	.1504	H	.535	.753	.807	.844	.873	.899	.921	.942	.962	.981	1.000
		E	.535	.749	.800	.832	.856	.876	.892	.906	.919	.930	.940
86	.1755	H	.458	.711	.775	.818	.852	.882	.908	.932	.956	.978	1.000
		E	.458	.707	.767	.804	.832	.855	.874	.891	.905	.918	.930
84	.2005	H	.380	.670	.743	.792	.831	.865	.895	.923	.949	.975	1.000
		E	.380	.666	.733	.776	.809	.835	.856	.875	.892	.906	.920
82	.2256	H	.303	.629	.711	.766	.810	.848	.882	.913	.943	.971	1.000
		E	.303	.624	.700	.749	.785	.814	.839	.860	.878	.895	.910
80	.2507	H	.225	.588	.679	.740	.789	.831	.869	.903	.937	.968	1.000
		E	.225	.582	.667	.721	.761	.793	.821	.844	.865	.883	.900
78	.2757	H	.148	.546	.647	.714	.768	.814	.855	.894	.930	.965	1.000
		E	.148	.541	.633	.693	.737	.773	.803	.829	.851	.871	.890
76	.3008	H	.071	.505	.614	.688	.747	.797	.842	.884	.924	.969	1.000
		E	.070	.499	.600	.665	.713	.752	.785	.813	.838	.860	.880
74	.3258	H		.464	.582	.662	.726	.780	.829	.875	.917	.959	1.000
		E		.457	.567	.637	.689	.731	.767	.797	.824	.848	.869
72	.3509	H		.423	.550	.636	.704	.763	.816	.865	.911	.956	1.000
		E		.415	.533	.609	.665	.711	.749	.782	.811	.836	.859
70	.3760	H		.381	.518	.610	.683	.747	.802	.855	.905	.953	1.000
		E		.373	.500	.581	.641	.690	.731	.766	.797	.825	.849
68	.4011	H		.340	.486	.585	.662	.730	.790	.845	.899	.949	1.000
		E		.332	.467	.553	.617	.669	.713	.751	.784	.813	.836
66	.4261	H		.299	.454	.559	.641	.713	.777	.836	.892	.946	1.000
		E		.290	.433	.525	.593	.649	.695	.735	.770	.801	.829
64	.4512	H		.258	.421	.533	.620	.696	.763	.826	.886	.943	1.000
		E		.248	.400	.497	.569	.628	.677	.719	.757	.789	.819
62	.4763	H		.217	.389	.507	.599	.679	.750	.817	.879	.940	1.000
		E		.206	.367	.469	.545	.607	.659	.704	.743	.778	.809
60	.5013	H			.357	.401	.578	.662	.737	.807	.873	.937	1.000
		E			.333	.441	.521	.587	.641	.688	.730	.766	.799

6-5-2. ترکیب مناسب یکنواختی و کفایت آبیاری

در سیستم‌های آبیاری بارانی بین یکنواختی توزیع آب و کفایت آبیاری باید توازن معقولی برقرار باشد. این توازن در مرحله اول بستگی به هزینه تأسیسات آبیاری، ارزش اجتماعیو معنوی فضای‌سبز و هزینه های کلی سیستم از نظر قیمت آب و راهبری آن دارد. اگر بخواهیم ضریب یکنواختی افزایش یابد می‌بایست فاصله لوله‌های اصلی و فرعی را کمتر گرفت که این خود باعث افزایش تعداد خطوط لوله فرعی، شیرآلات و آب‌پاشها می‌شود.

چون بعضی گیاهان نسبت به کم آبی حساس نیستند بنابراین لزومی نخواهدداشت که ضریب یکنواختی بالا باشد. در مورد گیاهان کم ارزش نیز بالا بودن ضریب یکنواختی چندان ضروری نیست.

در هر حال مهندسان طراح باید بر اساس روابط بین ضرایب یکنواختی، کفایت آبیاری، ارزش معنوی فضای‌سبز و هزینه‌های سیستم، وضعیتی را برگزینند که در آن تجزیه و تحلیلهای اقتصادی لحاظ شده باشد.

در غیر این صورت از تجارب خود و دیگران سود جسته و ارقامی را برای این منظور انتخاب کنند.تجربه نشان داده است مناسب‌ترین مقدار ضریب یکنواختی (UC) و کفایت آبیاری (a) برای گیاهان مختلف به شرح زیر است:

گیاهان فصلی و چمن	UC =80%	a = 75%
درختان و درختچه ها	UC =70%	a = 50%
گیاهان با ارزش خاص	UC =85%	a = 90%

دلیل آنکه ضریب یکنواختی و مقدار کفایت در درختان و درختچه ها کمتر از گیاهان فصلی است، توسعه ریشه در درختان و زیاد بودن عمق ذخیره آب است.

6-6. تبخیر و باد بردگی

در شکل 6-18 مشاهده کردیم که سرعت باد الگوی توزیع آب را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. اگر سرعت باد بسیار زیاد باشد قطراتی که از آب‌پاش خارج می‌شود توسط باد حمل شده و ممکن است حتی از یک قطعه فضای‌سبز خارج شوند. در این حالت گفته می‌شود که آب در اثر باد تلف می‌شود. اگر ارتفاع پایه آب‌پاش نسبت به سطح زمین زیاد باشد چنین تلفاتی بسیار قابل توجه است. زیرا سرعت باد نسبت به ارتفاع از سطح زمین به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد.

باید توجه داشت که وقتی می‌گوئیم آب در اثر وزش باد تلف می‌شود منظور حالتی است که قطرات آب کاملاً از یک قطعه فضای‌سبز خارج شوند در صورتی که اگر یک قطعه فضای‌سبز بزرگ باشد، بالاخره این قطرات، دورتر از آب‌پاش، اما در سطح فضای‌سبز و روی گیاه فرو می‌ریزند و نباید آن را تلف‌شده به حساب آورد. مانند ماشین لینیر که اگر لوله لاترال در وسعت یک قطعه فضای‌سبز قرار داشته باشد قطرات آب به پایین قطعه انتقال داده می‌شوند و تلفاتی وجود نخواهد داشت. ولی اگر لوله در قسمت جنوبی فضای‌سبز در گردش باشد مسلماً باد شمالی مقداری از قطرات آب را به خارج از قطعه فضای‌سبز انتقال خواهدداد. اما آنچه مهم است عدم کسب یکنواختی توزیع در صورت وجود باد است که مستقل از تلفات باد بردگی است.

موضوع تبخیر طی فرآیند آبیاری بارانی بسیار پیچیده تر از اثر باد است. هر چه فشار آب تغییر کند اندازه قطرات آب که در فضا پخش می‌شود تغییرمی‌کند، در نتیجه سطح تبخیر و لذا میزان تبخیر نیز متغیر خواهد بود. از طرفی بالا رفتن تبخیر در سطح یک قطعه فضای‌سبز باعث افزایش رطوبت شده و این خود باعث کم شدن شدت تبخیر می‌گردد. مگر آنکه باد باعث شود که رطوبت از سطح یک قطعه فضای‌سبز خارج و هوای خشک جایگزین شود که در این صورت عمل تبخیر ادامه پیدا خواهد کرد. تخمین اثر باد بردگی و تبخیر بستگی به عوامل زیادی دارد که از همه مهمتر درصد رطوبت نسبی، دمای‌هوا، فشار آب و قطر روزنه‌های آب‌پاش است. براساس این پارامترها روش‌های گوناگونی جهت تخمین تلفات تبخیر و باد بردگی ارائه شده است که در این جا به روش فراست و شوالن[1] اشاره می‌شود.

6-6-1. نموگرام فراست و شوالن

1. Frost and Schwalen

یکی از روش‌های معمول برای محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی نموداری است که توسط فراست و شوالن ارائه شده است. این نمودار بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج حاصله از 700 آب‌پاش آزمایشی بوده است و لذا نتایج آن می‌تواند جوابگوی مسائل طراحی باشد. عوامل مورد نیاز برای تخمین تلفات بادبردگی در این روش عبارتند از:

- قطر روزنه آب‌پاش (نازل)
- فشار آب در سرآب‌پاش
- سرعت باد
- رطوبت نسبی
- دمای هوا

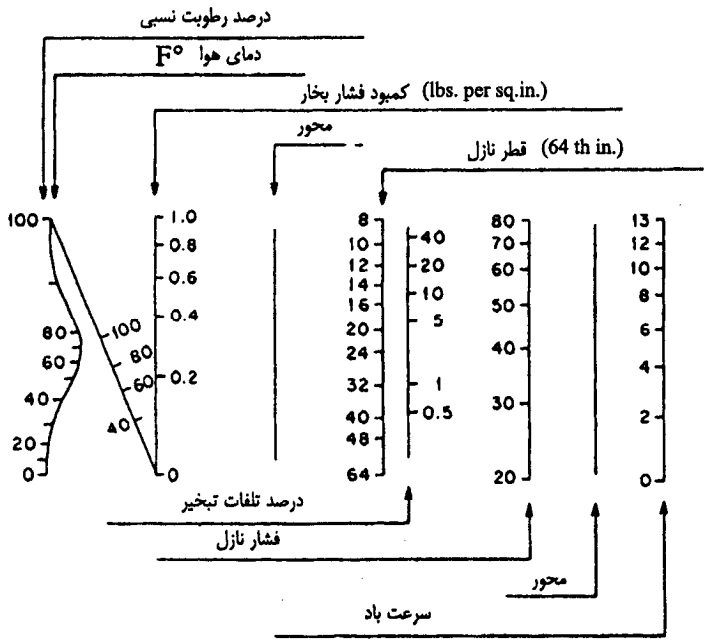
نمودار فراست و شوالن در شکل 6-24 نشان داده شده است. در این شکل 9 خط وجود دارد که دوتای آن محور می‌باشند. این خطوط از چپ به راست عبارتند از:

- خط شماره 1 رطوبت نسبی (بر حسب درصد). این خط به صورت منحنی است.
- خط شماره 2 دمای هوا (بر حسب درجه فارنهایت).
- خط شماره 3 کمبود فشار بخار (بر حسب پوند بر اینچ مربع).
- خط شماره 4- محور
- خط شماره 5 قطر نازل یا روزنه آب‌پاش (بر حسب مضربی از یک شصت و چهارم اینچ).
- خط شماره 6 درصد تلفات تبخیر و باد (باد بردگی).
- خط شماره 7 فشار آب در نازل (بر حسب پوند بر اینچ مربع).
- خط شماره 8- محور
- خط شماره 9 سرعت باد (بر حسب مایل در ساعت).

ابتدا درصد رطوبت نسبی را روی خط شماره یک و دمای هوا را روی خط شماره 2 پیدا کرده این دو نقطه را با یک خط مستقیم به هم وصل کنید تا خط مربوط به کمبود فشار

بخار یا خط شماره 3 را در نقطه‌ای قطع کند. سپس از این نقطه به نقطه مربوط به اندازه قطر نازل در خط شماره 5 وصل کنید تا محور 4 را در نقطه‌ای قطع کند. این نقطه را به نام نقطه A علامت بگذارید.

سومین خط را بین فشار آب در سر آب‌پاش روی خط شماره 7 و سرعت باد روی خط شماره 9 بکشید تا محور شماره 8 را در نقطه B قطع کند. آنگاه A و B را به هم وصل کنید تا خط شماره 6 را در نقطه‌ای قطع کند. این نقطه درصد تلفات ناشی از تبخیر و باد یا درصد باد بردگی است.



شکل 6-24 – نموگراف فراست و شوالن برای تعیین تلفات تبخیر و باد از آب‌پاشها

تریمر[1] روی نمودار فراست و شوالن تجزیه و تحلیلهای زیادی بـه عمـل آورد و سـرانجام مطالعات او منجر به ارائه معادله‌هائی شد که از روی آن مـی‌تـوان تلفـات تبخیـر – تعـرق را به‌دست آورد. مزیت این روش آن است که با رابطه قابل محاسـبه اسـت. در ایـن روش ابتـدا کمبود فشار بخار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 12-6 $$e_s - e_a = 0.61 \exp[17.27\ T/(T + 237.3)](1 - RH)$$

در این رابطه:

$e_s - e_a$ = کمبود فشار بخار (kPa)، کیلو پاسکال.

T = دمای هوا، سانتی گراد

RH= رطوبت نسبی (اعشار)

و سرانجام معادله تریمر به شرح زیر است:

رابطه 13-6 $$L_s = [1.98(D)^{-0.72} + 0.22(e_s - e_{a)}^{0.63} + 3.6 \times 10^{-4}(h)^{1.16} + 0.14(U)^{0.7}]^{4.2}$$

که در آن:

L_s = تلفات تبخیر و باد، درصد.

D = قطر نازل، mm

h = فشار آب در نازل،kPa

U = سرعت باد، m/s، در ارتفاع 2 متری از سطح زمین

باید توجه داشت که نتایج حاصـله از روش تریمـر بـا روش فراسـت و شـوالن صددرصـد مطابقت ندارد وممکن است تا حدود 10 درصد اختلاف نشان دهد. در هر حال ایـن روش‌هـا هر دو روش‌های تخمینی است و مقدار تلفات را نمی‌توان دقیقاً برآورد ساخت. و هر کـدام از این روش‌ها را که انتخاب نمودید نتایج آن ازنظر طراحی سیستم بارانی قابل قبول می‌باشد.

1. Trimmer

6-6-2. راهنمای کلی

با توجه به مطالبی که در مورد آب‌پاشها و عملکرد آنها گفته شد اولین مرحله در طراحی سیستم آبیاری انتخاب نوع سیستم در رابطه با عملکرد آب‌پاشهاست. در جدول 6-2 خصوصیات انواع آب‌پاشها خلاصه شده است. به طور کلی آب‌پاشهای ضربه‌ای در فشار زیاد کار می‌کنند و قطر دایره پاشش آنها و نیز اندازه قطرات در آنها زیاد است و اما شدت پخش در آنها کمتر از انواع آب‌پاشهای مجهز به صفحات منحرف کننده جت آب می‌باشد. آب‌پاشهای ضربه‌ای اگر در فشار مناسب کار کنند الگوی پخش آب در آنها مثلثی است درصورتی که اکثر آب‌پاشهای مجهز به صفحات منحرف کننده جریان آب الگوی حلقه‌ای (شکل دونات نان شیرینی) دارند.

جدول 6-2- انواع آب‌پاشها و خصوصیات عملکرد آنها

نوع آبپاش	دامنه‌فشار (kPa)	دامنه‌دبی (l/min)	بردپرتاب (m)	شدت‌پخش	اندازه‌قطرات
ضربه‌ای					
فشار کم					
یک نازل	103-207	119.-19	18-24	کم	بزرگ
دو نازل	103-207	11-38	21-25	متوسط	بزرگ
فشار متوسط					
یک نازل(سرآبپاش)	207-414	15-76	21-43	متوسط	متوسط
دو نازل	207-414	15-360	21-61	متوسط	متوسط
فشار زیاد					
یک نازل	345-690	15-416	17-73	متوسط	کوچک
دو نازل	345-690	15-530	27-73	متوسط	کوچک
نازل با دبی ثابت	276-552	8-38	27-37	متوسط	متوسط
نازل با جت پخش کننده	172-345	8-195	20-40	متوسط	کوچک
نوع گان (تفنگی)	276-896	197-4542	61-183	متوسط	کوچک
آبفشانها					
نازل با ۱۸۰ درجه پخش	35-276	1-95	2-11	خیلی‌زیاد	ریز
نازل با ۳۶۰ درجه پخش	35-276	1-95	3-12	خیلی‌زیاد	ریز

اختلاف سیستم‌های آبیاری نیز از نظر ضرایب یکنواختی و کفایت و تلفات باد بردگی در جدول 6-3 نشان داده شده است. با نگاه به این جدول می‌توان انواع سیستم‌ها را به‌طورکلی با یکدیگر مقایسه نمود. در ستون آخر این جدول بازده کلی که بر حسب تعریف حجم آب

ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها به حجم آبی که توسط آب‌پاش وارد زمین شده است می‌باشد نوشته شده است. در بازده کلی هم نفوذ عمقی ($1 - L_d$) و هم تلفات تبخیر و بادبردگی($1 – L_s$) در نظر گرفته شده است و عبارت است از:

رابطه 14-4 $$E_c = (1 – L_d)(1 – L_s)$$

که در آن:

E_c = بازده کلی (بازده الگوی توزیع و کاربرد آب)

L_d = نفوذ عمقی (اعشار)

L_s = تلفات باد بردگی (اعشار)

در جدول 3-6 بازده کلی مورد انتظار از هر یک از سیستم‌ها نوشته شده است. مثلاً در سیستم بارانی عقربه‌ای در آب و هوای خشک بازده کلی 74 درصد خواهد بود حال آنکه در سیستم مجموعه ثابت این بازده 55 درصد می‌باشد. در صورتی که در همین وضعیت بازده آبیاری سطحی ممکن است بین 20تا90درصد متغیر باشد. این جدول برای کفایت آبیاری 75 درصد تهیه شده که رواناب در تمام سیستم‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

جدول 6-3- ترکیب راندمان‌های الگوی توزیع و کاربردی آب در سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی

سیستم	ضریب یکنواختی (درصد) (percent)	کفایت (percent)	رواناب (percent)	نفوذعمقی (percent)	تلفات‌بادوتبخیر (Arid-humid) (percent)	راندمان‌کلی (Arid-humid) (percent)
Hand-move and Side-roll (with off sets)	85	75	0	8	15-8	70-75
Soild set (low wind design)	70	75	0	30	22-15	55-60
Soild set (low wind design)	82	75	0	18	22-15	64-70
Center pivot and Linear move	90	75	0	10	18-10	74-81
Big gua (low wind design)	65	75	0	35	5-3	62-63
Big gua (low wind design)	82	75	0	18	5-3	78-80
Surface irrigation						20-90
Drip system						≤90

خلاصه

در این بخش ارکان آبیاری بارانی در فضای سبز شامل ایستگاه پمپاژ، لوله‌های اصلی، لاترال‌ها و آب‌پاشها شرح داده شده و انواع گوناگون آبیاری بارانی شامل سیستم های متحرک، نیمه متحرک و نیمه ثابت و سیستم‌های ثابت بررسی و تشریح شدند. در ادامه اجزاء عمومی سیستم های آبیاری بارانی و کلیات مورد نیاز برای طراحی یک سیستم آبیاری بارانی در فضای سبز به طور مجزا بررسی شده و کلیه روابط مورد نیاز و پیش‌نیازهای طراحی که الزاماً باید مدنظر طراح باشد شرح داده شد.

آزمون

1- روش تریمر در آبیاری بارانی برای محاسبه مستقیم کدامیک از پارامترهای زیر به کار می‌رود.

الف – تلفات ناشی از تبخیر و باد ب – تلفات ناشی از نفوذ عمقی

ج – تلفات ناشی از رواناب د – عمق ناخالص آبیاری

2- میزان پخش آب در طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی با ..... کنترل می‌شود.

الف – آب قابل استفاده در رطوبت خاک ب – نوع خاک و سرعت باد غالب منطقه

ج – نوع خاک د – نوع خاک و شیب زمین

3- سیستم آبیاری بارانی برای خاکهائی که ضریب نفوذپذیری آنها کوچکتر از ..... میلی‌متر در ساعت می‌باشد مناسب نیست.

الف – 3 ج – 5

ب – 4 د – 6

4- یک سیستم بارانی می‌تواند در ابعاد 20 ×10 متر پیاده شود. دبی نازل 0/59 لیتر در ثانیه و تلفات تبخیر و باد 5 درصد است. شدت خالص آب‌پاش ها بر حسب سانتی متر بر ساعت چقدر است؟

الف – 0/01 ج – 2/5

ب – 1/06 د – 3/5

5- در ارزیابی یک سیستم بارانی با آرایش 6 ×6 متر متوسط دبی آب‌پاش ها 0/31 متر مکعب در ساعت و زمان کار آب‌پاش ها 2 ساعت و حجم متوسط آب جمع شده در هر قوطی 71/7 میلی‌متر و سطح مقطع هر قوطی 50 سانتی متر مربع است. درصد تلفات پاششی چقدر است؟

الف – 7/9 ج – 16/6

ب – 8/5 د – 19/2

6- در سیستم بارانی در صورتی که برای آرایش آب‌پاش های 6 ×6 متر ارقام جمع‌آوری آب در قوطی هائی که به فواصل 3 متر در بین آب‌پاش ها قراردارند 93، 105، 98، 135 سانتی متر مکعب باشند، ضریب یکنواختی CU چند درصد است؟

الف – 69 ج – 78

ب – 76 د – 87

7- در سیستم بارانی حداکثر شدت توصیه شده برای آب‌پاش ها در یک خاک سبک و عمیق در قطعات فضای‌سبزی که شیب زمین بین صفر تا 5 درصد باشد چند میلی‌متر در ساعت است؟

الف – 5 ج – 15

ب – 10 د – 50

فصل هفتم

اصول طراحـــی آبیـــاری

بارانی در فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می باشد:

1. محاسبه دبی مورد نیاز سیستم آبیاری بارانی
2. عوامل مؤثر در طراحی سیستم آبیاری بارانی

7-1. دیباچه

در طراحی سیستم‌های آبیاری به ترتیب باید یک سری پارامترها را محاسبه و سپس با تلفیق آنها در یکدیگر به نتایج و ضوابطی دست یافت که بتوان طرح را بر اساس آنها اجرا کرد. این پارامترها در این فصل تشریح می‌شوند.

