

ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی)

نشریه شماره ۲۸۶

وزارت جهاد کشاورزی
معاونت آب و خاک
اداره کل توسعه روش‌های آبیاری
www.soil-water.gov.ir

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی
www.wrm.or.ir/standard

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
www.tec.mporg.ir

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی)

نشریه شماره ۲۸۶

معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

وزارت جهاد کشاورزی
معاونت آب و خاک
اداره کل توسعه روش‌های آبیاری

فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی)/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استانداردها و معیارهای فنی؛ وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آب و خاک، اداره کل توسعه روش های آبیاری. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری و مالی، دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی، ۱۳۸۳. ۲۴۰ ص.:: جدول، نمودار. - (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۲۸۶)، (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ ۸۳/۰۰/۵۵) ISBN 964-425-544-5

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۹۲۹۹۲ مورخ ۱۳۸۳/۵/۲۴
کتابنامه: ص. ۲۳۷-۲۴۰

۱. آبیاری - استانداردها. ۲. آبیاری - لوله کشی - استانداردها. ۳. آبیاری بارانی. الف. سازمان مدیریت منابع آب ایران. دفتر استانداردها و معیارهای فنی. ب. ایران. وزارت جهاد کشاورزی. اداره کل توسعه روش های آبیاری. ج. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی. د. عنوان. ه. فروست.

۱۳۸۳ ش. ۲۸۶ ۲۴ س/ ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-544-5

شابک ۵-۵۴۴-۴۲۵-۹۶۴

ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت فشار (طراحی)

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری و مالی، دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی
چاپ اول، ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۲۵۰۰۰ ریال
تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۳
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: قاسملو
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

شماره:	۱۰۱/۹۲۹۹۲
تاریخ:	۱۳۸۳/۵/۲۴
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار	
<p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ هـ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره ۲۸۶ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان، با عنوان «ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان، ارسال دارند.</p>	
<p>حمید شرکاء معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان</p>	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آنرا برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و

اشکال فنی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

www.mporg.ir/fanni/S.htm

صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷

بسمه تعالی

پیشگفتار

چشم‌انداز آینده بخش آب و کشاورزی در برنامه سوم مبتنی بر استفاده بهینه از منابع موجود، طرح‌های مکمل توسعه منابع آب تا سطح تجهیز و نوسازی مزارع و استقرار سیستم‌های آبیاری مناسب، فراهم آوردن امکان بهره‌برداری بیشتر از منابع آب سطحی استحصال شده و افزایش راندمان استفاده از آب بوده که در مجموع باعث ایجاد اشتغال، تجهیز و افزایش بهره‌وری عوامل و منابع تولید در بخش آب و کشاورزی می‌گردد. سیستم‌های آبیاری تحت فشار یکی از سیستم‌های آبیاری مناسب برای بهره‌وری بیشتر از منابع آب می‌باشد. مجموعه حاضر با عنوان «ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار» از مجموعه نشریات در این زمینه است که قبلاً نشریه ۲۶۱ با عنوان «مشخصات فنی سیستم آبیاری تحت فشار» از سلسله نشریات دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی تهیه و ابلاغ گردیده است.

«ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار» توسط دو دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو و اداره کل توسعه روشهای آبیاری وزارت جهاد کشاورزی تهیه و تدوین شده است.

فرآیند تدوین نشریه بدینگونه بوده که دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو ضمن در دستور کار قراردادن موضوع نسبت به تهیه ضوابط طراحی اقدام نمود و از سوی دیگر اداره کل توسعه روشهای آبیاری وزارت جهاد کشاورزی ۱۲ جلد نشریه برای سیستم‌های آبیاری تحت فشار از ضوابط طراحی تا فهرست بها و مشخصات فنی را تهیه و به معاونت امور فنی ارسال نمود که در پایان با توجه به اهمیت موضوع و نیاز وزارت جهاد کشاورزی با توافقات به عمل آمده مقرر شد که ضوابط طراحی تهیه شده در دو دستگاه، هماهنگ و انتشاریابد که این اقدام توسط دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این معاونت انجام شده است و پس از هماهنگیهای لازم دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو متن نهایی را تهیه نمودند.

پس از اتمام کار معاونت امور فنی طبق ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه که مسئولیت تهیه و ابلاغ ضوابط مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور را عهده دار می‌باشد، با بررسی ضوابط یادشده نسبت به ابلاغ و انتشار آن اقدام نمود.

نشریه حاضر دارای چهار فصل به شرح زیر می‌باشد:

فصل اول : مطالعات پایه

فصل دوم : ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی

فصل سوم : ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری موضعی

فصل چهارم : ضوابط طراحی ایستگاه پمپاژ سیستم‌های آبیاری تحت فشار

در اینجا لازم می‌دانم از کلیه اعضاء کمیته بهره‌برداری و نگهداری از شبکه فرعی آبیاری و زهکشی دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو، گروه علمی - فنی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی به شرح اسامی ذیل و همچنین کارشناسان دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی آقایان خشایار اسفندیاری و علی نجات به ویژه آقای مهندس علیرضا دولتشاهی که مسئولیت هماهنگی و تطبیق نظرهای دو دبستگاه با نظر معاونت امور فنی را عهده دار بوده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

گروه همکاران علمی، فنی وزارت جهاد کشاورزی

حمیدرضا احمدی شکور

محمد علی حجاری

غلامحسین حسین پور

رستم خدابخشی

جمشید خیرابی

علیرضا رضازاده

تورج رنجی

خدایار فروزان

علی گرجی

علی اکبر مرادی

وحید مقدم

فرید وفایی

کمیته بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری و زهکشی

جواد پور صدراشه

محمود خاکسار

اکبر سپهر

حسین شفیعی

مهندس کهریزی

محمد جواد مولایی

مهین کاظم زاده

از شرکت مهندسین مشاور مهتاب قدس و شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور نیز که در تهیه متن اولیه همکاری داشته‌اند نیز قدردانی بعمل می‌آید.
در پایان ضمن آرزوی توفیق روزافزون همه کسانی که به نحوی در تهیه این نشریه همکاری داشته‌اند انتظار دارد کارشناسان و متخصصان با ارسال نظریات اصلاحی در تکمیل محتوای نشریه حاضر این معاونت را یاری فرمایند.

مهدی تفضلی

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۳

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
	فصل اول - مطالعات پایه
۵	۱-۱ آبیاری تحت فشار
۵	۲-۱ اصول کلی طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار
۷	۳-۱ امکان سنجی برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار
۲۰	۴-۱ تهیه نقشه گستره سیستمهای آبیاری تحت فشار
۲۴	۵-۱ قطعه‌بندی واحدهای آبیاری تحت فشار
۲۵	۶-۱ تبخیر و تعرق گیاه
۲۸	۷-۱ بازده آبیاری در سیستمهای آبیاری تحت فشار
۴۰	۸-۱ نیاز آبتوی در سیستمهای آبیاری تحت فشار
۴۶	۹-۱ اندازه‌گیری آب در لوله‌های تحت فشار
۵۶	۱۰-۱ لوله‌ها و شیرآلات مورد استفاده در آبیاری تحت فشار (تولید داخل کشور)
۵۹	۱۱-۱ نقشه‌ها و عکسهای مورد نیاز در طرحهای آبیاری تحت فشار
۶۶	۱۲-۱ محاسبه نیاز آبی و ظرفیت شبکه آبیاری تحت فشار
۶۷	۱۳-۱ برنامه‌ریزی آبیاری در سیستمهای آبیاری تحت فشار
۷۱	۱۴-۱ اطلاعات مورد نیاز طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار
۷۶	۱۵-۱ نحوه انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار
۷۸	فصل دوم - ضوابط طراحی سیستمهای آبیاری بارانی
۸۵	۱-۲ طرح کلی و اجزاء سیستمهای آبیاری بارانی
۸۵	۲-۲ طبقه‌بندی انواع سیستم آبیاری بارانی
۸۸	۳-۲ طراحی سیستمهای آبیاری ساکن
۹۵	۴-۲ طراحی سیستمهای آبیاری بارانی متحرک
۱۱۲	فصل سوم - ضوابط طراحی سیستمهای آبیاری موضعی
۱۳۷	۱-۳ طرح کلی و اجزاء سیستم آبیاری موضعی
۱۳۷	۲-۳ انتخاب گسیلنده‌ها
۱۴۰	۳-۳ طراحی اولیه
۱۴۴	

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۵۲	۴-۳ طراحی لوله‌های آبدۀ
۱۵۸	۵-۳ طراحی لوله رابط
۱۶۱	۶-۳ طراحی لوله اصلی و نیمه اصلی
۱۶۱	۷-۳ واحد کنترل مرکزی
۱۷۷	فصل چهارم - ضوابط طراحی ایستگاه پمپاژ سیستم‌های آبیاری تحت فشار
۱۷۷	۱-۴ اطلاعات مورد نیاز برای تهیه پمپ
۱۷۸	۲-۴ طبقه‌بندی پمپها
۱۷۸	۳-۴ منحنی مشخصه سیستم
۱۸۰	۴-۴ مشخصات فنی پمپها
۱۸۵	۵-۴ انتخاب پمپ
۱۸۶	۶-۴ نیروی محرکه پمپ
۱۹۲	۷-۴ ارتفاع مکش پمپ و پدیده خلاءزایی
۱۹۴	۸-۴ لوله و اتصالات ایستگاه پمپاژ
۱۹۷	۹-۴ کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ
۲۰۰	۱۰-۴ هواگیری پمپها
۲۰۲	۱۱-۴ ملاحظات ساختمان ایستگاه پمپاژ
۲۰۴	۱۲-۴ برق ایستگاه پمپاژ
۲۲۴	پیوست ۱- کاربرد نمودار فراست
۲۲۶	پیوست ۲ - ضرایب محاسبه افت ناشی از اصطکاک
۲۳۰	منابع و مأخذ

مقدمه

افزایش تولیدات کشاورزی به منظور خودکفا شدن در تأمین غذای مورد نیاز جمعیت کشورمان یکی از مهم‌ترین اهداف توسعه اقتصادی می‌باشد. در این ارتباط تأمین نهاده‌های مورد نیاز و استفاده بهینه از آنها حائز اهمیت فراوان است. آب به عنوان یکی از نعمت‌های خدادادی و از جمله اساسی‌ترین نهاده‌ها در بخش کشاورزی است و علاوه بر تلاش در جهت شناسایی پتانسیل‌های بهره‌برداری و استحصال منابع آبی جدید باید در استفاده بهینه آب هر گونه تمهیدات مناسب را به کار گرفت. در این راستا احداث شبکه‌های آبیاری، پوشش انهار سنتی، استفاده از لوله و سایر راه‌حل‌های معمول منجر به کاهش تلفات آب در سیستم انتقال و توزیع خواهد شد. لیکن بهره‌برداری حداکثر از آب در سطح مزرعه و به عبارت دیگر افزایش بازده آبیاری در آن در گرو استفاده از روش‌های آبیاری مناسب می‌باشد. در این ارتباط توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد توجه مسئولین محترم کشور قرار گرفته و امکانات و پتانسیل‌های مختلف در جهت اولویت دادن به توسعه سیستم‌های مذکور به کار گرفته شده‌اند. همچنین تلاش‌های کارشناسی گسترده‌ای در رابطه با ابعاد فنی، اقتصادی و اجتماعی این امر صورت پذیرفته است.

مجموعه حاضر در همین راستا و با هدف افزایش کیفیت مطالعه و طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار و یکنواخت کردن نحوه انجام آن در سطح کشور، تحت عنوان « ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار » توسط دفتر استانداردها و معیارهای فنی تهیه گردیده است.

این مجموعه شامل چهار فصل می‌باشد. فصل اول تحت عنوان « مطالعات پایه » حاوی کلیات و مطالب مشترک مطالعات پایه طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی و موضعی می‌باشد. فصل دوم تحت عنوان « ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی » حاوی مطالبی در خصوص شناخت و معرفی انواع سیستم‌ها آبیاری بارانی و معیارها و ضوابط طراحی انواع این سیستم‌ها می‌باشد. فصل سوم تحت عنوان « ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری موضعی » در برگیرنده معرفی و شناخت انواع گسیلنده‌ها و ضوابط و معیارهای طراحی انواع سیستم‌های آبیاری موضعی و ایستگاه‌های تصفیه و کنترل مرکزی می‌باشد. فصل چهارم این مجموعه نیز تحت عنوان « ضوابط طراحی ایستگاه پمپاژ سیستم‌های آبیاری تحت فشار » مشتمل بر مطالب کلی طراحی ایستگاه‌های پمپاژ سیستم‌های آبیاری بارانی و موضعی می‌باشد. بدیهی است مطالب ارائه شده در این فصل در حد طراحی ایستگاه‌های پمپاژ سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌باشد و از بیان ضوابط طراحی ایستگاه‌های پمپاژ بزرگ انتقال آب پرهیز گردیده است.

در تدوین این مجموعه از پنج جلد گزارش‌های مربوط به ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار تهیه شده توسط اداره کل توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار و کتب، نشریات و مراجع معتبر ایرانی و خارجی و همچنین تجارب به‌دست آمده از مطالعه و اجرای پروژه‌های مختلف آبیاری تحت فشار در طی

سال‌های گذشته بهره گرفته شده و سعی گردیده است که علاوه بر ارائه توضیحات کامل در ارتباط با مشخصات هر یک از سیستم‌های آبیاری بارانی و موضعی، شکل کاربردی آن نیز به لحاظ امکان طراحی ارائه گردد. ضوابط حاضر توسط شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس و با نظارت کمیته بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دفتر استانداردها و معیارهای فنی تهیه گردیده است که بدین وسیله از زحمات کلیه دست‌اندرکاران تشکر می‌نماید.

فصل اول

فصل اول - مطالعات پایه

در طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار، قبل از آغاز طراحی و کسب اطلاعات اولیه از قبیل: شرایط آب و هوایی، شرایط خاک، شرایط گیاه، شرایط پستی و بلندی زمین، راههای دسترسی، تجهیزات مورد نیاز، تجهیزات موجود در بازار و... با توجه به محل در نظر گرفته شده برای اجرای طرح ضروری می‌باشد.

اطلاعات پایه مورد نیاز طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار (بارانی و موضعی) از قبیل: تعریف سیستمهای آبیاری تحت فشار، جایگاه آبیاری تحت فشار در کشور، اصول کلی طراحی سیستم آبیاری، امکان‌سنجی برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار، تهیه نقشه گستره طرح، قطعه‌بندی، تبخیر و تعرق گیاه، بازده آبیاری، نیاز آبتوی، اندازه‌گیری آب در لوله‌ها، لوله‌ها و شیرآلات مورد استفاده، نقشه‌ها و عکسهای مورد نیاز، نیاز آبی، برنامه‌ریزی آبیاری، داده‌های مورد نیاز طراحی، انتخاب روش آبیاری تحت فشار و... که در طراحی انواع سیستمهای آبیاری تحت فشار نیز مشترک می‌باشد، در فصل اول این دستورالعمل و به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱-۱ آبیاری تحت فشار

آبیاری تحت فشار به آن دسته از روشهای آبیاری اطلاق می‌شود که آب در مجاری سیستم آبیاری، تحت فشار بیش از فشار اتمسفر جریان پیدا می‌کند. در سیستمهای آبیاری تحت فشار با توجه به ماهیت این سیستمها، استفاده از تجهیزات تأمین فشار در صورتی که فشار مورد نیاز سیستم به صورت طبیعی موجود نباشد، خطوط لوله به عنوان مجاری انتقال و توزیع آب و تجهیزات پخش آب در سطح خاک یا شاخ و برگ گیاهان، ضروری می‌باشد. شرح هر یک از این تجهیزات و نحوه انتخاب و طراحی آنها در فصلهای بعدی این دستورالعمل ارائه گردیده و در اینجا فقط به تعریف کلی انواع سیستمهای آبیاری تحت فشار اکتفا می‌گردد.

سیستمهای آبیاری تحت فشار از لحاظ نحوه پخش آب در سطح خاک به دو دسته کلی سیستمهای آبیاری بارانی و سیستمهای آبیاری موضعی تقسیم‌بندی می‌شوند. تعریف هر یک از این سیستمها به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۱ سیستمهای آبیاری بارانی

سیستم آبیاری بارانی^۱، روشی است که در آن آب تحت فشار هیدرولیکی، درون لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و بالها جریان پیدا کرده و توسط آبپاشها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به علت شکل خاص روزنه خروجی آبپاشها و همچنین فشار هیدرولیکی درون لوله‌ها، آب در هنگام خروج از آبپاشها به صورت قطره‌های ریز شبیه باران درآمده و در هوا پخش می‌شود و در نهایت بر سطح خاک یا بر روی شاخ و برگ گیاهان ریخته می‌شود. علت نامگذاری این نوع از سیستمهای آبیاری به سیستمهای آبیاری بارانی نیز، همین شباهت نحوه پاشش آب به بارش باران می‌باشد.

این سیستمها با توجه به نوع تجهیزات مورد استفاده و نوع حرکت آنها در حین عمل آبیاری به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که شرح مفصل آن و نحوه طراحی هر یک از آنها در فصل دوم این دستورالعمل ارائه گردیده است.

۱-۱-۲ سیستم‌های آبیاری موضعی

سیستم آبیاری موضعی^۱، روشی است که در آن آب تحت فشار هیدرولیکی درون لوله‌های اصلی، نیمه اصلی، رابط و آبدۀ جریان پیدا کرده و توسط گسیلنده‌ها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به علت شکل خاص مجاری داخل گسیلنده‌ها و روش شکستن فشار هیدرولیکی آب توسط گسیلنده‌ها، آب در هنگام خروج از گسیلنده‌ها به صورت قطره‌های ریز، پیوسته و یا جریان باریک درآمده و در سطح یا زیر سطح خاک ریخته می‌شود. نام گذاری این نوع از سیستم‌های آبیاری به سیستم آبیاری موضعی نیز به این دلیل می‌باشد که در این سیستمها فقط قسمتی از خاک، تحت آبیاری قرار گرفته و خیس می‌شود.

سیستم‌های آبیاری موضعی از لحاظ نوع تجهیزات و ادوات مورد استفاده برای توزیع و تخلیه آب به انواع مختلفی تفکیک می‌شوند که شرح آن در فصل سوم این دستورالعمل ارائه گردیده است.

۱-۱-۳ جایگاه آبیاری تحت فشار در کشور

با توجه به محوری بودن کشاورزی در برنامه توسعه اقتصادی کشور، دستیابی به بیشترین تولید و تأمین غذای کافی برای جمعیت روبه رشد کشورمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این ارتباط باید به زیربنایی بودن مسئله آب و خاک توجه نمود و برنامه‌ریزیهای لازم مبتنی بر استفاده بهینه از تواناییهای آب و خاک صورت پذیرد. بررسی تواناییهای مذکور حاکی از این است که با توجه به میزان آب در دسترس، محدودیت زمین وجود نداشته، لیکن امکان توسعه منابع آب محدود می‌باشد. پس باید در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل آید، در نتیجه این صرفه‌جویی می‌توان سطح اراضی تحت کشت آبی و درنهایت میزان تولیدات کشاورزی را بالا برد.

در ارتباط با توسعه منابع آب، اجرای پروژه‌های بزرگ تأمین آب نظیر احداث سدها سهم عمده‌ای در مهار و ذخیره آبهای سطحی و استفاده از آن در بخش کشاورزی دارد.

در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب نیز احداث شبکه‌های آبیاری، پوشش انهار سنتی، استفاده از لوله و غیره از راه‌حلهای معمول در کاهش تلفات آب در سیستم انتقال و توزیع است.

در خصوص میزان آب مصرفی در سطح مزرعه چاره‌ای جز مدرن کردن سیستم آبیاری و حتی‌الامکان کنترل آب گیاهان کشت شده در یک مزرعه نمی‌باشد. در این راستا، تجهیز و نوسازی مزارع و بالا بردن بازده سیستم‌های آبیاری ثقلی از یکسو و استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار متناسب با شرایط مربوط از سوی دیگر حائز اهمیت می‌باشد.

کاربرد روشهای آبیاری تحت فشار به عنوان یکی از راهکارهای استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی طی چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته و سیاست‌گذارانها و تخصیص اعتبارات و تسهیلات بانکی و سایر پیش‌بینیهای لازم به این سمت هدایت

شده است. علاوه بر این تلاشهای کارشناسی گسترده‌ای در خصوص برنامه‌ریزی و اجرای مراحل مختلف صورت پذیرفته است. مساحت اراضی زیرکشت آبیاری تحت فشار از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۷۶ به شرح جدول زیر می‌باشد:

**جدول ۱-۱ - سطح اراضی تحت پوشش پروژه‌های آبیاری تحت فشار
(اجرا شده در سالهای ۱۳۷۲ - ۱۳۷۶) [1]**

سال	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶ (تا دیماه)
سطح اجرا شده (هکتار)	۱۱۰۳۵	۱۰۳۲۲	۲۴۸۳۵	۷۵۳۱۲	۳۴۵۲۳

ارقام ارائه شده در جدول ۱-۱ نشان دهنده چگونگی توسعه روشهای آبیاری تحت فشار در کشور بوده و در این راستا باید برای رفع مسائل و موانع موجود در راه توسعه کوشش نمود. اهم این مشکلات عبارتند از: عدم آشنایی کافی زارعین با روشهای آبیاری تحت فشار، پایین بودن کیفیت تولیدات برخی از تولیدکنندگان، طراحی و اجرای نامناسب، افزایش سریع هزینه‌ها و مشکلات در تأمین و پرداخت تسهیلات بانکی می‌باشد.

۲-۱ اصول کلی طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار

طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار که روشهای بارانی و موضعی دو گروه عمده آنها تشکیل می‌دهند، کاری علمی، هنری و تجربی است.

آنچه در این دستورالعمل به عنوان ضوابط طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار آمده است، مربوط به جنبه‌های علمی آن است که باید به عنوان اصول کلی در مورد هر طرحی به کار گرفته شود تا طراح تجارب و استعداد هنری خود را با آن تلفیق داده و به نتیجه مطلوبی دست یابد.

علاوه بر این هر طرح سیستم آبیاری باید منطبق بر واقعیات و امکانات موجود بوده و با توجه به اهداف استفاده کننده از سیستم و همچنین در نظر گرفتن وضعیت اقتصادی، فرهنگی و سطح دانش او قابل پیاده کردن و استفاده کامل باشد. در طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار اغلب عوامل زیر به طور مستقیم دخالت دارند.

- محاسباتی که ریشه در اصول فیزیکی دارند، مانند تعیین قطر لوله‌ها، افت ناشی از اصطکاک، ظرفیت پمپ و قدرت موتور و غیره،
- محاسباتی که ریشه در اصول زیستی گیاه دارند، مانند تعرق، نیاز آبیاری و امثال آن، و
- محاسباتی که ریشه در اصول و احتمالات دارند، مانند تخمین دمای هوا، تبخیر، سرعت و جهت باد و غیره.

محاسبات فیزیکی را می‌توان با دقت زیاد انجام داد. اما محاسبه عوامل زیستی بسیار پیچیده و در پاره‌ای موارد ناشناخته است. استفاده از روشها و مدل‌های محاسباتی اقلیمی نیز مقوله دیگری است که مشکلات مربوط به خود را دارند. نمودارهای گردش کار ۱-۱، ۲-۱ و ۳-۱ به عنوان راهنما برای طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار ارائه شده است. بدیهی است قبل از طراحی باید عوامل اصلی مؤثر در آن را مورد توجه قرار داد. این عوامل به شرح زیر می‌باشد:

۱-۲-۱ عوامل هواشناسی^۱

مهم‌ترین عوامل هواشناسی مؤثر در طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار عبارتند از: درجه حرارت، سرعت و جهت باد، رطوبت هوا، بارندگی، ساعات آفتابی، تابش خورشید که بعضی از آنها مانند سرعت و جهت باد به‌طور مستقیم در طراحی سیستم به کار برده می‌شوند و بعضی دیگر برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرح این عوامل و نحوه استفاده از آنها در طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار به شرح زیر می‌باشد:

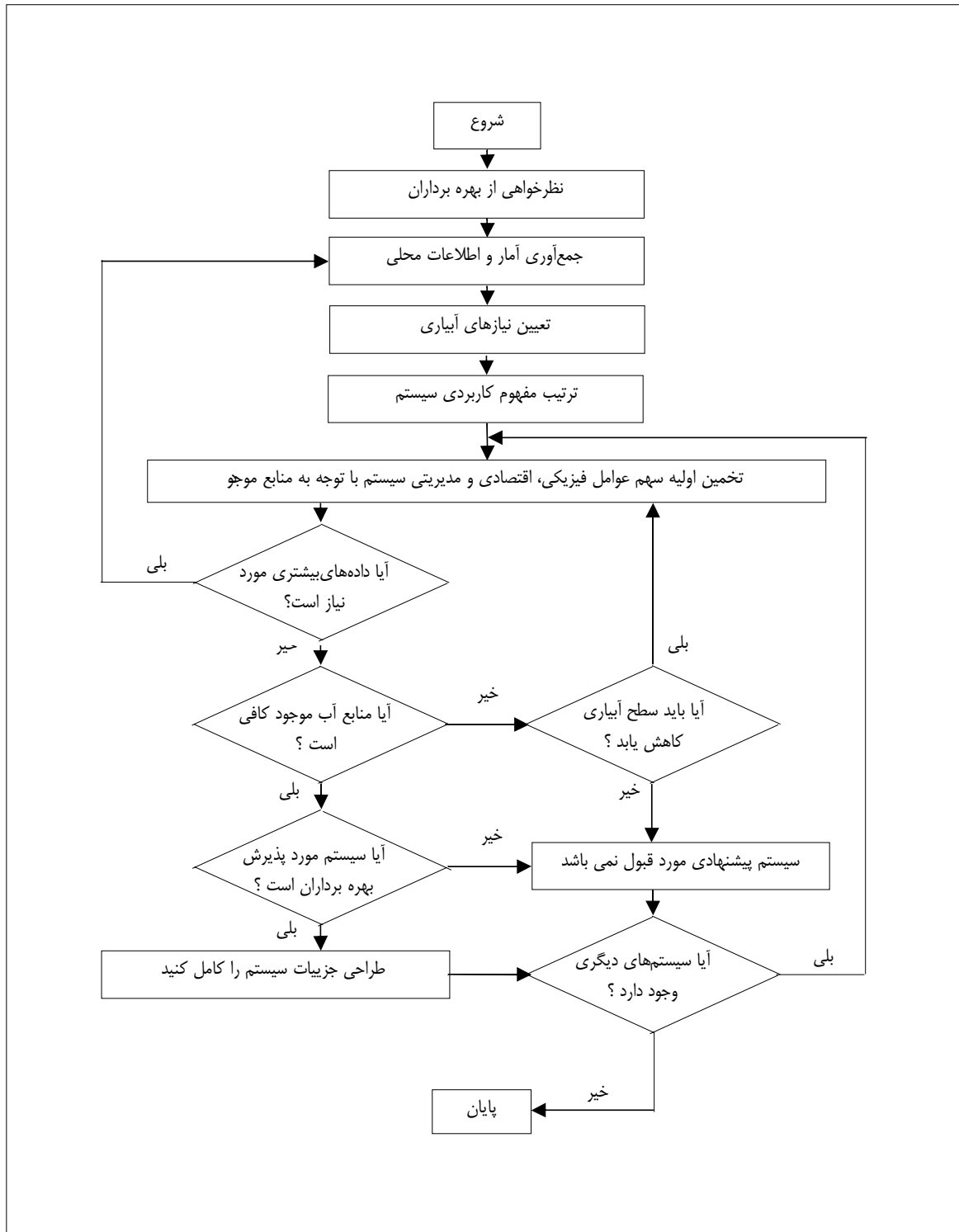
۱-۱-۲-۱ درجه حرارت

آمار متوسط ماهانه دما، بیشترین و کمترین روزانه، هفتگی و دوره‌های ۱۰ روزه و ماهانه برای طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار مورد نیاز می‌باشد. اطلاعات یاد شده که با احتمال ۷۵٪ محاسبه می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند. دستیابی به آمار درجه حرارت بیشترین و کمترین روزانه نیز در پاره‌ای از روشهای برآورد نیاز آبی و در موارد خاص مانند محاسبه شاخص رسوب‌گذاری کربنات در قطره‌چکانها، تعیین لزجت آب و محاسبه افت اصطکاک در لوله‌ها و تعیین قدرت پمپ و ارتفاع مکش خالص مثبت^۲ (NPSH) ضرورت دارد.

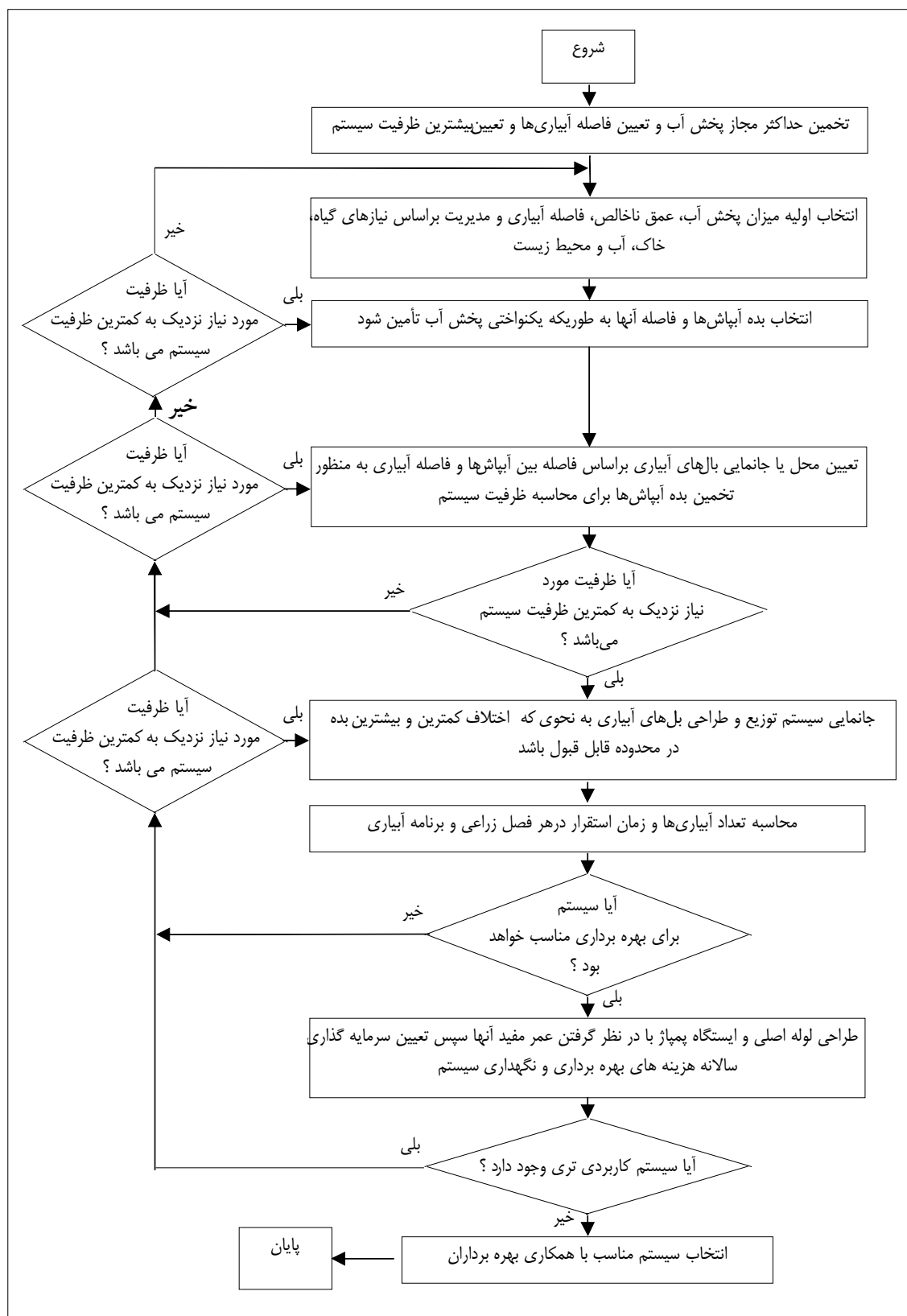
۲-۱-۲-۱ سرعت و جهت باد

سرعت و جهت باد از عوامل بسیار مهم در طراحی سیستم آبیاری بارانی به لحاظ تعیین آرایش بالهای آبیاری و لوله‌های اصلی و نیمه اصلی نیز محاسبه تلفات تبخیر می‌باشد. الگوی همپوشانی آبپاشها تابعی از سرعت و جهت باد می‌باشد که فراوانی وقوع وزش آن در جهت‌های مختلف از طریق رسم گلبادهای مناسب به‌دست می‌آید. لذا توصیه می‌گردد، گلباد منطقه در ماههای رشد و یا در بیشترین نیاز آبی رسم شود.

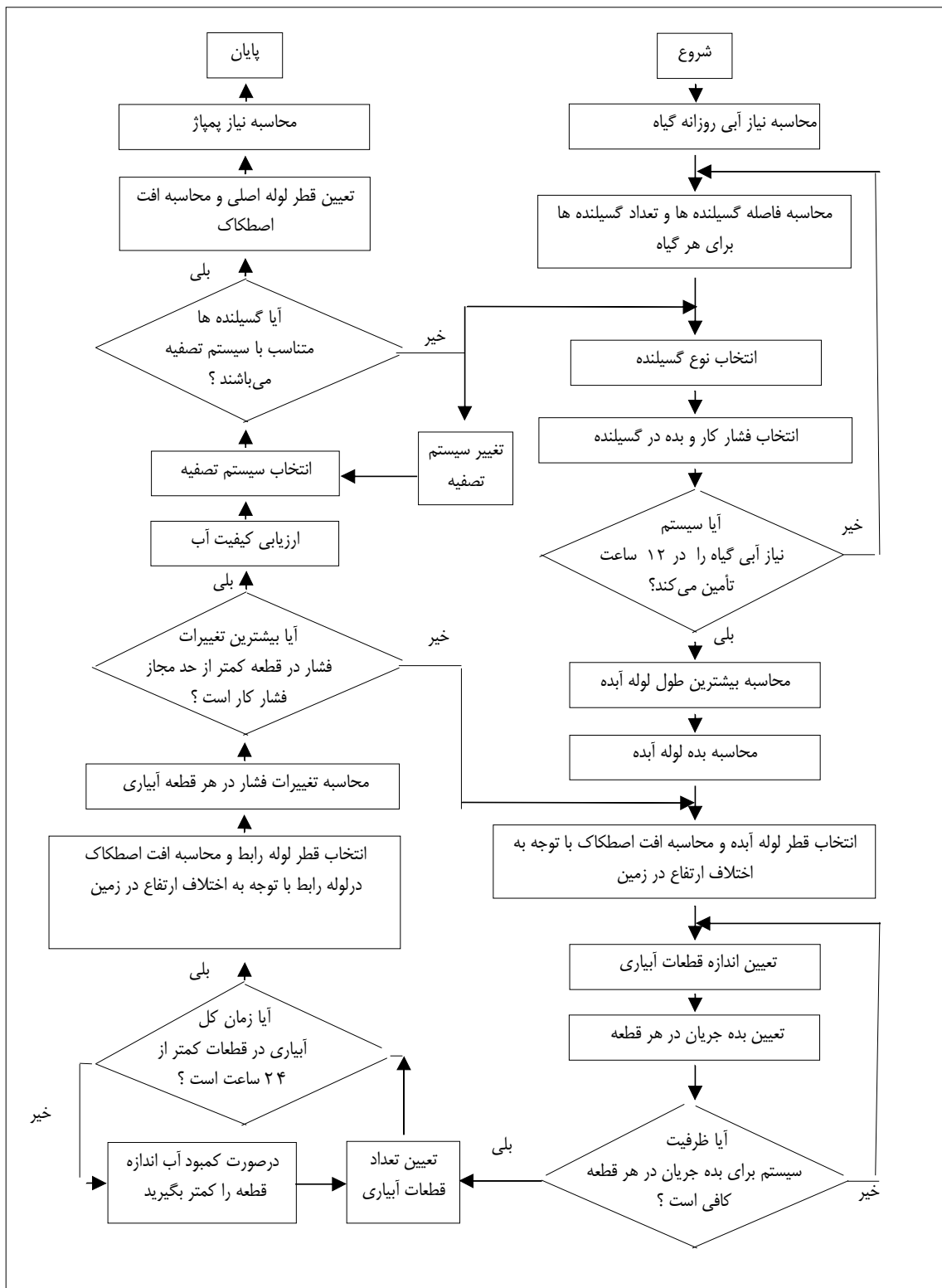
۱ - این عوامل در تعیین نیاز آبی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند و در سند ملی آب ارائه شده است.



نمودار ۱-۱- گردش کار برای طراحی سیستم آبیاری



نمودار ۱-۲- گردش کار برای طراحی سیستم بارانی



نمودار ۱-۳- گردش کار برای طراحی سیستم موضعی

برای تبدیل سرعت (متوسط ماهانه) باد در ارتفاع معین به سرعت باد در ارتفاع ۲ متری که در فرمولهای تخمین نیاز آبی استفاده می‌شود، می‌توان از ضرایب جدول ۱-۲ استفاده نمود.

**جدول ۱-۲- ضرایب تبدیل سرعت باد در ارتفاع Z از سطح زمین
به سرعت باد در ارتفاع ۲ متری [۱۰]**

ارتفاع Z متر از سطح زمین	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳	۲	۱/۵	۱	۰/۵
ضریب تعدیل به ارتفاع ۲ متری	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۱	۱/۰۶	۱/۱۵	۱/۳۲

۱-۲-۱-۳- رطوبت هوا

از آمار رطوبت هوا به طور مستقیم در محاسبه نیاز آبی و به طور غیرمستقیم در محاسبه کمبود فشار بخار برای تعیین تلفات تبخیر استفاده می‌شود. همچنین از میزان متوسط رطوبت نسبی^۱ و کمترین رطوبت نسبی^۲ نیز در محاسبه نیاز آبی استفاده می‌گردد.

۱-۲-۱-۴- بارندگی

اطلاعات و آمار متوسط سالانه، ماهانه، روزانه، تاریخ شروع و خاتمه و فاصله بین بارندگیها در محاسبه باران مؤثر و نیاز آبیاری ضروری می‌باشد.

۱-۲-۱-۵- سایر عوامل

سایر عوامل هواشناسی از قبیل تابش خورشید، طول ساعتهای آفتابی، شروع یخبندانها و خاتمه آنها و کمترین دمای هوا، بسته به روشهای خاصی که در محاسبه تبخیر و تعرق به کار برده می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱-۲- گیاه

اطلاع از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی گیاهی که قرار است با سیستم آبیاری تحت فشار آبیاری شود، الزامی است. از جمله این اطلاعات عبارتند از:

- تاریخ کشت،
- طول دوره رویش اولیه تا زمانی که گیاه ۱۰ درصد سطح سایه‌انداز خود را کسب کند،

1 - RH_{mean}

2 - RH_{min}

- طول دوره رشد شاخ و برگ^۱،
- طول دوره‌ای که گیاه در مرحله بلوغ^۲ به سر می‌برد،
- طول دوره‌ای که گیاه رشد نزولی داشته و در انتهای این دوره محصول برداشت می‌شود،
- زمان برداشت محصول،
- تبخیر و تعرق گیاه در مراحل مختلف رشد،
- سطح سایه‌انداز گیاه و مقدار آن نسبت به سطح کل مزرعه در مرحله بلوغ،
- درجه تناسب و سازگاری گیاه با آب و هوای موجود،
- بیشترین ضریب آب سهل‌الوصول^۳ عبارت است از بیشترین میزان رطوبت قابل تخلیه از محیط ریشه به صورتی که تولید بهینه کاهش نیابد،
- مقادیر ضریب گیاهی^۴ در مراحل مختلف رشد،
- حساسیت گیاه نسبت به پاشش آب روی شاخ و برگ و بیماریهای ناشی از مرطوب شدن اندامهای هوایی،
- آب قابل جذب^۵ عبارت است از میزان رطوبت قابل جذب گیاه که به نوع گیاه وابسته است،
- بیشترین عمق ریشه و تغییرات آن در طول دوره رشد،
- درجه مقاومت گیاه به شوری و آستانه رشد از نظر شوری و میزان افت محصول نسبت به شوری،
- درجه مقاومت گیاه به سدیم موجود در محلول خاک،
- حساسیت گیاه به آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول خاک، و
- تناسب روش آبیاری تحت فشار با الگوی کشت.

۱-۲-۳ آب

وضعیت آب موجود در منطقه پروژه به لحاظ کمی، کیفی و موقعیت محلی حائز اهمیت است. در این رابطه باید اطلاعات زیر کسب شود.

- نوع منبع تأمین آب (آبهای زیرزمینی و سطحی تنظیم شده یا نشده) و وضعیت حقابه‌ها،
- ارتفاع منبع آب نسبت به زمین،
- آب و اثر آن بر رشد محصولات،
- خصوصیات شیمیایی آب در رابطه با انسداد قطره‌چکانها، و
- خصوصیات فیزیکی مانند مواد معلق، جلبکها و دیگر ناخالصیهای موجود در آب.

1 - Vegetative

2 - Mature

3 - Maximum Allowable Depletion , MAD

4 - Crop Factor , KC

5 - Crop Extractable Water , CWE

۱-۳-۲-۱ خصوصیات کیفی آب

کیفیت آب در آبیاری برحسب مقدار مواد معلق و موادی که به صورت محلول در آن وجود دارند، سنجیده می‌شود. با استفاده صافیهای مختلف می‌توان ذرات معلق به اندازه ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون را جدا نمود. اما ذرات کوچکتر از آن در لوله‌ها رسوب کرده و باعث انسداد آنها می‌شود. به طور خیلی ساده در آبیاری موضعی معیارهای کیفی آب از نظر کمیت‌های فیزیکی همان معیارهای آب شرب است اما در آبیاری بارانی این معیارها قابل تعدیل می‌باشند.

موادی که در آب حل می‌شوند و غلظت آنها برحسب میزان یونهای موجود سنجیده می‌شوند، سه اثر عمده بر سیستم آبیاری دارند که عبارتند از:

- اثر شوری بر رشد گیاه،

- اثر تخریبی سدیم بر ساختمان خاک، و

- اثر سمی برخی یونها بر رشد گیاه.

سدیم و کلر و براز معمولی‌ترین انواع عناصر مسمومیت‌زای گیاهی هستند که در آب آبیاری مشاهده می‌شود. به خصوص اگر آب آبیاری از پسابهای تصفیه شده تأمین شده باشد. این عناصر در آب بیشتر وجود خواهد داشت. آثار میزان سدیم قابل جذب^۱ و یون کلر و شوری در آب آبیاری در جدول ۱-۳ خلاصه شده است.

۱-۳-۲-۱ ناخالصیهای آب

ناخالصیهای آب شامل موارد زیر می‌باشد:

الف - مواد معلق: ذرات جامد معلق موجود در آب شامل خاک رس، شن و موجودات زنده‌ای مانند باکتری و جلبک است که اگر اندازه این ذرات از حد معینی بیشتر باشد، تصفیه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. بنابراین اطلاع از مقدار وزنی این مواد در هر واحد حجم آب به‌طور عمده در آبیاری موضعی الزامی است.

ب - شوری: در مورد شوری و آثار آن بر خاک و گیاه در بند ۱-۸ این دستورالعمل بحث شده است.

ج - pH آب: آبهایی که برای آبیاری تحت فشار به کار می‌روند، اغلب اسیدیته بین ۶/۵ تا ۸/۴ داشته و از این بابت به ندرت ایجاد اشکال می‌کند. اما از جایی که pH در کنشهای شیمیایی که در آب صورت می‌گیرد، نقش اساسی دارد. لذا تعیین pH آب یکی از عوامل تعیین‌کننده در میزان رسوبگذاری در قطره‌چکانها است. همچنین pH در کاربرد کلر برای کنترل رشد موجودات ذره‌بینی مؤثر است.

د - کلسیم: کلسیم به مقدار زیادی در اکثر آبها وجود دارد. خاکهایی که حاوی یون کلسیم باشند از نظر نفوذپذیری کمتر مشکل پیدا می‌کنند. به همین دلیل در صورت عدم وجود کلسیم در آب یا خاک لازم است آن را به صورت گچ به زمین اضافه نمود. به طور کلی آبهایی که از نظر کلسیم غنی باشند آبهای مطلوبی به شمار می‌روند.

جدول ۱-۳- راهنمای تعیین کیفیت آب آبیاری [۲۱]

درجه محدودیت			واحد	مسائل کیفیت آب	
محدودیت شدید	محدودیت کم تا متوسط	بدون محدودیت			
$> ۳/۰$	$۰/۷-۳/۰$	$< ۰/۷$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w *	شوری
> ۲۰۰۰	$۴۵۰-۲۰۰۰$	< ۴۵۰	میلی‌گرم بر لیتر	TDS	
$< ۰/۲$	$۰/۷-۰/۲$	$> ۰/۷$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w و $SAR=۰-۳$ و $SAR=۳-۶$	فوذپذیری
$< ۰/۳$	$۱/۲-۰/۳$	$> ۱/۲$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w و $SAR=۳-۶$	
$< ۰/۵$	$۱/۹-۰/۵$	$> ۱/۹$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w و $SAR=۶-۱۲$	
$< ۱/۳$	$۲/۹-۱/۳$	$> ۲/۹$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w و $SAR=۱۲-۲۰$	
$< ۲/۹$	$۵/۰-۲/۹$	$> ۵/۰$	دسی‌زیمنس بر متر	EC_w و $SAR=۲۰-۴۰$	مسمومیت یونی
	$> ۳/۰$	$< ۳/۰$	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	سدیم Na ***	
	$> ۳/۰$	$< ۳/۰$	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	کلر Cl ***	
$> ۳/۰$	$۰/۷-۳/۰$	$< ۰/۷$	میلی‌گرم بر لیتر	برم B ****	
> ۳۰	$۵-۳۰$	< ۵	میلی‌گرم بر لیتر	نیتروژن ***** (NO_3-N)	اثرات منفرد
$> ۸/۵$	$۱/۵-۸/۵$	$< ۱/۵$	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	بیکربنات (HCO_3)	
محدوده مناسب $۶/۵-۸/۴$			-	PH	

* EC_w به معنی هدایت الکتریکی، اندازه‌ای از شوری آب بوده و براساس دسی‌زیمنس بر متر در ۲۵ سانتی‌گراد یا واحد میلی‌موس

در سانتی‌متر بیان می‌شود. که هر دو با هم برابرند. T.D.S به معنی کل مواد حل شده براساس میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

** SAR به معنی نسبت سدیم جذب شده می‌باشد. SAR گاهی اوقات با نماد RNA نشان داده می‌شود. برای محاسبه آن به بند ۱-۸

مراجعه شود. در یک SAR مشخص نفوذپذیری با افزایش میزان شوری، افزایش پیدا می‌کند. سنجش پتانسیل مشکل نفوذپذیری با

SAR و EC_w برگرفته از Rhoades(1977) و Oster and Schroer(1979) می‌باشد.

*** برای آبیاری سطحی، اغلب درختان و گیاهان چوبی به مصرف مقادیر نشان داده شده سدیم و کلر حساس هستند. در حالی که اغلب

گیاهان یک‌ساله به این مقادیر حساس نیستند(به جدول ۱-۲۰ و ۱-۲۱ مراجعه شود). برای آبیاری بارانی و رطوبت نسبی کم ($< ۳۰\%$)،

سدیم و کلر ممکن است از طریق برگ گیاهان حساس جذب شود. برای گیاهان حساس به جذب جدول (۱-۲۲) ملاحظه گردد.

**** برای مقاومت به برم به جدول ۱-۲۲ مراجعه شود

***** NO_3-N به معنی نیترات نیتروژن می‌باشد که با واژه ماده غذایی نیتروژن گزارش می‌شود (وقتی که پساب مورد آزمایش قرار

می‌گیرد باید شامل NH_4-N و N آلی نیز شود)

- هـ - منیزیم: نقش منیزیم همانند کلسیم است. به همین دلیل آزمایشگاه در بیشتر مواقع این دو عنصر را از همدیگر جدا نموده و جمع $Ca+Mg$ را در گزارشها ارائه می‌نماید.
- و - سدیم: نمکهای سدیم به صورت محلول در آب بوده و لذا در اکثر آبهایی که در آبیاری مصرف می‌شوند وجود دارد. نقش سدیم در آب و خاک و تأثیر آن بر رشد گیاه و خصوصیات فیزیکی خاک در بند ۱-۸ این مجموعه بحث شده است.
- ز - پتاسیم: پتاسیم به مقدار خیلی کم در آبها وجود داشته و نقش آن مشابه سدیم است.
- ح - آهن: آهن ممکن است در آب به صورت محلول (فرو) باشد که غلظتهای بالاتر از 0.1 قسمت در میلیون آن باعث گرفتگی قطره‌چکانها می‌شود. رسوب آهن ممکن است به دلیل تغییرات دما یا فشار، افزایش pH و یا در اثر عمل باکتریها باشد. در هر صورت مواد لزجی^۱ در داخل لوله‌ها ایجاد می‌نماید که باعث گرفتگی و رسوب داخل لوله‌ها و مجاری قطره‌چکانها می‌گردد.
- ط - منگنز: در آبهای زیرزمینی منگنز اغلب کمتر از آهن یافت می‌شود. این عنصر نیز همانند آهن در اثر عمل باکتریها یا کنشهای شیمیایی در داخل لوله‌ها و قطره‌چکانها رسوب می‌کند. رسوبات منگنز قهوه‌ای تیره رنگ است.
- ی - بی‌کربنات: بی‌کربنات در بیشتر آبها وجود دارد. بی‌کربنات سدیم و پتاسیم به صورت نمکهای محلول و بی‌کربنات کلسیم و منیزیم به صورت جامد است. با کاهش رطوبت در خاک که در اثر تبخیر و تعرق انجام می‌شود، دی‌اکسید کربن خارج شده و نمک غیرمحلول آهک (Co_3Ca) به جا گذاشته می‌شود. در مورد بی‌کربنات منیزیم نیز فرآیند مشابهی انجام و رسوب کربنات منیزیم ایجاد می‌شود. رسوب کربناتها در دهانه قطره‌چکانها باعث گرفتگی آنها می‌شود.
- ک - کربناتها: آبهای حاوی کربناتهای سدیم و پتاسیم پس از وارد شدن به خاک، کلسیم را جذب نموده و باعث قلیایی شدن خاک می‌گردد.
- ل - کلر: کلر به عنوان یکی از عناصر سمی در آب مطرح است و نقش آن در سیستم آبیاری در بند ۱-۸ بحث شده است.
- م - سولفاتها: سولفات در بیشتر آبها وجود دارد. نمکهای سدیم، منیزیم و پتاسیم آن محلولند اما سولفات کلسیم کمتر محلول است. سولفات بر خصوصیات خاک اثر چندانی ندارد.
- ن - نیتراتها: نیترات به مقدار زیادی در آبها وجود دارد. اگر آب آبیاری حاوی پساب باشد این یون به مقدار فراوان و به صورت یکی از آلاینده‌ها در آن وجود خواهد داشت. نیترات تأثیر منفی بر خاک ندارد اما جذب آن توسط گیاه می‌تواند زیان‌آور باشد.
- س - بر: بر از عناصر سمی آب بوده و در مورد آن در بخش خصوصیات کیفی آب بحث شده است.

۱-۲-۳ مقدار آب

مقدار آبی که برای یک طرح آبیاری تحت فشار در نظر گرفته می‌شود باید جوابگوی نیازهای آبیاری در طول فصل رشد و بیشترین نیاز روزانه باشد. مواقعی که مقدار آب موجود کمتر از حد گفته شده باشد باید روشهایی مانند کم آبیاری^۲ را به کار برد.

1 - Ochre

2 - Irrigation Defecit

۱-۲-۴ خاک

اهمیت خاک در طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار به قدری است که می‌تواند نه تنها ابعاد و اندازه‌های طرح، بلکه نوع سیستم آبیاری را تغییر دهد. در این رابطه لازم است اطلاعات زیر از خاکی که قرار است سیستم آبیاری در مورد آن اجرا شود در دست باشد:

- بافت و نوع ساختمان خاک،
- نقاط پتانسیلی مهم خاک مانند ظرفیت زراعی^۱ و نقطه پژمردگی دائم^۲ و موقت که به ترتیب عبارتند از میزان رطوبت خاک در فشار ۰/۱ اتمسفر و میزان رطوبت خاک در فشار ۱۵ اتمسفر، آب قابل دسترس^۳ که عبارت است از میزان رطوبت موجود بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم،
- خصوصیات نفوذپذیری آب در خاک،
- نیاز خاک به آبشویی،
- قابلیت فرسایش خاک، و
- خصوصیات رطوبتی خاک در رابطه با پتانسیل.

۱-۲-۴-۱ آب موجود در خاک

مقادیر ظرفیت زراعی، آب قابل جذب گیاه و مقدار آبی که می‌تواند در هر متر عمق خاک ذخیره شود، بستگی به بافت خاک داشته و در هر طرح آبیاری تحت فشار باید مشخصاً تعیین شود. جدول ۱-۴ این مقادیر را برای برخی از انواع بافتهای خاک نشان می‌دهد.

۱-۲-۴-۲ تسوری خاک

خاکها براساس هدایت الکتریکی^۴ و نسبت جذب سدیم^۵ درعصاره اشباع (که با آب مقطر تهیه شده باشد) به چهار گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- خاکهای معمولی (نرمال)
- خاکهای شور
- خاکهای قلیایی
- خاکهای شور-قلیایی

1 - Field capacity , FC

2 - Permanent Wilting Point , PWP

3 - Avaliable Water , AW

4 - Elctrical conductivity . EC

5 - Sodium Absorbtion , SAR

جدول ۱-۴- ظرفیت زراعی، حدآب قابل جذب و آب قابل دسترس در هر متر عمق خاک [۱۰]

آب قابل دسترس		دامنه آب قابل جذب گیاه (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	وزن مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)	خصوصیات بافت خاک
میلی متر بر هر متر عمق	درصد حجمی				
۸۰ (۶۰-۱۰۰)	۸ (۶-۱۰)	۷ (۳-۱۰)	۱۵ (۱۰-۲۰)	۱/۶۵ (۱/۸۰-۱/۵۵)	شنی
۱۲۰ (۹۰-۱۵۰)	۱۲ (۹-۱۵)	۹ (۶-۱۲)	۲۱ (۱۵-۲۷)	۱/۵ (۱/۶-۱/۴)	لومی شنی
۱۷۰ (۱۴۰-۲۰۰)	۱۷ (۱۴-۲۰)	۱۴ (۱۱-۱۷)	۳۱ (۲۵-۳۶)	۱/۴ (۱/۵-۱/۳۵)	لومی
۱۹۰ (۱۶۰-۲۲۰)	۱۹ (۱۶-۲۲)	۱۸ (۱۵-۲۰)	۳۶ (۳۱-۴۲)	۱/۳۵ (۱/۴-۱/۳)	لومی رسی
۲۰۰ (۱۸۰-۲۳۰)	۲۰ (۱۸-۲۳)	۲۰ (۱۷-۲۲)	۴۰ (۳۵-۴۵)	۱/۳۵ (۱/۴-۱/۳)	رسی سیلتی
۲۳۰ (۲۰۰-۲۵۰)	۲۳ (۲۰-۲۵)	۲۱ (۱۹-۲۴)	۴۴ (۳۹-۴۹)	۱/۲۵ (۱/۳-۱/۲)	رسی

یادآوری: دامنه تغییرات در داخل پراتنز نوشته شده است.

۱-۲-۵ مطالعات خاک شناسی

به طور کلی تعیین و درجه بندی عوامل خاک شناسی برای مشخص کردن ویژگیها و محدودیتهای زمین و در نهایت مشخص کردن و درجه بندی پتانسیل اراضی جهت کشت و کار در وضع موجود (طبقه بندی وضع موجود) و تعیین اطلاعات لازم و قابلیت اراضی (پتانسیل اراضی جهت کشت و کار آبی پس از رفع و تعدیل محدودیتهای) صورت می گیرد. نحوه طبقه بندی استاندارد اراضی توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی تعریف شده که در نشریه ۲۰۵ آن مؤسسه^۱ آمده است. این طبقه بندی که به طبقه بندی استاندارد اراضی معروف است مرغوبیت اراضی را در وضع موجود نشان می دهد و در نهایت به درجه بندی اراضی و تعیین پتانسیل کشت و کار آنها منجر می شود.

۱- این نشریه به طور عمده برای آبیاری به روش سطحی تهیه شده است و برای آبیاری تحت فشار با در نظر گرفتن شرایط توپوگرافی تصمیمات لازم توسط طراح اتخاذ خواهد گردید.

چنانچه شوری برحسب دسی‌زیمنس بر متر باشد این طبقه‌بندی به شرح جدول ۱-۵ می‌باشد، که از آن می‌توان در تعیین نوع، روش و ظرفیت سیستم استفاده نمود.

جدول ۱-۵- طبقه‌بندی خاک [۲۱]

شور - سدیمی	سدیمی	شور	معمولی	گروه خاک معیار
> ۴	< ۴	> ۴	< ۴	ECe
> ۱۳	> ۱۳	< ۱۳	< ۱۳	SAR

۱-۲-۶ منابع انرژی

در کلیه سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای تأمین فشار لازم در آبیاریها و گسیلنده‌ها انرژی خارجی مورد نیاز است، مگر اینکه وضعیت طبیعی به لحاظ انتقال آب شرایط مساعدی را از نظر فشار فراهم نماید. نوع سوخت مورد نیاز در ایستگاههای پمپاژ، سهولت دستیابی و هزینه‌های تأمین انرژی از جمله اطلاعاتی است که در زمان طراحی باید در اختیار باشد.

۱-۲-۷ نیروی انسانی

بخش مهمی از موفقیت سیستم‌های آبیاری تحت فشار در گرو راهبری و مراقبت از سیستم توسط افرادی است که به آن آشنایی داشته باشند. برخی از کارها را می‌توان به کارگران ساده واگذار نمود، اما پاره‌ای از عملیات مانند باز و بستن کویلینگها و جابه‌جایی بالهای آبیاری باید توسط کارگران ماهر انجام شود. در صورتی که در منطقه دسترسی به چنین نیروی انسانی امکان‌پذیر نباشد، باید تا حد امکان از طراحی سیستم‌های پیچیده که نیاز به تکنولوژی خاص دارند، خودداری شود.

۱-۲-۸ مسائل اجتماعی و فرهنگی

یکی از مسائل مهم که باید در انتخاب روش مناسب آبیاری مد نظر قرار گیرد مسائل اجتماعی و فرهنگی است. آیا زارع یا زارعین محدوده طرح پذیرش اجرای سیستم را دارند یا خیر و اگر پذیرش دارند چه نوع سیستم یا سیستم‌هایی باید طراحی گردد. تا پس از اجرا مشکلات در بهره‌برداری از آنها بوجود نیاید.

یکی دیگر از مسائلی که ممکن است پس از اجرا پدید آید، آن است که دستگاهی در زمین چند زارع قرار گیرد و آنها توافقی در نحوه استفاده از آن نداشته باشند، لذا در صورت نبودن این توافق یا باید طراحی مطابق مالکیت زارعین صورت گیرد (که

گاهی این کار در اراضی خرد مالکی اقتصادی نمی‌باشد) و یا یک مدیریت متمرکز جهت بهره‌برداری از سیستمها ایجاد گردد. به طوری که زارعین محدوده طرح هیچ‌گونه دخالت مستقیمی در آبیاری قطعه خود نداشته باشند و تابع مدیریت واحد باشند. از دیگر مسائل اجتماعی و فرهنگی، دانش فنی و میزان آشنایی زارعین به روشهای مختلف آبیاری می‌باشد. روشهای پیشرفته مکانیزه نیاز به دانش بیشتری در نحوه بهره‌برداری و سرویس و نگهداری دارند که باید در طراحی مد نظر قرار گیرد. به هر حال در صورتی که زارعین نسبت به مسائل فنی و بهره‌برداری اطلاع کافی نداشته باشند می‌توان از طریق کلاسهای آموزشی و ترویجی دانش فنی زارعین را افزایش داد تا از وقوع بسیاری از مشکلات در حین بهره‌برداری جلوگیری شود.

۹-۲-۱ مسائل امنیتی موجود در منطقه

یکی از پدیده‌های نامطلوب در بعضی از مناطق مسئله سرقت لوازم می‌باشد که این امر می‌تواند خود به عنوان عامل مهم در جلوگیری از اجرای یک سیستم در منطقه باشد. در این گونه مناطق باید سعی گردد، بیشتر از سیستمهایی استفاده شود که شبکه لوله‌گذاری آنها در زیرزمین بوده و آبپاشها به راحتی پس از هر بار آبیاری قابل جمع‌آوری و انبار کردن در محلی امن باشند. روشهای کلاسیک ثابت با لوله‌های زیرزمینی و آبپاش متحرک و یا دستگاههای آفشان قرقره‌ای از این خصوصیت برخوردار هستند. بدین لحاظ در مناطقی که پدیده سرقت وجود دارد این گونه روشها مورد استقبال زارعین می‌باشد. لذا این مشکل به‌عنوان یک فاکتور مهم در طراحی و انتخاب سیستم مد نظر قرار گیرد.

۱۰-۲-۱ نیازهای دیگر

موارد ضروری دیگر برای طراحی یک سیستم آبیاری تحت فشار تهیه نقشه توپوگرافی با مقیاس مناسب است که در آن موقعیت جاده‌ها، ساختمانها، زهکشها و دیگر عوارض فیزیکی که ممکن است بر نحوه طراحی مؤثر باشند (مانند فسیلها، محل عبور تیرهای برق و تلفن و دکل‌های فشار قوی، خطوط لوله گاز، آب و غیره) مشخص شده باشد.

۳-۱ امکان‌سنجی برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار

منظور از امکان‌سنجی^۱ برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار انجام بررسیهای لازم در ارتباط با وضعیت توپوگرافی اراضی، خصوصیات مختلف خاک، شرایط اقلیمی (به خصوص دما و باد)، نوع محصول، کمیت و کیفیت آب آبیاری، نیروی انسانی مورد نیاز، مهارت زارعین و زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی پذیرش روشهای نوین آبیاری و در نهایت انجام بررسیهای اقتصادی در محدوده مطالعات هر پروژه، در نتیجه بررسی امکان استفاده از سیستمهای مزبور در جهت نیل به بالاترین بازده در زمینه مصرف آب و تولید اقتصادی محصولات کشاورزی می‌باشد.

روش امکان‌سنجی برای اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار بدین ترتیب است که پس از بررسی عوامل مختلف مؤثر در امر استفاده از سیستم‌های مزبور، درجه تأثیر هر عامل و میزان محدودیتی که ایجاد می‌کند، معین شده و نسبت به انتخاب اراضی تصمیم‌گیری می‌شود. عوامل مزبور به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشند:

۱-۳-۱ وضعیت اقلیمی منطقه

آنچه که به لحاظ اقلیمی در استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار (به خصوص آبیاری بارانی) مؤثر می‌باشد، میزان درجه حرارت و سرعت باد است. افزایش دمای هوا سبب تبخیر آب شده و در شرایطی که در ساعت‌های طولانی از روز گرمای شدید هوا وجود داشته باشد بازده آبیاری در سیستم بارانی به شدت کاهش می‌یابد. در چنین حالتی استفاده از روش‌های دیگر و یا انجام آبیاری در شب توصیه می‌گردد. شدت و جهت وزش باد نیز بر روی میزان یک‌نواختی توزیع آب اثر می‌گذارد. به طور کلی هر چه دمای هوا و سرعت وزش باد بیشتر و اندازه قطره‌های آب کوچکتر باشد، تلفات آب بیشتر شده و بازده استفاده از آب کاهش می‌یابد.

۲-۳-۱ وضعیت توپوگرافی اراضی

وضعیت توپوگرافی اراضی هر منطقه اغلب با تعیین مقدار شیب اراضی و میزان یک‌نواختی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این ارتباط استفاده از سیستم‌های مختلف آبیاری تحت فشار در شیب‌های مختلف تا حدود ۱۵-۱۰ درصد کاملاً عملی بوده و در شیب‌های بیشتر نیز با به کار بستن تمهیداتی در کنترل وضعیت هیدرولیکی سیستم‌ها میسر می‌باشد. همچنین استفاده از سیستم‌های مزبور در تطبیق با شرایط عدم یک‌نواختی شیب اراضی قابل توصیه بوده لیکن باید شدت پخش آب از آبپاش‌های سیستم آبیاری کمتر از میزان نفوذپذیری خاک باشد، به نحوی که از بروز رواناب سطحی جلوگیری به عمل آید. در ضمن عدم یک‌نواختی شیب و شدت پستی و بلندی‌های موضعی اراضی محدودیتی برای ماشین‌آلات کشاورزی ایجاد نماید. علاوه بر مقدار و یک‌نواختی شیب اراضی، بررسی عوارض موجود نظیر جاده‌ها، ساختمان‌ها، تیرهای برق، راه‌آهن و ... ضرورت داشته و باید نوع مزاحمتی را که برای استفاده از هر سیستم آبیاری به لحاظ افزایش هزینه‌ها و یا اساساً عدم کارایی سیستم مورد نظر ایجاد می‌نماید، در نظر گرفت.

۳-۳-۱ مشخصات خاک

انتخاب روش آبیاری مناسب در تطبیق با مشخصات فیزیکی خاک به‌طور عمده از دیدگاه بررسی ظرفیت نگهداری آب در خاک و سرعت نفوذ آب در خاک و با هدف جلوگیری از تلفات آب تا حد ممکن صورت می‌پذیرد. در این ارتباط با استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار به دلیل امکان کنترل آب در سیستم لوله‌ها و در نهایت امکان کم کردن عمق و دور آبیاری می‌توان ضمن تأمین آب مورد نیاز گیاه، با تنظیم شدت پخش آب به میزان کمتر از سرعت نفوذ نهایی آب در خاک، تلفات رواناب سطحی را به صفر رسانده و به بازده بالاتری نسبت به روش‌های آبیاری ثقلی دست یافت.

۱-۳-۴ کیفیت آب آبیاری

کیفیت آب آبیاری در ارتباط با سیستمهای آبیاری تحت فشار از دو جنبه کیفیت فیزیکی و شیمیایی مورد توجه قرار می‌گیرد. به طور کلی مواد موجود در آب ممکن است به سه حالت رسوبگذار، محلول و یا معلق باشد. کنترل مواد رسوبگذار از طریق پیش‌بینی حوضچه‌های رسوبگیر و صافیهای مختلف صورت پذیرفته و سعی می‌شود از عبور این مواد در سیستم لوله‌ها و رسیدن آن به خروجی آبپاشها یا قطره‌چکانها که می‌تواند به انسداد مجاری مزبور منتهی گردد، جلوگیری شود. مواد محلول در آب که در واقع سبب شوری آب آبیاری می‌گردد، در سیستمهای آبیاری بارانی به‌طور عمده به لحاظ اینکه آب روی برگ گیاهان پاشیده شده و سبب سوختگی برگ و مسمومیت گیاه می‌گردد، محدودیت ایجاد می‌نماید. با توجه به موارد بالا در انتخاب اراضی برای روشهای آبیاری تحت فشار باید کیفیت آب به لحاظ غلظت مواد معلق، pH، هدایت الکتریکی، غلظت سدیم و کلرور و در نهایت مقدار مواد بیولوژیک مورد بررسی قرار گرفته و در شرایط محدودکننده تمهیدات لازم به کار بسته شوند.

۱-۳-۵ کمیت آب آبیاری

به طور کلی در مناطقی که محدودیت آب وجود داشته باشد ولی محدودیت زمین وجود ندارد، استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار به لحاظ راندمان بالاتر آن نسبت به روشهای آبیاری ثقلی اولویت دارد. علاوه بر آن آبیاری تحت فشار در شرایط محدودیت آب امکاناتی به شرح زیر را فراهم می‌سازد:

- استفاده از بدهای کم،
- کاهش تلفات زمینهای پرارزش به لحاظ عدم نیاز به کرت و مرز و پشته و غیره، و
- اعمال پدیده کم آبیاری با استفاده از قابلیت‌های سیستمهای آبیاری تحت فشار.

۱-۳-۶ شرایط تأمین انرژی

با توجه به اینکه برای سیستمهای مختلف آبیاری تحت فشار به تأمین انرژی (اغلب حدود ۲-۶ اتمسفر فشار نظیر انرژی) می‌باشد، چنانچه شرایط توپوگرافی اراضی و به خصوص محل ارتفاعی منبع آب نسبت به اراضی به نحوی باشد که تمام یا بخشی از انرژی مورد نیاز به صورت طبیعی و بدون استفاده از پمپ تأمین گردد و در صورت یکسان بودن سایر شرایط استفاده از سیستمهای مزبور به جای روشهای ثقلی ارجح است.

۱-۳-۷ نوع محصول

مهم‌ترین نکته‌ای که در ارتباط با نوع محصول وجود دارد این است که سیستمهای آبیاری تحت فشار برای محصولاتی که دارای ریشه کوتاه بوده و به دلایل مختلف عمق آب آبیاری و دور آبیاری کوتاه را طلب می‌کنند، تطبیق بیشتری داشته و قابل توصیه می‌باشد. در ضمن برای آبیاری بارانی محصولاتی نظیر ذرت که دارای ارتفاع بلند (حدود ۲-۳ متر) می‌باشند، محدودیت

نوع سیستم به لحاظ موقعیت یا ارتفاع آبپاشها و نحوه پاشش آب وجود داشته و عملاً استفاده از آبفشان دوار و یا آبپاش قرقره‌ای با آبپاش تفنگی و ... توصیه می‌گردد.

۱-۳-۱ زمین‌های فرهنگی استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار

به طور کلی در مناطقی که استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار در وضع موجود نیز صورت می‌پذیرد و یا سوابقی در استفاده از سیستمهای مزبور وجود دارد، زمین‌های پذیرش سیستمها در طرح و توسعه آن مناطق مهیا بوده و بهره‌برداری از آنها به نحو مطلوبی عمل خواهد شد. لیکن در مناطقی که زمین‌های فرهنگی و فنی پذیرش سیستمهای آبیاری تحت فشار ضعیف بوده و یا فراهم نباشد، انجام فعالیتهای آموزشی و ترویجی و به خصوص مزارع نمایشی و نمونه، کارآیی زیادی داشته و استفاده از سیستمهای ساده‌تر در ابتدای امر قابل توصیه است.

۱-۳-۲ نیروی انسانی مورد نیاز

استفاده از کلیه روشهای آبیاری نیاز به نیروی انسانی اعم از نیروی انسانی ساده (کارگر)، ماهر و یا متخصص دارد که تعداد آنها براساس ماهیت هر روش متفاوت است. به طور کلی هر چه سیستم آبیاری به طور خودکار عمل نماید، نیروی انسانی مورد نیاز کمتر بوده ولی درجه مهارت بالاتری به لحاظ بهره‌برداری مطلوب از سیستم مورد انتظار است.

۱-۳-۳ وضعیت بهره‌برداری و نگهداری

به طور کلی موفقیت و طول عمر یک سیستم آبیاری در گروه بهره‌برداری و نگهداری منظم و دقیق می‌باشد. براین اساس باید به شرایط و امکان اعمال مدیریت مطلوب در خصوص بهره‌برداری و نگهداری سیستمهای آبیاری تحت فشار توجه نموده و امکان‌سنجی را متناسب با این امر انجام داد.

۱-۳-۴ هزینه روشهای مختلف آبیاری

مقایسه هزینه‌های مربوط به روشهای آبیاری ثقلی و تحت فشار در مقطع زمانی یکسان و در پروژه‌های نسبتاً مشابه می‌تواند، حاکی از رقابت هزینه‌های سیستمهای آبیاری تحت فشار با ثقلی باشد. هزینه‌های اجرای سیستم آبیاری بارانی در هر هکتار از اراضی شامل ایستگاه پمپاژ مزرعه، لوله اصلی مزرعه و خود سیستم بارانی براساس پروژه‌های متعدد اجرا شده در کشور تعیین می‌گردد. همچنین هزینه اجرای سیستم آبیاری ثقلی در هر هکتار از اراضی شامل احداث کانال و زهکش درجه ۳، تسطیح، زهکشهای زیرزمینی، ابنیه فنی، تجهیز و نوسازی مزرعه می‌باشد. (کانال خاکی و زهکش درجه ۴، احداث شیارهای آبیاری و شن‌ریزی جاده‌های سرویس و مزرعه). بنابراین در طرحهای متفاوت، عوامل مؤثر در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های آبیاری تحت فشار شاخصهایی مانند: ۱- هزینه سرمایه‌گذاری به ازای واحد سطح، ۲- هزینه‌های جاری، ۳- هزینه‌های بالاسری، ۴- نیاز کارگری، ۵- مصرف انرژی، ۶- مصرف آب و شرایط اجتماعی و غیره می‌باشند که باید در هر پروژه خاص ارزیابی گردد.

۴-۱ تهیه نقشه گستره سیستم‌های آبیاری تحت فشار

برای تهیه نقشه گستره^۱ یک پروژه که در آن استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار مدنظر باشد، عوامل مختلفی باید مورد بررسی قرار گرفته و میزان تأثیر هر یک از آنها را در آرایش شبکه آبیاری دخالت داد. در نهایت می‌توان پس از بررسی گزینه‌های مختلف نقشه گستره طرح، اقتصادی‌ترین و عملی‌ترین آرایش را برگزید.

در این ارتباط تنوع عوامل مربوط در قسمت‌های مختلف محدوده یک طرح می‌تواند به حدی باشد که طراحی آرایش یک شبکه آبیاری را بسیار مشکل و پیچیده نماید. به طور کلی برای تهیه یک نقشه گستره طرح مناسب، دید مهندسی و تجربه طراح اساسی‌ترین نقش را داشته و قواعدی که در این رابطه وجود دارد، فقط به عنوان یک راهنمای کلی مورد استفاده طراح قرار می‌گیرد.