7-2. میزان پخش آب

اگر سیستم بارانی به طور صحیحی طراحی شود هیچ‌گونه جریان سطحی نباید در روی زمین ایجاد شود. بنابراین به عنوان یک اصل اساسی مقدار جریان خروجی از آب‌پاش‌ها باید کمتر از سرعت نفوذ نهائی آب در خاک باشد. البته این مقدار، حد بالای میزان جریان از آب‌پاش است و هیچ لزومی ندارد که دبی آب‌پاش‌ها حتماً برابر نفوذپذیری آب در خاک یا اندکی کمتر از آن باشد. برای کم‌ترین مقدار دبی در آب‌پاش نیز حدی وجود دارد. این مقدار باید طوری باشد که علاوه بر تأمین نیازهای آبیاری تلفات ناشی از وزش باد را نیز جبران نماید.

در مورد هر آب‌پاش شدت پخش عبارت است از حجم آب خروجی تقسیم بر مساحت دایره پاشش. چنانچه فاصله لاترال‌ها روی لوله اصلی S_m و فاصله آب‌پاش‌ها از همدیگر روی لوله لاترال S_1 باشد، متوسط مقدار ناخالص آب پخش شده روی زمین عبارت است از:

رابطه 7-1 $$d_g = \{q / [S_1 (S_m)]\} 360$$

d_g = مقدار ناخالص آب پخش شده روی زمین، cm/h (سانتی‌متر در ساعت).

q = دبی خروجی، L/s (لیتر در ثانیه)

S_1 = فاصله روی لاترال‌ها، m (متر)

S_m = فاصله روی لوله اصلی،m (متر)

مقداری از آب پخش شده صرف تبخیر و بخشی توسط باد از منطقه عمل خارج و مابقی روی زمین فرو می‌ریزد. به آنچه روی زمین ریخته می‌شود، مقدار خالص پخش آب گفته می‌شود. مقدار خالص پخش عبارت است از:

رابطه 2-7 $$d_a = d_g(1 - L_s)$$

که در آن:

d_a = میزان خالص پخش، cm/h

L_s = تلفات تبخیر و باد (اعشار).

تجاربی که در آبیاری بارانی به دست آمده، نشان می‌دهد که میزان پخش آب از آب‌پاش‌ها نباید از یک حداقل مشخصی کمتر باشد. این حداقل بستگی به شرایط آب و هوائی دارد که مقادیری از جهت راهنمائی در جدول 7-1 داده شده است. ارقام این جدول فقط جنبه راهنما داشته تا اعداد حاصله از طراحی با آن کنترل شوند.

جدول 7-1- مقادیر توصیه شده برای حداقل دبی خروجی از آب‌پاش‌ها

وضعیت آب و هوایی	حداقل میزان پخش آب (cm/h)	
	از	تا
مناطق معتدل سرد	0.25	0.40
مناطق معتدل گرم	0.40	0.50
مناطق بری خشک وسرد	0.4	0.5
مناطق بری خشک وگرم	0.50	0.75
مناطق کویری سرد	0.75	1.25
مناطق کویری خشک	1.25	1.9

از طرف دیگر بالاترین حد میزان پخش آب که بر اثر تجربه به دست آمده است، بستگی به بافت خاک و شیب زمین دارد. جدول 7-2 ارقامی را به عنوان راهنما ارائه می‌دهد. با داشتن ارقام جداول 7-1 و 7-4 می‌توان دامنه تغییرات شدت پخش آب را تخمین زد تا از روی آن بتوان تشخیص داد که آیا نوع آب‌پاش انتخاب شده مناسب بوده است یا خیر؟

جدول 7-2- حداکثر مقادیر پیشنهاد شده برای میزان پخش آب از آب‌پاشها در انواع شیبها و خاک‌های مختلف

بافت خاک و پروفیل	شیب 0-5%		شیب 5-8%		شیب 8-12%		شیب 12-16%	
	cm/h	cm/h	cm/h	cm/h	cm/h	cm/h	cm/h	cm/h
Coarse sandy soil to 2 m (6 ft)	2.0	5.0	1.5	3.8	1.0	2.5	0.50	1.3
Coarse sandy soil over more compact soils	1.5	3.8	1.0	2.5	0.75	1.9	0.40	1.0
Light sandy loams to 2 m (6 ft)	10	2.5	0.80	2.0	0.60	1.5	0.40	1.0
Light sandy loams over more compact soils	0.75	1.9	0.50	1.3	0.40	1.0	0.30	0.8
Silt loams to 2 m (6 ft)	0.50	1.3	0.40	1.0	0.30	0.8	0.20	0.5
Silt loams over more compact soils	0.30	0.8	0.25	0.6	0.15	0.4	0.10	0.3
Heavy textured clays or clay loams	0.15	0.4	0.10	0.3	0.08	0.2	0.06	0.2

مقدار جریانی که از هر آب‌پاش خارج می‌شود بستگی به قطر نازل، مدل کارخانه سازنده و فشار آب دارد. اگر مدل و قطر روزنه را ثابت فرض کنیم میزان دبی در هر نوع آب‌پاش تابعی از فشار آب است یعنی:

رابطه 3-7 $$q = K(P)^{0.5}$$

که در آن:

q = دبی خروجی از نازل، L/s (لیتر در ثانیه).

P = فشار آب در نازل، kpa (کیلو پاسکال).

K = ضریبی که بستگی به نوع مدل نازل و قطر روزنه دارد.

کارخانه سازنده برای آب‌پاش‌هایی که به بازار عرضه می‌دهد، کاتالوگ‌هایی ارائه می‌کند که در آن به ازاء مقادیر مختلف فشار، مقدار K داده شده است. توجه داشته باشید که K عدد ثابتی نیست و مقدار آن برای فشارهای مختلف متغیر است. در کاتالوگ‌هایی که توسط کارخانجات سازنده آب‌پاش داده می‌شود، جداولی وجود دارد که در آن برای هر مدل آب‌پاش قطر نازل، فشار آب و قطر دایره‌ای که نازل آب‌پاشی می‌کند و دبی خروجی از نازل داده شده است. نمونه‌ای از صفحات چنین کاتالوگ‌هایی را در جدول 7-3 مشاهده

می‌کنید. این جدول مربوط به کارخانه رین برد[1] و برای آب‌پاش مدل 29 JH می‌باشد. مثلاً مطابق این جدول اگر قطر روزنه آب‌پاش 3/175 میلی‌لیتر یا $\frac{1}{8}$ اینچ باشد با فشار 172 کیلوپاسکال (25 psi) قطر دایره خیس شده 22/6 متر و دبی خروجی از آب‌پاش 0/143 لیتردرثانیه است. در مورد هر قطر روزنه یک خط نقطه‌چین وجود دارد که مشخص‌کننده حداقل فشار توصیه‌شده توسط کارخانه است. مثلاً در مورد نازل $\frac{1}{8}$ اینچی حداقل فشار توصیه شده 276 کیلوپاسکال است. کاتالوگ‌هایی که توسط کارخانجات مختلف ارائه می‌شود، مطمئن‌ترین مبنا برای طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی می‌باشند.

آب‌پاش‌ها معمولاً براساس قیمت، فشار مورد نیاز و اینکه بتوانند نیاز آبیاری روزانه طرح (DDIR) را بدون ایجاد رواناب و با یکنواختی قابل قبول در سطح زمین پخش کنند، انتخاب می‌شوند. علاوه بر این آب‌پاش‌ها باید زاویه مناسب خروجی آب از نازل داشته، قطر قطرات آب و فاصله پرتاب در آنها نیز مناسب بوده و در شرایط باد خیزی محل، الگوی توزیع آب در آنها قابل قبول باشد.

1. Rain bird

جدول 7-3- نمونه مشخصات آب‌پاش‌ها که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود.

Model 29JH			
قطر	فشار (kPa)	قطردایره‌پاششی (m)	دبی (L/s)
	138	22.3	0.128
3.175 mm	172	22.6	0.143
	207	23.2	0.157
1/8 inch	240	23.5	0.170
حداقل فشار	276	23.8	0.181
توصیه شده	310	24.1	0.192
	345	24.4	0.203
	379	24.7	0.213
	414	24.7	0.222
	448	25.0	0.231
	483	25.3	0.240
	517	25.3	0.248
	552	25.6	0.256
	138	23.2	0.162
3.572 mm	172	23.5	0.181
	207	24.1	0.199
9/64 inch	241	24.4	0.215
حداقل فشار	276	25.0	0.230
توصیه شده	310	25.3	0.244
	345	25.6	0.257
	379	25.9	0.269
	414	25.9	0.281
	448	26.2	0.293
	483	26.5	0.303
	517	26.8	0.313
	552	26.8	0.324
	138	23.8	0.200
3.969 mm	172	24.4	0.224
	207	25.0	0.245
5/32 inch	241	25.6	0.265
	276	25.9	0.283
حداقل فشار	310	26.2	0.300
توصیه شده	345	26.8	0.317
	379	27.1	0.332
	414	27.1	0.347
	448	27.4	0.361
	483	27.7	0.375
	517	28.0	0.388
	552	28.3	0.401

همان‌طور که گفته شد ظرفیت دبی آب‌پاش‌ها[1] باید به اندازه‌ای باشد که علاوه بر تأمین DDIR تلفات باد و تبخیر را نیز جبران کند. برای تخمین ظرفیت دبی آب‌پاش‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود:

1. sprinkler discharge capacity

رابطه 4-7

$$Q_s = \frac{1.67(D_a)(L)(S)}{(H - T_m)(E_a)}$$

که در آن:

Q_s = ظرفیت دبی آب‌پاش (l/min).

D_a = عمق آبی که باید پخش شود (mm).

L = فاصله بین لاترال‌ها (m).

H = فاصله زمانی بین دو آبیاری متوالی، شروع آبیاری در یک موقعیت تا شروع آبیاری در موقعیت دیگر (ساعت).

S = فاصله بین آب‌پاش‌ها روی لاترال (m).

T_m = مدت زمانی که صرف جابه جایی دستگاه‌ها یا تعمیرات می‌شود (ساعت)

Ea = راندمان آبیاری (%).

مقدار H می‌تواند از رابطه زیر تخمین زده شود:

رابطه 5-7

$$H \leq \frac{0.24(P_f)(D)}{DDIR}$$

که در آن:

P_f = درصدی از وسعت یک قطعه فضای‌سبز که در زمان کار سیستم زیر پوشش آبیاری است.

D = مقدار مورد نیاز آبیاری (mm).

DDIR = نیاز روزانه آبیاری برای طرح (mm/day).

مقدار DDIR از روش‌هایی که قبلاً گفته شد قابل محاسبه بوده و D_a نیز از رابطه زیر به دست می آید:

رابطه 6-7

$$D_a = \frac{(H)(DDIR)}{0.24(P_f)}$$

مقدار P_f در سیستم‌های مجموعه متحرک، پیوسته و یا در سیستم‌های ثابت که تمام آب‌پاش‌ها هم‌زمان کار کنند برابر 100 درنظر گرفته می‌شود. برای سیستم‌های مجموعه متحرک از معادله زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 7-7

$$P_f = \frac{(L_1)(L)(N_1)}{100(A_f)}$$

که در آن:

L_1 = طول لوله لاترال (m).

N_1 = تعداد لوله‌های لاترال که هم‌زمان کار می‌کنند.

A_f = وسعت کل یک قطعه فضای‌سبز (هکتار).

7-3. فاصله آب‌پاش‌ها

پس از انتخاب اولیه نوع آب‌پاش‌ها حال به تعیین فاصله آنها می‌پردازیم. در شکل‌های قبل چگونگی تأثیر باد را بر الگوی توزیع آب توسط آب‌پاش‌ها مشاهده‌کردیم. اگر بخواهیم توزیع آب یکنواخت‌تر باشد، می‌بایست در صورت وجود باد فاصله آب‌پاش‌ها را کوچک‌تر بگیریم. چون سرعت باد در طول روز بیشتر از سرعت باد در هنگام شب است ،چنانچه قرار است سیستم هم در روز و هم در شب کار کند، توصیه می‌شود در طراحی، معیار را سرعت باد در طول روز قراردهیم و نه متوسط 24 ساعته سرعت باد.

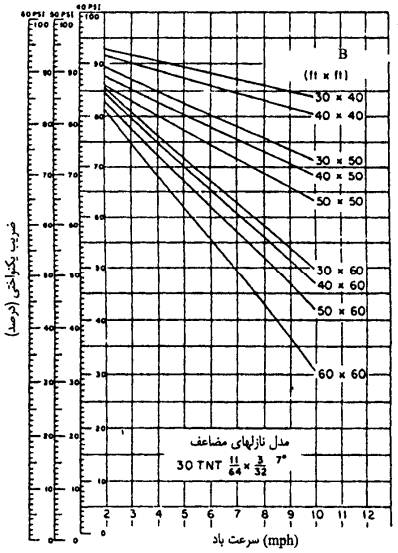
مقادیری که برای قطر دایره خیس شده در کاتالوگ‌های کارخانجات دیده می‌شود، مربوط به وضعیتی است که باد وجود نداشته باشد. حال آنکه در عمل می‌بایست فاصله روی لاترال‌ها و لوله اصلی تغییر داده شود. در جدول 7-4 به ازاء مقادیر مختلف سرعت باد مقادیر توصیه شده نسبت فاصله لاترال‌ها به قطر دایره خیس شده و فاصله آب‌پاش‌ها در

روی لاترال به قطر دایره خیس ذکر شده است. با داشتن این جدول و به دست آوردن قطر خیس شده از روی کاتالوگ می‌توان تخمینی از فاصله لاترال‌ها یا آب‌پاش‌ها به دست آورد.

جدول 7-4- مقادیر توصیه شده فاصله نازلها روی لاترال (S_l) وفاصله لاترال‌ها روی لوله اصلی (S_m) نسبت به قطر دایره خیس شده (D_w). قطردایرهٔخیس شده برای حالتی است که باد وجود نداشته باشد.

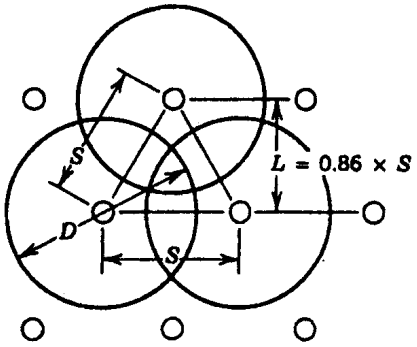
سرعت باد	فاصله آبپاشها(اعشار)	
K_m/h	$S_l/_wD$	S_m/D_w
0 تا 8	0.60	0.66
8 تا 16	0.60	0.50
بیشتر از 16	0.35	0.50

شکل 7-1 نشان می‌دهد که چگونه با تغییر سرعت باد، فاصله آب‌پاش‌ها و فشار آب در نازل ضریب یکنواختی تغییر می‌کند. این شکل مربوط به یک آب‌پاش با دو نازل است. در این شکل ملاحظه می‌شود که اگر سرعت باد حدود 6 مایل در ساعت (mph) و فاصله آب‌پاش‌ها 50×30 فوت باشد (30 فاصله آب‌پاش‌ها روی لاترال و 50 فاصله لاترال‌ها روی لوله اصلی) با فشار آب معادل (psi)50 مقدار ضریب یکنواختی توزیع آب 82 درصد است.



شکل 7-1- تغییرات ضریب یکنواختی با سرعت باد، فاصله و فشار آب در یک آب‌پاش با دو نازل

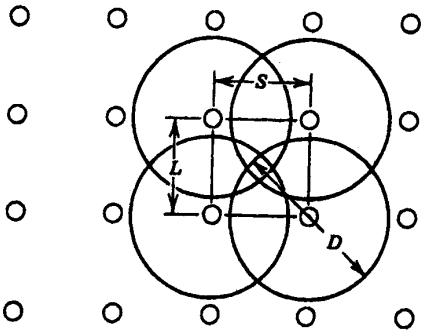
از نظر آرایش، آب‌پاش‌ها ممکن است به صورت مثلثی، مربعی و یا مستطیلی قرارگیرند. در آرایش مثلثی اگر آب‌پاش‌های مجاور را به هم وصل کنیم، مثلثی تشکیل می‌دهند که هرکدام از اضلاع آن S می‌باشد. در این وضعیت فاصله لاترال‌های از یکدیگر 0.86 S می‌باشد. آرایش مثلثی برای سیستم‌های ثابت[1] مناسب است. (شکل 7-2)



شکل 7-2- آرایش مثلثی در آب‌پاش‌ها

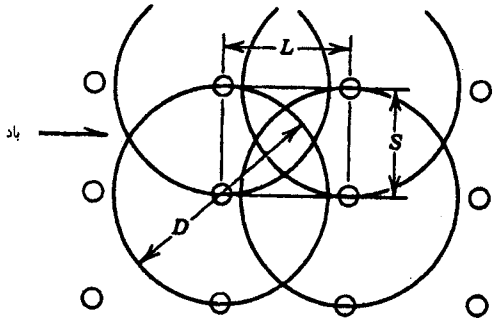
در آرایش مربعی فواصل S و L برابر بوده و فواصل آب‌پاش‌هایی که در قطر مربع واقع‌اند، 1/4 برابر S یا L می‌باشد. بنابراین در این وضعیت باید فواصل S و L نسبت به آرایش مثلثی کاهش یابد (شکل 7-3) تا از بروز نقاط خشک در مرکز مربع جلوگیری شود. در آرایش مستطیلی فواصل S و L برابر نیستند. این نوع آرایش بیشتر در نقاط بادخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن لاترال ها عمود برجهت باد غالب کشیده می‌شوند و مقدار L بزرگتر از S انتخاب می‌گردد (شکل 7-4).

[1]. solid-set



S = فاصله بین آبپاشها روی لاترال

L = فاصله بین لاترال‌ها روی لوله‌اصلی



شکل 7-4- آرایش مستطیلی در آب‌پاش‌ها

7-3-1. استقرار متناوب

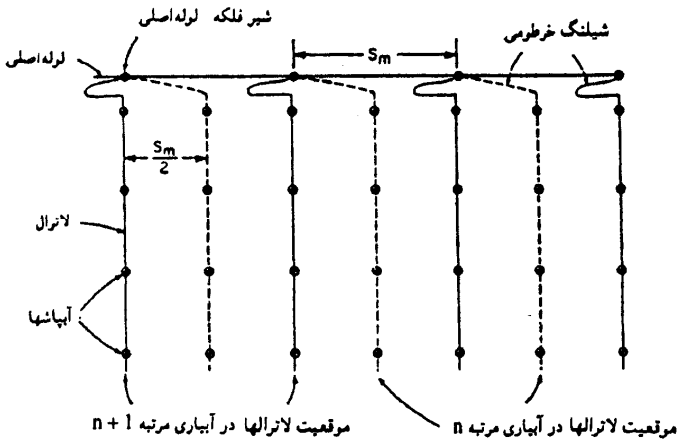
یکی از راه‌هایی که به وسیله آن می‌توان از سرمایه‌گذاری نسبتاً اولیه جلوگیری به عمل آورد این است که در هر نوبت آبیاری محل لاترال‌ها را تغییر دهیم. می‌دانیم که اگر فاصله لاترال‌ها یا آب‌پاش‌ها مناسب انتخاب نشده باشد، توزیع آب در روی زمین یکنواخت نخواهد بود و چنانچه لاترال و آب‌پاش همیشه در یک موقعیت قرارگیرد، بعضی نقاط یک قطعه فضای‌سبز ممکن است بیشتر از حد آبیاری شود و برعکس بعضی نقاط دیگر همیشه کمتر از حد مورد نیاز آبیاری می‌شوند. اصل استقرار متناوب یا تغییر محل لاترال[1] این است که

1. off-set.

در هر نوبت، محل آب‌پاش‌ها تغییر پیدا کند تا نقاطی که دفعه قبل کمتر آب خورده‌اند در مرتبه بعدی بیشتر آبیاری شوند و تعادلی بین نقاط یک قطعه فضای‌سبز به دست آید.

شکل 7-5 تصویری است از مفهوم تغییر محل لاترال‌ها. محل اتصال لاترال‌ها به لوله اصلی (S_m) در شکل مشخص است. در نوبت اول آبیاری لاترال‌ها در موقعیتی که با خط پر نشان داده شده است، قرار می‌گیرند. در نوبت بعدی لاترال‌ها به فاصله جابجا می‌شوند که موقعیت جدید با خط چین نشان‌داده شده است. در این حالت لازم است قسمت اول لوله لاترال از شیلنگ خرطومی قابل ارتجاع درست شده باشد تا عمل جابه‌جایی به سهولت انجام شود. اگر در یک سیستم استاندارد ضریب یکنواختی 65 درصد باشد، با عمل تغییر دادن محل لاترال‌ها این ضریب ممکن است به 80 درصد برسد.

استفاده از روش استقرار متناوب می‌تواند مغایرت عملکرد آب‌پاش‌ها را نیز با آنچه در کاتالوگ‌ها آمده است، برطرف کند. این موضوع به خصوص در مورد قطر دایره پاشش صادق است. زیرا فاصله لاترال‌ها ممکن است دقیقاً همان چیزی که در کاتالوگ آمده است نباشد. در حالت استاندارد دایره پاشش در آب‌پاش‌های روی یک لاترال، باید با دایره‌های آب‌پاش لاترال مجاور حداقل 6 متر هم‌پوشانی داشته باشند. ولی با استقرار متناوب همپوشانی به 3 متر تقلیل پیدا می‌کند و این بدان معنی است که ابعاد دایره پاشش را که توسط کارخانه سازنده آب‌پاش ارائه شده است به اندازه 3 متر افزایش داده‌ایم. روش استقرار متناوب به‌خصوص در زمانی که به دلایلی مجبور به انتخاب آب‌پاش‌هایی هستیم که قطر دایره پاشش آنها کمتر است، بسیار مفید می‌باشد.



شکل 7-5- نمودار نشان دهنده استقرار متناوب (off-set) در نوبت‌های مختلف آبیاری

7-3-2. فاصله بین آبیاری‌ها

در تعیین فاصله آبیاری‌ها معیار اصلی، مقدار کل آب قابل تخلیه از خاک یا TAD می‌باشد.

این مقدار برابر است با:

رابطه 7-8 $$TAD = (TAM)\ (MAD)\ D_r$$

که در آن:

TAD[1] = مقدار کل آب قابل تخلیه، mm.

TAM[2] = مقدار کل رطوبت موجود، که می‌تواند در خاک ذخیره شود، میلی‌متر در هر متر.

MAD[3] = تخلیه مجاز از نظر مدیریت آبیاری، اعشار.

D_r = عمق مؤثر ریشه‌ها، m.

مقدار کل رطوبت موجود در خاک عبارت است از اختلاف بین ظرفیت زراعی (FC) و حدآب قابل جذب توسط گیاه (CEW)

---

1. Total Allowable Depletion
2. Total Available Moisture
3. Management Allowed Depletion

رابطه 7-9 $TAM = FC - CEW$

که در آن:

FC = حدظرفیت زراعی (mm/m).

CEW = حد آب قابل جذب توسط گیاه (mm/m).

از نظر کلی مقدار آب قابل ذخیره در خاک بین 80 تا 200 میلی‌متر در هرمتر عمق خاک متغیر است که برای خاک‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:

- برای خاک‌های سبک شنی $TAM = 80\ mm/m$
- برای خاک‌های لومی $TAM = 140\ mm/m$
- برای خاک‌های سنگین رسی $TAM = 200\ mm/m$

تخلیه مجاز از نظر مدیریت آبیاری (MAD) درصدی از مقدار کل آب ذخیره شده در خاک است که تخلیه آن مجاز می‌باشد و بستگی به ارزش گیاه و خصوصیات ریشه دارد. مقادیری که برای MAD توصیه می‌شود عبارت است از:

- برای گیاهان با ارزش – گیاهانی که ریشه کم عمق دارند $MAD = 33\% = 0.33$
- برای گیاهان معمولی – گیاهانی که ریشه متوسط دارند $MAD = 50\% = 0.50$
- برای گیاهان کم ارزش – گیاهانی که ریشه عمیق دارند $MAD = 67\% = 0.67$

عمق مؤثر ریشه یک پارامتر متغیر است که در طول دوره رشد مرتب در حال تغییر است. با توجه به نوپا بودن مبحث طراحی سیستم آبیاری برای فضای‌سبز این اعداد و ارقام برای گیاهان فضای‌سبز در مقیاس بسیار محدود تهیه شده و به ناچار برای روشن‌شدن مسئله، از نظر طراحی، عمق ریشه برای برخی گیاهان زراعی به شرح جدول 7-5 آورده می‌شود، ولی این ارقام با شبیه‌سازی برای گیاهان فضای‌سبز زمانی باید استفاده شود که اطلاعات دقیق‌تری از این نظر در محل موجود نباشد.

جدول 7-5- حداکثر عمق ریشه برای طراحی آبیاری بارانی در برخی از گیاهان زراعی و باغی

نوع محصول	عمق ریشه (m)	نوع محصول	عمق ریشه (m)
یونجه	1.8	پیاز	0.5
لوبیا	0.6	درختان میوه‌ای دانه‌دار	1.5
چغندر علوفه‌ای	0.9	گیاهان مرتعی	0.5
کلم	0.6	شبدر	0.5
هویج	0.6	نخود	0.8
پنبه	1.2	سیب‌زمینی	0.6
خیار	0.6	سویا	0.6
غلات	0.8	توت‌فرنگی	0.9
انگور	1.8	توتون	0.8
کاهو	0.3	گوجه‌فرنگی	0.6
ذرت	0.8	هندوانه	0.9
درختان میوه‌ای هسته‌دار	1.8		

باتوجه به مطالب فوق فاصله بین آبیاری‌ها عبارت است از تعداد روزهایی که بین دو آبیاری متوالی وجود دارد. این فاصله را می‌توان از تقسیم مقدار کل آب تخلیه بر تبخیر – تعرق دوره پیک (حداکثر) به دست آورد :

رابطه 7-10

$$T_i = \frac{TAD}{ET_{CP}}$$

که در آن:

T_i = فاصله بین دوآبیاری (دور آبیاری)، روز، d،

ET_{CP} = نیاز آبی گیاه در دوره پیک (حداکثر)، میلی‌متر در روز، mm/d،

7-4. معیارهای انتخاب آب‌پاش

رابطه 7-3 نشان داد که بین فشار آب در نازل و دبی خروجی از آن یک رابطه وجود دارد. همچنین جداولی مشابه 7-3 رابطه دبی، فشار و قطر دایره خیس شده را برای هر مدل آب‌پاش نشان می‌دهد. در انتخاب نوع آب‌پاش روش‌های مختلفی را می‌توان در پیش گرفت. اگر یک آب‌پاش در فشار کم کارکند، هزینه راهبری آن در مقایسه با آب‌پاش‌هایی که با فشار زیاد کار می‌کنند، کمتر است. اما در فشار کم قطر دایره خیس شده کوچک‌تر بوده و مقدار دبی خروجی از آن نیز کم است. این مقادیر ممکن است نیازهای طراحی را تأمین ننماید.

آب‌پاش‌های یک روزنه‌ای در حالت باد شدید عملکرد بهتری نسبت به آب‌پاش‌های دو روزنه‌ای دارند. حال آنکه یکنواختی توزیع آب در آب‌پاش‌های دو روزنه‌ای بیشتر از آب‌پاش‌های یک روزنه‌ای است.

فرآیند انتخاب آب‌پاش در واقع برقرار کردن توازنی است بین خصوصیات نازل و نیازهای فیزیکی سیستم آبیاری. دبی نازل باید به اندازه‌ای زیاد باشد که نیازناخالص پخش آب را تأمین کند. از طرف دیگر مقدار خالص پخش آب باید کمتر از نفوذپذیری خاک باشد. قطر دایره خیس شده نیز باید با فاصله روی لاترال‌ها و لوله اصلی تناسب داشته باشد.

انتخاب نازل همیشه یک فرآیند آزمون و خطا است که تجارب اولیه می‌تواند بسیار راهگشا باشد. آزمون و خطا بین سه پارامتر قطر نازل، فشار آب و فاصله آب‌پاش‌ها است. البته فرآیند آزمون و خطا ساده نخواهد بود، زیرا پارامترهای دیگری نیز در کار است که ایجاد توازن بین آنها بسیار مشکل است. تنها با طراحی مداوم چنین سیستم‌هایی است که مهندسان طراح، شایستگی لازم برای طراحی یک سیستم کارآمد آبیاری بارانی را کسب می‌کنند. جداول 7-6 تا 7-8 از نظر انتخاب آب‌پاش می‌تواند بسیار مفید واقع‌گردد. این جداول در ارتباط با خصوصیات مهم آب‌پاش‌ها تهیه شده است؛ یعنی قطر روزنه، فشار، دبی و قطر دایره خیس شده. باید توجه داشت که این جدول‌ها را نمی‌توان جایگزین جداولی کرد که توسط کارخانجات سازنده آب‌پاش‌ها تهیه شده‌است. نقش جدول‌های فوق این است که دامنه انتخاب آب‌پاش را کوچک می‌کند تا سریع‌تر بتوان مدل مورد نظر را انتخاب نمود.

جدول 7-6- فشارهای توصیه شده برای آب‌پاش‌های مختلف

قطر نازل		فشار (kPa)		فشار توصیه شده (psi)	
از	تا	از	تا	از	تا
2.38 mm 3/32 in	4.76 mm 3/16 in	240	345	35	50
4.76 mm 3/16 in	6.35 mm 1/4 in	310	410	45	60
6.35 mm 1/4 in	9 53 mm 3/8 in	345	480	50	70

فشار	D-wet (m)							
	قطر نازل (mm)							
(kPa)	2.381	3.175	3.572	3.969	4.366	4.763	5.159	5.556
240	21.3	22 9	25.0	26.2	27.4	28.7	29.6	30.5
275	21.3	23.2	25.3	26.8	28.0	29.3	30.2	31.1
310	21.6	23.5	25.3	27.1	28.3	29.9	30.8	31.7
345	21.6	23.5	25.9	27.4	29.0	30.5	31.4	32.3

جدول 7-8- دبی خروجی از نازل‌های معمولی

فشار	q (L/s)							
	قطر نازل (mm)							
(kPa)	2.381	3.175	3.572	3.969	4.366	4.763	5.159	5.556
240	0.09	0.17	0.215	0.262	0.317	0.377	0.447	0.521
275	0.10	0.18	0.229	0.281	0.339	0.404	0.479	0.560
310	0.11	0.20	0.242	0.298	0.360	0.430	0.509	0.594
345	0.11	0 20	0.255	0.314	0.379	0.453	0.536	0.623
380	0.12	0.21	0.266	0.329	0.397	0.474	0.560	0.650

جدول 7-9- مقدار ناخالص پخش آب در آب‌پاش‌ها با دبی‌ها و فواصل مختلف

فاصله آبپاشها		d-gross (cm/h)						
		دبی هر نازل						
s-main (m)	s-lat (m)	0.126	0.189	0.252	0.315	0.379	0.505	0.631
6.1	6.1	1.22	1.83	2.44	3.06	3.67	4.89	6.11
6.1	12 2	0.61	0.92	1.22	1.53	1.83	2.44	3.06
9.1	9.1	0.54	0.81	1.09	1.36	1.63	2.17	2.72
9.1	12.2	0.41	0.61	0.81	1.02	1.22	1.63	2.04
9,1	15.2	0.33	0.49	0.65	0.81	0.98	1.30	1.63
12.2	12.2	0.31	0.46	0.61	0.76	0.92	1.22	1.53
12.2	15.2			0.49	0.61	0.73	0.98	1.22
12.2	18.3					0.61	0.81	1.02

7-5. ظرفیت سیستم

منظور از ظرفیت سیستم مقدار جریانی است که اگر به طور ثابت وجود داشته باشد برای آبیاری یک زمین در طول مدت برنامه ریزی شده کفایت کند. ظرفیت سیستم را می‌توان به عنوان تابعی از نیاز ناخالص آبیاری، مساحت زمین و برنامه کاری به دست‌آورد:

رابطه 7-11 $$Q = 2.778\ [i_g(A)] / [N_{OP}(T_{OP})]$$

که در آن:

Q = مقدار جریان مورد نیاز (L/s).

i_g = نیاز ناخالص آبیاری، mm.

A = مساحت زمین، ha.

N_{OP} = تعداد روزهای آبیاری در هر نوبت، d.

T_{OP} = تعداد ساعات کار سیستم در هر روز، h/d.

و اگر مقداردبی هر آب‌پاش q باشد تعداد آب‌پاشهای مورد لزوم برابر است با:

رابطه 7-12 $$n = \frac{Q}{q}$$

که در آن:

n = تعداد آب‌پاش‌هایی که هم‌زمان کار خواهند کرد.

q = دبی هر آب‌پاش

آنچه از رابطه‌ها 7-11 و 7-12 به دست می‌آید، فقط یک تقریب است و مقدار واقعی آن بستگی به این دارد که لاترال‌ها و لوله‌های اصلی چگونه قرارگرفته باشند. در واقع تعداد نازل‌هایی که هم‌زمان کار می‌کنند ضرب در دبی طراحی شده برای هر نازل عبارت است از ظرفیت سیستم. معمولاً نتایج‌حاصله از رابطه‌ها 7-11 و 7-12 خیلی نزدیک به نتیجه نهایی خواهد بود، مگر آنکه زمین ابعاد نامنظمی داشته باشد.

خلاصه

در این بخش نحوه محاسبه هریک از اجزاء دخیل در طراحی آبیاری بارانی در یک قطعه فضای سبز مانند میزان یکنواختی پخش آب، دبی آب‌پاش‌ها و. . . به همراه کلیه روابط مورد استفاده شرح داده شد. در ادامه نیز سایر موارد مورد استفاده طراح چون چگونگی آرایش سیستم شامل نحوه انتخاب و آرایش آب‌پاش‌ها به همراه روابط و ضرایب مورد نیاز در این خصوص آورده شد.

آزمون

1- یک سیستم آبیاری بارانی متحرک با تعداد 70 آب‌پاش در هر 8 ساعت مساحتی برابر 2 هکتار را آبیاری می‌کند. اگر عمق ناخالص آبیاری معادل 100 میلی‌متر باشد، مطلوب است ظرفیت سیستم و دبی هر آب‌پاش؟

الف) ظرفیت سیستم 69/4 و دبی آب‌پاش 0/99 لیتردرثانیه

ب) ظرفیت سیستم 104/7 و دبی آب‌پاش 1/49 لیتردرثانیه

ج- ظرفیت سیستم 86/81 و دبی آب‌پاش 1/24 لیتردرثانیه

د- ظرفیت سیستم 79/37و دبی آب‌پاش 1/13 لیتردرثانیه

2- در یک سیستم آبیاری بارانی کلاسیک فاصله آب‌پاش‌ها روی لوله جانبی 12 متر و فاصله دو لوله جانبی متوالی 18 متر است. درصورتی که شدت خالص پخش آب 10 میلی‌متر در ساعت و تلفات ناشی از تبخیر و باد 10درصد باشد دبی آب‌پاش چندلیتر در ثانیه است؟

الف) 0/4 ج- 0/67

ب) 0/54 د- 2/41

3- آبدهی آب‌پاش در فشار 35 متر 2/1 مترمکعب در ساعت است. اگر بخواهیم آبدهی آن را به 1/8 مترمکعب در ساعت کاهش دهیم. فشار چند متر باید باشد؟

الف) 25/7 ج- 32/4

ب) 30 د- 34

4- در یک سیستم آبیاری بارانی 4 لوله جانبی 222 متری به طور هم‌زمان عمل آبیاری را انجام می‌دهند. اگر فواصل آب‌پاش 15×12 متر و حداکثر شدت پخش محاسبه شده 12 میلی‌متر در ساعت باشد. ظرفیت سیستم چندلیتردرثانیه است؟

الف) 33/6 ج- 41/2

ب) 36 د- 45/6

5- قرار است یک سیستم بارانی با جا به جایی دستی لوله‌های فرعی طراحی کرد که عمق خالص آبیاری 6 سانتی متر، تبخیر – تعرق 7 میلی‌متر در روز و راندمان کاربرد آب 70 درصد است. درصورتی که دو جا به جایی در روز موردنظر باشد و ساعات کار آب‌پاش‌ها در هر استقرار 11 ساعت باشد چه شدت پخشی را برای آب‌پاش ها برحسب سانتی‌متر در ساعت توصیه می‌کنید؟

الف) 0/73 ج- 0/5

ب) 0/56 د- 0/44

6- آب‌پاشی با مشخصات دبی 0/65 مترمکعب در ساعت با فشار کارکرد 2/81 کیلوگرم در سانتی متر مربع در حال کار می‌باشد. اگر فشار موجود برای کارکرد آب‌پاش3/51 کیلوگرم برسانتی مترمربع باشد، دبی آب‌پاش چندمترمکعب در ساعت است؟

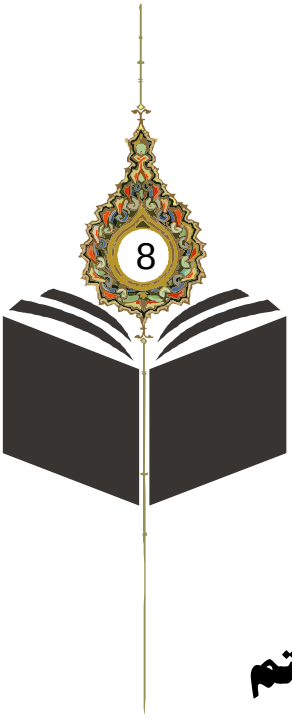
الف) 0/365 ج- 0/85

ب) 0/73 د- 1/46

7- 40 عدد آب‌پاش با فاصله 12 متری در طول دو لوله فرعی که از همدیگر 20 متر فاصله دارند قرارگرفته‌اند. اگر شدت پخش سیستم 1/5 سانتی‌متربرساعت باشد دبی مورد نیاز سیستم چند لیتربرثانیه است؟

الف) 15 ج- 40

ب) 20 د- 45



فصل هشتم

طراحـــــی و آرایـــــش
سیستم‌های آبیاری بارانی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

1. انتخاب و کلیه محاسبات یک سیستم آبیاری بارانی برای یک قطعه فضای سبز مشخص
2. آرایش تمامی اجزاء آبیاری بارانی در یک قطعه فضای سبز

8-1. دیباچه

در سیستم لوله‌های آبیاری بارانی آب از منبع به یک قطعه فضای‌سبز منتقل و سپس به آب‌پاش‌ها هدایت می‌گردد. سیستم شبکه لوله‌های اصلی و لاترال بر دو اساس آرایش داده می‌شوند، یکی ابعاد و شکل یک قطعه فضای‌سبز و دیگری اصول هیدرولیکی. طراحی در اکثر روش‌های بارانی مانند سیستم‌های متحرک دستی، لوله‌های چرخ‌دار و سیستم‌های ثابت مشابه یکدیگرند که در این جا فقط به تشریح اصول کلی آن پرداخته می‌شود.

8-2. طراحی سیستم لاترال‌ها

8-2-1. مفهوم طراحی لاترال‌ها

در رابطه 3-7 دیدیم که دبی نازل تابعی از جذر فشار در آن است. از طرف دیگر در روابط قبلی فرض شد که فشار و دبی خروجی از آب‌پاش‌ها یکسان باشد. حال آنکه عملاً چنین چیزی امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا مفهوم طراحی لاترال براساس محدود بودن اختلاف فشار در طول لاترال یعنی تغییرات دبی آب‌پاش‌ها در یک محدوده مجاز است.

معیاری که در این مورد وجود دارد، این است که برای یک خط لاترال اختلاف دبی آب‌پاش‌هایی که روی آن قرار دارند از ± 10 درصد تجاوز نکند. برای آنکه این معیار کسب شود معمولاً اختلاف فشار در طول لاترال باید کمتر از ± 20 درصد باشد و اگر بخواهیم یکنواختی توزیع آب به خوبی لحاظ شده باشد، اختلاف فشار باید حتی کمتر از ± 15 درصد باشد.

در طراحی خطوط لوله لاترال باید بین طول لاترال، افت فشار ناشی از اصطکاک و تغییرات ارتفاع در نقاط مختلف لوله که به دلیل پستی و بلندی زمین به وجود می‌آید،

توازنی وجود داشته باشد. به عبارت دیگر این پارامترها طوری در توازن با همدیگر انتخاب می‌شوند که اختلاف فشار بین دو آب‌پاشی که در بحرانی‌ترین موقعیت‌ها قرارگرفته‌اند از ±20 درصد تجاوز نکند. منظور از دو آب‌پاش بحرانی آنهایی هستند که اختلاف فشارشان از همه بیشتر است. اگر لاترال روی یک زمین مسطح یا روی زمینی که شیب آن یکنواخت است قرار داشته باشد، دو آب‌پاش بحرانی اولین و آخرین آب‌پاش خواهند بود. ولی اگر خط لاترال روی زمین پست و بلند قرار داشته باشد، تغییرات ارتفاع ممکن است هماهنگ با تلفات انرژی فشاری نبوده و لذا آب‌پاشی که در وسط لوله قرارگرفته‌است، می‌تواند یکی از آب‌پاش‌های بحرانی باشد.

معادله‌ای که براساس آن حداکثر افت مجاز فشار بین دو آب‌پاش بحرانی به دست می‌آید، عبارت است از:

$$H_L = [\theta(H_a) - H_e] / l$$ رابطه 1-8

که در آن:

H_L = حداکثر مجاز افت فشار در اثر اصطکاک (m/m).