۱-۴-۱ عوامل مؤثر در آرایش سیستم آبیاری تحت فشار

عوامل مؤثر در آرایش سیستم‌های آبیاری تحت فشار به شرح زیر می‌باشد:

- نوع و محل منبع آب و فاصله آن از اراضی (به لحاظ نحوه انتقال آب به اراضی)،
- وسعت کل محدوده طرح و بررسی وضعیت توزیع آب (به لحاظ طرح شبکه توزیع و رساندن آب به ابتدای قطعات)،
- عوارض موجود در محدوده طرح و بررسی میزان محدودیتهای ایجاد شده (به لحاظ امکان برطرف کردن عوارض و یا تطبیق نقشه گستره طرح با آنها)،
- بررسی وضعیت توپوگرافی اراضی (به لحاظ تعیین میزان شیب و یکنواختی آن و تطبیق سیستم آبیاری تحت فشار با شرایط توپوگرافی)،
- تعیین مساحت بهینه قطعات آبیاری براساس مبانی مربوط (به لحاظ روشن شدن چارچوب نقشه گستره طرح در جهت دستیابی به قطعات با مساحت بهینه)، و
- ملاحظات هیدرولیکی سیستم آبیاری (به لحاظ دستیابی به بیشترین بازده کاربرد آب و کمترین هزینه‌های مربوط)، در این رابطه مهم‌ترین موارد عبارتند از تعیین تعداد آبپاشها و یا خروجیهای که به طور هم‌زمان کار می‌کند، کنترل میزان فشار مختلف سیستم، کنترل وضعیت آبیاری در تطبیق با شرایط باد غالب منطقه و کنترل آثار شوری آب آبیاری می‌باشد.

۱-۴-۲ تهیه نقشه گستره سیستم انتقال آب

چنانچه محل تأمین آب مورد نیاز یک پروژه تا اراضی مربوط فاصله زیادی داشته باشد، باید گزینه‌های مختلف (نوع انتقال، مسیر انتقال و محل تحویل آب) انتقال آب مورد بررسی قرار گیرد به طوری که با توجه به وضعیت توپوگرافی مسیر، محدودیتهای ژئوتکنیکی، اینپه تقاطعی با عوارض مختلف و سایر عوامل محدودکننده، عملی‌ترین و ارزان‌ترین گزینه انتخاب گردد.

۱-۴-۳ تهیه نقشه گستره سیستم توزیع آب

در این ارتباط با توجه به سطح کل اراضی، قطعه‌بندی بهینه و سایر عوامل مربوط به نقشه گستره شبکه اصلی و فرعی (به صورت کانال یا لوله) برای توزیع آب و رساندن آن به ابتدای قطعات تهیه می‌شود. اراضی طرحهای بزرگ اغلب به چند ناحیه و یا چند واحد عمرانی تقسیم شده و شبکه توزیع آب در هر قسمت به طور مستقل طراحی می‌گردد. علاوه بر این اغلب گزینه‌های توزیع آب به صورت متمرکز و غیرمتمرکز نیز در طرحها مورد بررسی قرار گرفته و گزینه برتر انتخاب می‌شود. در سیستم متمرکز، آب از یک ایستگاه پمپاژ مرکزی از طریق لوله با فشار معین و کنترل شده در داخل قطعات توزیع می‌گردد. در سیستم غیرمتمرکز آب به صورت ثقلی وارد حوضچه‌ای در ابتدای قطعه شده و سپس از طریق یک ایستگاه پمپاژ کوچک وارد لوله اصلی مزرعه می‌گردد. در تعیین خطوط توزیع آب با توجه به وضعیت توپوگرافی اراضی باید بیشترین استفاده از انرژی ناشی از شیب زمین به عمل آید.

۱-۴-۴ تهیه نقشه گستره یا آرایش لوله‌های سیستم آبیاری در داخل مزارع

نقشه گستره شبکه آبیاری تحت فشار در یک مزرعه شامل آرایش لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و بالهای آبیاری (لوله‌های آبدی سیستم آبیاری موضعی) می‌باشد. به طور کلی برای طراحی نقشه گستره هر قطعه باید ویژگیهای توپوگرافی اراضی آن قطعه را با ملاحظات هیدرولیکی سیستم آبیاری تحت فشار تطبیق داده و آرایش بهینه را تعیین نمود.

طراحی لوله‌های آبدی با توجه به توپوگرافی و میزان یکنواختی شیب اراضی می‌تواند در امتداد خطوط تراز و یا عمود بر آن صورت گیرد. شکل قطعات نیز در تعیین آرایش شبکه لوله‌ها مؤثر بوده و هر چه قطعات دارای شکل هندسی منظمی باشد، نقشه گستره سیستم آبیاری ساده‌تر و منطقی‌تر خواهد بود. علاوه بر آن دستیابی به یکنواختی توزیع آب و بازده قابل قبول باید در طراحی سیستم مورد توجه قرار گیرد.

مهم‌ترین مبانی هیدرولیکی که در تعیین قطر، طول بالهای آبیاری و در نهایت محل یا تعداد لوله‌های اصلی و نیمه اصلی و نقشه گستره سیستم باید رعایت شود، این است که افت انرژی پتانسیل در طول بال آبیاری (افت بار ناشی از اصطکاک و بار استاتیک ناشی از شیب مسیر) از افت مجاز انرژی در طول لوله تجاوز کند.

یادآوری می‌نماید که برای طراحی نقشه گستره سیستم آبیاری بارانی آبفشان دوار، با توجه به وضعیت چرخشی لوله آبدی دستگاه، ملاحظات هیدرولیکی سیستم برای بدترین شرایط انجام می‌پذیرد.

۱-۵-۵ قطعه‌بندی واحدهای آبیاری تحت فشار

در تهیه طرح استقرار یا نقشه گستره طرح یک شبکه آبیاری، مسیر انتقال، اجزاء شبکه و توزیع آب به نحوی در نظر گرفته می‌شود که در نهایت آب به قطعاتی که سیستم آبیاری تحت فشار در آن مستقر می‌باشد، تحویل گردد. اغلب اراضی تحت پوشش یک سیستم آبیاری به قسمتهای زیر تقسیم می‌شود:

- الف - قطعه آبیاری: در سیستم آبیاری بارانی اراضی تحت پوشش یک بال آبیاری در یک نوبت آبیاری (در هر استقرار) می‌باشد و در سیستم آبیاری موضعی، اراضی تحت پوشش یک لوله رابط می‌باشد.
- ب - قطعه زراعی: اراضی تحت پوشش یک بال آبیاری (در سیستم آبیاری بارانی) یا لوله نیمه اصلی (در سیستم آبیاری موضعی) در یک دور آبیاری می‌باشد.
- ج - واحد مزرعه: اراضی تحت پوشش یک خط لوله اصلی مزرعه (لوله‌ای که آب را از آبگیر مزرعه دریافت و به لوله‌های نیمه اصلی یا بال آبیاری می‌رساند) می‌باشد.
- در تعیین اندازه متداول قطعات مزبور باید عواملی از قبیل: نوع سیستم آبیاری تحت فشار مورد نظر، رعایت مسائل فنی مربوط به استفاده از ماشینهای کشاورزی، بیشترین تطبیق با وضعیت مالکیت اراضی، رعایت عوارض موجود در محدوده هر طرح، رعایت ملاحظات اقتصادی و بهره‌برداری مطلوب از سیستمهای مختلف آبیاری تحت فشار، در نظر گرفته می‌شود.

۱-۵-۱ مساحت قطعات زراعی با توجه به نوع سیستمهای آبیاری تحت فشار

مساحت زیر پوشش هر یک از انواع سیستمهای آبیاری تحت فشار به شرح جدول ۱-۶ تعیین می‌گردد.

جدول ۱-۶- مساحت اراضی هر قطعه زراعی در تطبیق با سیستمهای مختلف آبیاری

تحت فشار [۲، ۸، ۴۳، ۱۴ و ۵۰]

مساحت - هکتار			نوع سیستم تحت فشار	ردیف
متداول	حداقل	حداکثر		
۱۰	۰/۸۵	۲۰	آبیاری بارانی ثابت	۱
۱۰-۱۵	۲	۲۶	آبیاری بارانی متحرک دستی	۲
۱۵-۲۰	۳	۳۴	آبیاری بارانی با دستگاه آفشان غلطان	۳
۱۵-۶۰	۱۵	۶۰	آبیاری بارانی با دستگاه آفشان قرقره ای	۴
۵۰	۱۲	۱۲۰	آبیاری بارانی با دستگاه آفشان دوار	۵
۴۰	۲۰	۷۵	آبیاری بارانی با دستگاه آفشان خطی	۶
۶	۰/۷	۱۰	آبیاری موضعی	۷

۱-۵-۲ استفاده از ماشینهای کشاورزی

قطعه‌بندی اراضی در محدوده هر طرح باید به نحوی باشد که امکان انجام عملیات مکانیزه کشاورزی در مراحل کاشت، داشت، برداشت محصول فراهم گردد. در این رابطه چون زمان عملیات داشت منطبق با فصل آبیاری می‌گردد، ابعاد و مساحت قطعات

زراعی باید به نحوی باشد که حرکت و جابه‌جایی تراکتور همراه با ادوات مربوط در سطح مزرعه امکان‌پذیر بوده و خللی در انجام عملیات آبیاری پیش نیاید.

مساحت متداول قطعات که در ستون آخر جدول ۱-۶ منعکس شده برای انجام عملیات مکانیزه کشاورزی قابل قبول بوده و محدودیتی از این بابت به وجود نمی‌آورد.

۱-۵-۳ مالکیت اراضی

مساحت قطعات آبیاری مندرج در جدول ۱-۶ با توجه به آمار و ارقام مربوط به متوسط مالکیت اراضی اکثر کشاورزان تعیین گردیده است که دربرگیرنده میزان مالکیت ۲ تا ۵ نفر کشاورز در ارتباط با سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت، جابه‌جایی دستی، آفشان خطی و آبیاری موضعی می‌باشد. این تعداد برای فعالیتهای کشاورزی و بهره‌برداری از سیستم آبیاری در سطح هر مزرعه مناسب است.

در مورد سایر سیستم‌های آبیاری بارانی چون از مساحت‌های نسبتاً بزرگتری در قطعه‌بندی متداول استفاده می‌شود، باید کشاورزان در حد امکان در قالب مجموعه تعاونی‌های تولید یا کشت و صنعتها متشکل شوند.

۱-۵-۴ عوارض موجود

با توجه به عوارض موجود در محدوده هر طرح برای کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری تحت فشار لازم است، قطعه‌بندی به نحوی انجام شود که در حد امکان از برخورد با عوارضی نظیر جاده‌ها، تیرهای برق، آبراه‌های طبیعی و زهکشهای روباز و ... احتراز گردد و یا اینگونه عوارض در مرز قطعات قرار گیرند.

با توجه به اینکه یکی از راه‌حلهای اجتناب از عوارض موجود، کوچک کردن ابعاد قطعات می‌باشد، باید سعی شود، مساحت قطعات از کمترین ارقام مندرج در جدول ۱-۶ کوچکتر نشود.

۱-۵-۵ ملاحظات اقتصادی و بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری

به طور کلی قطعه‌بندی اراضی در محدوده هر طرح در مساحت‌های کوچکتر از مساحت متداول سبب افزایش تعداد قطعات و به تبع آن سبب افزایش طول لوله و سایر لوازم و تجهیزات مورد نیاز در واحد سطح شده و در نهایت افزایش هزینه‌ها و عدم توجیه اقتصادی طرح را به دنبال خواهد داشت. از طرف دیگر قطعه‌بندی بزرگتر از مساحت متداول نیز سبب افزایش ظرفیت اجزاء مختلف سیستم‌های آبیاری و به تبع آن بهره‌برداری نامطلوب از سیستم می‌گردد.

بنابراین با توجه به اهمیت قطعه‌بندی مناسب و تلفیق نکات ذکر شده در بالا می‌توان قطعه‌بندی در مساحت‌های کمتر از ۱۰ هکتار را برای آبیاری موضعی، مساحت‌های ۱۰-۲۰ هکتار را برای بارانی ثابت، جابه‌جایی دستی، دستگاه آفشان خطی و دستگاه‌های آبره‌های بزرگ، عقربه‌ای و خطی به‌عنوان قطعه‌بندی قابل توصیه در نظر گرفت.

۱-۶ تبخیر و تعرق گیاه

تبخیر و تعرق گیاه (ET_c)^۱ طبق دستورالعمل شماره ۲۴ سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی^۲، توسط گیاه مرجع سنجیده می‌شود. به این ترتیب که برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر، در ماه یا دوره حداکثر آبیاری مورد نیاز و یا در هر یک از ماههای فصل رشد، ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع^۳ (ET_o) در آن دوره محاسبه و سپس در ضریب گیاهی که متناسب با نوع گیاه و زمان رشد آن انتخاب شده است ضرب می‌شود. معادله ۱-۱ این رابطه را بیان می‌کند:

$$ET_c = K_c(ET_o) \quad (1-1)$$

ET_c = تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی متر بر روز)

K_c = ضریب گیاهی

ET_o = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی متر بر روز)

با توجه به رابطه بالا، تخمین تبخیر و تعرق یک گیاه طبق نظر پژوهشگران فائو، باید مبتنی بر تفکیک سه عامل مؤثر زیر در تبخیر و تعرق باشد.

- عوامل اقلیمی،

- ویژگیهای گیاه مورد نظر، و

- شرایط محلی کشت گیاه.

محاسبه هر یک از این اجزاء به شرح زیر می‌باشد:

۱-۶-۱ روش محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع

تبخیر و تعرق گیاه مرجع، بازتاب تأثیر شرایط اقلیمی است. بنابراین معادلات تخمین ET_o باید به اندازه‌ای فراگیر باشند که کلیه شرایط اقلیمی مؤثر در تبخیر و تعرق را دربرگیرند. به هر صورت روشهای متعددی برای تخمین ET_o پیشنهاد شده است که هر یک کم و بیش دارای محدودیتهایی بوده و در شرایط خاصی قابل توصیه‌اند. کلیه این روشها ترکیبی از مفاهیم نظری و نتایج تجربی هستند. روشهای تخمین ET_o را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد:

- روشهای مبتنی بر بیلان انرژی،

- روشهای مبتنی بر دمای هوا، و

- روشهای مبتنی بر معادلات ترکیبی.

1 - Crop Evapotranspiration

2 - Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O)

3 - Potential Evapotranspiration

تفاوت این روشها به طور عمده در نوع عوامل مورد استفاده و نحوه واسنجی آنهاست. به هر صورت مقایسه نتایج حاصل از این روشها با نتایج حاصل از لیسیمتری^۱ (ETeq) نشان می‌دهد که از مجموعه روشهای ترکیبی دو روش زیر:

- پنمن - مانتیت^۲

- پنمن فائو^۳

و از بین روشهای مبتنی بر دما نیز سه روش زیر:

- جنسن - هیز^۴

- روش بلانی - کریدل فائو^۵

- روشهارگریوز - سامانی^۶

دارای دقت بیشتری بوده و بنابراین حائز اعتبار و اهمیت بیشتری شده‌اند.

جدول ۱-۷ مقایسه نتایج حاصل از کاربرد روشهای تعیین ET_o در مناطق خشک و مرطوب می‌باشد. با توجه به آمار دسترس و شرایط اقلیمی در سطح کشور و تجارب به دست آمده از کاربرد برخی از روشها، چنانچه اطلاعات و آمار موجود جوابگوی استفاده از فرمول پنمن مانتیت نباشد، روشهای زیر قابل اعمال و توصیه می‌باشند:

- بلانی کریدل اصلاح شده فائو،

- تشعشع^۷،

- اصلاح شده پنمن فائو،

- تشتک تبخیر^۸، و

- پنمن - مانتیت فائو.

۱-۱-۶-۱ روش بلانی - کریدل اصلاح شده فائو

در این روش برای محاسبه تبخیر و تعرق از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$ET_o = a + b [P(0/46 \times T_{\text{mean}} + 8/13)] \quad (۲-۱)$$

$$a = 0/0043 (RH_{\text{min}}) - \frac{n}{N} - 1/41 \quad (۳-۱)$$

ET_o = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)

RH_{min} = کمترین رطوبت نسبی روزانه در ماه یا دوره مورد نظر (درصد)

P = درصد تابش آفتاب در هر یک از روزهای ماه یا دوره مورد نظر که مقادیر آن از جدول ۱-۸ به دست می‌آید.

1 - Actual Evapotranspiration

2 - Penman - Monteith

3 - FAO Penman

4 - Jensen - Haise

5 - FAO - Modified Blaney Criddle

6 - Hrgreaves Samani

7 - FAO Radiation

8 - Pan Evaporation

جدول ۱-۷- مقایسه نتایج حاصل از کاربرد روشهای تعیین ET در مناطق خشک و مرطوب [۳۹]

مرطوب			خشک			محل
برآورد اضافی	انحراف معیار	شماره ترتیب	برآورد اضافی**	انحراف معیار*	شماره ترتیب	شاخصهای عملکرد
روش ترکیبی						
٪+۴	۰/۳۲	۱	٪-۱	۰/۴۹	۱	پنمن مانتیت Penman – Monteith
٪+۲۹	۰/۹۳	۱۴	٪+۱۲	۰/۶۹	۶	پنمن فائو ۲۴ FAO-24 Penman (c=1)
٪+۳۵	۱/۱۴	۱۹	٪+۱۸	۱/۱	۱۰	پنمن فائو ۲۴ (اصلاح شده) (corrected) FAO-24 Penmen
٪+۱۶	۰/۶۷	۴	٪+۶	۰/۶۸	۵	پنمن فائو ۱۷ FAO-ppp-17 Penman
٪+۱۴	۰/۶۰	۳	٪-۲	۰/۷۰	۷	پنمن فائو (۱۹۶۳) Penman (1963)
٪+۲۰	۰/۶۹	۶	٪+۶	۰/۶۷	۴	پنمن فائو ۱۹۶۳ (نسخه شماره ۳) Penman 1963, VPD#3
٪+۱۸	۰/۷۱	۸	٪+۶	۰/۷۳	۸	پنمن کیمبرلی (۱۹۷۲) Kimberley Penman
٪+۱۰	۰/۶۹	۷	٪+۳	۰/۵۴	۲	پنمن کیمبرلی (۱۹۸۲) Kimberley Penman
٪+۳۲	۱/۰۳	۱۶	٪+۱۱	۱/۱۲	۱۱	بازینگر – وان باول Businger van Bavel
روش تشعشی						
٪-۳	۰/۶۸	۵	٪-۲۷	۱/۸۹	۱۹	پرستلی تیلور Prestley Taylor
٪+۲۲	۰/۷۹	۱۱	٪+۶	۰/۶۲	۳	تشفیع فائو FAO-Raditation
روشهای دمایی						
٪-۱۸	۰/۸۴	۱۲	٪-۱۲	۱/۱۳	۱۲	جنس هیز Gensen – Haise
٪+۲۵	۰/۷۹	۱۰	٪-۹	۱/۱۷	۱۳	هارگریوز Hargreaves
٪+۵	۰/۵۶	۲	٪-۲۶	۱/۸۸	۱۸	تورک Turc
٪+۱۷	۱/۰۱	۱۵	٪-۱۶	۱/۲۹	۱۵	بلانی کریدل SCS Blaney – Criddle
٪+۱۶	۰/۷۹	۹	٪۰	۰/۷۶	۹	بلانی کریدل فائو FAO Blaney – Criddle
٪-۴	۰/۸۶	۱۳	٪-۳۷	۲/۴	۲۰	تورنوایت Thornwaite
روشهای تشنگ تبخیر						
٪+۱۴	۱/۲۹	۲۰	٪+۲۱	۱/۵۴	۱۷	تشتک کلاس Class A Pan
٪-۱۰	۱/۱۲	۱۸	٪-۶	۱/۱۴	۱۶	تشتک کریستیانسن Christiansen
٪-۵	۱/۰۹	۱۷	٪+۵	۱/۲۵	۱۴	تشتک کلاس A FAO Class A

* انحراف معیار مقادیر تخمینی بر حسب میلی‌متر بر روز

** درصد افزایش یا کاهش نسبت به نتایج به دست آمده از ۱۱ ایستگاه لیسیمتری که نسبت به گیاه مرجع تعدیل شده است.

جدول ۱-۸- درصد تابش آفتاب برای عرضهای جغرافیایی مختلف در ماههای سال [۴۵]

ماه												عرض جغرافیایی (درجه)
دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اوت	ژوئیه	ژون	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	
۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۲۲
۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۲۴
۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۲۶
۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۴	۲۸
۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۴	۳۰
۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۴	۳۲
۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳	۳۴
۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۳	۳۶
۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۲	۳۸
۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۲	۴۰

$b =$ ضریب محلی که مقدار آن بستگی به کمترین رطوبت نسبی، متوسط سرعت باد بر روز (U_{day}) و $\frac{n}{N}$ داشته و از

جدول (۹-۱) استخراج می‌شود.

$a =$ ضریب اقلیمی

$n =$ ساعات آفتابی واقعی (داده‌های هواشناسی محل مورد مطالعه)

$N =$ بیشترین ساعات آفتابی (در عرض جغرافیایی طرح)

۱-۶-۱- روش تشعشع (تابش)

در این روش برای محاسبه تبخیر و تعرق از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$ET_o = C(W.R_s) \quad (۴-۱)$$

$R_s =$ تابش خورشید معادل تبخیر بر حسب میلی‌متر بر روز

$W =$ فاکتور وزنی که به حرارت و ارتفاع بستگی دارد.

$C =$ فاکتور تعدیل که به رطوبت نسبی و شرایط باد روزانه بستگی دارد.

جدول ۱-۹- مقادیر b نسبت به کمترین رطوبت نسبی، سرعت باد و نسبت ساعات تابش آفتاب [۲۵]

نسبت ساعات تابش آفتاب	درصد رطوبت نسبی						سرعت باد روزانه متر بر ثانیه
	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	
۰	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۵۲	۰/۳۸	۰
۰/۲	۱/۰۳	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۶۳	۰/۴۸	
۰/۴	۱/۲۲	۱/۱۰	۱/۰۱	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۵۷	
۰/۶	۱/۳۸	۱/۲۴	۱/۱۳	۰/۹۹	۰/۸۵	۰/۶۶	
۰/۸	۱/۵۴	۱/۳۷	۱/۲۵	۱/۰۹	۰/۹۴	۰/۷۵	
۱	۱/۶۸	۱/۵۰	۱/۳۶	۱/۱۸	۱/۰۴	۰/۸۴	
۰	۰/۹۷	۰/۹۰	۰/۸۱	۰/۸۸	۰/۵۴	۰/۴۰	۲
۰/۲	۱/۱۹	۱/۰۸	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۶۶	۰/۵۰	
۰/۴	۱/۴۱	۱/۲۶	۱/۱۱	۰/۹۷	۰/۷۷	۰/۶	
۰/۶	۱/۶۰	۱/۴۲	۱/۲۵	۱/۰۹	۰/۸۹	۰/۷۰	
۰/۸	۱/۷۹	۱/۵۹	۱/۳۹	۱/۲۱	۱/۰۱	۰/۷۹	
۱	۱/۹۸	۱/۷۴	۱/۵۲	۱/۳۱	۱/۱۱	۰/۸۹	
۰	۱/۰۸	۰/۹۸	۰/۸۷	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۴۲	۴
۰/۲	۱/۳۳	۱/۱۸	۱/۰۳	۰/۸۷	۰/۶۹	۰/۵۲	
۰/۴	۱/۵۶	۱/۳۸	۱/۱۹	۱/۰۲	۰/۸۲	۰/۶۲	
۰/۶	۱/۷۸	۱/۵۶	۱/۳۴	۱/۱۵	۰/۹۴	۰/۷۳	
۰/۸	۲	۱/۷۴	۱/۵۰	۱/۲۸	۱/۰۵	۰/۸۳	
۱	۲/۱۹	۰/۹۰	۱/۶۴	۱/۳۹	۱/۱۶	۰/۹۲	
۰	۱/۱۸	۱/۰۶	۰/۹۲	۰/۷۴	۰/۵۸	۰/۴۵	۶
۰/۲	۱/۴۴	۱/۲۷	۱/۱۰	۰/۹۱	۰/۷۲	۰/۵۴	
۰/۴	۱/۷۰	۱/۴۸	۱/۲۷	۱/۰۶	۰/۸۵	۰/۶۴	
۰/۶	۱/۹۴	۱/۶۷	۱/۴۴	۱/۲۱	۰/۹۷	۰/۷۵	
۰/۸	۲/۱۸	۱/۸۶	۱/۵۹	۱/۳۴	۱/۰۹	۰/۸۵	
۱	۲/۳۹	۲/۰۳	۱/۷۴	۱/۴۶	۱/۲۰	۰/۹۵	
۰	۱/۲۶	۱/۱۱	۰/۹۶	۰/۷۶	۰/۶۰	۰/۴۴	۸
۰/۲	۱/۵۲	۱/۳۴	۱/۱۴	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۵۵	
۰/۴	۱/۷۹	۱/۵۶	۱/۳۲	۱/۱۰	۰/۸۷	۰/۶۶	
۰/۶	۲/۰۵	۱/۷۶	۱/۴۹	۱/۲۵	۱	۰/۷۷	
۰/۸	۲/۳۰	۱/۹۶	۱/۶۶	۱/۳۹	۱/۱۲	۰/۸۷	
۱	۲/۵۴	۲/۱۴	۱/۸۲	۱/۵۲	۱/۲۴	۰/۹۸	
۰	۱/۲۹	۱/۱۵	۰/۹۸	۰/۷۸	۰/۶۱	۰/۴۵	۱۰
۰/۲	۱/۵۸	۱/۳۸	۱/۱۷	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۵۶	
۰/۴	۱/۸۶	۱/۶۱	۱/۳۶	۱/۱۳	۰/۸۹	۰/۶۸	
۰/۶	۲/۱۳	۱/۸۳	۱/۵۴	۱/۲۸	۱/۰۳	۰/۷۹	
۰/۸	۲/۳۹	۲/۰۳	۱/۷۱	۱/۴۳	۱/۱۵	۰/۸۹	
۱	۲/۶۳	۲/۲۲	۱/۸۶	۱/۵۶	۱/۲۷	۱	

$$R_s = (0/25 + 0/05 n / N) \times R_a \quad (5-1)$$

R_a = تابش آفتاب فوق زمینی معادل تبخیر بر حسب میلی‌متر بر روز که از جدول ۱-۱۰ به دست می‌آید.

$$\frac{n}{N} = \text{نسبت تابش واقعی به تابش ممکن آفتاب}$$

جدول ۱-۱۰ - مقادیر تابش برون‌زمینی (R_a) بر حسب میلی‌متر در روز در عرضهای

جغرافیایی مختلف [۲۵]

ماه												عرض جغرافیایی (درجه)
دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اوت	ژوئیه	ژون	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	
۱۰/۲	۱۱/۱	۱۳	۱۴/۶	۱۵/۸	۱۶/۴	۱۶/۴	۱۶/۳	۱۵/۵	۱۴/۲	۱۲/۳	۱۰/۷	۲۲
۹/۷	۱۰/۷	۱۲/۶	۱۴/۵	۱۵/۸	۱۶/۵	۱۶/۶	۱۶/۴	۱۵/۴	۱۳/۹	۱۱/۹	۱۰/۲	۲۴
۹/۳	۱۰/۳	۱۲/۳	۱۴/۳	۱۵/۷	۱۶/۶	۱۶/۷	۱۶/۴	۱۵/۳	۱۳/۷	۱۱/۵	۹/۸	۲۶
۸/۸	۹/۹	۱۲	۱۴/۱	۱۵/۷	۱۶/۷	۱۶/۸	۱۶/۵	۱۵/۳	۱۳/۴	۱۱/۱	۹/۳	۲۸
۸/۳	۹/۵	۱۱/۶	۱۳/۹	۱۵/۷	۱۶/۸	۱۶/۸	۱۶/۵	۱۵/۲	۱۳/۱	۱۰/۷	۸/۸	۳۰
۷/۸	۹	۱۱/۲	۱۳/۶	۱۵/۶	۱۶/۸	۱۷	۱۶/۵	۱۵	۱۲/۸	۱۰/۲	۸/۳	۳۲
۷/۲	۸/۵	۱۰/۸	۱۳/۴	۱۵/۵	۱۶/۸	۱۷	۱۶/۵	۱۴/۸	۱۲/۴	۹/۸	۷/۹	۳۴
۶/۶	۸	۱۰/۶	۱۳/۱	۱۵/۴	۱۶/۷	۱۷/۱	۱۶/۴	۱۴/۷	۱۲/۱	۹/۴	۷/۴	۳۶
۶/۱	۷/۵	۱۰	۱۲/۸	۱۵/۳	۱۶/۷	۱۷/۲	۱۶/۴	۱۴/۵	۱۱/۸	۹	۶/۹	۳۸
۵/۷	۷	۹/۶	۱۲/۵	۱۵/۲	۱۶/۷	۱۷/۳	۱۶/۴	۱۴/۳	۱۱/۴	۸/۶	۶/۴	۴۰

۱-۶-۱-۳ روش اصلاح شده پنمن - فائو

در این روش برای محاسبه تبخیر و تعرق از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$ET_O = \frac{\Delta Q_n + \gamma Ea}{\Delta + \gamma} \quad (6-1)$$

$$\Delta = \frac{4098 e_{s_a}}{(T_a + 237/3)^2} \quad (7-1)$$

$$e_{s_a} = \exp\left(\frac{19/08 T_a + 429/4}{T_a + 273/3}\right) \quad (8-1)$$

$$\gamma = \frac{1615 Pa}{2/49(10)^6 - 2/13(10)^3 T_a} \quad (9-1)$$

$$P_a = 1013 - 1/1152 h + 5/44 \times 10^{-6} h^2 \quad (10-1)$$

$$E_a = (0/27 + 0/233 U)(e_{s_a} + e_a) \quad (11-1)$$

$$Q_n = 0/75 R_s - 2 \times 10^{-9} (T_a + 237/16)^4 (0/34 - 0/044 \sqrt{e_a}) \left(-0/35 + \frac{R_s}{R_a}\right) \quad (12-1)$$

$$e_s = e_{s_a} (RH/100) \quad (13-1)$$

Δ = شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به دما در نقطه T_a بر حسب میلی‌بار بر درجه سانتی‌گراد،

Q_n = تابش خالص بر حسب میلی‌متر بر روز،

γ = ضریب سایکرومتری بر حسب میلی‌بار بر درجه سانتی‌گراد،

E_a = ضریب آئرو‌دینامیک بر حسب میلی‌متر بر روز،

e_{s_a} = فشار بخار اشباع در دمای T_a بر حسب میلی‌بار،

e_a = فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی‌بار،

P_a = فشار هوا بر حسب میلی‌بار،

h = ارتفاع محل از سطح دریای آزاد بر حسب متر،

T_a = میانگین دمای هوا در روز، ماه و یا دوره‌های موردنظر بر حسب درجه سانتی‌گراد،

U = سرعت متوسط باد بر حسب متر بر ثانیه،

R_a = تابش برون زمینی که مقدار آن از جدول ۱-۱۰ استخراج می‌شود، و

RH = میانگین رطوبت نسبی (درصد) در ماه یا دوره موردنظر است.

رقم محاسبه شده ET_0 در ضریب اصلاحی C ضرب می‌شود. این ضریب در جدول ۱-۱۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱-۱-۱۱ - ضریب اصلاحی C برای استفاده از فرمول اصلاح شده پنمن [۲۵]

رطوبت نسبی												باد روزانه متر بر ثانیه
RH max = %۹۰				RH max = %۶۰				RH max = %۳۰				
تشعشع (میلی متر بر روز)				تشعشع (میلی متر بر روز)				تشعشع (میلی متر بر روز)				
۱۲	۹	۶	۳	۱۲	۹	۶	۳	۱۲	۹	۶	۳	
نسبت باد روز به شب = ۴												
۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۶	۰
۱/۳۲	۱/۲۷	۱/۱۰	۰/۹۹	۱/۱۹	۱/۱۱	۰/۹۲	۱	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۸۴	۰/۷۹	۳
۱/۳۳	۱/۲۶	۱/۱۰	۰/۹۴	۱/۱۹	۱/۱۱	۰/۸۵	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۷۷	۰/۶۸	۶
۱/۲۷	۱/۱۶	۱/۰۱	۰/۸۸	۱/۱۴	۱/۰۲	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۵۵	۹
نسبت باد روز به شب = ۳												
۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۶	۰
۱/۲۸	۱/۱۸	۱/۰۴	۰/۹۴	۱/۱۲	۱/۰۶	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۷۶	۳
۱/۲۲	۱/۱۵	۱/۰۱	۰/۸۶	۱/۱۰	۱/۰۲	۰/۸۸	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۶۱	۶
۱/۱۸	۱/۰۶	۰/۹۲	۰/۷۸	۱/۰۵	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۸۲	۰/۷۲	۰/۵۶	۰/۴۶	۹
نسبت باد روز به شب = ۲												
۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۶	۰
۰/۱۴	۱/۱	۰/۹۸	۰/۸۹	۱/۰۵	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۶۹	۳
۱/۱۲	۱/۰۵	۰/۹۲	۰/۷۹	۱/۰۲	۰/۹۴	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۸۴	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۵۳	۶
۱/۰۶	۰/۹۶	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۴۸	۰/۳۷	۹
نسبت باد روز به شب = ۱												
۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۶	۰
۱/۰۵	۱/۰۱	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۷۱	۰/۶۴	۳
۱	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۷۲	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۶۸	۰/۵۳	۰/۴۳	۶
۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۸۷	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۲۷	۹

۱-۶-۴ تشتک تبخیر

تشتک تبخیر به دلیل استفاده فقط از یک متغیر اقلیمی در واقع حاوی آثار مرکب تشعشع، باد، دما و رطوبت نسبی بر روی تبخیر از یک سطح معین آب آزاد است، قابل توجه و در سطح وسیعی به کار برده شده است. لیکن کاربرد آن زمانی قابل توصیه است که ضمن به کاربردن تشتک‌هایی با اندازه‌های استاندارد (مانند تشتک کلاس A)، شرایط محیطی محل نصب آن مثل پوشش گیاهی اطراف تشتک، رنگ تشتک، استفاده از تور سیمی مناسب و غیره نیز استاندارد باشد، به علاوه ضریب تشتک نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۶-۵ روش پنمن - مانتیت فائو

در این روش از رابطه زیر برای محاسبه تبخیر و تعرق استفاده می‌شود:

$$ET_o = \frac{0/408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0/34U_2)} \quad (14-1)$$

ET_o = تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر بر روز،

R_n = تشعشع خالص در سطح گیاه (مگاژول بر متر مربع بر روز)،

G = شدت جریان گرمایی خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)،

T = متوسط دما بر حسب سانتی‌گراد،

U_2 = سرعت باد در ارتفاع دومتری بر حسب متر بر ثانیه،

$e_a - e_d$ = اختلاف فشار بخار بر حسب کیلوپاسکال،

γ = ثابت بخارسنجی بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد،

900 = فاکتور بازگشت، و

Δ = شیب منحنی فشار بخار بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد.

معادله پنمن - مانتیت به عنوان روش استاندارد برای برآورد میزان تبخیر و تعرق از گیاه مرجع توصیه شده است (گزارش

۱۹۹۶ کارشناسی فائو) و اعتبار آن در سطح جهان به اثبات رسیده است و در کلیه شرایط کاربرد دارد.

۱-۶-۲ ضریب گیاهی و روش محاسبه آن

ضریب گیاهی (KC) گیاههایی که توسط کیسوم دورنباس^۱ (۱۹۷۸) و پیوت و دورنباس^۲ (۱۹۷۸) محاسبه شده است برای استفاده مستقیم در فرمولهای هارگریوز و پنمن - ماتیت مناسب می‌باشد. ضرایب مذکور مجدداً توسط هارگریوز و سامانی بررسی (۱۹۹۰ و ۱۹۹۱) و مقادیر مناسب آن به نحوی که تهیه منحنی تغییر KC در طول دوره رشد گیاهی به چهار دوره تقسیم می‌شود، ارائه شده است. سازمان ترویج کشاورزی کالیفرنیا (۱۹۷۸) در دستورالعمل منتشره برای تعیین ضریب KC که در حال حاضر توسط طراحان سیستمهای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مراحل رشد را به چهار دوره تقسیم نموده است. کمیته آبیاری و زهکشی آمریکا (USICD) در دستورالعمل پیشنهادی خود برای محاسبه نیاز آبی گیاه، ضرایب گیاهی را در سه مرحله از رشد برای انواع گیاهان مشخص نموده است:

- مرحله اواسط فصل: از اتمام رشد سریع تا زمانی که تعرق گیاه در اثر مسن شدن روبه کاهش می‌رود (Kc2)،
- مرحله آخر فصل: از زمان کاهش تعرق تا توقف تعرق گیاه یا ریزش برگها (Kc3) مقادیر مربوط در جدول ۱-۱۲ درج شده است (نشریه فائو شماره ۲۴)،
- مرحله رشد سریع: از ظهور برگها تا وقتی که برگها به بیشترین اندازه خود می‌رسند (Kc1).

۱-۶-۳ ضریب فرکانس آبیاری

در آبیاری با دور کوتاه مقدار آب مصرفی گیاه نسبت به حالت عادی افزایش می‌یابد. برای این منظور تبخیر و تعرق گیاه در ضریب فرکانس آبیاری Kf نیز ضرب می‌شود جهت محاسبه ضریب فرکانس آبیاری از مقادیر جدول ۱-۱۳ استفاده می‌گردد.

1 - Kassom Doorenbos (1978)

2 - Pruitt , Doorenbos (1978)

جدول ۱-۱۲ - ضرایب گیاهی KC * [۲۵]

گیاه	KC ₁	KC ₂	KC ₃
یونجه	۰/۵۰	۱/۴۰-۱	۱/۳۵-۰/۹۱
آرتیشو	۱-۰/۹۰	۱/۰۵-۰/۹۵	۱-۰/۹۰
مارچوبه	۰/۲۵-۰/۳۰	۰/۹۵	۰/۲۵
موز	۰/۴۰-۰/۶۵	۱/۲۰-۱	۱/۱۵-۰/۷۵
جو	۰/۲۵-۰/۳۰	۱/۱۰-۱	۰/۲۰-۰/۱۰
لوبیای سبز	۰/۴۰-۰/۳۰	۱/۰۵-۰/۹۵	۰/۹۵-۰/۸۵
لوبیای خشک	۰/۴۰-۰/۳۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۳۰-۰/۲۵
لوبیای لیما	۰/۴۰-۰/۲۵	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۳۰-۰/۲۵
کلم	۰/۵۰-۰/۳۰	۱/۱۰-۰/۹۵	۰/۹۵-۰/۸۱
طالبی	۰/۴۰-۰/۱۵	۱/۱۰-۱	۰/۹۰-۰/۳۰
هویج	۰/۵۰-۰/۴۰	۱/۰۵	۰/۷۵
نخود	۰/۴۰-۰/۳۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۵۰
کرفس	۰/۳۵-۰/۲۵	۱/۱۵-۱	۱/۵۰-۰/۹۰
مرکبات	۰/۶۵	۰/۷۵-۰/۶۵	۰/۶۵
ذرت دانه‌ای - علوفه‌ای	۰/۵۰-۰/۲۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۶۰-۰/۳۵
ذرت شیرین	۰/۵۰-۰/۲۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۱/۱۰-۰/۹۵
پنبه	۰/۵۰-۰/۲۰	۱/۳۰-۱/۰۵	۰/۶۰-۰/۳۰
خیار	۰/۴۰-۰/۲۰	۱-۰/۹۰	۰/۸۰-۰/۷۰
باغات برگریز	۰/۵۰	۱/۲۰-۰/۸۵	۰/۸۵-۰/۵۰
باغات برگریز همراه با پوشش گیاهی	۰/۸۵-۰/۷۵	۱/۲۵-۱/۱۰	۱/۱۰-۰/۷۰
خیار	۰/۵۰-۰/۲۵	۱/۱۰-۰/۹۵	۰/۹۰-۰/۸۰
کتان	۰/۴۰-۰/۲۰	۱/۱۵-۱	۰/۲۵-۰/۲۰
انگور	۰/۵۰-۰/۳۰	۰/۸۵-۰/۷۴	۰/۴۵-۰/۲۰
بادام زمینی	۰/۵۰-۰/۳۰	۱-۰/۹۵	۰/۶۰-۰/۵۰
کیوی	۰/۳۰	۱-۱/۰۵	۱/۵
عدس	۰/۳۰-۰/۲۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۳۰-۰/۲۵
کاهو	۰/۳۰-۰/۲۰	۱/۰۵-۰/۷۵	۰/۴۵
ارزن	۰/۴۰-۰/۲۰	۱/۱۵-۱	۰/۳۰-۰/۲۵
جو دوسر	۰/۴۰-۰/۲۰	۱/۲۰-۱/۰۵	۰/۲۵-۰/۲۰
زیتون	۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۸۰
پیاز	۰/۶۰-۰/۴۰	۱/۱۰-۰/۹۵	۰/۸۵-۰/۷۵
پیاز (سبزیجات)	۰/۶۰-۰/۴۰	۱/۰۵-۰/۹۵	۱/۰۵-۰/۹۵
هدوانه	۰/۵۰-۰/۲۵	۱/۱۰-۱	۰/۷۰-۰/۲۰
گندم	۰/۴۰-۰/۲۰	۱/۲۵-۱/۰۵	۰/۳۰-۰/۲۰

* برای محاسبه ضریب گیاهی می‌توان از روش رسم منحنی براساس نشریه ۲۴-FAO (چاپ قبل از سال ۹۵) نیز استفاده نمود.

جدول ۱-۱۳- ضریب فرکانس آبیاری دوره اوج مصرف برای گیاهان مختلف دور
آبیاریهای (f) متفاوت (۴۲)

دور آبیاری (f) بر حسب روز **								درصد تعرق *	نوع گیاه
> ۱۰	۷	۶	۵	۴	۳	۲	≤ ۱		
---	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۰۹	۱,۱۵	۸۰	میوه‌ها و سبزیجات ***
۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۰۶	۱,۰۹	۹۰	گیاهان زراعی ****
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۲	۱۰۰	همه غلات دانه‌ریز ****
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۲	۱۰۰	علف بریده شده ****
۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۰۶	۱/۰۹	۹۰	مرتع

* درصد تعرق نسبت به گیاه یونجه در طی مرحله رشد کامل.

** با فرض دوره خشک شدن (DT)، ۳ روز برای خاک با بافت درشت، ۵ روز برای بافت متوسط و ۷ روز برای خاکهای ریزدانه.

*** با فرض مقادیر مرسوم ET_c (برای گیاهان با ریشه کم عمق) براساس فواصل آبیاری f، ۴ روز برای خاک درشت دانه، ۵ روز برای خاک با بافت متوسط و ۷ روز برای خاک ریزدانه.

**** با فرض مقادیر مرسوم ET_c برای گیاهان با ریشه عمیق براساس f، ۷ روز برای خاک درشت‌دانه، ۱۰ روز برای خاک با بافت متوسط و ۱۴ روز برای خاک ریزدانه

۱-۶-۴ تعرق گیاه

در روشهای آبیاری موضعی با توجه به آنکه تمام سطح زمین خیس نمی‌شود، تبخیر از سطح خاک به کمترین حد خود می‌رسد. در این شرایط مصرف آب گیاه بیشتر به تعرق از سطح برگهای گیاه مربوط می‌شود. برای محاسبه تعرق گیاهی^۱ از رابطه ۱-۱۵ استفاده می‌شود:

$$T_c = ET_c (P_s / 100)^{0.5} \quad (۱۵-۱)$$

T_c = تعرق گیاه (میلی‌متر بر روز)

ET_c = تبخیر و تعرق گیاه موردنظر (میلی‌متر بر روز)

P_s = درصد سایه‌انداز چتر گیاه^۲ (درصد سطح سایه شده توسط یک گیاه به سطحی که به یک گیاه اختصاص دارد)

۷-۱ بازده آبیاری در سیستمهای آبیاری تحت فشار

آب آبیاری از محل انحراف آب یا نقطه شروع شبکه تا محل مصرف که منطقه توسعه ریشهها می باشد با تلفاتی همراه است. این تلفات در مراحل مختلف انتقال، توزیع و کاربرد اتفاق می افتد و بر همین اساس بازده آبیاری نیز در هر یک از این مراحل به شرح زیر محاسبه می شود:

۱-۷-۱ بازده انتقال آب

بازده انتقال آب^۱ (E_c) در شبکه آبیاری عبارت است از نسبت مقدار آبی که به مجموعه واحدهای مزارع تحویل شده به کلی آبی که به شبکه آبیاری وارده شده است. راندمان انتقال از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$E_c = \frac{V_d}{V_c} \times 100 \quad (۱۶-۱)$$

E_c = بازده انتقال آب (درصد)

V_d = مقدار آبی که تحویل مجموعه واحدهای مزارع شده است (مترمکعب).

V_c = مقدار آبی که به شبکه آبیاری وارد شده است (مترمکعب).

۲-۷-۱ بازده توزیع آب

بازده توزیع آب^۲ (E_d) عبارت است از نسبت مقدار آبی که به قطعه زراعی تحویل شده است به مقدار آبی که تحویل واحد مزرعه شده است و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E_d = \frac{V_f}{V_d} \times 100 \quad (۱۷-۱)$$

E_d = بازده توزیع آب (درصد)

V_f = حجم آب تحویل شده به قطعه زراعی (مترمکعب)

V_d = حجم آب تحویل شده به واحد مزرعه (مترمکعب)

1 - Conveyance Efficiency

2 - Distribution Efficiency

۱-۷-۳ بازده کاربرد آب

بازده کاربرد آب^۱ (Ea) عبارت است از نسبت مقدار آبی که صرف تبخیر و تعرق و رشد گیاهی شده است به مقداری که تحویل قطعه آبیاری شده است. روش محاسبه بازده کاربرد آب در سیستمهای آبیاری تحت فشار به شرح زیر می‌باشد:

۱-۷-۳-۱ بازده کاربرد آب در آبیاری بارانی

در روشهای آبیاری بارانی تلفات آب در قطعه زراعی به‌طور عمده ناشی از نفوذ عمقی آب، عدم یکنواختی پخش آب در آبپاشها، تلفات ناشی از نشت آب از لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات داخل قطعه زراعی، تلفات پخش ذرات آب در اثر باد و تلفات ناشی از تبخیر قطره‌های آب قبل از رسیدن به سطح زمین می‌باشد. با توجه به این تلفات، بازده کاربرد آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Ea = DE_{pa} \times Re \times Oe \quad (1-7-3)$$

Ea = بازده کاربرد آب (درصد)،

DE_{pa} = بازده توزیع براساس کفایت آبیاری (درصد)،

Re = قسمت مؤثر آب پخش شده (اعشاری)، و

Oe = بازده توزیع آب در خطوط لوله داخل قطعه زراعی (اعشاری).

بازده توزیع^۲ براساس کفایت آبیاری در حقیقت نشان دهنده رابطه بین ضریب یکنواختی پخش^۳ (که نشان‌دهنده یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه می‌باشد) و میزان کفایت آبیاری^۴ (درصدی از سطح مزرعه که به اندازه نیاز خالص آبیاری و یا بیشتر از آن آب دریافت کرده است) می‌باشد. با توجه به همبستگی آماری بین این دو پارامتر بازده توزیع براساس کفایت آبیاری از جدول ۱-۱۴ قابل محاسبه می‌باشد. نکته قابل ذکر در این رابطه، انتخاب مقادیر مناسب کفایت آبیاری و ضریب یکنواختی می‌باشد.

اگرچه انتخاب این مقادیر بستگی به شرایط طرح و نظر طرح دارد ولی با توجه به تأثیر مستقیم آن در هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، براساس تجارب به دست آمده مقادیر جدول ۱-۱۵ برای انتخاب ضریب یکنواختی و کفایت آبیاری توصیه می‌شود.

1 - Application Efficiency
2 - Water distribution efficiency
3 - Uniformity coefficient
4 - Land area adequatly irrigation

جدول ۱-۱۴- مقادیر بازده توزیع براساس کفایت آبیاری (درصد) [۴۲]

۵۰	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵	۹۰	۹۵	کفایت آبیاری ضریب یکنواختی
۱۰۰	۹۸	۹۷	۹۶	۹۵	۹۴	۹۲	۹۰	۸۸	۹۴
۱۰۰	۹۷	۹۶	۹۵	۹۳	۹۲	۹۰	۸۷	۸۳	۹۲
۱۰۰	۹۷	۹۵	۹۳	۹۲	۸۹	۸۷	۸۴	۷۹	۹۰
۱۰۰	۹۶	۹۴	۹۲	۹۰	۸۷	۸۴	۸۱	۷۵	۸۸
۱۰۰	۹۶	۹۳	۹۱	۸۸	۸۵	۸۲	۷۷	۷۱	۸۶
۱۰۰	۹۵	۹۲	۸۹	۸۶	۸۳	۷۹	۷۴	۶۷	۸۴
۱۰۰	۹۴	۹۱	۸۸	۸۵	۸۱	۷۷	۷۱	۶۳	۸۲
۱۰۰	۹۴	۹۰	۸۷	۸۳	۷۹	۷۴	۶۸	۵۹	۸۰
۱۰۰	۹۳	۸۹	۸۶	۸۱	۷۷	۷۱	۶۵	۵۵	۷۸
۱۰۰	۹۲	۸۸	۸۴	۸۰	۷۵	۶۹	۶۱	۵۰	۷۶
۱۰۰	۹۲	۸۷	۸۳	۷۸	۷۳	۶۶	۵۸	۴۶	۷۴
۱۰۰	۹۱	۸۶	۸۲	۷۶	۷۰	۶۴	۵۵	۴۲	۷۲
۱۰۰	۹۰	۸۵	۸۰	۷۵	۶۸	۶۱	۵۲	۳۸	۷۰
۱۰۰	۹۰	۸۵	۷۹	۷۳	۶۶	۵۸	۴۹	۳۴	۶۸
۱۰۰	۸۹	۸۴	۷۸	۷۱	۶۴	۵۳	۴۵	۳۰	۶۶
۱۰۰	۸۶	۷۹	۷۱	۶۳	۵۴	۴۳	۲۹	۹	۵۶

جدول ۱-۱۵- مقادیر ضریب یکنواختی و کفایت آبیاری توصیه شده برای گیاهان مختلف [۴۲]

میزان کفایت آبیاری (درصد)	ضریب یکنواختی (درصد)	نوع گیاه
۷۵	۸۰	گیاهان زراعتی
۵۰	۷۰	درختان میوه
۹۰	۸۵	گیاهان با ارزش خاص

قسمت مؤثر پخش آب نشان‌دهنده آن بخشی از آب خارج شده از آبیاشها می‌باشد که پس از کسر تلفات ناشی از تبخیر و باد به سطح زمین می‌رسد و گیاه قادر به استفاده از آن می‌باشد. تلفات حاصل از باد و تبخیر در زمانی که سرعت باد کم و تراکم پوشش گیاهی زیاد باشد، بسیار کم می‌باشد. در شرایط معمولی ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشد ولی در شرایطی که باد شدید باشد میزان تلفات به مراتب بیشتر خواهد شد. به طور کلی قسمت مؤثر پخش آب تابع تبخیر و تعرق، سرعت باد و درشتی اندازه ذرات آب می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Re = 0/976 + 0/005 \times ET_0^2 + 0/0012 \times WS - CI \times (0/00043 \times ET_0 + 0/00018 \times WS + 0/000016 \times ET_0 \times WS) \quad (19-1)$$

Re = آب (میلی‌متر بر روز)،

WS = سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)، و

CI = شاخص اندازه ذرات. قسمت مؤثر پخش آب (اعشاری)،

ET₀ = تبخیر و تعرق پتانسیل با شدت مصرف

شاخص اندازه ذرات که معرف میزان درشتی قطره‌های آب خارج شده از آبیاشها می‌باشد از رابطه ۱-۲۰ محاسبه می‌شود:

$$CI = 0/32 \times \frac{P^3}{B} \quad (20-1)$$

CI = شاخص اندازه ذرات،

P = فشار کارکرد آبیاشها (کیلو پاسکال)، و

B = قطر روزنه آبیاش (میلی‌متر).

مقدار CI محاسبه شده از رابطه فوق در صورتی که بین ۷ و ۱۷ باشد، به طور مستقیم در رابطه (۱۹-۱) استفاده می‌شود ولی در مواردی که کوچکتر از ۷ محاسبه شود معادل ۷ و در مواردی که بزرگتر از ۱۷ محاسبه شود معادل ۱۷ فرض شده و سپس در رابطه (۱۹-۱) جایگذاری می‌شود.

بازده توزیع آب در خطوط لوله داخل قطعه زراعی نیز نشان‌دهنده تلفات ناشی از نشت از لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات و یا تلفات ناشی از تخلیه بالهای آبیاری به هنگام جابه‌جایی و یا تلفات ناشی از بهره‌برداری نامناسب از بالهای آبیاری داخل قطعه آبیاری بوده و بین یک تا پنج درصد می‌باشد.

برای محاسبه تلفات ناشی از باد (LS) می‌توان از نمودار فراست در پیوست شماره ۱ شکل ۲ استفاده نمود. با داشتن تلفات ناشی از باد (LS)، قسمت مؤثر آب پخش شده Re برابر LS - ۱ خواهد بود. با توجه به توضیحات بالا بازده کاربرد آب مورد

انتظار در انواع روشهای آبیاری بارانی و با توجه به سایر عوامل مؤثر از قبیل سرعت باد، نوع اقلیم و ... در جدول ۱-۱۶ ارائه گردیده است.

۱-۷-۳ بازده کاربرد آب در آبیاری موضعی

در روش آبیاری موضعی تلفات آب به طور عمده ناشی از نفوذ عمقی آب، عدم یکنواختی پخش آب از خروجیها و تلفات جزئی به علت نشت از صافیها، لوله‌ها و شیرآلات می‌باشد. بر این اساس بازده کاربرد آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$E_a = E_u \times (1 / Tr) \quad (1-25)$$

E_a = بازده کاربرد آب (درصد)

E_u = بازده یکنواختی پخش (درصد)

Tr = نسبت انتقال (اعشار)

جدول ۱-۱۶- مقادیر بازده کاربرد در روش‌های مختلف آبیاری بارانی [۴۲]

بازده کاربرد (درصد)	نوع سیستم آبیاری بارانی و شرایط آب وهوایی
۸۵	سیستمهای متحرک و ساکن* با یکنواختی بالا در آب و هوای سرد یا مرطوب با باد کم
۸۰	بازده رایج برای سیستمهای متحرک در اغلب اقلیمها و بادها و سیستمهای ساکن با شدت پخش متوسط تا زیاد و یکنواختی خوب در اغلب اقلیمها و بادها
۷۵	بازده رایج برای سیستمهای ساکن متوسط در اغلب اقلیمها و بادها و برای سیستمهای متحرک در اقلیم بیابانی و باد زیاد
۷۰	سیستمهای ساکن با شدت پخش بالا در اقلیم بیابانی و باد زیاد یا میزان پخش کم در سایر اقلیمها و باد زیاد و سیستمهای بسیار
۶۵	سیستمهای ساکن با شدت پخش نسبتاً کم در اقلیمهای بیابانی با باد زیاد یا شدت پخش کم در اقلیمهای خیلی بیابانی و باد زیاد
۶۰	سیستمهای ساکن با شدت پخش کم و قطره‌های پاشش کوچک در اقلیمهای کمی بیابانی و باد متوسط تا زیاد آبپاشهای تفنگی و پیکانی

* فقط شامل سیستمهای با آبپاش کوچک می‌باشد.

بازده یکنواختی پخش گسیلنده‌ها در حقیقت نشان‌دهنده تفاوت در بده گسیلنده‌ها به دلیل وضعیت طراحی و شرایط ساخت گسیلنده می‌باشد. در مرحله طراحی به دلیل آنکه هنوز سیستم آبیاری شروع به کار نکرده است، نمی‌توان بازده یکنواختی پخش را محاسبه نمود ولی مشابه آبیاری بارانی با توجه به شرایط طرح و نظر طراح باید یک ضریب یکنواختی مناسب جهت طراحی سیستم آبیاری انتخاب شود و طراحی برای رسیدن به این هدف انجام پذیرد. براین اساس انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا در استاندارد ASAE-EP-405.1 با توجه به نوع روش آبیاری موضعی ارقام مناسب EU را توصیه نموده است که در جدول ۱-۱۷ ارائه گردیده است.

نسبت انتقال عبارت است از نسبت عمق آبی که برای تأمین تعرق به زمین داده می‌شود به مقدار آبی که در واقع به مصرف تعرق می‌رسد. این نسبت نشان دهنده مقداری آب اضافی است که برای جبران تلفات غیر قابل اجتناب صرف می‌شود و در حقیقت عکس بازده ذخیره آب می‌باشد. مقدار نسبت انتقال بستگی به بافت خاک، عمق توسعه ریشه و نوع گسیلنده داشته و از جدول ۱-۱۸ قابل تخمین می‌باشد.

جدول ۱-۱۷ - مقادیر ضریب یکنواختی توصیه شده توسط ASAE در انواع روشهای آبیاری موضعی [۴۲]

روش آبیاری موضعی	تعداد گسیلنده برای گیاه	وضعیت پستی و بلندی	ضریب یکنواختی (درصد)
پخش نقطه‌ای	> ۳	یکنواخت	۹۰-۹۵
	> ۳	پست و بلند	۸۵-۹۰
	< ۳	یکنواخت	۸۵-۹۰
	< ۳	پست و بلند	۸۰-۹۰
پاششی	-	یکنواخت	۹۰-۹۵
	-	پست و بلند	۸۵-۹۰
پخش خطی	-	یکنواخت	۸۰-۹۰
	-	پست و بلند	۷۰-۸۵

جدول ۱-۱۸ - مقادیر نسبت انتقال (Tr) در دوره بیشترین نیاز آبی در

خاکهای مختلف [۴۲]

ریز	متوسط	درشت	خیلی درشت	بافت خاک
				عمق توسعه ریشه
۱/۰	۱/۰۵	۱/۱	۱/۱	کم (کمتر از ۰/۸ متر)
۱/۰	۱/۰	۱/۰۵	۱/۱	متوسط (بین ۰/۸ تا ۱/۵ متر)
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰۵	زیاد (بزرگتر از ۱/۵ متر)

۱-۷-۴ بازده کل آبیاری یا بازده پروژه

بازده کل آبیاری برابر مجموع آب مصرف شده توسط گیاهان و مصارف غیر کشاورزی به مجموع آب دریافتی از مخزن یا محل انحراف آب بوده و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$E_p = E_a \times E_d \times E_c \times 100 \quad (۲۲-۱)$$

E_p = بازده کل آبیاری (درصد)،

E_a = بازده کاربرد آب (اعشاری)،

E_d = بازده توزیع آب (اعشاری)، و

E_c = بازده انتقال آب (اعشاری).

۱-۸-۱ نیاز آبتجویی در سیستمهای آبیاری تحت فشار

آب آبیاری کم و بیش حاوی نمکهای محلول است این نمکها ممکن است در نتیجه تبخیر و تعرق، در ناحیه ریشه گیاه تمرکز یافته و رشد آن را با دشواری مواجه سازد. در این صورت شستشوی خاک برای خارج کردن املاح مضر (آبتجویی املاح) ضرورت می‌یابد. این امر، به‌خصوص در آبیاری موضعی که میزان آب مصرفی کم است و در نتیجه حرکت آب و املاح محلول در آن به سوی عمق خاک صورت می‌گیرد، اهمیت دارد. در ارتباط با نیاز آبتجویی^۱ (LR) دو عامل اساسی باید مورد بررسی قرار گیرد:

- ضرورت انجام عمل آبتجویی

- میزان و روش آبتجویی

۱-۸-۱-۱ ضرورت آبتجویی

آبتجویی همیشه لازم نیست. در تعیین ضرورت آبتجویی باید به عوامل زیر توجه شود.

۱-۸-۱-۱-۱ میزان املاح محلول آب آبیاری

در اراضی کشاورزی، آب آبیاری عامل اصلی تغییرات میزان نمک در خاک است. بنابراین وجود املاح محلول بیش از اندازه در آب آبیاری ضرورت آبتجویی را مطرح می‌سازد.

۱-۱-۲ شرایط آب و هوایی

چگونگی حرکت آب و نمک محلول در نیمرخ خاک تحت شرایط مختلف آب و هوایی متفاوت است. در نواحی مرطوب به علت حرکت نسبتاً دایمی آب از سطح به عمق تمرکز نمک در لایه‌های سطحی خاک تقریباً هیچ‌گاه صورت نمی‌گیرد. به عکس، در نواحی خشک که میزان تبخیر بیش از میزان نفوذ آب است، احتمال تمرکز املاح محلول در لایه‌های سطحی بسیار زیاد است.

۱-۱-۳ نوع گیاه

تحمل گیاه از دو جنبه مقاومت به شوری و مقاومت نسبت به بعضی عناصر خاص مانند سدیم و کلر قابل بررسی می‌باشد:

۱-۱-۳-۱ تحمل گیاه در مقابل شوری

تحمل گیاهان مختلف نسبت به شوری متفاوت است. وجود میزان معینی از املاح محلول در خاک ممکن است، برای گیاهی قابل تحمل باشد و به عکس در نبات دیگر موجب کاهش شدید محصول گردد. تحمل یک گیاه نسبت به شوری در مراحل مختلف رشد آن نیز متفاوت است. بسیاری از گیاهان در مراحل اولیه رشد خود (به‌خصوص در مرحله جوانه‌زدن) به شوری حساسیت بیشتری دارند.

ارزیابی کمی مقاومت گیاه به شوری با استفاده از معیاری به نام آستانه شوری^۱ انجام می‌شود. آستانه شوری یک گیاه عبارتست از میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که بیش از آن، محصول کاهش پیدا خواهد کرد. میزان کاهش محصول نیز با استفاده از فرمول ۱-۲۳ محاسبه می‌شود:

$$Y = 100 - b(E_{ce} - a) \quad (۱-۲۳)$$

Y = درصد عملکرد محصول نسبت به توان تولید،

b = درصد کاهش محصول به ازای هر واحد شوری پس از آستانه شوری (یک بر دسی‌زیمنس بر متر)،

a = شوری عصاره اشباع در آستانه کاهش محصول (دسی‌زیمنس بر متر)، و

E_{ce} = شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر).

آستانه شوری و درصد کاهش محصول به ازای هر واحد شوری پس از آستانه کاهش برای گیاهان مختلف در جدول ۱-۱۹

نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۹- تحمل گیاهان زراعی به عنوان تابعی از هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک [۴۷]

نوع زراعت	a	b	طبقه‌بندی گیاه از نظر مقاومت به شوری
یونجه	۲	۷/۳	MS
بادام	۱/۵	۱۹	S
سیب	-	-	S
زردآلو	۱/۶	۲۴	S
جو (علوفه‌ای)	۶	۷/۱	MT
جو (دانه‌ای)	۸	۵	T
لوبیا	۱	۱۹	S
چغندر	۴	۹	MT
کلم	۱/۸	۹/۷	MS
هویج	۱	۱۴	S
شیدر	۱/۵	۱۲	MS
شیدر (برسیم)	۱/۵	۵/۷	MS
ذرت علوفه‌ای	۱/۸	۷/۴	MS
ذرت دانه‌ای	۱/۷	۱۲	MS
ذرت شیرین	۱/۷	۱۲	MS
پنبه	۷/۷	۵/۲	T
خیار	۲/۵	۱۳	MS
خرما	۴	۳/۶	T
کنان	۱/۷	۱۲/۰	MS
انگور	۱/۵	۹/۶	MS
گریپ فروت	۱/۸	۱۶/۰	S
لیمو	-	-	S
کاهو	۱/۳	۱۳/۰	MS
زیتون	-	-	MT
پیاز	۱/۲	۱۶/۰	S
پرتقال	۱/۷	۱۶/۰	S
هلو	۱/۷	۲۱/۰	S
بادام زمینی	۳/۲	۲۹/۰	MS
لفل	۱/۵	۱۴/۰	MS
آلو	۱/۵	۱۸/۰	S
سیب زمینی	۱/۷	۱۲/۰	MS
ترپچه	۱/۲	۱۳/۰	MS
سویا	۵/۰	۲۰/۰	MT
اسفناج	۲/۰	۷/۶	MS
توت فرنگی	۱/۰	۳۳/۰	S
چغندر قند	۷/۰	۵/۹	T
نیشکر	۱/۷	۵/۶	MS
گوجه فرنگی	۲/۵	۹/۹	MS
گندم	۶/۰	۷/۱	MT

MT = نسبتاً مقاوم

MS = نسبتاً حساس

T = مقاوم

S = حساس

۱-۱-۳-۲ تحمل گیاه به سدیم و کلر

زیر بین آنها بر قرار است: اثر نامطلوب املاح منحصر به شوری کلی خاک نیست، بلکه وجود سدیم و کلر نیز به نوبه خود اثر بازدارنده بر رشد گیاه دارد. میزان سدیم با معیار نسبت جذب سدیم (SAR)^۱ و یا میزان سدیم قابل تبادل (ESP)^۲ سنجیده می‌شود که رابطه

$$\text{Esp}/(100 - \text{Esp}) = 0.01475 \times \text{SAR} \quad (1-24)$$

Esp = سدیم قابل تبادل (درصد)

SAR = سدیم قابل جذب (درصد)

درجه تحمل گیاهان در برابر سدیم قابل تبادل (ESP) در جدول ۱-۲۰ نشان داده شده است. معادله ۱-۲۴ به صورت ترسیمی در نشریه FAO-29 ارائه شده است. حساسیت گیاهان در مقابل کلر کمتر است اما این حساسیت در مورد درختان میوه به خصوص وقتی به روش موضعی، آبیاری می‌شوند، حائز اهمیت است. براساس مطالعات برنشتاین، درجه تحمل گیاهان مختلف به خصوص درختان نسبت به کلر مطابق جدول ۱-۲۱ است. حساسیت گیاهان نسبت به برم با توجه به مسمومیتی که برای گیاه ایجاد می‌کند در جدول ۱-۲۲ ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که ارقام ارائه شده در جداول ۱-۲۰ تا ۱-۲۲ مربوط به زمانی است که آب به سطح برگ‌ها ریخته نشود. چون هنگامی که آب به سطح برگ‌ها ریخته می‌شود، جذب این عناصر به دلیل جذب از طریق سطح برگ‌ها سریع‌تر خواهد بود، لذا در این موارد باید غلظت مناسب این املاح در آب آبیاری از جدول ۱-۲۳ به دست آید.

۱-۱-۳-۲ میزان و روش آبخوبی

هدف از آبخوبی فراهم کردن محیط مناسب (عاری از املاح محلول مضر) برای فعالیت ریشه و رشد گیاه است. میزان آبخوبی یا میزان آب اضافی که همراه آب آبیاری به زمین داده می‌شود، باید به حدی باشد که شوری خاک و سدیم قابل تبادل را از محیط ریشه خارج سازد.

۱-۱-۳-۱ کنترل شوری

قسمتی از آب آبیاری مازاد برآب مورد نیاز مصرفی گیاه که برای شستشوی نمکهای اضافی به زمین داده می‌شود، نیاز آبخوبی است. برای آبیاری بارانی از رابطه (۱-۲۵) و برای آبیاری موضعی و بارانی با تواتر زیاد از رابطه (۱-۲۶) مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

1 - Sodium Absorption Ratio

2 - Exchangable Sodium

جدول ۱-۲۰- مقاومت نسبی بعضی از گیاهان به سدیم قابل تبادل [۲۱]

مقاوم ($ESP > ۴۰$) *	نیمه مقاوم ($۱۵ < ESP < ۴۰$)	حساس ($ESP < ۱۵$)
Alfalfa یونجه	Carrot هویج	Auocado آووکادو
Arley جو	Dover ladino شبدر	Beciduous fruits درختان میوه
Beet graden چغندر	Dallisgrass والیس گراس	Nuts خزان دار
Beet suger چغندر قند	Fescue tall فستوکا	Beagreen لوبیا سبز
Bermuda grass علف برمودا	Lettuce کاهو	Cotton پنبه
Otton پنبه	Bajara باجارا	Maize ذرت دانه‌ای
Paragrass پاراگراس	Sugracane نیشکر	Peas نخود فرنگی
Rhodes grass رودز گراس	Berseem برسیم	Grapefruit گریپ فروت
Wheatgrass cersted مرغ کاکل دار	Benji بنجی	Orange پرتقال
Wheatgrass fairway مرغ	Raya رایا	Peach هلو
Wheatgrass tall مرغ بلند قد	Out یولاف	Taugerine نارنگی
Kernal grass کرنل گرس	Onion پیاز	Mung مانگ
Spinach اسفناج	Radish تربچه	Mash ماش
Tomato گوجه فرنگی	Rice برنج	Lentil عدس
Vetch ماش	Rye چاودار	Groundnut بادام زمینی
Wheat گندم	Ryegrass چچم ایتالیایی	Gram نخود
	Sorghum سورگوم	Cowpeas لوبیا چشم بلبلی

* مقاومت در هر سطر از بالا به پایین کاهش می‌یابد، مقاومت لیست شده نسبی می‌باشد، چون اغلب تقابل فاکتورهای غذایی و شرایط مانع رشد در خاک قبل از رسیدن به این سطوح آغاز می‌شود. خاک با ESP بالای ۳۰ اغلب ساختمان فیزیکی بسیار ضعیفی برای تولید مناسب محصول دارد. مقاومتها در اغلب موارد بالا براساس ساختمان اولیه خاک تعیین شده‌اند.

جدول ۱-۲۱- مقاومت به کلر در بعضی از گونه‌ها و انواع درختان میوه* [۲۱]

محصول	ارقام و پیوندها	حداکثر CI مجاز بدون سوختگی برگها** (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	
		آب آبیاری (CIw)***	ناحیه ریشه (Cle)
آوکادو	West indian	۵/۰	۷/۵
	Guatemalan	۴/۰	۶/۰
	Mexican	۳/۳	۵/۰
مرکبات	Sunki mandarin Grapefruit Cleopatra mandarin Rnagpur lime	۱۶/۵	۲۵
	Sampson tangelo Rough lemon Sour orange Ponkan mandarin	۱۰/۰	۱۵/۰
	Citrumelo 4475 Trifoliate orange Cuban shaddock Colamondin Sweet orange Savage citrange Rusk citrange Troyer citrange	۶/۷	۱۰/۰
	Salt greek , ۱۶۱۳-۳	۲۷/۰	۴۰/۰
انگور	Dog ridge	۲۰/۰	۳۰/۰
	Marionna	۱۷/۰	۲۵/۰
	Lovell , shalil	۶/۷	۱۰/۰
درختان میوه‌هسته سخت	Yunnan	۵/۰	۷/۵
	Boysenberry	۶/۷	۱۰/۰
توت	Olallic black	۶/۷	۱۰/۰
	Induan summer Raspberry	۲/۳	۵/۰
انگور	Thompson seedleas	۱۳/۳	۲۰
	Perletts	۱۳/۳	۲۰
	Gradinal	۶/۷	۱۰/۰
	Black Rose	۶/۷	۱۰/۰
توت فرنگی	Lassen	۵/۰	۷/۵
	Shasta	۲/۰	۵/۰

* برای بعضی از محصولات، غلظتهای ارائه شده ممکن است بیشتر از مقاومت شوری گیاه باشد و باعث مقداری کاهش محصول می‌گردد. غلظتهای بیش از این مقادیر باعث سمیت در گیاه می‌شود.

** بیشترین غلظت مجاز فقط برای آبیاری سطحی استفاده می‌شود. در آبیاری بارانی ممکن است که با مقادیر کمتر از مقادیر فوق نیز برگ گیاهان دچار سوختگی شوند.

*** مقادیر داده شده برای بیشترین غلظت در آب آبیاری می‌باشد و برای مقادیری که از داده‌های عصاره اشباع (Ece) به دست می‌آیند، ۲۰-۱۵ درصد آبشویی و با توجه به $Ece=1.5 Ecw$ در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱-۲۲- مقاومت نسبی محصولات کشاورزی نسبت به برم* [۲۱]

نیمه حساس (میلی گرم بر لیتر ۰/۲-۱/۰)		خیلی حساس (میلی گرم بر لیتر ۰/۵ <)	
Pepper red	فلفل قرمز	Lemon	لیمو
Pea	نخود	Blackberry	شاهتوت
Raddish Carrot	هویج	حساس (میلی گرم بر لیتر 0.5-0.75)	
Potato	سیبزمینی	Avocado	آووکادو
Cucumber	خیار	Grapefruit	گریپ‌فروت
نیمه مقاوم (میلی گرم بر لیتر 2.0-4.0)		Orange	پرتقال
Lettuce	کاهو	Aprico	زردآلو
Cabbage	کلم پیچ	Peach	هلو
Celery	کرفس	Cherry	گیلاس
Turnip	شلغم	Plum	آلو
Bluegrass Kentucky	بلوگراس	Persimmon	خرمالو
Oats	یولاف	Fig Kacbta	انجیر
Maize	ذرت دانه‌ای	Grape	انگور
Artichoke	آرتیشو	Walnut	گردو
Tobacco	توتون	Pecan	پیکین
Mustard	خردل	Cowpea	لوبیا چشم بلبلی
Clover Sweet	شبدر	Onion	پیاز
Squash muskmelon	کدو مسمایی	حساس (میلی گرم بر لیتر 0.75-1.0)	
مقاوم (میلی گرم بر لیتر 4.0-6.0)		Garlic	سیر
Sorghum	سورگوم	Sweet	سیبزمینی شیرین
Tomato	گوجه‌فرنگی	potato	potato
Alfalfa	یونجه	Wheat	گندم
Vetch Purple	ماش	Barley	جو
Parsely	جعفری	Sun flower	آفتابگردان
Beet red	چغندرلبویی	Bean mung	ماش سیاه
Suger Beet	چغندر قند	Sesame	کنجد
خیلی مقاوم (میلی گرم بر لیتر 6.0-15.0)		Lupine	لوپین
Cotton	پنبه	Strawberry	توت‌فرنگی
Asparagus	مارچوبه	Artichoke jerusalem	آرتیشو
		Bean Kidney	لوبیا کیدنی
		Bean lima	لوبیا فرنگی
		Groundnut /peanut	بادام زمینی

* بیشترین غلظت در آب خاک بدون کاهش محصول یا رشد سبزینه‌ای می‌باشد. مقاومت نسبت به برم بستگی به اقلیم، شرایط خاک و گونه گیاهی دارد. بیشترین غلظت در آب آبیاری تقریباً معادل یا اندکی کمتر از این مقادیر می‌باشد.