θ = درصد مجاز اختلاف فشار (اعشار).

H_a = فشار طراحی شده برای نازل (برحسب ارتفاع m).

H_e = افزایش رقوم لوله در جهت جریان بین دو آب‌پاش بحرانی، متر m.

l = فاصله بین دو آب‌پاش بحرانی، متر m.

اگر لوله رو به پایین شیب باشد مقدار H_e منفی و اگر رو به بالا باشد مثبت درنظر گرفته می‌شود. تازمانی که افت فشار در اثر اصطکاک در طول لوله کمتر از افت مجاز که از رابطه 1-8 به دست می‌آید باشد، لاترال از نظر طراحی در محدوده قابل قبول قرار دارد.

8-2-2. هیدرولیک لاترال‌ها

افت مجاز در اثر اصطکاک که با رابطه 8-1 محاسبه شد، می‌بایست با مقدار واقعی افت در لاترال مقایسه گردد. مقدار واقعی افت تابعی از دبی جریان آب و قطر لوله است. محاسبه افت اصطکاک در لوله‌های لاترال پیچیده‌تر از محاسبه افت در لوله‌های معمولی است، زیرا در لاترال مقدار دبی در قسمت‌های مختلف آن یکسان نیست. دلیل این امر خارج شدن آب از آب‌پاشها است.

با در نظر گرفتن این موضوع در تجزیه و تحلیل افت اصطکاک در لاترال باید به فرضیات زیر توجه داشت:

الف) آب‌پاش‌ها به فواصل مساوی از یکدیگر قرارگرفته اند (S_1).

ب) دبی در آب‌پاش‌ها یکسان باشد.

ج) تمام دبی ورودی به لاترال از طریق آب‌پاش‌ها خارج شده و چیزی در داخل آن باقی نخواهد ماند.

افت واقعی اصطکاک در لاترال برحسب لوله معادل محاسبه می‌شود. لوله معادل لوله‌ای است که قطر آن مساوی قطر لوله لاترال وضریب اصطکاک آن معادل ضریب اصطکاک لاترال باشد، ولی دبی حجمی داخل آن یکسان و ثابت فرض شود. رابطه محاسبه به صورت زیر است:

$$H_{L\text{-}ac} = F[H_{L\text{-}P}]$$ رابطه 8-2

که در آن:

$H_{L\text{-}ac}$ = افت واقعی اصطکاک در لوله لاترال (m/m).

F = ضریب اصطکاک برای درنظر گرفتن این که دبی در طول لاترال کاهش می‌یابد (اعشار).

H_{L-P} = افت اصطکاک در لوله معادل (m/m).

از رابطه هایی که برای محاسبه افت در لوله معادل به کار برده می‌شود، یکی رابطه هیزن- ویلیامز و دیگری دارسی- وایسباخ است. از رابطه اسکوبی[1] نیز برای این منظور استفاده می‌شود. معادله هیزن- ویلیامز که بیشتر از سایر رابطه‌ها به کار گرفته می‌شود، به شرح زیر است:

$$h_f = KL\left[\frac{(Q/C)^{1.852}}{D^{4.87}}\right]$$

رابطه 3-8

که در آن:

h_f = افت اصطکاک (برحسب طول).

K = ضریب تبدیل واحدها.

L = طول لوله.

Q= دبی حجمی جریان.

C = ضریب اصطکاک هیزن – ویلیامز.

D = قطر لوله.

در مسائلی که در این فصل مطرح خواهد شد افت اصطکاک برحسب متر (m)، دبی حجمی برحسب لیتر درثانیه و قطرلوله برحسب میلی‌متر (mm) توصیف خواهد شد. در این صورت ضریب K برابر $1/22\times10^{10}$ می‌باشد. هم چنین برای لوله‌های آلومینیمی که اتصالات به فواصل 12 متری است، ضریب اصطکاک هیزن – ویلیامز 135 می‌باشد.

چون لازم است در رابطه 8-2 افت اصطکاک لوله معادل در هر واحد طول لوله را داشته باشیم، اگر افت اصطکاک از رابطه 8-3 که برابر h_f است بر طول لوله (L) تقسیم کنیم خواهیم داشت :

1. Scobey

رابطه 4-8 $H_{L\text{-}P} = h_f / L$

ضریب F در معادله 8-2 که به نام ضریب اصطکاک کریستیان سن معروف است برای حالتی که اولین آب‌پاش به فاصله S_1 از لوله اصلی قرارگرفته‌باشد، عبارت است از:

رابطه 5-8
$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6N^2}$$

که در آن:

N = تعداد آب‌پاش‌هایی که روی لاترال قرار دارند.

m = ضریبی است که بستگی به نوع رابطه‌ای دارد که به وسیله آن افت اصطکاک محاسبه می‌شود و مقدار آن برای رابطه‌های مختلف به صورت زیر است:

m = 1.9 برای معادله اسکوبی

m = 1.852 برای معادله هیزن – ویلیامز

m = 2 برای معادله دارسی – وایسباخ

و اگر اولین آب‌پاش به فاصله $\frac{S_1}{2}$ از لوله اصلی قرار داشته باشد، ضریب کریستیان سن به صورت زیر خواهد بود:

رابطه 6-8
$$F = \frac{2N}{2N-1}\left\{\frac{1}{m+1} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6N^2}\right\}$$

مقدار واقعی افت اصطکاک تابعی است از جنس لوله، دبی حجمی، طول لوله و قطر آن. دبی لوله توسط طول لوله کنترل می‌شود، زیرا طول لوله خود مشخص می‌کند که چه تعداد آب‌پاش روی آن قرار خواهد داشت. برای آنکه میزان افت در محدوده قابل قبولی واقع شود، ممکن است نیاز به اصلاح قطر لوله و یا طول لوله باشد.

ضریب کریستیان سن (F) برای سه مقدار مختلف m و تعداد آب‌پاش‌های از 1 تا 100 در جداول 8-1 و 8-2 داده شده است. جدول 8-1 برای وضعیتی است که اولین آب‌پاش در

فاصله $S_1/2$ از لوله اصلی قرارگرفته باشد و جدول 8-2 برای وضعیتی که اولین آب‌پاش لاترال در فاصله S_1 از لوله اصلی باشد.

جدول 8-1- ضریب اصطکاک F برای محاسبه تلفات واقعی اصطکاک در لوله لاترال برای وضعیتی که اولین آب‌پاش در فاصله $S_1/2$ از لوله اصلی واقع است.

تعداد آبپاشها	F		
N	For $m = 1.85$	For $m = 1.9$	For $m = 2.0$
1	1.000	1.000	1.000
2	0.518	0.512	0.500
3	0.441	0.434	0.422
4	0.412	0.405	0.393
5	0.397	0.390	0.378
6	0.387	0.381	0.369
7	0.381	0.375	0.363
8	0.377	0.370	0.358
9	0.374	0.367	0.355
10	0.371	0.365	0.353
11	0.369	0.363	0.351
12	0.367	0.361	0.349
13	0.366	0.360	0.348
14	0.365	0.358	0.347
15	0.364	0.357	0.346
16	0.363	0.357	0.345
17	0.362	0.356	0.344
18	0.361	0.355	0.343
19	0.361	0.355	0.343
20	0.360	0.354	0.342
22	0.359	0.353	0.341
24	0.359	0.352	0.341
26	0.358	0.351	0.340
28	0.357	0.351	0.340
30	0.357	0.350	0.339
35	0.356	0.350	0.338
40	0.355	0.349	0.338
50	0.354	0.348	0.337
100	0.353	0.347	0.335

جدول 8-2- ضریب اصطکاک F برای محاسبه تلفات واقعی اصطکاک در لوله لاترال. اولین آب‌پاش در فاصله S_1 از لوله اصلی قرار دارد.

تعداد آبپاشها	$m = 1.85$	$m = 1.90$	$m = 2.00$
1	1.0	1.0	1.0
2	0.639	0.634	0.625
3	0.535	0.528	0.518
4	0.486	0.480	0.469
5	0.457	0.451	0.440
6	0.435	0.433	0.421
7	0.425	0.419	0.408
8	0.415	0.410	0.398
9	0.409	0.402	0.391
10	0.402	0.396	0.385
11	0.397	0.392	0.380
12	0.394	0.388	0.376
13	0.391	0.381	0.373
14	0.387	0.381	0.370
15	0.384	0.379	0.376
16	0.382	0.377	0.365
17	0.380	0.375	0.363
18	0.379	0.373	0.361
19	0.377	0.372	0.360
20	0.376	0.370	0.359
22	0.374	0.368	0.357
24	0.372	0.366	0.355
26	0.370	0.364	0.353
28	0.369	0.363	0.351
30	0.368	0.362	0.350
35	0.365	0.359	0.347
40	0.364	0.357	0.345
50	0.361	0.355	0.343
100	0.356	0.350	0.338
More than 100	0.351	0.345	0.333

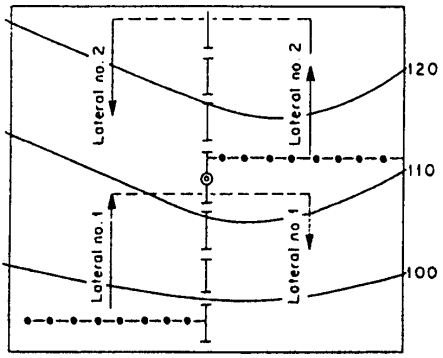
8-2-3. آرایش لاترال‌ها

در آرایش لوله‌های لاترال باید به دو موضوع توجه داشت. یکی اینکه لوله‌ها طوری قرارگیرند که هزینه لوله‌گذاری حداقل باشد. دوم اینکه چنانچه زمین پست و بلند باشد از این پستی و بلندی در جهت توازن فشار در لاترال استفاده شود. چون هزینه‌های مربوط به لوله اصلی به مراتب بیشتر از لوله‌های لاترال است. لذا باید آرایش لوله‌ها به نحوی باشد که حتی‌الامکان طول لوله اصلی حداقل شود. در زمین‌هایی که شیب ملایم و یکنواخت دارند، لوله اصلی معمولاً در وسط زمین و در جهت شیب زمین خوابانیده می‌شود.

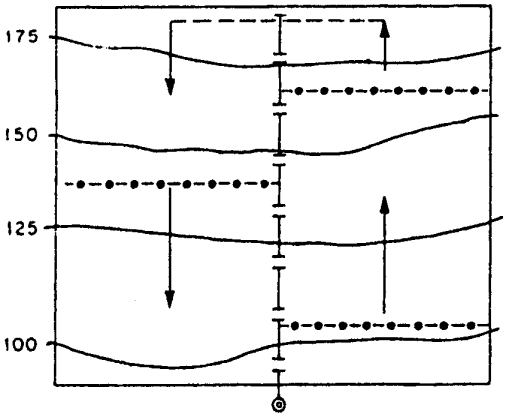
در این وضعیت لوله‌های لاترال عمود بر لوله اصلی و در جهتی که حداقل شیب را دارد، قرار می‌گیرند تا فشار و توزیع آب یکنواخت باشد. شکل‌های 8-1 و 8-2 نمونه‌هایی از طرز قرارگرفتن لوله‌های اصلی و لاترال را نشان می‌دهد.

در شیب‌های ملایم می‌توان لوله اصلی را در امتداد حاشیه بالایی زمین قرار داده و لاترال‌ها در جهت عمود بر لوله اصلی و یا در امتداد شیب کلی زمین حرکت کنند. این وضعیت باعث می‌شود که اختلاف ارتفاع زمین خود باعث توازن فشار و دبی در لاترال‌ها گردد. شکل 8-3 حالتی از این وضعیت را نشان‌می‌دهد. شکل 8-4 نیز حالتی مشابه دارد با این تفاوت که در این شکل توپوگرافی زمین باعث می‌شود که لوله اصلی در انتهای بالایی زمین فشار لازم را نداشته و لذا یک پمپ فشار[2] در وسط راه باید قرار داشته باشد.

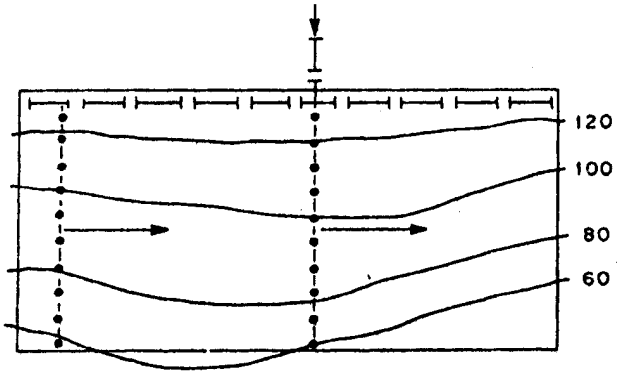
2. booster pump



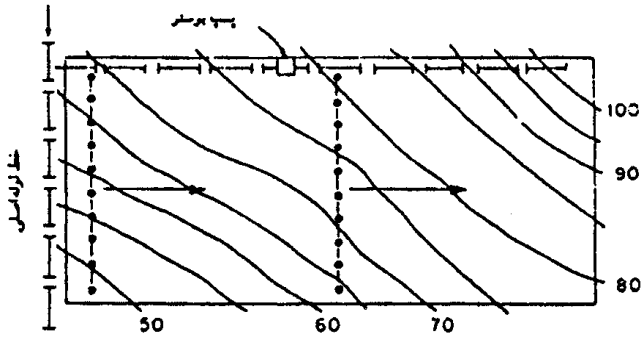
شکل 8-1- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که شیب زمین ملایم و یکنواخت است و منبع آب در وسط زمین قرارگرفته باشد. مسیر حرکت لاترال‌ها با علامت پیکان مشخص شده است.



شکل 8-2- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که شیب زمین ملایم و یکنواخت است و منبع آب در اضلاع زمین قرارگرفته باشد. مسیر حرکت لاترال‌ها با علامت پیکان مشخص شده است.

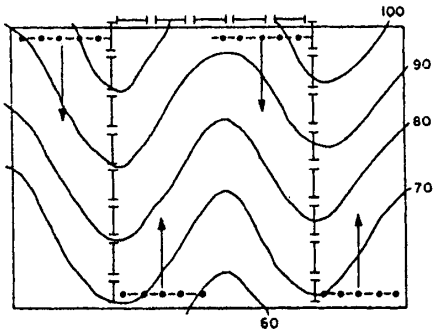


شکل 8-3- آرایش لاترال‌ها در وضعیتی که لوله اصلی در یکی از حاشیه‌های زمین قرارگرفته باشد. در اینجا لاترال‌ها در جهت شیب زمین می‌باشند تا افت فشار در آنها در اثر شیب خنثی شود.

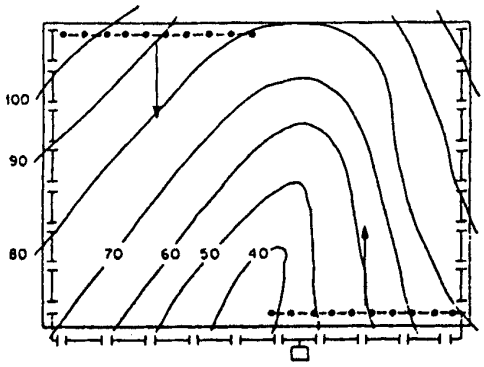


شکل 8-4- آرایش لوله‌های در حالتی که لوله اصلی در حاشیه‌های بالایی زمین قرارگرفته و لاترال‌ها در جهت شیب زمین حرکت می‌کنند تا افت اصطکاک در اثر اختلاف ارتفاع برطرف شود. شکل زمین باعث می‌شود که یک پمپ فشار (بوستر) در نیمه راه لوله اصلی قرارگیرد.

در زمین‌های ناهموار لوله اصلی روی پشته‌ها قرار می‌گیرد و لاترال‌ها در جهت شیب زمین حرکت می‌کنند تا فشار لازم تأمین گردد. شکل 8-5 حالتی از یک زمین ناهموار را نشان می‌دهد که لوله‌های اصلی تقریباً در وسط زمین و روی پشته‌های زمین قرار دارد. شکل 8-6 نیز یک زمین ناهموار است که در آن وضعیت توپوگرافی باعث شده است که لوله اصلی تقریباً دور تا دور زمین قرار داده شود.



شکل 8-5- آرایش لوله‌ها در یک زمین ناهموار که لوله‌های اصلی روی پشته‌های زمین و در مرکز آن قرار دارد و لاترال‌ها در جهت رو به پایین شیب حرکت می‌کنند.



شکل 8-6- آرایش لوله‌ها در زمین ناهموار که در آن به اجبار مقدار زیادی لوله اصلی در اطرف زمین قرارگرفته است تا لاترال‌ها بتوانند در جهت رو به پایین شیب حرکت کنند.

3-8. طراحی سیستم لوله اصلی[3]

1-3-8. فشار لازم در نقطه اتصال لاترال به لوله اصلی

برای آنکه یک آب‌پاش به خوبی وظیفه خود را انجام دهد، می‌بایست از فشار لازم برخوردار باشد. یعنی آب در لوله لاترال دارای فشار کافی باشد. علاوه بر این تغییر رقوم ارتفاعی خط لاترال در طول مسیر و ارتفاع لوله‌های عمودی آب‌پاش (رایزر) که نازل را به لاترال وصل می‌کند و مقدار فشار نیز می‌بایست درنظر گرفته شوند. به لحاظ نظری مقدار فشاری که لازم است در محل ورود آب از لوله اصلی به لوله لاترال تأمین شود، عبارت است از:

رابطه 7-8 $$H_m = H_a + [0.75(H_f + H_e) + H_r]\ 9.807\ KPa/m$$

که در آن:

H_m = فشار لازم در لوله اصلی در محل ورود آب به لاترال، KPa.

H_a = فشار لازم برای آب‌پاش، KPa.

H_f = افت اصطکاک در لاترال، m.

H_e = افزایش رقوم ارتفاعی لاترال از محل ورود آب‌پاش بحرانی، m.

0.75 = ضریبی برای حصول اطمینان از متوسط فشار در نقطه وسط لاترال.

H_r = ارتفاع رایزر، m.

---

4. ر.ک :

-سازمان برنامه و بودجه، «*ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک لوله ها و مجاری*»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش105، تهران، 1373

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «*ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار(طراحی)*»، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ش286، تهران، 1383

-جپسون،رونالد،ترجمه:علیزاده،امین و همکاران،*تحلیل هیدرولیکی شبکه های توزیع آب*،انتشارات دانشگاه امام‌رضا(ع)، چچهارم،مشهد، 1375

آب‌پاش بحرانی، آب‌پاشی است که حداقل فشار را داشته باشد. این آب‌پاش معمولاً آخرین آب‌پاشی است که روی لاترال قرار دارد، مگر اینکه در بین آخرین آب‌پاش و ابتدای لاترال آب‌پاش دیگر قرار داشته باشد که بالاترین رقوم ارتفاعی را داشته باشد و یا اینکه شیب روبه پایین زمین بیش از گرادیان افت‌اصطکاک در لوله باشد. معمولاً ارتفاع رایزر نباید از یک حداقل مشخص کمتر باشد تا آب خروجی از آب‌پاش یکنواخت روی زمین پخش شود و در ضمن آب بالای پوشش گیاهی پاشیده شود. حداقل ارتفاع لازم برای رایزر بستگی به قطر رایزر دارد که در جدول 8-3 داده شده است.

جدول 8-3- حداقل ارتفاع مجاز برای رایزرها

حداقل ارتفاع (cm)	قطر(cm)
7.6	1.27
15	1.90
30	2.54
90	7.6

8-3-2. فشار بحرانی مورد لزوم در لوله اصلی

فشار آب در هرنقطه از لوله اصلی عبارت است از حاصل جمع مقادیر زیر:

الف) فشار مورد لزوم در نقطه‌ای که در جهت جریان بعد از نقطه موردنظر قرارگرفته است.

ب) افت اصطکاک بین نقطه موردنظر و نقطه بعدی روی لوله اصلی

ج) افزایش رقوم ارتفاعی بین نقطه مورد نظر و نقطه بعدی روی لوله اصلی

د) افزایش بار سرعت (ارتفاع نظیر سرعت) بین نقطه موردنظر و نقطه بعدی روی لوله اصلی

این توصیف را می‌توان با معادله زیر نشان داد. که در آن نقطه موردنظر با علامت i و نقطه بعدی در جهت جریان که روی لوله اصلی قرارگرفته است با علامت n مشخص شده است:

$$H_i = H_n + h_{f\text{-}in} + H_{e\text{-}in} + H_{v\text{-}in}$$ رابطه 8-8

که در آن:

H_i = بار فشار مورد لزوم در نقطه i، برحسب متر، m

H_n = بار فشار مورد لزوم در نقطه n، برحسب متر، m

$H_{f\text{-}in}$ = افت اصطکاک بین نقطه i و n برحسب متر، m

$H_{e\text{-}in}$ = افزایش رقوم ارتفاعی بین نقطه i و n برحسب متر، m

$H_{v\text{-}in}$ = افزایش بار سرعت بین نقطه i و n برحسب متر، m

بار سرعت در نقطه i از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_{v-i} = \frac{(V_i)^2}{2g} = \frac{(V_i)^2}{2\,(9.807\,m/s^2)}$$ رابطه 9-8

که در آن:

V_i = سرعت جریان در نقطه i برحسب متر درثانیه، m/s

بار سرعت معمولاً کوچک و قابل صرف‌نظرکردن است. مگرآنکه بخواهیم طراحی با دقت بسیار زیاد انجام شود. بنابراین برای آنکه بتوانیم فشار را در یک‌نقطه از لوله اصلی (i) محاسبه کنیم، باید فشار در نقطه پایین دست (n) را داشته باشیم. بدین ترتیب محاسبه فشار در لوله اصلی را باید از انتها شروع کنیم و به سمت پمپ که نقطه اولیه است برویم. نقطه بحرانی در لوله اصلی نقطه‌ای است که با توجه به اصطکاک بین پمپ و آن نقطه، بیشترین فشار را لازم داشته باشد. پمپ باید چنان فشاری را تولیدکند که نیاز لوله اصلی در نقطه بحرانی تأمین شود. فشار مورد لزوم برای پمپ از جمع اجزاء زیر به دست می‌آید:

الف) فشار مورد لزوم در نقطه بحرانی در لوله اصلی.