جدول ۱-۲۳- صدمات ناشی از املاح آب آبیاری بر روی برگها در آبیاری بارانی * [۲۱]

غلظت سدیم و کلر که باعث صدمه دیدن برگها می شود ** (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)							
>۳۰		۱۰-۲۰		۵-۱۰		<۵	
Carliflower	گل کلم	Alfalfa	یونجه	Grape	انگور	Almond	بادام
Cotton	پنبه	Barley	جو	Pepper	فلفل	Apricot	زردآلو
Sugar beet	چغندر قند	Corn	ذرت	Potato	سیب‌زمینی	Citrus	مرکبات
Sunflower	آفتابگردان	Cucumber	خیار	Tomato	گوجه‌فرنگی	Plum	آلو
		Sergum	سورگوم	Sesame	کنجد	Safflower	گلرنگ

* حساسیتها بر مبنای تجمع مستقیم املاح بر روی برگها می‌باشد.

** جذب برگها و صدمه دیدن آنها متأثر از شرایط کشت و محیط از قبیل بادهای خشک، رطوبت نسبی پایین، سرعت چرخش آبشها، زمان و دوره آبیاری می‌باشد. اطلاعات ارائه گردیده فقط یک راهنمای کلی بوده و برای شرایط آبیاری در روزهای انتهایی بهار و تابستان می‌باشند.

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} \quad (۲۵-۱)$$

$$LR = \frac{EC_w}{2EC_e(\max)} \quad (۲۶-۱)$$

LR = نیاز آبیاری (اعشاری)،

EC_w = هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)،

EC_e = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که برای گیاه قابل تحمل است (دسی زیمنس بر متر)، و

$EC_e(\max)$ = بیشترین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که برای گیاه قابل تحمل است (دسی زیمنس بر متر).

در رابطه ۱-۲۵ انتخاب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، باید با توجه به عملکرد مورد انتظار گیاه و از رابطه ۱-۲۳

انتخاب گردد. در این رابطه عملکرد گیاه با توجه به مسائل مدیریتی انتخاب می‌گردد، ولی به عنوان یک توصیه کلی در شرایط

معمولی، میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع باید متناسب با عملکرد نسبی ۹۰ درصد به بالا ($Y > 90\%$) انتخاب گردد. در

رابطه ۱-۲۶ نیز حداکثر هدایت الکتریکی عصاره اشباع به مفهوم عملکرد نسبی صفر درصد گیاه در رابطه ۱-۲۳ می‌باشد.

۱-۲-۱-۲ کنترل سدیم

کنترل سدیم در خاک از آن جهت دارای اهمیت می‌باشد که افزایش غلظت آن به خصوص از نظر تعادل با سایر کاتیونها و آنیونها قابل تبادل خاک باعث تخریب ساختمان خاک و در نتیجه کاهش نفوذپذیری خاک می‌گردد. برای کنترل میزان تأثیر سدیم بر روی خاک از معیاری به نام سدیم قابل جذب تنظیم شده (adj Rna) استفاده می‌شود که از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\text{adj Rna} = \text{سدیم قابل جذب تنظیم شده}$$

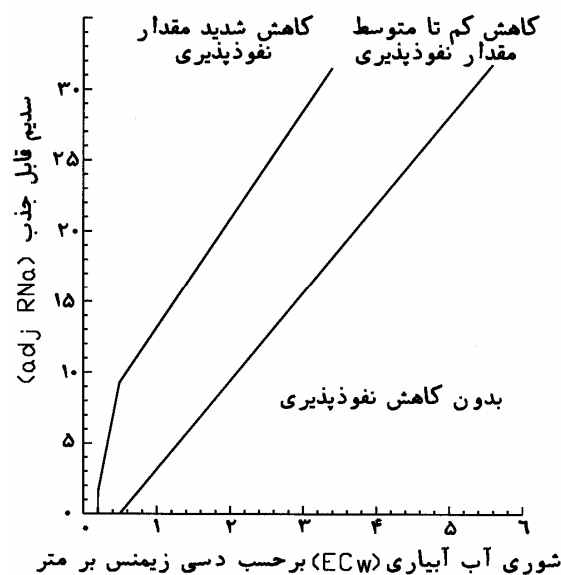
$$\text{Na} = \text{سدیم موجود در آب آبیاری (میلی اکی والان بر لیتر)}$$

$$\text{Ca}_x = \text{مقدار کلسیم اصلاح شده (میلی اکی والان بر لیتر)}$$

$$\text{Mg} = \text{منیزیم موجود در آب آبیاری (میلی اکی والان بر لیتر)}$$

مقدار کلسیم اصلاح شده با توجه به شوری آب آبیاری (ECW) و نسبت مقدار کربنات (میلی اکی والان بر لیتر) به کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر) از جدول ۱-۲۴ محاسبه می‌شود.

پس از محاسبه سدیم قابل جذب تنظیم شده (adj Rna) میزان خسارت آب آبیاری از لحاظ تأثیر بر روی نفوذ پذیری خاک از جدول ۱-۳ یا از شکل ۱-۱ قابل محاسبه می‌باشد. در صورتی که تأثیر سدیم بر روی نفوذپذیری خاک قابل ملاحظه باشد، باید از منابع آب با کیفیت بهتر یا ترکیب منابع آب با کیفیت بهتر با آب مورد نظر استفاده نمود. در غیر این صورت باید پس از استفاده از این آب اقدامات اصلاحی فیزیکی یا شیمیایی مناسب را جهت جلوگیری از تخریب خاک انجام داد. برای این منظور می‌توان به نشریه FAO-29 منتشر شده در سال ۱۹۸۵ مراجعه نمود.



شکل ۱-۱- رابطه بین نفوذپذیری با شوری و سدیم قابل جذب آب

جدول ۱-۲۴- غلظت کلسیم مورد انتظار (Ca_x) در سطوح فوقانی خاک تحت آبیاری با توجه به نسبت HCO_3 / Ca و EC_W [۲۱] *, **

شوری آب آبیاری (EC_W) بر حسب دسی زیمنس بر متر												HCO_3
۸/۰	۶/۰	۴/۰	۳/۰	۲/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۱	
۱۹/۹۴	۱۹/۰۷	۱۷/۹۷	۱۷/۲۸	۱۶/۴۳	۱۵/۹۱	۱۵/۲۶	۱۴/۷۹	۱۴/۴۰	۱۳/۹۱	۱۳/۶۱	۱۳/۲۰	۰/۰۵
۱۲/۵۶	۱۲/۰۱	۱۱/۳۲	۱۰/۸۹	۱۰/۳۵	۱۰/۰۲	۹/۶۲	۹/۳۱	۹/۰۷	۸/۷۷	۸/۵۷	۸/۳۱	۰/۱
۹/۵۸	۹/۱۷	۸/۶۴	۸/۳۱	۷/۹۰	۷/۶۵	۷/۳۴	۷/۱۱	۶/۹۲	۶/۶۹	۶/۵۴	۶/۳۴	۰/۱۵
۷/۹۱	۷/۵۷	۷/۱۳	۶/۸۶	۶/۵۲	۶/۳۱	۶/۰۶	۵/۸۷	۵/۷۱	۵/۵۲	۵/۴۰	۵/۲۴	۰/۲
۶/۸۲	۶/۳۲	۶/۱۵	۵/۹۱	۵/۶۲	۵/۴۴	۵/۲۲	۵/۰۶	۴/۹۲	۴/۷۶	۴/۶۵	۴/۵۱	۰/۲۵
۶/۰۴	۵/۷۷	۵/۴۴	۵/۲۴	۴/۹۸	۴/۸۲	۴/۶۲	۴/۴۸	۴/۳۶	۴/۲۱	۴/۱۲	۴/۰	۰/۳
۵/۴۵	۵/۲۱	۴/۹۱	۴/۷۲	۴/۴۹	۴/۳۵	۴/۱۷	۴/۰۴	۳/۹۴	۳/۸۰	۳/۷۲	۳/۶۱	۰/۳۵
۴/۹۸	۴/۷۷	۴/۴۹	۴/۳۲	۴/۱۱	۳/۹۸	۳/۸۲	۳/۷۰	۳/۶۰	۳/۴۸	۳/۴۰	۳/۳۰	۰/۴
۴/۶۱	۴/۴۱	۴/۱۵	۴/۰	۳/۸۰	۳/۶۸	۳/۵۳	۳/۴۲	۳/۳۳	۳/۲۲	۳/۱۴	۳/۰۵	۰/۴۵
۴/۳۰	۴/۱۱	۳/۸۷	۳/۷۲	۳/۵۴	۳/۴۳	۳/۲۹	۳/۱۹	۳/۱۰	۳/۰	۲/۹۳	۲/۸۴	۰/۵
۳/۲۸	۳/۱۴	۲/۹۵	۲/۸۴	۲/۷۰	۲/۶۲	۲/۵۱	۲/۴۳	۲/۳۷	۲/۲۹	۲/۲۴	۲/۱۷	۰/۷۵
۲/۷۱	۲/۵۹	۲/۴۴	۲/۳۵	۲/۲۳	۲/۱۶	۲/۰۹	۲/۰۱	۱/۹۶	۱/۸۹	۱/۸۵	۱/۷۹	۱/۰
۲/۳۳	۲/۲۳	۲/۱۰	۲/۰۲	۱/۹۲	۱/۸۶	۱/۷۸	۱/۷۳	۱/۶۸	۱/۶۳	۱/۵۹	۱/۵۴	۱/۲۵
۲/۰۷	۱/۹۷	۱/۸۶	۱/۷۹	۱/۷۰	۱/۶۵	۱/۵۸	۱/۵۳	۱/۴۹	۱/۴۴	۱/۴۱	۱/۳۷	۱/۵
۱/۸۶	۱/۷۸	۱/۶۸	۱/۶۲	۱/۵۴	۱/۴۹	۱/۴۳	۱/۳۸	۱/۳۵	۱/۳۰	۱/۲۷	۱/۲۳	۱/۷۵
۱/۷۰	۱/۶۳	۱/۵۴	۱/۴۸	۱/۴۰	۱/۳۶	۱/۳۱	۱/۲۶	۱/۲۳	۱/۱۹	۱/۱۶	۱/۱۳	۲/۰
۱/۵۸	۱/۵۱	۱/۴۲	۱/۳۷	۱/۳۰	۱/۲۶	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۰	۱/۰۸	۱/۰۴	۲/۲۵
۱/۴۷	۱/۴۰	۱/۳۲	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۲	۱/۰	۰/۹۷	۲/۵
۱/۳۰	۱/۲۴	۱/۱۷	۱/۱۳	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۵	۳/۰
۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۰۲	۰/۹۷	۰/۹۴	۹/۰	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸	۰/۷۸	۳/۵
۱/۰۷	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۸	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۷۱	۴/۰
۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۶	۴/۵
۰/۹۳	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۵/۰
۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵	۰/۴۹	۷/۰
۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴	۰/۳۹	۱۰/۰
۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴	۲۰/۰
۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۸	۳۰/۰

* فرض شده است که منبع کلسیم خاک از آهک ($CaCO_3$) یا سیلیکاتها باشد، رسوبگذاری منیزیم وجود نداشته باشد و فشار جزئی CO_2 در نزدیکی سطح خاک (P_{CO_2}) برابر 0.0007 اتمسفر باشد
 ** Ca_x ، HCO_3 و Ca بر حسب اکی والان بر لیتر و EC_W بر حسب دسی زیمنس بر متر می باشد.

۹-۱ اندازه‌گیری آب در لوله‌های تحت فشار

به منظور اعمال مدیریت مؤثر بر روی آب استحصال شده و همچنین آبیاری صحیح، لازم است که آب تحویلی قابل اندازه‌گیری باشد. روشهای قابل استفاده در سیستم تحت فشار به منظور اندازه‌گیری آب در قسمتهای مختلف سیستم به شرح ذیل توصیه می‌گردند:

۱-۹-۱ لوله و انتوری

لوله و انتوری^۱ از یک لوله تشکیل یافته که در جلوی آن قطر به تدریج کم می‌شود و هنگام جریان آب در قسمت گلوبی سرعت آن زیاد و فشار کم می‌گردد که بر همین اساس بده آب در لوله اندازه‌گیری می‌گردد.

$$Q = C_d \left[\frac{A_2}{\sqrt{1 - (A_2 / A_1)^2}} \sqrt{2g\Delta h} \right] \quad (28-1)$$

$Q =$ بده جریان (متر مکعب بر ثانیه)،

$C_d =$ ضریب جریان (از ۰/۸۷ تا ۰/۹۹ متغیر است و بستگی به عدد رینولدز و اندازه لوله دارد)،

$\gamma =$ وزن مخصوص آب (نیوتن بر مترمکعب)،

$g =$ شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)،

$A_1 =$ مساحت لوله نرمال (مترمربع)،

$A_2 =$ مساحت لوله در محل گلوبی (مترمربع)، و

$\Delta h =$ اختلاف ارتفاع هیدرولیکی در قبل و بعد از لوله و انتوری (متر).

۲-۹-۱ روزنه‌های صفحه‌ای

این روزنه‌های صفحه‌ای^۲ از صفحه ضخیمی که در میان آن سوراخی تعبیه شده تشکیل یافته و در سیستم تحت فشار یکی از وسایل اندازه‌گیری بده جریان می‌باشد که در داخل لوله نصب می‌شود.

$$Q = C_d \times A_o \sqrt{2g\Delta h} \quad (29-1)$$

$Q =$ بده جریان (مترمکعب بر ثانیه)،

1 - Venturi Tube

2 - Orifice Plate

$Cd =$ ضریب جریان (از $0/60$ تا $0/95$ متغیر است که بستگی به عدد رینولدز و نسبت قطر روزنه به قطر لوله دارد)،
 $A_0 =$ سطح روزنه (مترمربع)،
 $\Delta h =$ اختلاف ارتفاع هیدرولیکی در بعد و قبل از روزنه (متر)، و
 $g =$ شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه).

۱-۹-۳ جریان سنج‌های زانویی

جریان سنج زانویی^۱ وسیله دیگری است که با استفاده از اصل ضربه اندازه حرکت، میزان سرعت جریان در لوله را اندازه‌گیری می‌نماید. راستای سرعت در لوله زانویی متناسب با اختلاف فشار آب بین دیواره خارجی و داخلی تغییر می‌کند و یک نیروی ضربه‌ای تولید می‌نماید که در انحناء رو به خارج زانویی وارد می‌شود. با اندازه‌گیری تفاوت فشار بین انحناء رو به خارج و انحناء رو به داخل زانویی می‌توان تأثیر نیروی ضربه‌ای را سنجید و سپس جریان را محاسبه نمود. برای این منظور می‌توان از همان رابطه (۱-۲۹) استفاده نمود با این تفاوت که بجای A_0 سطح مقطع لوله در محل زانویی قرار می‌گیرد. همچنین ضریب C معادل $0/56$ تا $0/88$ منظور می‌گردد.

۱-۹-۴ جریان سنج مکانیکی دوار^۲

این دستگاه متداول‌ترین وسیله اندازه‌گیری آب بوده و بر اساس چرخش پروانه‌ای که در داخل محفظه‌ای قرار دارد و با جریان آب به دوران درمی‌آید، میزان بده را نشان می‌دهد (کنترور).

۱-۹-۵ لوله پیتو

لوله پیتو^۳ از دو لوله هم محور که یکی در داخل دیگری قرار گرفته، تشکیل یافته است. با قرار دادن لوله پیتو در مسیر جریان و با توجه به اختلاف فشار لوله داخلی و خارجی می‌توان سرعت و در نهایت بده را تعیین نمود.

$$V = CK\sqrt{h} \quad (30-1)$$

$V =$ سرعت جریان (متر بر ثانیه)

$C =$ ضریب جریان

$h =$ اختلاف ارتفاع نظیر فشار بین لوله داخلی و خارجی (سانتی‌متر)

$K =$ ضریب ثابت

1 - Elbow Meters
 2 - Current Meter
 3 - Pitot Tube

مقدار K در صورتی که V بر حسب متر بر ثانیه و h بر حسب سانتی متر باشد، برابر 0.443 خواهد بود. پس از محاسبه سرعت مقدار بده با استفاده از سطح مقطع لوله از رابطه کلی $Q = VA$ محاسبه می گردد.

۱-۹-۶ جریان سنج کولین

برای استفاده از جریان سنج کولین^۱ لازم است که در روی لوله و در ۲ نقطه قرینه هم، ۲ سوراخ تعبیه گردیده و روی آن درپوش گذاشته شود و در زمان اندازه گیری، لوله کولین داخل لوله نصب گردد. برای اندازه گیری با جریان سنج کولین سرعت آب در چندین نقطه اندازه گیری می شود و متوسط آن در محاسبات استفاده می شود.

۱-۹-۷ جریان سنج مغناطیسی

جریان سنج مغناطیسی^۲ از یک لوله غیر فلزی دو سر فلنج تشکیل شده که در دو طرف داخلی آن دو سیم پیچ نصب گردیده است که با عبور جریان الکتریسیته از داخل آن یک میدان مغناطیسی در اطراف لوله ایجاد می گردد. اساس کار این دستگاه استفاده از اصل القاء مغناطیسی (فاراده) می باشد، بدین صورت که با عبور آب از این میدان مغناطیسی یک میدان الکتریکی عمود بر صفحه بردار جریان آب و میدان مغناطیسی ایجاد می شود. قدرت این میدان الکتریکی متناسب با سرعت سیال است و با یک مبدل که در قسمت فوقانی دستگاه نصب می شود، آشکار گردیده و به سیگنال مناسب برای اندازه گیری جریان آب تبدیل می شود.

۱-۹-۸ جریان سنج القایی

جریان سنج القایی^۳ بر روی لوله نصب شده و فقط سنسور آن داخل لوله وارد می شود. سنسور این دستگاه از یک روتور تشکیل گردیده که دارای شش پره می باشد و با عبور جریان آب به چرخش در می آید. با چرخش روتور میدان مغناطیسی واقع در نوک هر پره تغییر کرده و پالسی بر روی یک قطعه حساس الکترونیکی ایجاد می کند. تعداد پالسهای ایجاد شده متناسب است با سرعت سیال در نقطه اندازه گیری. از آن جا که سرعت سیال در تمام مقطع لوله یکسان نمی باشد، بهتر است پره های سنسور دستگاه در یک هشتم قطر داخلی دستگاه قرار گیرد تا خطای دستگاه به کمترین مقدار ممکن برسد.

۱-۹-۹ جریان سنج صوتی^۴

این دستگاه در روی سطح خارجی لوله ها نصب می شود و با استفاده از پدیده دوپلر و اندازه گیری مدت زمان رفت و برگشت امواج صوتی در مسیر حرکت سیال درون لوله، مقدار جریان را اندازه گیری می کند. اساس کار دستگاه بدین صورت می باشد که دو عدد سنسور (فرستنده - گیرنده) امواج ما فوق صوت در خارج لوله و در مقابل یکدیگر (بازاویه مناسب نسبت به راستای لوله)

1 - Collin Flow Meter
2 - Electromagnetic Flowmeter
3 - Inductive Flowmeter
4 - Ultrasonic

نصب می‌گردد. از هریک از این سنسورها، سیگنالی به طور هم‌زمان به سمت سنسور دیگر ارسال می‌گردد و اختلاف زمان دریافت سیگنالها توسط یک تایمر بسیار حساس اندازه‌گیری می‌شود. این زمان طبق رابطه ای متناسب است با سرعت سیال. علیرغم حساسیت بسیار زیاد این دستگاه به جنس سیال و شرایط فیزیکی محیط، جریان سنج صوتی به دلیل ارزان بودن، عدم نیاز به قطع لوله، سادگی تنظیم و عدم نیاز به سرویس و نگهداری از رایج ترین روشهای اندازه‌گیری جریان می‌باشد. جریان سنج‌های صوتی قادرند سرعت جریان تا ۱۰ متر بر ثانیه را در لوله‌هایی به قطر ۶ میلی‌متر تا ۱۰ متر اندازه‌گیری کنند.

۱-۱۰ لوله‌ها و شیرآلات مورد استفاده در آبیاری تحت فشار (تولید داخل کشور)

استفاده از لوله‌ها در آبیاری تحت فشار به منظور انتقال و توزیع آب امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. از مهم‌ترین مسائل طراحی، انتخاب اقتصادی نوع و قطر لوله‌های مورد نیاز می‌باشد. در انتخاب نوع لوله‌های آبیاری تحت فشار توجه به عوامل مؤثری که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است، ضرورت دارد:

- مشخصات هیدرولیکی،
- هزینه‌های تهیه، نگهداری و بهره‌برداری،
- امکان تولید آن در داخل کشور،
- سهولت حمل و نقل،
- سهولت و سرعت کارگذاری،
- مقاومت لوله در برابر بارهای خارجی و فشارهای داخلی،
- عمر مفید،
- مقاومت در برابر خوردگی جدار داخلی و خارجی،
- سازگاری با شرایط خاص پروژه، و
- سهولت در بهره‌برداری.

۱-۱۰-۱ انواع لوله‌ها

به‌طور کلی در پروژه‌های آبیاری از لوله‌های مختلف به شرح ذیل استفاده می‌شود:

۱-۱۰-۱-۱ لوله‌های فولادی

لوله‌های فولادی تا قطر ۳۰۰۰ میلی‌متر و طول ۶ تا ۱۲ متر برای فشارهای مختلف در داخل کشور تولید می‌شوند و اغلب در خطوط اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاومت بالا در مقابل نیروهای داخلی و خارجی، سهولت حمل و نقل، تحمل فشار بالا از جمله مزایا و مقاومت کم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی در تماس با خاک و نیاز به حفاظت داخلی و خارجی از جمله معایب آنها محسوب می‌شوند.

۱-۱۰-۱ لوله‌های بتنی

لوله‌های بتنی به صورت مسلح برای خطوط آبرسانی و انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. امکان ساخت برای فشار کارهای مختلف، تولید در داخل کشور، مقاومت در مقابل بارها و نیروهای داخلی و خارجی و خوردگی از جمله محاسن و سنگینی و شکنندگی آنها در حمل و نقل و عدم سهولت نصب از معایب آنها محسوب می‌شود.

۱-۱۰-۳ لوله‌های چدنی

لوله‌های چدنی به دو صورت معمولی و داکتیل تولید و در طرحهای آبرسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاومت مکانیکی و شیمیایی مناسب، آب‌بندی خوب اتصالات و تحمل بالای فشارهای داخلی و خارجی از جمله محاسن و هزینه بالای تولید، مقاومت متوسط در برابر خوردگی‌های خاک و مواد اسیدی از معایب آنها محسوب می‌شود.

۱-۱۰-۴ لوله‌های آزیست سیمان

این لوله‌ها از الیاف پنبه نسوز و سیمان در اقطار ۸۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر در داخل کشور تولید می‌شود و قادر به تحمل فشارهای مختلف می‌باشند. سبکی وزن، آب‌بندی خوب، مقاومت در مقابل خوردگی، عدم نیاز به حفاظت کاتدی از جمله محاسن و شکنندگی در موقع حمل و نصب، مقاومت کمتر در مقابل بارهای خارجی از معایب آنها محسوب می‌شود.

۱-۱۰-۵ لوله‌های پی‌وی‌سی

این لوله‌ها از جنس ترموپلاستیک بوده و برای فشارهای مختلف ساخته می‌شوند. سهولت حمل و نقل، سبکی، انعطاف‌پذیری، مقاومت در مقابل خوردگی از جمله محاسن و مقاومت کم در مقابل فشارهای خارجی، حساس بودن در مقابل حرارت و آتش‌سوزی و نور آفتاب از معایب این لوله‌ها محسوب می‌شود.

۱-۱۰-۶ لوله‌های پلی‌اتیلن

این لوله‌ها به صورت نرم، متوسط و سخت بوده و از قطر ۶ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر در داخل تولید می‌شوند و در آبرسانی و آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاومت در مقابل خوردگی و تغییرات درجه حرارت و فرسایش در قسمت داخل لوله، ضریب زبری کم، ساده بودن حمل و نصب، قابلیت انعطاف و هزینه کم از جمله محاسن و مشکلات اتصال به خصوص در مواقعی که جنس نامتجانس در آن به کار رفته باشد، سوراخ شدن در برخورد با موانع و اشیاء نوک تیز، حساس بودن در مقابل حرارت و آتش‌سوزی، غیرمقاوم بودن در مقابل نور آفتاب در درازمدت و مقاومت کم در مقابل بارهای خارجی و فشار داخلی از معایب این لوله‌ها محسوب می‌شود.

۱-۱-۱-۱ لوله‌های فایبرگلاس (جی‌آرپی)^۱

این لوله‌ها در قطرهای ۲۵۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر و طول ۶ و ۱۲ متر و فشار تا ۳۰ اتمسفر تولید می‌شوند. سبکی وزن، سهولت حمل و نقل، مقاومت در مقابل خوردگی داخلی و خارجی، عدم نیاز به پوشش، سهولت لوله‌گذاری، هزینه کم تعمیر و نگهداری از جمله محاسن و غیرمقاوم بودن در مقابل فشارهای خارجی، تولید محدود در داخل کشور، شکنندگی، شناور شدن آنها در مواقعی که سطح آب زیرزمینی بالادست، حساس بودن در مقابل حرارت و آتش‌سوزی از جمله معایب آنها محسوب می‌شود. شناخت خصوصیات هر یک از لوله‌های فوق نقش مهمی در انتخاب آنها برای هر پروژه دارد.

۱-۱-۱-۲ انواع شیرآلات

انواع شیرآلات مورد استفاده در آبیاری تحت فشار شامل شیرهای کنترل جریان، شیرهای کنترل فشار، شیرهای یکطرفه، شیرهای کنترل هوا، شیرهای تخلیه آب و غیره می‌باشد. مشخصات، نحوه انتخاب و محل استقرار شیرآلات در شبکه‌های آبیاری تحت فشار به شرح زیر می‌باشد.

۱-۱-۱-۳ شیرهای قطع و وصل جریان

شیرهای قطع و وصل جریان به شیرهایی گفته می‌شود که قادر به قطع و وصل کامل جریان یا تنظیم جریان می‌باشند. در شبکه‌های آبیاری تحت فشار، این شیرها به منظور جدا کردن قسمتی از شبکه و یا در ابتدای خط لوله و یا هر انشعاب و همچنین در طول خطوط لوله طویل به فواصل مناسب (یک تا پنج کیلومتر) نصب می‌شوند. مهم‌ترین شیرهایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند، شیرهای کشویی^۲، شیرهای پروانه‌ای^۳، شیرهای سوپاپی^۴، شیرهای مخروطی^۵، شیرهای گویی^۶ و شیرهای توپی می‌باشد.

شیرهای کشویی و پروانه‌ای از رایج‌ترین انواع شیرهای قطع و وصل جریان می‌باشند که به‌طور عمده به دلیل نوع خاص طراحی آنها بهتر است فقط جهت قطع و وصل کامل جریان مورد استفاده قرار گیرند. چون در غیراین صورت دچار فرسودگی شدید می‌شوند. این شیرها در حالت کاملاً باز دارای افت اصطکاکی کمی می‌باشند (ضریب افت ۰/۱ تا ۰/۶) و نمی‌توان از این شیرها در جهت کنترل فشار نیز استفاده کرد.

شیرهای کشویی در اندازه‌های بزرگ بسیار حجیم بوده و برای باز و بسته کردن آنها نیاز به نیروی زیاد می‌باشد. لذا در این مواقع استفاده از شیرهای پروانه‌ای که حجم کمتری را اشغال می‌کند. ارجح می‌باشد.

1 - Glass Reinforced Plastic
 2 - Gate Valves
 3 - Butterfly Valves
 4 - Globe Valves
 5 - Cone Valves
 6 - Ball Valves

شیرهای سوپاپی قادر به تنظیم جریان و یا قطع و وصل کامل جریان می‌باشند ولی بعلاوه نوع خاص طراحی آن فرسودگی آن شدیدتر از انواع دیگر می‌باشد. این شیرها دارای افت اصطکاکی زیادی می‌باشد و می‌توان از آنها جهت کاهش فشار نیز استفاده نمود (ضریب افت ۴ تا ۶ در حالت کاملاً باز).

شیرهای مخروطی، گویی و توپی با یک حرکت ۹۰ درجه باز و بسته می‌شوند و بهتر است فقط جهت قطع و وصل کامل جریان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شیرها به‌طور عمده برای جداسازی قسمتی از تجهیزات شبکه نظیر مجاری تخلیه، تجهیزات ایستگاه تصفیه، فشارسنج و غیره از سایر قسمت‌های شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۱-۲ شیرهای کنترل فشار

این شیرها عموماً به منظور تنظیم فشار موجود در خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرهای کنترل فشار با توجه به روش تنظیم فشار به دو گروه شیرهای تخلیه فشار^۱ و شیرهای کاهشنده فشار (فشارشکن)^۲ تقسیم می‌شوند.

شیرهای تخلیه فشار عموماً از نوع شیرهای سوپاپی بوده و روش کار آنها بدین صورت می‌باشد که با افزایش فشار داخل خط لوله به میزان بیش از حد مجاز، شیر به‌صورت خودکار باز شده و با تخلیه آب به خارج از خط لوله از میزان فشار موجود در خطوط لوله می‌کاهد. بعد از کاسته شدن از فشار داخل خطوط لوله، دوباره شیر به‌صورت خودکار بسته می‌شود. این شیرها عموماً پس از ایستگاه پمپاژ و بعد از شیر یکطرفه به منظور تخلیه فشار اضافی ایستگاه پمپاژ و همچنین در نقاط کم ارتفاع پروفیل طولی خطوط لوله و انتهای خطوط لوله که احتمال بروز فشار اضافی خصوصاً به دلیل ضربه قوچ وجود دارد و به‌علاوه در انتهای سیفون معکوس و یا قسمتهایی از خطوط لوله که لوله در مواقع تخلیه به‌صورت کامل تخلیه نمی‌شود و در مواقع آبیاری مجدد احتمال افزایش فشار به دلیل تجمع هوا وجود دارد، نصب می‌شود. در هنگام انتخاب این شیرها، باید دقت شود که حساسیت شیر انتخاب شده متناسب با فشار کاری خطوط لوله باشد و از لحاظ اندازه نیز بزرگتر و یا کوچکتر از اندازه لازم نباشد، چون ممکن است که سرعت باز و بسته شدن شیر زیاد و کمتر از حد مورد انتظار باشد و خود باعث بروز مشکلاتی در خطوط لوله گردد.

شیرهای فشارشکن نوع دیگری از شیرهای تنظیم فشار می‌باشند که با ایجاد افت فشار در مسیر جریان آب از میزان فشار خطوط لوله می‌کاهند. این شیرها در واقع نوع به‌خصوصی از شیرهای سوپاپی می‌باشند که توسط مکانیسم تعریف شده‌ای میزان بازشدگی آنها تنظیم می‌شود. از لحاظ مکانیسم تنظیم فشار این شیرها به دو نوع شیرهای خودکار^۳ و شیرهای پایلوت‌دار^۴ تقسیم می‌شوند. شیرهای فشارشکن نوع اول برای کنترل دامنه کمی از فشار و شیرهای فشارشکن نوع دوم برای کنترل دامنه وسیعی از فشار کاربرد دارند.

در هنگام انتخاب شیرهای فشارشکن مشابه شیرهای تخلیه فشار باید به دامنه مجاز بهره‌برداری از آنها که توسط کارخانه سازنده مشخص شده است توجه نمود، همچنین قطر شیر انتخاب شده نیز باید متناسب خطوط لوله باشد.

1 - Pressure Relief Valves
2 - Pressuer Reducing Valves
3 - Self - Operated Pressure
4 - Pilot - Operated Perssure

۱-۱-۲-۳ شیرهای یکطرفه

این نوع شیرها اساساً جهت جلوگیری از جریان معکوس آب در خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشکل خاص این نوع شیرها، امکان جریان آب از یک جهت را فراهم می‌کند و به محض تغییر جهت جریان آب، بلافاصله شیر بسته شده و باعث قطع جریان می‌گردد.

شیرهای یکطرفه^۱ به‌طور کلی بیشتر پس از ایستگاه پمپاژ قرار گرفته و پس از خاموش شدن پمپ از ایجاد فشار معکوس بر روی پمپ و همچنین تخلیه لوله‌ها به طرف ایستگاه پمپاژ جلوگیری می‌کند. همچنین در لوله مکش پمپ نیز از این نوع شیرها استفاده می‌شود تا در هنگام خاموش شدن پمپ از تخلیه لوله مکش جلوگیری کند.

از شیرهای یکطرفه به منظور کوتاه کردن طول مسیر حرکت موج ناشی از ضربه قوچ نیز استفاده می‌شود و به‌طور کلی هر جا که احتمال وارد شدن خسارت به تأسیسات مرتبط با شبکه در اثر فشار معکوس یا ضربه قوچ وجود دارد از این نوع شیرها استفاده می‌شود.

متداول‌ترین انواع شیرهای یکطرفه عبارتند از: شیرهای یکطرفه نوع لولایی^۲ که با ایجاد جریان بلافاصله باز شده و با قطع جریان بلافاصله بسته می‌شوند، شیرهای یکطرفه نوع بالارونده^۳ که شبیه شیرهای سوپاپی بوده و بیشتر برای فشارهای بالای ۷۰ اتمسفر مورد استفاده قرار می‌گیرند، شیرهای پایاب^۴ که مخصوص لوله مکش پمپها می‌باشد و از تخلیه لوله مکش جلوگیری می‌کنند و شیرهای یکطرفه فنرداری^۵ که باز شدن آن منوط به ایجاد فشار لازم در بالادست جریان می‌باشد. این نوع شیرهای یکطرفه پس از قطع جریان به سرعت بسته می‌شوند.

در انتخاب شیرهای یکطرفه دو معیار مدنظر قرار می‌گیرد: یکی ضریب افت شیر مناسب و قابل قبول باشد و دوم در هنگام بسته شدن جریان گذرا ایجاد نکند. ضریب افت در شیرهای یکطرفه نوع لولایی کمتر از سایر شیرها می‌باشد. جریان گذرا نیز متناسب با سرعت جریان برگشتی در هنگام بسته شدن شیر می‌باشد. هرچه این سرعت بیشتر باشد باید از شیرهایی که عکس‌العمل سریع‌تری دارند استفاده شود.

۱-۱-۲-۴ شیرهای کنترل هوا

به‌طور کلی شیرهای کنترل هوا^۶ به منظور تخلیه هوای موجود در خطوط لوله و یا ورود هوا به داخل خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرند. خطوط لوله در انتهای فصل آبیاری از آب تخلیه می‌شوند. جهت آبیاری مجدد این لوله‌ها در ابتدای فصل آبیاری بعدی لازم است که هوای موجود در خطوط لوله تخلیه شود. همچنین هوای محلول در آب ممکن است در اثر تغییر فشار یا سرعت آب از محلول آب خارج گشته و در نقاط مرتفع تجمع نماید و باعث انسداد لوله‌ها شود. علاوه بر این در خطوط لوله

1 - Check Valves

2 - Swing Check Valves

3 - Lift-Type Check Valves

4 - Foot Valves

5 - Spring - Loaded Check Valves

6 - Air Valves

ممکن است خلاء و یا جدایی ستون آب در هنگام تخلیه خطوط لوله و یا به علت عملکرد هیدرولیکی نامناسب خطوط لوله ایجاد گردد. در این مواقع نیز شیرهای کنترل هوا از خسارتهای احتمالی جلوگیری می‌کنند.

شیرهای کنترل هوا به سه دسته تقسیم می‌شوند:

– شیر هوای روزنه کوچک^۱ که به علت کوچکی روزنه آن فقط قادر به تخلیه حجم کمی از هوای داخل خطوط لوله می‌باشد.

– شیر هوای روزنه بزرگ^۲: که به علت بزرگی روزنه آن قادر به تخلیه و یا ورود حجم زیادی از هوا به داخل یا خارج لوله می‌باشد.

– شیر هوای دو روزنه^۳: که دارای یک روزنه کوچک و یک روزنه بزرگ بوده و وظیفه شیرهای روزنه کوچک و روزنه بزرگ را به‌طور هم‌زمان انجام می‌دهد.

به‌طور کلی شیرهای هوای روزنه بزرگ در فواصل ۴۵۰ تا ۱۰۰۰ متری در طول خطوط لوله، در انتهای خطوط لوله واقع در سرازیریه‌ها نصب می‌گردد تا امکان خروج هوا در ابتدای آبیگری لوله‌ها و امکان ورود هوا در هنگام تخلیه لوله‌ها را فراهم کنند. شیرهای روزنه کوچک نیز در لوله‌های رو به پایین وقتی شیب افزایش پیدا می‌کند و در لوله‌های رو به بالا وقتی شیب کاهش پیدا می‌کند، نصب می‌گردند تا امکان خروج هوای محبوس شده در طول فصل آبیاری فراهم آورند. شیرهای دو روزنه نیز در مواقعی که هر دو وظیفه گفته شده در بالا (ورود یا خروج هوا در هنگام آبیگری و یا تخلیه کامل لوله‌ها و همچنین تخلیه هوا در حین فصل آبیاری) مورد انتظار باشد مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر موارد بالا از شیرهای روزنه کوچک بعد از تبدیل‌ها، زانوپیها، شیرهای تنظیم جریان و شیرهای یکطرفه بعد از ایستگاه پمپاژ نیز استفاده می‌شود.

برای تعیین اندازه شیرهای هوا که به‌طور ناپیوسته عمل می‌کند می‌توان از جدول ۱-۲۵ استفاده نمود. اندازه شیرهای هوای روزنه کوچک که به‌صورت پیوسته عمل می‌کنند می‌تواند خیلی کوچک انتخاب شود چون حجم زیادی از هوا قادر به تخلیه از یک روزنه کوچک می‌باشد. در نصب شیرهای کنترل هوا باید توجه داشت که قبل از شیر هوا یک شیر قطع و وصل جریان نیز نصب شود.

۱-۱-۲-۵ شیرهای تخلیه آب

شیرهای تخلیه آب^۴ به منظور تخلیه آب موجود در خطوط لوله در انتهای فصل آبیاری و یا تخلیه آب قسمتی از خطوط لوله به منظور انجام تعمیرات ضروری در حین فصل بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرهای مورد استفاده جهت تخلیه آب به‌طور عمده از همان نوع شیرهای قطع و وصل جریان می‌باشند و اغلب در محل نقاط کم ارتفاع خطوط لوله نصب می‌شوند. همراه با این شیرها یک خط انشعابی که آب تخلیه شده را به یک زهکش مناسب هدایت کند نیز در نظر گرفته می‌شود.

1 - Small Orifice Air Valves
2 - Large Orifice Air Valves
3 - Double Orifice Air Valves
4 - Blow Off Valves

جدول ۱-۲۵- اندازه حداقل شیر هوای روزنه بزرگ

۱۲	۱۰	۱۰	۹	۸	۸	۷	۶	قطر لوله (اینچ)
۰/۰۶۴	۰/۰۶۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۱۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	ضخامت دیواره لوله (اینچ)
قطر روزنه ورود هوا (اینچ)								شیب (%)
۲	۲	۲	۲	۱	۱/۵	۱/۵	۱	۱
۲/۵	۲	۲/۵	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱	۲
۵/۳	۲	۲/۵	۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱	۳
۴	۲	۳	۲/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۴
۴	۲	۳	۲/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۵
۴	۳	۳	۲/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۶
۴	۳	۳	۲/۵	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۷
۴	۳	۴	۳	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۸
۴	۳	۴	۳	۲	۲	۱/۵	۱	۹
۵	۳	۴	۳	۲	۲	۱/۵	۱	۱۰
۵	۴	۴	۴	۲	۲/۵	۲	۱/۵	۱۵
۵	۴	۴	۴	۲	۳	۲	۱/۵	۲۰
۶	۴	۵	۴	۲/۵	۳	۲	۱/۵	۲۵

۱-۱۰-۳ فشارسنج

میزان فشار نقش مهمی در توزیع یکنواخت آب در آبیاری تحت فشار و در نتیجه در بازده آن ایفا می‌کند، لذا نصب دستگاه فشارسنج در سیستم برای کنترل فشار و آگاهی از نحوه عملکرد سیستم و تشخیص عیوب در نقاط مختلف شبکه ضروری است. نقاط نصب فشارسنج در شبکه به صورت زیر توصیه می‌گردد:

- نصب بلافاصله بعد از پمپ جهت کنترل فشار ایستگاه پمپاژ در سیستم آبیاری تحت فشار،
- قبل و بعد از صافی‌های توری و شن برای کنترل اختلاف فشار و تشخیص زمان شستشوی صافی‌ها در سیستم آبیاری تحت فشار،
- بعد از واحد کنترل مرکزی برای کنترل فشار در ابتدای شبکه آبیاری موضعی، و

- در یکی دو نقطه از شبکه و ترجیحاً در انتهای شبکه و یا محل‌های مهم انشعاب برای آگاهی از وضعیت فشار در انتهای شبکه آبیاری تحت فشار.

۱-۱۱ 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:

۱-۱۱-۱ 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 ۱:۲۰۰۰۰ و یا حداقل ۱:۵۰۰۰۰ لازم می‌باشد.
- مرحله یک (توجیهی): عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ یا ۱:۱۰۰۰۰ و در صورت کوچک بودن منطقه طرح (کمتر از ۲۰۰۰ هکتار) مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ و یا در صورت وجود ۱:۶۵۰۰
- مرحله دو (تفصیلی): برای این مرحله کمترین مقیاس عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰ و یا ۱:۶۵۰۰ لازم می‌باشد و در صورت عدم وجود از عکسهای با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ نیز در حالات خاص می‌توان استفاده نمود.

۱-۱۱-۲ 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 برای مقاصد مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- مرحله شناسایی: ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۵۰۰۰۰ در صورت وجود ۱:۲۰۰۰۰ یا ۱:۲۵۰۰۰.
 - مرحله یک (توجیهی): ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ (و یا ۱:۲۰۰۰۰) طبق استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور و در سیستم U.T.M^۱ و خطوط تراز در مقیاسهای ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ موجود که طبق استاندارد سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران تهیه شده است. ذکر مشخصات فنی نقشه ضرورت ندارد لیکن در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰۰ و سایر نقشه‌هایی که در زیر اشاره می‌گردد، ذکر مشخصات فنی ضرورت دارد.
 - مرحله دو (تفصیلی): ۱:۵۰۰۰ با خطوط تراز ۰/۵ متری برای شیب‌های ۰/۵ در هزار و بیشتر و با خطوط تراز ۰/۲۵ متری در اراضی با شیب مساوی و یا کمتر از ۰/۵ 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 ۱:۲۰۰۰ (به‌عنوان نقشه‌ها مبنا) با خطوط تراز ۰/۵ متری برای شیب‌های بیش از ۱ در هزار و یا ۰/۲۵

متری برای شیب‌های مساوی و یا کمتر از یک در هزار که در هر ۴۰ متر یک نقطه ارتفاعی وجود داشته باشد و طبق استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور باشد، می‌توان استفاده نمود.

۱-۱۱-۳ مقیاس نقشه‌های قابل ارائه در گزارش

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

- شناسایی: ۱:۵۰۰۰۰
 - مرحله یک: ۱:۵۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰۰
 - مرحله دو: ۱:۵۰۰۰ (شبکه فرعی): ۱:۲۰۰۰
- در صورت استفاده از نوار برای پلان و پروفیل مقیاس ۱:۲۰۰۰.

۱-۱۲ محاسبه نیاز آبی و ظرفیت شبکه آبیاری تحت فشار

در قسمتهای قبل توضیحات لازم درخصوص نحوه محاسبه ET_c (تبخیر و تعرق پتانسیل) و K_C (ضریب رشد گیاهی) و در نهایت ET_C (تبخیر و تعرق محصول) یا Tc (تعرق محصول) ارائه گردید. در این قسمت نیاز آبی و ظرفیت مورد نیاز شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱۲-۱ نیاز خالص آبی

منظور از نیاز خالص آبی^۱ قسمتی از آب مورد نیاز گیاه می‌باشد که از طریق آبیاری تأمین می‌گردد. بقیه آب مصرفی نیز از طریق بارندگی مؤثر^۲، رطوبت اولیه خاک^۳ و آثار آب زیرزمینی^۴ قابل حصول می‌باشد که رابطه این عوامل را به صورت زیر می‌توان خلاصه نمود:

$$NWR = ETc - Pe - Wb - Ge \quad (۱-۳۱)$$

NWR = نیاز خالص آبی (میلی‌متر)،

ETc = تبخیر و تعرق محصول (در آبیاری موضعی، تعرق محصول می‌باشد - میلی‌متر)،

Pe = بارندگی مؤثر (میلی‌متر)،

Wb = رطوبت اولیه خاک (میلی‌متر)، و

Ge = آثار آب زیرزمینی (میلی‌متر).

1 - Net Water Requirement
2 - Effective Precipitation
3 - Primary Soil Water
4 - Ground Water Effect

۱-۱-۱۲-۱ بارندگی مؤثر

با توجه به اینکه اغلب مقداری از بارندگی به صورت رواناب سطحی و مقدار دیگری به صورت نفوذ عمقی از دسترس خارج می‌گردد، باران مؤثر (Pe) عبارت است از آن مقدار بارندگی که به صورت مفید مورد استفاده گیاه کشت شده قرار می‌گیرد. روشهای مختلفی به منظور محاسبه باران مؤثر توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا^۱ و نشریه شماره ۲۴ سازمان خواروبار جهانی ارائه شده است.

۱-۱-۱۲-۲ رطوبت منتقل شده از خاک (رطوبت اولیه خاک)

در بعضی مناطق، بارندگی فصل رویش می‌تواند رطوبت خاک در ناحیه ریشه را به حد ظرفیت مزرعه برساند. در این ارتباط لازم است میزان نزولات قبل از زمان رویش و میزان تبخیر از سطح خاک و همچنین تاریخ کشت، نوع کشت و نوع خاک مورد بررسی قرار گیرد. بدیهی است کشت‌های پاییزه در مقایسه با کشت‌های بهاره از رطوبت موجود در خاک استفاده بیشتری می‌نمایند. لذا این امر باید در برآورد نیاز آبی محصول مورد توجه قرار گیرد.

۱-۱-۱۲-۳ آثار آب زیرزمینی

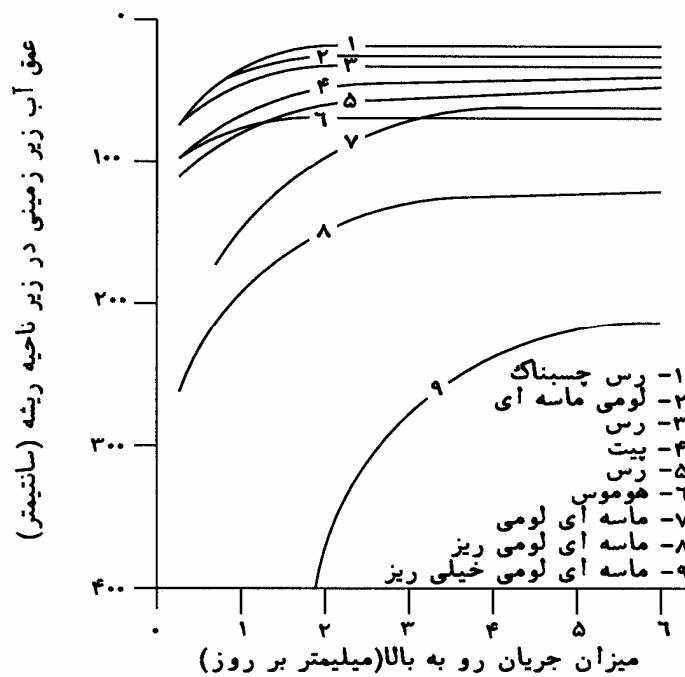
در صورتی که سطح ایستابی بالا باشد مقداری از رطوبت تحت تأثیر خاصیت مویبندی خاک به سمت ناحیه ریشه انتقال می‌یابد که می‌تواند به صورت مؤثر مورد استفاده گیاه قرار گیرد. آثار آب زیرزمینی کم عمق‌تر بر رطوبت خاکهای مختلف در ناحیه ریشه‌ها در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

۱-۱۲-۲ آب مورد نیاز برای شستشوی اراضی

آنچه که در خصوص محاسبه نیاز خالص آبی ذکر گردید مربوط به شرایطی است که محدودیتی به لحاظ کیفیت آب آبیاری وجود نداشته باشد. لیکن چنانچه آب مذکور حاوی املاح محلول زیاد باشد، منجر به تجمع نمک در خاک می‌گردد. در این صورت لازم است مقداری آب به نیاز خالص آبی اضافه شود تا در اثر شستشو نمک‌های خاک به سمت افق‌های پایین‌تر از محدوده توسعه ریشه هدایت گردد. برای محاسبه عمق آب به منظور شستشوی مورد نیاز به بند (۱-۸) مراجعه شود.

۱-۱۲-۳ آب مورد نیاز پروژه و ظرفیت سیستم انتقال و توزیع

برای تعیین آب مورد نیاز پروژه و ظرفیت سیستم انتقال و توزیع آب به شرح زیر عمل می‌گردد:



شکل ۱-۲- آثار آب زیرزمینی کم عمق بر رطوبت خاک در محوطه ریشه‌ها

۱-۱۲-۳-۱ محاسبه نیاز ناخالص آبی

نیاز ناخالص آبی هر کشت با اعمال بازده‌ها بر نیاز خالص، به دست می‌آید. برای محاسبه نیاز ناخالص آبی هر پروژه در ماه‌های مختلف مساحت مربوط به درصد هر کشت در ترکیب کشت پروژه را در نیاز ناخالص یک هکتار از آن ضرب نموده و از مجموع نیاز آبی ماهانه کشت‌های مختلف، نیاز آبی ناخالص پروژه در هر ماه به دست می‌آید.

۱-۱۲-۳-۲ نیاز سالانه آبیاری

به منظور برنامه‌ریزی و انتخاب سیستم مناسب با توجه به ملاحظات اقتصادی لازم است، نیاز سالانه آبیاری گیاه مورد نظر مشخص شود که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_i = \frac{10 \times A \times D_n}{E_p(1 - LR)} \quad (32-1)$$

V_i = حجم کل آب مورد نیاز برای یک گیاه در یک فصل زراعی (مترمکعب)

A = سطح زمین اختصاص داده شده به یک گیاه در الگوی کشت (هکتار)

E_p = بازده کل آبیاری (اعشار)

D_n = عمق کل نیاز خالص آبیاری یک گیاه در یک فصل زراعی (میلی‌متر)

حجم سالیانه آب مورد نیاز سیستم آبیاری (V_t) از مجموع آب مورد نیاز سالیانه تک تک گیاهان الگوی کشت به دست می‌آید.

با توجه به حجم کل آب مورد نیاز آبیاری در یک فصل زراعی و همچنین بده سیستم آبیاری می‌توان کل ساعاتی را که

سیستم باید برای تأمین حجم آب مورد نیاز فصل زراعی فعال باشد به دست آورد:

$$\text{Tan} = 0.278 \frac{V_t}{Q} \quad (1-33)$$

Tan = کل ساعات آبیاری در یک فصل زراعی (ساعت)

V_t = حجم آب مورد نیاز سالانه (مترمکعب)

Q = بده سیستم آبیاری (لیتر بر ثانیه)

۱-۱۲-۳ دوره بیشترین مصرف

با توجه به اینکه مقدار نیاز آبی به طور معمول بر اساس آمار ماهانه محاسبه می‌گردد، لازم است برای تعیین بیشترین هیدرومدول و ایجاد انعطاف کافی در شبکه آبیاری از آمار روزانه (به خصوص در ارتباط با آبیاری تحت فشار) استفاده نمود، در غیر این صورت بهتر است نیاز آبی حداکثر یک دوره ۱۰ روزه در نظر گرفته شود. برای دستیابی به متوسط مصرف روزانه محصولات مختلف در دوره حداکثر می‌توان از رابطه ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا با توصیه‌های نشریه FAO-24 استفاده نمود.

۱-۱۲-۴ هیدرومدول آبیاری

هیدرومدول آبیاری عبارت است از نیاز ناخالص آبی در واحد زمان و در واحد سطح که اغلب برحسب لیتر بر ثانیه بر هکتار بیان می‌گردد. بنابراین هیدرومدول آبیاری پروژه در دوره حداکثر مصرف از تقسیم حجم نیاز آبی ناخالص ترکیب کشت (برحسب لیتر) بر طول دوره برحسب ثانیه و همچنین بر مساحت پروژه (برحسب هکتار) به دست می‌آید.

۱-۱۲-۵ ظرفیت شبکه آبیاری

ظرفیت شبکه انتقال و توزیع (لوله‌ها و مجاری آب در سیستمهای آبیاری تحت فشار) از حاصل ضرب مساحت اراضی تحت پوشش هر یک از مجاری در هیدرومدول مربوط تعیین می‌گردد. به طور کلی مساحت مذکور با هیدرومدول نسبت عکس داشته و هرچه وسعت اراضی تحت پوشش مجاری مختلف بیشتر باشد، هیدرومدول پایین تری (هیدرومدول ترکیب کشت) مبنای تعیین ظرفیت مجاری است. همچنین هرچه وسعت ذکر شده کمتر باشد به لحاظ امکان کاشت محصول واحد در محدوده تحت

مدیریت زارع و یا در محدوده حداقل مناسب برای جابه‌جایی ماشین‌آلات کشاورزی، هیدرومدول بالاتری (هیدرومدول پرمصرف‌ترین ترکیب کشت) مبنای تعیین ظرفیت می‌باشد.

بنابراین در تعیین ظرفیت سیستم انتقال آب، هیدرومدول بیشترین ترکیب کشت (با در نظر گرفتن نیاز آبی حداکثر پروژه و بازده‌های انتقال، توزیع و کاربرد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سیستم توزیع مقدار هیدرومدول افزایش یافته و در نهایت در لوله‌های تغذیه‌کننده آبگیرهای مزرعه (هیدرانت‌ها) نیاز آبی پرمصرف‌ترین محصول و اعمال بازده‌های توزیع و کاربرد ملاک محاسبه ظرفیت می‌باشد.

لازم به یادآوری است که تعدیل ظرفیت محاسبه شده برای لوله‌های تغذیه‌کننده مزارع نسبت به نوع سیستم و زمان جابه‌جایی در نظر گرفته شده و به لحاظ تأمین بده سیستم آبیاری بارانی (مجموع بده ماشینها یا باله‌های آبیاری بارانی که به‌صورت هم‌زمان فعال بوده و از لوله مزرعه آبیاری می‌شوند) ضرورت دارد.

۱-۱۳ برنامه‌ریزی آبیاری در سیستم‌های آبیاری تحت فشار

برای محاسبه دور آبیاری (فاصله زمانی بین دو آبیاری متوالی) باید معیارهای مؤثر در این امر شامل عوامل جوی و مشخصات خاک و گیاه را بررسی نموده و دور آبیاری را بر اساس استفاده بهینه از آب و مواد غذایی موجود در خاک به‌دست آورد. در این ارتباط عمق خالص آب آبیاری تعیین و سپس با توجه به میزان تبخیر و تعرق گیاه دور آبیاری در مقاطع زمانی مختلف محاسبه می‌گردد.

۱-۱۳-۱ محاسبه بیشترین عمق خالص آب آبیاری

مقدار آب مورد نیاز در هر بار آبیاری (بیشترین عمق آب آبیاری) با استفاده از عمق توسعه ریشه گیاه و آب قابل‌دسترسی و همچنین ضریب آب سهل‌الوصول محاسبه می‌شود.

$$dx = TAW \times MAD \times Z \times Pw \quad (۱-۳۴)$$

d_x = بیشترین عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

TAW = آب قابل دسترسی در خاک (میلی‌متر)

MAD = تخلیه مجاز (درصد)

Z = عمق توسعه ریشه (متر)

Pw = درصد مساحت خیس شده خاک (درصد)

عمق آب آبیاری و دور آبیاری باید به نحوی تعیین شود که همواره بخشی از رطوبت بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی در خاک باقی باشد تا منجر به بروز تنش^۱ در گیاه نگردد و بر رشد کمی و کیفی آن اثر نامطلوب نگذارد. درصدی از رطوبت موجود در خاک که برای گیاه بدون هیچ‌گونه تنش محسوسی قابل استفاده می‌باشد، درصد تخلیه مجاز رطوبت و یا بیشترین ضریب آب سهل‌الوصول یا (MAD) نامیده می‌شود، که برای گیاهان مختلف مقادیر آن از ۱۵ تا ۶۵ درصد متغیر است و در جدول ۱-۲۶ ارائه گردیده است.

جدول ۱-۲۶ - بیشترین ضریب آب سهل‌الوصول (MAD) [۴۲]

MAD(%)	گیاه و عمق ریشه
۴۰-۲۵	ریشه کم عمق، گیاهان با ارزش اقتصادی زیاد - انواع سبزیجات و صیفی
۵۰-۴۰	درختان میوه، انگور و گیاهان با ریشه نسبتاً متوسط
۵۰	گیاهان با ریشه عمیق، غلات و گیاهان علوفه‌ای

آب قابل دسترسی در خاک، بستگی به بافت خاک داشته و در حقیقت نشان‌دهنده رطوبتی است که بین دو نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی قرار می‌گیرد. مقدار آب قابل دسترسی در خاک در خاکهای مختلف در جدول ۱-۴ ارائه گردیده است. عمق مؤثر ریشه یک پارامتر متغیر در طول دوره رشد گیاه می‌باشد و برای بعضی از گیاهان مقدار تقریبی آن در جدول ۱-۲۷ ارائه شده است.

درصد مساحت خیس شده خاک عبارت است از سطح مقطع خیس شده خاک در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح زمین به کل مساحت مزرعه، این مقدار در آبیاری بارانی و سطحی ۱۰۰ درصد می‌باشد ولی در سیستم آبیاری موضعی چون تمام سطح خاک خیس نمی‌شود، می‌تواند مقادیر مختلفی داشته باشد که در این خصوص در فصل طراحی آبیاری موضعی توضیحات لازم ارائه گردیده است.

برای محاسبه عمق خالص آب آبیاری می‌توان طبق نشریه شماره ۲۴ سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (F.A.O) عمل نمود.

۱-۱۳-۲ تعیین دور و زمان آبیاری

زمان آبیاری هنگامی است که آب قابل دسترسی موجود در خاک از طریق تبخیر و تعرق گیاه (ET_C) مصرف شده باشد. دور آبیاری نیز فاصله زمانی بین دو آبیاری متوالی است. بیشترین دور آبیاری در یک دوره زمانی معین از تقسیم بیشترین عمق خالص آب آبیاری (d_x) بر نیاز خالص روزانه گیاه در آن دوره (NWR) محاسبه می‌شود.

جدول ۱-۲۷- عمق مؤثر ریشه‌ها در گیاهان مختلف برای طراحی سیستم آبیاری [۴۲]

نوع گیاه	عمق ریشه (متر)	نوع گیاه	عمق ریشه (متر)
یونجه	۱/۸-۱/۲	نخود	۰/۸-۰/۳
بادام	۱/۲-۰/۶	هلو	۱/۲-۰/۶
سیب	۱/۲-۰/۸	بادام زمینی	۰/۸-۰/۴
زردآلو	۱/۴-۰/۸	گلابی	۱/۲-۰/۶
جو	۱/۱-۰/۹	فلفل	۰/۹-۰/۶
لوبیا	۰/۹-۰/۵	آلو	۱/۲-۰/۸
چغندر قند	۱/۲-۰/۶	سیب زمینی	۰/۹-۰/۶
کلم	۰/۶	کدو	۱/۲-۰/۸
هویج	۰/۶-۰/۴	گلرنگ	۱/۵-۰/۹
گیلاس	۱/۵-۰/۹	سورگوم	۰/۹-۰/۶
مرکبات	۱/۵-۰/۹	سویا	۰/۹-۰/۶
ذرت	۱/۲-۰/۶	اسفناج	۰/۶-۰/۴
پنبه	۱/۸-۰/۴	توت‌فرنگی	۰/۵-۰/۳
خیار	۰/۶-۰/۴	نیشکر	۱/۱-۰/۵
بادمجان	۰/۸	توتون	۱/۲-۰/۶
انجیر	۰/۹-۰/۶	گوجه‌فرنگی	۰/۸-۰/۵
کتان	۰/۹-۰/۶	گردو	۲/۴-۱/۷
انگور	۱/۲-۰/۵	هندوانه	۰/۹-۰/۶
کاهو	۰/۵-۰/۲	گندم	۱/۱-۰/۸
زیتون	۱/۵-۰/۹	شلغم	۰/۶-۰/۳
پیاز	۰/۶-۰/۳		

$$f_x = \frac{d_x}{NWR} \quad (۳۵-۱)$$

f_x = بیشترین دور آبیاری (روز)

d_x = بیشترین عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

NWR = تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر بر روز)

با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین مزایای آبیاری تحت فشار در مقایسه با آبیاری ثقلی امکان اعمال عمق آب آبیاری کم و دور آبیاری کوتاه می‌باشد، در این روش دور آبیاری با هدف کمتر نمودن کاهش رطوبت خاک نسبت به ظرفیت زراعی (FC) و یا به تعبیری مصرف نمودن قسمت بیشتر آب قابل جذب می‌باشد.

بر این اساس در آبیاری بارانی مشخصات فنی و ویژگی‌های هیدرولیکی سیستم‌های مختلف و به‌خصوص قدرت جابه‌جایی آنها را با نیاز آبی گیاه در کمترین دور آبیاری و همچنین با عمق توسعه ریشه و آب قابل دسترسی در خاک تطبیق داده و وضعیت بهینه عمق آب آبیاری و دور آبیاری با توجه به بازده عملکرد سیستم تعیین می‌شود. در آبیاری موضعی نیز، امکان به حداقل رساندن دور آبیاری وجود دارد. با این وجود باید مشخصات فنی و هیدرولیکی سیستم آبیاری با وضعیت آب تخصیص یافته به قطعه آبیاری و همچنین نیاز آبی و آب قابل دسترسی در خاک تطبیق داده شود.

لذا دور آبیاری محاسبه شده از رابطه فوق، بیشترین دور آبیاری ممکن می‌باشد و لزوماً دور آبیاری انتخاب شده نمی‌باشد. دور آبیاری اصلاح شده (f) با توجه به نظر طراح و در نظر گرفتن سایر شرایط فنی و بهره‌برداری و با استفاده از نشریه FAO-24 تعیین می‌گردد.

۱-۱۳-۳ عمق خالص آبیاری

عمق خالص آبیاری با توجه به دور آبیاری اصلاح شده و نیاز خالص آبی گیاه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$dn = f \times NWR \quad (۳۶-۱)$$

dn = عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

f = دور آبیاری انتخاب شده (روز)

NWR = نیاز خالص آبی گیاه (میلی‌متر بر روز)

۱-۱۳-۴ عمق ناخالص آبیاری

عمق ناخالص آبیاری، عمق آب داده شده به زمین در هر نوبت آبیاری می‌باشد و علاوه بر آب مورد نیاز گیاه در برگیرنده تلفات اجتناب ناپذیر و آبشویی نیز می‌باشد و با توجه به نوع سیستم آبیاری به شرح زیر محاسبه می‌شود.

۱-۴-۱۳-۱ عمق ناخالص آبیاری در آبیاری بارانی

در سیستم آبیاری بارانی در صورتی که نیاز آبتوی کوچکتز از ۱۰ درصد ($LR < ۰/۱$) باشد تلفات نفوذ عمقی برای شستشوی خاک کافی بوده و عمق ناخالص آبیاری از رابطه (۱-۳۷) محاسبه می‌شود. در حالی که اگر نیاز آبتوی بیش از ۱۰ درصد باشد ($LR > ۰/۱$)، تلفات نفوذ عمقی برای آبتوی کافی نبوده و مقدار آب آبتوی جداگانه در نظر گرفته می‌شود. در این شرایط عمق ناخالص آبیاری از رابطه (۱-۳۸) محاسبه می‌شود:

$$dg = dn/Ea \quad (۱-۳۷)$$

$$dg = 0/9 dn / (1 - LR) Ea \quad (۱-۳۸)$$

dg = عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)

LR = نیاز آبتوی (اعشاری)

Ea = بازده کاربرد آب (اعشاری)

dn = عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

۱-۴-۱۳-۲ عمق ناخالص آبیاری در آبیاری موضعی

در سیستم آبیاری موضعی مقدار آب آبیاری باید طوری باشد که علاوه بر نیاز خالص تلفات غیر قابل اجتناب نفوذ عمقی را نیز شامل شود.

برای این منظور در صورتی که نیاز آبتوی کوچکتز از ۱۰ درصد ($LR < ۰/۱$) باشد عمق ناخالص آبیاری از رابطه (۱-۳۹) و در صورتی که نیاز آبتوی بزرگتر از ۱۰ درصد باشد ($LR > ۰/۱$) از رابطه (۱-۴۰) محاسبه می‌شود:

$$dg = \frac{dn \times Tr}{Eu} \quad (۱-۳۹)$$

$$dg = \frac{dn}{Eu(1 - LR)} \quad (۱-۴۰)$$

dg = عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)

dn = عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)

Eu = ضریب یکنواختی پخش گسیلنده‌ها (اعشاری)

۱-۱۴ 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 می‌توان کسب نمود، انجام می‌شود و نتایج به دست آمده به تدریج و در طی مراحل بعدی طراحی و زمان اجرای سیستم که اطلاعات دقیق‌تر و عملی‌تری اخذ می‌شود، اصلاح می‌گردد. روش قدم به قدم در طراحی تکمیل جدول اطلاعات مطابق جدول ۱-۲۸ می‌باشد. در این جدول ۵ 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 مزرعه، شکل مزرعه، آرایش مزرعه، وضعیت مرزهای زمین، مالکیت زمین، مالکیت اراضی اطراف، نوع زراعت در اراضی مجاور،
 - موانع از قبیل دیوارها، درخت، تیرهای برق، کابل‌های زیرزمینی، جاده‌ها، پلها و راه‌آهن،
 - 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، و
 - خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن.
- اطلاعات پیش گفته همان‌طور که قبلاً ذکر شد منتهی به تعیین بیشترین نیاز آبی، ظرفیت نفوذپذیری خاک، مقدار آب آبیاری در هر نوبت، شدت پخش و سرانجام ظرفیت سیستم خواهد شد.

۱-۱۴-۱ مراحل طراحی اولیه سیستمهای آبیاری تحت فشار

با توجه به این اطلاعات و داده‌های قبلی طراح باید نوع سیستم آبیاری تحت فشار 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 و نیروی مکانیکی موجود، نوع گیاه و برنامه عملیات مزرعه باید ذکر شود. علاوه بر اطلاعات یاد شده طراح باید درخصوص توان مالی زارع، منبع تأمین نیازهای مالی و سود بانکی، وجود کارگران ماهر، نیمه ماهر و معمولی و توان مدیریتی زارع نیز اطلاعاتی کسب کند،

جدول ۱-۲۸- عوامل مؤثر در طراحی اولیه سیستم آبیاری بارانی و موضعی [۴۲]

الف- گیاه				
				۱- عمق ریشه (میلی متر)
				۲- فصل رشد (روز)
				۳- نیاز آبی روزانه (میلی متر بر روز)
				۴- نیاز آبی فصلی (میلی متر)
ب- خاک				
				۱- بافت خاک سطحی و ضخامت آن (سانتی متر)
				۲- ضریب آب سهل الوصول (میلی متر بر متر)
				۳- بافت خاک عمقی و ضخامت آن (سانتی متر)
				۴- آب قابل دسترسی در خاک (میلی متر بر متر)
				۵- ظرفیت رطوبتی (میلی متر)
				۶- تخلیه مجاز (میلی متر)
				۷- نفوذپذیری (میلی متر بر ساعت)
ج- نیاز آبی				
				۱- نیاز خالص فصلی (میلی متر)
				۲- باران مؤثر (میلی متر)
				۳- رطوبت ذخیره شده (میلی متر)
				۴- عمق خالص آبیاری فصلی (میلی متر)
				۵- عمق ناخالص آبیاری فصلی (میلی متر)
				۶- تعداد آبیاریها
د- آبیاری				
				۱- دور آبیاری (روز)
				۲- عمق خالص آبیاری (میلی متر)
				۳- بازده (درصد)
				۴- عمق ناخالص آبیاری (میلی متر)
ه- ظرفیت سیستم				
				۱- شدت پخش (میلی متر بر ساعت)
				۲- زمان استقرار (ساعت)
				۳- تعداد استقرار بر روز
				۴- تعداد روزهای کاری بر هر نوبت
				۵- ظرفیت اولیه سیستم (لیتر بر ثانیه)

- با استفاده از اطلاعات بند فوق و کسب اطلاعات محلی و روشهای تجربی عمق و مقدار 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 محاسبه 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 آبیاشها و خروجی‌ها تعیین شود،
- تعداد آبیاشها یا خروجی‌هایی که با توجه به ظرفیت سیستم هم‌زمان کار خواهند کرد،
- انتخاب بهترین آرایش لوله اصلی و بال که در آن تعدادی آبیاش یا خروجی هم‌زمان 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،
- مقادیر بیشترین و کمترین فشار کار و آبدی تعیین شود،
- تنظیم برنامه آبیاری با توجه به آرایش لوله‌ها، و
- تعیین نوع پمپ با توجه به بیشترین فشار کاری و بازده آن در دامنه شرایط کاری توصیه شده توسط کارخانه.

۱-۱۵ نحوه انتخاب روش مناسب آبیاری تحت فشار

یکی از موارد مهم در مطالعه و طراحی شبکه‌های آبیاری انتخاب روش آبیاری مناسب می‌باشد. در این ارتباط پارامترهای متعددی دخالت دارند که مهم‌ترین آنها وضعیت اقلیمی، وضعیت پستی و بلندی زمین، مشخصات آب و خاک، نوع محصول، شرایط تأمین انرژی، زمینه‌های فرهنگی، وضعیت نیروی انسانی، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری و بالاخره هزینه‌ها و ملاحظات اقتصادی در هر طرح می‌باشد. میزان تأثیر و یا به عبارتی نوع محدودیتی که هر یک از این عوامل در انتخاب روش آبیاری مناسب ایجاد می‌کند، ممکن است به یکی از سه حالت زیر باشد.

- ۱- میزان محدودیتها در حدی باشد که فقط استفاده از سیستمهای آبیاری تحت فشار پاسخگو بوده و سایر روشهای آبیاری غیرعملی و یا غیراقتصادی باشد.
- ۲- میزان محدودیتها به نحوی باشد که استفاده از روشهای مختلف آبیاری میسر بوده و باید در شرایط فنی یکسان بین آبیاری تحت فشار و آبیاری ثقلی هر کدام را که عملی‌تر و اقتصادی‌تر باشد برگزید.

۳- محدودیتهای خاص مربوط به اهداف برخی پروژهها که در واقع ارتباط مستقیم به امر آبیاری نداشته بلکه کاربرد سیستم آبیاری تحت فشار را برای منظوره‌های 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.

۱-۱۵-۱ روش مقایسه اقتصادی انتخاب روش آبیاری

از روشهای مناسب مقایسه اقتصادی گزینه‌های مختلف یک طرح استفاده از معیار درآمد^۱ به هزینه‌ها^۲ (B/C)، معیار سود خالص (B-C) و هزینه متر مکعب آب استحصالی می‌باشد. برای این منظور در طرحهای آبیاری و زهکشی درآمدها و هزینه به شرح زیر محاسبه می‌شود:

۱-۱۵-۱-۱ درآمد

در طرحهای آبیاری، درآمد ناشی از طرح به‌طور عمده درآمد ناشی از فروش محصول می‌باشد که از حاصلضرب عملکرد محصول (با توجه به نوع سیستم آبیاری موردنظر) در قیمت فروش محصول به‌دست می‌آید.

۱-۱۵-۱-۲ هزینه‌ها

در طرحهای آبیاری، هزینه موردنیاز طرح، به‌طور عمده هزینه استحصال، انتقال تا مزرعه و توزیع آب در سطح قطعه آبیاری می‌باشد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های جاری بهره‌برداری و نگهداری، نیروی انسانی و انرژی مصرفی می‌باشد. نحوه محاسبه هر یک از این هزینه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱۵-۱-۲-۱ 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. در صورتی که عمر مفید هر یک از اجزای سیستم آبیاری (جدول ۱-۲۹) 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 مبدا هزینه سرمایه‌گذاری اولیه محاسبه شود. با ضرب کردن هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در ضریب بازگشت سرمایه (CRF) این هزینه‌ها به هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه تبدیل خواهد شد. ضریب بازگشت سرمایه از رابطه ۱-۴۱ قابل محاسبه می‌باشد:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (۱-۴۱)$$

1 - Benefits

2 - Costs

CRF = ضریب بازگشت سرمایه گذاری (اعشار)

i = نرخ بهره (اعشار)

n = عمر مفید پروژه (سال)

۱-۱۵-۱-۲-۲ هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

برای محاسبه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از سیستم آبیاری از ضریب بهره‌برداری و نگهداری سالیانه استفاده می‌شود، به طوری که 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 ۱-۲۹ ارائه گردیده است.

۱-۱۵-۱-۳-۲ هزینه نیروی انسانی سالیانه

در هر یک 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 ۱-۳۰ استفاده نمود.

۱-۱۵-۱-۴-۲ 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:

$$Pf = P \times Pu \times Ts \quad (۴۲-۱)$$

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)

جدول ۱-۲۹- عمر مفید و ضریب نگهداری سالیانه در سیستمهای آبیاری تحت فشار [۴۲]

نوع سیستم	عمر اقتصادی* (سال)	ضریب نگهداری** (درصد)
بارانی		
متحرک دستی	۱۵	۲
کشش انتهایی	۱۰	۳
آبفشان غلطان	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.

جدول ۱-۳۰- نیروی انسانی موردنیاز در سیستمهای آبیاری تحت فشار [۴۲]

آبیاری‌های بعدی (نفر- ساعت بر هکتار)	پیش‌آبیاری و اولین آبیاری* (نفر- ساعت بر هکتار)	نوع سیستم
۰/۰۵**	۰/۱۲	بارانی آبفشان دوار آبفشان خطی
۰/۱	۰/۱۲	- تغذیه از کانال
۰/۱۵	۰/۱۵	- تغذیه با شیلنگ
۰/۰۷	۰/۱۲	- تغذیه از لوله
۰/۶۲	۰/۴۹	بال متحرک
۰/۸۶	۰/۲۵	آبفشان غلتان
۰/۶۲	۰/۲۵	آبفشان قرقره‌ای
۱/۷۳	۰/۲۵	متحرک دستی
۱/۲۵-۲	۰/۲۵	بال آبیاری شیلنگی ثابت
۰/۱۵	۲/۴۷***	- قابل حمل
۰/۱۵	۰/۲۵	- دائمی
		موضعی
۰/۰۵****	۰/۲۵	پخش نقطه‌ای - قطره‌ای
۰/۰۵	۰/۲۵	- افشان پخش خطی
۰/۰۵	۳/۴۰	- چند بار مصرف
۰/۰۵	۲/۰۰****	- یک بار مصرف

* مقادیر نشان داده شده برای پیش‌آبیاری و یا اولین آبیاری می‌باشد که برای هر کدام باید به‌طور جداگانه منظور گردد.