ب) مقدار کل افت اصطکاک بین پمپ و نقطه بحرانی روی لوله اصلی.

ج) افزایش رقوم ارتفاعی بین پمپ و نقطه بحرانی (درصورت کاهش ارتفاع با علامت منفی درنظر گرفته می‌شود).

د) افت اصطکاک بین سطح آب پمپاژ و خط محور پمپ.

هـ) بار سرعت در نقطه بحرانی در لوله اصلی.

مجموع این مقادیر عبارت است از بار کل دینامیکی پمپ. به لحاظ تئوری می‌بایست بار کل دینامیکی برای تمام نقاط لوله اصلی محاسبه شود و نقطه‌ای که بار کل دینامیکی آن حداکثر باشد، نقطه بحرانی لوله اصلی نامیده می‌شود. شکل رابطه‌ای این توصیف به صورت زیر است:

$$TDH_i = H_i + h_{f-pi} + H_{e-si} + h_{f-s} + \frac{(V_i)^2}{2g}$$ رابطه 10-8

TDH_i = بار کل دینامیکی مورد لزوم برای نقطه i برحسب متر (m).

h_{f-pi} = افت اصطکاک از پمپ تا نقطه i برحسب متر (m).

H_{e-si} = افزایش رقوم ارتفاعی از سطح آب در منبع تا نقطه i، برحسب متر (m).

h_{f-s} = افت اصطکاک در قسمت مکش پمپ، (m).

پمپ باید قادر باشد حداکثر بار دینامیکی محاسبه شده را باتوجه به میزان دبی ایجاد نماید تا فشار لازم در تمام نقاط لوله اصلی تأمین گردد. چنانچه فشار در نقطه بحرانی لوله اصلی کافی باشد، بقیه نقاط لوله اصلی نیز از فشار کافی برخوردار خواهند بود.

در بعضی شرایط چنانچه فشار در نقطه بحرانی به حدکفایت باشد، فشار در سایر نقاط سیستم بیشتر از حد لازم شده و این امر باعث می‌شود دبی در لاترال‌ها و آب‌پاش‌هایی که به این نقاط وصل می‌شوند، افزایش یابد. برای رفع این مشکل دو راه‌حل وجود دارد. یکی این که در ابتدای لاترال یعنی محلی که لاترال از لوله جدا می‌شود شیر تنظیم فشار یا رگولاتور[4] نصب کنیم و دیگر آنکه شیر ورود آب به لاترال (هیدرانت[5]) را طوری تنظیم نمائیم تا این اثر را جبران نماید. رگولاتور یا تنظیم شیر باید فشار در مدخل لاترال را

4. regulator
5. hydrant

طوری تنظیم کند که مقدار آن برابر مقداری باشد که با رابطه 8-7 محاسبه می‌شود. این روش برای تقلیل فشار در قسمت‌هایی از لوله اصلی که در آن فشار بیش از اندازه است، مناسب ترین روش تصحیح در سیستم‌های آبیاری کوچک می‌باشد.

در سیستم‌های آبیاری بزرگ توصیه می‌شود فشار آب در نقاط بحرانی به صورت موضعی افزایش داده شود. این کار از طریق نصب پمپ های بوستر در داخل لوله‌های اصلی می‌تواند صورت گیرد. یعنی لزومی ندارد که فشار طوری طراحی شود تا حتی در نقطه بحرانی لوله نیز کفایت کند بلکه می‌توان فشار را کمتر گرفت. در عوض در نقاط کم فشار پمپ بوستر نصب کرد. در واقع می‌بایست این دو گزینه از نظر اقتصادی بررسی شده و مناسب‌ترین آنها انتخاب‌گردد.

خلاصه

پس از شکل‌گیری آرایش آب‌پاش‌ها و تعیین دبی مورد نیاز آب‌پاش‌ها در این بخش به طراحی سیستم لاترال‌ها و آرایش آنها در سیستم آبیاری بارانی و انجام محاسبات مربوط با استفاده از روابط موجود پرداخته شد. پس از اینکه آرایش لاترال‌ها انجام‌شده و محاسبات هیدرولیکی مربوط به لاترال‌ها انجام گردید، به عنوان آخرین مرحله از طراحی سیستم آبیاری بارانی به تبیین مبانی طراحی و بیان روابط مربوط به طراحی سیستم لوله های اصلی آبیاری بارانی در فضای سبز پرداخته شد.

آزمون

1- می‌خواهیم در یک منطقه خشک برای یک قطعه فضای‌سبز که خاک آن از نوع لوم شنی است و سطح زیر کشت چمن‌کاری است سیستم آبیاری بارانی طراحی کنیم. آزمایشات خاک و سایر بررسی ها نتایج زیر را نشان داده است:

الف) رطوبت قابل دسترس = 11 cm/m

ب) تخلیه مجاز از نظر مدیریت یک قطعه فضای‌سبز = 0.55

ج) عمق ریشه ها در دوره پیک = 3.35m

د) تبخیر و تعرق گیاه در دوره پیک = 12.4 $ET_c = \frac{mm}{d}$ که c مربوط به گیاه چمن است.

از نظر تئوری دور آبیاری را چند روز می‌توان گرفت؟ (جواب16/3 روز)

2- در یک خاک قرار است سیستم آبیاری بارانی پیاده کنیم. ظرفیت نگهداری رطوبت 120 میلی‌متر در هر متر عمق است. عمق توسعه ریشه در اواسط فصل رشد گیاه 1/5 متر و آبیاری زمانی انجام می‌گیرد که 30 درصد آب موجود تخلیه شده باشد. نیاز آبی گیاه در اواسط فصل رشد 11 میلی‌متر در روز است. برنامه‌ریزی طوری است که در هر دور آبیاری یک روز برای تعمیرات وقت گذاشته و برنامه آبیاری تعطیل می‌شود. حساب کنید تعداد روزهای کاری را در طول دوره آبیاری.(جواب 4)

3- یک سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی را برای یک قطعه فضای‌سبز که شرایط آن در زیر داده شده است در نظر گرفته‌ایم. حساب کنید زمان لازم کاری را در هر موقعیت استقرار لوله (رقم را برحسب عدد صحیح به دست آورید)؟

L_s= 10%(در طی 24 ساعت) ET_{cpeak} = 6mm/d

مساحت زمین = 8ha کفایت آبیاری =75%

I_{max} = 10mm/h S_1 = 12.2m

$S_m = 18.3$ UC = 80%

99 mm = تخلیه مجاز از نظر مدیریت یک قطعه فضای‌سبز

آبیاری هر 12 روز یکبار در یک دوره 14روزه آبیاری انجام می‌شود و حداقل تعداد استقرار لوله‌ها در روز 2 بار و تعداد ساعات کاری در هر استقرار 8 و حداکثر 11 ساعت می‌باشد؟ (جواب 11 ساعت)

4- می خواهیم در شرایط زیر آبیاری بارانی را طراحی کنیم:

الف) تلفات تبخیر 8درصد

ب) راندمان آبیاری از نظر کاربری آب در یک قطعه فضای‌سبز 65درصد[6]

ج) میزان کفایت آبیاری 75درصد

مقدار یکنواختی طراحی شده برای راهبری این سیستم چقدر است؟ (جواب 71/6%)

5- یک مسئول نگهداری برای سطح یک قطعه فضای‌سبز خود 22 سانتی متر آب در اختیار دارد. تخلیه مجاز از نظر مدیریتی 40 درصد است. تبخیر – تعرق گیاه در دوره پیک 8 میلی‌متر در روز می‌باشد. عوامل نگهداری می‌خواهند در هنگام آبیاری در دوره پیک در هر یک روز استراحت داده شود و هر روز در 2 استقرار آبیاری کند. سیستم آبیاری متحرک دستی با 1180 متر لوله اصلی است. در انتهای لوله اصلی و نیز طرفین لوله به فواصل 20 متری شیر اتصال تعبیه شده است. برای این سیستم چند لاترال لازم خواهد بود؟ عمق توسعه ریشه ها یک متر است(جواب 3 لاترال).

6- ضریب توزیع یکنواختی در یک سیستم آبیاری بارانی 70درصد اندازه‌گیری شده و نفوذ عمقی آب 31 درصد است.

الف) با این سیستم چه درصدی از مساحت زمین به حد کافی آبیاری می‌شود؟

6. application

ب) تلفات تبخیر و باد در این سیستم 6 درصد است حساب کنید راندمان توأم آبیاری و الگوی یکنواختی را برحسب درصد.

ج) چه درصدی از کل مساحت به حد کافی آبیاری خواهد شد چنانچه بخواهیم تلفات نفوذ عمق به 20درصد تقلیل یابد؟ (جواب 75%، 65%، 59/5%)

7- یک سیستم آبیاری بارانی ثابت طوری طراحی شده است که فقط در طول روز و در شرایطی که سرعت باد حدود 12 مایل در ساعت، حداقل رطوبت نسبی 45درصد و حداکثر درجه حرارت $75^{o}F$ باشد کار کند. آب‌پاش انتخاب شده دارای قطری معادل $\frac{11}{64}$ اینچ، فشار آب در آن 60 psi و قطر دایره خیس شده 80 فوت می‌باشد، نفوذپذیری خاک محدود به 10/15 اینچ در ساعت است.

الف) چه فاصله ای برای آب‌پاش‌ها در طول لوله لاترال توصیه می‌شود؟

ب) چه فاصله ای برای لاترال ها در طول لوله اصلی توصیه می‌شود؟

ج) دبی توصیه شده برای هر آب‌پاش باتوجه به شرایط فوق چندگالن در دقیقه می‌باشد؟ (جواب 8/53، 12/19، 2/01)

8- یک لاترال آبیاری بارانی باتوجه به شرایط زیر طراحی شده است:

الف) شیب زمین از محل ورود آب به داخل لاترال ثابت و برابر $+0.012\ m/m$ است (در امتداد خط لاترال)

ب) اختلاف مجاز فشار بین نازل‌ها در طول لاترال 20درصد

ج) فاصله آب‌پاش‌ها در طول لاترال 12/2 متر و اولین آب‌پاش در فاصله 6/1 متری از لوله اصلی قرار دارد.

د) لاترال دارای 18 آب‌پاش است.

هـ) افت اصطـکاک در لوله معادلی که قطر آن برابر قطر لاترال و دبی جریان آب در آن نیـز برابر دبی لاترال باشد با روش هیزن– ویلیامز محاسـبه و 0.064 m/m بـوده اسـت. حسـاب کنید فشار لازم در نازل را برحسب kPa اگر بخواهیم این سیستم در محدوده فوق طراحـی شود. (جواب 357 کیلوپاسکال)

9- یک لاترال برای شرایط زیر طراحی شده است:

الف) فشار کاری نازلها 380 کیلوپاسکال

ب) شیب از محل آب در امتداد لاترال ثابت و برابر 0/012 متر در هر متر طولی است.

ج) حداکثر اختلاف مجاز فشار بین دو آب‌پاش 20درصد

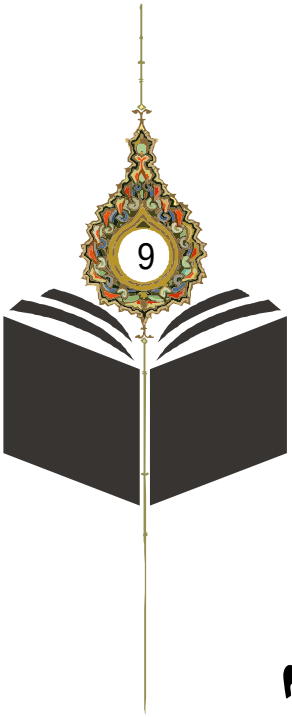
د) فاصله آب‌پاش‌ها روی لاترال 12/2 متر و اولین آب‌پاش در 6/1 متری لولـه اصـلی نصـب شده است.

هـ) افت اصطکاک دو لوله معادلی که قطر دبی آن برابر قطر و دبـی لاتـرال اسـت بـا رابطـه هیزن – ویلیامز محاسبه و 0/064 متر در هر طولی بوده است.

حساب کنید طول لوله لاترال را بر حسب متر. (جواب 225/7 متر)

10- یک سیستم آبیاری بارانی می‌تواند در ابعاد 10m× 20m پیاده شود دبـی نـازل 0.59 L/s وتلفات تبخیر و باد 5 درصد است اگر شیب زمین 9 درصد باشد چنین سیستمی بـرای چه نوع خاکی شایستگی دارد؟ چرا؟

11- یک خط لاترال در امتداد شیب زمین کشیده شـده اسـت. شـیب زمـین 0/01 m/m و افت اصطکاک در لاترال 0/0085 m/m و طول لاترال 274 متـر اسـت. ارتفـاع رایزرهـا 1/2 انتخاب شده است. حساب کنید فشار آب در نازل‌هـا را در صـورتی کـه فشـار لازم در لولـه اصلی 448 کیلوپاسکال باشد. (جواب439 کیلوپاسکال)



فصل نهم

طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در فضای سبز

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

1. سیستم آبیاری قطره ای در فضای سبز را شناخته و اجزاء آنرا تشریح کنید.
2. یک سیستم آبیاری قطره‌ای را برای یک قطعه فضای سبز، انتخاب و کلیه محاسبات آن را انجام دهید.
3. عوامل مؤثر در بهبود شرایط نگهداری و افزایش عمر سیستم را بشناسید.
4. آرایش تمامی اجزاء آبیاری قطره‌ای را در یک قطعه فضای سبز مشخص کنید.

9-1. دیباچه

آبیاری قطره‌ای با دیگر سیستم‌هایی که تا به حال بحث شده تفاوت فاحش دارد، زیرا در این سیستم فقط یک نقطه یا مساحت بسیار محدودی از یک قطعه فضای‌سبز آبیاری می‌شود. هر چند در یک سیستم دیگر به نام آبیاری میکرو نیز تنها قسمت کوچکی از سطح زمین آبیاری می‌شود، اما آبیاری قطره‌ای را نباید به لحاظ تعریف با آبیاری میکرو یکی دانست. در آبیاری میکرو فواره‌های کوچک و یا وسایل دیگری مانند میکروجت در نزدیکی سطح خاک قرارمی‌گیرد تا آب در فضای کوچکی پخش شود. اصول طراحی آبیاری میکرو و آبیاری قطره‌ای تا اندازه‌ای مشابه یکدیگرند ولی آنچه در این فصل مورد بحث قرار گرفته است، فقط آبیاری قطره‌ای است.

در سیستم آبیاری قطره‌ای، آب در نزدیکی منطقه توسعه ریشه‌ها به زمین داده می‌شود تا مساحت و عمق کوچکی از سطح خاک خیس شود. این سیستم در ابتدا برای وضعیتی مانند باغ‌ها که در آن فاصله درخت‌ها زیاد است، طراحی شد.

پس از اینکه آبیاری قطره‌ای موفقیت خود را در مورد درخت‌ها به اثبات رساند، در کشت‌های ردیفی هم به کار گرفته شد. مهم‌ترین تفاوت آبیاری قطره‌ای با سایر روش‌های آبیاری در این است که بین تبخیر- تعرق و مقدار آبی که به زمین داده می‌شود در یک دوره محدود 24 تا 72 ساعته توازن برقرار است. این امر باعث می‌شود تا با توجه به محدود بودن ظرفیت سیستم‌های قطره‌ای، نیاز آبی گیاه در این دوره به دقت تخمین زده شود. برای تعیین وضعیت رطوبت خاک در عمق‌های مختلف از تانسیومتر استفاده می‌شود.

9-1-1. مزایای آبیاری قطره‌ای

آبیاری قطره‌ای مانند روش‌های دیگر آبیاری دارای محاسن و معایبی است. از مزایای آبیاری قطره‌ای این است که به دلیل برقرار شدن توازن بین تبخیر – تعرق و مقدار آبیاری از هدر رفتن آب به صورت رواناب سطحی یا نفوذ عمقی جلوگیری می‌شود و چون فقط محدوده کوچکی از خاک آبیاری می‌شود، از رشد علف‌های هرز در نقاطی که آبیاری نمی‌شود، جلوگیری به عمل می‌آید.

مطالعات نشان داده است که نسبت تولید به ازاء هر واحد آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است. دلایل زیادی برای این موضوع می‌توان برشمرد. یکی این که در روش قطره‌ای چون آبیاری به‌طور مداوم و یا به دفعات زیاد صورت می‌گیرد، رطوبت خاک همواره بالا است. گیاه تحت‌تنش آبی قرار نمی‌گیرد. دوم اینکه به دلیل محدود بودن سطح آبیاری، رشد علف‌های هرز که معمولاً در رقابت با گیاه قرار می‌گیرند، صورت نمی‌پذیرد. البته باید توجه داشت که تمام مطالعات نشان‌دهنده افزایش کمی و کیفی فضاهای سبز به ازاء هر واحد آب مصرفی نیست بلکه برخی مطالعات نیز نشان‌داده‌اند که در این رابطه تفاوتی بین آبیاری قطره‌ای و سایر روش‌ها وجود ندارد. از مزایای دیگر آبیاری قطره‌ای این است که این روش می‌تواند در زمین‌هائی که برای سایر روش‌ها امکان پیاده شدن نیست به کار گرفته شود.

9-1-2. معایب

در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و به خصوص در هنگام مقایسه این روش با سایر روش‌های آبیاری می‌بایست به بعضی نکات توجه شود. به طور کلی هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در آبیاری قطره‌ای به مراتب بیشتر از سایر روش‌ها است. هنوز آمار و

اطلاعات دقیقی از این که هزینه‌های سرمایه‌گذاری در آبیاری قطره‌ای به چه میـزان نسـبت به سایر روش‌ها فزونی دارد، در اختیار نمی‌باشد. زیـرا در اکثـر کشـورها روش‌هـای آبیـاری قطره‌ای با یارانه دولت‌ها طراحی و اجرا می‌شود و لذا بخش زیادی از هزینه‌ها در نظر گرفتـه نمی‌شود. حال آنکـه اگـر یـک نفـر در بخـش خصوصـی بخواهـد بـه چنـین کـاری دسـت بزند،می‌بایست این هزینه‌ها را پرداخت نماید.

چون در آبیاری قطره‌ای آب بـه مقـدار مشـخص و بـه انـدازه نیـاز گیـاه بـه زمـین داده می‌شود، می‌بایست در برآورد نیاز آبیاری دقت شده و سیستم طوری طراحی شود کـه فشـار در قطره‌چکان‌ها فقط در دامنه بسیار محدودی تغییر کند. این امر نیاز به فـن‌آوری پیچیـده ای دارد که تأمین و راهبری آن در حال حاضر مشکل اسـت. بنـابراین کـاربرد ایـن سیسـتم تنها در جاهائی توصیه می‌شود که هزینه‌های تسطیح زیاد بوده و یا آنکـه مقـدار آب بسـیار محدود باشد.

9-2. اجزاء سیستم آبیاری قطره‌ای[1]

اجزاء سیستم آبیاری قطره‌ای با آنچه تا به حال در مورد سایر روش‌ها دیدیم تفاوت دارد، زیرا در این روش باید آب تصفیه شده و سپس در یک شبکه مخصوص توزیع گردد. در شکل 9-1 اجزاء این سیستم به صورت کلی نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود، سیستم شامل سه قسمت عمده است: خط اصلی، قسمت نیمه اصلی و لاترال‌ها.

خط اصلی مشتمل است بر پمپ برای تأمین فشار در سیستم، دستگاه‌های تزریق کودهای شیمیایی به داخل سیستم و صافی یا فیلتر اولیه برای جدا کردن مواد معلق درشت از آب. در دو طرف صافی دو عدد فشارسنج نصب می‌شود تا از روی افت فشار در صافی زمان شستشوی آن مشخص گردد. آخرین جزء خط اصلی شیر کنترل جریان و دبی سنج است.