** با فرض عمق خالص آبیاری ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر می‌باشد.

*** برای هر جابه‌جایی میان فصل ۲/۴۷ ساعت اضافه می‌شود.

**** محاسبه شده با فرض یک ساعت در روز برای هر ۶۰ هکتار و دور آبیاری دو روز.

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

فصل دوم

فصل دوم - ضوابط طراحی سیستمهای آبیاری بارانی

در طراحی سیستمهای آبیاری پس از انجام مطالعات پایه و مشخص شدن عوامل مؤثر در طراحی، باید ابتدا نوع سیستم آبیاری بارانی مناسب را تشخیص داد و سپس به طراحی اجزای سیستم پرداخت. برای این منظور در این فصل ابتدا یک شرح کلی در خصوص انواع روشهای آبیاری بارانی و ویژگیهای هر یک از آنها ارائه می‌شود و سپس خصوصیات هر یک از اجزای سیستم آبیاری بارانی از قبیل آبیاری، بال آبیاری و لوله اصلی مطرح و روش محاسبه و طراحی مربوط بیان می‌گردد.

۱-۲ طرح کلی و اجزاء سیستمهای آبیاری بارانی

در روش آبیاری بارانی، آب پس از عبور از شبکه لوله‌های توزیع آب از آبیاشها خارج شده و شبیه قطره‌های باران بر سطح زمین یا شاخ و برگ گیاهان فرو می‌ریزد. در این روش آبیاری، به دلیل امکان کنترل آب و جلوگیری از هدر رفتن آن، در صورتی که اصول فنی طراحی و همچنین مدیریت بهره‌برداری مناسب رعایت گردد، می‌توان بازده کاربرد و توزیع بالایی را انتظار داشت. سیستمهای آبیاری بارانی را می‌توان برای آبیاری بیشتر گیاهان، در شرایط مختلف آب و هوایی از مرطوب تا خشک (بجز مناطق با باد شدید)، انواع مختلف خاکهای نسبتاً شنی تا رسی، خاکهای کم عمق و شبیه‌های مختلف زمین به کاربرد. علاوه بر این از سیستمهای آبیاری بارانی می‌توان برای جلوگیری از سرمازدگی شاخ و برگ درختان، جلوگیری از گرم‌زدگی گیاهان و همچنین پخش کودهای محلول در آب استفاده نمود. اجزاء و پیکره اصلی سیستمهای آبیاری بارانی به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۲ آبیاشها

آبیاشها از مهم‌ترین اجزاء یک سیستم آبیاری بارانی هستند. متداول‌ترین آبیاشها که با انواع گیاهان زراعی و خاکهای مختلف تطبیق دارند، آبیاشهای ضربه‌ای^۱ می‌باشند که از قسمتهای مختلف شامل پایه اتصال، لوله اتصال، بدنه آبیاش، فواره (نازل)، فنر انبساطی، چرخاننده دهانه، چکش و محور چرخش تشکیل می‌گردد. انواع دیگر آبیاشها، آبیاش زیردرختی و لوله‌های سوراخدار می‌باشد. انواع مختلف آبیاشها (جدول ۱-۲) برحسب میزان فشار آب لازم به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

۱-۱-۱-۲ آبیاشهای با فشار کم

این نوع آبیاشها در فشار بین ۰/۳۵ تا ۲ اتمسفر کار می‌کنند. اندازه قطره‌های آب خروجی از آبیاش درشت بوده و قطر پراکنش آب کم است. این آبیاشها اغلب برای آبیاری سبزیجات و درختان میوه به ویژه مرکبات استفاده می‌شوند.

۲-۱-۱-۲ آبیاشهای با فشار ملایم

این نوع آبیاشها در فشارهای ۱ تا ۲ اتمسفر کار می‌کنند و اغلب دارای یک دهانه هستند. به دلیل شکسته شدن مناسب قطره‌های آب، مناسب محصولات زراعی، سبزیجات و آبیاری زیردرختی باغها می‌باشند.

جدول ۲-۱- دسته‌بندی آبیاشها و خصوصیات و سازگاری آنها [۴۲]

نوع آبیاش	آبیاش با فشار کم ۰/۳۵ تا ۲ اتمسفر	آبیاش با فشار ملایم ۱ تا ۲ اتمسفر	آبیاش با فشار متوسط ۲ تا ۴ اتمسفر	آبیاش با فشار زیاد ۴ تا ۷ اتمسفر	آبیاش با بده زیاد ۵/۵ تا ۸/۵ اتمسفر	آبیاش زیر درختی ۰/۷ تا ۳/۵ اتمسفر	لوله‌های سوراخدار ۰/۲ تا ۱/۴ اتمسفر
خصوصیات کلی	دارای بازوی فنی یا واکنشی	اغلب یک روزنه یا با لوله نازل بلند	فواره آبیاش دارای یک یا دو روزنه خروج آب	فواره آبیاش دارای یک یا دو روزنه خروج آب	یک فواره آبیاش بزرگ به همراه یک فواره کوچک یا فواره آبیاش ضربه‌ای	زاویه پراکنش طوری است که آب در زیر شاخ و برگ درخت ریخته می‌شود	لوله‌های آبیاش قابل انتقال با سوراخهایی در یک سوم محیط بالای لوله
حدود قطر پراکنش (متر)	۶ تا ۱۵	۱۸ تا ۲۴	۲۳ تا ۳۷	۳۴ تا ۹۰	۶۱ تا ۱۲۲	۱۲ تا ۲۷	۳ تا ۱۵
کمترین سرعت پخش پیشنهاد شده (سانتی متر بر ساعت)	۱۰/۰	۰/۳	۲/۵	۱۰	۱۵	۵	۱۳۰
خصوصیات قطره‌های آب (با فرض اینکه فشار متناسب با روزنه آبیاش انتخاب شده باشد)	به علت فشار کم اندازه قطره‌های آب بزرگ است	قطره‌های آب به نسبت خوب شکسته می‌شوند	ذرات آب خوب شکسته شده در تمام سطح دایره خیس شده توزیع می‌گردد	ذرات آب خوب شکسته شده در تمام سطح دایره خیس شده توزیع می‌گردد	ذرات آب فوق‌العاده زیاد شکسته می‌شوند	قطره‌های آب نسبتاً خوب شکسته می‌شوند	به علت فشار کم، قطره‌های آب بزرگ هستند.
یکنواختی توزیع آب (با فرض اینکه فاصله آبیاشها و رابطه فشار و قطر روزنه آبیاشها با هم متناسب باشد)	متوسط	متوسط تا خوب در حد بالایی محدوده فشار	خیلی خوب	در صورتیکه سرعت باد کمتر از ۶/۵ کیلومتر در ساعت باشد یکنواختی خوب است	بسیار حساس نسبت به باد در هوای آرام قابل قبول	نسبتاً خوب	خوب
سازگاری و محدودیتهای سیستمهای متحرک دوره‌ای یا ثابت	مناسب زمینهای کوچک و خاکهای با نفوذپذیری بیشتر از ۱۳ میلی‌متر بر ساعت	مناسب محصولات زراعی، سبزیجات و سیستم آبیاری باغی زیر درختی	مناسب بیشتر گیاهان و خاکهای قابل آبیاری	مناسب بیشتر گیاهان و بیشتر خاکهای قابل آبیاری با آبیاری بالای درختان سازگاری دارد. بجز در مواقعی که باد شدید بوزد	سازگار با گیاهانی که پوشش سبز فشرده دارند مناسب زمینهایی که شکل هندسی نامعین دارند محدود به خاکهایی که سرعت نفوذ زیاد دارند	مناسب باغات میوه، مناسب باغاتی که باد با فشار کم موجود اجازه استفاده از آبیاشهای بالای درختی را نمی‌دهد	مناسب گیاهان کوتاه، محدود به خاکهایی با سرعت نفوذ زیاد، فشار مورد نیاز کم اجازه می‌دهد که از نیروی ثقل یا لوله آب شهری به عنوان منبع فشار استفاده شود.
سازگاری و محدودیتهای متحرک	نازلهای افشان برای سیستم آبیاش دوار و خطی است	مناسب افشان دوار و خطی در خاکهای با نفوذپذیر زیاد	مناسب افشان دوار و خطی در اغلب خاکها	مناسب افشان دوار و قرقراهی	مناسب افشان دوار و قرقراهی	نامناسب	نامناسب

۳-۱-۱-۲ آبیاشه‌های با فشار متوسط

این آبیاشه‌ها تحت فشار ۲ تا ۴ اتمسفر کار می‌کنند و ممکن است دارای یک یا دو دهانه باشند. قطر پراکنش آب بزرگتر از آبیاشه‌های کم فشار است و هر آبیاش قطری حدود ۲۳ تا ۳۷ متر را خیس می‌کند. این نوع آبیاشه‌ها برای آبیاری اغلب گیاهان و در انواع خاکها قابل استفاده است.

۴-۱-۱-۲ آبیاشه‌های با فشار زیاد

این آبیاشه‌ها تحت فشار بین ۴ تا ۷ اتمسفر کار می‌کنند و در بادهای با سرعت کمتر از ۱۳ کیلومتر بر ساعت توزیع آب با این نوع آبیاش و با یکنواختی زیاد صورت می‌گیرد. قطر آبیاشی آنها بین ۳۴ تا ۹۰ متر است و برای انواع گیاهان قابل استفاده می‌باشد.

۵-۱-۱-۲ آبیاشه‌های بزرگ با بده زیاد

این نوع آبیاشه‌ها که بیشتر مواقع تفنگی نامیده می‌شوند در فشارهای حدود ۵/۵ تا ۸/۵ اتمسفر و با بده حدود ۲۰ تا ۶۰ لیتر بر ثانیه کار می‌کنند. قطر آبیاشی در آنها بین ۶۱ تا ۱۲۲ متر می‌باشد. این آبیاشه‌ها برای آبیاری تکمیلی محصولات و آبیاری مراتع و به طور کلی اراضی با پوشش گیاهی متراکم قابل استفاده هستند. لازم به ذکر است که اخیراً آبیاشه‌های تفنگی با فشار کارکرد و آبدهی کمتر از حدود بالا نیز تولید شده است که جهت کاربرد آنها در طراحیها می‌توان به مشخصات فنی ارائه شده توسط کارخانه سازنده مراجعه نمود.

۲-۱-۲ بالهای آبیاری

بال آبیاری، لوله‌ای است که آبیاشه‌ها بر روی آن قرار گرفته و آب را در بین آنها توزیع می‌نماید. بال آبیاری بسته به نوع سیستم آبیاری دارای قطر و جنسهای مختلفی می‌باشد. جنس این لوله‌ها آلومینیوم، پلی‌اتیلن و یا آهن گالوانیزه می‌باشد. از لحاظ قطر نیز از ۵۰ میلی‌متر تا ۱۲۵ میلی‌متر متغیر می‌باشد. از لحاظ نوع نصب نیز بالهای آبیاری ممکن است در زیرزمین، روی زمین و یا بالای سطح زمین قرار گیرد.

مهم‌ترین عوامل مؤثر در آرایش این لوله‌ها توپوگرافی زمین، سرعت و جهت باد غالب منطقه می‌باشد. از لحاظ توپوگرافی زمین سعی می‌شود این لوله‌ها در جهت خطوط تراز قرار گیرد، در مواردی که این کار امکان‌پذیر نباشد قرار دادن بال در جهت سرازیری نیز مشکل چندانی ایجاد نخواهد کرد. مگر در سیستمهای مکانیزه نظیر آیفشان غلتان، دوار و خطی که وجود شیب یک مانع بر سر حرکت دستگاه می‌باشد. در این سیستمها بیشترین شیب در جهت بال ۲ تا ۳ درصد و در جهت عمود بر شیب (جهت حرکت دستگاه) ۴ تا ۵ درصد می‌باشد. از لحاظ باد غالب منطقه نیز تا سرعت باد ۶ کیلومتر بر ساعت تأثیری بر روی آرایش لوله‌ها نخواهد داشت. ولی در سرعتهای بیشتر بهتر است بالهای آبیاری عمود بر جهت باد غالب قرار گیرد.

۲-۱-۳ لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستمهای آبیاری بارانی، لوله‌هایی هستند که آب را در بین بالهای آبیاری توزیع می‌نمایند. این لوله‌ها اغلب از جنس پلی‌اتیلن، سیمان آریست، پی‌وی‌سی و در بعضی موارد آلومینیوم و یا جنسهای دیگر می‌باشد. در آرایش این لوله‌ها سعی می‌شود بیشترین تعداد بال آبیاری با کمترین طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی تغذیه شود. برای این منظور سعی می‌شود لوله اصلی یا نیمه اصلی در وسط مزرعه قرار گرفته و بالهای آبیاری را دو طرفه تغذیه کند.

با توجه به این که بالهای آبیاری در جهت خط تراز قرار می‌گیرند، لوله‌های اصلی یا نیمه اصلی که بالهای آبیاری را تغذیه می‌کنند در جهت شیب قرار می‌گیرند. برای توزیع بهتر فشار در بین بالهای آبیاری بهتر است که لوله‌های اصلی یا نیمه اصلی حتی‌المقدور در خط‌الرأس و در جهت شیب سرازیری قرار گیرند. در صورت عدم امکان با رعایت ضوابط هیدرولیکی مربوط قرار دادن آنها در وضعیتی غیر از این نیز ممانعتی نخواهد داشت. طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی نیز تابعی از تعداد بالهای تحت پوشش و شرایط بهره‌برداری می‌باشد.

۲-۲ طبقه‌بندی انواع سیستم آبیاری بارانی

سیستمهای آبیاری بارانی به دو گروه عمده (نمودار ۲-۱) طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- سیستمهای ساکن یا مستقر^۱

۲- سیستمهای متحرک مداوم^۲

در سیستمهای ساکن آبپاشها حداقل تا زمانی که زمین به اندازه نیاز آبیاری نشود تغییر مکان نمی‌یابند. در سیستمهای متحرک مداوم آبپاشها همیشه در حرکت بوده و آبیاری می‌کنند. بنابراین کلمه ساکن فقط دلالت به زمان حین آبیاری دارد که به طور ثابت انجام می‌گیرد.

۲-۲-۱ سیستم آبیاری ساکن یا مستقر

سیستمهای ساکن خود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

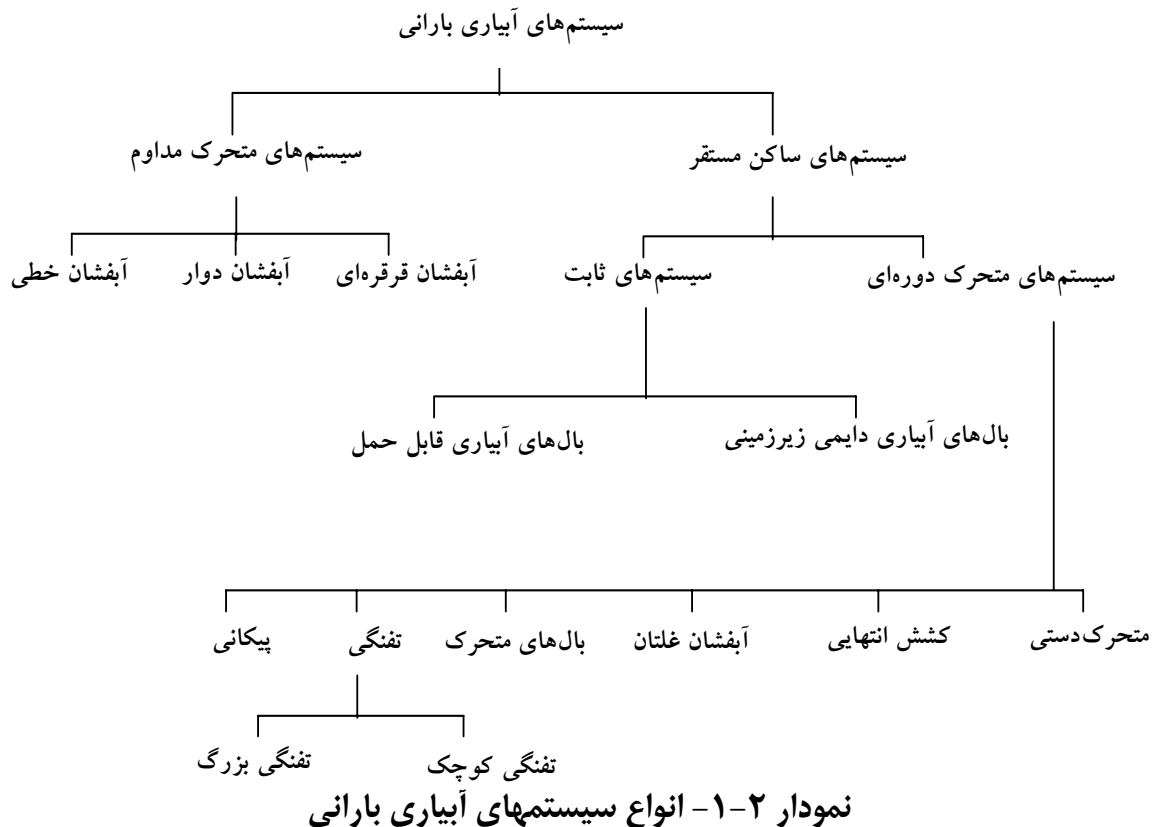
۱- سیستمهای متحرک دوره‌ای^۳

۲- سیستمهای ثابت^۴

۳- سایر سیستمهای ساکن

در سیستمهای متحرک دوره‌ای آبپاشها تنها زمانی که نیاز است در محل خود مستقر می‌گردد و پس از آبیاری به محل دیگری نقل مکان داده می‌شوند. در سیستمهای ثابت، آبپاشها در یک محل ثابت بوده و جابه‌جا نمی‌شوند.

1 - Set System
2 - Continous - Move System
3 - Periodic - Move System
4 - Fixed System



۱-۱-۲-۲ سیستمهای متحرک دوره‌ای

سیستمهای متحرک دوره‌ای دارای انواع زیر می‌باشند:

۱-۱-۱-۲-۲ سیستم آبیاری بارانی متحرک دستی^۱

در این سیستم لوله‌های اصلی به صورت متحرک، در روی زمین و یا زیر خاک ثابت هستند اما بال‌های آبیاری با دست جابه‌جا می‌شوند. این سیستم برای انواع گیاهان و شرایط آب و هوایی و پستی و بلندی به کار رفته و به سادگی قابل تعمیم به سایر سیستمهای بارانی می‌باشد. قطعات بال‌های آبیاری که از جنس آلومینیوم می‌باشند از طریق اتصالات نوع سریع به یکدیگر متصل می‌شوند. اتصال بال‌های آبیاری به لوله اصلی نیز از همین نوع می‌باشد. بال‌های آبیاری از طریق اتصال خرطومی و یا سفت به لوله اصلی وصل می‌گردد.

مهم‌ترین عیب این سیستم به کارگیری نیروی کارگری زیاد جهت جابه‌جایی لوله‌ها و باز و بسته کردن آنها در زمان آبیاری است. اما از طرف دیگر این نیروهای کارگری نقش نظارت بر عملکرد سیستم آبیاری را نیز به عهده دارند. این سیستم نسبت به سایر سیستمهای بارانی کم هزینه و ساده‌تر بوده و از پیچیدگیهای فنی به دور است. زمان لازم برای جابه‌جایی لوله‌ها در ۲۴ ساعت آبیاری حدود ۲ ساعت می‌باشد.

۲-۲-۱-۱-۲ سیستم آبیاری بارانی کشش انتهایی^۱

این سیستم مشابه سیستم‌های متحرک دستی بوده با این تفاوت که بالهای آبیاری دارای اتصال سخت بوده و از یکدیگر جدا نمی‌شوند و در جابه‌جایی، بالهای آبیاری به صورت یک‌جا منتقل می‌شوند. بدین منظور توصیه می‌گردد که لوله اصلی در این سیستم در مرکز زمین پیش‌بینی شود تا برای جابه‌جایی بالهای آبیاری نیاز به وقت زیادی نباشد. یک تراکتور کوچک به راحتی ۴۰۰ متر لوله بال آبیاری را می‌تواند جابه‌جا نماید.

این سیستم در زمینهای کوچک و یا غیرمنظم و نیز اراضی دارای پستی و بلندی به کار گرفته نمی‌شود، هزینه این سیستم گرانتر از سیستم‌های متحرک دستی است. این سیستم تنها در زراعت یونجه و غلات تا قبل از به ساقه رفتن گیاه و نیز در چمن‌کاریها کاربرد دارد.

۲-۲-۱-۱-۳ سیستم آبیاری بارانی آبفشان غلتان^۲

این سیستم مشابه نوع متحرک دستی است. با این تفاوت که اتصالات در بالهای آبیاری از نوع سخت بوده و بر روی چرخهای با قطر ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متری تعبیه شده‌اند. چرخها ممکن است در محل غیر اتصالات نیز قرار گیرند. جابه‌جایی بالهای آبیاری توسط یک یا چند موتور که در وسط یا در دو سر این لوله قرار دارد، حول محور لوله بر روی چرخها صورت می‌گیرد. این سیستم برای زمینهای صاف و دارای ابعاد منظم مستطیلی و در زراعت‌های غیرردیفی مانند غلات و گندم انتخاب می‌شود. اگر برای گیاهانی مانند چغندر قند و یا اراضی شیدار استفاده شود باید طول بال آبیاری از ۴۰۰ متر تجاوز نکند. قطعات بال آبیاری اغلب ۱۲ متری است و اگر چرخ در وسط لوله باشد آبپاش بر روی یک پایه کوتاه نصب و محل آن در یکی از دو انتهای لوله خواهد بود. در هنگام استفاده از این سیستم باید توجه داشت که شعاع چرخهای بال آبیاری از ارتفاع گیاه بیشتر باشد.

برای اتصال بال آبیاری به شیر آبگیر^۳، از اتصالات خرطومی استفاده شود تا جابه‌جایی آن ساده باشد. قطر بالهای آبیاری نیز برای طولهای استاندارد (تا ۴۰۰ متر) حدود ۱۰۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر است.

۲-۲-۱-۱-۴ سیستم آبیاری بارانی بال متحرک^۴

این سیستم همانند سیستم آبفشان غلتان است با این تفاوت که در این سیستم خود بال آبیاری محور چرخها نبوده بلکه شاسیهایی بشکل A مجهز به چرخ هستند و بال آبیاری در بالای آنها قرار گرفته است. بال آبیاری حدود ۱/۵ متر بالای سطح زمین قرار دارد و فاصله چرخها از یکدیگر ۱۵ متر می‌باشد و آبپاشهای تفنگی بر روی لوله تعبیه گردیده است. در این سیستم اگر طول لوله ۴۰۰ متر به شکل استاندارد باشد سطح آبیاری در هر نوبت حدود ۲ هکتار خواهد بود. چون میزان پخش آب از آبپاشها زیاد است (حدود ۱۳ میلی‌متر بر ساعت) بدین لحاظ این سیستم بیشتر برای اراضی شنی و سبک مناسب می‌باشد.

1 - End – tow System

2 - Wheel – Move System (Side Roll)

3 - Hydrant

4 - Lateral Move System (Side Move)

۲-۱-۱-۵ سیستم آبیاری بارانی تفنگی^۱

در سیستمهای آبیاری بارانی تفنگی از آبپاشهایی که به آبپاش تفنگی موسوم می‌باشند، استفاده می‌شود. این نوع آبپاشها با دهانه‌ای به قطر ۱۶ میلی‌متر یا بیشتر که اغلب بر روی یک غلتک یا ارابه چرخدار نصب می‌شوند می‌تواند، با ردیفهای مختلف یا فاصله‌های متفاوت بین گیاهان و ارتفاع آنها هماهنگ شوند.

جنس آبپاشهای تفنگی بسیار مقاوم بوده و در مقابل نیروهای ناشی از بده و فشار کار زیاد مقاومت کافی دارند. آبپاشهای تفنگی براساس چرخش به دو نوع تفکیک می‌شوند:

الف - آبپاش تفنگی با بازوی متحرک: این نوع آبپاشها مانند آبپاشهای کوچک کار می‌کنند. در این سیستم آبپاش تفنگی به وسیله فاشک متحرکی که در انتهای بازوی متحرک قرار دارد می‌چرخد. بین ۲ تا ۵ دقیقه طول میکشد تا آبپاش تفنگی یک چرخش را انجام دهد. آبپاشهای تفنگی قطاعی که تنها قسمتی از یک دایره واقع در پشت ماشین را آبیاری می‌کنند رایج‌تر از آبپاشهای تفنگی با دایره کامل آبیاری هستند زیرا همیشه ماشین روی یک مسیر خشک حرکت می‌کند. مواضع تنظیم‌کننده‌های آبپاشهای تفنگی قابل تنظیم است و قوس آبیاری به اندازه دلخواه تنظیم می‌شود. مثلاً می‌توان یک قوس ۲۷۰ درجه‌ای را آبیاری نمود. همچنین سرعت برگشت آبپاش تفنگی به ابتدای قطاع نیز قابل تنظیم می‌باشد.

ب - آبپاش تفنگی با توربین آبی: این نوع آبپاش تفنگی به ظاهر مشابه نوع بازوی متحرک است اما حرکت آن نرمتر از یک سری حرکات ضربه‌ای تند است. آبپاش تفنگی توربینی را می‌توان برای آبیاری به صورت قطعه‌بندی نیز مورد استفاده قرار داد. در این آبپاشهای تفنگی دو نوع فواره نصب می‌شود، یکی فواره‌هایی که روزنه داخلی آنها مخروطی است و دیگری فواره‌هایی که روزنه داخلی آنها حلقوی است. فواره‌های مخروطی آب را بهتر پخش می‌کنند و کمتر تحت تأثیر وزش باد قرار می‌گیرد و فاصله پرتاب آنها بیشتر از حلقوی است. اما فواره‌های حلقوی در فشار آب کم بهتر آب را پخش می‌کنند که این موضوع در محصولات ظریف و با مقاومت کم بسیار مهم است. اندازه انواع فواره‌ها (قطر داخلی روزنه) بین ۱۵ تا ۱۵۰ میلی‌متر است. زاویه پرتاب آب نسبت به افق در آبپاشهای تفنگی بین ۱۵ تا ۲۷ درجه است. در شرایطی که فشار کار مناسب باشد انتخاب زاویه بسته بهتر است چون الگوی خیس شده بارانی کمتر تحت تأثیر وزش باد قرار می‌گیرد. هر گونه تلاطم در فوران آب، فاصله پرتاب را کاهش می‌دهد. این تلاطم ناشی از طراحی نامناسب سیستم لوله‌کشی، تغییرات ناگهانی در اندازه لوله‌ها و زبری قسمت داخلی آنها می‌تواند باشد. امروزه در فواره آبپاشهای تفنگی پره‌هایی نصب می‌شود که جریان خروج آب از فواره را تنظیم و از ایجاد تلاطم جلوگیری می‌کنند. این سیستمها سرعت پخش زیاد و قطره‌های درشت آب تولید می‌کنند که موجب فشردگی سطح خاک و تشدید مسئله هرزآب می‌شود. به همین دلیل این سیستمها بیشتر برای خاکهای سبک با سرعت نفوذ زیاد و گیاهان زراعی نسبتاً بالغ که تنها نیاز به آبیاری تکمیلی دارند مناسب می‌باشد.

۲-۲-۱-۱-۶ سیستم آبیاری بارانی پیکانی^۱

نوع دیگر از سیستم آبیاری بارانی، لوله‌های چرخان^۲ یا سیستم پیکانی می‌باشد. قسمت اصلی این سیستم از یک دکل لوله‌ای با طول حداکثر ۸۰ متر تشکیل شده که روی آن سوراخهایی به قطر ۴ تا ۸ میلی‌متر تعبیه گردیده و آب را به طور یکنواخت پخش می‌کنند. این دستگاه که بر روی ارابه قرار گرفته با نیروی یک موتور درون سوز یا یک تراکتور حرکت می‌کند. لوله‌های چرخان با فشاری معادل ۵ تا ۶ اتمسفر و با بده ۴۰ تا ۷۵ مترمکعب بر ساعت کار می‌کنند با هر چرخش سطحی به وسعت ۱/۲ هکتار آبیاری می‌شود و میزان پخش آب اغلب کم و در حدود ۷ تا ۱۰ میلی‌متر بر ساعت است. در این سیستم با توجه به میزان پخش آب اغلب به کارگیری ۵۰ میلی‌متر آب ۵ تا ۷ دقیقه طول می‌کشد. علاوه بر مطالبی که در مورد سایر سیستمها گفته شد در آبیاری با لوله‌های چرخان پیکانی باید به نکات زیر توجه داشت :

- موقع انتقال دستگاه از یک محل به محل دیگر لزومی ندارد لوله‌ها از یکدیگر جدا شوند.
- موقع جابه‌جایی ماشین روی اراضی شیبدار بهتر است دستگاه در جهت شیب حرکت داده شود تا عمود بر شیب قرار گیرد.

۲-۲-۱-۲ سیستمهای آبیاری بارانی ثابت

در این سیستم به اندازه کافی بال آبیاری و آبپاش بر روی زمین وجود دارد و نیازی به جابه‌جایی آنها برای آبیاری نیست. این سیستمها انواع مختلف دارند که عمده‌ترین آنها عبارتند از :

۲-۲-۱-۳ بالهای آبیاری قابل حمل^۳

در سیستم بالهای آبیاری قابل حمل، بالها بر روی زمین استقرار دارند و تا زمانی که به آبیاری نیاز باشد. در جای خود ثابت هستند. این سیستم برای زراعتهایی که در نظر باشد جوانه زدن آنها تسریع گردد، استفاده می‌شود، سپس سیستم جمع‌آوری می‌شود و عمل آبیاری با روش دیگری مانند شیاری انجام می‌پذیرد.

در بعضی زراعتها مانند سیب‌زمینی تا برداشت محصول سیستم قابل استفاده است، از معایب این سیستم هزینه کارگری زیاد آن برای باز و بسته کردن لوله‌ها، تعداد زیاد لوله و آبپاش می‌باشد. از مزیت‌های سیستم این است که امکان تغییر روش آبیاری هر چند با مشکل وجود دارد.

1 - Boom System
2 - Rotary Irrigator
3 - Portable Solid Set

۲-۲-۱-۲-۲ بالهای آبیاری دائمی زیرزمینی^۱

در روش بالهای آبیاری ثابت زیرزمینی، تمام لوله‌ها در عمق ۴۰ تا ۷۰ سانتی‌متری زیر خاک کارگذاری می‌شوند و تنها پایه‌های آبیاری از سطح خاک بیرون است. این سیستم مناسب باغات میوه است که درخت به مدت چندین سال در جای خود باقی می‌ماند و سیستم به لحاظ اقتصادی مستهلک می‌گردد. در بعضی شرایط از آبیاریهای بزرگ در فواصل ۲۵ تا ۵۰ متر به کار می‌رود و آبیاریها در طول بال آبیاری جابه‌جا می‌شوند (سیستم آبیاری بارانی آبیاری متحرک). در این حالت به دلیل شعاع زیاد پاشش آبیاری از تعداد بالهای آبیاری و آبیاری مورد نیاز کاسته شده و در نتیجه از هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه به مقدار زیادی کم خواهد شد. به طور کلی سیستمهای ثابت برای گیاهانی که فاصله آبیاری در آنها کم است و یا در شرایطی که بخواهیم از آبیاری بارانی برای خنک کردن گیاه و یا جلوگیری از یخ‌زدگی استفاده کنیم، کارایی بیشتری دارد ولی سیستمهای ثابت آبیاری متحرک در انواع زراعتها کاربرد دارد. ظرفیت این سیستمها بین ۵ تا ۱۰ درصد کمتر از سیستمهای دیگر است، زیرا برای تعویض بالهای آبیاری زمانی لازم نخواهد بود.

۲-۲-۱-۳ سایر سیستمهای آبیاری بارانی ساکن

این سیستمها که شامل سیستم لوله‌های سوراخدار^۲، سیستم آبیاری با لوله‌های شیلنگی^۳ و سیستم باغی^۴ می‌باشد به دلیل قابلیت حمل و نقل و همچنین مصرف کمتر انرژی ساخته شده‌اند. این سیستمها به‌طور عمده در فشارهای ۳/۵ تا ۱۴ متر کار می‌کنند. به طوری که در بسیاری از موارد فشار ناشی از اختلاف ارتفاع سطح زمین این فشار را تأمین می‌کنند و نیازی به استفاده از پمپ نخواهد بود. با این وجود به دلیل شعاع پاشش کم آبیاریها و در نتیجه فاصله کم استقرار بالهای آبیاری که ۶ تا ۹ متر می‌باشد در صورت نیاز به جابه‌جایی این لوله‌ها، نیروی انسانی زیادی نیاز خواهد بود.

۲-۲-۲ سیستمهای متحرک مداوم

این سیستم برخلاف سیستم ثابت در حین آبیاری بر روی زمین حرکت می‌کند و مکان ثابت ندارد. سه نوع عمده آن عبارتند از:

۲-۲-۲-۱ سیستم آبیاری قرقه‌ای^۵

در این سیستم آبیاری سوار بر یک ارابه می‌باشد. شیلنگی قوی و نرم به قطر ۵۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر که به لوله اصلی متصل می‌شود آب را به آبیاری رسانده و روی زمین پخش می‌کند. نوع آبیاری اغلب تفنگی بزرگ و با ظرفیت زیاد است. بده خروجی آبیاری بیش از ۳۰ لیتر بر ثانیه و فشار آب در محل خروجی تفنگی فواره بیشتر از سایر سیستمهای بارانی بوده و حدود ۴۰ تا ۷۰ متر است. فشار آب در لوله با در نظر گرفتن سایر تلفات انرژی به ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر می‌رسد. بیشترین کاربرد این سیستم در

1 - Permanent buried lateral

2 - Perforated Pipe

3 - Hose - fed Sprinklers

4 - Orchard System

5 - Travelling Gun

آبیاریهای تکمیلی است اما برای آبیاری گیاهان بلند مانند ذرت، نیشکر و حتی باغات میوه نیز می‌توان استفاده کرد. محدوده آبیاری این سیستم در قطاعی از دایره با زاویه ۲۷۰ درجه است و جلو ارابه همیشه خشک است، عرض نوار آبیاری بستگی به فشار آب دارد و تا ۱۲۰ متر می‌رسد. طول شیلنگ تا ۲۰۰ متر است و اگر لوله اصلی در وسط زمین قرار گرفته باشد قطعه‌ای به طول ۴۰۰ متر قابل آبیاری است. مسیر حرکت دستگاه در یک نوع آن توسط کابل فولادی که تا انتهای مزرعه کشیده شده و در آن جا محکم بسته شده است و در نوع دیگر توسط خود شیلنگ تعیین می‌شود.

فشار آبیاری میزان پخش آب را کنترل می‌کند. سرعت ارابه به طرف جلو، ارتفاع آب پخش شده روی زمین را تنظیم می‌نماید و اغلب مقدار آن ۱۰ تا ۵۰ متر بر ساعت است. بنابراین هر چه ماشین سریع‌تر حرکت کند، ارتفاع آب پخش شده کمتر خواهد بود. نحوه کار با ماشین به گونه‌ای است که نیازی به کنترل ندارد و در خاتمه هر مرحله از آبیاری به طور خودکار متوقف می‌شود.

۲-۲-۲-۲ سیستم آبیاری دوار^۱

این نوع ماشینها یک بال آبیاری از جنس آهن گالوانیزه دارند که حول یک نقطه ثابت در وسط مزرعه می‌چرخد. این لوله روی پایه‌های فلزی A شکل با حدود ۳ متر ارتفاع از زمین قرار گرفته است. فاصله پایه‌ها از یکدیگر حدود ۳۰ متر و هر پایه نیز به چرخ مجهز است. طول بال آبیاری بین ۱۵۰ تا ۶۰۰ متر متغیر است.

در این سیستم سطح آبیاری دایره‌ای است که وسعت آن با توجه به طول لوله تا ۱۰۰ هکتار می‌رسد و با توجه به مقدار آب مورد نیاز زمان چرخش بین یک تا ۱۰۰ ساعت متغیر است. هر چه سرعت چرخش کمتر باشد مقدار پخش آب بیشتر است. در این سیستم برای حصول یکنواختی توزیع آب میزان پخش آب به طرف انتهای لوله به تدریج افزایش می‌یابد. این کار را می‌توان به دو طریق انجام داد: یکی تغییر اندازه آبیاریها و دیگری تغییر فاصله آبیاریها. اغلب میزان پخش آب نزدیک به نقطه مرکزی ۵ میلی‌متر بر ساعت و در انتهای لوله بیش از ۳۰ میلی‌متر بر ساعت است. خاکهای شنی بهترین نوع خاک برای آبیاری با این سیستم می‌باشد و در اراضی مسطح و ناهموار قابل استفاده است.

از مزایای عمده این سیستم این است که تمام عملیات به طور خودکار صورت می‌گیرد و می‌توان عملیات را از راه دور کنترل نمود. از عمده معایب سیستم سطح آبیاری به شکل دایره است که کناره‌های زمین آبیاری نمی‌شود که باید به کمک آبیاریهای مخصوص و بزرگ در انتهای بال مشکل را برطرف نمود.

۲-۲-۲-۳ سیستم آبیاری آبیاری خطی^۲

این سیستم در اراضی بزرگ با شکل مربع یا مستطیل به کار برده می‌شود و مشابه سیستم آبیاری بارانی آبیاری دوار است و می‌توان آنرا مانند سیستم آبیاری آبیاری دوار به صورت خودکار تبدیل نمود. این روش در اراضی شنی مناسب است ولی در

1 - Center Pivot

2 - Linear – moving Lateral

خاکهای رسی برجهای آن در گل فرو می‌رود و نیاز به خشک شدن زمین می‌باشد. می‌توان با تقسیم کردن زمین به دو بخش کاربرد سیستم را فعال تر نمود. به نحوی که هر بار در یک بخش از زمین و در یک راستا آبیاری انجام شود.

۲-۳- سایر طبقه‌بندیها

در بندهای قبلی طبقه‌بندی رایج سیستمهای آبیاری بارانی تشریح شد. در این قسمت طبقه‌بندی دیگری براساس خصوصیات فیزیکی انجام گرفته است که عبارتند از :

- سیستم قابل حمل یا متحرک^۱
- سیستم نیمه متحرک^۲
- سیستم نیمه ثابت^۳
- سیستم ثابت^۴

در سیستم متحرک لوله اصلی، بال آبیاری، پمپ و متعلقات آن قابل حمل بوده و می‌تواند از مزرعه‌ای به مزرعه‌ای دیگر نقل مکان یابد. در سیستمهای نیمه متحرک، پمپها و محل تأمین آب در آنها ثابت است. در سیستم نیمه ثابت، فقط بالهای آبیاری قابل حمل است. در سیستم ثابت آبیاری بارانی، تمام اجزاء سیستم ثابت می‌باشند، کاربرد این سیستم به دلیل هزینه زیاد چندان مورد توجه زارعین نیست.

۲-۳ طراحی سیستمهای آبیاری ساکن

در سیستمهای آبیاری بارانی ساکن یا مستقر با توجه به آنکه در حین آبیاری، آبپاشها ساکن می‌باشند، اصول حاکم بر طراحی مجموعه انواع روشهای آبیاری بارانی ساکن یکسان می‌باشد، فقط در بعضی موارد ممکن است نوع دستگاه آبیاری یا آبفشان مورد نظر شرایط و یا محدودیت خاصی را از لحاظ طراحی ایجاد کند که در جای خود به آن اشاره خواهد شد. مراحل طراحی سیستمهای آبیاری بارانی ساکن به شرح زیر می‌باشد:

۲-۳-۱ آرایش سیستمهای آبیاری ساکن

آرایش سیستمهای آبیاری ساکن به مفهوم نحوه قرار گرفتن بالهای آبیاری و لوله‌های اصلی در روی زمین و نسبت به یکدیگر می‌باشد. عوامل مؤثر در آرایش سیستمهای آبیاری بارانی ساکن، توپوگرافی زمین، سرعت و جهت باد غالب، مسائل اقتصادی، مسائل بهره‌برداری و موقعیت منبع آب می‌باشد. نحوه آرایش بالهای آبیاری و خطوط لوله اصلی به شرح زیر می‌باشد:

1 - Portable - System
 2 - Semi - Portable System
 3 - System Semi - Permant
 4 - System Permanent

۲-۳-۱-۱ آرایش بالهای آبیاری

در آرایش بالهای آبیاری رعایت ضوابط زیر ضروری می‌باشد:

- از لحاظ توپوگرافی زمین سعی شود بالهای آبیاری در جهت خطوط تراز قرار گیرند. در صورتی که قرار دادن بالهای آبیاری در جهت خطوط تراز امکان‌پذیر نباشد، قرار دادن بالهای آبیاری در جهت سرازیری مشروط بر آنکه اضافه فشار ناشی از اختلاف ارتفاع با افت اصطکاکی خنثی شود امکان‌پذیر می‌باشد.
- از لحاظ باد غالب نیز تا سرعت باد ۶ کیلومتر بر ساعت تأثیری بر روی آرایش بالهای آبیاری نخواهد داشت ولی در سرعتهای بیشتر باد باید بالهای آبیاری عمود بر جهت باد غالب قرار گیرند.
- از لحاظ اقتصادی نیز آرایشهایی که منجر به طول بلند و یا کوتاه بالهای آبیاری می‌شود مناسب نمی‌باشد.
- از لحاظ بهره‌برداری طول بلند بالهای آبیاری مناسب نمی‌باشد. از این لحاظ در سیستمهای متحرک دستی طولهای تا ۱۵۰ متر، در سیستمهای آبپاش متحرک طولهای تا ۲۵۰ متر و در سیستمهای آبفشان غلطان طولهای تا ۴۰۰ متر مناسب می‌باشند.

۲-۳-۱-۲ آرایش لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

در آرایش خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی باید نکات زیر مد نظر قرار گیرد:

- مسیر خطوط لوله‌های اصلی و نیمه اصلی به نحوی انتخاب شود که کوتاهترین فاصله بین آبگیر مزرعه و بالهای آبیاری یا قطعات آبیاری باشد.
- مسیر خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی به نحوی انتخاب شود که بیشترین قطعات آبیاری یا بالهای آبیاری را تحت پوشش قرار دهد.
- با توجه به وظیفه آبرسانی این لوله‌ها به بالهای آبیاری و نحوه آرایش بالهای آبیاری، اغلب لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در وسط قطعه زراعی و در جهت شیب و بر روی خط‌الرأس قرار می‌گیرند.
- از لحاظ اقتصادی آرایشهایی که منجر به طولهای بلند و یا کوتاه خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی می‌شود مقرون به صرفه نمی‌باشد.
- از لحاظ بهره‌برداری استفاده از طولهای بلند لوله‌های اصلی و نیمه اصلی مناسب نمی‌باشد، از این نظر طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی که آب را در بین بالهای آبیاری توزیع می‌کنند تا ۵۰۰ متر مناسب‌تر می‌باشد.
- آرایش لوله‌های اصلی و نیمه اصلی به نحوی صورت پذیرد که از لحاظ هیدرولیکی وضعیت مناسبی داشته باشد و بتوان فشار مناسب را در ابتدای بالهای آبیاری تأمین نمود.

۲-۳-۲ انتخاب آبپاش

مهم‌ترین عواملی که در انتخاب آبپاش باید در نظر گرفت به شرح زیر است:

۲-۳-۱-۲-۱ سرعت نفوذ آب در خاک و بیشترین شدت پخش آب توسط آبیاش

به منظور جلوگیری از ایجاد رواناب در سطح زمین، شدت پخش آب باید کمتر از سرعت نفوذ آب در خاک باشد. کمترین سرعت نفوذ آب برای دستیابی به توزیع نسبتاً خوب و بازدهی قابل قبول برابر ۰/۳۸ سانتی‌متر در ساعت تحت شرایط آب و هوایی مناسب می‌باشد. این رقم در شرایط دمای زیاد و باد شدید افزایش می‌یابد.

بیشترین شدت پخش آب توسط آبیاشها با توجه به بافت و وضعیت فیزیکی خاک و شیب اراضی به شرح جدول ۲-۲ پیشنهاد شده است. برای طرحهای با اهمیت، لازم است که آزمایشهای لازم به عمل آمده و بیشترین سرعت نفوذ آب معین گردد.

جدول ۲-۲- شدت پخش حداکثر آب در آبیاشها با توجه به مشخصات خاک

و شیب اراضی (سانتی‌متر در ساعت) [۴۲]

شیب اراضی (درصد)				بافت در نیمرخ خاک	ردیف
۱۶-۱۲	۱۲-۸	۸-۵	۵-۰		
۱/۲۷	۲/۵۴	۳/۸۱	۵/۰۸	خاک شنی درشت تا عمق ۱/۸ متری	۱
۱/۰۲	۱/۹۱	۲/۵۴	۳/۸۱	خاکهای شنی درشت روی خاکهای فشرده‌تر	۲
۱/۰۲	۱/۵۲	۲/۰۳	۲/۵۴	لومهای شنی سبک تا عمق ۱/۸ متری	۳
۰/۷۶	۱/۰۲	۱/۲۷	۱/۹۱	لومهای شنی سبک روی خاکهای فشرده‌تر	۴
۰/۵۱	۰/۷۶	۱/۰۲	۱/۲۷	لومهای سیلتی تا عمق ۱/۸ متری	۵
۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۶۴	۰/۷۶	لومهای سیلتی روی خاکهای فشرده‌تر	۶
۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۸	رسهای بافت ریز با لومهای رسی	۷

۲-۳-۲-۲ محاسبه شدت پخش آب

شدت پخش آب، میزان آب باریده شده به زمین توسط آبیاش در واحد زمان می‌باشد. این میزان آب برابر است با عمق ناخالص آبیاری (dg) برای تأمین آب مورد نیاز گیاه در یک دور آبیاری و یا معادل بخشی از آن در مدت زمانی پخش آب از رابطه زیر بررسی می‌شود:

$$I_g = \frac{dg}{T\alpha} \quad (۱-۲)$$

Ig = سرعت پخش ناخالص آب از طریق آبیاش (میلی‌متر بر ساعت)

$dg =$ عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)

$T\alpha =$ زمان آبیاری در هر نوبت یا هر استقرار (ساعت)

با توجه به آنکه قسمتی از آب پخش شده توسط آبیاشها به علت تلفات تبخیر و باد از دسترس گیاه خارج می‌گردد، بنابراین مقدار خالص سرعت پخش که نشان‌دهنده سرعت پخش آبی است که واقعاً به زمین می‌رسد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_a = I_g \times R_e \quad (2-2)$$

$I_a =$ سرعت پخش خالص آب (میلی‌متر بر ساعت)

$I_g =$ سرعت پخش ناخالص آب (میلی‌متر بر ساعت)

$R_e =$ قسمت مؤثر آب پخش شده از آبیاش (اعشاری)

در طراحی سیستمهای آبیاری بارانی باید به گونه‌ای عمل شود که مقدار خالص سرعت پخش آب از میزان نفوذپذیری نهایی خاک کمتر باشد تا از بروز تلفات رواناب سطحی جلوگیری به عمل می‌آید.

۲-۳-۳-۳ زمان آبیاری آبیاش

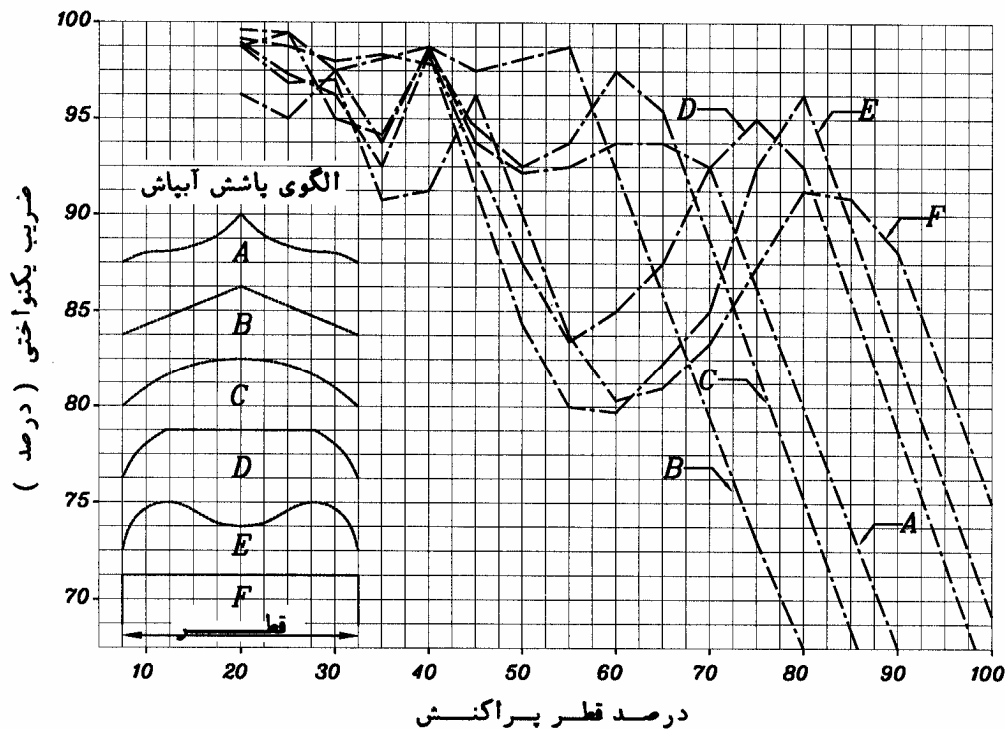
برای محاسبه زمان آبیاری در قدم اول می‌توان سرعت پخش آب را معادل سرعت نهایی نفوذ خاک در نظر گرفت و زمان آبیاری را با توجه به رابطه ۱-۲ محاسبه نمود. زمان آبیاری در سیستمهای آبیاری بارانی باید یک عدد صحیح و یا حداکثر دارای اعشار ۳۰ دقیقه‌ای باشد. علاوه بر این در سیستمهای آبیاری بارانی متحرک دوره‌ای که بعد از آبیاری هر موضع برای جابه‌جایی بال آبیاری به محل استقرار بعدی زمان و نیروی کارگری صرف می‌شود، تعداد جابه‌جاییها در روز به حداکثر ۳ جابه‌جایی و زمان آبیاری در هر شبانه روز نیز به ۲۲ ساعت (با توجه به زمان جابه‌جایی بال یا ماشین آبیاری) محدود می‌شود. بنابراین در این نوع از سیستمهای آبیاری زمان آبیاری باید ۷، ۱۱ و یا ۲۲ ساعت باشد. در صورتی که زمان آبیاری در سیستمهای آبیاری بارانی متحرک دوره‌ای یکی از این مقادیر نباشد و یا آنکه در سایر سیستمهای ساکن عدد صحیح نباشد می‌توان با تغییر عمق ناخالص آبیاری و یا سرعت پخش به زمان آبیاری مطلوب دست یافت.

۲-۳-۳-۴ آرایش آبیاشها

آرایش آبیاشها به سه صورت مربع، مستطیل و مثلثی امکان‌پذیر می‌باشد. الگوی مربعی و مثلثی از لحاظ یکنواختی پخش آب بهتر از الگوی مستطیلی می‌باشد. اما به دلایل اقتصادی الگوی مستطیلی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوی مثلثی نیز در سیستمهای آبیاری بارانی آبیاش متحرک بیشترین کاربرد را دارد. این الگو علیرغم آنکه در مناطق بادخیز همپوشانی بهتری نسبت به سایر الگوها دارد برای سایر سیستمهای متحرک دوره‌ای به دلیل مشکل بهره‌برداری کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۳-۵ فاصله آبپاشها

منظور از فاصله آبپاشها، فاصله آبپاشها روی بال آبیاری (SI) و فواصل استقرار بالهای آبیاری بر روی لوله اصلی (Sm) می‌باشد. در تعیین فاصله آبپاشها، به نحوی عمل می‌شود که ضریب یکنواختی مورد نظر طراحی به دست آید (در خصوص ضریب یکنواختی مناسب در فصل اول توضیح لازم ارائه گردیده است). برای این منظور می‌توان از شکل ۲-۱ استفاده نمود.



شکل ۲-۱ - ضریب یکنواختی برای آبپاشهای مختلف با توجه به منحنی توزیع آب از آنها

برای این منظور ابتدا فاصله آبپاشها حدس زده می‌شود. سپس با توجه به نوع آبپاش مورد نظر و قطر پاشش آن درصد قطر برای بال آبیاری و برای لوله اصلی به طور جداگانه و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\%Dia = \frac{Sm \text{ یا } SI}{Dw} \quad (۲-۳)$$

Sm = فاصله بالهای آبیاری بر روی لوله اصلی (متر)

SI = فاصله آبپاشها بر روی بال آبیاری (متر)

Dw = قطر پاشش آبپاش (متر)

%Dia = درصد قطر برای لوله اصلی یا بال آبیاری (اعشاری)

سپس با توجه به درصد قطر محاسبه شده برای بال آبیاری و لوله اصلی و استفاده از شکل ۲-۱ با توجه به نوع الگوی پاشش آبپاش (الگوهای A و B برای آبپاشهای دو نازله، الگوهای C و D برای آبپاشهای تک نازله و الگوی F برای آبپاش تفنگی می‌باشد). دو ضریب یکنواختی به دست می‌آید. حاصلضرب ضریب یکنواختی بال آبیاری و لوله اصلی ضریب یکنواختی آبیاری می‌باشد. در صورتی که این ضریب یکنواختی از مقدار مورد نظر طراحی کمتر باشد لازم است که با تغییر فاصله آبپاشها یا تغییر نوع آبپاش انتخابی محاسبات تکرار شود.

همچنین باید توجه داشت که قطر پاشش آبپاشها ارائه شده در دفترچه راهنمای کارخانه‌ها، مربوط به شرایط بدون باد می‌باشد. در شرایط مزرعه (سرعت باد تا ۵ کیلومتر بر ساعت) ۱۰ درصد از قطر پاشش کم می‌شود. علاوه بر این در شرایط بادخیز بودن منطقه به ازای هر ۱/۶ کیلومتر بر ساعت بیش از ۵ کیلومتر بر ساعت سرعت باد نیز ۲/۵ درصد از قطر پاشش کم می‌شود.

علاوه بر این باید توجه داشت که در سیستمهای آبیاری بارانی متحرک دستی یا سایر سیستمهایی که از لوله‌های آلومینیومی استفاده می‌کنند، فاصله آبپاشها باید مضربی از عدد سه باشد. همچنین در سیستمهای آبفشان غلتان علاوه بر اینکه فاصله آبپاشها بر روی بال آبیاری مضربی از عدد سه می‌باشد. فاصله آبپاشها بر روی لوله اصلی (Sm) نیز تابعی از محیط چرخ دستگاه آبفشان می‌باشد.

همچنین به عنوان یک دستورالعمل کلی باید در نظر داشت که در صورت انتخاب آرایش مستطیلی به دلیل مزیت‌های اقتصادی، همواره فاصله SI کوچکتر از Sm انتخاب شود.

۲-۳-۲-۶ بده و فشار آب در آبپاش

چون آبپاشها به شکل روزنه عمل می‌کنند، رابطه بده و فشار در آبپاشها تابع رابطه هیدرولیکی روزنه و به شرح زیر است:

$$q = Kd\sqrt{Pa} \quad (۴-۲)$$

Pa = فشار متوسط برای کارکرد مطلوب آبپاشها (متر)

Kd = ضریب آبپاش (ضریب آبپاش که بستگی به نوع آبپاش و نازل دارد و از طریق جداول تهیه شده توسط شرکت سازنده

برای محدوده تغییرات فشار کارکرد و یا از جدول ۲-۳ به دست می‌آید.

$$q = \text{بده آبپاش (لیتر بر ثانیه)}$$

تغییرات فشار موجب کاهش یا افزایش میزان بده آبپاش می‌شود و در نهایت بازده آبیاری را تغییر می‌دهد. در این ارتباط سعی می‌شود که تغییرات فشار در طول لوله آبد از ۲۰ درصد فشار کارکرد آبپاش تجاوز ننماید تا تغییرات بده آبپاش کمتر از ۱۰ درصد باشد. چنانچه تغییرات فشار بیش از حد مذکور باشد نیاز به تمهیداتی نظیر تنظیم‌کننده فشار در پایه آبپاش و یا کنترل‌کننده جریان در داخل آبپاش می‌باشد.

بده آبپاش باید به گونه‌ای باشد که سرعت پخش آب مطلوب با فواصل تنظیم شده، برای آبپاش حاصل شود. بدین منظور در سیستمهای آبیاری بارانی ساکن برای محاسبه بده آبپاش از رابطه ۲-۵ استفاده می‌شود.

$$q = \frac{I_g \times S_m \times S_e}{3600} \quad (5-2)$$

q = بده آبیاری (لیتر بر ثانیه)

I_g = سرعت پخش ناخالص آب از طریق آبیاری (میلی متر بر ساعت)

S_1 = فاصله آبیاریها بر روی بال آبیاری (متر)

S_m = فاصله استقرار بالهای آبیاری بر روی لوله اصلی (متر)

۲-۳-۲-۱ زاویه پرتاب آبیاری

طرز قرار گرفتن دهانه آبیاری و زاویه‌ای که نسبت به افق تشکیل می‌دهد، زاویه پرتاب آب از آبیاری می‌باشد. شدت، جهت و وزش باد از مهم‌ترین عامل‌های توزیع مطلوب آبیاری به شمار می‌آید.

در سرعت‌های باد کم، آبیاری‌های دارای زاویه پرتاب بالا، در شرایط فشار حداقل، بهترین نتایج را به دست می‌دهند. در سرعت‌های زیاد باد، زاویه پرتاب باید کمتر از ۲۲ درجه انتخاب شود. دامنه تغییرات سرعت باد به شرح زیر دسته‌بندی شده است:

- سرعت باد کم (صفر تا ۶/۴ کیلومتر بر ساعت)
- سرعت باد ملایم (۶/۴ تا ۱۶ کیلومتر بر ساعت)
- سرعت باد زیاد (۱۶ تا ۲۴ کیلومتر بر ساعت)
- سرعت باد بسیار زیاد (۲۴ تا ۳۲ کیلومتر بر ساعت)

جدول ۲-۳ بده آبپاش q (لیتر بر ثانیه) قطر تر شده DW (متر) برای آبپاشهای ضربه‌ای با قطر یاتاقان $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ اینچ،

زاویه پرتاب ۲۲ تا ۲۸ درجه و فواره استاندارد بدون پره* [۲]

قطر نازل - اینچ																	فشار آبپاش (متر)	
$\frac{7}{32}$ (۵/۶)	$\frac{13}{64}$ (۵/۲)	$\frac{3}{16}$ (۴/۸)	$\frac{11}{64}$ (۴/۴)	$\frac{5}{32}$ (۴/۰)	$\frac{9}{64}$ (۳/۶)	$\frac{1}{8}$ (۳/۲)	$\frac{7}{64}$ (۲/۸)	$\frac{3}{32}$ (۲/۴)										
DW	q	DW	q	DW	q	DW	q	DW	Q	DW	Q	DW	q	DW	q	DW	q	
										**				۲۲/۳	۰/۰۹۸	۱۹/۲	۰/۰۷۲	۱۴
								۲۵/۰	۰/۲۲۲	۲۴/۱	۰/۱۸۲	۲۳/۲	۰/۱۴۲	۲۳/۲	۰/۱۰۹	۱۹/۵	۰/۰۸۰	۱۷
۲۹/۳	۰/۴۷۸	۲۸/۶	۰/۴۱۰	۲۷/۷	۰/۳۴۷	۲۶/۸	۰/۲۹۳	۲۵/۹	۰/۲۴۳	۲۴/۴	۰/۱۹۹	۲۳/۵	۰/۱۵۶	۲۳/۵	۰/۱۱۹	۱۹/۸	۰/۰۸۸	۲۱
۳۰/۵	۰/۵۲۰	۲۹/۶	۰/۴۴۵	۲۸/۶	۰/۳۷۷	۲۷/۴	۰/۳۱۷	۲۶/۵	۰/۲۶۲	۲۴/۷	۰/۲۱۴	۲۳/۸	۰/۱۶۹	۲۳/۵	۰/۱۲۹	۲۰/۱	۰/۰۹۵	۲۴
۳۱/۱	۰/۵۵۶	۳۰/۲	۰/۴۷۶	۲۹/۳	۰/۴۰۴	۲۸/۰	۰/۳۳۹	۲۶/۸	۰/۲۸۱	۲۵/۰	۰/۲۳۰	۲/۱	۰/۱۸۱	۲۳/۸	۰/۱۳۹	۲۰/۴	۰/۱۰۲	۲۸
۳۱/۷	۰/۵۹۲	۳۰/۸	۰/۵۰۵	۲۹/۹	۰/۴۲۹	۲۸/۶	۰/۳۶۰	۲۷/۱	۰/۲۹۸	۲۵/۳	۰/۲۴۳	۲۴/۴	۰/۱۹۲	۲۴/۱	۰/۱۴۶	۲۰/۷	۰/۱۰۸	۳۱
۳۲/۳	۰/۶۲۳	۳۱/۴	۰/۵۳۳	۳۰/۵	۰/۵۲	۲۹/۰	۰/۳۷۹	۲۷/۴	۰/۳۱۴	۲۵/۶	۰/۲۵۳	۲۴/۷	۰/۲۰۳	۲/۴	۰/۱۵۵	۲۱/۰	۰/۱۱۳	۳۵
۳۲/۶	۰/۶۵۲	۳۱/۷	۰/۵۵۸	۳۰/۸	۰/۴۷۴	۲۹/۳	۰/۳۹۷	۲۷/۷	۰/۳۲۹	۲۵/۹	۰/۲۶۸	۲۵/۰	۰/۲۱۴	۲۴/۴	۰/۱۶۳	۲۱/۳	۰/۱۱۹	۳۸
۳۲/۹	۰/۶۷۸	۳۲/۰	۰/۵۸۳	۳۱/۱	۰/۴۹۵	۲۹/۶	۰/۴۱۴	۲۸/۰	۰/۳۴۴	۲۶/۲	۰/۲۷۹	۲۵/۳	۰/۲۲۳	۲۴/۷	۰/۱۷۰	۲۱/۶	۰/۱۲۵	۴۲
۳۳/۲	۰/۷۰۰	۳۲/۳	۰/۶۰۶	۳۱/۴	۰/۵۱۷	۲۹/۹	۰/۴۳۱	۲۸/۳	۰/۳۶۰	۲۶/۵	۰/۲۹۳	۲۵/۶	۰/۲۳۲					۴۵
۳۳/۵	۰/۷۱۹	۳۲/۶	۰/۶۲۸	۳۱/۷	۰/۵۳۶	۳۰/۲	۰/۴۴۷	۲۸/۶	۰/۳۷۳	۲۶/۸	۰/۳۰۴	۲۵/۶	۰/۲۴۰					۴۸
۰/۱۰۵۹		۰/۰۹۰۷		۰/۰۷۶۹		۰/۰۶۴۵		۰/۰۵۳۵		۰/۰۴۳۷		۰/۰۳۴۴		۰/۰۲۶۳		۰/۰۱۹۴		Kd***

* کاربرد پره‌های مستقیم‌کننده یا لوله‌های نازل با طول زیاد، قطر تر شده را تقریباً ۵ درصد افزایش می‌دهد (پره‌های مستقیم‌کننده یا لوله‌های نازل با طول زیاد خصوصاً در آبپاشهای با سایز نازل بزرگ به

منظور افزایش شعاع پاشش به کار می‌رود).

** خطوط افقی، محدوده حداقل فشار قابل توصیه را نشان می‌دهد.

*** ضریب آبپاش در رابطه ۲-۴

۲-۳-۱ تعیین قطر نازل و مشخصات هیدرولیکی آبیاش

مشخصات هیدرولیکی آبیاش با توجه به شدت پخش مورد نیاز، فواصل استقرار و بده مورد نیاز آبیاش تعیین می‌گردد. از آنجا که تعیین بده مورد نیاز و فواصل استقرار نیز بستگی به مشخصات هیدرولیکی دارد، فرآیند انتخاب آبیاش یک فرآیند رفت و برگشتی می‌باشد. بدین نحو که ابتدا چند نوع آبیاش مناسب با توجه به عوامل اقتصادی و فنی در نظر گرفته می‌شود سپس مشخصات هیدرولیکی آنها تعیین و از میان آنها بهترین آبیاش که بیشترین تطابق را با معیارهای طراحی داشته باشد انتخاب می‌شود. برای انتخاب آبیاشهایی که بیشترین تطابق را با معیارهای طراحی داشته باشند از جدول ۲-۴ نیز می‌توان به عنوان یک راهنمای کلی استفاده نمود. نحوه استفاده از این جدول بدین صورت است که ستون شدت پخش آب را براساس نزدیکترین ارقام به شدت پخش محاسبه شده انتخاب نموده و با ردیف مربوط به فاصله آبیاش انتخابی تقاطع داده و مشخصات آبیاش مناسب شامل قطر و تعداد روزنه، فشار کارکرد، بده آبیاش، قطر پراکنش و ضریب یکنواختی تعیین می‌گردد. در انتخاب نهایی علاوه بر موارد بالا، نکات زیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد:

- مشخصات آبیاش منتخب باید به مشخصات محاسبه شده نزدیک باشد.
- مشخصات آبیاش منتخب باید با مشخصات فنی تولیدات کارخانه سازنده مطابقت کند
- آبیاشها باید دارای کیفیت بالا، طول عمر بیشتر و قیمت مناسب باشند.

۲-۳-۳ طراحی بال آبیاری

در سیستمهای آبیاری بارانی ساکن، بالهای آبیاری از جنس پلی اتیلن و آلومینیوم می‌باشند. این لوله‌ها در رو یا زیرزمین قرار گرفته و اغلب دارای قطرهای ۵۰ تا ۷۵ برای لوله‌های پلی اتیلن و قطرهای ۲ تا ۴ اینچ در لوله‌های آلومینیومی می‌باشند. بالهای آبیاری اغلب در جهت خطوط تراز قرار گرفته و طراحی هیدرولیکی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در طراحی بالهای آبیاری مسائلی از قبیل: طول، قطر، ظرفیت، فشار لازم در ابتدای لوله و کنترل تغییرات مجاز فشار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۳-۳-۱ افت مجاز فشار در بالهای آبیاری

برای آنکه یکنواختی پخش و در نتیجه بازده آبیاری درحد مناسبی باشد. باید تغییرات بده آبیاشها در طول بال آبیاری از ۱۰ درصد بده متوسط آبیاشها تجاوز نکند. برای رسیدن به چنین هدفی تغییرات فشار در طول بال آبیاری نباید از ۲۰ درصد فشار متوسط آبیاشها بیشتر شود. برای این منظور افت فشار مجاز در بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(\Delta H)_a = 0/2 \times H_a \quad (۲-۶)$$

$(\Delta H)_a$ = افت مجاز فشار در طول بال آبیاری (متر)

H_a = فشار متوسط آبیاشها (متر)

جدول ۲-۴ راهنمای انتخاب آبیاش* [۲]

شدت پخش آب (سانتیمتر بر ساعت)										آبیاش	
۱/۳۳ تا ۱/۲۰	۱/۱۹ تا ۱/۰۸	۱/۰۷ تا ۰/۹۵	۰/۹۴ تا ۰/۸۲	۰/۸۱ تا ۰/۷	۰/۶۹ تا ۰/۵۷	۰/۵۶ تا ۰/۴۴	۰/۴۳ تا ۰/۳۱	۰/۳ تا ۰/۱۹	۰/۱۸ تا ۰/۸	مشخصات	فاصله
-/۲۱۷×۰/۲۳۸	-/۲۱۷×۰/۲۳۸	-/۳۵۷	-/۳۱۷	-/۳۱۷	-/۲۷۸	-/۲۳۸	-/۲۳۸	-/۱۹۸	-/۱۵۹	قطر روزنه آبیاش (سانتی متر) فشار متوسط (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	۶×۱۲
۲/۸۱	۲/۲۵	۲/۳۶	۲/۸۱	۲/۳۹	۲/۴۶	۳/۱۶	۲/۱۱	۲/۱۱	۲/۱۱	بده (لیتر بر ثانیه)	
-/۲۶۵	-/۲۲۳	-/۲۱۴	-/۱۸۳	-/۱۵۸	-/۱۲۹	-/۱۰۱	-/۰۸۲	-/۰۵	-/۰۳۲	قطر پراکنش (متر)	
۲۲/۸	۲۲/۲	-/۲۴	۲۳/۴	۲۲/۲	۲۱/۶	۲۱/۶	۲۰/۴	۱۹/۵	۱۸/۳	ضریب یکنواختی	
%۹۰	%/۹۰	%۸۴	%۸۴	%۸۴	%۸۴	%۸۴	%۸۴	%۸۴	%۸۴		
-/۳۹۷×۰/۲۳۸	-/۳۹۷×۰/۲۳۸	-/۳۵۷×۰/۲۳۸	-/۳۹۷	-/۳۵۷	-/۳۱۷	-/۲۷۸	-/۲۳۸	-/۲۳۸	-/۱۹۸	قطر روزنه آبیاش (سانتی متر) فشار متوسط (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	۹×۱۲
۳/۰۲	۲/۴۶	۲/۶۷	۲/۸۱	۳/۱۶	۳/۳۰	۳/۱۶	۳/۵۲	۲/۱۱	۲/۱۱	بده (لیتر بر ثانیه)	
-/۳۹۱	-/۳۴۷	-/۳۰۹	-/۲۹۰	/۲۴۰	-/۱۸۹	-/۱۵۸	-/۱۰۷	-/۰۸۲	-/۰۵	قطر پراکنش (متر)	
۲۶/۴	۲۵/۵	۲۳/۱	۲۶/۴	۲۵/۵	۲۲/۹	۲۲/۵	۲۲/۲۰	۲۰/۴۰	۱۹/۵	ضریب یکنواختی	
%۹۰	-/۸۸	%۸۸	%۸۵	%۸۳	%۸۳	%۸۲	%۸۳	%۸۲	%۸۱		
-/۳۷×۰/۲۳۸	-/۲۹۷×۰/۳۱۷	-/۴۳۷	-/۳۹۷	-/۳۹۷	-/۳۵۷	-/۳۱۷	-/۲۷۸	-/۲۳۸	-/۲۳۸	قطر روزنه آبیاش (سانتی متر) فشار متوسط (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	۹×۱۵
۳/۲۳	۲/۸۱	۳/۸۷	۳/۸۷	۳/۱۶	۳/۵۲	۳/۱۶	۲/۸۱	۲/۱۸	۱/۷۶	بده (لیتر بر ثانیه)	
-/۴۹۲	-/۴۵۴	-/۳۹۱	-/۳۴۱	-/۳۰۹	-/۲۵۲	-/۱۹۶	-/۱۴۵	-/۰۹۵	-/۰۷۳	قطر پراکنش (متر)	
۲۷/۶	۲۶/۱	۲۹/۱	۲۷/۳	۲۷/۰	۲۵/۸۰	۲۴/۹	۲۱/۹	۲۱/۳	۱۹/۸	ضریب یکنواختی	
%۹۰	-/۸۶	%۸۶	-/۸۵	%۸۴	%۸۶	%۸۶	-/۸۸	%۸۳	%۸۳		
-/۴۳۷×۰/۳۱۷	-/۳۹۷×۰/۳۱۷	-/۳۹۷×۰/۳۱۷	-/۳۹۷×۰/۲۳۸	-/۳۹۷×۰/۲۳۸	-/۳۱۷×۰/۲۳۸	-/۳۵۷	-/۳۱۷	-/۲۷۸	-/۲۳۸	قطر روزنه آبیاش (سانتی متر) فشار متوسط (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	۱۲×۱۲
۳/۰۲	۲/۸۱	۲/۶۴	۲/۸۱	۲/۴۶	۲/۸۱	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۱۱	۱/۷۶	بده (لیتر بر ثانیه)	
-/۵۲۴	-/۴۶۷	-/۴۲۳	-/۳۷۸	-/۳۳۴	-/۲۶۵	-/۲۱۴	/۱۷۰	-/۱۲۶	-/۰۷۳	قطر پراکنش (متر)	
۲۷/۳	۲۷/۳	۲۵/۵	۲۶/۷	۲۵/۲	۲۲/۸	۲۵/۵	۲۳/۱	۲۰/۷	۱۹/۸	ضریب یکنواختی	
%۹۰	%۹۰	%۹۰	%۸۹	%۸۸	%۸۷	%۸۶	%۸۲	%۷۸	%۷۷		

* سرعت باد - صفر تا ۶/۴ کیلومتر بر ساعت

با توجه به شیب بال آبیاری، افت مجاز اصطکاکی بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$(Hfl)a = (\Delta Hl)a - \Delta E \quad (7-2)$$

$(Hfl)a$ = افت اصطکاکی مجاز در بال آبیاری (متر)

$(\Delta Hl)a$ = افت مجاز فشار در بال آبیاری (متر)

ΔE = اختلاف ارتفاع انتها و ابتدای بال، مثبت برای سربالایی و منفی برای سرازیری (متر)

۲-۳-۳-۲ طول بال آبیاری

طول بالهای آبیاری تابعی از ابعاد قطعه آبیاری، افت مجاز فشار و نوع سیستم آبیاری می‌باشد. بنابراین طول بال آبیاری به نحوی تعیین می‌گردد که علاوه بر انطباق با ابعاد قطعات آبیاری، افت فشار در طول بال آبیاری نیز از افت مجاز فشار کمتر باشد. علاوه بر این در بعضی از سیستمهای آبیاری به دلیل ماهیت سیستم و یا مشکلات بهره‌برداری، طول بال محدود می‌باشد.