در قسمت نیمه اصلی یک فیلتر ثانوی برای جدا کردن مواد معلق ریز و شیرهای برقی[2] از نظر کمک به خودکار کردن سیستم تعبیه شده است. در این قسمت از سیستم می‌بایست یک تنظیم کننده فشار (رگولاتور) نیز نصب شود تا فشار فقط در دامنه‌ای که دبی را در حد

---

2. ر.ک :

-آقائی راد، امیر حسین و همکاران، استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش68،تهران،1381

-جپسون،رونالد،ترجمه:علیزاده،امین و همکاران،تحلیل هیدرولیکی شبکه های توزیع آب،انتشارات دانشگاه امام‌رضا(ع)، چچهارم،مشهد، 1375

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی»، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش106، تهران، 1373

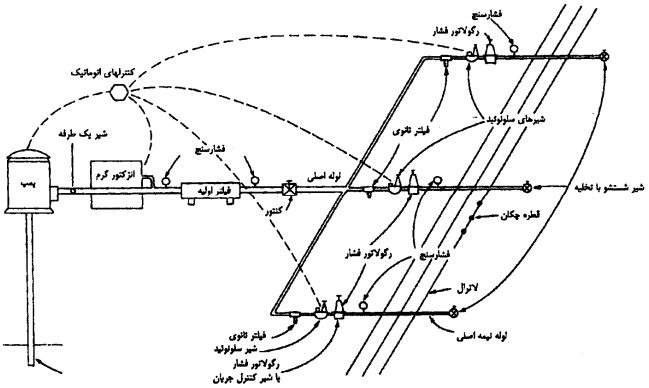
-سازمان برنامه و بودجه، «ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک لوله ها و مجاری»، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش105، تهران، 1373

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، «ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار(طراحی)»، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ش286، تهران، 1383

-ولی زاده، ناصر،نگرشی بر روش های خودکار کردن سامانه های آبیاری تحت فشار،کمیته ملی آبیاری و زهکشی،ش121، تهران،1386

2. solenoid

نیاز ثابت نگه‌دارد تغییر دهد. برای مشخص کردن فشار وجود یک فشارسنج نیز الزامی است. در انتهای قسمت نیمه اصلی شیر تخلیه نصب است تا هر چند یکبار مواد جمع شده در لوله تخلیه شود.



شکل 9-1 – اجزاء مختلف سیستم آبیاری قطره ای

اترال‌ها لوله‌هایی هستند که از قسمت نیمه اصلی منشعب شده و آب را توسط قطره‌چکان‌ها در سطح زمین پخش می‌کنند. قطره‌چکان‌ها انواع گوناگونی دارد که در بخش‌های بعدی درباره آن بحث خواهد شد. تعداد قطره‌چکان‌ها بستگی به شرایط گیاه دارد. در جدول 9-1 کلیاتی در مورد تعداد آنها برای گیاهان مختلف داده شده است. ارقام این جدول فقط جنبه راهنما داشته و می‌تواند در تخمین‌های اولیه طراحی مورد استفاده قرارگیرد.

نوع گیاه	فاصله ردیفها (m)	تعداد گیاه در هکتار	تعداد قطره چکان در هکتار	طول لاترال (m/ha)
درختان	6	250	500-1500	1-900
درختچه ها	3.7	1,000	2,000	3,040
گیاهان ردیفی با فاصله زیاد	1.5	15,000	7,500	6,840
گیاهان ردیفی بافاصله کم وگلخانه‌ای	1	25,000	10,000	10,640

جدول 9-1 – تخمین کلی نیازهای سیستم آبیاری قطره‌ای برای گیاهان مختلف

9-3. قطره‌چکان‌ها

9-3-1. انواع قطره چکان‌ها

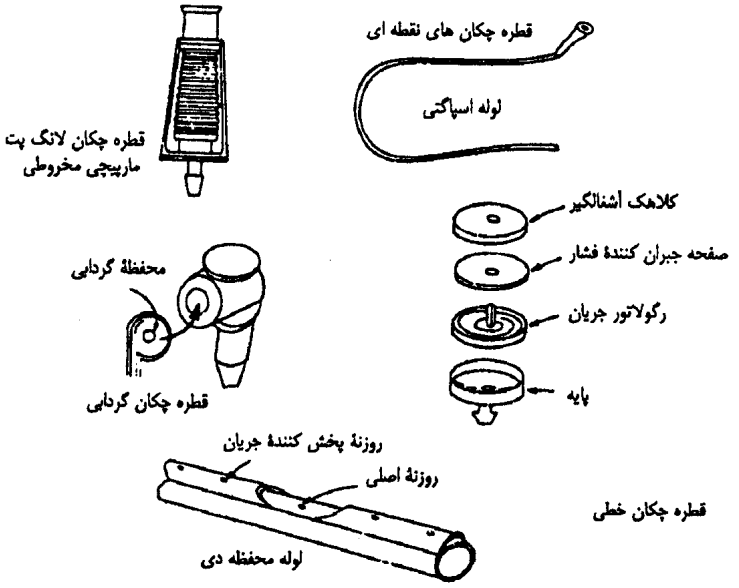
قطره چکان‌ها به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند، یکی قطره‌چکان‌های نقطه‌ای[1] و دیگری قطره‌چکان‌های خطی[2] که هر دو در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با موفقیت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

قطره‌چکان‌ها صرف نظر از اینکه چه نوعی باشند، می‌بایست از ویژگی‌های معیّنی برخوردار باشند. جریان خروجی از آن نباید زیاد باشد، یعنی از یک یا چند لیتر در ساعت تجاوز نکند. از طرف دیگر دبی نباید آنقدر کوچک باشد که مواد معلّقی که از صافی‌ها گذاشته‌اند در داخل لوله‌ها رسوب کنند. دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها نباید در طول زمان تغییر کند. به عبارت دیگر از یکنواختی جریان در طی کار قطره‌چکان اطمینان حاصل باشد. قطره‌چکان‌ها باید در مقابل تابش آفتاب، تغییرات دما و سایر عوامل محیطی مقاوم باشند. از همه مهم‌تر اینکه کار کردن با آن ساده باشد و به ارزانی در اختیار قرارگیرند.

کارخانجات مختلف، انواع و اقسام قطره‌چکان‌ها را به بازار عرضه کرده‌اند که در شکل 9-2 نمونه‌هائی از آن نشان داده شده است. در شکل 9-3 نیز جزئیات برخی از قطره‌چکان‌ها مشاهده می‌شود. یکی از انواع مشهور قطره‌چکان‌ها نوع لانگ پت[3] یا طولانی مسیر است. در این قطره‌چکان‌ها فشار آب در لوله لاترال از طریق عبور از مسیر طولانی و پرپیچ و خم قطره‌چکان تقلیل پیدا کرده به طوری که در هنگام خروج از روزنه قطره‌چکان قسمت اعظم انرژی فشار آب مستهلک شده است (به شکل 9-3 مراجعه شود). نوعی دیگر

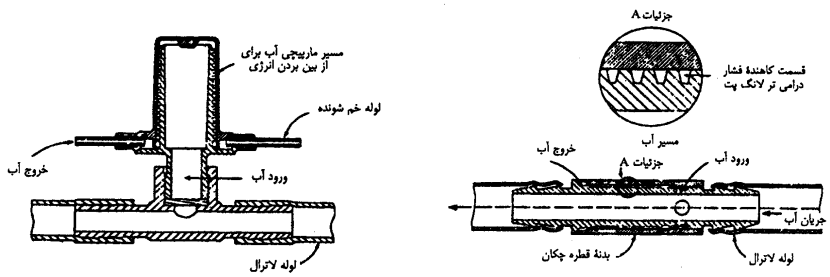
1. point source
2. line source
3. long path

از قطره‌چکان‌ها به شورت پت[1] یا کوتاه – مسیر معروفند که نمونه‌ای از آنها در شکل‌های 9-4 الف و 9-4 ب نشان داده شده است. این قطره‌چکان‌ها از نوع تنظیم کننده فشار و یا به عبارت صحیح‌تر جبران‌کننده فشار می‌باشند که در شکل 9-5 نشان داده شده‌اند. در این قطره‌چکان‌ها علی‌رغم تغییرات غیر قابل اجتناب فشار مقدار دبی خروجی از روزنه قطره‌چکان ثابت باقی می‌ماند. این کار از طریق یک غشاء یا دیافراگم لاستیکی که نسبت به تغییرات فشار جابجا می‌شود صورت می‌گیرد. از انواع دیگر قطره‌چکان‌ها لوله‌های دو محفظه‌ای است، که نمونه معمولی قطره‌چکان‌های خطی به شمار می‌روند. بدین ترتیب که دو لوله روی همدیگر قرارگرفته‌اند که آب در لوله اصلی جریان دارد و سپس از طریق روزنه‌هائی از محل اتصال دو لوله وارد لوله دوم می‌شود که روی آن نیز تعداد روزنه برای خروج آب تعبیه شده است. موقعیت روزنه‌ها طوری است که مقابل همدیگر قرار نمی گیرند.

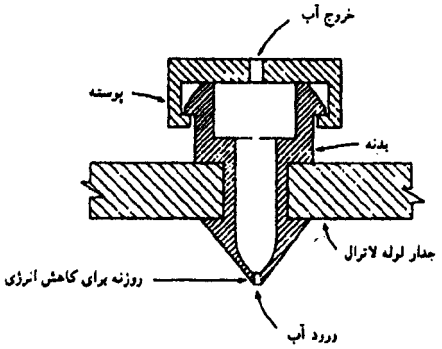


شکل 9-2 – انواع مدل‌های قطره‌چکان نقطه ای و خطی

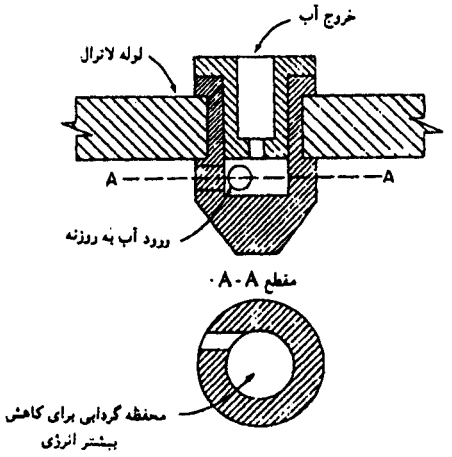
1. short path



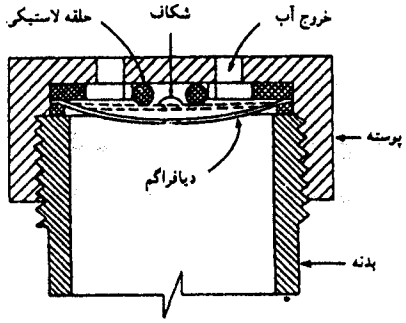
شکل 9-3 (الف)- مقطع قطره‌چکان تک روزنه ای از نوع لانگ پت که در داخل یک لوله لاترال کار گذاشته شده است. (ب) مقطع قطره‌چکان چندروزنه‌ای از نوع لانگ پت که در داخل یک لوله لاترال کار گذاشته شده است.



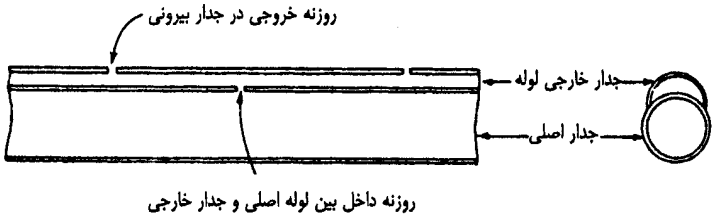
شکل 9-4 (الف) –مقطع یک قطره‌چکان روزنه ای نصب شده روی لوله لاترال



شکل 9-4 (ب)- مقطع قطره‌چکان نوع روزنه مارپیچی نصب شده روی لوله لاترال

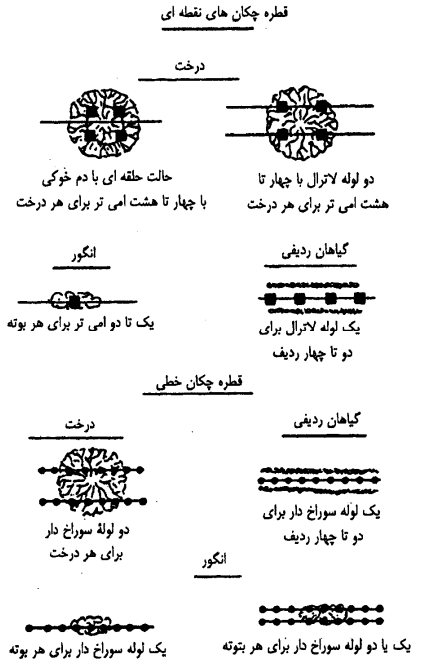


شکل 9-5 – مقطع یک قطره‌چکان نوع تنظیم کننده فشار



شکل 9-6 – تصویر یک لوله دو محفظه ای

معمولاً قطره‌چکان‌های نقطه‌ای برای گیاهانی به کار برده می‌شود که نسبت بهم فاصله نسبتاً زیادی دارند، مانند درختان و قطره‌چکانهای خطی مخصوص گیاهان ردیفی است که با فاصله کم کاشت می‌شوند. البته این قانون عمومیت نداشته و همان‌طور که در شکل 9-7 مشاهده می‌شود از هر دو نوع قطره‌چکان‌ها برای انواع مختلف گیاهان استفاده می‌شود.



شکل9-7– کاربرد قطره‌چکانها نوع نقطه‌ای و خطی در انواع مختلف گیاهان و کشت ها

9-3-2. هیدرولیک قطره‌چکان‌ها

رابطه بین فشار و دبی قطره‌چکان‌ها تابعی از رژیم جریان آب است. رژیم جریان نیز خود با مشخصه‌ای به نام عدد رینولد تعیین می‌گردد. عدد رینولد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه 9-1

$$RN = \frac{VD}{1000v}$$

که در آن:

RN= عدد رینولد (بدون بعد)

V= سرعت جریان (m/s)

D= قطر قطره‌چکان (mm)

v = لزجت سینماتیک آب (m2/s)

لزجت سینماتیک آب در دمای 20 درجه سانتی‌گراد به‌طور استاندارد برابر $1.0 \times 10^{-6} m^2/m$ در نظر گرفته می‌شود. بر حسب عدد رینولد برای جریان آب چهار نوع رژیم در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از:

الف) جریان ورقه‌ای که در آن عدد رینولد کوچک‌تر یا مساوی 2000 است ($RN \leq 2000$)

ب) جریان ناپایدار که در آن رینولد بزرگ‌تر از 2000 و کوچک‌تر یا مساوی 4000 می‌باشد ($2000 < RN \leq 4000$)

ج) جریان نیمه آشفته که عدد رینولد در آن بزرگ‌تر از 4000 و کوچک‌تر یا مساوی 10000 می‌باشد ($4000 < RN \leq 10,000$)

د) جریان آشفته کامل که عدد رینولد در آن بزرگ‌تر از 10000 می‌باشد ($RN > 10,000$)

رابطه بین عدد رینولد با ضریب بدون بعد اصطکاک (f) توسط دیاگرام مودی مشخص شده است. ضریب اصطکاک عبارتست از:

رابطه 2-9

$$f = \frac{h_f}{\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{V^2}{2g}\right)}$$

که در آن:

h_f = افت بار در اثر اصطکاک (m)

L= طول لوله یا قسمتی از مجرای عبور آب که افت اصطکاک برای آن محاسبه می‌شود (m)

D= قطر لوله یا مجرای مورد نظر (m)

$\frac{V^2}{2g}$ = ارتفاع نظیر سرعت (m)

در دیاگرام مودی برای جریان های ورقه‌ای رابطه ضریب اصطکاک و عدد رینولد به صورت خطی و برای جریان‌های نیمه آشفته این رابطه منحنی است. در جریان‌های آشفته کامل صرف‌نظر از این که عدد رینولد چه مقدار باشد، ضریب اصطکاک ثابت باقی می‌ماند. در طراحی سیستم لوله‌ها برقراری رژیم ناپایدار عملی نمی‌باشد. البته این امر چندان هم مهم نیست و فقط باید به این نکته توجه داشت که طراحی طوری صورت نگیرد که جریان در حالت ناپایدار باشد. بسته به رژیم جریان و نوع قطره‌چکان معادله‌های مختلفی در مورد رابطه فشار و دبی قطره‌چکان ارائه شده است. برای قطره‌چکان‌های نوع روزنه ای در شرایط جریان آشفته کامل معادله دبی به شرح زیر است:

رابطه 3-9 $$q = 3.6\ (A)C_o(2gH)^{0.5}$$

که در آن:

q= دبی قطره‌چکان (L/h)

A= سطح مقطع قطره‌چکان که جریان از آن عبور می‌کند(mm^2)

C_o= ضریب روزنه (بدون بعد)

g= شتاب ثقل زمین =(9.807 m^2/s)

H= بار فشار در روزنه (m)

ضریب روزنه در رابطه 3-9 معمولاً 0/6 در نظر گرفته می‌شود.

برای قطره‌چکان‌های نوع طولانی مسیر یا لانگ پت اگر رژیم جریان از نوع ورقه‌ای باشد معادله زیر به کار برده می‌شود:

رابطه 4-9 $$q = 0.11384(A)\left[2g\left(\frac{HD}{fl}\right)\right]^{0.5}$$

که در آن:

f= ضریب اصطکاک (بدون بعد)

L= طول قطره‌چکان(m)

و در وضعیتی که رژیم از نوع آشفته باشد، معادله دبی در قطره‌چکان‌های نوع لانگ – پت به صورت زیر می‌باشد:

$$q = 0.11384(A)\left[2g\left(\frac{\sqrt{HD}}{fL}\right)\right]^{0.5}$$ رابطه 5-9

ضریب اصطکاک f همان‌طور که گفته شد تابعی از شرایط رژیم جریان است. در جریان‌های ورقه ای مقدار آن عبارت است از:

$$f = \frac{64}{RN}$$ رابطه 6-9

در جریان‌های آشفته کامل f به عدد رینولد بستگی ندارد و مقدار آن تابعی از زبری نسبی جدار لوله یا موادی که قطره‌چکان با آن ساخته شده است می‌باشد. رابطه‌ای که در این مورد به کار برده می‌شود عبارت است از:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log\left(\frac{D}{e}\right) + 1.14$$ رابطه 7-9

که در آن:

ε= زبری مطلق لوله با مجرای عبور آب(mm)

D= قطر لوله (mm)

زبری نسبی عبارت است از $\frac{e}{D}$ که برای به دست آوردن آن می‌بایست زبری مطلق (ε) و قطر لوله (D) در اختیار باشند (واحد هر دو یکسان است). در جدول 9-2 مقادیر زبری مطلق برای مواد مختلفی که لوله و متعلقات از آن ساخته می‌شود، داده‌شده‌است.

جدول 9-2 مقادیر زبری مطلق برای لوله و اتصالات مختلف

جنس	زبری مطلق (میلی متر)	
	حداقل	حداکثر
پلاستیک	0.003	0.03
فولاد معمولی	0.03	0.09
آهن گالوانیزه	0.02	0.06
آلومینیوم	0.1	0.3
بتن	0.3	3.0
فولاد پرچی	0.9	9.0
فولاد موجدار	30.0	60.0

9-3-3. یکنواختی قطره‌چکان‌ها

یکی از معیارهای مهم در طراحی آبیاری قطره‌ای توازن بین دبی قطره‌چکان و نیاز آبی گیاه است. برای این که چنین توازنی حاصل شود می‌بایست دبی خروجی از قطره‌چکان‌هایی که در طول یک لاترال قرارگرفته‌اند، یکنواخت باشد. ضریب یکنواختی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$U_e = 100[1.0 - (1.27/n)C_v]\frac{q_{\min}}{q_{avg}}$$ رابطه 9-8

که در آن:

U_e= ضریب یکنواختی خروج آب از قطره‌چکان‌ها

n= تعداد قطره‌چکان‌هائی که برای هر گیاه به کار می‌رود (در مورد قطره‌چکان‌های نقطه‌ای و گیاهان دائم). برای قطره‌چکان‌های خطی در گیاهان ردیفی می‌بایست به شرح زیر هر کدام از مقادیر الف یا ب که بزرگ‌تر بود، به کار برده شود.

الف) فاصله بین گیاهان تقسیم بر همان طولی از لاترال که توسط کارخانه سازنده برای محاسبه C_v توصیه شده است.

ب) یک

C_v= ضریب تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها که توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود.

q_{min}= حداقل دبی در قطره‌چکان‌ها (L/h)

q_{avg}= میانگین دبی در قطره‌چکان‌ها (L/h)

در سیستم توزیع قطره‌چکانها حداقل دبی مربوط به نقطه ای خواهد بود که حداقل فشار را داراست. ضریب یکنواختی که توسط کارخانه تعیین می‌شود، بستگی به نوع قطره‌چکان و کنترل کیفیت ساخت آنها دارد. در جدول 9-3 مقادیر ضریب تغییرات برای تعدادی از انواع قطره‌چکان‌ها داده شده است. در این جدول نمای مربوط به رابطه محاسبه دبی قطره‌چکان که بعداً در مورد آن بحث خواهد شد نیز داده شده است. انجمن مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE) بر اساس ضریب تغییرات در قطره‌چکان‌ها استانداردی را برای طبقه‌بندی آنها مشخص کرده است که در جدول 9-4 نشان داده شده است. این‌انجمن هم‌چنین استانداردی را به منظور توصیه دامنه تغییرات ضریب یکنواختی قطره‌چکان‌ها نسبت به نوع قطره‌چکان، فاصله گیاهان از یکدیگر و پستی و بلندی زمین ارائه شده است که در جدول 9-5 نشان داده شده است.