۲-۳-۳-۲ بده بال آبیاری

بده بال آبیاری بستگی به تعداد و بده آبپاشها دارد. در مرحله طراحی اولیه که بده آبپاشها مشخص ولی تعداد آنها به‌طور دقیق تعیین نشده است، بده بال آبیاری با توجه به یک پیش فرض از طول بال و تعداد آبپاشها و با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Q_1 = Ns \times qa \quad (8-2)$$

Q_1 = بده بال آبیاری (لیتر بر ثانیه)

Ns = تعداد آبپاشهای روی یک بال

qa = بده متوسط آبپاشها (لیتر بر ثانیه)

۲-۳-۳-۲ قطر بال آبیاری

قطر بالهای آبیاری بستگی به بده، طول و افت مجاز فشار در بال آبیاری دارد. با این وجود با توجه به نوع سیستمها نیز محدودیتهایی از لحاظ قطر بال آبیاری وجود دارد. به عنوان مثال در سیستمهای آبیاری آبفشان غلتان به‌طور عمده قطر بال آبیاری ۴ اینچ می‌باشد و در سیستمهای آبیاری متحرک دستی نیز قطر بال ۲، ۳ و ۴ اینچ می‌باشد. در سیستم آبپاش متحرک

نیز به دلایل اقتصادی و فنی قطر بال ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر می‌باشد. در مرحله طراحی اولیه یک قطر (با توجه به محدودیت‌های ذکر شده) برای بال آبیاری حدس زده می‌شود و سپس با توجه به طول فرض شده، افت فشار بال آبیاری محاسبه و با افت فشار مجاز مقایسه می‌شود و در صورت عدم تناسب، قطر و یا طول بال کم و یا زیاد می‌شود تا حالت بهینه اقتصادی و هیدرولیکی به دست آید.

۲-۳-۵ افت فشار در بالهای آبیاری

افت فشار در یک بال آبیاری دارای آبپاش از افت فشار همان لوله ولی بدون خروجی کمتر است، زیرا با خروج آب از آبپاش، بده آب لوله کاهش می‌یابد. روش کریستیانسن در مورد بال آبیاری دارای چند خروجی، مورد قبول همگان است. در این روش ابتدا افت فشار ناشی از اصطکاک برای یک بال بدون خروجی محاسبه می‌شود و سپس آن را در یک عدد F که بستگی به تعداد خروجی‌ها (آبپاشها) دارد ضرب می‌نمایند.

برای تخمین افت فشار ناشی از اصطکاک در بالهای آبیاری و همچنین لوله‌های اصلی می‌توان از معادله هیزن ویلیامز استفاده نمود:

$$H_f = 1/212 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1/852} \times D^{-4/87} \times F \quad (9-2)$$

H_f = افت فشار ناشی از اصطکاک (متر)

L = طول لوله (متر)

Q = بده لوله (لیتر بر ثانیه)

C = ضریب اصطکاک که تابعی از جنس لوله است

D = قطر داخلی لوله (میلی‌متر)

F = ضریب کریستیانسن برای لوله‌های دارای خروجی

مقدار C با توجه به قطر لوله، سرعت جریان، کیفیت آب، گذشت زمان و ... تغییر می‌نماید. در جداول پیوست شماره ۲

مقادیر C در فرمول هیزن ویلیامز، مقدار J (افت اصطکاک در طول ۱۰۰ متر لوله) برای لوله آلومینیومی قابل حمل و مقدار F برای تعداد خروجیهای مختلف ارائه شده است.

برای محاسبه ضریب کاهش‌دهنده F از معادله کریستیانسن نیز می‌توان استفاده نمود. برای این منظور هنگامی که اولین

خروجی به فاصله SI از لوله اصلی قرار دارد از رابطه ۲-۱۰ و زمانی که اولین خروجی در فاصله $SI/2$ از لوله اصلی قرار دارد از رابطه ۲-۱۱ استفاده می‌شود.

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \quad (10-2)$$

$$F = \left(\frac{2N}{2N-1} \right) \left(\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right) \quad (11-2)$$

m = توان سرعت (بده) در معادله محاسبه افت (در معادله هیزن ویلیامز = $1/852$)

N = تعداد خروجی‌ها در بال آبیاری

علاوه بر افت اصطکاکی در طول لوله‌ها، در داخل اتصالات، متعلقات و شیرآلات نیز مقداری افت وجود دارد که به افت‌های جزئی موسوم می‌باشد. میزان افت اصطکاکی در یک اتصال خاص بستگی به دو عامل نوع اتصال و سرعت جریان دارد فرمول کلی برای محاسبه افت‌های جزئی به صورت زیر می‌باشد:

$$H_f = K \frac{V^2}{2g} \quad (12-2)$$

H_f = افت جزئی اتصالات (متر)

K = ضریب مقاومت برای اتصالات و شیرآلات (پیوست ۲ جداول ۴ و ۵)

V = سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)

g = شتاب ثقل زمین (متر بر مجذور ثانیه)

۲-۳-۳-۶ افت اصطکاکی در بالهای آبیاری چندقطری (تلسکوپی)

به منظور رعایت ملاحظات اقتصادی و دستیابی به یکنواختی توزیع فشار در بالهای آبیاری می‌توان قطر بالهای آبیاری را متناسب با کاهش بده در طول آنها کوچکتر کرد. ولی در عمل استفاده از بیش از یک قطر در طول بال آبیاری از لحاظ بهره‌برداری مشکل می‌باشد و قابل توصیه نمی‌باشد. چنانچه در بال آبیاری از دو قطر استفاده شود و L_1 طول قسمتی از لوله که دارای قطر بزرگتر (D_1) و L_2 طول قسمتی از لوله که دارای قطر کوچکتر (D_2) باشد، افت اصطکاکی در طول بال از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_f = (H_f)_{D1L} - (H_f)_{D1L2} + (H_f)_{D2L2} \quad (13-2)$$

H_f = افت اصطکاکی در طول بال آبیاری (متر)

$(H_f)_{D1L}$ = افت اصطکاکی در تمام طول لوله محاسبه شده با قطر بزرگتر D_1 (متر)

$(H_f)_{D1L2}$ = افت اصطکاکی در طول L_2 محاسبه شده با قطر بزرگتر D_1 (متر)

$(H_f)_{D2L2}$ = افت اصطکاکی در طول L_2 محاسبه شده با قطر کوچکتر D_2 (متر)

۲-۳-۳-۲ سرعت مجاز در بال آبیاری

بیشترین سرعت مجاز آب در بال آبیاری جهت جلوگیری از ضربات ناشی از ضربه قوچ و کمترین آن جهت جلوگیری از رسوبگذاری در داخل لوله می‌باشد. بدین لحاظ بیشترین سرعت مجاز در داخل بال آبیاری که اغلب در ابتدای بال اتفاق می‌افتد ۲/۱ متر بر ثانیه و کمترین آن که اغلب در انتهای آن رخ می‌دهد ۰/۷ متر بر ثانیه می‌باشد.

۲-۳-۳-۱ فشار ابتدای بال آبیاری

برای محاسبه فشار در محل اتصال بال آبیاری به لوله اصلی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Hl = Ha + \alpha Hf + 0/5 He + Hr \quad (۱۴-۲)$$

Hl = فشار مورد نیاز در ابتدای بال (متر)

Ha = فشار متوسط کارکرد آبیاری (متر)

Hf = افت فشار در لوله در اثر اصطکاک (متر)

He = اختلاف ارتفاع در دو سر لوله که در لوله‌های سربالایی مثبت و در لوله‌های سرازیری منفی در نظر گرفته می‌شود (متر)

Hr = ارتفاع پایه آبیاری (متر)

α = برای بالهای دارای یک قطر برابر ۰/۷۵ و برای بالهای دارای دو قطر ۰/۶۳ می‌باشد.

۲-۳-۴ طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

لوله‌های اصلی در حقیقت آب را از ایستگاه پمپاژ یا سایر منابع تأمین‌کننده فشار گرفته توسط لوله‌های نیمه اصلی و به بالهای آبیاری مربوط به واحدهای زراعی و یا قطعات آبیاری می‌رساند. بنابراین میزان بده در این نوع لوله‌ها نیز برحسب محل‌های انشعاب کم می‌شود. اغلب لوله‌های اصلی و نیمه اصلی از جنس پلی‌اتیلن، پی‌وی‌سی، آزیست و یا فولادی می‌باشند. در طراحی این لوله‌ها باید با انتخاب قطر مناسب (با در نظر گرفتن فشار در ابتدای شبکه) برای مقاطع مختلف، میزان فشار مورد نیاز در ورودی همه بالهای آبیاری را تأمین نمود.

۲-۳-۴-۱ افت مجاز فشار در لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

به منظور ایجاد یکنواختی فشار در بالهای آبیاری و در نتیجه رسیدن به یکنواختی پخش مناسب در آبیاریها، تغییرات فشار در طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی نباید از ۱۵ تا ۲۰ درصد فشار متوسط کارکرد آبیاریها تجاوز کند. برای این منظور افت فشار مجاز در لوله اصلی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(\Delta Hm) a = 0/2 \approx 0/15 (Ha) \quad (۱۵-۲)$$

$a(\Delta hM) =$ افت فشار مجاز در طول لوله اصلی (متر)

$H_a =$ فشار متوسط آبپاشها (متر)

با توجه به شیب لوله اصلی و نیمه اصلی، افت مجاز اصطکاکی در طول لوله اصلی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(H_{fm})_a = (\Delta H_m)_a - \Delta E \quad (۱۶-۲)$$

$(H_{fm})_a =$ افت اصطکاک مجاز در لوله اصلی و نیمه اصلی (متر)

$(\Delta H_m)_a =$ افت مجاز فشار در لوله اصلی و نیمه اصلی (متر)

$\Delta E =$ اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای لوله اصلی و نیمه اصلی برای سربالایی مثبت و برای سرازیری منفی در نظر گرفته شود (متر)

۲-۳-۴-۲ طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

طول لوله‌های اصلی و نیمه اصلی بستگی به محل آبیگر اصلی مزرعه و مسیر انتقال آب دارد. با توجه اینکه مسیر انتقال متناسب با تعداد قطعات زراعی و آرایش بالهای آبیاری می‌باشد، در نتیجه بده به صورت قابل ملاحظه‌ای برای قطعات زراعی مختلف کاسته می‌شود. در طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی هر قطعه از لوله به طور جداگانه‌ای به عنوان طولی از لوله اصلی که بده مشخصی را انتقال می‌دهد در محاسبات مدنظر قرار می‌گیرد و بهتر است طول لوله اصلی و نیمه اصلی مضربی از طول طی شده توسط یک بال آبیاری در یک دور آبیاری و یا طول قطعات زراعی باشد.

۲-۳-۴-۳ بده لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

بده جریان در لوله‌های اصلی و نیمه اصلی از حاصل جمع بده مورد نیاز لوله‌ها و بالهای آبیاری انشعابی از آنها که با توجه به برنامه‌ریزی آبیاری به صورت هم‌زمان آبیاری می‌شوند تعیین می‌گردد.

۲-۳-۴-۴ قطر لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

قطر لوله‌های اصلی و نیمه اصلی با توجه به بده، طول و افت مجاز به نحوی تعیین می‌گردد که افت اصطکاکی از افت مجاز در طول لوله اصلی و نیمه اصلی بیشتر نشود.

۲-۳-۴-۵ افت اصطکاکی در لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

افت اصطکاکی در لوله‌های اصلی و نیمه اصلی به‌طور عمده شامل افت در طول لوله‌ها و افت در اتصالات می‌باشد. افت اصطکاکی (افت کلی) در طول لوله‌ها با توجه به بده و طول لوله از رابطه ۲-۹ محاسبه می‌شود. همچنین اتصالاتی مانند زانوها، سراهی‌ها، کاهنده‌ها و افزاینده‌ها، تبدیل‌ها، شیرها، کنتورها و غیره باعث افت فشار می‌شوند (افتهای جزئی)، که باید با افت اصطکاکی جمع گردد.

۲-۳-۴-۶ سرعت مجاز آب در لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

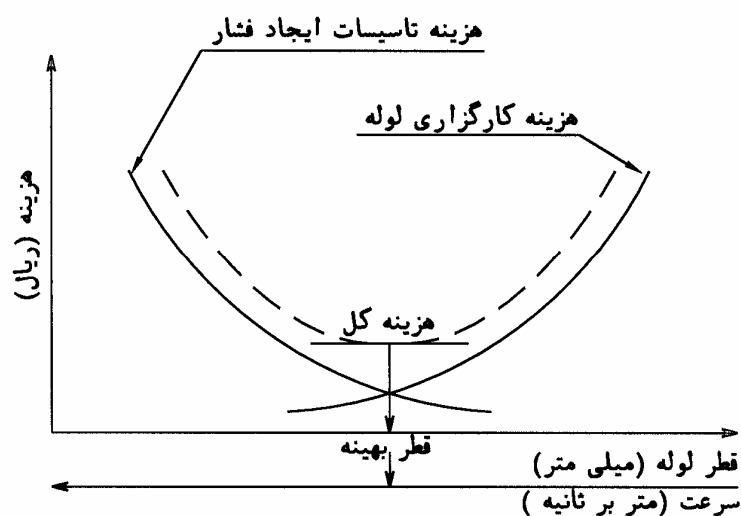
کمترین سرعت مجاز در خطوط لوله از لحاظ رسوبگذاری و تجمع هوا مهم می‌باشد. حد پایین سرعت از لحاظ رسوبگذاری بستگی به نوع و میزان مواد موجود در آب دارد. سرعتی که مانع رسوبگذاری و تجمع هوا در خطوط لوله می‌شود 0.7 تا 1 متر بر ثانیه می‌باشد.

بیشترین سرعت مجاز در خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی نیز از لحاظ کنترل ضربه قوچ و جلوگیری از ترکیدگی لوله‌ها اهمیت دارد. از این لحاظ بیشترین سرعت بستگی به جنس لوله‌ها داشته و $1/5$ تا $2/5$ متر بر ثانیه می‌باشد. سرعت $1/5$ برای لوله‌هایی که از استحکام کمتری برخوردارند مانند لوله‌های آذبت سیمان و بتنی و سرعت $2/5$ برای لوله‌های مقاوم‌تر مانند لوله‌های فولادی توصیه می‌گردد.

۲-۳-۴-۷ سرعت اقتصادی

برای محاسبه سرعت اقتصادی جریان آب که همان سرعت آب در قطر اقتصادی می‌باشد و منجر به کاهش هزینه‌ها خواهد شد باید مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های جاری را برای انتقال یک بده مشخص با چند قطر لوله محاسبه و مقایسه نمود. قطری که کمترین هزینه را داشته باشد قطر اقتصادی و سرعت آب در این قطر سرعت اقتصادی نامیده می‌شود (شکل ۲-۲).

به طور معمول سرعت‌های 0.6 تا $1/2$ متر بر ثانیه برای قطرهای تا 500 میلی‌متر و 0.8 تا 1 متر بر ثانیه برای قطرهای بزرگتر از 500 میلی‌متر جزء سرعت‌های معمول اقتصادی هستند. ولی بهتر است با توجه به مشخصات هر طرح این تحلیل به طور جداگانه انجام گرفته و سرعت‌های اقتصادی به طور دقیق مشخص شوند.



شکل ۲-۲- سرعت و قطر بهینه در لوله‌های اصلی انتقال آب

از آنجایی که هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه اغلب در ابتدای کار پرداخت می‌شود و هزینه‌های جاری به طور سالیانه و در طول عمر مفید طرح می‌باشد مقایسه این دو به صورت خام امکان‌پذیر نمی‌باشد. برای این منظور باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه را در ضریبی به نام ضریب بازگشت سرمایه ضرب نمود تا به هزینه ثابت سالیانه تبدیل شود. روش محاسبه این ضریب و پارامترهای مربوط در رابطه ۱-۴۱ بیان گردیده است.

برای محاسبه هزینه تأمین انرژی نیز با توجه به افت اصطکاکی محاسبه شده برای لوله از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$Pf = \frac{\gamma \times Q \times Hf}{\eta_p \times \eta_m \times \eta_f} \times Pu \times TS \times 10^{-6} \quad (۱۷-۲)$$

Pf = هزینه تأمین انرژی (ریال)

γ = وزن مخصوص آب (نیوتن بر متر مکعب)

Q = بده خط لوله (لیتر بر ثانیه)

Hf = افت اصطکاکی در خط لوله (متر)

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

TS = زمان کارکرد خط لوله در طول فصل (ساعت)

η_p = بازده پمپ (اعشار)

η_m = بازده موتور (اعشار)

η_f = بازده مواد سوختی (کیلو وات ساعت بر لیتر) که برای گازوییل ۳، برای بنزین با سیستم آب خنک ۲/۱ و برای بنزین

با سیستم هوا خنک ۱/۴ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۴-۱ توزیع فشار در خطوط لوله اصلی و نیمه اصلی

به منظور کنترل فشار در محل انشعابها، آبگیرها و همچنین نقاط پستی و بلندی خط لوله باید خط انرژی را در طول لوله محاسبه نمود. مقدار انرژی در هر نقطه که برابر مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی در آن نقطه می‌باشد، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Hf(1-2) \quad (۱۸-۲)$$

Z = رقوم مرکز خط لوله (متر از سطح دریا)

$$= \frac{P}{\gamma} = \text{ارتفاع فشار در مرکز خط لوله (متر)}$$

$$= \frac{V^2}{2g} = \text{ارتفاع جنبشی ناشی از سرعت آب (متر)}$$

$$H_f = \text{افت اصطکاکی در بین دو نقطه (متر)}$$

با توجه به آنکه اغلب مقداری انرژی در ابتدای خط لوله مشخص می‌باشد با استفاده از رابطه بالا در سایر نقاط می‌توان مقدار انرژی یا فشار را به دست آورد. برای محاسبه فشار استاتیک نیز در این رابطه مقدار افت اصطکاکی صفر در نظر گرفته شده و مقدار فشار محاسبه می‌شود.

با مشخص شدن مقدار فشار دینامیکی و استاتیکی و همچنین رسم خط انرژی در طول لوله می‌توان نسبت به طراحی هیدرولیکی انجام گرفته اظهار نظر نمود و همچنین نسبت به انتخاب نوع لوله‌ها و کلاس فشاری آنها تصمیم‌گیری کرد.

۴-۲ طراحی سیستمهای آبیاری بارانی متحرک

سیستمهای آبیاری بارانی متحرک به‌طور عمده به سه نوع آبفشان دوار، آبفشان خطی و آبفشان قرقره‌ای محدود می‌شود که با توجه به تفاوت‌های قابل توجه آنها نسبت به یکدیگر، روش طراحی آنها به‌طور جداگانه مطرح خواهد شد.

۴-۲-۱ طراحی سیستم آبیاری بارانی آبفشان قرقره‌ای

دستگاه آبیاری آبفشان قرقره‌ای شامل یک لوله پلی‌اتیلن (شیلنگ) طویل پیچیده شده به دور یک قرقره و یک آبپاش سوار بر روی یک ارابه می‌باشد. در ابتدای آبیاری شیلنگ از دور قرقره باز شده و ارابه به انتهای مزرعه برده می‌شود و با شروع آبیاری به تدریج شیلنگ پلی‌اتیلن جمع شده و ارابه به طرف قرقره کشیده می‌شود.

کشیدن ارابه در این دستگاه به دو روش می‌باشد: در یک روش که به نوع آمریکایی معروف است ارابه توسط کابل کشیده می‌شود (شکل ۲-۳-الف) و در روش دیگر که نوع اروپایی می‌باشد ارابه توسط خود شیلنگ کشیده می‌شود (شکل ۲-۳-ب)، کاربرد روش اروپایی راحت‌تر می‌باشد ولی در عوض به شیلنگ‌های ضخیم‌تری نیاز دارد.

در طراحی سیستمهای آبیاری آبفشان قرقره‌ای باید توجه داشت که طراح در طراحی دستگاه آبفشان نقشی ندارد و فقط می‌تواند دستگاهی را انتخاب کند که متناسب با شرایط طرح باشد. بنابراین در این قسمت بیشتر نحوه انتخاب اجزاء طراحی از قبیل آرایش سیستم، نوع آبپاش، سرعت و فواصل استقرار بیان می‌شود:

۴-۲-۱-۱ آرایش سیستم آبیاری آبفشان قرقره‌ای

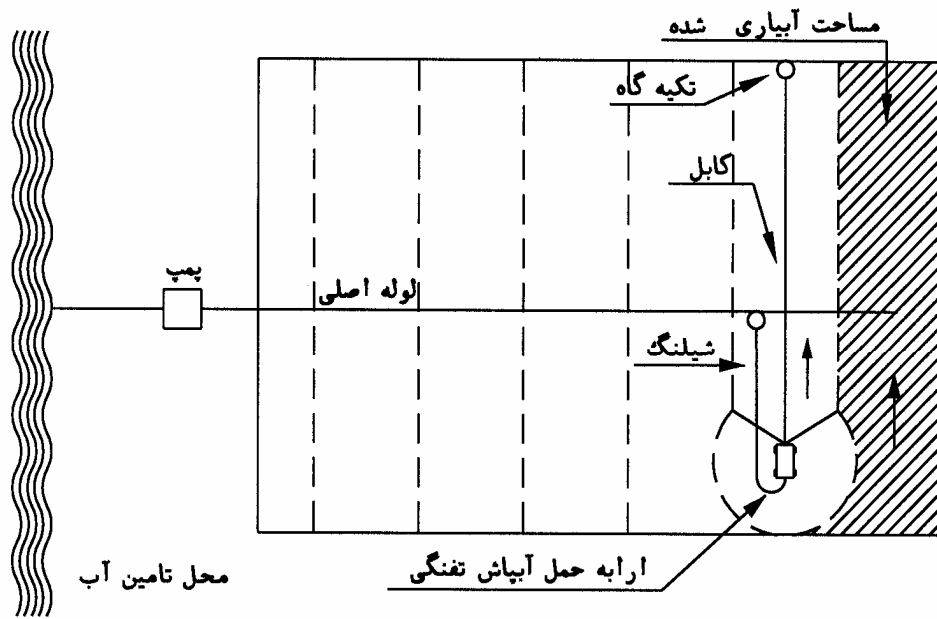
در آرایش سیستمهای آبیاری آبفشان قرقره‌ای ضوابط زیر باید در نظر گرفته شود:

- سیستم طوری طراحی شود که در روز به یک یا حداکثر ۲ استقرار بیشتر نیاز نداشته باشد.

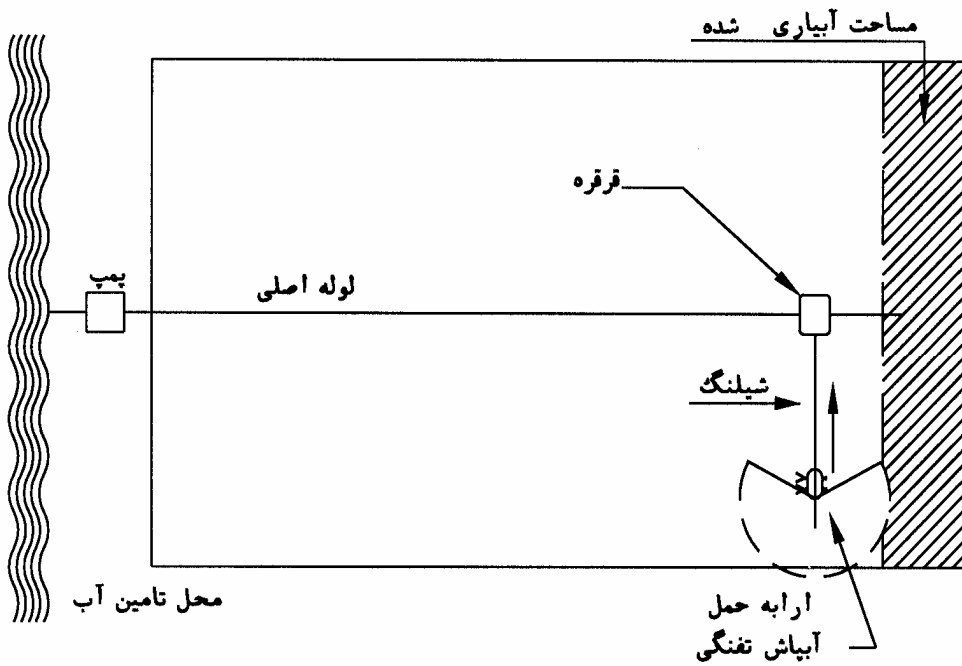
- اغلب برای هر استقرار حدود یک ساعت وقت لازم است. بنابراین دستگاه نمی‌تواند بیشتر از ۲۲ تا ۲۳ ساعت در روز کار کند.
- چون این نوع ماشینها از کنار زمین شروع به کار کرده و به انتها می‌رسند لذا در دو انتها حدود ۵۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز تأمین می‌شود.
- مسیر حرکت ماشین در جهت ردیفهای کشت در نظر گرفته شود. اما اگر سرعت باد غالب از ۸ کیلومتر بر ساعت تجاوز کند باید جهت حرکت ماشین را عمود بر جهت باد انتخاب کرد تا تلفات ناشی از باد زیاد نباشد.
- سرعت پخش آب در این ماشینها بین ۷/۵ تا ۱۵ میلی‌متر بر ساعت بوده لذا به مقدار آبی حدود ۲۰ تا ۴۰ لیتر بر ثانیه نیاز است.
- اگر نفوذپذیری خاک کم است (کمتر از ۷/۵ میلی‌متر بر ساعت) باید از دستگاههای متناسب با آبیاری مورد نیاز استفاده کرد و در صورت نیاز تعداد آنها را زیاد نمود.
- زمین باید به تعدادی نوار (یا مسیر حرکت) مساوی تقسیم شود تا بتوان تعداد استقرارها را به دست آورد. بدین منظور زمین به تعدادی نوار مساوی، برابر قطر دایره خیس شده تقسیم می‌شود (با در نظر گرفتن همپوشانی لازم).
- آرایش نهایی بستگی به ترکیب عواملی مانند تعداد مسیرها، مقدار همپوشانی مسیرها، ضریب یکنواختی توزیع، اندازه آبپاش و فشار آبپاش دارد.
- شکل زمین در آرایش سیستم مؤثر است. اگر زمین ابعاد منظم داشته باشد طول مسیرهای حرکت مساوی است اما اگر ابعاد زمین نامنظم باشد طول مسیرهای حرکت یکسان نخواهد بود. زمینهای نامنظم باید طوری به قطعات مختلف تقسیم شوند که برای هر یک از ماشینها طول حرکت تا حد امکان یکسان باشد.
- اگر در انتخاب محل منبع آب آزادی عمل باشد، آب به نقطه‌ای منتقل شود که کمترین طول لوله اصلی، کابل و شیلنگ را نیاز داشته باشد.
- اگر در انتخاب مسیر حرکت به لحاظ ردیفهای گیاهی محدودیت نباشد امتداد مسیر حرکت باید عمود بر جهت شیب و در امتداد خطوط تراز زمین باشد.

۲-۴-۱-۲ انتخاب آبپاش

اغلب در دستگاههای آبفشان قرقره‌ای از آبپاشهای تفنگی استفاده می‌شود. ولی در بعضی موارد به منظور کاهش قطر ذرات آب و یا کاهش شدت پخش آب از بوم استفاده می‌شود که در آن به جای یک آبپاش تفنگی بزرگ از چند آبپاش کوچک بهره گرفته می‌شود. در انتخاب آبپاش تفنگی باید خصوصیات زیر متناسب با شرایط کاری دستگاه در نظر گرفته شود:



الف - نوع کابل کش



ب - نوع شیلنگ بیج

شکل ۲-۳- دستگاه آبفشان قرقره‌ای

۲-۴-۱-۲-۱ نوع فواره (نازل)

فواره‌هایی که در آبشهای تفنگی متداول می‌باشند از دو نوع حلقوی^۱ و مخروطی^۲ (تنگ‌شونده) می‌باشند. فواره حلقوی دارای قطره‌های ریزتر آب می‌باشد و بنابراین برای شرایط باد آرام و یا زمانی که هنوز گیاهان در مرحله اولیه رشد هستند و گیاهان و خاک آسیب‌پذیر هستند توصیه می‌شود ولی فواره مخروطی به دلیل ایجاد قطره‌های درشت‌تر برای شرایط باد شدیدتر و یا در مراحل بعدی رشد گیاه توصیه می‌گردد.

۲-۴-۱-۲-۲ زاویه پاشش

زاویه پاشش در آبشهای تفنگی دستگاه آفشان قرقره‌ای بین ۱۸ تا ۳۲ درجه است. انتخاب زاویه پاشش بستگی به سرعت باد دارد. در سرعت‌های زیاد باد زاویه ۲۰ تا ۲۱ درجه در سرعت‌های متوسط باد زاویه ۲۳ تا ۲۵ و در سرعت‌های کم باد زاویه ۲۶ تا ۲۸ درجه توصیه می‌گردد.

۲-۴-۱-۲-۳ زاویه چرخش آبپاش

سطح خیس شده در آبشهای تفنگی دستگاه آفشان قرقره‌ای قابل کنترل بوده و می‌تواند دایره کامل یا قطاعی از دایره، باشد. با افزایش زاویه چرخش آبپاش از شدت پخش کاسته شده و یکنواختی پخش نیز کم می‌شود. چگونگی توزیع آب توسط آبشهای تفنگی تحت زاویه چرخش ۱۸۰ تا ۳۶۰ در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. از آنجا که برای حرکت دستگاه بهتر است که مسیر ارابه خشک باشد لذا اغلب از زاویه چرخش ۲۷۰ درجه استفاده می‌شود.

۲-۴-۱-۲-۴ بده قطر دایره خیس شده

بده آبشهای تفنگی مانند سایر آبشها تابع فشار و قطر روزنه آبپاش بوده و از همان رابطه ۲-۴ محاسبه می‌شود. برای این منظور مقادیر Kd در جدول ۲-۵ ارائه شده است. در این جدول مقادیر بده آبپاش و قطر دایره خیس شده آبشهای تفنگی با فواره‌های مخروطی به ازاء فشارهای مختلف ارائه شده است. این جدول برای فواره‌های حلقوی نیز به کار برده می‌شود. با این تفاوت که قطر دایره خیس شده ۵ درصد کمتر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۴-۱-۲-۵ شدت پخش

برای جلوگیری از ایجاد رواناب، مشخصات آبپاش انتخابی باید به نحوی باشد که شدت پخش آب کمتر از شدت نفوذپذیری خاک باشد. برای محاسبه شدت پخش ناخالص آب از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$I_g = \frac{6/4 \times 10^6 \times q}{\pi \times D_w^2 \times W} \quad (۱۹-۲)$$

1 - Orifice-ring

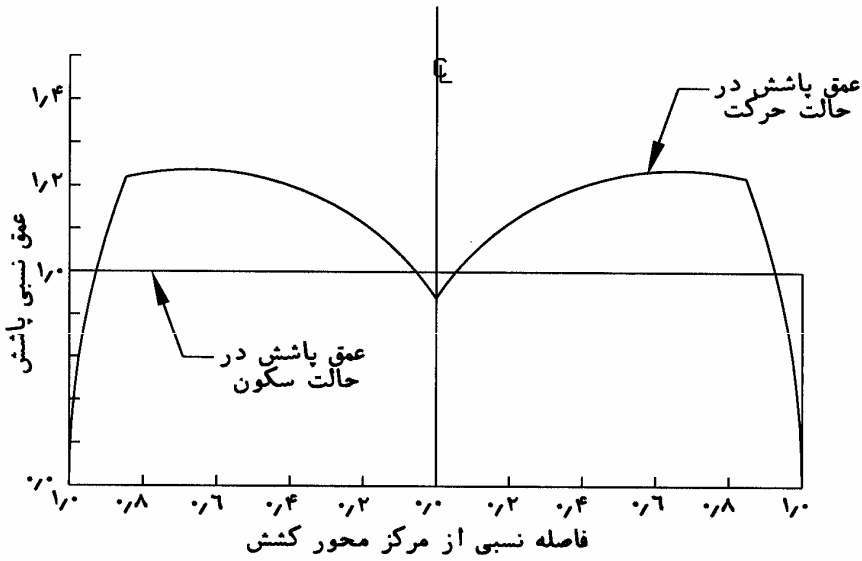
2 - Tanered

Ig = شدت پخش ناخالص آب (میلی متر بر ساعت)

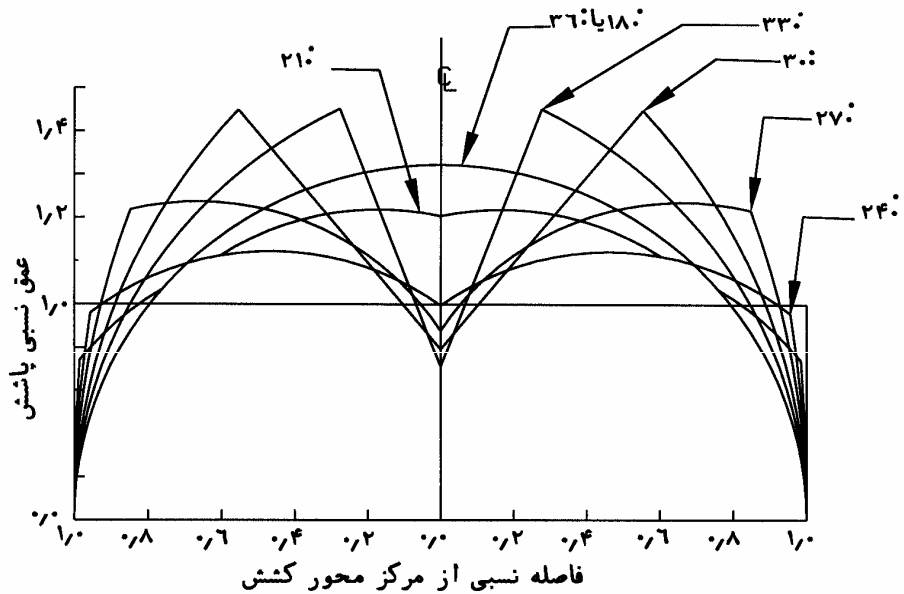
q = بده آبیاش تفنگی (لیتر بر ثانیه)

Dw = قطر دایره خیس شده توسط آبیاش (متر)

W = زاویه چرخش آبیاش (درجه)



الف - توزیع آب در آبیاش با زاویه ۲۷۰ درجه



ب - توزیع آب در آبیاش برای سایر زوایا

شکل ۲-۴ - توزیع آب در آبیاشهای تفنگی

جدول ۲-۵- مقادیر بده آبپاش تفنگی با روزنه مخروطی [۱۰]

قطر روزنه (میلی متر)										فشار آبپاش متر
۴۰		۳۵		۳۰		۲۵		۲۰		
بده آبپاش q (لیتر بر ثانیه) و قطر خیس شده DW (متر)										
Dw	q	Dw	q	Dw	q	Dw	q	Dw	Q	
-	-	-	-	۱۱۱	۲۰/۸	۹۹	۱۴/۲	۸۷	۹	۴۰
-	-	۱۳۳	۳۰/۳	۱۱۶	۲۲/۴	۱۰۴	۱۵/۵	۹۱	۹/۸	۴۷
۱۴۶	۴۲/۶	۱۳۹	۳۲/۵	۱۲۰	۲۴/۰	۱۰۸	۱۶/۴	۹۴	۱۰/۴	۵۳
۱۵۱	۴۵/۱	۱۴۳	۳۴/۴	۱۲۵	۲۵/۵	۱۱۱	۱۷/۳	۹۸	۱۱	۶۰
۱۵۵	۴۷/۶	۱۴۶	۳۶/۳	۱۲۸	۲۶/۸	۱۱۴	۱۸/۳	۱۰۱	۱۱/۷	۶۷
۱۵۸	۴۹/۸	۱۴۹	۳۸/۲	۱۲۱	۲۸	۱۱۷	۱۹/۲	۱۰۴	۱۲/۳	۷۳
۱۶۳	۵۲	۱۵۲	۳۹/۷	۱۳۴	۲۹/۳	۱۲۰	۲۰/۲	۱۰۷	۱۲/۹	۸۱
۵/۸۲		۴/۴۴		۳/۲۸		۲/۲۵		۱/۴۳		Kd

۲-۴-۱-۳-۱ فواصل استقرار دستگاه آبفشان قرقره‌ای

فواصل استقرار دستگاه آبفشان بر روی لوله اصلی بستگی به قطر دایره پاشش آبپاش و سرعت باد دارد، به طوری که هرچه سرعت باد بیشتر باشد فواصل مسیرهای حرکت آبپاش به هم نزدیک‌تر انتخاب می‌شود تا همپوشانی بیشتری به وجود آمده و یکنواختی تأمین گردد. در جدول (۲-۶) فاصله بین مسیرهای حرکت آبپاش (فواصل استقرار دستگاه) در سرعت‌های مختلف باد به صورت درصدی از قطر دایره خیس شده ارائه گردیده است.

جدول ۲-۶ - فاصله بین مسیرهای حرکت آبفشان قرقره‌ای [۲۴]

فاصله بین مسیرهای حرکت بر حسب درصد قطر دایره خیس شده		سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)
فواره حلقوی	فواره مخروطی	
۸۰	۸۰	۰-۳/۲
۷۰	۷۵	۳/۲-۸
۶۰	۶۵	۸-۱۶
۵۰	۵۵	>۱۶

شدت پخش خالص آب Ia که در حقیقت نشان دهنده مقدار آب ریخته شده بر روی زمین می‌باشد با توجه به تلفات ناشی از باد از رابطه ۲-۲ محاسبه می‌شود.

۲-۳-۱-۴-۲ زمان استقرار آبپاش در ابتدا و انتهای مسیر حرکت

در روش آبفشان قرقه‌ای در صورتی که آبیاری از روی مرزها شروع شود، مقداری از آب به اراضی مجاور ریخته و هدر خواهد شد و در صورتی که آبیاری با فاصله‌ای از مرز شروع شود ممکن است که اراضی مجاور مرز به اندازه کافی آب دریافت نکنند. برای اینکه اراضی به اندازه کافی آب دریافت کنند لازم است که فاصله شروع آبیاری از مرزها و همچنین زمان استقرار آبپاش تنظیم شود. برای این منظور می‌توان از جدول ۲-۷ برای تنظیم فاصله و زمان استقرار آبپاش استفاده کرد.

جدول ۲-۷- فاصله و مدت استقرار آبپاش در ابتدا و انتهای مسیر حرکت [۴۲]

ردیف	موقعیت آبپاش	فاصله استقرار آبپاش از مرز	مدت استقرار آبپاش
۱	آبپاش در ابتدای مسیر حرکت و بدون آبیاری اراضی مجاور	$\frac{Dw}{3}$	$\frac{Dw}{3 \times Vt} \left(\frac{W}{360} \right)$
۲	آبپاش در ابتدای مسیر حرکت و با آبیاری اراضی مجاور به‌صورت هم جهت	.	.
۳	آبپاش در ابتدای مسیر حرکت با آبیاری اراضی مجاور در جهت مختلف	$\frac{Dw}{3} \left(1 - \frac{W}{360} \right)$.
۴	آبپاش در انتهای مسیر حرکت بدون آبیاری اراضی مجاور	$\frac{Dw}{3} \left(\frac{W - 180}{180} \right)$	$\frac{Dw}{3 \times Vt} \left(\frac{W}{360} \right)$
۵	آبپاش در انتهای مسیر حرکت با آبیاری اراضی مجاور به‌صورت هم جهت	.	.
۶	آبپاش در انتهای مسیر حرکت با آبیاری اراضی مجاور در جهت مخالف	.	$\frac{Dw}{3 \times Vt} \left(1 - \frac{W}{360} \right)$

Dw = قطر دایره خیس شده (متر)

W = زاویه چرخش آبپاش (درجه)

Vt = سرعت جمع شدن شیلنگ (متر بر ثانیه)

۲-۴-۱-۳-۳ سرعت حرکت آبپاش

ارابه آبپاش تفنگی در روش آبفشان قرقره‌ای باید با سرعت ثابت حرکت کند تا بیشترین یکنواختی آب تأمین شود. همچنین سرعت حرکت ارابه (سرعت جمع شدن شیلنگ) باید به نحوی انتخاب شود که در هر روز یک یا حداکثر دو جابه‌جایی در روز مورد نیاز باشد. سرعت حرکت ارابه بستگی به بده آبپاش، عمق ناخالص آبیاری و فواصل استقرار دستگاه داشته و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_t = \frac{Q}{St \times dg} \quad (2-20)$$

V_t = سرعت حرکت دستگاه (متر بر ثانیه)

Q = بده آبپاش (لیتر بر ثانیه)

St = فواصل استقرار دستگاه (متر)

dg = عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)

چنانچه سرعت محاسبه شده از رابطه فوق مناسب نباشد، با تغییر قطر روزنه، فشار ورودی آبپاش و یا عمق ناخالص آبیاری به نحوی اصلاح می‌شود که سرعت دستگاه متناسب با شرایط بهره‌برداری باشد.

۲-۴-۱-۳-۴ فشار ورودی به دستگاه آبفشان قرقره‌ای

فشار ورودی به دستگاه متأثر از فشار مورد نیاز آبپاش و افت اصطکاکی شیلنگ و توربین دستگاه می‌باشد و اغلب توسط کارخانه سازنده اعلام می‌شود و فقط در مواردی که دستگاه بر روی شیب قرار می‌گیرد باید اثر اختلاف ارتفاع نیز بر روی فشار ورودی مورد نیاز دستگاه دیده شود.

۲-۴-۱-۴-۲ طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی سیستم آبیاری بارانی آبفشان قرقره‌ای از همان ضوابط ارائه شده برای طراحی لوله‌های اصلی سیستمهای آبیاری بارانی ساکن تبعیت می‌کند.

۲-۴-۲ طراحی سیستم آبیاری بارانی آبفشان دوار

سیستمهای آبیاری آبفشان دوار از یک بال آبیاری طویل تشکیل شده است که حول یک نقطه ثابت گردش می‌کند. آب از نقطه مرکزی وارد بال آبیاری می‌شود. بال آبیاری بر روی برجهایی که به فواصل ۲۴ تا ۷۶ متر از یکدیگر قرار گرفته و توسط کابلهای نگهدارنده تثبیت می‌شوند قرار می‌گیرد. برجها روی چرخهایی که با نیروی محرکه الکتریکی حرکت می‌کنند قرار دارند. بال آبیاری در طی چرخش حول نقطه مرکزی همواره در یک خط راست قرار دارد. در امتداد قرار گرفتن بال آبیاری از طریق

حرکت برجها صورت می‌گیرد. کنترل حرکت برجها نیز از طریق اتصال الکتریکی کابلی است که روی لوله قرار گرفته است. سرعت حرکت بال آبیاری توسط آخرین (دورترین) برج کنترل می‌شود و حرکت سایر برجها به تبعیت از آن به‌طور خودکار تنظیم می‌شود.

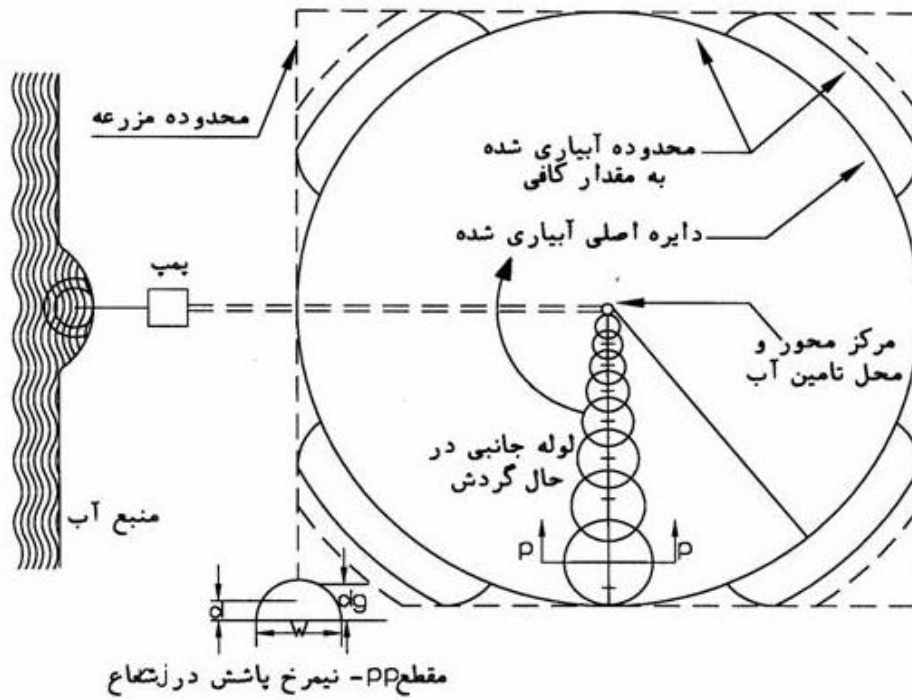
۲-۴-۱ آرایش سیستم آبیاری بارانی آبفشان دوار

- در آرایش سیستمهای آبیاری بارانی آبفشان دوار نکات زیر را باید رعایت کرد:
- در این سیستم آب به‌طور قطع باید به یک نقطه مرکزی هدایت شود.
 - ترجیحاً لوله‌های انتقال زیرزمینی باشند مگر در شرایطی که برجها لوله اصلی را قطع نکنند و یا تمهیداتی به این منظور در تقاطعها پیش‌بینی شود.
 - در این روش اراضی به صورت دایره‌ای آبیاری می‌گردد. به منظور آبیاری گوشه‌های زمین که در حدود ۲۰ درصد از مساحت اراضی را تشکیل می‌دهند، می‌توان از سیستمهای گوشه پاش (بال آبیاری اضافی یا آبپاش تفنگی انتهایی) استفاده نمود که ۵ درصد از سطح آبپاشی نشده را کاهش می‌دهد (شکل ۲-۵). یا می‌توان از سیستم آبفشان دوار با اندازه‌های مختلف استفاده نمود (شکل ۲-۶-الف) و یا اینکه سیستمهای آبفشان دوار را به نحوی کنارهم چید که مساحت آبیاری نشده به کمترین حد ممکن برسد (شکل ۲-۶-ب).
 - در این روش برای هر یک از ماشینهای آبیاری می‌توان از یک لوله اصلی و تجهیزات برقی جداگانه استفاده نمود و یا اینکه از یک لوله اصلی مشترک و انشعابات لوله‌های نیمه اصلی جداگانه برای هر دستگاه استفاده نمود. انشعابات از نقاط مختلف لوله اصلی (شکل ۲-۷-الف) و یا از یک نقطه از لوله اصلی صورت می‌گیرد (شکل ۲-۷-ب).
 - برای افزایش یکنواختی توزیع آب در این سیستم می‌توان از تنظیم‌کننده‌ها (رگلاتورها) برای هر آبپاش استفاده نمود.
 - در آبپاشهای تفنگی بزرگ در انتهای بال آبیاری، برای تأمین فشار نیاز به پمپ بوستر است.

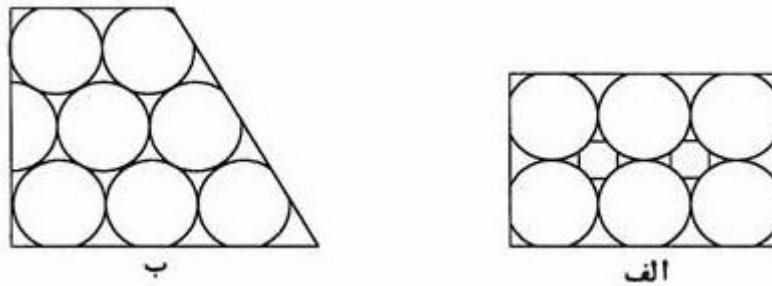
۲-۴-۲ انتخاب آبپاش

آبپاشهای مورد استفاده در دستگاه آبفشان دوار اغلب از نوع آبپاشهای ضربه‌ای^۱ و افشان^۲ و در موارد خاص از نوع نخ‌پاشها^۳ و آبپاشهای چرخان^۴ می‌باشد. آبپاش انتهایی نیز که برای آبیاری گوشه‌های زمین در بعضی از سیستمهای آبفشان دوار مورد استفاده قرار می‌گیرد اغلب از نوع آبپاشهای تفنگی می‌باشد. در این قسمت ابتدا نحوه انتخاب آبپاشهای معمولی و سپس آبپاش انتهایی مورد بحث قرار می‌گیرد.

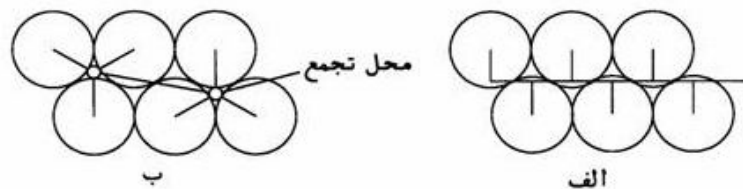
1 - Impact Sprinkler
2 - Sprayer
3 - Spinner
4 - Rotator



شکل ۲-۵- کاهش مساحت آبیاری نشده در دستگاه ابفشان دوار با سیستم گوشه پاش



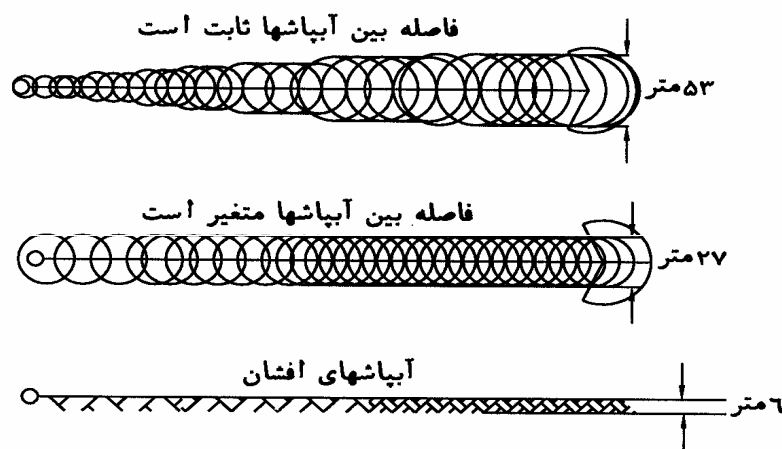
شکل ۲-۶- کاهش مساحت آبیاری نشده در سیستم ابفشان دوار با نحوه آرایش



شکل ۲-۷- امکانات آبرسانی توسط خط لوله اصلی در سیستم ابفشان دوار

۲-۴-۳-۱- آرایش آبپاشها

به‌طور کلی در سیستم‌های آبیاری بارانی آبفشان دوار به‌دلیل آنکه زمان آبیاری آبپاشها متفاوت می‌باشد برای ایجاد یکنواختی آبیاری و جلوگیری از ایجاد رواناب آرایش آبپاشها به سه صورت امکان‌پذیر می‌باشد (شکل ۲-۸). در حالت اول فواصل آبپاشها یکسان در نظر گرفته می‌شود ولی اندازه روزنه آنها از ابتدا تا انتهای بال بزرگتر می‌شود. در حالت دوم اندازه روزنه آبپاشها یکسان در نظر گرفته می‌شود ولی فاصله آنها از ابتدا تا انتهای بال کمتر می‌شود و حالت سوم که ترکیبی از دو حالت قبل می‌باشد. از بین این سه روش حالت اول رایج‌ترین نوع آرایش آبپاشها می‌باشد.



شکل ۲-۸- انواع آرایش آبپاشها در سیستم آبفشان دوار

۲-۴-۳-۲- نوع آبپاش

حال چنانچه عوامل گفته همان طور که قبل از این گفته شد آبپاشهای ضربه‌ای و افشان رایج‌ترین نوع آبپاشهای مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری آبفشان دوار می‌باشند. انتخاب هر یک از این آبپاشها بستگی به شرایط نفوذپذیری خاک، سرعت باد، فشار مورد نیاز دستگاه، توپوگرافی زمین و مسائل اقتصادی دارد. به‌طور کلی آبپاشهای ضربه‌ای فشار کارکرد بالاتری نسبت به نوع افشان دارد ولی در عوض در شرایط نفوذپذیری کمتر، سرعت باد بیشتر و توپوگرافی نامناسب‌تر، بهتر می‌باشد. آبپاشهای افشان را نیز در شرایط نفوذپذیری کم و یا سرعت باد زیاد می‌توان با نصب بر روی بوم یا لوله عصبایی به کار برد. بهر شده در بالا استفاده از یک نوع آبپاش را محدود نسازد، انتخاب نوع آبپاش با توجه به مسائل اقتصادی انجام می‌گیرد.

۲-۴-۲-۳ فواصل آبیاشها

فواصل آبیاشها ارتباط مستقیم با آرایش آبیاشها دارد. در آرایش یکنواخت از آبیاشهای ضربه‌ای و فواصل ۹ تا ۱۲ متر استفاده می‌شود. در آرایش غیریکنواخت اغلب فاصله بین آبیاشهای ضربه‌ای از ۱۲ متر در نزدیک محور چرخش تا ۱/۵ متر در انتهای بال متغیر می‌باشد.

برای آبیاشهای افشان یا چرخان نیز این فاصله به ۲ تا ۳ متر محدود می‌شود. در آرایش نیمه یکنواخت نیز اغلب فواصل آبیاشها در یک سوم اول طول بال آبیاری ۱۲ متر، در یک سوم میانی ۶ متر و در یک سوم انتهایی ۳ متر و غالباً از آبیاشهای ضربه‌ای با فشار کم تا متوسط استفاده می‌شود.

۲-۴-۲-۴ زمان پخش آب

زمان پخش آب یا زمان ریزش آب در هر نقطه در طول بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$T_a = \frac{Dw}{2\pi Rj} \times f \times T \quad (2-21)$$

T_a = زمان پخش آب یا زمان آبیاری (ساعت)

Dw = قطر دایره پاشش یا عرض خیس شده توسط آبیاش (متر)

Rj = فاصله شعاعی نقطه موردنظر تا محور دوران (متر)

T = زمان کارکرد دستگاه در شبانه‌روز که حداکثر ۲۲ ساعت در نظر گرفته می‌شود.

f = دور آبیاری که در دستگاه آفشان دوار ۰/۵ تا ۴ روز در نظر گرفته می‌شود.

۲-۴-۲-۵ شدت پخش آب

در سیستمهای آبیاری آفشان دوار مشابه سایر سیستمهای آبیاری بارانی محاسبه شدت پخش آب از لحاظ مقایسه با نفوذپذیری و عدم ایجاد رواناب مهم می‌باشد. برای این منظور شدت پخش متوسط خالص در هر نقطه در طول بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$I_a = \frac{dg}{T_a} \times Re \quad (2-22)$$

I_a = متوسط شدت پخش خالص در دایره خیس شده آبیاش (میلی متر بر ساعت)

dg = عمق ناخالص آبیاری (میلی متر)

$Ta =$ زمان پخش آب (ساعت)

$Re =$ قسمت مؤثر آب پخش شده از آبپاش (اعشار)

بیشترین شدت پخش خالص در دایره خیس شده آبپاش نیز با توجه به الگوی پاشش آبپاش از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Ia - \max = \frac{4}{\pi} Ia \quad (23-2)$$

$Ia - \max =$ بیشترین شدت پخش خالص (میلی‌متر بر ساعت)

$Ia =$ متوسط شدت پخش خالص (میلی‌متر بر ساعت)

بیشترین شدت پخش محاسبه شده از روابط فوق برای آخرین آبپاش که بیشترین شدت پخش را دارد، در خاکهای غیرمنبسط‌شونده با نفوذپذیری متوسط و در خاکهای منبسط‌شونده با نفوذپذیری لحظه‌ای خاک مقایسه می‌گردد. در صورتی که میزان شدت پخش از نفوذپذیری خاک بیشتر باشد می‌توان زمان کارکرد دستگاه در طول شبانه‌روز را افزایش داد، نوع آبپاش را تغییر داد، عمق آبیاری و زمان پخش آب را کمتر کرد و یا اینکه طول دستگاه را کوتاه‌تر در نظر گرفت.

۲-۴-۲-۲-۶ بده آبپاشها

بده مورد نیاز آبپاشها در هر نقطه در طول بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$qi = \frac{2Rj \times Sj}{L^2} \times Qb \quad (24-2)$$

$qi =$ بده آبپاش در هر نقطه از بال آبیاری (لیتر بر ثانیه)

$Sj =$ فاصله بین آبپاشها در نقطه مورد نظر یا متوسط فاصله آبپاشهای قبلی و بعدی (متر)

$L =$ شعاع دایره اصلی آبیاری شده (متر)

$Rj =$ فاصله شعاعی نقطه موردنظر تا محور دوران (متر)

$Qb =$ بده دستگاه آبفشان دوار برای دایره اصلی آبیاری (لیتر بر ثانیه)

۲-۴-۲-۲-۷ تعیین فشار متوسط آبپاشها

فشار متوسط آبپاشها در هر نقطه از بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Hj = Hl - \frac{15}{8} Hf \left[\frac{Rj}{L} - \frac{2}{3} \left(\frac{Rj}{L} \right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{Rj}{L} \right)^5 \right] - Hej \quad (25-2)$$

H_j = فشار متوسط موجود در هر نقطه بال آبیاری (متر)

H_l = فشار در ابتدای بال آبیاری یا محل چرخش دستگاه (متر)

H_f = افت اصطکاکی در طول بال آبیاری (متر)

L = شعاع دایره آبیاری شده (متر)

R_j = فاصله شعاعی نقطه موردنظر تا مرکز دوران (متر)

H_{ej} = اختلاف ارتفاع رقوم سکوی مرکز دوران و متوسط رقوم زمین در طول مسیر دوران آبیاری موردنظر (متر)

نحوه محاسبه H_l و H_f در طراحی بال آبیاری بیان گردیده است.

۲-۴-۲-۱ تعیین قطر روزنه و مشخصات هیدرولیکی آبیاریها

پس از تعیین بده و فشار مورد نیاز آبیاریها در هر نقطه از بال آبیاری تعیین اندازه روزنه آبیاریها از روی دفترچه راهنمای کارخانه‌های سازنده به نحوی صورت می‌پذیرد که با مشخصات محاسبه شده تطابق داشته باشد.

۲-۴-۲-۳ طراحی بال آبیاری

در سیستمهای آبیاری آفشان دوار، بال آبیاری از لوله‌های گالوانیزه و یا فولادی تشکیل می‌شود که توسط اتصالات و خرپاها بر روی برجهای A شکل قرار گرفته و حرکتی شبیه عقربه‌های ساعت دارد. بیشترین طول بال آبیاری ۶۰۰ متر و قطر آن ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. در طراحی بال آبیاری در سیستمهای آبیاری آفشان دوار ظرفیت، قطر و فشار ابتدای بال آبیاری به شرح زیر تعیین می‌گردد:

۲-۴-۲-۱ بده بال آبیاری

از آنجا که در سیستمهای آبیاری آفشان دوار تنها یک بال وجود دارد که قسمتهای مختلف مزرعه را آبیاری می‌کند، لذا بده بال آبیاری برابر بده سیستم (Q_s) یعنی مجموع بده آبیاریهای معمولی (Q_b) و آبیاری انتهایی (Q_g) می‌باشد. بده در طول بال آبیاری به دلیل خارج شدن آب از آبیاریها به تدریج کاهش پیدا می‌کند. میزان بده در هر نقطه از بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_j = Q_s \left(1 - \frac{R_j^2}{Lh^2} \right) \quad (2-26)$$

Q_j = بده در فاصله شعاعی R_j از مرکز دستگاه (لیتر بر ثانیه)

Q_s = بده کل سیستم (لیتر بر ثانیه)

R_j = فاصله شعاعی نقطه موردنظر از مرکز دستگاه (متر)

L_h = طول هیدرولیکی معادل بال آبیاری (متر)

طول هیدرولیکی معادل بال آبیاری در دستگاههایی که پاشنده انتهایی وجود ندارد معادل طول بال به علاوه شعاع پاشش آخرین آبپاش می باشد و در صورتی که پاشنده انتهایی وجود داشته باشد از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$L_h = L \left(\frac{Q_b + Q_g}{Q_b} \right)^{0/5} \quad (27-2)$$

L_h = طول هیدرولیکی معادل بال آبیاری (متر)

L = طول دستگاه به علاوه شعاع پاشش آخرین آبپاش (متر)

Q_b = بده بال آبیاری بدون پاشنده انتهایی (لیتر بر ثانیه)

Q_g = بده پاشنده انتهایی (لیتر بر ثانیه)

۲-۴-۲-۳-۲ قطر بال آبیاری

با توجه به آنکه در سیستمهای آبیاری آبفشان دوار، تعداد آبپاشها در طول بال آبیاری زیاد و فاصله زیاد بده آنها متفاوت می باشد، برای رسیدن به ضریب یکنواختی مناسب اغلب بال آبیاری با بیش از یک قطر طراحی می شود. نحوه تعیین قطرها بدین صورت می باشد که اولین قطر بر اساس ظرفیت کل سیستم (Q_s) و بیشترین سرعت مجاز یا سرعت اقتصادی و با استفاده از رابطه پیوستگی تعیین می گردد.

قطر محاسبه شده با اولین قطر بزرگتر استاندارد که در بازار موجود باشد اصلاح می گردد (D_1) سپس دومین قطر (D_2) یک سایز کوچکتر از قطر D_1 فرض شده و با استفاده از همان رابطه پیوستگی ظرفیت این قسمت از بال آبیاری محاسبه می شود (Q_2). محل تغییر قطر D_1 به قطر D_2 در بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R_{1,2} = L \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1} \right)^{0/5} \quad (28-2)$$

$R_{1,2}$ = فاصله تغییر قطر بال آبیاری نسبت به مرکز دستگاه (متر)

Q_1 = ظرفیت ورودی به لوله با قطر اولیه (لیتر بر ثانیه)

Q_2 = ظرفیت ورودی به لوله با قطر ثانویه (لیتر بر ثانیه)

L = شعاع قطعه آبیاری شده که در حالت وجود پاشنده انتهایی برابر طول هیدرولیکی معادل در نظر گرفته شود (متر)

طول محاسبه شده با استفاده از رابطه ۲-۲۸ بگونه‌ای اصلاح می‌شود که اولاً ضریب صحیحی از طول لوله‌های موجود در بازار باشد، ثانیاً فاصله دو برج از مقدار پیشنهاد شده توسط کارخانه سازنده برای هر قطر بیشتر نگردد و ثالثاً محل تغییر قطر در فاصله بین دو برج اتفاق نیفتد.

چنانچه تغییر قطر دوم برای طول باقیمانده معقول بنظر برسد، سومین قطر بال آبیاری (D3) نیز مشابه D2 و با استفاده از همان روابط محاسبه می‌شود.

۲-۴-۳-۳ افت فشار در بال آبیاری

افت فشار ناشی از افت اصطکاک در طول بال آبیاری در سیستم آبفشان دوار از رابطه هیزن ویلیامز (رابطه ۲-۹) قابل محاسبه می‌باشد. با این تفاوت که در این سیستم با توجه به آنکه کاهش بده در طول بال آبیاری با مقادیر مساوی و یا فواصل مساوی اتفاق نمی‌افتد، ضریب F را مانند سایر سیستمها نمی‌توان به کار برد. این ضریب را در مورد بالهای آبیاری تک قطری با درصد خطای قابل قبول می‌توان برابر ۰/۵۴۲ در نظر گرفت در سایر موارد باید افت اصطکاک را در فاصله بین هر دو آبپاش به صورت جداگانه محاسبه و با هم جمع نمود.

۲-۴-۳-۴ فشار در ابتدای بال آبیاری

فشار ورودی در ابتدای بال آبیاری به گونه‌ای محاسبه می‌شود که بتوان کمترین فشار کارکرد آخرین آبپاش و یا پاشنده انتهایی را در صورت وجود تأمین نمود. برای این منظور فشار ابتدای بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Hl = Hr + Hf + Hd + He \quad (2-29)$$

Hl = فشار در ابتدای بال آبیاری در مرکز دستگاه (متر)

Hr = ارتفاع بال آبیاری از سطح زمین (متر)

Hf = افت اصطکاک در طول بال آبیاری (متر)

Hd = فشار لازم در آبپاش انتهایی (متر)

He = اختلاف ارتفاع بین ابتدای بال آبیاری و بلندترین نقطه در محیط دایره چرخش (متر)

۲-۴-۳-۴ طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستم آبیاری آبفشان دوار از همان ضوابط ارائه شده برای طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی سیستمهای آبیاری بارانی ساکن تبعیت می‌کند.

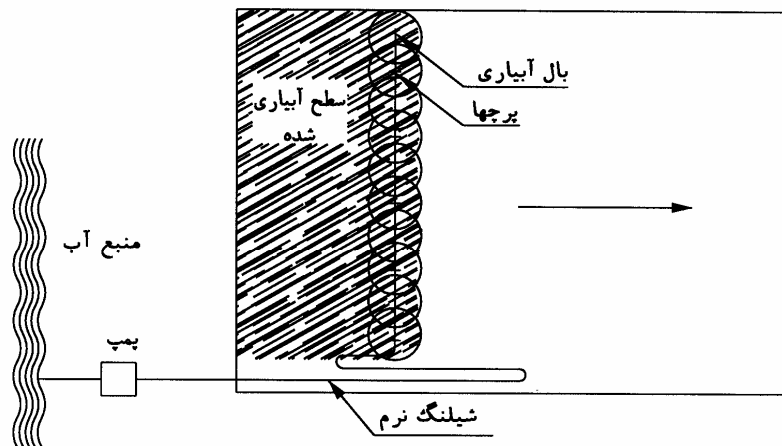
۳-۴-۲ طراحی سیستم آبیاری بارانی آفشان خطی

سیستمهای آبیاری بارانی آفشان خطی از لحاظ کلی شبیه سیستمهای آبیاری بارانی آفشان دوار می‌باشند با این تفاوت که بال آبیاری حرکت رفت و برگشتی داشته و منبع آب نیز لوله یا کانال روبازی می‌باشد که در طول زمین و در امتداد مسیر حرکت بال آبیاری قرار می‌گیرد (شکل ۲-۹). با توجه به نوع حرکت بال آبیاری، این سیستمها در زمینهای مستطیلی کاربرد دارد. بال آبیاری از لحاظ ساختمانی به‌طور کامل شبیه به بال آبیاری سیستم آبیاری بارانی آفشان دوار می‌باشد و جهت حفظ امتداد صحیح حرکت بال در طول زمین به‌طور معمول از سیستمهای راهنما استفاده می‌شود. این سیستمها یا از کابل‌های زیرزمینی یا از کابل‌های روزمینی و یا چرخهای کنترل مسیر فرمان می‌گیرد.

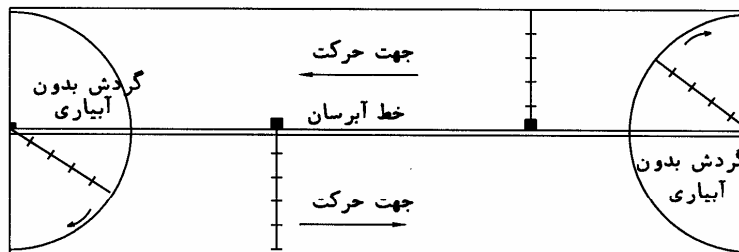
۳-۴-۳ آرایش سیستمهای آبیاری بارانی آفشان خطی

در آرایش سیستمهای آبیاری بارانی آفشان خطی نکات زیر را باید رعایت کرد:

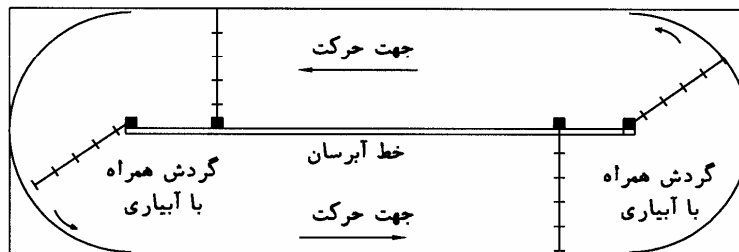
- در این سیستم منبع آب می‌تواند در حاشیه زمین قرار گیرد و بال آبیاری در امتداد آن حرکت رفت و برگشتی داشته باشد و یا اینکه در مرکز زمین قرار گرفته و بال آبیاری در دو طرف آن حرکت کند.
- در صورتی که منبع آب در مرکز زمین قرار گیرد، بال آبیاری در انتهای مسیر به دو گونه جابه‌جا شده و به‌طرف دیگر منبع آب منتقل می‌شود. در حالت اول بال آبیاری در انتهای مسیر حرکتی شبیه سیستم آفشان دوار داشته و درحین حرکت آبیاری نیز انجام می‌شود (شکل ۲-۱۰ ب). در حالت دوم بال آبیاری بدون انجام آبیاری چرخش می‌نماید (شکل ۲-۱۰ الف). اگرچه این روشها و به‌خصوص حالت اول باعث افزایش سطح تحت پوشش و افزایش سرعت آبیاری می‌شود ولی به‌علت مشکل بودن بهره‌برداری کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- آرایشی که منبع آب در کنار زمین قرار می‌گیرد با توجه به آنکه بال آبیاری در همان مسیری که آبیاری کرده است برمی‌گردد، به‌دلیل خیس بودن زمین عمل برگشت بال با مشکلاتی مواجه می‌باشد. برای این منظور در خاکهای سنی و سبک بال آبیاری بدون توقف در انتهای مسیر دوباره به سمت ابتدا حرکت می‌کند ولی در خاکهای متوسط یا سنگین یا باید بال در انتهای مسیر به اندازه کافی توقف کند تا شرایط برای برگشت آماده شود یا آنکه بال در نیمی از حرکت رفت آبیاری کند و در نیمه دوم آبیاری نکند و در برگشت در نیمه‌ای که در رفت آبیاری نشده آبیاری کند و در نیمه دیگری که در رفت آبیاری شده آبیاری نکند. در تمام روشهای فوق آبیاری می‌تواند فقط در یک جهت (رفت یا برگشت) انجام شود یا آنکه درصدی از آبیاری در یک جهت و درصد دیگری در جهت مخالف انجام پذیرد.
- منبع آب در این سیستم کانال روباز یا لوله می‌باشد. کانال روباز در شرایطی انتخاب می‌شود که زمین در امتداد کانال دارای شیب نباشد.
- در صورتی که منبع کانال روباز باشد، دستگاه آفشان باید به پمپ مجهز باشد. کانال نیز در صورتی که بتنی باشد حداقل ۳۰ سانتی‌متر عرض کف و ۶۰ سانتی‌متر عمق آب داشته باشد و در صورتی که خاکی باشد حداقل ۷۵ سانتی‌متر عرض کف و ۹۰ سانتی‌متر عمق آب داشته باشد. عمق آزاد کانال نیز در کانالهای بتنی ۲۰٪ و در کانالهای خاکی ۳۰ تا ۳۵٪ عمق کل در نظر گرفته می‌شود. ظرفیت کانال نیز ۵ تا ۱۰ درصد بیشتر از ظرفیت پمپاژ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲-۹- سیستم آبیاری بارانی آبفشان خطی



الف) بدون تلفات زمین (چرخش به طرف داخل)



ب) با تلفات اندک زمین (چرخش به طرف خارج)

شکل ۲-۱۰- نحوه چرخش دستگاه آبفشان خطی در انتهای زمین

- در صورتی که منبع آب لوله باشد، آبیاری دستگاه توسط شیرهای آبیاری که بر روی لوله زیرزمینی و به فواصل ۲۰۰ متری نصب می‌شود انجام پذیرد. نحوه اتصال دستگاه به شیرهای آبیاری توسط لوله سرانداز پلی اتیلنی می‌باشد که با طول حدود ۱۰۰ متر در دو طرف شیر آبیاری به همراه دستگاه حرکت می‌کند. نحوه تعویض اتصال لوله سرانداز به شیرهای آبیاری توسط دست انجام می‌پذیرد. در یک روش دیگر فواصل شیرهای آبیاری ۱۲ تا ۱۸ متر می‌باشد و نحوه اتصال دستگاه به شیرهای آبیاری به صورت خودکار می‌باشد.

۲-۴-۳-۲ انتخاب آبیاری

آبیاریهای مورد استفاده در دستگاه آفشان خطی به طور معمول از نوع آبیاریهای ضربه‌ای و افشان و در بعضی موارد نیز آبیاریهای چرخشی می‌باشد. ضوابط انتخاب آبیاری در سیستم آفشان خطی به شرح زیر می‌باشد:

۲-۴-۳-۱ آرایش آبیاریها

در سیستم آبیاری آفشان خطی، آرایش آبیاریها شبیه سیستم آبیاری بارانی ساکن می‌باشد بدین معنی که فاصله و نوع آبیاریها در طول بال آبیاری یکسان می‌باشد.

۲-۴-۳-۲ نوع آبیاریها

انتخاب نوع آبیاری در دستگاه آفشان خطی بستگی به شرایط نفوذپذیری خاک، سرعت باد، فشار مورد نیاز دستگاه، توپوگرافی زمین و مسائل اقتصادی دارد. به طور کلی آبیاریهای ضربه‌ای با فشار کم تا متوسط دارای فشار کارکرد بیشتر نسبت به آبیاریهای افشان می‌باشند ولی در عوض در شرایط نفوذپذیری کمتر، توپوگرافی نامناسب‌تر و سرعت باد بیشتر مناسب‌تر می‌باشند. آبیاریهای افشان در خاکهای با نفوذپذیری زیاد و سرعت باد کمتر از ۸ کیلومتر بر ساعت قابل استفاده می‌باشند. در شرایط سرعت باد بیشتر، استفاده از لوله عصایی برای این آبیاریها الزامی است. از لحاظ توپوگرافی نیز این آبیاریها در شرایط بدون شیب مناسب می‌باشند. آبیاریهای ضربه‌ای نیز برای شیبهای حداکثر ۲ تا ۳ درصد در جهت حرکت بال و ۱ تا ۱/۵ درصد در امتداد بال قابل استفاده می‌باشند. در شرایطی که مجموع عوامل گفته شده در بالا استفاده از یک نوع آبیاری را محدود نسازد، انتخاب نوع آبیاری با توجه به مسائل اقتصادی انجام می‌پذیرد.

۲-۴-۳-۳ فواصل آبیاریها

فاصله آبیاریها بر روی بال آبیاری دستگاه آفشان خطی بستگی به نوع آبیاری دارد. در صورتی که آبیاریها از نوع افشان باشد فاصله آبیاریها ۱/۵ تا ۳ متر و در صورتی که از نوع ضربه‌ای باشد این فاصله به ۶ تا ۹ متر محدود می‌شود.

۲-۴-۳-۴ زمان پخش آب

زمان پخش آب یا زمان ریزش آب در هر نقطه در طول مسیر بال آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_a = \frac{D_w}{L_f} \times f \times T \quad (30-2)$$

T_a = زمان پخش آب در هر نقطه یا زمان آبیاری (ساعت)

D_w = قطر دایره خیس شده توسط هر آبیاری (متر)

L_f = طول مسیر حرکت دستگاه در حین انجام عمل آبیاری (متر)

f = دور آبیاری که در دستگاه آفشان خطی ۲/۵ تا ۵ روز می باشد (روز)
 T = ساعت بهره‌برداری از دستگاه در شبانه‌روز که حداکثر ۲۲ ساعت در نظر گرفته می شود (ساعت)

۲-۴-۳-۵ شدت پخش آب

شدت پخش خالص و بیشترین شدت پخش متوسط خالص در هر نقطه از مسیر حرکت بال آبیاری از همان روابط ۲-۲۲ و ۲-۲۳ که برای سیستمهای آبیاری آفشان دوار ارائه گردید محاسبه می شود. بیشترین شدت پخش خالص محاسبه شده از رابطه فوق با نفوذپذیری لحظه‌ای در خاکهای منبسط‌شونده و با نفوذپذیری متوسط در خاکهای غیرمنبسط‌شونده مقایسه می شود. در صورتی که بیشترین میزان شدت پخش خالص از نفوذپذیری خاک بیشتر باشد باید یا عمق آب و زمان پخش آب را کم کرد و یا زمان کارکرد دستگاه در شبانه‌روز را افزایش داد و یا آنکه نوع آبپاش را عوض کرد.

۲-۴-۳-۶ بده آبپاشها

بده آبپاشها در آفشان خطی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$q = \frac{Q_s \times SL}{L} \quad (۲-۳۱)$$

q = بده آبپاشها (لیتر بر ثانیه)

Q_s = بده سیستم آفشان خطی (لیتر بر ثانیه)

SL = فاصله بین آبپاشها روی بال آبیاری (متر)

L = عرض مزرعه یا طول بال آبیاری (متر)

۲-۴-۳-۷ فشار متوسط آبپاشها

فشار متوسط آبپاشها در هر نقطه از بال آبیاری از رابطه زیر استفاده می شود:

$$H_j = H_l - H_{fj} - H_{ej} \quad (۲-۳۲)$$

H_j = متوسط فشار در هر نقطه (متر)

H_l = فشار ورودی در ابتدای بال آبیاری (متر)

H_{fj} = افت اصطکاکی از ابتدای بال آبیاری تا نقطه موردنظر (متر)

H_{ej} = اختلاف ارتفاع متوسط بین ابتدای بال و نقطه موردنظر (متر)

نحوه محاسبه H_l و H_{fj} در طراحی بال آبیاری بیان گردیده است.

۲-۴-۳-۱ تعیین قطر روزنه و مشخصات هیدرولیکی آبیاشها

در سیستمهای آبیاری بارانی آفشان خطی نوع آبیاشها در طول بال آبیاری ثابت می‌باشد و از این جهت انتخاب آبیاشها نسبت به آفشان دوار از پیچیدگی کمتری برخوردار است. برای این منظور کافی است با مراجعه به دفترچه راهنمای کارخانه‌های سازنده نوع آبیاش به نحوی انتخاب شود که با مشخصات محاسبه شده از روابط فوق تطابق داشته باشد.

۲-۴-۳ طراحی بال آبیاری

در سیستمهای آبیاری بارانی آفشان خطی بال آبیاری مشابه سیستمهای آفشان دوار از لوله‌های گالوانیزه و یا فولادی که توسط اتصالات و خرپاها بر روی برجهای A شکل قرار می‌گیرد تشکیل می‌گردد و حرکت رفت و برگشتی دارد. طول بال آبیاری در صورتی که یکطرفه از منبع آب آبیاری کند حداکثر ۶۰۰ متر و در صورتی که از منبع آب دو طرفه آبیاری کند، حداکثر ۵۰۰ متر می‌باشد. قطر بال آبیاری نیز ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. ضوابط طراحی بال آبیاری به شرح زیر می‌باشد.

۲-۴-۳-۱ بده بال آبیاری

بده بال آبیاری با توجه به آنکه در این سیستمها تنها یک بال آبیاری وجود دارد برابر بده سیستم می‌باشد. بده در طول بال آبیاری نیز با توجه به آنکه به دلیل خارج شدن آب از آبیاشهای یکسان و دارای فواصل یکسان به صورت خطی کاهش پیدا می‌کند، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_j = Q_s \left(1 - \frac{I_j}{L} \right) \quad (2-33)$$

Q_j = بده بال آبیاری در فاصله I_j از ابتدای بال آبیاری (لیتر بر ثانیه)

Q_s = بده کل سیستم (لیتر بر ثانیه)

I_j = فاصله نقطه موردنظر از ابتدای بال آبیاری (متر)

L = طول بال آبیاری (متر)

۲-۴-۳-۲ قطر بال آبیاری

نحوه تعیین قطر بال آبیاری سیستم آفشان خطی از همان ضوابط تعیین قطر بال آبیاری سیستم آفشان دوار تبعیت می‌کند.

۲-۴-۳-۳-۳ افت انرژی در بال آبیاری

افت انرژی ناشی از افت اصطکاک در طول بال آبیاری در سیستم آفشان دوار از رابطه هیزن ویلیامز (رابطه ۲-۹) محاسبه می‌شود. با توجه به آنکه فواصل و بده آبپاشها نیز برابر می‌باشد، ضریب کریستیانسن نیز (روابط ۲-۱۰ و ۲-۱۱) قابل اعمال می‌باشند.

۲-۴-۳-۳-۴ فشار در ابتدای بال آبیاری

فشار ورودی در ابتدای بال آبیاری در دستگاه آفشان خطی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Hl = Hs + Hr + Hf + Ha + He \quad (۲-۳۴)$$

Hl = فشار در ابتدای بال آبیاری (متر)

Hr = ارتفاع بال آبیاری در ابتدای دستگاه (متر)

Hs = ارتفاع مکش پمپ در منبع آب کانال روباز (متر)

Hf = افت اصطکاک در طول بال آبیاری (متر)

Ha = فشار کارکرد آبپاشها (متر)

He = بیشترین اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای بال آبیاری (متر)

۲-۴-۳-۴ طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستم آبیاری آفشان دوار از همان ضوابط ارائه شده برای طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی سیستمهای آبیاری بارانی ساکن تبعیت می‌کند.

فصل سوم

فصل سوم - ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری موضعی

در این فصل مطالبی از قبیل طرح کلی، اجزاء سیستم، انواع گسیلنده‌ها^۱ و معیارهای انتخاب آن، طراحی لوله‌های آبد،^۲ رابط^۳، نیمه اصلی^۴، اصلی^۵ و واحد کنترل مرکزی^۶ در سیستم‌های آبیاری موضعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۳ طرح کلی و اجزاء سیستم آبیاری موضعی

در آبیاری موضعی آب پس از عبور از صافی (گاهی نیز به همراه کود مورد نیاز گیاه) به‌طور مستقیم به روی خاک و یا زیر خاک و در پای گیاه جاری می‌شود. چنانچه این روش با مدیریت صحیح همراه شود و در طراحی هیدرولیکی اصول فنی مراعات و در انتخاب نوع گسیلنده و آرایش آنها نیز دقت لازم به عمل آید، می‌توان بالاترین بازده آبیاری را با توجه به شرایط منطقه کسب نمود.

با محاسبه دقیق مدت و دور آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه و بده خروجی آب از گسیلنده‌ها و نیز کنترلی که در این نوع سیستم قابل اعمال می‌باشد، می‌توان از نفوذ عمقی آب، تشکیل رواناب سطحی، تبخیر از سطح خاک و همچنین مصرف آب توسط علفهای هرز به نحو مطلوبی جلوگیری نمود.

در این روش آبیاری امکان استفاده از آب لب شور با افزایش دفعات آبیاری و رقیق نگهداشتن محلول خاک نسبت به روشهای دیگر بیشتر وجود دارد، به شرطی که تجمع و تمرکز نمک از حد آسیب رسانی گیاه تجاوز ننماید. برای کمک به شسته شدن نمکهای تجمع یافته در اطراف گیاه در مواقع بارندگی بهتر است سیستم در حال کار باشد.

از طریق نصب دستگاههای حساس به رطوبت در نقاط مختلف مزرعه و ارسال اطلاعات به دستگاه کنترل مرکزی می‌توان با استفاده از نرم‌افزارهای موجود در هر لحظه نیاز آبی را محاسبه و دستگاه پمپاژ را راه‌اندازی نمود. خودکار یا نیمه خودکار عمل کردن سیستم می‌تواند بر مبنای حجمی (حجم آب خروجی)، زمانی (مدت زمان کارکرد سیستم) و عکس‌العملی (عکس‌العمل در مقابل وسائل حساسی که در مزرعه نصب و نسبت به رطوبت حساس می‌باشند) تنظیم گردد.

اجزاء اصلی و پیکره عمومی یک شبکه آبیاری موضعی به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۳ گسیلنده‌ها

گسیلنده‌ها و وسائل و تجهیزاتی هستند که حکم خروجیهای سیستم را داشته و آب را در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. این تجهیزات از حساس‌ترین قسمت‌های شبکه محسوب می‌گردند به طوری که طراحی مناسب شبکه، مستلزم شناخت انواع گسیلنده‌ها و انتخاب گسیلنده مناسب می‌باشد. انواع گسیلنده‌ها براساس روشهای متفاوت طبقه‌بندی آنها به شرح زیر می‌باشند:

- 1 - Emitters
- 2 - Lateral pipe
- 3 - Pipe - manifold
- 4 - Sub main pipe
- 5 - Main pipe
- 6 - Head control center

۳-۱-۱-۱ انواع گسیلنده‌ها از لحاظ روش استهلاک فشار

در شبکه‌های آبیاری تحت فشار، وظیفه اصلی گسیلنده‌ها و یا خروجیها، کاهش انرژی فشاری و خروج جریان ثابت آب می‌باشد. این عمل در انواع مختلف خروجیها به چهار روش زیر انجام می‌پذیرد:

۱- گسیلنده‌های طولانی مسیر^۱: در این روش مجاری باریک و طولانی افت لازم را جهت کاهش فشار ایجاد می‌کند. در این نوع از گسیلنده‌ها یک رابطه خطی بین بده و فشار وجود دارد. به همین دلیل این گسیلنده‌ها نسبت به تغییرات فشار بسیار حساس می‌باشند. از طرف دیگر، احتمال رسوبگذاری مواد معلق داخل آب در طول مجاری این گسیلنده‌ها وجود دارد.

۲- گسیلنده‌های روزنه‌ای^۲: در این دسته از گسیلنده‌ها استهلاک فشار توسط روزنه کوچکی که در محل خروجی گسیلنده وجود دارد ایجاد می‌گردد. رژیم جریان در این نوع از گسیلنده‌ها آشفته و فشار تغییرات بده با جذر فشار متناسب می‌باشد. بنابراین حساسیت این گسیلنده‌ها نسبت به تغییرات فشار کم می‌باشد. تنها عیب این گسیلنده‌ها احتمال مسدود شدن روزنه توسط مواد معلق داخل آب می‌باشد. برای رفع این عیب نیز روزنه‌هایی ساخته شده است که حالت ارتجاعی داشته و قابلیت شستشوی خودکار گسیلنده‌ها را فراهم می‌سازد.

۳- گسیلنده‌های گردابی^۳: در این دسته از گسیلنده‌ها، به دلیل وجود یک محفظه مخروطی مدور، آب پس از وارد شدن به داخل این گسیلنده‌ها دارای حرکت چرخشی شده و به دلیل همین حرکت چرخشی دارای افت فشار زیادی می‌گردد. در این نوع از خروجیها حساسیت نسبت به تغییرات فشار کمتر از انواع طولانی مسیر و روزنه‌ای می‌باشد. مشکل عمده این خروجیها حساسیت آنها نسبت به گرفتگی به دلیل کوچک بودن مجرای عبور آب می‌باشد.

۴- گسیلنده‌های مسیر کوتاه پیچ در پیچ^۴: در این نوع از گسیلنده روش استهلاک فشار توسط مسیرهای کوتاه ولی پیچ در پیچ همراه با زانوهای تند و انقباض و انبساط مسیر صورت می‌پذیرد. اگرچه شکل ظاهری آنها شبیه به گسیلنده‌های بلند مسیر به نظر می‌رسد ولی غالباً دارای مجاری با قطر بیشتر بوده و حساسیت کمتری نسبت به گرفتگی و رسوبگذاری دارند. ضمن رابطه بده و فشار آنها نیز بهتر از انواع بلند مسیر بوده و بیشتر به قطره‌چکانهای روزنه‌ای شباهت دارد.

۳-۱-۱-۲ انواع گسیلنده‌ها از لحاظ چگونگی اتصال به لوله آبد

از لحاظ روش نصب گسیلنده‌ها بر روی لوله‌های آبد، گسیلنده‌ها به دو نوع داخل خط^۵ و روی خط^۶ تقسیم می‌شوند. گسیلنده‌های داخل خط به انواعی اطلاق می‌شود که گسیلنده داخل لوله آبد قرار می‌گیرد. برای این منظور یا لوله‌های آبد را بریده و گسیلنده را بین دو قطعه نصب می‌کنند یا در محل کارخانه، گسیلنده‌ها را به صورت یکپارچه با لوله تولید می‌کنند ولی انواع روی خط به گسیلنده‌هایی اطلاق می‌شود که بر روی لوله آبد نصب می‌شوند.

1 - Long path emitters
2 - Orifice emitters
3 - Vortex emitters
4 - Tortuous Emitters
5 - In - Line
6 - On - Line

۳-۱-۱-۳ انواع گسیلنده‌ها از لحاظ نحوه خیس کردن خاک

گسیلنده‌ها از لحاظ نحوه خیس کردن خاک به دو نوع پخش نقطه‌ای^۱ و پخش خطی^۲ تفکیک می‌شوند. گسیلنده‌های پخش نقطه‌ای، خروجیهایی هستند که آب را به یک سطح مشخص می‌ریزند. این گسیلنده‌ها طیف وسیعی از انواع قطره چکانها^۳، حباب سازها^۴، ریزپاشها^۵ و افشانه‌ها^۶ را شامل می‌شوند. در صورتی که گسیلنده‌های با پخش خطی شامل لوله‌های روزنه‌دار و لوله‌های متخلخل می‌باشند که آب از خروجیهای متعدد آنها که در طول لوله آبدار واقع گردیده، خارج شده و یک نوار ممتد در طول لوله آبدار را خیس می‌کنند.

۳-۱-۲ لوله‌های آبدار

اغلب لوله‌های آبدار از جنس پلی‌اتیلن با قطر بین ۱۲ تا ۳۲ میلی‌متر (۵/۰ تا ۱/۳ اینچ) انتخاب می‌گردند. این لوله‌ها وظیفه تغذیه گسیلنده‌ها را به عهده دارند که در بعضی موارد این وظیفه را به‌طور مستقیم و گاهی اوقات توسط یک لوله انشعابی انجام می‌دهند. از لحاظ نوع نصب نیز امکان نصب لوله‌های آبدار هم در سطح زمین و هم در بالاتر و یا در زیر سطح زمین امکان‌پذیر می‌باشد.

۳-۱-۳ لوله‌های رابط

لوله‌های رابط که نقش تغذیه‌کننده لوله‌های آبدار را به عهده دارند ممکن است در سطح و یا زیر خاک نصب گردند. لوله‌های آبدار به‌طور معمول از یک و یا هر دو طرف به لوله‌های رابط متصل می‌شوند. این لوله‌ها اغلب از جنس پلی‌اتیلن و یا PVC می‌باشند.

۳-۱-۴ لوله‌های اصلی و نیمه اصلی

لوله‌های اصلی و نیمه اصلی، لوله‌های رابط را تغذیه می‌نماید. این نوع لوله‌ها به‌طور معمول از جنس PVC سخت، پلی‌اتیلن و آزیست می‌باشند و باید به گونه‌ای طراحی شوند که با افت فشار مناسب بده مورد نیاز قطعه‌های آبیاری را که هم‌زمان آبیاری می‌شوند، تأمین نمایند.

۳-۱-۵ واحد کنترل مرکزی

واحد کنترل مرکزی که اغلب در محل منبع آب و یا ایستگاه پمپاژ قرار دارد، به مجموعه وسایل اندازه‌گیری آب و کنترل فشار، شیرآلات مختلف، دستگاه تزریق، وسایل کنترل کننده خودکار و صافیها اطلاق می‌گردد. گاهی وسایل کنترل فشار و یا

1 - Point source
2 - Line source
3 - Dripper
4 - Bubbler
5 - Microjet
6 - Sprayer

صافیهای درجه دو نیز در ورودی لوله‌های رابط و یا آبدۀ برای اطمینان بیشتر نصب می‌شوند. صافیها که از نوع سنی و گردابی و مشبک می‌باشند، فقط قادرند از ورود مواد جامد معلق در آب به سیستم جلوگیری نمایند. صافیها به طور مرتب نیاز به تمیز کردن دارند، مگر اینکه دستگاه خودکار شستشو در داخل آنها تعبیه شده باشد. برای تشخیص میزان گرفتگی و تعیین زمان تمیز کردن صافی، نصب فشارسنج در قبل و بعد از صافیها ضروری است. محلول کود با استفاده از پمپ کوچک و یا از طریق تانک فشار به تدریج به سیستم تزریق می‌گردد.

۲-۳ انتخاب گسیلنده‌ها

انتخاب گسیلنده مناسب عامل بسیار مؤثر در موفقیت طرح آبیاری موضعی است. برای انتخاب گسیلنده مناسب معیارهای زیر باید مورد توجه کامل قرار گیرد.

۱-۲-۳ استحکام

گسیلنده باید در مقابل گرما، سرما و اشعه ماوراء بنفش خورشید مقاوم باشد و رابطه بین بده و فشار در آنها پایدار بوده و در اثر مرور زمان تغییر چندانی نداشته باشد.

۲-۲-۳ تغییرات در ساخت

ضریب یکنواختی ساخت، نشان دهنده یکنواختی بده گسیلنده‌های ساخته شده توسط یک کارخانه و کیفیت محصول می‌باشد. عدم یکنواختی ساخت توسط کارخانه سازنده نباید موجب تغییرات قابل ملاحظه در بده گسیلنده باشد. در ساخت گسیلنده‌ها هر چه ضریب یکنواختی ساخت کوچکتر باشد، گسیلنده مطلوبتر است. نحوه محاسبه ضریب یکنواختی ساخت در زیر ارائه شده است. در ضمن استاندارد درجه بندی گسیلنده‌ها براساس تغییرات در ساخت آنها در جدول ۱-۳ ارائه شده است. برای کمی کردن معیار تغییرات ساختمانی در ساخت گسیلنده‌ها ضریبی به نام ضریب یکنواختی ساخت V (برحسب صدم) معرفی می‌گردد، که مقدار آن از رابطه ۱-۳ تعیین می‌شود:

$$V = \frac{S}{qa} \quad (1-3)$$

V = ضریب یکنواختی ساخت

qa = بده متوسط گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

S = انحراف معیار بده نمونه‌های گسیلنده

در رابطه ۱-۳ انحراف معیار بده نمونه‌های گسیلنده، S از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$S = \sqrt{\frac{(q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - n \times qa^2)}{(n-1)}} \quad (2-3)$$

q_1, q_2, \dots, q_n = بده گسیلنده‌ها از ۱ الی n (لیتر بر ساعت)

q_a = بده متوسط گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

n = تعداد نمونه گسیلنده‌ها

جدول ۳-۱ - استاندارد درجه‌بندی گسیلنده‌ها براساس تغییرات در

ضریب یکنواختی ساخت آنها (۷) [۴۲]

انواع گسیلنده‌های مجرادار و منفذدار				
معمولاً غیرقابل قبول	ضعیف	خوب تا متوسط	متوسط	عالی
$V < 0.15$	$0.11 < V < 0.15$	$0.07 < V < 0.11$	$0.04 < V < 0.07$	$V < 0.04$
لوله‌های سوراخ‌دار (لوله‌های دو جداره) *				
غیرقابل قبول	ضعیف	متوسط	عالی	
$V < 0.3$	$0.2 < V < 0.3$	$0.1 < V < 0.2$	$V < 0.1$	

* به دلیل اینکه در لوله‌های سوراخ‌دار فواصل ریزش آب کم بوده و تغییرات بده سوراخها اثر یکدیگر را تا اندازه‌ای تعدیل می‌کند، بنابراین با توجه به جنبه‌های اقتصادی، مقدار V در این نوع گسیلنده‌ها به‌طور نسبی بزرگ منظور گردیده است.

۳-۲-۳ اندازه قطر گسیلنده‌ها

از لحاظ مصرف مواد و در نتیجه قیمت، سهولت استقرار روی لوله‌های آبد، جمع‌آوری و جابه‌جایی باید در حد معقول باشد.

۳-۲-۴ رابطه فشار با بده تخلیه

رابطه بین فشار و بده تخلیه در گسیلنده‌ها یکی از معیارهای مهم در انتخاب نوع گسیلنده می‌باشد. شکل عمومی معادله این رابطه به صورت $q = kh^x$ می‌باشد. در این معادله ضریب x (توان معادله) و مربوط به شیب منحنی است که به‌طور عمده بستگی به رژیم جریان دارد و بین ۰ تا ۱ متغیر است. هر چه مقدار x به صفر نزدیک‌تر باشد بده گسیلنده کمتر تحت تأثیر تغییرات فشار قرار گرفته و امکان فراهم شدن افت مجاز بیشتر در لوله‌های آبد را فراهم می‌آورد. در جدول ۳-۲ استاندارد و درجه‌بندی x داده شده است.

جدول ۳-۲ - استاندارد و درجه‌بندی توان معادله بده با فشار (X) [۴۱]

ضعیف	متوسط	خوب	عالی
$x = 1$	$0.5 < x < 1$	$0 < x < 0.5$	$x = 0$

۳-۲-۵ درصد سطح خیس شده (Pw)

وسعت سطح خیس شده در انتخاب نوع و بده گسیلنده مؤثر می‌باشد. هر چه پیاز رطوبتی تشکیل شده پهن و بزرگ باشد مقدار سطح خیس شده بیشتر است. سطح خیس شده بستگی به نوع خاک، بده گسیلنده حجم کل آب داده شده توسط گسیلنده، شیب زمین، تعداد نقاط ریزش و انواع آرایش گسیلنده در روی لوله‌های آبدار دارد. مساحت استاندارد سطح خیس شده معادل^۱ برای خاکهای مختلف تا عمق ۷۵ سانتی‌متری توسط گسیلنده با بده ۴ لیتر بر ساعت در جدول ۳-۳ ارائه شده است. در این جدول یادآوری نکات زیر ضروری می‌باشد:

۱- Sw عرض نوار خیس شده و Se فاصله گسیلنده‌ها بر روی لوله آبدار

۲- بافت درشت شامل بافت شنی درشت تا متوسط، متوسط شامل بافتهای شن لومی، بافت ریز شامل بافتهای لوم رسی شنی تا رسی می‌باشد (اگر بافت رسی ترک خورده باشد جزء بافتهای درشت تا متوسط به حساب می‌آید).

۳- خاکی همگن است که نفوذپذیری آن در جهت افقی و عمودی به‌طور تقریب برابر باشد. خاکی دارای لایه‌بندی کم می‌باشد که دارای بافت به‌طور نسبی یکنواخت بوده و نفوذپذیری عمودی به علت فشردگی لایه‌های خاک یا ریزتر شدن ذرات خاک در لایه‌های پایینی از نفوذپذیری افقی کمتر است. در خاکهای با لایه‌بندی زیاد اختلاف نفوذپذیری در جهت عمودی و افقی به دلیل تفاوت بافت در لایه‌های مختلف، قابل ملاحظه می‌باشد.

۴- در خاکهایی که لایه‌بندی آنها خیلی شدید است ارقام) $Sw \times Se$ (جدول دو برابر شود.

جدول ۳-۳- مساحت استاندارد سطح خیس شده برای خاکهای مختلف با بده

گسیلنده ۴ لیتر بر ساعت [۴۲]

درجه لایه‌بندی خاک			بافت خاک	عمق خاک یا عمق ریشه (سانتی متر)
لایه‌بندی زیاد	لایه‌بندی کم	همگن		
مساحت خیس شده معادل (سانتی متر مربع)				
$SexSw$ (Cm×Cm)	$SexSw$ (Cm×Cm)	$SexSw$ (Cm×Cm)		
۹۰ × ۱۱۰	۶۰ × ۸۰	۴۰ × ۵۰	بافت درشت	< ۷۵
۱۲۰ × ۱۵۰	۱۰۰ × ۱۲۰	۷۰ × ۹۰	بافت متوسط	
۱۵۰ × ۱۸۰	۱۲۰ × ۱۵۰	۹۰ × ۱۱۰	بافت ریز	
۱۴۰ × ۱۸۰	۱۱۰ × ۱۴۰	۶۰ × ۸۰	بافت درشت	۷۵-۱۵۰
۲۲۰ × ۲۷۰	۱۷۰ × ۲۱۰	۱۰۰ × ۱۲۰	بافت متوسط	
۲۰۰ × ۲۴۰	۱۶۰ × ۲۰۰	۱۲۰ × ۱۵۰	بافت ریز	

۳-۲-۶ کیفیت آب آبیاری

املاح موجود در آب آبیاری در گرفتگی و انسداد گسیلنده‌ها مؤثر بوده و به عنوان معیاری در انتخاب نوع گسیلنده باید مد نظر باشد. برای تعیین استانداردهای کیفی آب آبیاری موضعی با توجه به نشریه ۲۹ - FAO از جدول ۳-۴ استفاده می‌شود.

۳-۲-۷ توپوگرافی زمین

پستی و بلندی زمین در عدم توزیع یکنواخت فشار مؤثر می‌باشد. بدین لحاظ گسیلنده‌هایی با قابلیت تنظیم فشار انتخاب می‌شوند.

۳-۲-۸ نوع گیاه

نوع گیاه از لحاظ نحوه کاشت، نیاز آبی و فصلی یا دائمی بودن در انتخاب گسیلنده تأثیر دارد به عنوان نمونه در گیاهان با کشت ردیفی از گسیلنده‌های داخل خط یا روی خط با اندازه کوچک و یا لوله‌های سوراخدار استفاده می‌شود. همچنین در درخت کاری از گسیلنده‌های چند شاخه‌ای استفاده شده و در زراعت نیشکر به دلیل سوزاندن بوته‌ها پس از برداشت محصول از لوله‌های آبدار سوراخدار به صورت یکبار مصرف استفاده می‌شود.

جدول ۳-۴- تأثیر کیفیت آب بر روی پتانسیل گرفتگی گسیلنده‌ها در سیستمهای آبیاری موضعی [۲۱]

درجه محدودیت مصرف			واحد	کیفیت آب	
محدودیت شدید	محدودیت کم تا متوسط	بدون محدودیت			
> ۱۰۰	۵۰ - ۱۰۰	< ۵۰	میلی گرم بر لیتر	مواد معلق	فیزیکی
> ۸/۰	۷/۰ - ۸/۰	< ۷/۰		PH	
> ۲۰۰۰	۵۰۰ - ۲۰۰۰	< ۵۰۰	میلی گرم بر لیتر	مواد حل شده	شیمیایی
> ۱/۵	۰/۱ - ۱/۵	< ۰/۱	میلی گرم بر لیتر	منگنز*	
> ۱/۵	۰/۱ - ۱/۵	< ۰/۱	میلی گرم بر لیتر	آهن**	
> ۲	۰/۵ - ۲/۰	< ۰/۵	میلی گرم بر لیتر	سولفید هیدروژن	
> ۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰	< ۱۰۰۰۰	تعداد بر میلی لیتر	آلودگیهای باکتریایی	بیولوژیکی

* برای آبیاری موضعی ممکن است حساسیت در این غلظتهای منیزیم واقع نشود. چون ممکن است مسمومیت گیاه در غلظتهای پایین تر اتفاق بیفتد. (براساس جدول شماره ۲۱ نشریه (۱۹۸۵) FAO-۲۹ بیشترین غلظت توصیه شده برای منیزیم در آب آبیاری ۰/۲ میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

** غلظت آهن بیشتر از ۵/۰ میلی گرم بر لیتر ممکن است باعث عدم تعادل مواد غذایی در بعضی از محصولات شود (براساس جدول شماره ۲۱ نشریه (۱۹۸۵) FAO-۲۹ بیشترین غلظت توصیه شده برای آهن در آب آبیاری ۵/۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. این مقدار آهن در حالت‌های خشک برای گیاهان مسموم کننده نیست. اما می‌تواند برای اسیدی کردن خاک مشکل ساز شده و قابلیت دسترسی به فسفر و مولیبدوم ضروری خاک را کاهش بدهد. در آبیاری بارانی نیز ممکن است باعث آسیب دیدن گیاه، لوازم و تجهیزات سیستم آبیاری شود).

۳-۳ طراحی اولیه

در طراحی اولیه پس از انتخاب مقدماتی گسیلنده‌ها، باید مساحت و برنامه آبیاری قطعه آبیاری را طراحی و بهینه نمود. برای این منظور در قدم اول با توجه به مطالعات پایه انجام گرفته مطابق با فصل اول این دستورالعمل و گسیلنده انتخاب شده، اطلاعات مورد نیاز طراحی مطابق با جدول ۳-۵ گردآوری و تنظیم می‌گردد (ستون دوم جدول ۳-۵)، سپس براساس این اطلاعات یک طراحی مقدماتی انجام می‌گیرد و در مرحله بعد با توجه به نیازهای واقعی طرح و دیدگاههای فنی و اقتصادی، طراحی مقدماتی اصلاح می‌گردد. (ستونهای بعدی جدول ۳-۵)

۱-۳-۳ تعیین آرایش گسیلنده‌ها

به‌طور کلی آرایش گسیلنده‌ها به پنج روش امکان‌پذیر می‌باشد. این روشها عبارتند از: آرایش مستقیم یک ردیفه، آرایش مستقیم دو ردیفه، آرایش شاخه‌ای، آرایش حلقوی و آرایش زیگزاگی (شکل ۳-۱). انتخاب هر یک از این روشها بستگی به نوع گسیلنده، بافت خاک و نوع یا فاصله و عمر گیاه دارد ولی به عنوان یک دستورالعمل کلی و در شرایط معمولی انتخاب آرایش گسیلنده‌ها باید به نحوی صورت پذیرد که درصد مساحت خیس شده خاک (سطح خیس شده خاک در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری) از ۳۳ درصد کمتر و از ۶۶ درصد بیشتر نباشد. البته در شرایط غیرمعمول که فاصله گیاهان خیلی زیاد باشد، درصد ساخت خیس شده می‌تواند از ۳۳ درصد کمتر و در مواردی که فاصله گیاهان خیلی متراکم باشد می‌تواند از ۶۶ درصد بیشتر باشد. انتخاب آرایشهای مختلف گسیلنده‌ها و نحوه محاسبه سطح خیس شده خاک به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۳-۳ آرایش مستقیم یک ردیفی

در آرایش مستقیم یک ردیفی^۱ برای هر ردیف کاشت یک ردیف لوله آبدار اختصاص می‌یابد و گسیلنده‌ها با فواصل مشخص روی لوله‌ها قرار می‌گیرند. در این روش میزان درصد سطح خیس شده، وقتی که فاصله گسیلنده‌ها روی لوله آبدار، کوچکتر یا مساوی با Se ، باشد از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$Pw = \frac{100 \times Se \times Sw \times e}{Sp \times Sr} \quad (3-3)$$

Pw = درصد سطح خیس شده (درصد)

e = تعداد گسیلنده‌های تخصیص یافته برای هر گیاه

Sp = فاصله گیاهان در ردیف کاشت (متر)

Sr = فاصله ردیفهای کاشت (متر)

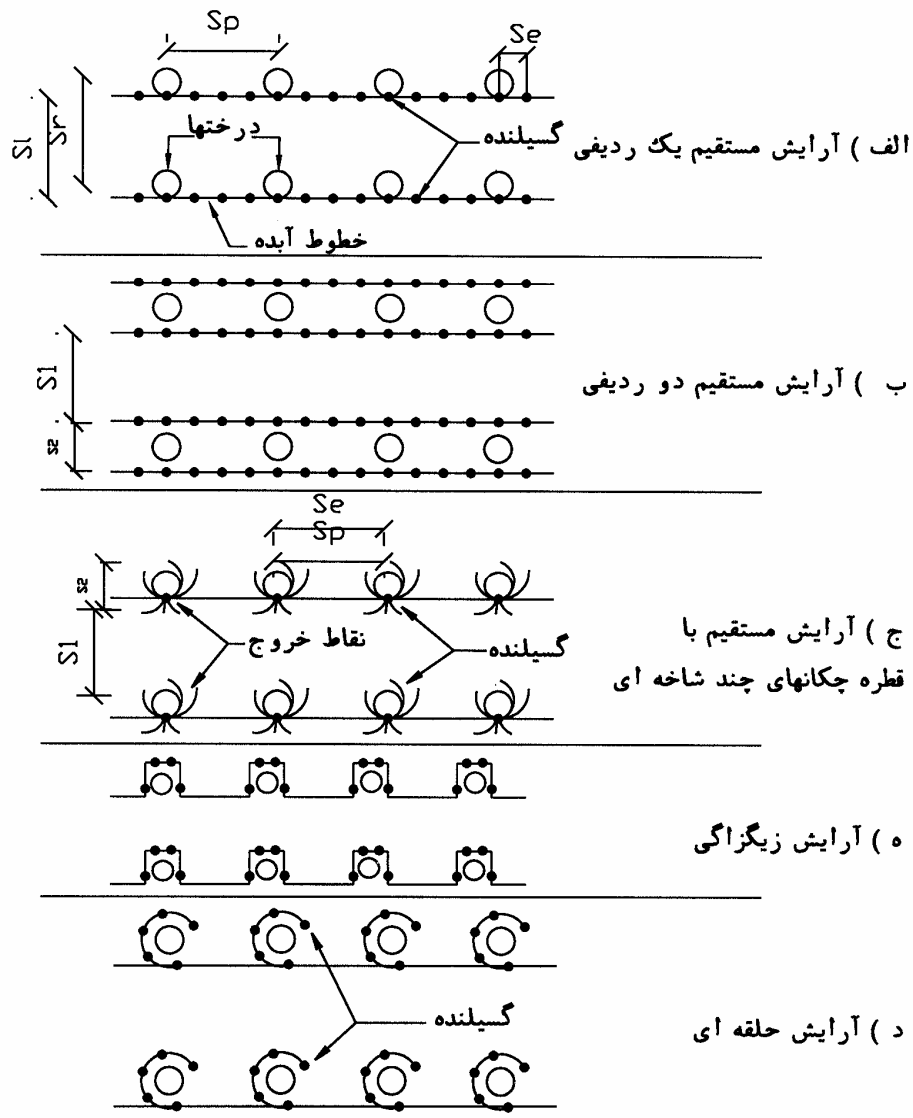
Se = فاصله گسیلنده‌ها بر روی لوله آبدار (متر)

Sw = عرض نوار خیس شده (متر)

به‌طور کلی آرایش مستقیم یک ردیفه بیشتر برای گیاهانی که فاصله کاشت آنها کم (کمتر از ۴-۶ متر) و یا به یک نوار مرطوب پیوسته در طول ردیف کاشت احتیاج باشد، مناسب‌تر است.

جدول ۳-۵- اطلاعات مورد نیاز طراحی قطعه آبیاری [۴۲]

الف - اطلاعات مربوط به آب و زمین				
				۱- شماره مزرعه ۲- مساحت مزرعه (هکتار) ۳- باران مؤثر (میلی‌متر) ۴- رطوبت باقیمانده از قبل (میلی‌متر) ۵- بده منبع تأمین آب (لیتر بر ثانیه) ۶- ذخیره آب (مترمکعب) ۷- کیفیت آب ۸- طبقه‌بندی کیفی آب
ب - اطلاعات مربوط به گیاه و خاک				
				۱- بافت خاک ۲- ظرفیت آب قابل دسترس (میلی‌متر) ۳- عمق خاک (متر) ۴- محدودیت‌های خاک ۵- تخلیه مجاز رطوبتی (درصد) ۶- گیاه ۷- فاصله بین گیاهان (متر) ۸- عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) ۹- درصد سطح سایه‌انداز (درصد) ۱۰- متوسط تعرق در دوره حداکثر (میلی‌متر) ۱۱- نیاز آبی فصل (میلی‌متر) ۱۲- نیاز آبی‌شویی (میلی‌متر)
ج - اطلاعات مربوط به گسیلنده				
				۱- نوع گسیلنده ۲- تعداد خروجی هر گسیلنده ۳- فشار (متر) ۴- بده (لیتر بر ساعت) ۵- توان معادله بده - فشار (x) ۶- ضریب معادله بده - فشار (k) ۷- ضریب تغییرات ساخت (v) ۸- افت معادل اصطکاک در اتصالات (fe)



شکل ۳-۱- نمونه‌های معمول آرایش گسیلنده‌ها

۳-۱-۳-۲ آرایش مستقیم دو ردیفی

در آرایش مستقیم دو ردیفی^۱ دو ردیف لوله در دو طرف هر ردیف کاشت در نظر گرفته می‌شود. فاصله لوله‌ها در طرفین ردیف کاشت باید به حدی زیاد باشد که میزان P_w به بیشترین حد خود برسد. در این روش درصد سطح خیس شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_w = \frac{P_w1 \times S1 + P_w2 \times S2}{S_r} \quad (۴-۳)$$

$Pw1 =$ درصد خیس شده برای $S1$

$S1 =$ فاصله داخلی بین دو جفت لوله آبدۀ در هر ردیف کشت متوالی (متر)

$Sr =$ فاصله بین ردیفهای کشت (متر)

$Pw2 =$ سطح خیس شده برای $S2$

$S2 =$ فاصله خارجی بین دو خط لوله آبدۀ در دو ردیف کشت متوالی (متر)

این روش به طور معمول برای باغهای میوه که درختان بزرگ دارند و یا مواردی که فاصله بین دو بوته گیاه در روی ردیف کاشت کم ولی فاصله دو ردیف کاشت زیاد باشد کاربرد بهتری دارد. در انتخاب فاصله $S1$ باید به نحوی عمل شود که $Pw1$ حتی المقدور برابر ۱۰۰ درصد باشد.

۳-۳-۱-۳ آرایش قطره چکانهای چند شاخه‌ای

در آرایش قطره چکانهای چند شاخه‌ای^۱ هر ردیف کاشت دارای فقط یک لوله آبدۀ بوده ولی هر گسیلنده دارای چندین خروجی آب می‌باشد. در این روش محاسبه سطح خیس شده Pw همانند روشهای آرایش حلقه‌ای و زیگزاگی می‌باشد.

۳-۳-۱-۴ آرایش حلقه‌ای

در آرایش حلقه‌ای^۲ یک ردیف لوله برای هر ردیف گیاه در نظر گرفته می‌شود. ولی برای هر گیاه (درخت) انشعابی از لوله آبدۀ ایجاد و به صورت حلقه دور درخت قرار داده می‌شود و گسیلنده‌ها با فاصله مشخص بر روی لوله انشعابی قرار می‌گیرند. سطح خیس شده در این روش از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Pw = \frac{100 \times e \times Se \times (Se + Sw) / 2}{Sp \times Sr} \quad (۵-۳)$$

در این رابطه پارامترها مشابه رابطه ۳-۳ تعریف می‌شوند.

این روش مشابه روشهای چند شاخه‌ای و زیگزاگی در آبیاری باغاتی که فاصله گیاهان زیاد و سطح توسعه ریشه‌ها و یا سطح سایه‌انداز گیاه گسترده باشد کاربرد مناسب‌تری دارد.

۳-۳-۱-۵ آرایش زیگزاگی

در آرایش زیگزاگی^۳ نیز برای هر ردیف گیاه یک لوله آبدۀ در نظر گرفته می‌شود. محاسبه سطح خیس شده در این روش همانند روش حلقه‌ای از رابطه ۳-۵ استفاده می‌شود.

1 - Multiexite emitter
2 - Loop lateral
3 - Zigzag lateral

۳-۳-۲ تعیین فاصله گسیلنده‌ها

در سیستمهای آبیاری موضعی، در محدوده توسعه ریشه‌ها باید پیازهای رطوبتی گسیلنده‌ها با هم همپوشانی داشته باشند. برای این منظور باید فاصله بین گسیلنده‌ها را ۸۰ درصد قطر خیس شده در نظر گرفت تا یک نوار مرطوب در محدوده مورد نظر ایجاد شود. پیاز رطوبتی گسیلنده‌ها تابع بده و فاصله خروجیها و همچنین نوع خاک می‌باشد که باید یا به طور مستقیم اندازه‌گیری شود یا از طرحهای اجرا شده با شرایط مشابه استخراج گردد. الگوی خیس شده خاکهای مختلف برای قطره‌چکانهای ۴ لیتر بر ساعت به عنوان نمونه در جدول ۳-۳ ارائه گردیده است.

۳-۳-۳ تعیین تعداد گسیلنده‌ها

تعداد گسیلنده‌های اختصاص یافته به هر گیاه با توجه به نوع و فاصله بین گیاهان، آرایش گسیلنده‌ها، نوع گسیلنده، بافت خاک و درصد مساحت خیس شده مورد نظر طراح و با انجام محاسبات به روش سعی و خطا تعیین می‌گردد. برای این منظور ابتدا با توجه به نوع گیاه و فاصله آنها تعداد گسیلنده‌های مورد نیاز به صورت طرح اولیه انتخاب می‌گردد و سپس با محاسبه درصد مساحت خیس شده خاک و همچنین برنامه‌ریزی آبیاری و محاسبات هیدرولیکی در مراحل بعدی طراحی تعداد گسیلنده‌های اختصاص یافته به هر گیاه به صورت نهایی تعیین خواهد شد.

۳-۳-۴ تعیین حجم آب مورد نیاز هر گیاه

برای تعیین آب مورد نیاز هر گیاه در هر نوبت آبیاری از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$G = Sp \times Sr \times dg \quad (۶-۳)$$

G = حجم ناخالص آب مورد نیاز گیاه در یک نوبت آبیاری (لیتر)

Sp = فاصله گیاهان در روی ردیف کشت (متر)

Sr = فاصله ردیفهای کشت (متر)

dg = عمق ناخالص آبیاری (میلی‌متر)

روش محاسبه عمق ناخالص آبیاری در روشهای آبیاری موضعی در بند ۱-۱۳ ارائه گردیده است. حجم آب ناخالص روزانه مورد نیاز هر گیاه نیز از تقسیم این عدد بر دور آبیاری محاسبه می‌گردد.

۳-۳-۵ زمان متوسط کارکرد گسیلنده‌ها

با توجه به تعداد و بده گسیلنده‌های انتخاب شده و حجم آب ناخالص مورد نیاز هر گیاه در هر دور آبیاری، زمان آبیاری در هر نوبت یا زمان کارکرد گسیلنده‌ها در هر نوبت آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{G}{Np \times q} \quad (۷-۳)$$

$T =$ زمان کارکرد گسیلنده‌ها (ساعت)

$G =$ حجم آب مورد نیاز گیاه در هر نوبت آبیاری (لیتر)

$Np =$ تعداد گسیلنده اختصاص یافته به هر گیاه

$q =$ بده گسیلنده انتخاب شده (لیتر بر ساعت)

در برنامه‌ریزی آبیاری سعی می‌شود که زمان آبیاری، یک عدد صحیح و یا حداکثر دارای اعشار ۳۰ دقیقه باشد. همچنین زمان کارکرد سیستم آبیاری که مضرب صحیحی از زمان کارکرد قطعات آبیاری می‌باشد باید تا حد ممکن به ۹۰ درصد ساعات شبانه‌روز (۲۱ ساعت) نزدیک باشد. با توجه به مسائل گفته شده در بالا زمان محاسبه شده از رابطه ۳-۷ را نمی‌توان زمان نهایی فرض نمود و باید تعدیلهایی در آن منظور کرد. برای این هدف یا باید فشار کارکرد گسیلنده را تنظیم نمود و یا در غیر این صورت تعداد و یا نوع گسیلنده انتخاب شده را تغییر داد تا به یک زمان کارکرد مناسب برای گسیلنده‌ها (Ta) دست یافت.

۳-۳-۶ بده متوسط گسیلنده‌ها

پس از تعیین زمان متوسط کارکرد گسیلنده‌ها، بده تنظیم شده یا بده متوسط گسیلنده‌ها از رابطه ۳-۸ محاسبه می‌شود:

$$q_a = \frac{G}{Np \times Ta} \quad (۳-۸)$$

$q_a =$ بده متوسط گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

$G =$ حجم آب مورد نیاز هر گیاه در هر نوبت آبیاری (لیتر)

$Np =$ تعداد گسیلنده اختصاص یافته به هر گیاه

$Ta =$ زمان متوسط کارکرد گسیلنده‌ها (ساعت)

در تعیین بده متوسط گسیلنده‌ها باید دقت داشت، بده متوسط یا بده تنظیم شده نسبت به بده اسمی گسیلنده تفاوت زیادی نداشته باشد (این محدوده مجاز تغییرات اغلب از طرف کارخانه سازنده اعلام می‌شود) چون در غیر این صورت ممکن است گسیلنده مورد نظر عملکرد مناسبی نداشته باشد.

۳-۳-۷ تعیین فشار کارکرد متوسط گسیلنده‌ها

فشار کارکرد متوسط گسیلنده‌ها با توجه به رابطه بده - فشار آن گسیلنده و بده متوسط محاسبه می‌شود:

$$Ha = \left(\frac{q_a}{k} \right)^{\frac{1}{x}} \quad (۳-۹)$$

H_a = فشار کارکرد متوسط گسیلنده‌ها (متر)

q_a = بده متوسط گسیلنده (لیتر بر ساعت)

x = توان بده گسیلنده

k = ضریب بده گسیلنده

۳-۳-۱ تعیین تغییرات مجاز فشار در قطعه آبیاری

تغییرات مجاز فشار در قطعه آبیاری متأثر از فشار متوسط و فشار حداقل گسیلنده‌ها در قطعه آبیاری بوده و از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\Delta H_s = 2/5(H_a - H_n) \quad (۱۰-۳)$$

ΔH_s = تغییرات مجاز فشار در قطعه آبیاری (متر)

H_a = فشار متوسط گسیلنده‌ها (متر)

H_n = فشار حداقل گسیلنده‌ها (متر)

فشار متوسط گسیلنده‌ها با توجه به توضیحات بند (۳-۳-۷) قابل محاسبه می‌باشد. فشار حداقل گسیلنده‌ها، فشار متناظر با گسیلنده‌ای می‌باشد که در قطعه آبیاری دارای کمترین بده خواهد بود و از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$H_n = \left(\frac{q_n}{k} \right)^{\frac{1}{x}} \quad (۱۱-۳)$$

H_n = فشار حداقل گسیلنده‌ها (متر)

Q_n = بده حداقل گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

x = توان بده گسیلنده

k = ضریب بده گسیلنده

نکته قابل توجه در این رابطه نحوه محاسبه بده حداقل گسیلنده‌ها در قطعه آبیاری می‌باشد. برای این منظور باید توجه داشت که بده حداقل گسیلنده‌ها در قطعه آبیاری متأثر از ضریب یکنواختی پخش، ضریب تغییرات ساخت گسیلنده و مقدار گسیلنده اختصاص یافته به هر گیاه می‌باشد و از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Eu = 100 \left(1 - 1/27 \frac{V}{\sqrt{N_p}} \right) \frac{q_n}{q_a} \quad (۱۲-۳)$$

Eu = ضریب یکنواختی پخش (درصد)

V = ضریب تغییرات ساخت (اعشار)

Np = تعداد گسیلنده اختصاص داده شده به هر گیاه

qn = بده حداقل گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

qa = بده متوسط گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

مقدار ضریب یکنواختی پخش مطابق با بند ۱-۷ قابل تخمین می‌باشد. ضریب تغییرات ساخت نیز بستگی به نوع گسیلنده انتخاب شده دارد و باید توسط کارخانه سازنده اعلام گردد، سایر متغیرها نیز عوامل طراحی می‌باشد که نحوه محاسبه آنها در قسمتهای قبلی ذکر گردید.

پس از محاسبه ΔHs در صورتی که این مقدار جوابگوی نیازهای طراحی (اختلاف ارتفاع و اصطکاک لوله‌ها) نباشد لازم است که ΔHs به یکی از روشهای زیر افزایش یابد:

- ۱- گسیلنده دیگری با V یا x کوچکتر انتخاب شود.
- ۲- تعداد گسیلنده اختصاص داده شده به هر گیاه افزایش یابد.
- ۳- نوع گسیلنده را تغییر داد تا مقدار Ha افزایش یابد.
- ۴- پذیرش یکنواختی توزیع کمتر از حد مورد قبلی.

۳-۳-۹ برنامه‌ریزی و قطعه‌بندی

در قطعه‌بندی و برنامه‌ریزی آبیاری به مجموعه قطعات آبیاری که به طور هم‌زمان آبیاری شده و از یک برنامه آبیاری تبعیت می‌کنند ایستگاه آبیاری گفته می‌شود. تعداد ایستگاههای آبیاری در هر مزرعه از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$N = \frac{f \times t}{Ta} \quad (3-13)$$

N = تعداد ایستگاههای آبیاری

f = دور آبیاری اصلاح شده (روز)

t = تعداد ساعتهای بهره‌برداری از سیستم آبیاری در شبانه‌روز (ساعت)

Ta = زمان آبیاری یا زمان کارکرد گسیلنده‌ها در هر نوبت آبیاری (ساعت)

در رابطه بالا ساعات بهره‌برداری از سیستم آبیاری در شبانه‌روز در صورتی که از تجهیزات تأمین فشار استفاده شود حداکثر ۹۰ درصد ساعتهای شبانه‌روز در نظر گرفته می‌شود.

پس از قطعه‌بندی و تعیین ایستگاههای آبیاری باید برنامه آبیاری هر ایستگاه در طی فصل زراعی تعیین شود. برای این منظور بهتر است که زمان آبیاری ثابت فرض شده و دور آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه در طی مراحل مختلف رشد از روابط پیش‌گفته محاسبه و ارائه گردد.

۴-۳ طراحی لوله‌های آبد

لوله‌های آبد که نقش اصلی توزیع آب را در سطح قطعه آبیاری به عهده دارند اغلب از جنس پلی اتیلن بوده و به‌طور معمول با اندازه‌های ۱۲ تا ۳۲ میلی‌متر انتخاب می‌شوند. این لوله‌ها اغلب انعطاف‌پذیری نسبی خوبی دارند و روی سطح زمین و در طول ردیفهای گیاه قرار می‌گیرند. در بعضی موارد نیز امکان زیر خاک قرار گرفتن آنها وجود دارد ولی همیشه ترجیح داده می‌شود که روی سطح خاک قرار گیرند زیرا کنترل گسیلنده‌ها راحت‌تر انجام می‌شود و امکان جمع کردن آنها در فصلهای غیرآبیاری نیز وجود دارد. در طراحی لوله‌های آبد مشخص شدن طول لوله، قطر لوله، توزیع فشار و بده در طول لوله و به خصوص در ورودی لوله از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱-۴-۳ افت مجاز فشار در لوله آبد

در هر قطعه آبیاری نیمی از افت مجاز محاسبه شده از رابطه ۳-۱۰ به لوله آبد و نیم دیگر به لوله رابط اختصاص می‌یابد. بنابراین افت مجاز فشار در طول لوله‌های آبد را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$(\Delta Hl)_a = 0/5 \times \Delta HS \quad (14-3)$$

$(\Delta Hl)_a$ = افت مجاز فشار در طول لوله آبد (متر)

ΔHS = افت مجاز فشار در قطعه آبیاری

با توجه به آنکه لوله آبد در خط تراز یا در سرآشویی یا سرپایینی قرار گرفته باشد افت مجاز اصطکاکی از رابطه زیر محاسبه

می‌شود:

$$(Hfl)_a = (\Delta Hl)_a - \Delta E \quad (15-3)$$

$(Hfl)_a$ = افت اصطکاکی مجاز در طول لوله آبد (متر)

$(\Delta Hl)_a$ = افت فشار مجاز در طول لوله آبد (متر)

ΔE = اختلاف ارتفاع دو سر لوله آبد که مثبت برای شیب سربالایی و منفی برای شیب سرازیری در نظر گرفته می‌شود

(متر)

۲-۴-۳ طول لوله آبد

طول لوله آبد تابعی از ابعاد قطعه آبیاری و افت مجاز فشار در لوله آبد می‌باشد. طول لوله آبد به نحوی تعیین می‌گردد که علاوه بر انطباق با ابعاد قطعات آبیاری افت فشار در طول آن از افت مجاز فشار کوچک‌تر شود. رعایت چنین شرطی باعث می‌شود که تغییرات بده گسیلنده‌هایی که هم‌زمان کار می‌کنند کمتر از ۱۰ درصد بده متوسط گسیلنده‌ها باشد.

۳-۴-۳ بده لوله‌های آبد

بده لوله آبد تابعی از بده گسیلنده‌ها و تعداد آنها بر روی لوله آبد می‌باشد. در مرحله طراحی مقدماتی که بده گسیلنده‌ها مشخص ولی تعداد آنها بر روی لوله آبد تعیین نشده است، بده لوله آبد را می‌توان با توجه به یک پیش فرض اولیه از تعداد گسیلنده‌ها بر روی لوله آبد و از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$Q_1 = N_e \times q_e \quad (۱۶-۳)$$

Q_1 = بده لوله آبد (لیتر بر ساعت)

N_e = تعداد گسیلنده‌های مستقر بر روی لوله آبد

q_e = بده متوسط گسیلنده‌ها (لیتر بر ساعت)

۳-۴-۴ قطر لوله آبد

قطر لوله‌های آبد تابعی از بده لوله، طول لوله و افت مجاز فشار در طول لوله آبد می‌باشد. با این وجود در طراحی سیستمهای آبیاری موضعی سعی می‌شود قطر لوله از محدوده ۱۲ تا ۳۲ میلی‌متر انتخاب شود (به دلیل مسائل فنی و اقتصادی) و افت مجاز فشار با تغییر طول لوله کنترل شود.

۳-۴-۵ افت فشار در لوله آبد

افت اصطکاکی در لوله آبد (لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر کمتر از ۱۲۵ میلی‌متر) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_f = 7/89 \times 10^7 \times L \times F \times Q^{1/75} \times D^{-4/75} \quad (۱۷-۳)$$

H_f = افت اصطکاکی طول لوله (متر)

Q = بده لوله (لیتر بر ثانیه)

D = قطر لوله (میلی‌متر)

L = طول لوله (متر)

F = ضریب کریستیانسن قابل محاسبه از روابط ۲-۱۰ و ۲-۱۱ یا از جداول پیوست شماره ۲

لازم به تذکر است که در لوله‌های آبد سیستم آبیاری موضعی به دلیل اتصال متعدد گسیلنده‌ها یا انشعاب گسیلنده‌ها بر روی لوله‌های آبد، ضریب زبری لوله و در نتیجه افت اصطکاک افزایش می‌یابد. در این حالت افت اصطکاکی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_f' = H_f \left(\frac{Se + fe}{Se} \right) \quad (۱۸-۳)$$

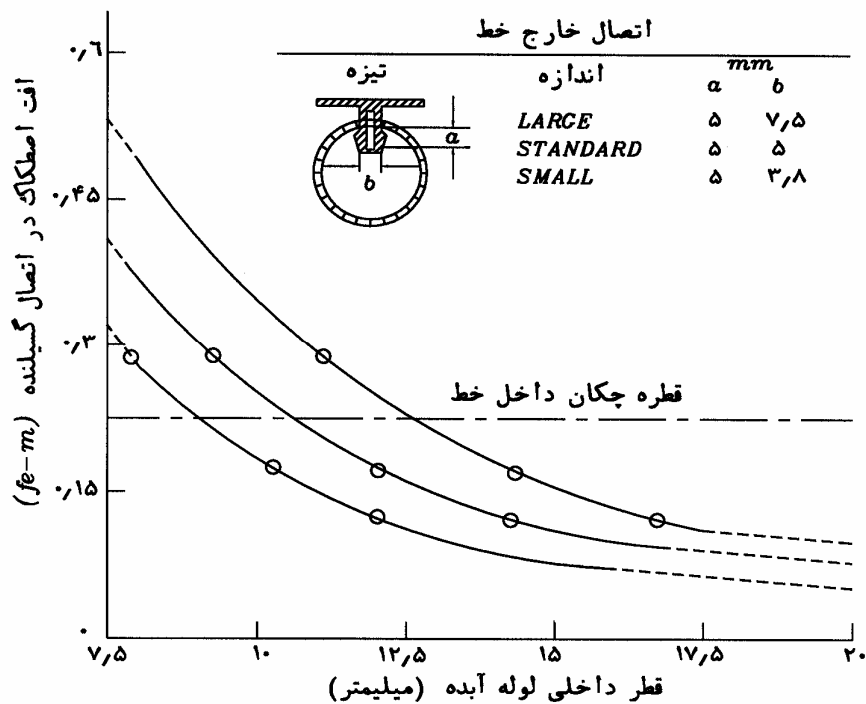
$Hf' =$ افت اصطکاکی در لوله‌های گسیلنده‌دار (متر)

$Hf =$ افت اصطکاکی در لوله‌های بدون گسیلنده (متر)

$Se =$ فاصله گسیلنده‌ها یا اتصالات بر روی لوله‌های آبد (متر)

$fe =$ افت در اتصالات گسیلنده‌ها به صورت طول معادل لوله آبد (متر) مقدار fe با توجه به نوع نصب گسیلنده‌ها و اندازه

زوايد نصب گسیلنده‌ها بر روی لوله آبد از شکل ۲-۳ محاسبه می‌شود.



شکل ۲-۳- تلفات فشار در محل اتصال گسیلنده به لوله آبد برحسب معادل طول لوله آبد (fe)

۳-۴-۶ افت فشار در لوله‌های تلسکوپی (چند قطری)

به منظور رعایت ملاحظات اقتصادی می‌توان با توجه به کاهش بده در طول لوله، به ترتیب کاهش بده از اندازه‌های کوچکتر استفاده کرد، ولی اغلب در عمل برای لوله‌های آبد بیش از دو اندازه توصیه نمی‌گردد. محاسبه افت فشار در لوله‌های آبد با دو قطر به صورت رابطه ۱۹-۳ انجام می‌گردد:

$$(Hf) = (Hf)_{D1L} - (Hf)_{D1L2} - (Hf)_{D2L2}$$

(۱۹-۳)

Hf = افت فشار در طول لوله آبد

$(Hf) D1L$ = افت فشار در تمام طول لوله با قطر بزرگتر D1 (متر)

$(Hf) D1L2$ = افت فشار در طول L2 با قطر بزرگتر D1 (متر)

$(Hf) D2L2$ = افت فشار در طول L2 با قطر کوچکتر D2 (متر)

۳-۴-۷ تغییرات فشار در طول لوله‌های آبد

فشار مورد نیاز در ابتدای لوله آبد از رابطه ۳-۲۰ و فشار موجود در انتهای لوله آبد از رابطه ۳-۲۱ محاسبه می‌شود:

$$H_d = H_i - H_{fl} - \Delta H_e \quad (۳-۲۰)$$

$$H_L = H_a + \alpha H_{fl} + 0/5 \Delta H_e \quad (۳-۲۱)$$

H_L = فشار در ابتدای لوله آبد (متر)

ΔH_e = اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای لوله، برای لوله‌هایی که در شیب سربالایی قرار دارند مثبت و برای لوله‌هایی که

در شیب سرازیری قرار دارند منفی در نظر می‌گیرند (متر)

H_d = فشار در انتهای لوله آبد (متر)

H_{fl} = افت اصطکاکی در طول لوله آبد (متر)

α = برای لوله‌های با قطر یکنواخت ۰/۷۷ و برای لوله‌های دو قطری ۰/۶۳ می‌باشد.

نحوه تغییرات افت فشار در طول لوله را می‌توان از روابط زیر محاسبه نمود :

$$H_i = H_L - R_i \times H_f - i \Delta H_e \quad (۳-۲۲)$$

H_i = فشار در نسبت طولی لوله (i) بر حسب متر

H_L = فشار در ابتدای لوله (متر)

H_f = کل افت فشار در طول لوله (متر)

ΔH_e = اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای لوله (در شیب سربالایی مثبت و در شیب سرازیری منفی می‌باشد)

i = نسبت طولی لوله ($i = \frac{L}{L}$)

R_i = نسبت افت فشار در نسبت طولی i می‌باشد. مقدار R_i وقتی که افت فشار از طریق معادله هیزن - ویلیامز حساب شود

از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$R_i = 1 - (1 + i)^{2/852} \quad (۳-۲۳)$$

چنانچه لوله بر روی شیب غیریکنواخت قرار داشته باشد طول لوله را می‌توان متناسب با شیبهای مختلف به چندین قسمت (n) تقسیم کرد و شیب هر قسمت را به طور جداگانه مشخص نمود. با این عمل می‌توان توزیع فشار در طول چنین لوله‌هایی را از رابطه ریاضی زیر تعیین نمود:

$$H_i = H_l - R_i \times H_f - \frac{1}{n} L \sum_1^i S_j \quad (24-3)$$

n = تعداد تقسیمات طول لوله

L = طول لوله (متر)

S_j = شیب قسمت i (مثبت برای شیب سر بالایی و منفی برای شیب سرازیری)

با استفاده از دو معادله ۲۲-۳ و ۲۴-۳ به راحتی می‌توان چگونگی تغییرات فشار در طول لوله‌های آبدی را محاسبه و رسم نمود. با توجه به رابطه مشخص بین فشار و بده گسیلنده‌ها با مشخص شدن فشار در هر نقطه در طول مسیر لوله می‌توان بده در آن نقطه را محاسبه نمود و همچنین تغییرات بده در طول لوله را معین کرد:

$$q_i = K (H_l - R_i \Delta H_l - i \Delta H_e)^x \quad (25-3)$$

q_i = بده گسیلنده در نسبت طولی لوله i (لیتر در ساعت)

X = توان مربوط به رابطه بده و فشار در گسیلنده‌ها

K = ضریب مربوط به رابطه بده و فشار در گسیلنده‌ها

۳-۴-۱ طراحی لوله‌های آبدی واقع بر شیب

در شرایطی که امکان قرار گرفتن لوله‌های آبدی بر روی خطوط تراز وجود نداشته باشد، به ناچار لوله‌های آبدی در شیب واقع می‌شوند. در این حالت جهت دستیابی به بیشترین یکنواختی توزیع فشار در خطوط لوله با تنظیم محل لوله رابط، طول لوله‌های واقع بر سربالایی کوتاهتر از لوله‌های واقع بر سرازیری در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور بهترین محل لوله‌های رابط توسط مقادیر $\frac{\Delta E_p}{H_{fp}}$ به دست می‌آید. که در آن ΔE_p اختلاف ارتفاع دو سر یک زوج لوله آبدی که یکی از آنها در سرازیری و دیگری در سربالایی واقع شده می‌باشد. H_{fp} نیز افت اصطکاک لوله آبدی منفرد هم طول با این لوله آبدی زوج می‌باشد. پس از تعیین مقدار متغیر فوق و مراجعه به جدول ۳-۶ و تعیین Y متناظر با این متغیر بهترین محل لوله رابط از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$X = Y \times L_p \quad (26-3)$$

X = فاصله از انتهای لوله آبدۀ واقع بر سرازیری (متر)

Y = مقدار ضریب متناظر با متغیر $\frac{\Delta E_p}{H_{fp}}$ به دست آمده از جدول ۳-۶

L_p = مجموع طول یک جفت لوله آبدۀ واقع بر سرازیری و سربالایی (متر)

پس از تعیین محل لوله رابط در طول یک زوج لوله آبدۀ برای آن که لوله رابط در وسط دو ردیف از درختان قرار گیرد می‌توان محل آن را سه چهارم در جهت شیب و یک چهارم در جهت عکس شیب جابه‌جا کرد.

فشار ورودی به یک زوج لوله آبدۀ نیز از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$H_I = H_a + \alpha H_{fp} - (Y - 0.5) \Delta E_p \quad (3-27)$$

H_I = فشار ورودی به لوله آبدۀ زوج (متر)

H_a = فشار متوسط گسیلنده‌های قطعه آبیاری (متر)

H_{fp} = افت اصطکاک لوله آبدۀ منفرد هم طول با لوله آبدۀ زوج (متر)

α = فاکتور اصلاح فشار متوسط به فشار ورودی در لوله آبدۀ زوج (جدول ۳-۶)

Y = نسبتی که بهترین محل لوله رابط را در طول یک لوله آبدۀ زوج تعیین می‌کند (جدول ۳-۶)

ΔE_p = اختلاف ارتفاع دو سر لوله آبدۀ زوج (متر)

جدول ۳-۶ - ضرایب α و Y با توجه به نسبت متغیر [۱۱]

$\frac{\Delta E_p}{H_{fp}}$	Y	α	$\frac{\Delta E_p}{H_{fp}}$	Y	α
۰/۰	۰/۵	۰/۱۱	۱/۰	۰/۸۵	۰/۴۲
۰/۱	۰/۵۶	۰/۱۲	۱/۲	۰/۸۹	۰/۴۹
۰/۲	۰/۶	۰/۱۴	۱/۴	۰/۹۲	۰/۵۵
۰/۳	۰/۶۵	۰/۱۶	۱/۶	۰/۹۴	۰/۶۰
	۰/۶۹	۰/۱۹	۱/۸	۰/۹۶	۰/۶۵
	۰/۴	۰/۲۳	۲/۰	۰/۹۸	۰/۶۹
	۰/۵	۰/۲۶	۲/۲	۰/۹۹	۰/۷۲
	۰/۶	۰/۳	۲/۴	۱/۰۰	۰/۷۴
	۰/۷	۰/۳۴	۲/۷۵	۱/۰۰	۰/۷۵
۰/۹	۰/۸	۰/۳۸			

۵-۳ طراحی لوله رابط

طراحی لوله‌های رابط از لحاظ هیدرولیکی شبیه به لوله‌های آبدی می‌باشد. با این تفاوت که به جای گسیلنده‌ها، لوله‌های آبدی از این لوله‌ها تغذیه می‌شوند و فاصله انشعابها بر روی لوله رابط بیش از فاصله انشعابها بر روی لوله آبدی می‌باشد. مراحل طراحی این لوله‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱-۵-۳ افت مجاز لوله رابط

افت مجاز در طول لوله رابط با توجه به افت مجاز فشار در قطعه آبیاری و افت فشار در طول لوله آبدی و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(\Delta H_m)_a = \Delta H_S - (\Delta H_I)_a \quad (28-3)$$

$(\Delta H_m)_a$ = افت مجاز فشار در طول لوله رابط (متر)

ΔH_S = افت مجاز فشار در قطعه آبیاری (متر)

$(\Delta H_I)_a$ = افت مجاز فشار در طول لوله آبدی (متر)

حال با توجه به آنکه لوله رابط در شبیه‌های سربالایی و یا سربایینی باشد افت اصطکاکی مجاز در طول لوله رابط از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(H_{fm})_a = (\Delta H_m)_a - \Delta E \quad (29-3)$$

$(H_{fm})_a$ = افت اصطکاکی مجاز در طول لوله رابط (متر)

$(\Delta H_m)_a$ = افت مجاز فشار در طول لوله رابط (متر)

ΔE = اختلاف ارتفاع دو سر لوله رابط (مثبت برای سربالایی و منفی برای سربایینی)

۲-۵-۳ طول لوله رابط

طول لوله رابط بستگی به ابعاد قطعه آبیاری و افت مجاز فشار در طول لوله آبدی دارد. مشابه لوله‌های آبدی، طول لوله‌های رابط به نحوی تعیین می‌گردد که علاوه بر انطباق با ابعاد قطعه آبیاری، افت فشار در طول آن از افت مجاز فشار کوچکتر گردد.

۳-۵-۳ بده لوله رابط

بده لوله رابط با توجه به فرض اولیه طول لوله رابط و تعداد لوله‌های آبدی تحت پوشش، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_m = N_I \times Q_I \quad (30-3)$$

$$Q_m = \text{بده لوله رابط (لیتر بر ساعت)}$$

$$Nl = \text{تعداد لوله آبدۀ تحت پوشش یک لوله رابط}$$

$$Ql = \text{بده لوله آبدۀ (لیتر بر ساعت)}$$

۳-۵-۴ قطر لوله رابط

قطر لوله رابط، تابعی از بده لوله، طول لوله و افت مجاز فشار در لوله رابط می‌باشد. قطر لوله به نحوی تعیین می‌گردد که افت فشار در طول لوله کمتر از افت مجاز فشار باشد. برای این منظور ممکن است طراحی لوله رابط با بیش از یک قطر نیز ضروری باشد که در این موارد بهتر است سعی شود تعداد قطرهای لوله رابط از دو قطر بیشتر نشود.

۳-۵-۵ افت فشار در لوله رابط

افت فشار در لوله رابط با توجه به آنکه جنس این لوله‌ها پلی‌اتیلن و قطر آنها اغلب کوچکتر از ۱۲۵ میلی‌متر می‌باشد از همان رابطه ۳-۱۷ که برای لوله‌های آبدۀ ارائه گردیده محاسبه می‌شود.

۳-۵-۶ تغییرات فشار در لوله رابط

فشار در ابتدا و انتهای لوله رابط به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$H_m = H_a + \alpha H_{fm} + 0/5 \times \Delta H_e \quad (3-31)$$

$$H_d = H_m - H_{fm} - \Delta H_e \quad (3-32)$$

H_m = فشار ورودی لوله رابط (متر)

H_a = فشار متوسط در لوله رابط که برابر فشار مورد نیاز در ابتدای لوله آبدۀ می‌باشد (متر)

ΔH_e = اختلاف ارتفاع در دو سر لوله رابط، مثبت برای سربالایی و منفی برای سرازیری (متر)

α = ضریب تنظیم افت فشار می‌باشد که بستگی به درجه تلسکوپی (چند قطری) لوله دارد. این ضریب برای لوله‌های با

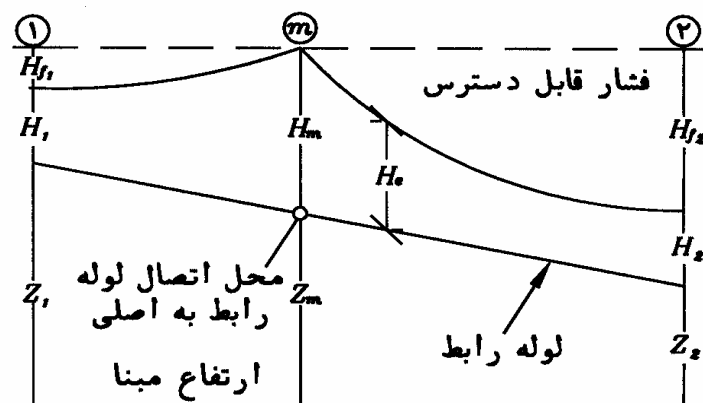
قطر یکنواخت ۰/۷۷ برای لوله‌های دو قطری به طور تقریبی ۰/۶۳ و برای لوله‌های چند قطری نزدیک به ۰/۵ می‌باشد. (جک

کلر و کارملی)

H_d = فشار لوله رابط در پایین دست (متر)

۳-۵-۱ محل قرار گرفتن لوله رابط در قطعه آبیاری

در اراضی شیبدار لوله‌های آبدۀ انشعابی از لوله رابط باید روی خطوط تراز و لوله رابط در راستای شیب قرار گیرند. محل قرار گرفتن لوله رابط باید به گونه‌ای باشد که تغییرات فشار در طول لوله رابط از حد مجاز بیشتر نباشد به همین خاطر در اراضی مسطح این لوله در وسط و در اراضی شیبدار نزدیک‌تر به مرز بالادست قرار می‌گیرد در این صورت طول لوله‌های آبدۀ مستقر بر شیب سرازیری بلندتر از طول لوله‌هایی است که در شیب سربالایی قرار می‌گیرد. این مفهوم در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳- محل استقرار لوله رابط و تغییرات فشار لوله‌های آبدۀ انشعابی از لوله رابط بر روی سطوح شیبدار

محل مناسب ورود آب به لوله رابط یا اتصال رابط به لوله آبدۀ به نحوی که اختلاف فشار در ابتدا و انتهای این لوله در حد مجاز باشد با انتخاب قطر مناسب هر قطعه و طول مناسب قطعه واقع بر شیب سربالایی و شیب سرازیری تعیین می‌گردد. حالت مطلوب آن است که فشار در انتهای قطعه بالادست و انتهای پایین دست برابر باشند ($H_1 = H_2$) به نحوی که :

$$Hf_1 \leq (\Delta H_m) a + Z_m - Z_1 \quad (3-33)$$

Hf_1 = افت فشار در اثر اصطکاک در قطعه بالادست (متر)

Hf_2 = افت فشار در اثر اصطکاک در قطعه پایین دست (متر)

Z_1 = ارتفاع انتهای قطعه بالادست (متر)

Z_2 = ارتفاع انتهای قطعه پایین دست (متر)

H_1 = فشار موجود در انتهای قطعه لوله رابط واقع بر شیب سربالایی (متر)

H_2 = فشار موجود بر انتهای دو قطعه لوله رابط واقع بر شیب سرازیری (متر)

برای اینکه معادله ۳-۳۳ برقرار باشد و شرایط مورد نظر تأمین گردد، محل قرار گرفتن لوله رابط باید در سطح شیب‌دار در جای مناسب مشخص گردد. به دلیل وجود حالت‌های مختلف و متعدد و پیچیده بودن آن می‌توان از برنامه رایانه‌ای استفاده کرد و حالت‌های متعدد را کنترل و بهترین حالت را انتخاب نمود. مراحل کنترل به شرح زیر می‌باشد.

۱- ابتدا فرض می‌شود که محل لوله رابط نزدیک به مرز بالادست باشد. البته باید توجه داشت که اختلاف ارتفاع بالادست و پایین‌دست ($Z_1 - Z_2$) کوچکتر از اختلاف فشار مجاز در لوله رابط باشد.

۲- طول هر قطعه و اندازه قطر هر قطعه تعیین گردد.