جدول 9-3- ضریب تغییرات و نمای مورد استفاده در رابطه محاسبه دبی قطره‌چکان برای انواع قطره‌چکانها

نوع وسیله قطره چکان	ضریب تغییرات	توان مربوط به فرمول دبی
Single vortex	0.07	0.42
Multiple-flexible orifice	0.05	0.70
Multiple-flexible orifice	0.07	0 70
Ball and slotted seat—non-compensating	0.27	0.50
Ball and slotted seat—pressure compensating	0.35	0.15
Ball and slotted seat—pressure compensating	0.09	0.25
Small tube	0.05	0.70
Small tube	0.05	0.80
Spiral long-path—nonflushing	0.02	0.65
Spiral long-path—manual flushing	0.06	0.75
Long-path—pressure compensating	0.05	0.40
Long-path—pressure compensating	0.06	0.20
Tortuous long-path	0.02	0.65
Groove and flap, short-path	0.02	0.33
Slot and disk, short-path	0.10	0.11
Slot and disk, short-path	0.08	0.11
Porous pipe	0.40	1.00
Twin-wall lateral	0.17	0.61

جدول 9-4- طبقه بندی قطره‌چکان‌ها بر اساس ضریب تغییرات ساخت که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌شود.

نوع قطره چکان	ضریب تغییرات	طبقه بندی
نقطه‌ای	< 0.05	خوب
	0.05- 0.10	متوسط
	0.10- 0.15	نسبتاً بد
	> 0.15	غیر قابل قبول
خطی	< 0.10	خوب
	0.10- 0.20	متوسط
	> 0.20	نسبتاً بد

جدول 9-5- استانداردهای طراحی در مورد ضریب یکنواختی قطره‌چکانها در مناطق خشک

نوع قطره چکان	فاصلهٔ گیاهان	توپوگرافی زمین	یکنواختی خروج آب (درصد)
نقطه‌ای	عریض a	یکنواخت c	90- 95
		ناهموار d و شیب‌دار	85- 90
	کم h	یکنواخت	85- 90
		ناهموار و شیب‌دار	80- 90
خطی	کم	یکنواخت	80- 90
		ناهموار و شیب‌دار	75- 85

a = فاصله‌ها بیش از ۴ متر h = فاصله‌ها کمتر از ۲ متر
c = شیب کمتر از۲ درصد d = شیب بیشتر از ۲ درصد

یکی از روش‌های بسیار ساده جهت تعیین یکنواختی توزیع آب در قطره‌چکان‌ها محاسبه تغییرات دبی با استفاده از معادله زیر است.

رابطه 9-9

$$q_{var} = 100\left(1 - \frac{q_{min}}{q_{max}}\right)$$

که در آن:

q_{var}= تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها (درصد).

q_{max}= حداکثر دبی قطره‌چکان (L/h)

با به دست آوردن q_{var} می‌توان یکنواختی پخش آب در قطره‌چکان‌ها را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- کمتر از 10 درصد= خوب
- بین 10 تا 20 درصد= قابل قبول
- بیشتر از 20 درصد= غیر قابل قبول

در جدول 9-3 در ستون آخر اعدادی به عنوان توان مورد استفاده در رابطه محاسبه دبی نوشته شده است. این رابطه به شرح زیر است:

رابطه 9-10

$$q = K(H)^x$$

که در آن:

K= ضریب تجربی

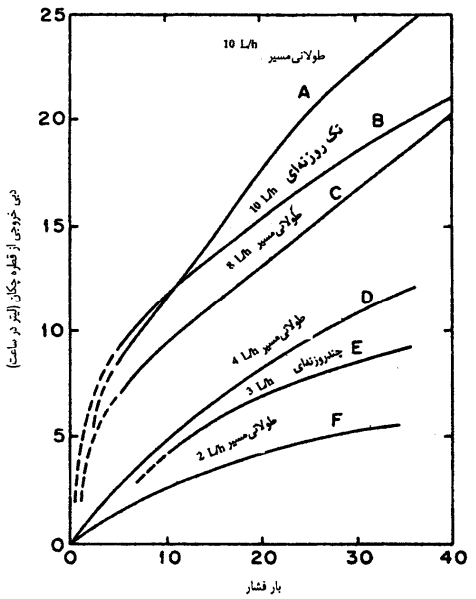
x =توان

مقدار توان x را می‌توان از روی اندازه‌گیری دبی به ازاء دو مقدار مختلف فشار با استفاده از رابطه 9-11 محاسبه کرد:

$$x = \frac{\ln(q_1 / q_2)}{\ln(H_1 / H_2)}$$

رابطه 9-11

تغییرات x از صفر برای قطره‌چکان‌های نوع جبران کننده فشار تا یک برای قطره‌چکان‌هائی که رژیم جریان در آنها ورقه ای است، متغیر می‌باشد. در وضعیتی که رژیم آشفته باشد، مقدار x تقریباً برابر 0/5 است. هر چه ضریب x بزرگ‌تر باشد، برای مقدار مشخص ضریب یکنواختی می‌بایست دقت بیشتری در تأمین فشار مناسب در طول لاترال به عمل آید.



شکل 9-8- رابطه میزان دبی و فشار در انواع قطره‌چکانها.

9-4. هیدرولیک لاترال ها

9-4-1. روابط کلی

هیدرولیک سیستم‌های توزیع آب در آبیاری قطره‌ای در لوله‌های اصلی و لاترال مشابه سایر سیستم‌ها است. بدین صورت که افت اصطکاک با همان روشی که در مورد آبیاری بارانی گفته شد محاسبه می‌شود. پمپ باید بار فشار لازم را طوری تأمین کند که جواب‌گوی افت اصطکاک در لوله‌های توزیع، فیلترها و وسایل کنترل بوده علاوه بر این در صورت اختلاف ارتفاع، آن را نیز جبران نماید و سرانجام در قطره‌چکان‌ها به اندازه طراحی شده فشار موجود باشد.

در محاسبه افت اصطکاک در لاترال ابتدا مقدار افت در لوله با این فرض که هیچ‌گونه دبی از امی‌رها خارج نشود محاسبه شده ،(h_f) سپس مقدار واقعی افت اصطکاک با در نظر گرفتن این واقعیت که دبی لاترال از ابتدا تا انتها به دلیل خروج آب از قطره‌چکان‌ها به‌تدریج کاهش می‌یابد، با ضرب‌کردن h_f در ضریبی به نام ضریب اصطکاک کریستیان سن (F) به دست می‌آید. افت اصطکاک h_f با استفاده از رابطه دارسی – وایسباخ به‌شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$h_f = 6.377\, fL\frac{Q^2}{D^5}$$ رابطه 9-12

که در آن:

h_f = افت اصطکاک در طول لاترال (متر،m)

L= طول لاترال (متر،m)

Q= مقدار کل دبی که در لاترال در جریان است (لیتر در ساعت،L/h)

D= قطر لوله لاترال (میلی‌متر،mm)

ضریب اصطکاک را می‌توان از رابطه‌های 9-6 و 9-7 برای وضعیت‌های مختلف جریان (ورقه ای یا آشفته) محاسبه کرد.

افت واقعی اصطکاک (h_{ac}) با در نظر گرفتن کاهش دبی در طول لاترال عبارت است از:

رابطه 13-9 $h_{ac} = F(h_f)$

که در آن:

h_{ac}= افت واقعی اصطکاک (متر،m)

F= ضریب اصطکاک کریستیان سن.

ضریب اصطکاک کریستیان سن همان است که در فصل مربوط به طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی گفته شد. برای محاسبه بار کل فشار در ابتدای لاترال در صورتی که لاترال در طول مسیر خود افزایش ارتفاع داشته باشد می‌بایست اختلاف ارتفاع به مقدار واقعی افت اصطکاک افزوده شود.

رابطه 13-9 نشان می دهد که افت واقعی اصطکاک تلفات در اتصالات و قطره‌چکان‌ها را شامل نمی‌شود. در برخی تأسیسات، به‌خصوص در شرایطی که قطره‌چکان‌ها روی لوله نصب باشند؛ می‌توان چنین تلفاتی را جزئی به حساب آورد. اما اگر قطره‌چکان از نوعی باشد که در داخل لوله نصب شده است، می‌بایست تلفات ناشی از آن را نیز به حساب آورد. معمولاً در طراحی‌ها به جای هر قطره‌چکان مقداری معادل L_e را بر طول لاترال افزوده، سپس افت اصطکاک برای طول جدید محاسبه می‌شود. مقدار L_e برای انواع قطره‌چکان‌ها به شرح زیر است:

الف) L_e برای قطره‌چکان‌های داخل لوله‌ای[1] یک تا 3 متر در نظر گرفته می‌شود.

ب) L_e برای قطره‌چکان‌های روی لوله‌ای[2] برابر 0/1 تا 0/6 متردرنظر گرفته می‌شود.

ج) L_e برای اتصالات و سه راهی ها 0/3 تا یک متر درنظر گرفته می‌شود.

1. in-line
2. on-line

رابطه‌ای نیز برای محاسبه L_e ارائه شده است که مقدار آن با توجه به قطر و دبی لوله محاسبه می‌کند اما در این رابطه می‌بایست ضریب اصطکاک قطره‌چکان یا اتصالات در آزمایشگاه قبلاً تعیین گردد. این رابطه به شرح زیر است:

$$L_e = 3.43 H_e \frac{(D)^{4.871}}{(Q)^{1.852}}$$ رابطه 14-9

که در آن:

L_e = طول معادل که می‌بایست باتوجه به قطره‌چکان‌ها و اتصالات درنظر گرفت.

H_e = افت اصطکاک در قطره‌چکان یا اتصال، (متر m)

D = قطر لاترال (میلی‌متر، mm)

Q = دبی جریان در لاترال (لیتردرساعت، L/h)

کاربرد این رابطه تا زمانی که ارقام دقیقی در مورد تلفات در قطره‌چکان وجود نداشته باشد، قابل توصیه نمی‌باشد. اما در نظر گرفتن طول معادل در محاسبات افت اصطکاک یک روش مرسوم است.

9-5. فیلترها و سیستم‌های تصفیه آب

جدی‌ترین مساله در نگهداری سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مسدود شدن قطره‌چکان‌ها است. روزنه‌های قطره‌چکان در مقایسه با نازل آب‌پاش‌ها بسیار کوچک و خطر مسدود شدن آن توسط مواد معلق آب و حتی باکتری‌های موجود در آب بسیار زیاد است. مسدود شدن قطره‌چکان‌ها باعث می‌شود که آب به اندازه کافی به گیاه نرسد و از این بابت خسارات زیادی به فضای سبز وارد می‌شود. موادی که موجب مسدود شدن قطره‌چکان‌ها می‌شوند به سه دسته مهم تقسیم می‌گردند:

- مواد فیزیکی به صورت معلق.

- موادشیمیایی.
- مواد بیولوژیکی مانند جلبک‌ها و باکتری‌ها.

در جدول 9-6 مواد مختلفی که باعث انسداد قطره‌چکان‌ها می‌شوند نوشته شده است، برخی از این مواد را به راحتی می‌توان در آب تشخیص داد، مانند رس و ماسه های معلق که در صورت وجود این مواد در آب صاف کردن را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. حال آنکه تشخیص مواد شیمیایی در آب به‌سادگی میسر نمی‌باشد.

معیارهای مختلفی در مورد درجه تناسب آب برای آبیاری قطره‌ای توسط محققین ارائه شده است. در جدول 9-7 معیارهای کیفی آب از نظر استفاده در این سیستم‌ها نشان داده شده است. این معیارها به مهندسان طراح کمک می‌کند تا ضمن تشخیص درجه تناسب آب روش تصفیه مناسب را اتخاذ نمایند.

جدول 9-6- ترکیبات فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی که در مسدود شدن قطره‌چکان‌ها مؤثر است.

مواد معلق	مواد شیمیایی	مواد بیولوژیکی
ذرات غیر آلی	کربنات کلسیم و منیزیم	فیلامانها
شن	سولفات کلسیم	لجن
سیلت	هیدروکسید فلزات سنگین	بقایای میکروبها
رس	کربنات	آهن
پلاستیك	سیلیکات	سولفور
ذرات آلی	سولفید	منگنز
گیاهان	چربیها	
جلبك	گردهای شیمیایی	
جانوران آبی	فسفات	
(زئوپلانکتون)	آهن، منگنز و روی	
باکتریها		

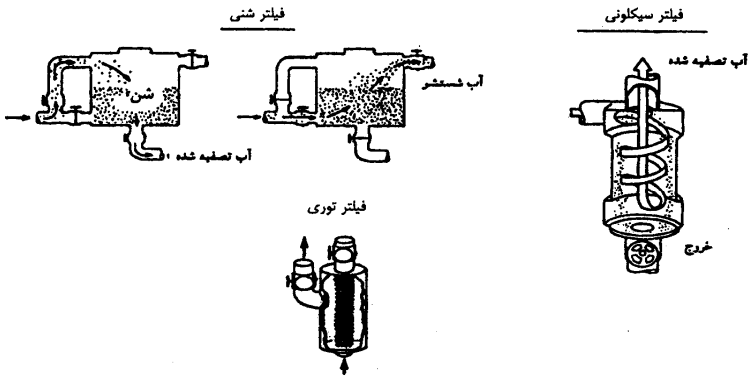
جدول 9-7- معیارهای کیفی آب از نظر استفاده در آبیاری قطره‌ای

نوع مساله	ضعیف	متوسط	شدید
فیزیکی			
مواد معلق[a]	50	50- 100	100
شیمیائی			
pH	7.0	7.0- 8.0	8.0
مواد محلول[a]	500	500- 2000	2000
منگنز[a]	0.1	0.1- 1.5	1.5
آهن[a]	0.1	0.1- 1.5	1.5
سولفید هیدروژن[a]	0.5	0.5*†2.0	2.0
بیولوژیکی			
باکتریها[b]	10.000	10.000- 50.000	50.000

a – حداکثر غلظت برحسب میلی گرم در لیتر b – حداکثر تعداد باکتری در هر میلی لیتر

9-5-1. انواع صافی‌ها

صافی‌ها به منظور جلوگیری از ورود مواد ناخواسته به داخل سیستم آبیاری قطره‌ای به کار برده می‌شود. صافی‌ها انواع و اقسام مختلف دارند اما در آبیاری قطره‌ای سه نوع آن بیشتر کاربرد دارد که عبارتند از صافی‌های توری[1] صافی‌های شنی و صافی‌های سیکلونی که در شکل 9-9 نشان‌داده‌شده است.



شکل 9-9- انواع مختلف صافی‌های توری، شنی و سانتریفوژی

1. screen

جدول9-8- طبقه بندی صافی‌ها و اندازه ذرات

شماره مش	قطر معادل (میکرون)	نوع ذرات	قطر معادل (میکرون)
16	1180	شن درشت	>1000
20	850	شن متوسط	250-500
30	600	شن خیلی نرم	50-250
40	425	سیلت	2-50
100	150	رس	<2
140	106	باکتری	0.7-2
170	90	ویروس	<0.4
200	75		
270	53		
400	38		

9-5-1-1. صافی‌های توری

صافی‌های توری متداول‌ترین نوع فیلتر در آبیاری قطره‌ای است. غالباً در فرآیند تصفیه آب ابتدا یک صافی توری قرار داده می‌شود. همان‌طور که در شکل 9-8 مشاهده می‌گردد، در صافی‌های توری آب پس از آنکه وارد دستگاه صافی شد قبل از خروج از آن از یک صفحه سوراخ‌دار عبور می‌کند. صافی‌ها از نظر قطر چشمه‌ها استاندارد و برحسب عددی به نام شماره مش[1] مشخص می‌گردند. در جدول 9-8 طبقه‌بندی صافی‌ها برحسب شماره مش نوشته شده است. مثلاً در صافی‌های شماره 40 قطر چشمه‌های صافی 425 میکرون است و این صافی می‌تواند مانع از عبور ذرات سیلت بشود. صافی‌هایی که آبیاری قطره‌ای به کار برده می‌شود، غالباً از مش شماره 100 یا 200 درست شده‌اند که قادرند موادی را که قطر معادل آنها 150 یا 75 میکرون باشد از آب جدا سازند.

1. mesh

9-5-1-2. صافی‌های شنی

صافی‌های شنی از محفظه‌ای که در آن گراولهای ریز و شن ریخته شده است درست شده‌اند. این صافی‌ها قادرند مقدار نسبتاً زیادی از ذرات معلق را از آب جدا نمایند. توانایی آنها در خارج ساختن ذراتی است که قطرشان بین 100 تا 25 میکرون است، براساس استاندارد ASAE در این صافی‌ها دبی جریان به ازاء هر مترمربع سطح فیلتر نباید از 14 لیتر در ساعت تجاوز کند. ضخامت صافی‌های شنی می‌بایست حداقل 50 سانتی‌متر باشد.

9-5-1-3. صافی‌های سیکلونی

اساس کار فیلترهای سیکلونی در شکل 9-8 نشان داده شده است. این فیلترها برای جداکردن مواد سنگین‌تر از آب که قطرشان بزرگ‌تر از 75 میکرون است، کاربرد دارد. اما برای جدا ساختن ترکیبات آلی چندان کارآیی ندارد. گاهی اوقات این فیلترها در قسمت مکنده پمپ نصب می‌شوند تا عمل تصفیه مقدماتی مواد شنی را انجام دهد. این کار علاوه بر عمل تصفیه معمولی باعث افزایش عمر پمپ نیز می‌شود.

9-5-1-4. شستشوی معکوس

شستشوی معکوس عملی است که طی آن جریان آب برعکس حالت معمولی وارد فیلتر می‌شود تا موادی را که فیلتر در خود نگه‌داشته است از آن خارج‌سازد. در شکل 9-8 عمل شستشوی معکوس برای فیلترهای شنی نشان داده شده است. در سیستم‌های قطره‌ای غالباً دو فیلتر شنی به کار برده‌می‌شود تا یکی مشغول کار و هم‌زمان دیگری مشغول شستشوی معکوس باشد. عمل شستشو در صافی‌های سانتریفوژی با باز کردن شیر شستشو که در پایین دستگاه مشاهده می‌گردد (شکل 9-8)، صورت می‌گیرد. در هنگام شستشوی فیلترهای سانتریفوژی می‌بایست شیر جریان آب صاف شده، بسته‌شود.

نیاز به شستشوی معکوس در فیلترها زمانی مشخص می‌شود که افت فشار در دو طرف به حد مشخص برسد. معمولاً هر زمان افت فشار در دو طرف فیلتر به 70 کیلو پاسکال رسید شستشوی معکوس الزامی می‌شود.

9-5-2. تصفیه باکتریایی

سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در مدت کوتاهی – حدود یک هفته – توسط مواد حاصله از فعالیت باکتری‌های موجود در آب مسدود می‌گردد.

برای جلوگیری از این مشکل می‌بایست آب علیه باکتری ها ضدعفونی شود. این عمل از طریق باکتری‌کش‌هایی که عمدتاً از ترکیبات کلره تشکیل شده است، انجام می‌شود. آب می‌بایست مدت کافی در تماس با باکتری‌کش باشد تا عمل تصفیه انجام پذیرد. اگر از محلول کلر با غلظت 1 میلی‌گرم در لیتر استفاده شود، مدت 10 تا 30 دقیقه برای ضدعفونی کافی خواهد بود. عمل تماس آب با باکتری‌کش‌ها در مخزنی انجام می‌شود که گنجایش آن بسته به ابعاد سیستم و دبی جریان متفاوت است. در جدول 9-9 مواد ضدعفونی کننده کلره (باکتری کش) که در بازار موجود است، همراه با مقداری از آنها که لازم است 1233 مترمکعب آب را به غلظت 1 میلی‌گرم در لیتر کلر برساند نشان داده شده است.

معیار استاندارد جهت کنترل باکتریایی در آب مصرفی در سیستم قطره‌ای آن است که میزان کلر در آب بحدی باشد که غلظت کلر آزاد را حداقل به 0/1 میلی‌گرم در لیتر برساند. اندازه‌گیری کلر می‌تواند توسط کیت‌های سنجش کلر مشابه آنچه در استخرهای شنا به کار می رود، صورت گیرد.

جدول 9-9- مواد کلره تجارتی و مقادیر مورد نیاز برای آنکه غلظت 1233 مترمکعب آب را به غلظت 1 میلی گرم در لیتر برساند.