۳- اندازه قطرهای انتخابی لوله برای هر قطعه واقع بر شیب سربالایی و سرپایینی باید به اندازه‌ای باشد که افت فشار حاصله در دو قطعه در معادله ۳-۳۳ صدق نماید و همچنین از اختلاف فشار مجاز در لوله رابط (رابطه ۳-۲۸) بیشتر نباشد:

$$Hf_1 \leq (\Delta H_m) a + Z_m - Z_1 \quad (3-34)$$

$$Hf_2 \leq (\Delta H_m) a + Z_m - Z_2 \quad (3-35)$$

$(\Delta H_m) a$ = اختلاف فشار مجاز در هر قطعه لوله رابط (متر)

Z_m = ارتفاع محل تقسیم آب در ورودی لوله رابط (متر)

۴- مراحل بالا یعنی تغییر محل قرار گرفتن لوله رابط آنقدر باید تکرار گردد تا اینکه ارزان‌ترین حالت که معادلات ۳-۳۴ و ۳-۳۵ در مورد آن صادق باشند، به دست آید.

۳-۶ طراحی لوله اصلی و نیمه اصلی

طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستم‌های آبیاری موضعی از همان ضوابط ارائه شده در مورد طراحی لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستم‌های آبیاری بارانی پیروی می‌کند.

۳-۷ واحد کنترل مرکزی

واحد کنترل مرکزی از مجموع تجهیزات و دستگاه‌هایی تشکیل می‌شود که نقش تصفیه آب، کنترل فشار، تنظیم و اندازه‌گیری جریان آب، تزریق کود به شبکه و کنترل عملکرد شبکه را به عهده دارند. در صورت اتصال شبکه به سیستم رایانه‌ای و نصب دستگاه‌های حساس در مزرعه، علاوه بر جمع‌آوری اطلاعات در سطح مزرعه نقش تجزیه و تحلیل اطلاعات و صدور دستوریهایی لازم برای باز و بسته شدن به موقع شیرهای کنترل بر مبنای حجمی و یا زمانی را نیز انجام می‌دهد. عمده تجهیزات واحد کنترل به شرح زیر هستند:

۱-۷-۳ سیستمهای تصفیه آب

سیستمهای تصفیه آب به کلیه روشها و تمهیداتی گفته می‌شود که برای جلوگیری از انسداد گسیلنده‌ها و لوله‌های آبیاری به کار گرفته می‌شود. با توجه به عوامل گرفتگی، روشهای تصفیه آب را می‌توان به دو گروه تصفیه فیزیکی و شیمیایی تقسیم نمود.

۱-۱-۷-۳ تصفیه فیزیکی

در تصفیه فیزیکی مواد درشت آلی و غیرآلی معلق در آب از آن خارج می‌شود. روشهایی که در این نوع تصفیه به کار می‌روند عبارتند از: نرده‌های آشغالگیر^۱، حوضچه‌های رسوبگیر^۲، صافی گردابی^۳، صافی توری^۴، صافی شن^۵. انتخاب هر یک از این روشها بستگی به وضعیت آب از لحاظ حمل مواد معلق و همچنین حساسیت نوع تجهیزات سیستم آبیاری موضعی دارد. جدول ۷-۳ کمترین اندازه ذراتی که می‌تواند توسط هر یک از روشهای تصفیه از آن جدا شود را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۳ - کمترین قطر ذرات جدا شونده از آب توسط روشهای مختلف تصفیه [۳۶]

اندازه ذرات (میکرون)	نوع صافی
> ۴۰	حوضچه رسوبگیر
> ۱۵۲	صافی توری (کارتريج)
۵ - ۱۰۰	صافی شن
> ۲۰	صافی شن
۷۵ - ۱۵۰	صافی توری (مش ۱۰۰ تا ۲۰۰)
> ۱۰۰	صافی توری (مش ۲۰۰)
> ۷۵	صافی توری
> ۷۴	صافی گردابی*
> ۴۴	صافی گردابی (دو مرحله‌ای)

* صافیهای گردابی ۹۸ درصد از ذرات بزرگتر از اندازه‌های ذکر شده را از آب جدا می‌کنند.

- 1 - Skimming boards
- 2 - Settling basins
- 3 - Centrifugal Separators
- 4 - Screen filters
- 5 - Media filters

۳-۷-۱-۱-۱ نرده‌های آشغالگیر

این روش تصفیه فیزیکی برای جمع‌آوری آشغال‌های سطح آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور معمول نرده‌های آشغالگیر در محل آبیاری حوضچه پمپاژ نصب می‌شود تا از ورود آشغال و مواد زاید درشت به حوضچه پمپاژ جلوگیری شود.

۳-۷-۱-۱-۲ حوضچه‌های رسوبگیر

این حوضچه‌ها که دارای ساختمان ساده‌ای هستند به منظور جدا کردن مواد جامد معلق و یا احیاناً ذرات بسیار ریز خاک و شن موجود در آب ساخته شده و قبل از صافیه‌ها قرار می‌گیرند. جهت ایجاد شرایط رسوب باید سرعت آب در این گونه استخرها بسیار کم و زیر ۰/۰۵ متر بر ثانیه باشد [۴۰]. به منظور جلوگیری از رشد خزه‌ها و جلبکها و نیز ریزش مواد معلق توسط باد باید حوضچه‌ها سرپوشیده باشند و در مواقع لازم لایروبی و تمیز گردند یا اینکه توسط کلر و یا کات کبود تصفیه شیمیایی انجام پذیرد.

در حوضچه‌های رسوبگیر، ذرات معلق آب تحت تأثیر دو سرعت جلو رونده (سرعت حرکت آب در حوضچه) و سرعت ته‌نشینی ذرات قرار گرفته و در امتداد برآیند آنها سقوط می‌کنند، لذا ابعاد استخرها باید متناسب با این دو سرعت تعبیه گردد. سرعت ته‌نشینی ذرات از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$V_s = g(ds - dw) \frac{D^2}{18\mu} \quad (۳-۳۳)$$

α = فاکتور اصلاح فشار متوسط به فشار ورودی در لوله آبدۀ زوج (جدول ۳-۶)

Y = نسبتی که بهترین محل لوله رابط را در طول یک لوله آبدۀ زوج تعیین می‌کند (جدول ۳-۶)

ΔEp = اختلاف ارتفاع دو سر لوله آبدۀ زوج (متر)

Vc = سرعت بحرانی حرکت آب در حوضچه رسوبگیر (سانتی متر بر ثانیه)

g = شتاب ثقل زمین (گرم بر سانتی متر مکعب) که اغلب ۹۸۰ در نظر گرفته می‌شود.

ds = چگالی ذرات معلق در آب (گرم بر سانتی متر مکعب)

dw = چگالی آب (گرم بر سانتی متر مکعب)

با توجه به سرعت سقوط ذرات و سرعت جلو رونده، ابعاد حوضچه از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد :

$$\frac{L}{H} = \frac{Vc}{Vs} \quad (۳-۳۵)$$

L = طول حوضچه (متر)

$H =$ ارتفاع حوضچه (متر)

$V_c =$ سرعت جلو رونده بحرانی (سانتی متر بر ثانیه)

$V_s =$ سرعت ته نشینی (سانتی متر بر ثانیه)

۳-۱-۱-۲-۳ صافی گردابی (هیدروسیکلون)

این نوع صافی مخروطی شکل می باشد. در اثر چرخش آب در درون آن و با استفاده از نیروی گریز از مرکز ذرات سنگین موجود در آب جدا شده و در مخزن زیر آن جمع می شوند و آب صاف شده از بالای آن خارج می گردد. این صافیها قادر به جداسازی ذراتی با وزن مخصوص بیش از ۱/۲ گرم بر سانتی متر مکعب می باشند. بنابراین صافیهای گردابی قادر به جداسازی مواد معلق آلی در آب نیستند. اندازه مناسب این صافی برای یک طرح آبیاری موضعی براساس بده واحد کنترل مرکزی و با استفاده از کاتالوگ کارخانه سازنده تعیین می گردد. توانایی جداسازی ذرات توسط یک صافی گردابی بستگی به بده، اختلاف فشار ورودی و خروجی آن، اندازه ذرات معلق در آب و شکل هندسی آن دارد و از جدول ۳-۸ محاسبه می گردد.

جدول ۳-۸- قابلیت جداسازی صافیهای گردابی [۴۰]

کاربرد	قطر صافی Dc (اینچ)
برای جداسازی ذرات به اندازه های ۲۰μ - ۱۰μ (میکرون)	۱/۵ تا ۱/۴
برای جداسازی ذرات به اندازه های ۱۰μ - ۲۰μ (میکرون)	۱/۵ تا ۴
برای جداسازی ذرات به اندازه های ۴۰μ (میکرون)	۶ تا ۱۲
برای جداسازی ذرات به اندازه های ۶۰μ - ۷۰μ (میکرون)	۱۶ تا ۳۰

۳-۱-۱-۲-۴ صافیهای شنی

این صافیها از مخازن تحت فشار پر از شن و ماسه تشکیل شده اند که آب در حین عبور از لایه های شن و ماسه تصفیه می شود. در انتخاب اندازه صافی شن باید بده جریان در واحد کنترل مرکزی و کدورت آب آبیاری مورد توجه قرار گیرد، زیرا سطح تصفیه برای کدورتها، نوع تجهیزات و گسیلنده های مختلف سیستمهای آبیاری موضعی و قطر روزه های خروجی آنها در بده های مختلف، متفاوت می باشد. دانه های شن باید از نوع سیلیسی و کوارتز متبلور با درجه خلوص ۹۸٪ می باشد. شنهای استاندارد مورد مصرف در صافیهای شنی و شماره مش معادل آنها در صافیهای توری در جدول ۳-۹ ارائه گردیده است.

جدول ۳-۹- اندازه و نوع استاندارد شن مصرفی در صافیهای شنی [۱۱]

شماره استاندارد شن *	نوع شن	متوسط قطر روزنه (میکرون)	شماره مش معادل ** در صافیهای توری
# ۸	گرانیت خرد شده	۱۹۰	۷۰
# ۱۱	گرانیت خرد شده	۱۰۰	۱۴۰
# ۱۶	شن سیلتی	۷۴	۲۰۰
# ۲۰	شن سیلتی	۶۰	۲۳۰

* با افزایش شماره استاندارد شن، قطر ذرات شن کوچکتر می‌شود.

** برای آن که صافی شن معادل با صافی توری عمل کند، ضریب یکنواختی شن باید ۱/۵ باشد.

توصیه می‌شود اندازه‌های مختلف شن به صورت لایه لایه در داخل تانک شن ریخته شود. به طوری که دانه‌های درشت شن در لایه‌های پایین و ذرات ریز در لایه‌های بالا قرار گیرد.

ابعاد و سطح تصفیه استاندارد صافیهای شنی در جدول ۳-۱۰ و همچنین سطح تصفیه استاندارد مورد نیاز برای بده‌های مختلف واحد کنترل مرکزی و کدورت‌های مختلف در جدول ۳-۱۱ ارائه شده است.

جدول ۳-۱۰- ابعاد و مقدار سطح تصفیه استاندارد صافیهای شنی [۶]

۳	۲/۴	۲	۱/۷	۱/۴	۱/۲	۱	۰/۷۵	۰/۵	قطر بدنه	ابعاد به متر
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۲	۱	۰/۸۵	۰/۷	ارتفاع	
۷/۰۷	۴/۵۲	۳/۱۴	۲/۲۷	۱/۵۴	۱/۱۳	۰/۸۷۵	۰/۴۴	۰/۱۹۶	مساحت سطح تصفیه (مترمربع)	
۱۵۲/۴	۱۰/۱/۶	۱۰/۱/۶	۷۶/۲	۷۶/۲	۵۰/۸	۵۰/۸	۵۰/۸	۵۰/۸	قطر لوله ورودی و خروجی (میلی‌متر)	
۳۲-۶۴	۸-۱۶	۸-۱۶	۴-۸	۴-۸	< ۴	< ۴	< ۴	< ۴	بده جریان (لیتر بر ثانیه)	

جدول ۳-۱۱- سطح تصفیه استاندارد مورد نیاز (مترمربع) در صافی شنی برای بدههای مختلف
واحد کنترل مرکزی و کدورت‌های مختلف آب آبیاری [۶]

کدورت آب آبیاری برحسب قسمت در میلیون						بده جریان (لیتربرثانیه)
خیلی زیاد	زیاد	متوسط تا زیاد	متوسط	کم تا متوسط	کم	
> ۱۰۰	۱۰۰-۲۵	۷۵-۵۰	۵۰-۲۵	۲۵-۱۰	۱۰ >	
> ۱/۹۶	۱/۹۶-۱/۴۷	۱/۴۷-۰/۹۸۰	۰/۹۸۰-۰/۴۹۰	۰/۴۹۰-۰/۱۹۶	۰/۱۹۶ >	۴ >
> ۳/۹۲	۳/۹۲-۲/۹۴	۲/۹۴-۱/۹۶	۱/۹۶-۰/۹۸۰	۰/۹۸۰-۰/۳۹۲	۰/۳۹۲ >	۸-۴
> ۷/۸۴	۷/۸۴-۵/۸۸	۵/۸۸-۳/۹۲	۳/۹۲-۱/۹۶	۱/۹۶-۰/۷۸۴	۰/۷۸۴ >	۸-۱۶
> ۱۵/۶۸	۱۵/۶۸-۱۱/۷۶	۱۱/۷۶-۷/۸۴	۷/۸۴-۳/۹۲	۳/۹۲-۱/۵۶۸	۱/۵۶۸ >	۱۶-۳۲
> ۳۱/۳۶	۳۱/۳۶-۲۳/۵۲	۲۳/۵۲-۱۵/۶۸	۱۵/۶۸-۷/۸۴	۷/۸۴-۳/۱۳۶	۳/۱۳۶ >	۳۲-۶۴
> ۴۹	۴۹-۴۷/۰۴	۳۶/۷۵-۳۱/۳۶	۲۴/۵-۱۵/۶۸	۱۲/۲۵-۶/۲۷۲	۶/۲۷۲ >	۶۴-۱۰۰

جهت جلوگیری از انسداد خروجیهای گسیلنده‌ها توصیه می‌گردد شماره استاندارد شن به نحوی انتخاب گردد که ذرات بزرگتر از یک هشتم قطر روزنه خروجی گسیلنده از آب تصفیه شوند.

۳-۷-۱-۱-۵ صافیهای توری

در این نوع صافیها آب حین عبور از منافذ کوچک تصفیه می‌گردد. این منافذ ممکن است از به هم پیوستن دیسکتهای حول یک محور و یا سوراخهای ساده‌ای از یک توری باشند (صافی توری). نصب صافیهای مشبک در هر واحد کنترل مرکزی ضروری است. در صورت مناسب بودن کیفیت آب برای افزایش اطمینان از عدم گرفته شدن گسیلنده‌ها در اثر آلودگیهای احتمالی و در کیفیتهای نامناسب آب نیز به عنوان صافی مکمل در کنار صافیهای شنی و سیکلون در انتهای واحد کنترل مرکزی نصب می‌گردد. قطر ذرات تصفیه شده بستگی به اندازه سوراخهای توری دارد. اندازه سوراخهای توری با معیار تعداد آنها در واحد سطح (اینچ مربع) یا مش مشخص می‌شود که اندازه‌های استاندارد آن در جدول ۳-۱۲ آورده شده است. مشابه صافیهای شنی توصیه می‌شود شماره مش توری به نحوی انتخاب شود که ذرات بزرگتر از یک هشتم قطر روزنه گسیلنده‌ها از آب جدا شده و تصفیه شوند.

جدول ۳-۱۲- اندازه‌های استاندارد سوراخهای توری [۶]

۲۰۰	۱۴۰	۸۰	۴۰	۲۰	۱۰	۴	نمره توری (مش)
۰/۰۷۴	۰/۱۰۵	۰/۱۷۲	۰/۴۲	۰/۸۴	۲	۴/۷۶	قطر سوراخها (میلی‌متر)

۳-۱-۷-۲ تصفیه شیمیایی

در سیستمهای آبیاری موضعی برای جلوگیری از رسوب کربنات کلسیم و اکسید آهن درون لوله‌ها و همچنین جلوگیری از رشد جلبکها و یا ایجاد لجنهای باکتریایی در آب که باعث مسدود شدن لوله‌ها و خروجی گسیلنده‌ها می‌شود، انجام تصفیه شیمیایی ضروری می‌باشد.

در تصفیه شیمیایی برای کنترل جلبکها و باکتریها (عوامل بیولوژیکی) به‌طور معمول از کلر یا سولفات مس (کات کبود) و برای کنترل رسوبات شیمیایی از کلر و اسید استفاده می‌شود.

۳-۱-۷-۳ کنترل رسوبات شیمیایی

مهم‌ترین رسوبات شیمیایی که اغلب در سیستمهای آبیاری موضعی باعث انسداد مجاری و گسیلنده‌ها می‌شوند، کربناتهای کلسیم و یا منگنز و اکسیدهای آهن یا منگنز می‌باشند.

جهت رفع رسوب کربناتهای کلسیم یا منگنز از عملیات اسیدشویی استفاده می‌شود. این عملیات باعث می‌شود غلظت کربنات و بی‌کربنات در آب کاهش یافته و در نتیجه از ترکیب کلسیم یا منیزیم با کربنات که ترکیبی رسوبگذار است جلوگیری شود. معمول‌ترین اسیدهایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد، اسید کلریدریک، اسید فسفریک و اسید سولفوریک می‌باشد. از این میان اسید کلریدریک به‌دلیل مسمومیتی که برای گیاه ایجاد می‌کند و اسید فسفریک به‌دلیل بهم زدن موازنه غذایی گیاه کمتر استفاده می‌شود و بنابراین اسید سولفوریک به‌دلیل محدودیت کمتری که دارد مناسب‌ترین اسید برای انجام عمل اسیدشویی می‌باشد. برای تعیین میزان اسید مورد نیاز جهت کنترل رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم باید از روش تیتراسیون استفاده نمود. در این روش در آزمایشگاه مقدار فاکتور اسیدی که در حقیقت مقدار اسید لازم برحسب میلی‌اکی‌والانت بر لیتر جهت پایین آوردن pH آب می‌باشد تعیین می‌شود. با رسم مقادیر مختلف فاکتور اسیدی در مقابل مقادیر مختلف pH آب یک منحنی به‌دست می‌آید که به منحنی تیتراسیون معروف می‌باشد. با استفاده از این منحنی میزان اسید برای کنترل هر میزان از pH آب قابل محاسبه می‌باشد. از آن‌جا که در سیستمهای آبیاری موضعی اغلب زمانی نیاز به اسیدشویی خواهد بود که pH آب در حدود ۸-۸/۵ باشد و از طرفی در آبهای معمولی با افزایش هر ۰/۵ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر اسید، pH به اندازه یک واحد کاهش می‌یابد و با توجه به آنکه برای کنترل رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم کاهش pH به ۶-۶/۵ کفایت می‌کند، لذا

فاکتور اسیدی ۱ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر برای این منظور مناسب به نظر می‌رسد. با داشتن مقدار فاکتور اسیدی، مقدار اسید لازم بر حسب لیتر بر یک لیتر آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \frac{M \times Fa \times 10^{-6}}{Sa \times Pa} \quad (۳۶-۳)$$

A = حجم اسید لازم (لیتر بر لیتر آب آبیاری)

Fa = فاکتور اسیدی (میلی اکی‌والانت بر لیتر)

Sa = جرم مخصوص اسید (گرم بر سانتی‌متر مکعب) که برای اسید سولفوریک ۱/۸۴ می‌باشد.

Pa = درصد خلوص اسید (اعشار)

M = وزن اکی‌والانت اسید (گرم) که برای اسید سولفوریک ۴۹ باشد.

بده اسید تزریقی به آب آبیاری نیز از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Ia = 3600 \times A \times Q \quad (۳۷-۳)$$

Ia = بده اسید تزریقی (لیتر بر ساعت)

A = اسید لازم بر حسب لیتر در یک لیتر آب آبیاری

Q = بده سیستم آبیاری موضعی (لیتر بر ثانیه)

حجم اسید مصرفی جهت اسیدشویی نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Va = Ia \times T \quad (۳۸-۳)$$

Va = حجم اسید لازم (لیتر)

Ia = بده تزریق اسید (لیتر بر ساعت)

T = زمان تزریق اسید (ساعت)

در انجام عمل اسیدشویی باید دقت داشت که کاهش pH آب به مقادیر پایین‌تر از شش باعث خوردگی لوله و اتصالات فلزی سیستم می‌شود و بنابراین در صورتی که به دلیل تجمع شدید رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم نیاز به کاهش pH به کمتر از این مقدار باشد باید عمل تزریق اسید بعد از ایستگاه تصفیه انجام پذیرد و به طور کلی اگر pH باید کمتر از ۴/۵ شود انجام اسیدشویی نباید بیش از یک ساعت امتداد یابد.

در عمل تزریق اسید همیشه باید اسید را به آب اضافه کرد. براین اساس از تانک اختلاف فشار نمی‌توان برای این منظور استفاده کرد بلکه باید از ونتوری یا پمپ تزریق اسید استفاده شود. عمل تزریق اسید نیز نباید همراه با تزریق کود باشد چرا که خوردگی آب را افزایش می‌دهد.

جهت رفع رسوبات اکسید آهن یا منگنز از عمل کلرزی و یا هوادهی استفاده می‌شود. عمل کلرزی در غلظتهای معمول آهن و منگنز موجود در آب استفاده می‌شود ولی در صورتی که غلظت این عناصر زیاد باشد، کلرزی هزینه زیادی داشته و به علاوه ممکن است باعث ایجاد مسمومیت در گیاهان شود. در این حالت از عمل هوادهی استفاده می‌شود. در عمل کلرزی مقدار کلر مورد نیاز $1/4$ برابر آهن موجود در آب می‌باشد. یعنی به ازای هر یک واحد آهن یا منگنز $1/4$ واحد کلر در نظر گرفته می‌شود. انجام کلرزی بهتر است قبل از صافیها و توسط پمپ مخصوص با تانک کود انجام شود تا رسوبات آهن و منگنز در صافیها گرفته شوند.

۳-۷-۱-۲-۲ کنترل عوامل بیولوژیکی

در شبکه‌های آبیاری موضعی عوامل دیگری که باعث گرفتگی گسیلنده‌ها و لوله‌ها می‌شود جلبکها و قارچها به صورت مستقیم و باکتریها به صورت غیرمستقیم می‌باشند. باکتریها در داخل سیستم و در شرایط عدم وجود نور آفتاب رشد می‌کند. این موجودات ذره‌بینی از خود رشته‌ها و لجنهایی می‌گذارند که می‌تواند باعث گرفتگی گسیلنده‌ها شود. همچنین باکتریها می‌توانند باعث رسوب آهن و سولفور شوند. به علاوه این موجودات می‌توانند عمل سیمان‌ه کردن ذرات ریز لای و رس را نیز انجام دهند که همگی این موارد باعث گرفتگی گسیلنده‌ها می‌گردد.

برای کنترل باکتریها باید عملیات کلرزی در سیستم انجام شود. برای این منظور اگر کلرزی به صورت پیوسته انجام می‌گیرد باید غلظت کلر ۱ تا ۲ پی‌پی‌ام باشد و اگر عملیات کلرزی منقطع و هر ۳۰ تا ۶۰ دقیقه یکبار انجام می‌گیرد باید غلظت کلر به ۱۰ تا ۲۰ پی‌پی‌ام برسد.

رشد جلبکها و قارچها نیز باعث گرفتگی گسیلنده‌ها می‌شود. اما این موجودات برعکس باکتریها بیشتر در معرض نور آفتاب رشد می‌کنند. این مواد آلی را یا می‌توان توسط صافیهای شنی تصفیه نمود یا اینکه قبل از ورود به سیستم در استخر ذخیره و یا حوضچه پمپاژ توسط کات کبود یا کلر از بین برد. برای این منظور غلظت کات کبود یا کلر مورد نیاز از جدول ۳-۱۳ قابل محاسبه می‌باشد.

۳-۷-۲ ضوابط تعیین تعداد و اندازه صافیها و آرایش نصب آنها

انتخاب اندازه و تعداد صافی بستگی به ظرفیت واحد کنترل مرکزی و میزان آلودگی آب آبیاری دارد. در ظرفیتهای زیاد ترکیبهای مختلف صافیها را می‌توان انتخاب و آنها را به صورت موازی با استفاده از لوله‌های کلکتور وصل نمود. اندازه استاندارد، تعداد و آرایش برخی از صافیها در دستگاه کنترل مرکزی در جدول ۳-۱۴ ارائه شده است.

جدول ۳-۱۳- مقادیر کات کبود (سولفات مس) و کلر لازم برای کنترل رشد جلبکها [۱۱]

نوع ارگانیسم	بوی مشخصه	کات کبود (CuSO ₄)	کلر (CL)
Diatomaceae			
Asterinella	معطر	۰/۱	۰/۵-۱/۰۰
Melosira	-	۰/۳	۲/۰
Synedra	خاک	۱/۰	۱/۰
Navicula	-	۰/۰۷	-
Chlorophyceae			
Conferva	-	۱/۰۰	-
Scendesmus	-	۰/۳	-
Spirogyra	-	۰/۲	۰/۷-۱/۵
Ulothrix	-	۰/۲	-
Volvox	ماهی	۰/۲۵	۰/۳-۱/۰
Xygnema	-	۰/۷	-
Coelastrum	-	۰/۳	-
Cyanophyceae			
Anabaena	قارچ	۰/۱	۰/۵-۱/۰
Clathrocystis	چمن	۰/۱	۰/۵-۱/۰
Oscillaria	-	۰/۲	۱/۱
Aphani Zomenon	قارچ	۰/۱۵	۰/۵-۱/۰
Protozoa			
Euglena	-	۰/۵	-
Uroglena	ماهی	۰/۰۵	۰/۳-۱/۰
Periodinium	ماهی	۲/۰۰	-
Chlamydomones	-	۰/۵	-
Dinobryon	معطر	۰/۳	۰/۳-۱/۰
Synura	خیار	۰/۱	۰/۳-۱/۰
Schizomycetes			
Biggiatoa	گندیدگی	۵	-
Crenothrix	گندیدگی	۰/۳	۰/۵

۳-۷-۳ دستگاه تزریق کود

دستگاههای تزریق کننده کود در آبیاری تحت فشار که اغلب به صورت موازی در سیستم نصب می‌گردند به طور عمده دو نوع می‌باشند: یا به صورت تانکهای تزریق کود و با ایجاد اختلاف فشار آب بین ورودی و خروجی جریان آب به تانک کود عمل می‌کنند و یا با استفاده از پمپهای کوچک و از طریق پمپاژ محلول کود از تانک با بده مشخص در سیستم تزریق می‌گردد. در نوع اول خروج میزان محلول کود بستگی به اختلاف فشار دارد و براساس همین معیار نیز تنظیم می‌گردد. ظرفیت مخزن کود از رابطه ۳-۳۹ محاسبه می‌شود:

$$V = \frac{(M \times A)}{C} \quad (3-39)$$

V = ظرفیت تانک کود (لیتر)

M = وزن کود (کیلوگرم بر هکتار)

A = مساحت زمین مورد آبیاری (هکتار)

C = غلظت کود مایع (کیلوگرم بر لیتر)

اندازه‌های استاندارد تانک کود ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۵۰۰، ۲۰۰۰ و لیتر می‌باشد.

در روش دوم تزریق کود از پمپهای کوچک که با نیروی برق و یا انرژی آب موجود در لوله واحد کنترل مرکزی کار می‌کند، استفاده می‌گردد. در این روش کود از تانک بدون فشار محلول کود مکیده و در سیستم تزریق می‌گردد. فرمولهای مربوط به محاسبه بده تزریق کود مایع، غلظت کود در آب آبیاری و نیز ظرفیت مخزن کود در پمپهای تزریق کننده از روابط ۳-۴۰، ۳-۴۱ و ۳-۴۲ محاسبه می‌شود. نمونه‌ای از یک پمپ تزریق کود در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.

$$q = \frac{M \times A}{C \times Tr \times Ta} \quad (3-40)$$

q = ده تزریق کود مایع (لیتر بر ساعت)

M = وزن کود که باید در هر بار آبیاری مصرف شود (کیلوگرم بر هکتار)

A = مساحت تحت آبیاری بر حسب (هکتار)

C = غلظت ماده مغذی در کود مایع (کیلوگرم بر لیتر)

Tr = نسبت زمان تزریق کود بر زمان آبیاری (توصیه می‌گردد ۰/۸ گرفته شود)

Ta = زمان آبیاری (ساعت)

جدول ۳-۱۴- استاندارد اندازه، تعداد و آرایش* انواع صافیها در دستگاه کنترل مرکزی [۶]

۱۰۰-۶۴	۶۴-۳۲	۳۲-۱۶	۱۶-۸	۸-۴	< ۴	بده جریان در واحد کنترل مرکزی (لیتر بر ثانیه)
۱۰	۸	۶	۴	۳	۲	قطر محور اصلی واحد کنترل مرکزی (اینچ)
۶×۳	۶×۲	۶	۴	۲×۲	۲	اندازه رسوبگیرگردابی بر حسب قطر لوله ورودی و خروجی آب (اینچ)
۴×۶	۴×۴	۴×۴	۲×۴			
۲×۲۵	۳×۱۶	۲×۸				
۸×۲	۸	۶	۴	۳	۲	اندازه صافی شن بر حسب قطر لوله ورودی و خروجی آب (اینچ)
۶×۳	۶×۲	۴×۲	۳×۲	۲×۲		
۴×۶	۴×۴	۳×۴	۲×۴			
۳×۱۲	۳×۸	۲×۸				
۲×۲۵	۲×۱۶					
۳×۱۲	۳×۸	۳×۴	۳*۲**	۳	۲	اندازه صافی توری بر حسب قطر لوله ورودی و خروجی آب (اینچ)
۲×۲۵	۲×۱۶	۲×۸	۲×۴	۲×۲		

* در دستگاه کنترل مرکزی امکان استفاده از آرایشهای مختلف صافیهای وجود دارد. به عنوان مثال در کنترل مرکزی ۴، دو حالت آرایش صافی توری قابل قبول خواهد بود.

** دو عدد صافی ۳ (۲ * ۳) یا چهار عدد صافی ۲ (۴ * ۲)

غلظت کود در آب آبیاری از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$Mc = 100 \times \frac{M}{Tr \times dg} \quad (۳-۴۱)$$

Mc = غلظت کود مایع در آب آبیاری (قسمت بر میلیون)

M = وزن کود که باید در هر بار آبیاری مصرف شود (کیلوگرم بر هکتار)

dg = عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)

Tr = نسبت زمان تزریق کود به زمان آبیاری

کمترین ظرفیت مخزن کود در پمپهای تزریق کننده نیز از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

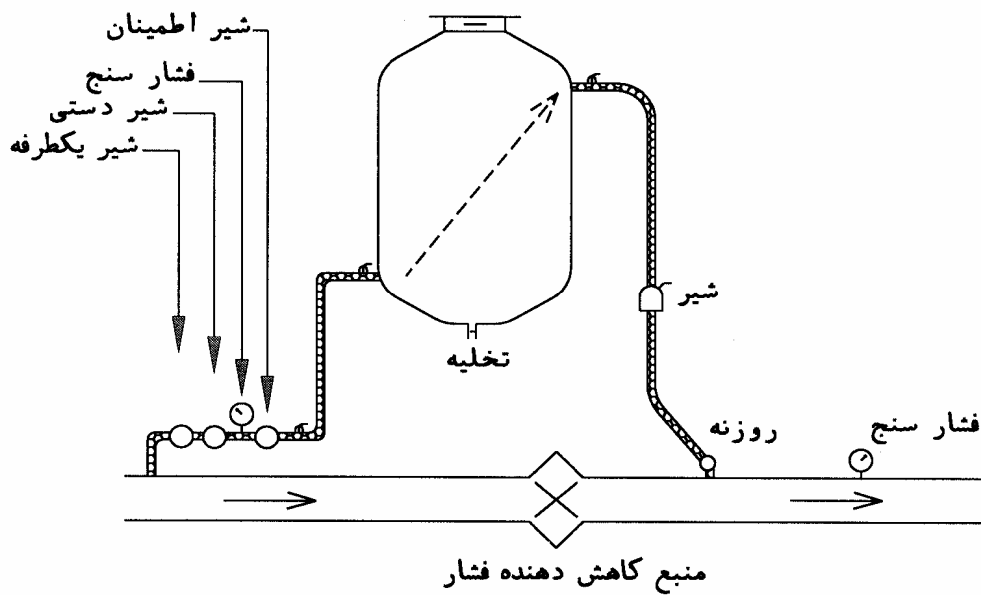
$$V = q \times Tr \times Ta \quad (3-42)$$

V = کمترین ظرفیت مخزن کود (لیتر)

q = بده تزریق کود مایع (لیتر بر ساعت)

Tr = نسبت زمان تزریق کود به زمان آبیاری

Ta = زمان آبیاری (ساعت)



شکل ۳-۴- نمونه‌ای از تانکهای تزریق کود در سیستم آبیاری موضعی

فصل چہارم

فصل چهارم - ضوابط طراحی ایستگاه پمپاژ سیستمهای آبیاری تحت فشار

همه طرحهای آبیاری تحت فشار (بارانی و موضعی) برای انتقال آب توسط شبکه لوله‌های توزیع و همچنین خروج آب با بده مناسب احتیاج به انرژی دارند. در بعضی حالات این انرژی ممکن است از طریق نیروی ثقل (اختلاف ارتفاع) تأمین گردد ولی در اکثر موارد این انرژی از طریق پمپ که خود انرژی لازم را از برق یا موتورهای دیزلی می‌گیرد، تأمین می‌شود. در این فصل مطالبی در خصوص اطلاعات مورد نیاز برای تهیه پمپ، پمپهای مورد استفاده در سیستمهای آبیاری تحت فشار، نحوه انتخاب پمپ مناسب، ارتفاع مکش و پدیده خلاءزایی، ضربه قوچ، ملاحظات کلی راجع به ساختمان ایستگاه پمپاژ و برق ایستگاه پمپاژ مطرح می‌گردد:

۱-۴ اطلاعات مورد نیاز برای تهیه پمپ

پمپهایی جهت آبیاری تحت فشار به کار گرفته می‌شود که استاندارد باشد. اصطلاح پمپ استاندارد به پمپی اطلاق می‌گردد که مطابق یک استاندارد مشخص ساخته شده باشد. استاندارد شدن پمپ بدین منظور می‌باشد که پمپهای سازندگان مختلف را که دارای ابعاد و اندازه‌های یکسان هستند بتوان به جای یکدیگر به کاربرد و لوازم یدکی کمتری برای یک مجموعه پمپ در انبار نگهداشت و صرفه‌جویی در وقت و قیمت ناشی از استاندارد بودن طرح لوله‌کشیهای مکش و رانش پمپ و کاهش لوازم مربوط به دست آورد.

علاوه بر موارد بالا به کار بردن پمپهای استاندارد، روند طراحیها و برگزاری مناقصه‌ها را بسیار ساده می‌کند. برای مثال استاندارد معروف DIN ۲۴۲۵۵ دربرگیرنده موارد بالا است.

زمانی که پمپی برای کار در یک سیستم تهیه می‌گردد، باید اطلاعات زیر در مورد آن اعلام شده باشد :

- طبیعت کار و یا کاربرد پمپ،
- تعداد پمپ مورد نیاز دائمی و یا منقطع بودن کار آن،
- نوع پمپ مورد نیاز و یا نوع پمپ مرجع (انتخاب خریدار)،
- ارتفاع مکش مثبت خالص یا $NPSH^1$ و خاصیت هواگیری خودبخود در صورت نیاز،
- طبیعت سیال مورد جابه‌جایی،
- آرایش و استقرار پمپ : ثابت، قابل حمل، افقی و یا عمودی،
- شرایط محل نصب، فضای موجود، داخلی یا خارجی، ارتفاع محل از سطح دریا (اگر از ۱۵۰ متر بیشتر باشد) درجه حرارت،
- ضوابط پی که باید توسط سازنده تعیین گردد،
- نوع موتور محرک و نوع اتصال به پمپ (مستقیم، یا دنده‌ای)،
- ابزار استارت و سیستم کنترل مورد نیاز،
- ضوابط آزمایش بازرسی، حمل و نقل، و
- زمان مناقصه، تاریخ حمل و سایر موارد.

1 - Net Positive Suction Head

۲-۴ طبقه‌بندی پمپها

پمپها دارای انواع مختلفی می‌باشند و با معیارهای مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند ولی رایج‌ترین طبقه‌بندی پمپها بر مبنای نحوه انتقال انرژی به سیال می‌باشد. بر این اساس پمپها به دو دسته پمپهای جابه‌جایی و دینامیکی تفکیک می‌گردند. پمپهای جابه‌جایی آن گروه از پمپها می‌باشند که در آنها سیال به طور فیزیکی توسط قسمت متحرک پمپ جابه‌جا می‌شود ولی پمپهای دینامیکی، پمپهایی هستند که با اعمال انرژی به سیال باعث حرکت آن می‌شوند. در بین این دو دسته از پمپها، پمپهای جابه‌جایی به دلیل آنکه یا بده یکنواخت ندارند یا آنکه دارای بده کمی می‌باشند، کاربرد چندانی در آبیاری تحت فشار ندارند. ولی پمپهای دینامیکی به دلیل دامنه وسیع بده و فشاری که تولید می‌کنند در آبیاری تحت فشار کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند.

پمپهای دینامیکی خود به انواع گوناگونی تفکیک می‌شوند ولی رایج‌ترین نوع آنها که در آبیاری تحت فشار نیز کاربرد دارد پمپهای گریز از مرکز می‌باشد در این گروه از پمپها سرعت سیال در اثر نیروی گریز از مرکز ایجاد شده توسط پروانه افزایش پیدا کرده و در اثر برخورد با پوسته پمپ تبدیل به فشار می‌شود. این دسته از پمپها از لحاظ نوع جریان سیال به سه نوع: شعاعی، مختلط و محوری تقسیم‌بندی می‌شوند.

در پمپهای گریز از مرکز شعاعی سیال از طرف محور پمپ وارد شده و در جهت شعاع پروانه‌ها خارج می‌شود. پوسته این پمپها از لحاظ شکل ظاهری شبیه حلزون می‌باشد و اغلب یک طبقه می‌باشند. این پمپها قادر به ایجاد فشار ۵ تا ۹۵ متر و بده تا ۱۸۰۰ مترمکعب در ساعت می‌باشند. این پمپها به دلیل ایجاد محدوده مناسبی از فشار و بده و داشتن راندمان مناسب کاربرد فراوانی در آبیاری تحت فشار پیدا کرده‌اند.

نوع دیگر پمپهای گریز از مرکز، پمپهای جریان مختلط می‌باشند که در آنها سیال در جهت محور پمپ وارد پروانه شده و در جهت مایل نسبت به محور پمپ از پروانه خارج می‌گردد. پمپهای جریان مختلط که به پمپهای توربینی نیز معروف هستند دارای فشار و بده متوسط می‌باشند ولی به دلیل قابلیت استفاده از آنها به صورت سری (چند طبقه) قادر به ایجاد فشارهایی تا ۲۰۰ متر نیز می‌باشند. پمپهای توربینی چند طبقه که به صورت افقی یا عمودی نصب می‌شوند در آبیاری تحت فشار، کاربرد فراوانی دارند.

نوع سوم پمپهای گریز از مرکز، پمپهای جریان محوری می‌باشند که در آنها سیال در جهت محور پمپ وارد شده و در جهت محور نیز خارج می‌شود. این پمپها که به پمپهای ملخی نیز معروف می‌باشند به دلیل ایجاد بده زیاد و فشار کم در آبیاری تحت فشار کاربرد ندارند.

۳-۴ منحنی مشخصه سیستم

منحنی مشخصه سیستم نشان دهنده تغییرات فشار مورد نیاز به ازاء مقادیر مختلف بده سیستم می‌باشد. ارتفاع کل مورد نیاز سیستم که باید از طریق ایستگاه پمپاژ تأمین شود متشکل از یک بخش فشار استاتیک و یک بخش فشار دینامیکی می‌باشد. فشار استاتیکی آن قسمت از فشار مورد نیاز سیستم می‌باشد که مستقل از تغییرات بده بوده و به طور عمده شامل اختلاف ارتفاع بین ورودی سیستم و نقطه خروجی سیستم می‌باشد. ولی فشار دینامیکی آن قسمت از فشار مورد نیاز سیستم می‌باشد که

وابسته به مقدار بده سیستم می‌باشد و به‌طور عمده شامل افت اصطکاکی و فشار کارکرد سیستم می‌باشد. در ترسیم منحنی سیستم باید مقدار فشار مورد نیاز به ازای بده‌های مختلف مورد نیاز سیستم محاسبه و در یک نمودار مشابه شکل ۴-۱ رسم گردد. فشار مورد نیاز سیستم از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

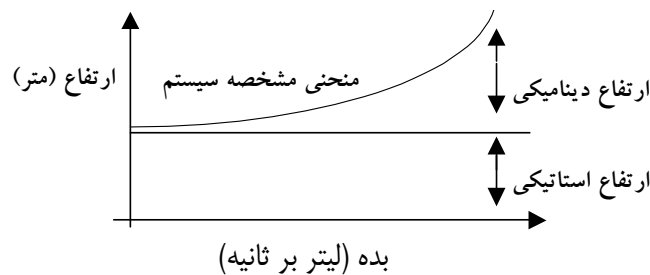
$$H_t = H_l + H_f + H_e \quad (۴-۱)$$

H_t = کل فشار مورد نیاز (متر)

H_l = فشار مورد نیاز در ابتدای بال آبیاری یا قطعه آبیاری (متر)

H_f = افت اصطکاکی و افت‌های جزئی از لوله مکش تا ابتدای بال آبیاری یا قطعه آبیاری (متر)

H_e = اختلاف ارتفاع استاتیکی از سطح آب در حوضچه مکش تا ابتدای بال آبیاری یا قطعه آبیاری (متر)



شکل ۴-۱ - منحنی مشخصه سیستم و اجزای تشکیل دهنده آن

در ترسیم منحنی مشخصه سیستم باید توجه داشت که نقاط بحرانی سیستم معیار انتخاب پمپ می‌باشند، بنابراین باید فشار مورد نیاز این نقاط ملاک ترسیم منحنی مشخصه سیستم باشد. لذا با دقت باید بررسی کرد که نقاط بحرانی کدام نقاط می‌باشند و سپس اقدام به ترسیم منحنی مشخصه سیستم نمود. همچنین باید توجه داشت که در بعضی از سیستمها ممکن است مشخصات سیستم اعم از افت اصطکاکی یا بده آنها در طی زمان تغییر کند. یا اینکه پمپها به مرور زمان کارایی خود را از دست دهند. در چنین مواردی نیز باید منحنی مشخصه سیستم با توجه به نیاز آینده طرح و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان مناسب طراحی ترسیم گردد.

۴-۴ مشخصات فنی پمپها

قبل از انتخاب پمپ، لازم است اطلاعات و مفاهیمی از قبیل دور پمپ، توان پمپ، بده پمپ، منحنیهای مشخصه، بازده و غیره که توسط کارخانه سازنده تعیین می شود در اختیار طراح قرار گیرد. این اطلاعات به شرح زیر است:

۴-۴-۱ دور پمپ

تعداد چرخش محور (شافت) پمپ در واحد زمان دور نامیده می شود و برحسب دور در دقیقه (RPM) بیان می شود. پمپهای گریز از مرکز حلزونی و توربینی مورد استفاده در آبیاری تحت فشار به طور عمده با دورهای ۱۴۵۰ و ۲۹۰۰ دور در دقیقه تولید می شوند و کلیه اطلاعات ارائه شده در خصوص این پمپها از طرف کارخانه سازنده مربوط به همین دورها می باشد و باید توجه داشت که با تغییر دور چرخش پمپها، کلیه مشخصات هیدرولیکی پمپ تغییر می کند.

۴-۴-۲ بده پمپ

بده پمپ به مفهوم حجم آب عبور کرده از دهانه خروجی پمپ در واحد زمان می باشد. با توجه به آنکه پمپها قادر به ایجاد مقادیر متنوعی از بده می باشند از نقطه نظر طراحی چهار نوع بده قابل تعریف می باشد:

- بده بهینه (Q_{opt}): مقدار بده پمپ در بازدهی حداکثر
 - بده طراحی (Q_{des}): بده که پمپ براساس آن انتخاب می شود.
 - بیشترین بده (Q_{max}): بیشترین بده که باعث آسیب دیدن پمپ می شود و اغلب ۱۲۰ درصد بده بهینه در نظر گرفته می شود.
 - کمترین بده (Q_{min}): کمترین بده که باعث آسیب دیدن پمپ می شود و اغلب ۵۰ درصد بده بهینه در نظر گرفته می شود.
- برای اهداف طراحی باید سعی کرد که بده طراحی با بده بهینه منطبق شود.

۴-۴-۳ ارتفاع فشار تولیدی پمپ

ارتفاع تولیدی پمپ، مقدار انرژی است که پمپ به واحد وزن سیال اعمال می کند. از نقطه نظر طراحی سه ارتفاع فشار قابل تعریف است:

- ارتفاع بهینه (HOPT): ارتفاعی که در آن بازده بیشترین است.
- ارتفاع طراحی (Hdes): ارتفاعی که پمپ براساس آن انتخاب می شود.
- ارتفاع قطع جریان (H_o): ارتفاعی که در آن بده صفر است.

۴-۴-۴ بازده و توان پمپ

توان مقدار کاری است که در واحد زمان انجام می‌گیرد و اغلب به صورت کیلووات یا اسب بخار تعریف می‌شود. توان مفید یا توان خروجی پمپ ارتباط مستقیم با بده و ارتفاع پمپاژ داشته و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{out} = \gamma \times Q \times H \times 10^{-6} \quad (۲-۴)$$

P_{out} = توان مفید یا توان خروجی پمپ (کیلووات)

γ = وزن مخصوص آب (نیوتن بر مترمکعب)

Q = بده پمپ (لیتر بر ثانیه)

H = ارتفاع فشار پمپ (متر)

توان مصرفی یا ورودی پمپ به علت وجود تلفات انرژی داخل پمپ از توان خروجی بزرگتر می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{in} = P_{out} / \eta_p \quad (۳-۴)$$

P_{in} = توان ورودی به پمپ (کیلووات)

P_{out} = توان خروجی پمپ (کیلووات)

η_p = بازده پمپ (اعشاری)

۴-۴-۵ جنس بدنه و پروانه پمپ

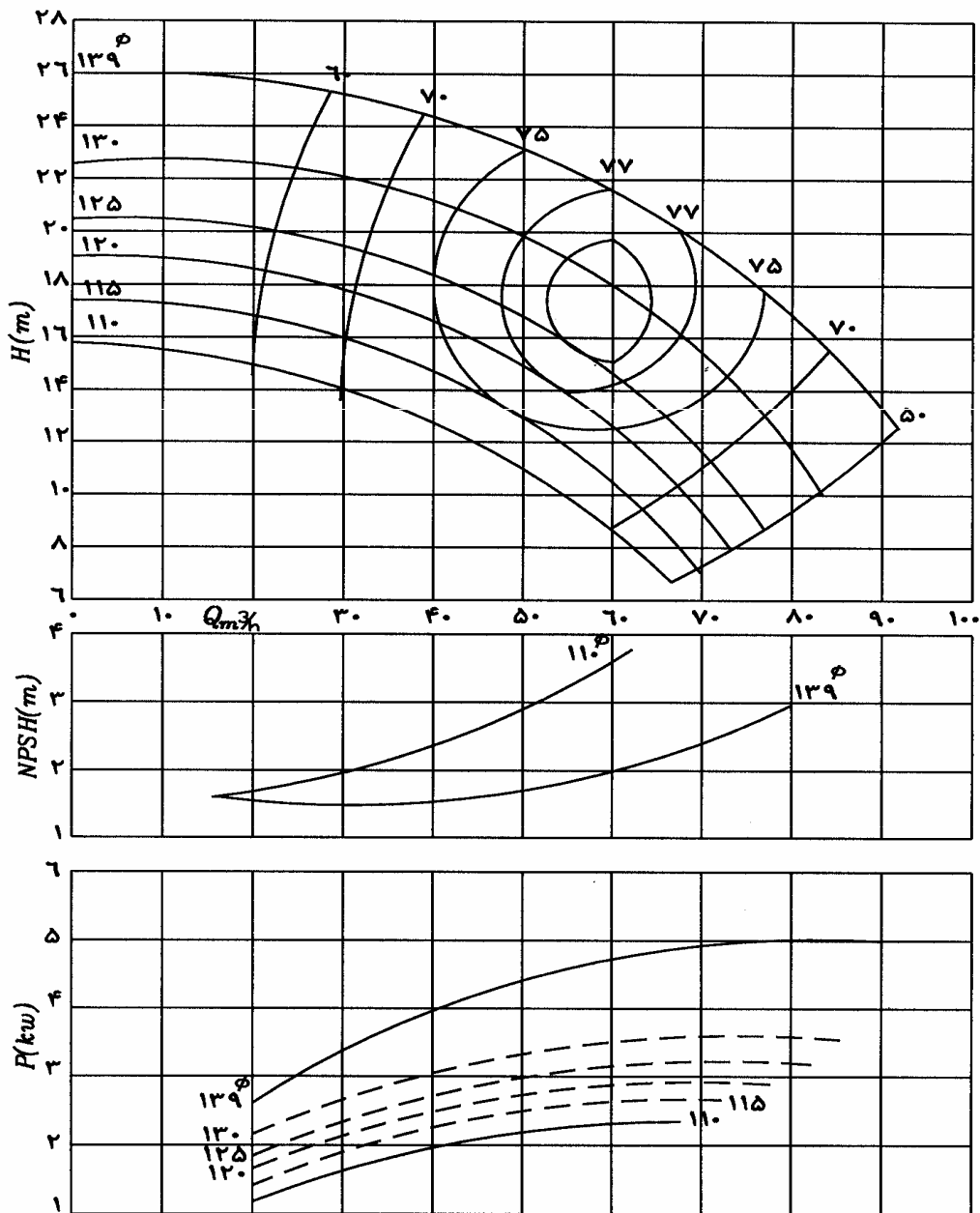
پمپهای گریز از مرکز به‌طور عمده در دو جنس برنزی و چدنی تولید می‌شوند. جنس برنزی در مقابل خوردگی مقاوم‌تر از جنس چدنی می‌باشد ولی با این وجود در خصوص خوردگی و فشار قابل تحمل پمپ به‌خصوص وقتی که از آنها به عنوان پمپ بوستر استفاده می‌شود باید با کارخانه سازنده مشورت لازم صورت پذیرد.

۴-۴-۶ مشخصات هیدرولیکی پمپها

کارخانه‌های سازنده پمپ، مشخصات هیدرولیکی پمپهای تولیدی را به صورت معادلات ریاضی، جداول یا نمودار ارائه می‌کنند. در این میان نمودارها که به منحنیهای مشخصه پمپ معروف هستند کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند. این منحنیهای مشخصه به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

- منحنیهای مشخصه بده - ارتفاع که رابطه بده و ارتفاع فشار را نشان می‌دهد.

- منحنیهای مشخصه بده - توان که رابطه بده و توان مصرفی پمپ را نشان می‌دهد.
 - منحنیهای مشخصه بده - بازده که رابطه بازده پمپ و بده آن را نشان می‌دهد.
 - منحنیهای مشخصه بده - ارتفاع مکش مثبت خالص که رابطه بده و ارتفاع مکش مثبت خالص مورد نیاز در دهانه پمپ را نشان می‌دهد.
- یک نمونه از منحنیهای مشخصه پمپهای گریز از مرکز در شکل ۲-۴ ارائه شده است.



شکل ۲-۴ - نمونه‌ای از منحنیهای مشخصه پمپ با تغییر قطر پروانه

۴-۴-۷ قوانین تشابه

منحنیهای مشخصه ارائه شده از طرف کارخانه سازنده، دربرگیرنده مشخصات هیدرولیکی پمپ در یک دور و قطر پروانه مشخص می‌باشد. ولی چنانچه بنا به ضرورت طراحی دور پمپ و یا قطر پروانه آن تغییر کند، مشخصات هیدرولیکی آن نیز تغییر خواهد کرد. در این موارد یا باید توسط کارخانه سازنده اطلاعات هیدرولیکی پمپ منطبق با دور و یا قطر پروانه جدید ارائه گردد و یا آنکه توسط طراح و با استفاده از قوانین تشابه مشخصات هیدرولیکی جدید پمپ محاسبه شود. در این خصوص می‌توان بده، توان و ارتفاع را در صورت تغییر دور پمپ از رابطه ۴-۴ و در صورت تغییر قطر پروانه از رابطه ۴-۵ محاسبه نمود.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2, \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (۴-۴)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}, \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2, \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad (۵-۴)$$

Q_1, H_1, P_1 = بده، ارتفاع و توان در سرعت N_1 یا قطر پروانه D_1 هستند.

Q_2, H_2, P_2 = بده، ارتفاع و توان در سرعت N_2 یا قطر پروانه D_2 هستند.

قابل ذکر است که روابط محاسبه مشخصات هیدرولیکی برای حالت تغییر دور تا ۲۰ درصد دور بهینه و برای تغییر قطر تا ۱۰ درصد قطر اصلی پروانه صادق است و در سایر شرایط بهتر است از کاتالوگ و یا نظرات کارخانه سازنده استفاده شود.

۴-۴-۱ به هم بستن پمپها

هنگامی که یک پمپ به تنهایی قادر به ایجاد بده یا ارتفاع مورد نیاز ایستگاه پمپاژ نباشد از تعداد بیشتری پمپ که به صورت موازی یا سری به هم متصل شده باشد استفاده می‌شود.

موازی بستن پمپها باعث افزایش بده پمپها و در عین حال ثابت ماندن فشار خروجی پمپها می‌شود. در حالی که سری بستن آنها باعث افزایش فشار و ثابت ماندن بده آنها می‌شود. بنابراین در بهم بستن پمپهای موازی باید توجه داشت که حتماً فشار تولیدی آنها با هم برابر باشد و در بهم بستن پمپهای سری باید توجه داشت که بده آنها با هم برابر باشد. همچنین در زمان استفاده از پمپهای سری و یا موازی باید توجه داشت که منحنیهای مشخصه پمپهای انفرادی برای مجموعه پمپها صادق نمی‌باشد و باید منحنیهای مشخصه جدیدی رسم گردد. نحوه به دست آوردن منحنیهای مشخصه پمپهای موازی و سری به شرح زیر می‌باشد:

۴-۴-۱-۱ منحنیهای مشخصه پمپهای موازی

در پمپهای موازی با توجه به آنکه فشار خروجی ثابت می‌ماند و بده تغییر می‌کند برای رسم منحنیهای مشخصه پمپهای موازی ابتدا با انتخاب مقادیر مشخصی ارتفاع فشار H مقادیر بده (Q_1, Q_2, \dots) و توان پمپها (P_1, P_2, \dots) از روی منحنیهای مشخصه

هر پمپ به طور انفرادی خوانده می‌شود و سپس با هم جمع می‌شود. (P_p و Q_p). با رسم مقادیر مختلف بده (Q_p) و توان (P_p) به دست آمده از این روش در مقابل فشارهای انتخاب شده منحنیهای مشخصه بده - فشار و بده - توان پمپهای سری به دست می‌آید. منحنی مشخصه بده - ارتفاع مکش مثبت خالص نیز برای مجموعه پمپها مفهوم خارجی ندارد و برای هر پمپ به صورت جداگانه مطرح می‌باشد. منحنی مشخصه بده - بازده نیز با توجه به بده (Q_p) و توان (P_p) پمپهای موازی در مقابل فشار انتخاب شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\eta_p = \frac{\gamma \times Q_p \times H \times 10^{-6}}{P_p} \quad (۴-۶)$$

η_p = بازده پمپهای موازی (اعشار)

Q_p = بده پمپهای موازی (لیتر بر ثانیه)

H = ارتفاع فشار (متر)

γ = وزن مخصوص آب (نیوتن بر مترمکعب)

P_p = توان پمپهای موازی (کیلو وات)

۴-۴-۱-۲ منحنیهای مشخصه پمپهای سری

در به هم بستن پمپها به صورت سری با توجه به آنکه بده ثابت می‌ماند و فشار افزایش می‌یابد برای رسم منحنیهای مشخصه کافی است با انتخاب مقادیر مشخصی بده (Q) مقادیر فشار (H_1, H_2 و ...) و توان (P_1, P_2 و ...) مربوط به هر پمپ از روی منحنیهای مشخصه مربوط قرائت شود. با جمع مقادیر فشار و توان مربوط به یک بده مشخص مقادیر فشار (H_s) و توان (P_s) پمپهای سری به دست می‌آید. که با رسم این مقادیر در مقابل بده‌های انتخاب شده منحنیهای مشخصه بده - فشار و بده - توان پمپهای سری به دست می‌آید. منحنی مشخصه بده - ارتفاع مکش مثبت خالص پمپهای سری نیز مفهوم خارجی نداشته و فقط منحنی مشخصه بده - ارتفاع مکش مثبت خالص اولین پمپ مورد توجه قرار می‌گیرد. منحنی مشخصه بده - بازده پمپهای سری نیز با انتخاب مقادیر مختلف بده و مقادیر فشار (H_s) و توان (P_s) پمپهای سری که به روش بالا محاسبه شده و قرار دادن آن در رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\eta_s = \frac{\gamma \times Q \times H_s \times 10^{-6}}{P_s} \quad (۷-۴)$$

η_s = بازده پمپهای سری (اعشار)

γ = وزن مخصوص آب (نیوتن بر مترمکعب)

$Q =$ بده پمپهای سری (لیتر بر ثانیه)

$H_s =$ ارتفاع فشار پمپهای سری (متر)

$P_s =$ توان پمپهای سری (کیلو وات)

۴-۵ انتخاب پمپ

در انتخاب پمپ، هدف پیدا کردن نوع پمپی است که ضمن رعایت کیفیت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و بتواند بده مورد نیاز و فشار لازم برای سیستم آبیاری تحت فشار را تأمین نماید و در عین حال در بالاترین سطح بازدهی، عملکرد داشته باشد. در راستای چنین هدفی موارد زیر در مورد انتخاب پمپ باید رعایت گردد:

۴-۵-۱ بده و فشار طراحی

بده و فشار طراحی از روی منحنیهای مشخصه سیستم و با در نظر گرفتن ماه اوج مصرف آب که بیشترین نیاز آبی وجود دارد تعیین می‌گردد. همانطور که قبلاً در ترسیم منحنی مشخصه سیستم ذکر شد، در این خصوص باید ضریب اطمینان لازم به علت استهلاک پمپ، الکتروموتور، خطوط لوله و همچنین افزایش تقاضای آب در آینده نیز در نظر گرفته شود.

۴-۵-۲ انتخاب نوع و کارخانه سازنده پمپ

پمپهای مورد استفاده در طرحهای آبیاری تحت فشار به‌طور عمده به دو نوع گریز از مرکز حلزونی و گریز از مرکز چند طبقه (فشار قوی) محدود می‌شود. کارخانه سازنده نیز با توجه به کیفیت جنس تولیدی و انطباق آن با استاندارد تولید انتخاب می‌گردد.

۴-۵-۳ انتخاب مدل پمپ

انتخاب مدل پمپ با توجه به منحنی مشخصه سیستم و منحنیهای مشخصه پمپ انجام می‌گیرد. در این خصوص باید توجه داشت که نقطه کار پمپ که نقطه تلاقی منحنی مشخصه سیستم و منحنی مشخصه بده - فشار پمپ می‌باشد با بده و فشار طراحی انطباق داشته باشد. در انتخاب پمپ علاوه بر انطباق نقطه کار پمپ با بده و فشار طراحی رعایت نکات زیر نیز ضروری است:

- پمپ مورد نظر با بیشترین بازده کار کند و در صورت عدم امکان، بازده نقطه کار در سمت راست بیشترین بازده باشد.
- در حد امکان از پمپهایی که تراش پروانه نیاز دارند کمتر استفاده شود و در صورت نیاز از تراش کم استفاده شود.
- در صورت عدم انطباق کامل نقطه کار با بده و فشار طراحی، بده و فشار تولیدی پمپ فقط کمی بیشتر از بده و فشار طراحی باشد تا بتوان توسط شیرهای کنترل فشار، فشار را تنظیم کرد.
- سعی شود از دورهای کمتر پمپ استفاده شود (۱۴۵۰ دور در دقیقه)، چون در دورهای بالاتر، استهلاک پمپ و نیروی محرکه بیشتر می‌باشد.

- در مورد پمپهای چند طبقه باید تعداد طبقات پمپ نیز تعیین شود و باید توجه داشت در کتابچه راهنمای پمپهای چند طبقه، فشار ایجاد شده توسط پمپ فقط برای یک طبقه ذکر گردیده و با توجه به تعداد طبقات، فشار ایجاد شده توسط یک طبقه باید در تعداد طبقات پمپ ضرب گردد.

۴-۵-۴ تعداد پمپها

- اغلب در موارد زیر بجای استفاده از یک پمپ بزرگ در ایستگاه پمپاژ از تعداد بیشتری پمپهای کوچکتر که به صورت موازی در کنار هم قرار می‌گیرند استفاده می‌شود:
- بده طراحی زیاد باشد و یک پمپ قادر به تأمین آن نباشد.
- به علت مسائل بهره‌برداری، بده مورد نیاز ایستگاه پمپاژ در طی ماههای سال متفاوت باشد. در این صورت تعداد و مدل پمپها به نحوی انتخاب می‌گردد که متناسب با تغییرات بده مورد نیاز سیستم، بتوان با خارج کردن پمپها از مدار یا وارد کردن آنها به مدار بده ایستگاه پمپاژ را با بده مورد نیاز سیستم هماهنگ نمود.
- برای جلوگیری از آسیب دیدن محصولات به علت خرابی یک پمپ، ترجیح داده می‌شود که از پمپهای بیشتری استفاده شود.
- پمپهای کوچکتر، نیروی محرکه کوچکتری نیاز دارند که هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ بهره‌برداری بهتر می‌باشد.
- با این وجود باید در نظر داشت که افزایش تعداد پمپها اغلب منجر به افزایش هزینه ایستگاه پمپاژ می‌شود، لذا انتخاب پمپها همیشه باید با در نظر گرفتن گزینه بهینه‌ای باشد که هم مسائل اقتصادی و هم مسائل بهره‌برداری را در نظر گرفته باشد.

۴-۵-۵ پمپ رزرو

- با توجه به اهمیت ایستگاه پمپاژ در شبکه‌های آبیاری تحت فشار و خسارتی که در اثر خرابی آن به محصولات وارد می‌شود و همچنین به منظور کاهش استهلاک ایستگاه در شرایطی که قرار باشد ۲۴ ساعته کار کند، در نظر گرفتن پمپ رزرو ضروری می‌باشد. برای این منظور به عنوان یک قاعده کلی ۲۰ تا ۳۰ درصد تعداد پمپهای ایستگاه پمپاژ به عنوان پمپ رزرو در نظر گرفته می‌شود.

۴-۶ نیروی محرکه پمپ

- نیروی محرکه پمپهای گریز از مرکز یا توسط موتورهای الکتریکی (الکتروموتورها) و یا توسط موتورهای درون سوز (موتورهای دیزلی و یا بنزینی) تأمین می‌شود.

۴-۶-۱ موتورهای الکتریکی

در صورتی که برق در محل ایستگاه پمپاژ موجود باشد و هزینه خط انتقال برق زیاد نباشد استفاده از موتورهای الکتریکی مقرون به صرفه‌ترین روش تأمین توان مورد نیاز ایستگاه پمپاژ می‌باشد. این موتورها ساختمان ساده‌ای داشته و دارای بازدهی حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشند و در صورتی که درست انتخاب شوند و درست بهره‌برداری شوند بازده اولیه خود را حفظ کرده و عمر مفیدی حدود ۲۰ تا ۳۰ سال خواهند داشت. موتورهای الکتریکی دارای انواع و اقسام گوناگونی بوده ولی نوعی که بیشتر در ایستگاههای پمپاژ کاربرد دارد، الکتروموتورهای جریان متناوب آسنکرون (القایی) سه فاز می‌باشد. در خصوص انتخاب مدل الکتروموتور مناسب که با شرایط ایستگاه پمپاژ بیشترین تطابق را داشته باشد رعایت نکات زیر الزامی است:

۱- دور الکتروموتور با دور پمپ تطابق داشته باشد. دور الکتروموتور توسط کارخانه سازنده اعلام می‌شود و از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\eta_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (4-1)$$

η_s = سرعت سنکرون (دور بر دقیقه)

f = فرکانس برق (هرتز)

p = تعداد قطبهای الکتروموتور

سرعت دوران موتور کمی کمتر از سرعت دوران سنکرون می‌باشد (در شرایط عادی ۲٪ کمتر می‌باشد).

۲- نحوه نصب الکتروموتور با توجه به نوع پمپ انتخاب شود. براساس استاندارد IEC-34 نحوه نصب اگر افقی باشد با حرف B و اگر عمودی باشد با حرف V مشخص می‌شود. یک اندیس عدد نیز نوع اتصال را با توجه به آنکه روی پایه و یا روی فلنج باشد نشان می‌دهد. رایج‌ترین نحوه نصب الکتروموتور برای پمپهای گریز از مرکز افقی روش B3 (افقی بر روی پایه) و برای پمپهای گریز از مرکز قائم روش V8 می‌باشد.

۳- الکتروموتور انتخاب شده باید از لحاظ پوشش محافظ نسبت به رطوبت و همچنین ذرات جامد معلق در هوا مناسب باشد. درجه حفاظت موتورها نسبت به ذرات خارجی و رطوبت براساس استاندارد IEC-529 با علامت IP** نشان داده می‌شود. رقم اول مقادیر عددی ** بیانگر درجه محافظت در برابر اجسام خارجی و رقم دوم درجه حفاظت در برابر آب را نشان می‌دهد. این مقادیر با توجه به جداول زیر انتخاب می‌شود :

جدول ۴-۱- درجه حفاظت در مقابل اجسام خارجی

شرح	رقم اول
بدون حفاظت	۰
حفاظت شده در برابر اجسام خارجی بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر	۱
حفاظت شده در برابر اجسام خارجی بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر	۲
حفاظت شده در برابر اجسام خارجی بزرگتر از ۲/۵ میلی‌متر	۳
حفاظت شده در برابر اجسام خارجی بزرگتر از ۱ میلی‌متر	۴
حفاظت شده در مقابل گرد و غبار (گرد و غبار وارد موتور می‌شود ولی نه آنقدر که کار دستگاه را مختل نمایند)	۵
حفاظت کامل در برابر گرد و غبار	۶

جدول ۴-۲- درجه حفاظت در مقابل رطوبت

شرح	رقم دوم
بدون حفاظت	۰
حفاظت شده در برابر چکیدن آب	۱
حفاظت شده در برابر چکیدن آب تا وقتی که موتور تا 15° منحرف شده باشد.	۲
حفاظت شده در برابر چکیدن آب تا وقتی که موتور تا 60° منحرف شده باشد.	۳
حفاظت شده در برابر پاشش آب	۴
حفاظت شده در برابر فواره آب	۵
حفاظت شده در برابر موج آب	۶
حفاظت شده در برابر غوطه‌وری غیردائم	۷
حفاظت شده در برابر غوطه‌وری دائم	۸

۴- الکتروموتور دارای سیستم خنک‌کننده مناسب باشد. سیستم خنک‌کننده الکتروموتورها به چهار دسته تقسیم می‌شود که براساس کد بین‌المللی (IC) و مطابق جدول زیر می‌باشد:

جدول ۴-۳- سیستم‌های مختلف خنک‌کردن الکتروموتورها و کد مربوط به هر روش

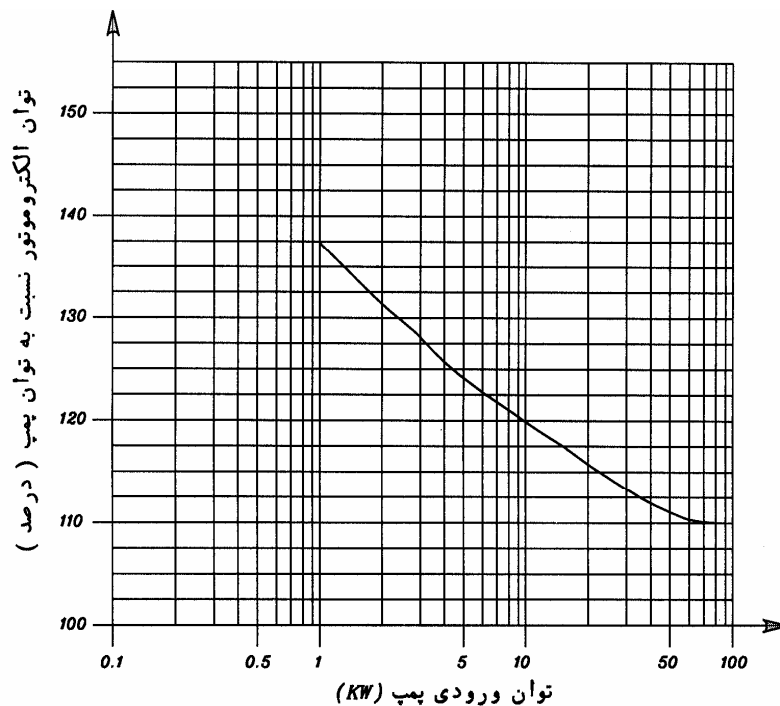
شرح	کد
موتور به وسیله یک پروانه اضافی نصب شده روی موتور خنک می‌شود	IC411
خود خنک شونده بدون هیچ گونه پروانه اضافی	IC410
موتور به وسیله جریان هوا خنک می‌شود	IC418
موتور به وسیله یک پروانه مستقل از موتور خنک می‌شود	IC416

رایج‌ترین روش خنک کردن الکتروموتورهای ایستگاههای پمپاژ روش IC411 می‌باشد.
 ۵- کلاس حرارتی الکتروموتور انتخاب شده با حرارت ایستگاه پمپاژ متناسب باشد. کلاس حرارتی نشان‌دهنده بیشترین حرارتی است که مواد عایق استفاده شده درون الکتروموتور قادر به تحمل هستند. براساس استاندارد IEC این کلاسها مطابق جدول زیر می‌باشد :

جدول ۴-۴ - کلاس حرارتی موتورهای الکتریکی

H	F	B	E	A	Y	کلاس حرارتی
۱۲۵	۱۰۰	۸۰	۷۵	۶۰	۴۵	بیشترین دمای مجاز موتور (درجه سانتی‌گراد)

۶- باید توجه داشت که توان الکتروموتور همواره چند درصد از توان ورودی پمپ بیشتر باشد. این درصد اضافه توان به جلوگیری از آسیب دیدن الکتروموتور و افزایش عمر آن کمک می‌کند. برای انتخاب الکتروموتور توان الکتروموتور انتخاب شده با توان مورد نیاز پمپها متناسب باشد. در این خصوص می‌توان مطابق با استاندارد ISO 9908 از شکل ۴-۳ استفاده کرد.



شکل ۴-۳ - تعیین توان الکتروموتور با توجه به توان مورد نیاز پمپ

لازم بذکر است که این شکل نشان دهنده توان الکتروموتور مورد نیاز در ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا می باشد و چنانچه لازم باشد الکتروموتور در ارتفاع بیشتر نصب شود، با توجه به کاهش توان خروجی الکتروموتور در ارتفاعهای بیشتر از ۱۰۰۰ متری سطح دریا، ضروری است تا درصدی اضافه تر برای انتخاب توان الکتروموتور با توجه به قطر کارخانه سازنده در نظر گرفت.

توان الکتروموتور انتخاب شده از شکل ۳-۴ به اولین توان الکتروموتور استاندارد بزرگتر منطبق می گردد. توان استاندارد الکتروموتورها مطابق استاندارد IEC72 به شرح جدول ۴-۵ می باشد:

۴-۶-۲ موتورهای درون سوز

در شرایطی که در محل ایستگاه پمپاژ برق موجود نباشد یا اینکه هزینه انتقال برق از خطوط انتقال برق تا ایستگاه پمپاژ زیاد باشد، استفاده از موتورهای درون سوز بهترین گزینه می باشد. در میان موتورهای درون سوز، موتورهای دیزلی جهت استفاده در ایستگاههای پمپاژ به علت هزینه بهره برداری و نگهداری و سوخت کمتر در مقابل عمر مفید و بازده بالاتر بهتر از سایر موتورهای درون سوز می باشند. در خصوص انتخاب موتورهای دیزلی که بیشترین تطابق را با شرایط ایستگاه پمپاژ داشته باشند رعایت نکات زیر ضروری می باشد:

۱- از لحاظ سیستم خنک کننده با شرایط ایستگاه پمپاژ تناسب داشته باشد. موتورهای دیزلی از لحاظ سیستم خنک کننده در سه نوع تولید می شوند. موتورهایی که توسط هوا خنک می شوند، موتورهایی که توسط آب خنک می شوند و موتورهایی که توسط هم آب و هم هوا خنک می شوند. اگر موتور داخل ایستگاه قرار می گیرد بهتر است که سیستم خنک کننده از نوع سوم باشد.

۲- دور موتور با دور پمپ متناسب باشد. موتورهای دیزلی با توجه به مقدار سوختی که به محفظه سیلندرهاشان می رسد و توسط اهرم گاز تنظیم می شود قادر به تولید دورهای مختلفی هستند. کمترین و بیشترین دور تولید شده توسط هر موتور در کتابچه راهنمای آن توسط شرکت سازنده ارائه می گردد. همچنین برای تغییر دور موتور و انطباق بیشتر آن با دور پمپ از جعبه دنده نیز می توان استفاده نمود.