ماده	مقدار معادل	مقدار لازم برای آن که غلظت ۱۲۳۳ متر مکعب را به $1\ mg / L\ Cl_2$ برساند
	$457\ g\ Cl_2$	

9-5-3. تصفیه شیمیایی

تصفیه شیمیایی آب از این جهت صورت می‌گیرد تا از رسوب مواد شیمیایی در داخل سیستم که می‌تواند منجر به انسداد روزنه قطره‌چکان‌ها و لوله‌ها گردد جلوگیری شود. مهم‌ترین ماده‌ای که رسوب آن محتمل است کلسیم محلول کربناتهای آب آبیاری است که به صورت کربنات کلسیم ته‌نشین می‌شود. روش معمول برای جلوگیری از این کنش شیمیایی کنترل pH آب از طریق وارد کردن اسید است.

تمایل به رسوب $CaCO_3$ در آب براساس معیاری به‌نام شاخص اشباع لانژیلر، LSI[1] تعیین می‌گردد. LSI عبارت است از اختلاف بین اسیدیت آب آبیاری (pH_m) که با پ – هاش متر اندازه‌گیری می‌شود و اسیدیته‌ای که با رابطه زیر محاسبه می‌شود. (pH_c)

$$pH_c = (pK_d - pK_s) + p[Ca^{2+}] + P[HCO_3^-] + P(ACF)$$ رابطه 15-9

یعنی:

$$LSI = pH_m - pH_c$$ رابطه 16-9

اگر LSI مثبت بود نشان‌دهنده این است که در آب پتانسیل رسوب $CaCO_3$ وجود دارد.

1. Langelier Saturation Index

در رابطه 9-15، حرف P علامتی است که به معنای منهای لگاریتم در پایه 10 به کار می‌رود:

$$(Ca^{2+})\,(CO_3^{-2}) = k_s$$

$$\frac{(H^+)(CO_3^{-2})}{(HCO_3^-)} = k_d$$

ACF = ضریب فعالیت برای Ca^{2+}، HCO_3

مقدار $pk_d - pk_s$ تابعی از درجه حرارت آب بوده و برابر است با:

رابطه 9-17 $$pk_d - pk_s = 2.586 - 2.621 \times 10^{-2}T + 1.01 \times 10^{-4}T^2$$

که T درجه حرارت آب است (^oC).

مقدار p(ACF) بستگی به غلظت محلول داشته و مقدار آن عبارت است از :

رابطه 9-18

$$p(ACF)=7.79\times10^{-2}+2.610\times10^{-2}(TDS)-5.477\times10^{-4}(TDS)^2+5.323\times10^{-6}(TDS)^3$$

که در آن:

TDS = غلظت یون‌های محلول در آب برحسب میلی اکی والانت در لیتر (meq/L)

$p[Ca^{2+}]$ = منهای لگاریتم غلظت کلسیم در محلول که در آن غلظت کلسیم برحسب مول در لیتر(moles/L) درنظر گرفته شود.

$p[HCO_3^-]$ = منهای لگاریتم غلظت یونهای بی‌کربنات در محلول که در آن غلظت بی‌کربنات برحسب مول در لیتر (moles/L) درنظر گرفته شود.

چنانچه پس از محاسبه LSI مشاهده شد که مقدار این شاخص منفی است، نشان دهنده این است که در این سیستم کربنات کلسیم رسوب نخواهد کرد.

اگر به آب آبیاری اسید اضافه شود، بدون آنکه سایر پارامترهای شیمیایی آب تغییر داده شود، pH_m کاهش و لذا شاخص LSI منفی می‌گردد. در این صورت خطر رسوب کربنات

کلسیم برطرف می‌شود. همان‌طور که دیدیم بخشی از pH_c بستگی به درجه حرارت آب داشت، به طوری که اگر درجه حرارت آب افزایش یابد pH_c کاهش می‌یابد، در نتیجه ممکن است علامت LSI عوض شود. یعنی آبی که مثلاً در منبع اصلی دمای آن 25 درجه سانتی‌گراد و LSI در آن منفی بوده است و در اثر بالارفتن درجه حرارت در طول لاترال ممکن است LSI در آن مثبت شود. باید توجه داشت که اگر $CaCO_3$ رسوب نماید انحلال مجدد آن بسیار به کندی صورت می‌گیرد.

معمولاً اگر آب دارای pH=8 باشد با اضافه کردن 0/5 میلی اکی والانت در لیتر اسید مقدار pH یک واحد کاهش پیدا می‌کند. گرچه رسوب کربنات‌کلسیم معمولی‌ترین نوع رسوبات در لوله‌های آبیاری قطره‌ای است ولی اکثر منگنز و آهن نیز با ایجاد سولفیدهای آهن (FeS) و منگنز (MnS) که رنگ سیاه دارند در لوله‌ها تولید اشکال می‌کنند که حذف آنها با افزایش اسید بسیار مشکل است.

9-6. سیستم‌های تزریق کود

سیستم‌های آبیاری قطره ای که آب را مستقیماً در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند از نظر پخش کودهای شیمیایی بسیار مناسب‌اند. به طوری که اگر کود را در آب حل کنیم، بدون صرف هزینه و انرژی اضافی، کود در یک قطعه فضای‌سبز پخش می‌شود. البته باید در نظر داشت که غلظت و نوع کود باعث خوردگی جدار لوله‌ها نشود. در جدول 9-10 توانایی فلزات مختلف از لحاظ قابلیت خورده شدن توسط محلول‌های مختلف کودی نشان داده شده است. ضمناً باید توجه داشت که با افزایش کود به آب رشد جلبک‌ها و باکتری‌ها در آب نیز افزایش می یابد که خود عاملی در انسداد لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها می‌باشد.

جدول 9-10- خطر خوردگی فلزات توسط کودهای مختلف

نوع فلز	نیترات کلسیم	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	اوره	اسید فسفریک	فسفات دی‌آمونیوم	کود کامل 17N- 17P- 10 K
آهن گالوانیزه	M	SV	C	N	SV	N	M
آلومینیوم	N	SL	SL	N	M	M	SL
فولاد ضد زنگ	N	N	N	N	SL	N	N
برنز	SL	C	C	N	M	SV	SV
مس	SL	C	M	N	M	SV	SV
اسیدیته محلول کود	5.6	5.9	5.0	7.6	0.4	8.0	7.3

N = هیچ
SL = کم
M = متوسط
C = زیاد
SV = شدید

9-6-1. تجهیزات تزریق کود

وسایل تزریق کود مشابه تجهیزاتی است که برای واردکردن مواد کنترل کننده باکتری‌ها و یا تنظیم pH به کار می‌رود. البته تزریق گاز کلر با اینها متفاوت بوده و می‌بایست توسط تانک‌های تحت فشار انجام شود. وسایل تزریق کود مشتمل بر دستگاه‌های تفاضل فشار و انتوری های تزریق کود و پمپ‌های پیستونی است. کود را می‌توان در قسمت مکش پمپ به حالت محلول در آورد تا وارد سیستم شود، اما در این وضعیت نباید خطر خوردگی فلزات تشکیل‌دهنده پمپ را از یاد برد.

شاید معمول‌ترین دستگاه تزریق کود پمپ‌هایی باشد که محلول کود را با فشار وارد سیستم می‌کند. نوع دیگر سیستم تزریق کود از نوع تفاضل فشاری است که نمونه‌ای از آن در شکل 9-10 نشان داده شده است. یک دستگاه کم کننده فشار روی لوله نصب می‌شود تا اختلاف فشار در دو طرف دستگاه باعث شود که آب به داخل تانک کود مکیده شود. عیب این دستگاه آن است که غلظت کود مرتب در حال تغییر است.

غلظت موادی که در داخل تانک باقی می‌ماند، نسبت به غلظت اولیه آن عبارت است از:

$$C = 100 \exp\left[\frac{-q_t(t)}{100}\right]$$

رابطه 9-19

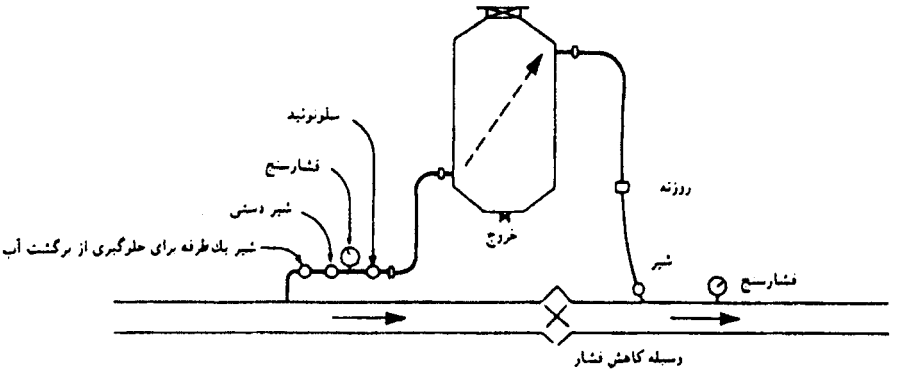
که در آن:

C = غلظت مواد باقی‌مانده در تانک (درصد).

q_t = دبی عبوری از تانک در واحد زمان نسبت به ظرفیت تانک (درصد)

دبی جریان بخش بر حجم تانک ضرب در 100

t = زمان (باتوجه به واحدی که برای qt درنظر گرفته شده است).



شکل 9-10- تصویر یک دستگاه تزریق کود که براساس تفاضل فشار کار می‌کند

جریان عبوری از تانک توسط شیر فلکه‌هایی که در شکل نشان داده شده است کنترل می‌شود. روزنه‌های کشویی نیز می‌توانند برای این منظور مورداستفاده قرارگیرند. قطر این روزنه‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D = \left[\frac{15.13 Q_t}{(C_o \sqrt{p}}\right]^{0.5}$$

رابطه 9-20

که در آن:

D = قطر روزنه (میلی‌متر، mm)

Q_t = دبی عبوری از تانک (لیتردردقیقه L/min)

C_o = ضریب روزنه که معمولاً 0/62 درنظر گرفته می‌شود.

p = اختلاف فشار در دو طرف روزنه (کیلوپاسکال kPa)

در کاربرد کودهای شیمیایی همراه با آب به یک نکته اساسی توجه داشت و آن این است که کود نباید هیچ وقت در لوله باقی بماند. ازطرف دیگر شروع آبیاری نیز با تزریق کود همراه باشد. بنابراین حداقل یک ساعت قبل از خاتمه آبیاری باید تزریق کود خاتمه پیدا کرده باشد و تزریق کود حداقل یک ساعت پس از شروع کار سیستم شروع شود.

خلاصه

در ابتدای این بخش محاسن و معایب آبیاری قطره‌ای به صورت اجمالی بررسی شده و سپس اجزاء سیستم آبیاری قطره‌ای در فضای سبز به تفکیک شرح داده شد. در ادامه نیز روابط و مبانی مربوط به آرایش قطره‌چکان‌ها، لوله‌های فرعی (لاترال‌ها) و همچنین لوله‌های اصلی و نحوه بررسی هیدرولیک و طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای بیان شد. در انتها نیز اجزاء ایستگاه مرکزی آبیاری قطره‌ای شامل صافی‌ها، تانک کود و. . . به همراه نحوه عملکرد این‌گونه ایستگاه‌ها تشریح شد.

آزمون

1- در یک درختکاری که فاصله گیاهان از یکدیگر 1/5 متر است سیستم آبیاری قطره‌ای پیدا شده است. شیب زمین کمتر از 2 درصد و آب و هوای منطقه خشک است. دبی

طراحی شده برای قطره‌چکان‌ها 8 لیتر درساعت و حداقل دبی 7/5 لیتردرثانیه می‌باشد. حساب کنید حداکثر ضریب تغییرات مجاز را که کارخانه برای سیستم آبیاری قطره‌ای مشخص کند؟

2- یک قطره‌چکان که قطر روزنه آن 1/5 میلی‌متر و جریان در آن آشفته است، در یک سیستم قطره‌ای که بار فشار 8 متر است. به کار رفته است. ضریب روزنه 0/6 و لزجت سینماتیک آب $1\times10^{-6} m^2/s$ باشد؟

3- در یک قطره‌چکان مقدار دبی از رابطه زیر به دست می آید:

$$q = KAC\ (2gH)^{0.5}$$

q = دبی قطره‌چکان (L/h)

A= سطح مقطع روزنه قطره‌چکان (cm^2)

C= ضریب بدون بعد روزنه

g = شتاب ثقل زمین ($9.81\ m/s^2$)

H = بار فشار (cm)

K = ضریب ثابت

مقدار ضریب Kرا به دست آورید.

4- در یک قطره‌چکان لانگ – پت با قطر روزنه 2 میلی‌متر دبی طرحی شده 8/5 لیتر در ساعت و طول معادل آن 4/5 متر است. درجه حرارت آب 20^oC است. حساب کنید فشار طراحی شده را برحسب متر آب (جواب 2/62 متر)؟

5- حساب کنید محدود دبی قطره‌چکان را برای آبیاری یک قطعه فضای‌سبز ای به وسعت 1/1 هکتار با جریانی معادل 78 مترمکعب در ساعت اگر لاترال‌ها به فاصله 2 متر و فاصله قطره‌چکان‌ها روی لاترال 75 سانتی‌متر باشد. نیاز آبیاری 7 میلی‌متر در روز و راندمان

الگوی توزیع 85درصد و زمان کل آبیاری برای هر دوره 8 روزه 15ساعت درنظر گرفته شود؟

6- روی یک لاترال 50 قطره‌چکان نصب است فشار ورودی 8 متر و افت فشار معادل 15 درصد متوسط فشار می‌باشد. فرض کنید لاترال افقی و دبی قطره‌چکان از رابطه زیر محاسبه شود:

$$q = 0.95\ H^{0.695}$$

که q برحسب L/h و H برحسب متر است. حساب کنید فشار را در آخرین نقطه قطره‌چکان خط لاترال، متوسط فشار و موقعیت مکانی آن را و مقادیر متوسط و حداکثر و حداقل دبی را؟

7- یک لاترال روی زمینی که شیب آن دودرصد است خوابانیده شده است. طول لاترال 90 متر و قطر آن 15 میلی‌متر است. روی این لاترال قطره‌چکان‌هایی با فاصله 70 سانتی متر و دبی 4/2 لیتردرساعت با بار فشار 10 متر نصب شده است. دبی قطره‌چکان متناسب با جذر بار فشار انتخاب شده است. حساب کنید توزیع فشار و دبی را در طول لاترال و درصد تغییرات دبی را؟

فهرست منابع و مراجع

1. آذری، اردوان و همکاران، زهکشی زیر زمینی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش120، تهران، 1386.

2. آقائی راد، امیر حسین و همکاران، استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش68،تهران،1381.

3. احسانی، مهرزاد و همکاران، مقدمه ای بر آب مجازی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش 134، تهران، 1387.

4. اکرم، مجتبی و همکاران، مواد و مصالح سامانه های زهکشی زیرزمینی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش81، تهران، 1383.

5. بورکی،استفان و همکاران،ترجمه:مولائی محمدحسن،تهیه مقررات ملی مدیریت منابع آب،انتشارات سازمان مدیریت منابع آب ایران،تهران، 1379.

6. بهره دار، دار یوش و همکاران، مدیریت نوین آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش71، تهران، 1381.

7. بهره دار، دار یوش و همکاران، راهنمای ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش103، تهران، 1386.

8. جپسون،رونالد،ترجمه:علیزاده،امین و همکاران،تحلیل هیدرولیکی شبکه های توزیع آب،انتشارات دانشگاه امام‌رضا(ع)، چچهارم،مشهد، 1375.

9. جعفری، محمد صادق، ترجمه، مدیریت، بهره برداری و نگهداری شبکه های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی و شرکت مهندشی مشاور مهاب قدس، ش 113، تهران، 1387.

10. جنسن، ماروین، ترجمه: مالک، اسماعیل، آب مصرفی گیاهان و آب مورد نیاز برای آبیاری، مرکز نشر دانشگاهی، چاول، تهران، 1365.

11. حسینی، سید شمس الدین، قیمت گذاری آب آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش64، تهران، 1381.

12. حیدریان، سید احمد وهمکاران، ترجمه، راهنمای روش مشارکت مدار برای تشخیص سریع مسائل و طرح ریزی عملیات در سامانه های آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش112، تهران 1386.

13. حیدریان، سید احمد و همکاران، انتقال مدیریت آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش131، تهران، 1387.

14. خیرابی، جمشید و همکاران، بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن – مانتیس با روش های فائو 24 در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش61، تهران، 1381.

15. دارابی، محمد و همکاران،ترجمه،خُرد آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش119، تهران، 1387.

16. دونین، ال دی و همکاران، ترجمه : راهدار، محمدرضا، آبیاری و مدیریت آب، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چدوم، اهواز، 1384.

17. سازمان برنامه و بودجه– وزارت نیرو،فهرست خدمات مرحله یک(توجیهی)طرح های آبیاری و زهکشی،دفتر فنی،ش93، تهران، 1363.

18. سازمان برنامه و بودجه، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : منابع آب و خاک و نحوهٔ بهره برداری در گذشته و حال، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش103، تهران، 1373.

19. سازمان برنامه و بودجه، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک کانالها، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش104، تهران، 1367.

20. سازمان برنامه و بودجه، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : هیدرولیک لوله ها و مجاری، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش105، تهران، 1373.

21. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی، معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش106، تهران، 1373.

22. سازمان برنامه و بودجه، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : مشخصات فنی عمومی، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ش108، تهران، 1373.

23. سازمان برنامه و بودجه، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی : خدمات فنی دوران بهره برداری و نگهداری، معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیار های فنی، ش109، تهران، 1373.

24. سازمان برنامه و بودجه – وزارت نیرو، شرح خدمات مهندسی مطالعات مراحل مختلف طرح های آبیاری و زهکشی، دفتر فنی، تهران، 1374.

25. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،مستند سازی طرح های آب،معاونت امور فنی دفتر تحقیقات و معیارهای‌فنی،ش208،تهران،1379.

26. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضوابط عمومی طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ش281، تهران، 1383.

27. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار(طراحی)، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ش286، تهران، 1383.

28. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره برداری و نگهداری از سامانه های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، ش313، تهران، 1384

29. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضوابط طراحی تعیین فاصله و عمق زهکش‌های زیر زمینی، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، ش319، تهران، 1384.

30. سپاس خواه، علیرضا و همکاران، اصول و کاربرد کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش100، تهران، 1384.

31. سیاهی، محمد کاظم و همکاران، تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش19، تهران، 1387.

32. سیاهی، محمدکاظم و همکاران، تدارک برای انجام پروژه های کوچک آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش35، تهران، 1378.

33. سیف الدینی، فرانک، ارزشیابی طرح ها و برنامه ها، سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، تهران، 1383

34. شکوهی لنگرودی، علیرضا، و همکاران، آبیاری ؛ اصول، روشها و طراحی سیستم های آبیاری، موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاول، تهران، 1386.

35. طباطبائی، سید حسن و همکاران، آبیاری در مقیاس کوچک برای مناطق خشک، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش72، تهران، 1381.

36. علیزاده، امین، طراحی سیستم های آبیاری، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چپنجم، مشهد، 1383.

37. علیزاده، امین و همکاران، نیاز آبی گیاهان در ایران، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاول، مشهد، 1386.

38. علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چهفدهم، مشهد، 1383.

39. فرشی، علی اصغر و همکاران، مدیریت آب آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش76، تهران، 1382.

40. فرهادی هیکویی، عزت الله و همکاران، جنبه های مالی مدیریت آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش33، تهران، 1378.

41. فلاحیان، افشین، تقویم باغبانی و فضای سبز، انتشارات جهاد دانشگاهی، چاول، مشهد، 1385.

42. کریمیان سردشتی، نادر، دانشنامه فنون آب و آبیاری و سازه های آبی جلد اول و دوم، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران، 1382.

43. کریمیان سردشتی، نادر، فرهنگ آب و آبیاری سنتی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش29، تهران، 1378.

44. لامدالنا، نیکلا، ترجمه، دانائی فخر، علیرضا، ارزیابی عملکرد سیستم های آبیاری تحت فشار بر مبنای تقاضا، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش77، تهران، 1382.

45. لطفی، احمد، مدیریت آب در کشاورزی ؛ پیامد های اقتصادی - اجتماعی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش63، تهران، 1381.

46. مجموعه مقالات، سومین همایش تبادل تجربه های پژوهشی، فنی و مهندسی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و سازمان آب و برق خوزستان، اهواز، 1385.

47. معلمی، مسعود و همکاران، استفاده از لوله های کم فشار در آبیاری سطحی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش75، تهران، 1382.

48. مجموعه مقالات، سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، کیش، 1386.

49. والکر، وین آر، ترجمه :طهماسبی، رمضان، طراحی، ارزیابی و شبیه سازی آبیاری سطحی، نشر آموزش کشاورزی، کرج، 1386.

50. ولی زاده، ناصر، روند توسعه و چشم انداز آبیاری تحت فشار در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ش73، تهران، 1382.

51. ولی زاده، ناصر،نگرشی بر روش های خودکار کردن سامانه های آبیاری تحت فشار،کمیته ملی آبیاری و زهکشی،ش121، تهران،1386.