توان موتورهای دیزلی نیز با توان مصرفی پمپها باید متناسب باشد. مشابه دور موتور، در موتورهای دیزلی توان تولیدی متناسب با میزان سوخت مصرفی و اهرم گاز می باشد. لذا توان موتور نسبت مستقیم با دور موتور دارد. برای محاسبه توان موتور می توان به جداول و یا منحنیهایی که توسط تولیدکنندگان موتور ارائه می شود و رابطه دور و توان را نشان می دهد، مراجعه کرد. در این باره لازم بذکر است که توان ارائه شده در کتابچه راهنمای موتورها اغلب مربوط به شرایط ارتفاع ۱۵۰ متر از سطح دریا و دمای هوای 30° سانتی گراد است و در شرایط محیطی غیر از این توان خروجی باید با توجه به نظر کارخانه سازنده اصلاح گردد. در صورت عدم ارائه اطلاعات کافی از طرف سازنده، به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع ۳/۵ درصد و به ازای هر ۵/۵ درجه افزایش دما ۲ درصد کاهش توان در نظر گرفته می شود. توان خروجی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P_{eng} = \frac{P_{in}}{eT \times eA \times eE} \quad (9-4)$$

جدول ۴-۵- توان استاندارد الکتروموتورهای سه فاز

اسب بخار	کیلو وات		اسب بخار	کیلووات	
	توان بینابین*	توان اصلی		توان بینابین*	توان اصلی
۱۰۷	۸۰		۱/۱۲		۰/۰۶
۱۲۰		۹۰	۱/۸		۰/۰۹
۱۳۴	۱۰۰		۱/۶		۰/۱۲
۱۵۰		۱۱۰	۱/۴		۰/۱۸
۱۶۷	۱۲۵		۱/۳		۰/۲۵
۱۷۵		۱۳۲	۱/۲		۰/۳۷
۲۰۰		۱۵۰	۳/۴		۰/۵۵
۲۲۰		۱۶۰	۱		۰/۷۵
۲۵۰		۱۸۵	۱/۵		۱/۱
۲۷۰		۲۰۰	۲		۱/۵
۳۰۰		۲۲۰	۲/۴	۱/۸	
۳۵۰		۲۵۰	۳		۲/۲
۳۷۵		۲۸۰	۴	۳	
۴۰۲		۳۰۰	۵		۳/۷
۴۲۲		۳۱۵	۵/۳	۴	
۴۴۹		۳۳۵	۷/۳		۵/۵
۴۷۶		۳۵۵	۷/۵		۵/۷
۵۰۳		۳۷۵	۸/۵	۶/۳	
۵۳۶		۴۰۰	۱۳/۵	۱۰	
۵۷۰		۴۲۵	۱۵		۱۱
۶۰۳		۴۵۰	۱۷	۱۳	
۶۳۷		۴۷۵	۲۰		۱۵
۶۷۰		۵۰۰	۲۳	۱۷	
۷۱۰		۵۳۰	۲۵		۱۸/۵
۷۵۰		۵۶۰	۲۷	۲۰	
۸۰۴		۶۰۰	۳۰		۲۲
۸۴۵		۶۳۰	۳۳	۲۵	
۸۹۱		۶۷۰	۴۰		۳۰
۹۵۲		۷۱۰	۴۴	۳۳	
۱۰۰۵		۷۵۰	۵۰		۳۷
۱۰۷۲		۸۰۰	۵۳	۴۰	
۱۱۳۹		۸۵۰	۶۰		۴۵
۱۲۰۶		۹۰۰	۶۷	۵۰	
۱۲۷۳		۹۵۰	۷۵		۵۵
۱۳۴۰		۱۰۰۰	۸۴	۶۳	
			۱۰۰		۷۵

* ستونهای بینابین فقط در حالت خاص که مورد نیاز باشند استفاده می شود.

P_{eng} = توان مورد نیاز در خروجی موتور (اسب بخار یا کیلووات)

P_{in} = توان مورد نیاز در ورودی پمپ (اسب بخار یا کیلووات)

eT = ضریب کاهش توان موتور برای درجه حرارت اضافی (اعشاری)

eA = ضریب کاهش توان برای افزایش ارتفاع از سطح دریا (اعشاری)

eE = ضریب کاهش توان برای تجهیزات اضافی موتور و واسطه‌های انتقال نیرو (اعشاری)

پس از محاسبه توان مورد نیاز در خروجی موتور و انتخاب کارخانه سازنده می‌توان به کتابچه راهنمای موتور مراجعه کرد و موتوری که در توان مورد نیاز بیشترین بازده را داشته باشد انتخاب نمود.

۷-۴ ارتفاع مکش پمپ و پدیده خلاءزایی

برای کنترل کردن ارتفاع مکش پمپ و پیشگیری از وقوع پدیده خلاءزایی^۱ در آن نکات زیر باید مورد ملاحظه قرار گیرد:

۱- اگر مکش پمپ از نوع ارتفاع منفی می‌باشد باید این ارقام منفی تا حد ممکن کوچک بوده تا از وقوع پدیده خلاءزایی پیشگیری گردد.

۲- ارتفاع مکش و سرعت چرخش پمپ باید با توجه به روابط بین ارتفاع کل رانش و بده پمپ تعیین گردد تا از وقوع پدیده خلاءزایی پیشگیری شود.

۳- وقتی که پدیده خلاءزایی در پمپ رخ می‌دهد عمل پمپاژ در اثر ارتعاش و سر و صدا مختل و بده کاهش یافته و در نتیجه جنس قسمتهای تأثیرپذیر از این پدیده تا حد غیرقابل جبرانی فرسوده می‌گردد. رشد پدیده خلاءزایی تابع درجه افت فشار در داخل پمپ می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که حتی در صورتی که نوع پروانه‌ای پمپ یکسان باشد وقوع پدیده خلاءزایی تابعی از ارتفاع مکش است و هر چه ارتفاع مکش بیشتر باشد وقوع این پدیده محتمل‌تر است و شدت آن بیشتر می‌باشد. بنابراین در این گونه تأسیسات باید دقت کرد که فشار منفی مکش پمپ کمترین میزان ممکن باشد.

۴- اگر بخواهیم پمپی بدون وقوع پدیده خلاءزایی کار کند کاملاً ضرورت دارد که ارتفاع مکش مثبت خالص موجود^۲ (NPSHA) از ارتفاع مکش مثبت خالص مورد نیاز^۳ (PSHR) بیشتر باشد. ارتفاع مکش خالص موجود از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NPSHA = H_a - H_p - H_s - H_f - H_v \quad (9-4)$$

NPSHA = ارتفاع مکش مثبت خالص موجود (متر)

H_a = ارتفاع نظیر فشار جو (متر) در جدول ۴-۶ برخی از موارد آن بر حسب ارتفاع از سطح دریا ارائه گردیده است.

H_p = ارتفاع نظیر فشار بخار آب دردمای مربوط (متر) در جدول ۴-۷ برخی موارد آن اعلام شده است.

1 - Cavitation

2 - Available net Positive Suction Head

3 - Requirement Net Positive Suction Head

Hs = ارتفاع مکش واقعی (متر) اگر به صورت مکش باشد مثبت است و اگر به صورت ورود فشاری باشد منفی است.
 Hf = ارتفاع نظیر افت اصطکاکی فشار در لوله (متر)
 Hv = ارتفاع نظیر سرعت در لوله مکش پمپ (متر)

جدول ۴-۶- فشار جو در ارتفاعهای مختلف [۴۲]

ارتفاع از سطح دریا (متر)	فشار جو (متر)
۰	۱۰/۴
۱۵۰	۱۰/۲
۳۰۰	۱۰
۴۶۰	۹/۸
۶۱۰	۹/۶
۷۶۰	۹/۵
۹۱۰	۹/۳
۱۲۲۰	۹
۱۵۲۰	۸/۶
۱۸۳۰	۸/۳
۲۱۳۰	۸
۲۴۴۰	۷/۷
۲۷۴۰	۷/۴
۳۰۵۰	۷/۱

ارتفاع مکش مثبت خالص مورد نیاز تابعی از تغییرات ارتفاع کل و ظرفیت بده و سرعت چرخش پمپ می باشد که برای مکیدن آب به داخل پروانه ضرورت دارد و یکی از مشخصه های نوع پمپ می باشد که توسط کارخانه سازنده ارائه می شود. برای ایمن بودن از پدیده خلاءزایی باید ارتفاع مکش مثبت خالص موجود از ارتفاع مکش مثبت خالص مورد نیاز بیشتر باشد و عموماً توصیه می شود:

$$NPSHA - NPSHR > 1$$

(۹-۴)

NPSHA = ارتفاع مکش مثبت خالص موجود (متر)

NPSHR = ارتفاع مکش مثبت خالص مورد نیاز (متر)

جدول ۴-۷- فشار بخار آب در درجه حرارت‌های مختلف [۴۲]

درجه حرارت (سانتی‌گراد)	فشار بخار (متر)
۰	۰/۰۶۰
۴/۴	۰/۰۹۰
۱۰	۰/۱۳
۱۵/۶	۰/۱۸
۲۱/۱	۰/۲۶
۲۶/۷	۰/۳۴
۳۲/۲	۰/۴۹
۳۷/۸	۰/۶۷
۴۳/۳	۰/۹
۴۸/۹	۱/۱۹
۵۴/۴	۱/۵۶
۶۰	۲/۰۳
۶۵/۶	۲/۶۲
۷۱/۱	۳/۳۴

۴-۸ لوله و اتصالات ایستگاه پمپاژ

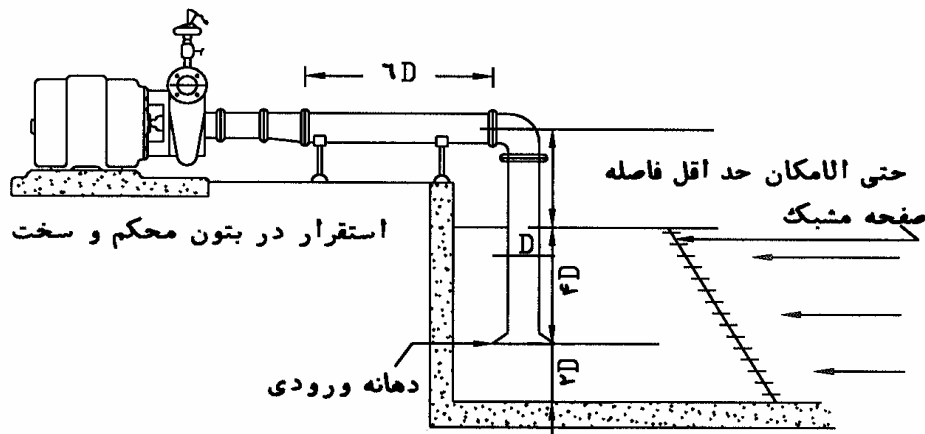
لوله و اتصالات ایستگاه پمپاژ شامل لوله مکش، لوله رانش، لوله جمع کننده و اتصالات نصب شده بر روی این لوله‌ها می‌باشد. ضوابط طراحی لوله و اتصالات ایستگاه پمپاژ به شرح زیر می‌باشد:

۴-۸-۱ لوله مکش

لوله‌های مکش از لحاظ نصب به دو نوع مکش مثبت (سطح آب در حوضچه مکش بالاتر از پمپ می‌باشد) و مکش منفی (سطح آب در حوضچه مکش پایین‌تر از پمپ می‌باشد) تفکیک می‌شوند. در طراحی لوله مکش بسته به اینکه مکش مثبت یا منفی باشد رعایت موارد زیر ضرورت دارد (شکل ۴-۴):

- هر پمپ باید دارای لوله مکش مستقل باشد ولی در صورتی که آب در لوله مکش تحت فشار باشد (مکش مثبت) می‌توان از لوله مکش مشترک استفاده کرد.

- طول لوله مکش باید کوتاه باشد و در صورت امکان باید از لوله کشی افقی اجتناب کرد، در صورت ضرورت لوله مکش حداقل به اندازه ۶ برابر قطر (D) لوله به صورت مستقیم و با شیب ۲٪ روبه پایین از پمپ خارج می‌شود. سپس به سمت حوضچه مکش خم می‌شود.
- در مکش منفی نفوذ هوا از اتصالات لوله کشی به هیچ وجه مجاز نیست.
- در حد امکان از ایجاد خم در لوله مکش اجتناب گردد و در صورت ضرورت از خمهای ملایم (زانوهای شعاع بلند) استفاده شود.
- قطر لوله مکش حداقل یک سایز بزرگتر از قطر دهانه مکش پمپ انتخاب گردد و با تبدیل خارج از مرکز دهانه مکش متصل شود. در مکش منفی با توجه به اهمیت افت در لوله مکش، توصیه می‌شود که قطر لوله مکش طوری تعیین شود که NPSH موجود در دهانه مکش پمپ از NPSH مورد نیاز در دهانه مکش پمپ بیشتر باشد.



شکل ۴-۴- توصیه‌های لازم در خصوص نصب پمپهای گریز از مرکز

- عمق استغراق دهانه لوله مکش باید حداقل ۱/۵ برابر قطر لوله مکش باشد.
- فاصله صافی مکش نسبت به کف حوضچه آبگیر باید چهار برابر قطر لوله مکش و حداقل ۰/۵ متر باشد.
- فاصله بین لوله مکش و جداره حوضچه مکش نباید از ۲ برابر قطر لوله مکش کمتر باشد.
- فاصله بین لوله‌های مکش در صورتی که هر دو قطر مساوی داشته باشند باید بیشتر از ۳ برابر قطر لوله مکش باشد و اگر قطرهای متفاوت باشند باید از ۳ برابر قطر لوله مکش بزرگتر، بیشتر باشد.
- در صورتی که مکش منفی باشد، بر روی لوله مکش شیر یک طرفه نصب شود. در مکش مثبت نیازی به شیر یک طرفه نمی‌باشد.
- نصب شیر قطع و وصل در مسیر لوله مکش به دلیل وجود افت اصطکاکی فقط در مکش مثبت قابل توصیه می‌باشد.

۴-۱-۲ لوله رانش

در طراحی لوله رانش رعایت نکات زیر ضرورت دارد :

- ۱- قطر لوله رانش براساس بیشترین سرعت مجاز لوله انتخاب شود.
- ۲- طول لوله رانش در حد امکان کوتاه و مستقیم در نظر گرفته شود.
- ۳- در صورتی که قطر لوله رانش با قطر دهانه پمپ یکسان نباشد از تبدیل هم مرکز استفاده شود.
- ۴- به منظور جلوگیری از آسیب دیدن پروانه به علت برگشت آب در هنگام خاموش کردن پمپ، در لوله رانش شیر یکطرفه نصب شود.
- ۵- در لوله رانش بلافاصله بعد از شیر یکطرفه، شیر قطع و وصل جریان نصب شود. این کار به دلایل زیر می باشد :
 - در هنگام راه اندازی پمپ توصیه می شود ابتدا الکتروموتور و پمپ به دور نهایی رسیده و سپس جریان وارد خط لوله شود.
 - در ایستگاههای پمپاژ با پمپهای موازی در هنگام تعمیر یک پمپ لازم به خاموش کردن سایر پمپها نباشد.
 - این شیر می تواند وظیفه تنظیم بده و فشار پمپ را نیز به عهده داشته باشد
 - نصب لرزه گیر در لوله رانش از انتقال لرزشهای پمپ به خطوط لوله جلوگیری می کند.
 - نصب فشارسنج به منظور کنترل فشار خروجی ایستگاه پمپاژ بعد از شیر قطع و وصل ضروری می باشد.
 - در صورت نیاز و برای کنترل اتوماتیک فشار می توان از کلید کنترل فشار ۱ نیز استفاده نمود.
 - به منظور پیشگیری از وقوع فشار منفی در سیستم، در خط رانش شیر هوا نصب شود.

۴-۱-۳ لوله جمع کننده (کلکتور)

- در ایستگاههای پمپاژی که دارای چند پمپ می باشند، برای جمع آوری جریان خروجی از لوله رانش پمپها و هدایت آن به خط لوله اصلی از لوله جمع کننده استفاده می شود. در طراحی این لوله رعایت نکات زیر الزامی است:
- در حد امکان لوله جمع کننده داخل اتاقک پمپاژ قرار گیرد. این کار باعث می شود که دیوار اتاقک پمپاژ فقط در یک نقطه سوراخ شود، امکان کنترل فشار خروجی ایستگاه با نصب تجهیزات مربوط بر روی لوله جمع کننده در داخل ایستگاه فراهم می آید و طول لوله های رانش نیز کوتاهتر می شود.
 - لوله جمع کننده می تواند تک قطری و یا چند قطری طراحی شود. اگر تک قطری در نظر گرفته شود، قطر آن برابر با قطر لوله اصلی در نظر گرفته می شود و اگر چند قطری در نظر گرفته می شود، از تنوع بیش از سه قطر پرهیز شود و سرعت در هر قطر نیز بیش از ۱/۵ متر بر ثانیه نباشد.
 - به منظور کنترل فشار خروجی ایستگاه در انتهای این لوله می توان فشارسنج و شیر قطع و وصل نصب نمود.
 - برای جلوگیری از تلاطم و افت فشار، لوله های رانش تحت زاویه ۳۰ تا ۴۵ درجه به لوله جمع کننده وصل شوند و از اتصال عمودی پرهیز شود.

۹-۴ کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ

- کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ به منظور جلوگیری از آسیبهای احتمالی به پمپ، موتور، خطوط لوله و شیرآلات ایستگاه پمپاژ و شبکه ضروری می باشد. اغلب کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ در موارد زیر الزامی می باشد.
 - کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ در صورتی که احتمال بروز پدیده ضربه قوچ وجود داشته باشد.
 - کنترل کمترین و بیشترین فشار کاری مجاز پمپها و موتور محرکه.
 - تنظیم فشار خروجی ایستگاه پمپاژ جهت انطباق بیشتر با فشار مورد نیاز سیستم آبیاری.
 - کنترل فشار موجود در لوله مکش جهت کنترل خلاءزایی.
- علل بوجود آمدن هر یک از موارد فوق و روشهای کنترل آن به شرح زیر می باشد:

۹-۴-۱ ضربه قوچ در ایستگاه پمپاژ

تغییر سرعت ناگهانی در خطوط لوله سبب ایجاد موجهای فشاری می شود که به آن ضربه قوچ^۱ گفته می شود. تغییر سرعت ناگهانی در خطوط لوله اغلب ناشی از خاموش شدن ناگهانی نیروی محرکه و یا باز و بسته کردن شیرآلات در سیستم و ایستگاه پمپاژ می باشد. چون اغلب خطر وقوع ضربه قوچ در خط رانش پمپ وجود دارد باید تدابیری برای پیشگیری از این پدیده اندیشیده شود. مهم ترین روشهای کنترل ضربه قوچ به شرح زیر می باشد:

۱- استفاده از تانک ضربه گیر: تعبیه این تانک می تواند تجهیزات داخل ایستگاه پمپاژ را از صدمات ناشی از ضربه قوچ ایمن سازد. استفاده از تانک ضربه گیر مطمئن ترین، ایمن ترین و قابل اعتمادترین روش مقابله با پدیده ضربه قوچ می باشد. بدین منظور موارد ذیل باید مورد نظر طراح قرار گیرد:

- ارتفاع و ظرفیت تانک باید متناسب با ارتفاع رانش و بده پمپ طراحی گردد.
 - تانک ضربه گیر باید در نزدیکی پمپ نصب شود.
 - سطح مقطع تانک در حد امکان بزرگ طراحی شود تا تغییرات تراز آب در تانک به کمترین مقدار برسد.
 - تانک ضربه گیر یک طرفه را می توان در مسیر لوله در طرف تخلیه قرار داد.
 - اغلب تانک ضربه گیر توسط یک شیر یکطرفه از سیستم مجزا می شود.
 - محل نصب آن باید در رقوم پایین تر از ارتفاع استاتیک آب باشد.
 - در فصل یخبندان از ضد یخ استفاده گردد.
 - هیچ گاه تانک خالی از آب نباشد. می توان از یک سیستم هشداردهنده برای تثبیت سطح آب استفاده نمود.
- ۲- روش دیگر کنترل ضربه قوچ، نصب یک شیر یکطرفه در خط رانش است که به تدریج بسته می گردد. در این روش جریان آب برگشتی به تدریج قطع می گردد. در این خصوص باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- اگر در طرف رانش شیر یکطرفه تعبیه نشده باشد، شیر کنترل طرف رانش به صورت خودکار آهسته بسته شود. این عمل توسط دستگاهی نظیر ابزار هیدرولیکی انجام می‌گیرد. اغلب از شیرهای سوزنی و یا شیرهای چرخنده^۱ در این موارد استفاده می‌شود.
- در طرف رانش پمپ یک شیر یکطرفه با بسته شدن سریع تعبیه گردد. اغلب از این روش برای قطرهای کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود.
- ۳- استفاده از جریان معکوس در این روش جریان معکوس به صورت نامحدودی در زمان قطع برق در محدوده پمپ انجام می‌پذیرد. این روش در مقایسه با حالت وجود شیر یکطرفه معمولی دارای افزایش فشار کمتری در سیستم می‌باشد. اما باید به خاطر داشت که قطعات چرخنده (مانند پمپ در مسیر سیستم) چنان طراحی شوند که در قبال چرخش معکوس مقاومت داشته باشند. این روش در جاهایی که خطر یخ‌زدگی وجود دارد مؤثر بودن خود را به ثبوت رسانده است.
- ۴- استفاده از کنار گذر^۲ پمپ مجهز به شیر یکطرفه در این روش در کنار پمپ یک خط لوله موازی نصب می‌شود که از یک طرف به لوله مکش و از طرف دیگر به لوله رانش متصل می‌شود. در مسیر این لوله نیز یک شیر یکطرفه به سمت لوله رانش نصب می‌شود تا در مواقع عادی از برگشت آب به طرف لوله مکش جلوگیری کند. در مواقع بروز موج منفی ناشی از ضربه قوچ شیر یکطرفه باز شده و با مکش از لوله مکش از شدت ضربه قوچ می‌کاهد.
- ۵- یکی دیگر از روشهای کنترل ضربه قوچ استفاده از شیر تخلیه فشار می‌باشد که بعد از شیر یکطرفه بر روی لوله رانش نصب می‌شود و در مواقع بروز موج مثبت باز شده و فشار اضافی را تخلیه می‌کند و در موقع موج منفی بسته می‌شود.

۴-۹-۲ کنترل کمترین و بیشترین فشار مجاز پمپ

هر پمپی در یک محدوده معینی از محدوده فشار قادر به کار می‌باشد. افزایش فشار به بیش از محدوده مجاز فشار باعث گرم شدن بیش از حد پمپ و آسیب دیدن آن و کاهش فشار به کمتر از حد مجاز باعث بالا رفتن توان مصرفی موتور و آسیب دیدن موتور می‌شود. بنابراین کنترل کمترین و بیشترین فشار پمپ ضروری می‌باشد. عوامل افزایش فشار در ایستگاه پمپاژ عبارتند از :

- کاهش بده مصرفی سیستم به طور غیرمنتظره و کنترل نشده.
- بسته شدن شیر قطع و وصل جریان در مسیر خطوط لوله، و
- باز نبودن کامل شیر قطع و وصل در ایستگاه در اثر خرابی و یا بی دقتی.
- عوامل کاهش فشار در ایستگاه پمپاژ نیز عبارتند از :
- ترکیبگی لوله‌ها،
- مصرف بیش از اندازه و یا باز ماندن شیرهای قطع و وصل، و
- خاموش شدن پمپهای موازی به طور غیرمنتظره.

کنترل فشار در ایستگاه پمپاژ به روشهای زیر صورت می‌پذیرد :

- ۱- نصب کلید کنترل فشار^۱ که بر روی خط لوله رانش نصب می‌شود و در مواقعی که فشار از حدود کمترین و بیشترین فراتر می‌رود فرمان خاموش شدن موتور را صادر می‌کند. این روش برای مواقعی که نوسان فشار زیاد باشد مناسب نیست.
- ۲- نصب شیر کنترل فشار که بر روی لوله رانش نصب می‌شود و قادر به تنظیم فشار خروجی ایستگاه می‌باشد. با نصب این شیر، فشار سیستم در محدوده مجاز تثبیت می‌شود و در نتیجه فشار ایستگاه نیز در محدوده مجاز تغییر نخواهد کرد.
- ۳- نصب شیر کنترل جریان که مشابه شیر کنترل فشار با تنظیم بده سیستم اجازه تغییر بده و در نتیجه فشار ایستگاه پمپاژ را به بیش از محدوده مجاز نخواهد داد.
- ۴- نصب شیر تخلیه فشار که در مواقعی که فشار ایستگاه به بیش از حد مجاز افزایش یابد با باز کردن مسیر خروج آب، فشار ایستگاه را کاهش می‌دهد.

۴-۹-۳ تنظیم فشار ایستگاه پمپاژ

در طی فصل بهره‌برداری به دلیل تغییرات مصرف آب، ظرفیت و فشار ایستگاه نیاز به تنظیم دارد. اغلب تغییرات مصرف آب در موارد زیر اتفاق می‌افتد:

- تغییر بده مورد نیاز سیستم در طی ماهها و سالهای مختلف به دلیل تغییر سطح کشت، الگوی کشت، نیاز آبی ماهیانه و ...
 - عدم کنترل مناسب در بهره‌برداری از سیستم.
 - تغییرات بده مورد نیاز سیستم آبیاری.
- تنظیم فشار و بده ایستگاه پمپاژ با توجه به موارد فوق به شرح زیر امکان‌پذیر است :
- در ایستگاههایی که ظرفیت مورد نیاز سیستم در ماههای مختلف سال متغیر می‌باشد، بسته به ظرفیت مورد نیاز می‌توان از چند پمپ به صورت موازی استفاده کرد و با وارد یا خارج کردن آنها از مدار تنظیم بده و فشار را انجام داد.
 - با تغییر دور پمپ توسط جعبه دنده، تسمه پولی، اهرم گاز و یا الکتروموتورهای با دور متغیر می‌توان بده و فشار ایستگاه را تنظیم نمود.
 - با عوض کردن پروانه و استفاده از پروانه‌هایی با قطر متفاوت می‌توان بده و فشارهای متنوعی دست یافت.
 - با استفاده از شیرهای قطع و وصل جریان و یک فشارسنج می‌توان به صورت دستی بده و فشار ایستگاه را تا حدود مشخصی تنظیم نمود.
 - توسط بعضی از شیرهای اتوماتیک می‌توان بده و فشار ایستگاه را به طور اتوماتیک تنظیم نمود.
 - تعبیه سیستم کنار گذر پمپ که با استفاده از آن می‌توان بده اضافی ایستگاه را دوباره به حوضچه مکش برگرداند.

۴-۹-۴ کنترل فشار در لوله مکش

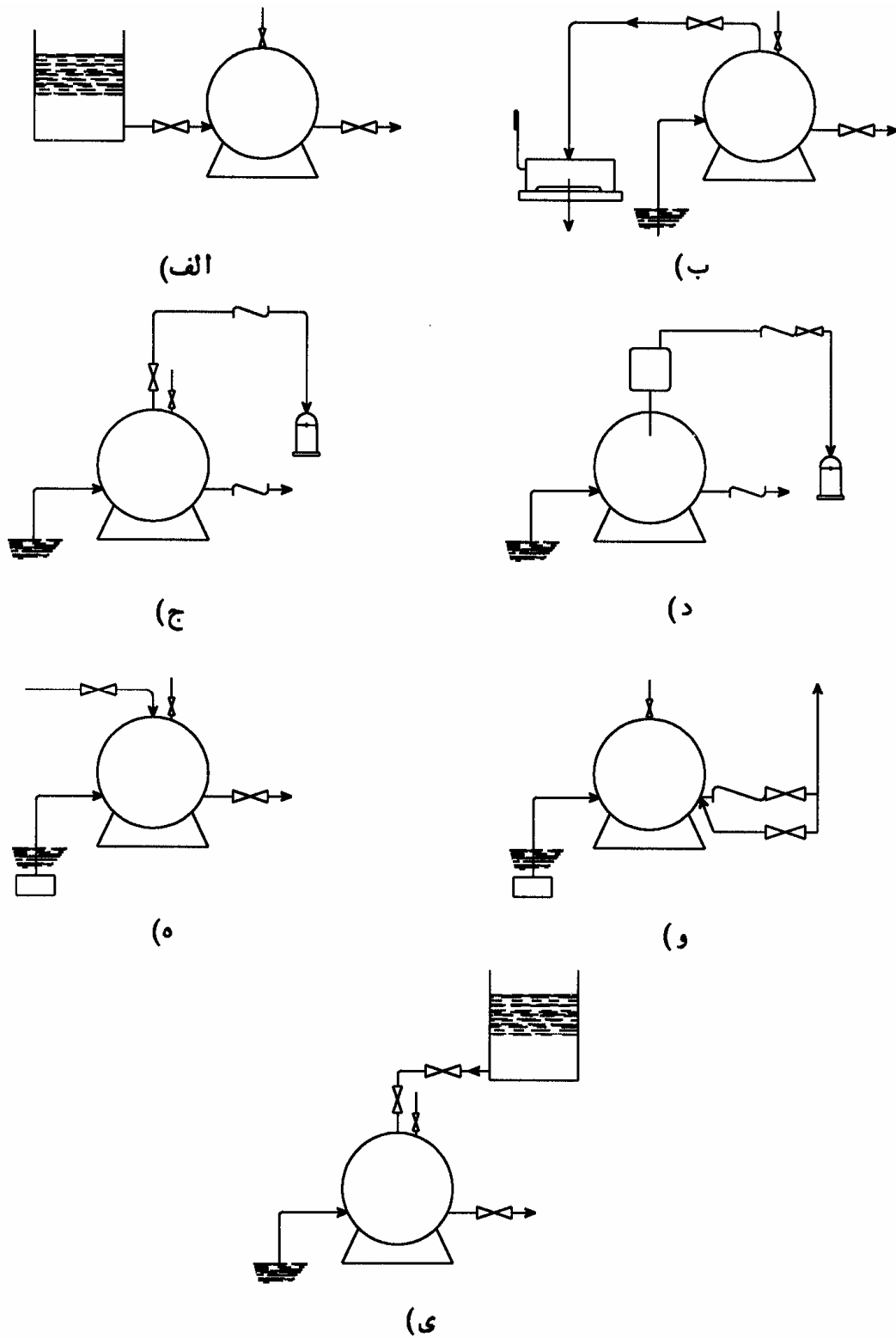
در طراحی ایستگاه پمپاژ جهت جلوگیری از پدیده خلاءزایی، طوری عمل می‌شود که NPSHA همواره از NPSHR بزرگتر باشد. با این وجود ممکن است پس از نصب پمپها بنا به دلایلی این شرایط برقرار نباشد و پدیده خلاءزایی ایجاد شود. این امر اغلب به دلایل زیر اتفاق می‌افتد:

- پایین رفتن بیش از حد سطح آب در حوضچه مکش،
 - بالا رفتن ظرفیت پمپاژ و افزایش افت در لوله مکش، و
 - گرفتگی صافیها و یا زنگ‌زدگی لوله‌ها و در نتیجه بالا رفتن افت اصطکاکی لوله مکش.
- به منظور کنترل خلاءزایی در لوله مکش روشهای زیر امکان‌پذیر است:
- نصب کلید کنترل سطح^۱ این کلید در مواقعی که سطح آب از حد معینی پایین‌تر برود پمپ را خاموش می‌کند.
 - با نصب خلاسنج و کنترل دستی می‌توان نسبت به رفع مشکل مانند گرفتگی صافیها اقدام نمود.
 - استفاده از کلید کنترل فشار که بیشتر در مورد بوستر پمپها مصداق دارد. با نصب این کلید وقتی که فشار ورودی بوستر پمپ از حد مجاز کمتر باشد، پمپاژ قطع می‌شود.

۴-۱۰ هواگیری پمپها

در پمپهای گریز از مرکز قبل از روشن کردن پمپ، لازم است که لوله مکش و محفظه پمپ از آب پر شده و به‌طور کامل از هوا تخلیه شود. در پمپهای شناور و مستغرق و پمپهای مکش مثبت این کار خود به‌خود انجام می‌گیرد. ولی در پمپهای گریز از مرکز حلزونی و یا فشار قوی که در روی زمین نصب می‌شوند لازم است که سیستم هواگیری مناسبی برای این منظور در مرحله طراحی در نظر گرفته شود. انواع سیستمهای هواگیری ممکن به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- استفاده از مکش مثبت در این حالت به‌دلیل پایین‌تر بودن پمپ و لوله مکش نسبت به سطح آب همواره با باز کردن شیر قطع و وصل لوله مکش و پیچ روی پمپ هواگیری به راحتی انجام می‌گیرد. (شکل ۴-۵-الف)
- ۲- با استفاده از یک پمپ دستی که بر روی پمپ اصلی نصب می‌شود و معمولاً از نوع دیافراگمی می‌باشد، می‌توان پمپ و لوله مکش را هواگیری نمود. (شکل ۴-۵-ب)
- ۳- با استفاده از یک موتور و پمپ خلاء می‌توان پمپ و لوله مکش را هواگیری نمود. (شکل ۴-۵-ج و د)
- ۴- با استفاده از لوله‌کشی جداگانه (شکل ۴-۵-ه) یا با استفاده از آب لوله رانش می‌توان پمپ و لوله مکش را از آب پر نموده و هواگیری نمود. (شکل ۴-۵-و)
- ۵- عمل هواگیری را می‌توان با احداث یک منبع ذخیره و استفاده از آب ذخیره شده در آن انجام داد. (شکل ۴-۵-ی)



شکل ۴-۵- انواع روشهای هواگیری پمپها

۴-۱۱ ملاحظات ساختمان ایستگاه پمپاژ

در طراحی ایستگاه پمپاژ، علاوه بر رعایت نکات ضروری هیدرومکانیکی، رعایت ملاحظات ضروری در طراحی محوطه و ساختمان ایستگاه پمپاژ نیز ضروری می‌باشد. بهترین نکاتی که در طراحی ساختمان ایستگاه پمپاژ باید رعایت شود به شرح زیر می‌باشد:

۴-۱۱-۱ طرح حوضچه مکش

در مورد طراحی حوضچه مکش پمپ باید موارد زیر را رعایت کرد:

- حوضچه مکش پمپ در حد امکان باید در نزدیکی محل نصب پمپ ساخته شود.
- شکل حوضچه مکش باید به نحوی باشد که از ایجاد جریان متلاطم و گردابی پیشگیری کند.
- در صورتی که آب ورودی به حوضچه مکش از طریق یک کانال نسبتاً طولانی و یا یک مجرای نسبتاً طویل وارد شود، باید ظرفیت برای مدت ۳۰ دقیقه پمپاژ (با ظرفیت بده برنامه‌ریزی شده پمپ) جوابگو باشد.
- برای انجام لایروبی و خدمات نگهداری در حوضچه مکش، باید در محل مناسبی چاهک پیش‌بینی گردد.
- برای جلوگیری از پر شدن حوضچه مکش بهتر است سرریز جانبی در نظر گرفته شود.
- نصب نرده آشفالگیر در صورتی که منبع تأمین آب سطحی باشد به کارکرد بهتر پمپها کمک می‌کند.

۴-۱۱-۲ پی پمپ

در مورد پی پمپ باید موارد زیر را رعایت کرد:

- پی پمپ باید در مقابل وزن (بار) وارده به اندازه کافی محکم باشد.
- پی پمپ باید از نظر خنثی کردن ارتعاشات نیز به اندازه کافی محکم و سنگین باشد.
- اساساً پی پمپ باید از بتن ساخته شود. پی پمپ و موتور مربوط باید به صورت یک مجموعه یکپارچه ساخته شود زیرا اگر سازه‌های پایه پمپ و موتور به صورت بدنه‌های مجزا ساخته شوند، احتمال عدم هم‌محوری بین موتور و پمپ افزایش می‌یابد.
- وقتی که بدنه پمپ روی حوضچه پمپاژ نصب می‌شود باید سازه تحتانی دارای پایداری کافی باشد. در صورتی که زمین زیر پی مقاومت کافی نداشته باشد، باید نیروی لازم اتکایی در این حالت از طریق شمع کوبی و یا روش مشابه دیگر به دست آید.
- وزن یک پی مستقل برای نصب الکتروپمپ باید از سه برابر وزن مجموعه پمپ و تجهیزات مربوط بیشتر باشد. اگر از موتور احتراق داخلی استفاده می‌شود باید از ۴ برابر وزن پمپ و تجهیزات مربوط بیشتر باشد.
- طول و عرض پی به نحوی انتخاب می‌شود که ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بزرگتر از طول و عرض شاسی باشد. ابعاد شاسی از کارخانه سازنده دریافت می‌شود.

- ارتفاع پی نیز با توجه به بندهای ۵ و ۶ و از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$H = \frac{(3-5) \times W}{L \times B \times 2300} \quad (۱۰-۴)$$

H = ارتفاع پی (متر)

W = وزن پمپ و موتور (کیلوگرم)

L = طول پی (متر)

B = عرض پی (متر)

- در صورتی که به جای پی بتنی از شاسی یا صفحه‌های فلزی استفاده شود باید استحکام و پایداری برای آرام کردن ارتعاش را داشته باشند.

- اگر از مواد ضد ارتعاش (ضد لرزش) در سازه یا پی استفاده می‌شود، می‌توان وزن پی را تا نصف تقلیل داد.

- اگر لوله کشیهای پمپ از دیوار عبور می‌کنند باید از درزهای انبساط و مواد پرکننده ضد ارتعاش استفاده کرد تا از انتقال ارتعاش موتور و پمپ و یا آب جاری به سازه پیشگیری شود.

- در طراحی پی باید بار ناشی از زلزله نیز پیش‌بینی شود.

۴-۱۱-۳ طراحی اتاقک پمپها

بخشی از ساختمان ایستگاه که پمپها درون آن قرار می‌گیرند، اتاقک پمپها نامیده می‌شود. در طراحی اتاقک پمپها رعایت نکات زیر الزامی می‌باشد:

- طول و عرض اتاقک پمپها به نحوی تعیین گردد که علاوه بر داشتن فضای کافی جهت پی پمپها، فضای خالی جهت تعمیر و نگهداری پمپها، لوله‌ها و اتصالات داخل اتاقک و تأسیسات جنبی نیز داشته باشد.

- ارتفاع اتاقک به گونه‌ای تعیین گردد که علاوه بر داشتن فضای کافی جهت پمپها، فضای کافی جهت لوله و اتصالات داخل اتاقک و همچنین در صورت وجود جرثقیل، برای حرکت آن فضای کافی وجود داشته باشد.

- در طراحی اتاقک پمپها به زهکش کف اتاقک، جرثقیل در صورت نیاز و همچنین تهویه اتاقک توجه کافی مبذول گردد.

۴-۱۱-۴ محوطه ایستگاه پمپاژ

در طراحی محوطه ایستگاه پمپاژ نیز باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- فضای کافی برای پارک خودروها و یا تخلیه و بارگیری آنها در نظر گرفته شود.

- اتاقک نگهبانی در صورت نیاز در نظر گرفته شود.

- فضای کافی برای ترانس برق در صورت وجود در نظر گرفته شود.

- مسائل امنیتی ایستگاه نیز در نظر گرفته شود.

۱۲-۴ برق ایستگاه پمپاژ

در ایستگاههای پمپاژی که از موتورهای الکتریکی جهت نیروی محرکه پمپها استفاده می‌شوند، طراحی و تأمین برق مورد نیاز ایستگاه از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. در این خصوص رعایت موازین و دستورالعملهای ضروری جهت طراحی سیستم ایمنی، تابلوهای فشار ضعیف، انتخاب کابل مناسب، سیستم روشنایی ایستگاه و... در ایستگاه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. ضوابط و دستورالعملهای طراحی سیستم برق ایستگاه پمپاژ به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱۲-۴ بار مصرفی ایستگاه

جریانی که تجهیزات الکتریکی از شبکه جذب می‌کنند شامل دو مؤلفه اکتیو و راکتیو می‌باشد. جریان اکتیو، جریانی است که تبدیل به انرژی مکانیکی می‌شود و جریان راکتیو جریانی است که تبدیل به انرژی مکانیکی نمی‌شود. بنابراین توان مصرفی ایستگاه نیز با توجه به این دو مؤلفه و به شرح زیر محاسبه می‌شود:

۱-۱-۱۲-۴ توان اکتیو ایستگاه

توان اکتیو مصرفی توسط موتورهای الکتریکی با توجه به بازده موتور و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{in} = P_{out} / \eta \quad (۱۱-۴)$$

$$P_{in} = \text{توان ورودی به موتور (کیلووات)}$$

$$P_{out} = \text{توان خروجی موتور (کیلووات)}$$

$$\eta = \text{بازده توان مصرفی در موتور}$$

توان اکتیو مصرفی الکتروموتورهای القایی سه فاز با توجه به ولتاژ و شدت جریان برق مصرفی نیز قابل محاسبه می‌باشد. برای این منظور می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (۱۲-۴)$$

$$P_{in} = \text{توان اکتیو مصرفی (وات)}$$

$$V = \text{اختلاف پتانسیل (ولت)}$$

$$I = \text{شدت جریان (آمپر)}$$

$$\cos \phi = \text{ضریب توان مصرف کننده الکتریکی}$$

توان راکتیو مصرفی ایستگاه از مجموع توان مصرف کننده‌ها که شامل الکتروموتورها و سایر مصرف کننده‌های جانبی ایستگاه می‌باشد، محاسبه می‌شود.

۴-۱۲-۱-۲ توان راکتیو ایستگاه

توان راکتیو مصرفی ایستگاه به طور عمده شامل بارهای سلفی می‌باشد و با توجه به آنکه تأمین این بارها برای شبکه‌های برق نامطلوب می‌باشد، ضروری است با نصب خازن که تولید کننده بار راکتیو می‌باشد، بار راکتیو مصرفی ایستگاه جبران شود. با توجه به آنکه جبران تمام این توان راکتیو توسط خازنها باعث بزرگ شدن بیش از حد خازنها می‌شود و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد، از نظر سازمان تأمین کننده برق کافی است که ضریب توان مصرفی کمتر از ۰/۹۵ نباشد. بنابراین توان مصرفی راکتیو و در نتیجه ظرفیت خازن را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$Q = P_{in} \times (\tan(\cos^{-1}\phi_1) - \tan(\cos^{-1}\phi_2)) \quad (۴-۱۳)$$

Q = توان راکتیو (ولت آمپر)

P_{in} = توان اکتیو مصرفی (وات)

$\cos \phi_1$ = ضریب توان الکتروموتور قبل از تصحیح

$\cos \phi_2$ = ضریب توان قابل قبول بعد از تصحیح

جهت محاسبه توان راکتیو مورد نیاز ایستگاه پمپاژ کافی است توان اکتیو مورد نیاز الکتروموتورهای ایستگاه را با توان مصرفی بارهای عمومی (که اغلب ۵ تا ۱۰ درصد توان اکتیو مورد نیاز الکتروموتورها فرض می‌شود) جمع نمود.

۴-۱۲-۲ طراحی سیستم زمین

سیستم زمین به منظور ایجاد سیستم ایمنی در ایستگاه پمپاژ به دلیل داشتن مزایای فنی و اطمینان از کارایی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش در صورت وقوع اتصالی و قرار گرفتن ولتاژ روی قسمت‌هایی از دستگاه که به طور مستقیم در مدار الکتریکی قرار ندارند، سیستم حفاظتی دستگاه عمل کرده و ولتاژ تغذیه دستگاه را قطع می‌نماید. در این سیستم در محدوده تأسیساتی که می‌بایست به زمین متصل گردند یک شبکه متشکل از یک یا چند چاه اتصال زمین و یک مجموعه از هادیهای مسی که به هم متصل می‌باشند و در کل تأسیسات پخش می‌شوند تعبیه می‌شود. مراحل طراحی سیستم زمین به شرح زیر می‌باشد:

۴-۱۲-۱-۲ مبانی طراحی سیستم زمین

در طراحی سیستم زمین رعایت نکات زیر ضروری است :

- سیستم اتصال زمین تأسیسات فشار ضعیف و فشار قوی از هم به طور کامل جدا باشد.
- در صورتی که ایستگاه مجهز به سیستم حفاظتی برقگیر باشد، سیستم اتصال زمین برقگیر از سیستم اتصال زمین تأسیسات فشار ضعیف به طور کامل مجزا باشد.

- نقطه نول سیم پیچ ترانسفورماتور در نزدیکی آن و سیم نول شبکه هوایی فشار ضعیف در ابتدا و انتها و همچنین فواصل ۲۰۰ متری به الکتروود زمین متصل گردد.
- کلیه هادیهای مورد مصرف در سیستم اتصال زمین و همچنین تمامی اتصالات و متعلقات مربوط به آن باید از آلیاژ مسی ویژه کاربرد در تأسیسات برق ساخته شده باشد.
- هادیهای اتصال زمین بین الکتروودها باید از تسمه مسی باشد و در صورت عدم امکان استفاده از سیم مسی لخت نیز بلامانع است.
- بدنه کلیه الکتروموتورها توسط سیم مسی لخت به شبکه زمین متصل شود. سطح مقطع سیم مورد استفاده برای این کار حداقل به اندازه نصف سطح مقطع کابل ورودی به الکتروموتور و کمتر از ۱۶ میلی متر مربع نباشد.
- در کلیه تابلوها علاوه بر شینه‌های فاز و نول یک شین اتصال زمین نیز پیش‌بینی گردد. این شین زمین باید دارای سطح مقطع برابر با شین نول آن تابلو باشد.
- در تابلو اصلی شین نول و شین اتصال زمین به هم متصل می‌شوند اما در سایر تابلوها از هم جدا می‌باشند.
- سطح مقطع سیم استفاده شده جهت اتصال زمین شین زمین تابلو به شبکه اصلی زمین باید برابر با نصف سطح مقطع سیم فاز تغذیه کننده تابلو و کمتر از ۱۶ میلی متر مربع نباشد.
- کلیه پریزهای استفاده شده باید از نوع ارت‌دار باشد و سیستم اتصال زمین پریزها، چراغهای روشنایی و فن‌ها با سیم فاز و نول در یک لوله قرار گیرند و سطح مقطع سیم اتصال زمین باید مساوی با مقطع سیم‌های فاز و نول بوده و از نوع روکش‌دار باشد.
- به دلیل سهولت در اجرا می‌توان بدنه الکتروموتورها را به طور مستقیم به شبکه زمین متصل نمود اما بدنه سایر تجهیزات به شین زمین تعبیه شده در تابلویی که از آن تغذیه می‌شوند متصل می‌شود.

۴-۱۲-۲-۲ الکتروودهای سیستم اتصال زمین

الکتروودهای سیستم اتصال زمین در شکل‌های میله‌ای، لوله‌ای و صفحه مسی تخت یا مشبک ساخته می‌شوند که مناسب‌ترین آنها از لحاظ سهولت نصب نوع میله‌ای می‌باشد. این نوع الکتروودها از یک میله مسی با مغز فولادی و با قطرهای ۱۳، ۱۶، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر و طول ۱/۲ و ۳ متر ساخته می‌شوند. این الکتروودها به کمک کلاهک مخصوص قابل کوبیدن مستقیم در زمین بوده و بوسیله یک بوشن به خصوص می‌توان آنها را به یکدیگر متصل نمود، مقاومت الکتروودهای میله‌ای با توجه به تعداد میله‌ها و فاصله آنها از روابط ۴-۱۴ تا ۴-۱۷ محاسبه می‌شود. رابطه ۴-۱۴ برای الکتروود تک میله‌ای که انتهای آن در سطح زمین باشد، رابطه ۴-۱۵ برای الکتروود تک میله‌ای که انتهای آن پایین‌تر از سطح زمین باشد، رابطه ۴-۱۶ برای الکتروود دو میله‌ای که انتهای آن در سطح زمین و فاصله آنها بیشتر از طول الکتروود باشد و رابطه ۴-۱۷ برای الکتروود دو میله‌ای که انتهای آن در سطح زمین و فاصله آنها بیشتر از طول الکتروود باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \times \ln\left(\frac{4L}{D}\right) \quad (4-14)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left(\ln\left(\frac{2L}{D}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4T+L}{4T-L}\right) \right) \quad (۱۵-۴)$$

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln\left(\frac{8L}{D} - 1\right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} + \dots \right) \right) \quad (۱۶-۴)$$

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln\left(\frac{8L}{D}\right) + \ln\left(\frac{4L}{S}\right) - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \dots \right) \quad (۱۷-۴)$$

R = مقاومت الکتروود (اهم)

L = طول میله (متر)

S = فاصله میله‌ها (متر)

D = قطر میله (متر)

T = فاصله وسط میله تا سطح زمین (متر)

ρ = مقاومت الکتریکی مخصوص زمین (اهم - متر). مقاومت الکتریکی مخصوص زمین بستگی به جنس خاک داشته و از

جدول (۸-۴) محاسبه می‌شود.

۴-۱۲-۳- تعداد چاه اتصال زمین

بیشترین مقاومت مجاز سیستم اتصال زمین در یک ایستگاه پمپاژ براساس استاندارد DIN VDE 0100 پنج اهم می‌باشد. در طراحی سیستم اتصال زمین تعداد چاهها به نحوی تعیین می‌شوند که مقاومت سیستم زمین محاسبه شده از رابطه ۴-۱۸ کمتر از این حد مجاز باشد.

$$R_p = \frac{r}{\mu \times N} \quad (۱۸-۴)$$

R_p = مقاومت کل سیستم اتصال زمین (اهم)

r = مقاومت یک چاه اتصال زمین (اهم)

N = تعداد چاههای اتصال زمین

μ = ضریب بدون بعدی که بستگی به تعداد الکتروودها و نحوه به هم بستن آنها دارد. برای محاسبه ضریب μ با توجه به

نسبت فاصله به طول الکتروودها می‌توان از جدول ۴-۹ استفاده نمود.

جدول ۴-۸ - مقاومت الکتریکی مخصوص زمین با توجه به جنس خاک

جنس خاک	مقاومت مخصوص برحسب (اهم - متر)	مقادیر متوسط جهت محاسبات (اهم - متر)
خاک سنگ‌دار	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۳۰۰۰
خاک با سنگهای کوچک و ماسه	۳۰۰-۲۰۰۰	۱۲۰۰
ماسه	۴۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰
زمین ماسه‌دار	۱۵۰-۴۰۰	۳۰۰
خاک مجسمه‌سازی	۱۰۰-۳۰۰	۲۵۰
زمین غیرهمگن	۴۰-۱۵۰	۸۰
خاک رسی	۲۰-۱۰۰	۶۰
خاک سیاه	۱۰-۷۰	۵۰
خاک آلی	۱۰-۷۰	۳۰

جدول ۴-۹ - مقادیر ضریب μ

نسبت فاصله به طول الکترودها						تعداد الکترودها
۳	۲	۱	۳	۲	۱	
الکترودها در مدار بسته			الکترودها در یک ردیف			
۰/۴۱	۰/۵	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۸۵	۰/۹	۵
۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۷۰	۰/۷۹	۱۰
۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۴	۰/۵۵	۰/۶۵	۲۰
۰/۲۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴۵	۰/۵۷	۳۰
۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۴۹	۵۰
۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۴۶	۷۰
۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۳۳	-	-	-	۱۰۰

۴-۱۲-۳ تابلوهای فشار ضعیف

تابلوهای فشار ضعیف، سلولهای هستند که در آنها کلید قطع و وصل یک وسیله الکتریکی همراه با وسایل کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم قرار داده شده است. تابلوهای فشار ضعیف معمول در ایستگاههای پمپاژ به شرح زیر می‌باشند:

۴-۱۲-۳-۱ تابلوی اصلی

تابلویی اصلی^۱ در اتاق کنترل اصلی نصب می‌شود و به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور متصل می‌باشد. این تابلو برق کل تأسیسات را کنترل می‌کند. تجهیزات این تابلو شامل تغذیه کننده ورودی، تغذیه کننده الکتروپمپها، تغذیه کننده تابلوی روشنایی، تغذیه کننده تابلوی خازنی و جرثقیل سقفی می‌باشد. نحوه انتخاب هر یک از این تجهیزات به شرح زیر می‌باشد:

۴-۱۲-۳-۱-۱ تغذیه کننده ورودی

این تغذیه کننده‌ی از سلولهای تابلوی اصلی است که توسط کابل به ثانویه ترانسفورماتور وصل بوده و شینه‌های تابلو را برقرار می‌کند. در تغذیه کننده^۲ ورودی عموماً یک دستگاه کلید قدرت جهت حفاظت و قطع و وصل برق کل ایستگاه قرار دارد تجهیزات اندازه‌گیری از قبیل ولت‌متر و کلید انتخاب ولتاژ، آمپر مترها، ترانسهای جریان^۳، کنتورها، کسینوس φ متر و لامپهای سیگنال نیز در این سلول تعبیه می‌گردند.

الف- کلید قدرت: کلید قدرت دارای یک جریان نامی است که کلید می‌تواند بدون هیچ مشکلی و در زمان نامحدود از خود عبور دهد و دارای بیشترین جریان است که کلید می‌تواند تحت ولتاژ نامی خود بدون صدمه دیدن آنرا قطع نماید. جریان نامی کلید براساس جریان نامی طرف ثانویه ترانسفورماتور قدرت و همچنین طبق استاندارد و جدول شماره ۴-۱۰ تعیین می‌شود.

بیشترین جریان کلید نیز براساس جریان اتصال کوتاه و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_k = \frac{1/1 \times U_t}{\sqrt{3} \times X_t} \quad (۱۹-۴)$$

I_k = جریان اتصال کوتاه (آمپر)

U_t = ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور (ولت)

X_t = راکتانس ترانسفورماتور (اهم)

راکتانس ترانسفورماتور نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$X_t = \frac{U\% \times U_t^2}{S_t} \quad (۲۰-۴)$$

1 - Motor Control Center
2 - Feeder
3 - Current Transformer (CT)

جدول ۴-۱۰ - راهنمای انتخاب کلید قدرت

جریان نامی کلید قدرت (آمپر)	قدرت ترانسفورماتور توزیع (KVA)	
	(با ولتاژ ۳۸۰ ولت)	
۲۵۰	۱۰۰ - ۱۶۰	۱
۴۰۰	۲۰۰ - ۲۵۰	۲
۶۳۰	۳۱۵	۳
۸۰۰	۴۰۰ - ۵۰۰	۴
۱۰۰۰	۶۳۰	۵
۱۲۵۰	۸۰۰	۶
۱۶۰۰	۱۰۰۰	۷
۲۰۰۰	۱۲۵۰	۸
۲۵۰۰	۱۶۰۰	۹
۳۲۰۰	۲۰۰۰	۱۰
۴۰۰۰	۲۵۰۰	۱۱

X_t = راکتانس ترانسفورماتور (اهم)

U_t = ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور (ولت)

$U\%$ = امپدانس درصد ترانسفورماتور (اعشار)

S_t = ظرفیت ترانسفورماتور (ولت آمپر)

مقادیر نامی کلیدهای قدرت پرمصرف عبارتند از: ۶۳، ۱۰۰، ۱۶۰، ۲۵۰، ۴۰۰، ۶۳۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۲۰۰ آمپر

ب - ترانس جریان و آمپر متر: در مواردی که شدت جریان از ۵۰ آمپر بیشتر باشد برای اندازه‌گیری شدت جریان از ترانس جریان استفاده می‌شود. اندازه‌هایی که ترانسهای جریان ساخته می‌شوند عبارتند از: ۷۵/۵، ۱۰۰/۵، ۱۵۰/۵، ۲۰۰/۵، ۳۰۰/۵، ۴۰۰/۵، ۵۰۰/۵، ۶۰۰/۵، ۸۰۰/۵، ۱۰۰۰/۵، ۱۲۰۰/۵، ۱۵۰۰/۵، ۲۰۰۰/۵، ۳۰۰۰/۵ و ۴۰۰۰/۵ آمپر. کلیه این ترانسهای جریان می‌توانند با جریان ثانویه یک آمپر نیز تولید شوند. آمپر مترها در جریانهای زیر ۵۰ آمپر به‌طور مستقیم در مدار قرار می‌گیرند و برای جریانهای بیشتر به ترانس جریان اتصال می‌یابند.

- ج - ولت‌متر: با توجه به اینکه ولتاژ تابلوهای ایستگاه پمپاژ با برق سه فاز ۳۸۰ ولت می‌باشد می‌توان از یک ولت متر با محدوده کاری ۵۰۰ ولت استفاده نمود که توسط یک کلید انتخاب ولتاژ هفت حالت می‌تواند ولتاژ هر یک از فازها را نسبت به نول و نیز فازها را نسبت به یکدیگر نشان دهد.
- د - شینها: ظرفیت شینها ۲۵ درصد از جریان نامی کلید اصلی بیشتر در نظر گرفته می‌شود. جریان مجاز شینهای مسی براساس استاندارد DIN 43671 به شرح جدول ۴-۱۱ می‌باشد. لازم به ذکر است که این جریانها برای دمای محیط 35°C و دمای شین 65°C می‌باشد. برای دماهای بیش از این مقادیر، جریان مجاز شین باید کاهش یابد.

۴-۱۲-۳-۱-۲ تغذیه کننده الکتروپمپ

تغذیه کننده الکتروپمپها، یکی دیگر از سلولهای تابلوی اصلی می‌باشد که برای راه‌اندازی پمپها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تغذیه کننده تجهیزاتی نظیر: کلیدگردان، کلید فیوز، کلید مخصوص حفاظت موتوری، فیوز، کنتاکتور، بی متال (رله حرارتی)، رله کنترل فاز، ترانسهای جریان و آمپرمترها مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب هر یک از این تجهیزات بستگی به نوع راه‌اندازی الکتروموتور دارد. برای راه‌اندازی الکتروموتورهای با ظرفیت کم از روش راه‌اندازی مستقیم و برای راه‌اندازی الکتروموتورهای بزرگتر به دلیل اضافه جریانی که در ابتدای راه‌اندازی از شبکه جذب می‌کنند از راه‌اندازی ستاره - مثلث استفاده می‌شود. شکل ۴-۶ و ۴-۷ مدارهای راه‌اندازی مستقیم و ستاره - مثلث را نشان می‌دهد. در شکل ۴-۶ وقتی که قدرت الکتروموتور کم باشد (کمتر از ۷/۵ کیلووات) از مدار الف و در صورتی که قدرت بیش از ۷/۵ کیلووات باشد از مدار (ب) استفاده می‌شود و در صورتی که هزینه اجرایی مطرح نباشد از مدار (ج) استفاده می‌شود.

در حالت ستاره - مثلث نیز در صورتی که هزینه اجرایی مطرح نباشد از مدار (ب) و در غیر این صورت از مدار (الف) استفاده می‌شود. در هر صورت انتخاب هر یک از اجزای این مدارها به شرح زیر می‌باشد :

الف - کلید گردان : کلید گردان جهت قطع و وصل برق مدار قدرت الکتروموتور مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلید گردان به صورت دستی قطع و وصل می‌شود و به نحوی انتخاب می‌شود که جریان نامی آن ۱/۵ برابر جریان نامی الکتروموتور باشد. مقادیر نامی کلیدهای گردان سه فاز ۳۸۰ ولت عبارتند از : ۱۶، ۲۵، ۴۰، ۶۳، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۳۰ آمپر

ب - فیوز : فیوز وسیله‌ایست که از آن برای حفاظت الکتروموتور و کابل تغذیه آن در برابر خطرات ناشی از حرارت و اثرات دینامیکی به هنگام وقوع اتصال کوتاه استفاده می‌شود. برای حفاظت الکتروموتورهای ایستگاه پمپاژ از فیوزهای کندکار ۱ استفاده می‌شود و جریان نامی آن در حالت راه‌اندازی مستقیم ۱/۷۵ برابر و در حالت راه‌اندازی ستاره - مثلث ۱/۱ تا ۱/۲ برابر جریان نامی الکتروموتور انتخاب می‌شود. نوع فیوز مورد استفاده نیز فشنگی و یا چاقویی می‌باشد. پایه فیوزهای فشنگی که بیشتر در مدار شکل (۴-۶-الف) مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای جریان نامی ۱۰، ۲۵، ۳۵ و ۱۰۰ آمپر می‌باشد و فیوزهای فشنگی که روی این پایه‌ها بسته می‌شوند دارای اندازه‌های ۲، ۴، ۶ و ۱۰ آمپر (قابل نصب بر روی پایه ۱۰ آمپر) و ۱۶، ۲۰ و ۲۵ آمپر (قابل نصب بر روی پایه ۲۵ آمپر) و ۳۵، ۵۰ و ۶۳ آمپر (قابل نصب بر روی پایه ۶۳ آمپر) و ۸۰ و ۱۰۰ آمپر (قابل نصب بر روی پایه ۱۰۰ آمپر) می‌باشد.

جدول ۴-۱۱ - جریان مجاز شینه‌های مسی براساس استاندارد DIN 43671

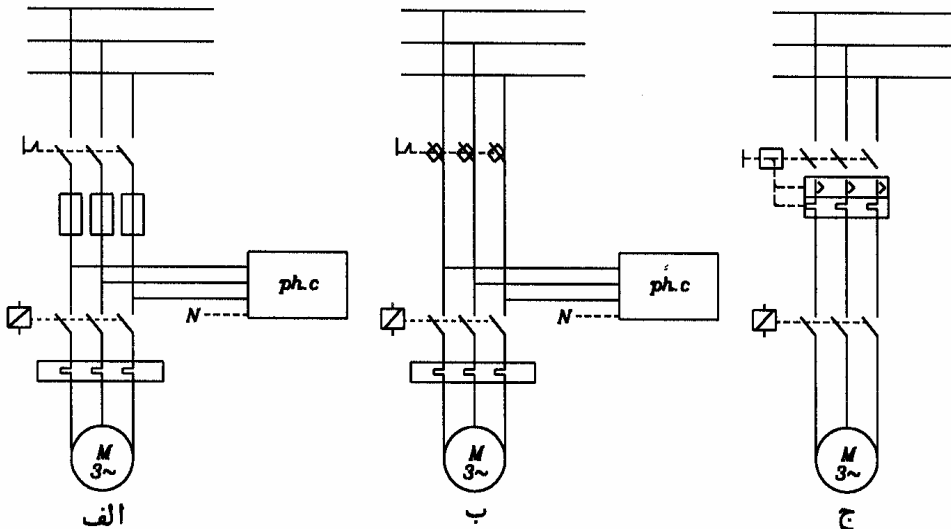
جریان پیوسته مستقیم و متناوب تا ۱۶/۶۶ هرتز								جریان پیوسته متناوب تا ۶۰ هرتز								جنس **	وزن * (کیلوگرم بر متر)	سطح مقطع (میلی متر مربع)	عرض × ضخامت (میلی متر)
بدون رنگ				رنگ کاری شده				بدون رنگ				رنگ کاری شده							
تعداد هادی				تعداد هادی				تعداد هادی				تعداد هادی							
۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱				
	۳۹۸	۳۱۲	۱۷۷		۴۱۱	۳۴۵	۲۰۳		۳۹۸	۳۱۲	۱۷۷		۴۱۱	۳۴۵	۲۰۳	E-CU F 37	۰/۵۲۹	۵۹/۵	۱۲×۵
	۸۱۱	۵۵۳	۲۸۵		۸۷۹	۶۰۵	۳۲۶		۸۱۱	۵۵۳	۲۸۵		۸۷۹	۶۰۵	۳۲۶	E-CU F 37	۱/۰۶۳	۱۱۹/۵	۱۲×۱۰
	۶۸۷	۵۰۲	۲۷۴		۷۲۹	۵۶۲	۳۲۰		۶۹۰	۵۰۰	۲۷۴		۷۲۸	۵۶۹	۳۱۹	E-CU F 37	۰/۸۸۲	۹۹/۱	۲۰×۵
	۱۲۱۰	۸۳۲	۴۲۸		۱۳۰۰	۹۳۲	۴۹۹		۱۱۸۰	۸۲۵	۴۲۷		۱۳۲۰	۹۲۴	۴۹۷	E-CU F 30	۱/۷۷	۱۹۹	۲۰×۱۰
	۸۹۷	۶۷۶	۳۸۰		۹۵۰	۷۶۶	۴۴۸		۸۹۶	۶۷۲	۳۷۹		۹۴۴	۷۶۰	۴۴۷	E-CU F 37	۱/۳۳	۱۴۹	۳۰×۵
	۱۵۲۰	۱۰۸۰	۵۷۹		۱۶۳۰	۱۲۳۰	۶۸۳		۱۴۸۰	۱۰۶۰	۵۷۳		۱۶۷۰	۱۲۰۰	۶۷۶	E-CU F 30	۲/۶۶	۲۹۹	۳۰×۱۰
	۱۸۸۰	۸۴۸	۴۸۴		۱۱۶۰	۹۶۶	۵۷۶		۱۰۹۰	۸۳۶	۴۸۲		۱۱۴۰	۹۵۲	۵۷۳	E-CU F 37	۱/۷۷	۱۹۹	۴۰×۵
	۱۸۸۰	۱۰۲۰	۷۲۸		۲۰۰۰	۱۵۳۰	۸۵۵	۲۲۸۰	۱۷۷۰	۱۲۹۰	۷۱۵	۲۵۸۰	۲۰۰۰	۱۴۷۰	۸۵۰	E-CU F 30	۳/۵۵	۳۹۹	۴۰×۱۰
	۱۳۰۰	۱۶۱۰	۵۸۸		۱۳۷۰	۱۱۷۰	۷۰۳	۱۹۲۰	۱۲۴۰	۹۹۴	۵۸۳	۲۰۱۰	۱۳۳۰	۱۱۴۰	۶۹۷	E-CU F 37	۲/۲۲	۲۴۹	۵۰×۵
	۲۲۲۰	۱۱۹۰	۸۷۵		۲۳۶۰	۱۸۳۰	۱۰۵۰	۲۶۰۰	۲۰۴۰	۱۵۱۰	۸۵۲	۲۹۵۰	۲۳۲۰	۱۷۲۰	۱۰۲۰	E-CU F 30	۴/۴۴	۴۹۹	۵۰×۱۰
۱۹۷۰	۱۵۰۰	۱۸۷۰	۶۹۶	۲۰۶۰	۱۵۸۰	۱۳۷۰	۸۳۶	۲۲۱۰	۱۴۴۰	۱۱۵۰	۶۸۸	۲۳۱۰	۱۵۱۰	۱۳۳۰	۸۲۶	E-CU F 30	۲/۶۶	۲۹۹	۶۰×۵
۳۸۹۰	۲۵۷۰	۱۵۳۰	۱۰۲۰	۳۵۸۰	۲۷۲۰	۲۱۳۰	۱۲۳۰	۲۹۰۰	۲۳۰۰	۱۷۲۰	۹۸۵	۳۲۹۰	۲۶۱۰	۱۹۶۰	۱۱۸۰	E-CU F 30	۵/۳۳	۵۹۹	۶۰×۱۰
۲۴۶۰	۱۸۹۰	۱۵۳۰	۹۰۲	۲۵۷۰	۱۹۹۰	۱۷۷۰	۱۰۹۰	۲۷۲۰	۱۷۵۰	۱۴۵۰	۸۸۵	۲۸۳۰	۱۸۳۰	۱۶۸۰	۱۰۷۰	E-CU F 30	۳/۵۵	۳۹۹	۸۰×۵
۴۲۸۰	۳۴۲۰	۲۳۸۰	۱۳۱۰	۴۴۹۰	۳۴۲۰	۲۷۳۰	۱۵۹۰	۳۴۵۰	۲۷۹۰	۲۱۱۰	۱۲۴۰	۳۹۳۰	۳۱۷۰	۲۴۱۰	۱۵۰۰	E-CU F 30	۷/۱۱	۷۹۹	۸۰×۱۰
۲۹۶۰	۲۲۷۰	۱۸۱۰	۱۱۱۰	۳۰۸۰	۲۳۸۰	۲۱۶۰	۱۳۴۰	۳۱۹۰	۲۰۵۰	۱۷۳۰	۱۰۸۰	۳۳۰۰	۲۱۵۰	۲۰۱۰	۱۳۰۰	E-CU F 30	۴/۴۴	۴۹۹	۱۰۰×۵
۵۱۵۰	۳۹۰۰	۲۸۹۰	۱۶۰۰	۵۳۱۰	۴۱۰۰	۳۳۱۰	۱۹۴۰	۳۹۸۰	۳۲۶۰	۲۴۸۰	۱۴۹۰	۴۵۳۰	۳۷۲۰	۲۸۵۰	۱۸۱۰	E-CU F 30	۸/۸۹	۹۸۸	۱۰۰×۱۰
۶۰۱۰	۴۵۶۰	۳۳۹۰	۱۸۹۰	۶۲۶۰	۴۷۸۰	۳۹۰۰	۲۳۰۰	۴۵۰۰	۳۷۴۰	۲۸۵۰	۱۷۴۰	۵۱۳۰	۴۲۷۰	۳۲۸۰	۲۱۱۰	E-CU F 30	۱۰/۷	۱۲۰۰	۱۲۰×۱۰
۷۷۱۰	۵۵۶۰	۴۴۰۰	۲۴۷۰	۸۰۱۰	۶۱۳۰	۵۰۶۰	۳۰۱۰	۵۵۳۰	۴۶۸۰	۳۵۹۰	۲۲۲۰	۶۳۲۰	۵۳۶۰	۴۱۳۰	۱۷۰۰	E-CU F 30	۱۴/۲	۱۶۰۰	۱۶۰*۱۰
۹۳۹۰	۷۱۵۰	۵۳۹۰	۳۰۴۰	۹۷۳۰	۷۴۶۰	۶۲۲۰	۳۷۲۰	۶۴۵۰	۵۶۱۰	۴۳۱۰	۲۶۹۰	۷۴۹۰	۶۴۳۰	۴۹۷۰	۳۲۹۰	E-CU F 30	۱۷/۸	۲۰۰۰	۲۰۰*۱۰

* محاسبه شده با چگالی ۸/۹ کیلوگرم بر دسی متر مکعب

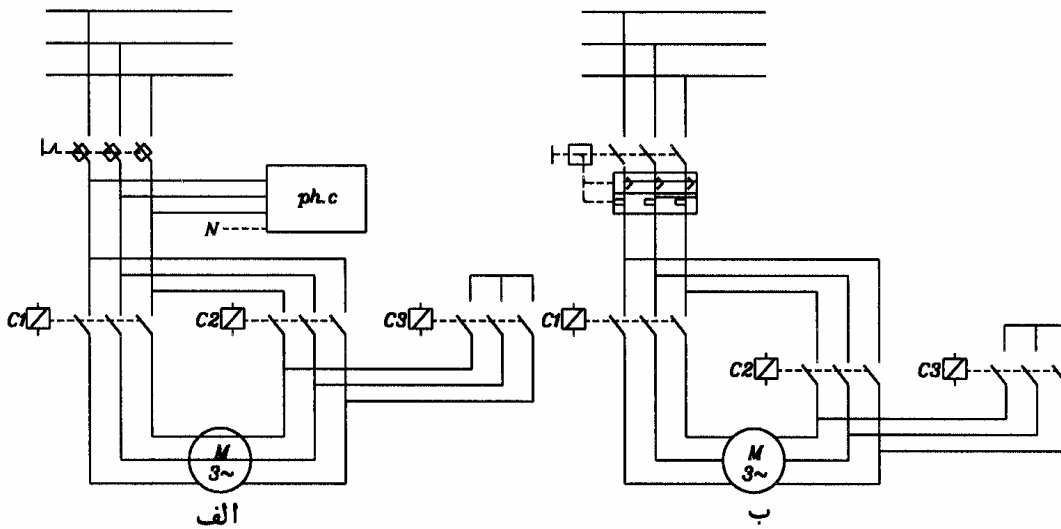
** جنس E-CU یا سایر جنسهای برگ سوم DIN 40500، ترجیحاً تا حدودی پرداخت شده میله صاف با لبه‌های گرد شده براساس برگ سوم DIN 46433

- ج - کلید فیوز : کلید فیوز وسیله ایست که وظیفه کلید گردان و فیوز را یکجا انجام می دهد. انتخاب جریان نامی کلید فیوز مشابه ضوابط انتخاب فیوز می باشد. فیوز مورد استفاده در کلید فیوز از نوع کند کار و چاقویی می باشد. پایه کلید فیوز در اندازه های : ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۵۰، ۴۰۰ و ۶۳۰ آمپر ساخته می شود. فیوزهای چاقویی که بر روی پایه کلید فیوز نصب می شوند در اندازه های : ۰۰ (قابل نصب در کلید فیوز ۱۲۵ آمپر)، ۰ (قابل نصب در کلید فیوز ۱۶۰ آمپر)، ۱ (قابل نصب در کلید فیوز ۲۵۰ آمپر)، ۲ (قابل نصب در کلید فیوز ۴۰۰ آمپر) و ۳ (قابل نصب در کلید فیوز ۶۳۰ آمپر) تولید می شود. فیوزهای چاقویی با توجه به اندازه های گفته شده دارای جریانهای نامی زیر می باشند :
- اندازه ۰۰ : ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۳۲، ۳۶، ۴۰، ۵۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ آمپر
 - اندازه ۰ : ۲۵، ۳۲، ۳۶، ۴۰، ۵۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۶۰ آمپر
 - اندازه ۱ : ۳۵، ۴۰، ۵۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۲۴ و ۲۵۰ آمپر
 - اندازه ۲ : ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۲۴، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۰۵ و ۴۰۰ آمپر
 - اندازه ۳ : ۳۰۰، ۳۱۵، ۳۵۵، ۴۰۰، ۴۲۵، ۵۰۰، ۶۳۰ آمپر.
- د - کنتاکتور: کنتاکتورها یا کلیدهای مغناطیسی برای قطع و وصل مدارها از راه دور مورد استفاده قرار می گیرند. استفاده از کنتاکتور به جای کلید دستی دارای مزیت هایی به شرح زیر است :
- خاموش و روشن کردن الکترو موتور توسط کنتاکتور از راه دور اقتصادی تر و ایمن تر است.
 - از خطرات ناشی از روشن شدن الکتروموتورهایی که در اثر قطع برق از کار افتاده اند جلوگیری می شود.
 - امکان روشن و خاموش کردن الکتروموتور از چند نقطه امکان پذیر می شود.
 - امکان طرح مدار فرمان اتوماتیک و نیز حفاظت الکتروموتور توسط رله ها فراهم می شود.
 - عمر کنتاکتور نسبت به کلیدهای دستی خیلی زیادتر است.
- برای انتخاب کنتاکتور باید مشخصات مصرف کننده نظیر توان، ولتاژ، جریان، ضریب قدرت و تعداد قطع و وصل مدار دستگاه مشخص باشد. از این لحاظ با توجه به نوع الکتروموتورهای مورد استفاده در ایستگاه پمپاژ، نوع بار مصرفی در گروه AC3 طبقه بندی می شود. توان کنتاکتور با توجه به طبقه بندی نوع بار در راه اندازی مستقیم بزرگتر یا مساوی توان الکتروموتور و در راه اندازی ستاره یک سوم توان الکتروموتور و در راه اندازی مثلث $\frac{1}{\sqrt{3}}$ توان الکتروموتور انتخاب می شود. اندازه کنتاکتورهای با ولتاژ ۳۸۰ و طبقه بندی بار AC3 عبارتند از : ۳، ۴، ۵/۵، ۷/۵، ۱۱، ۱۸/۱۵، ۲۲، ۳۰، ۳۷، ۴۵، ۵۵، ۷۵، ۹۰، ۱۱۰، ۱۳۲، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۳۵ کیلووات.
- ه - رله کنترل فاز : رله کنترل فاز جهت حفاظت الکتروموتور در مقابل دو فاز شدن و یا اشتباه بودن توالی فازها استفاده می شود. کنتاکت این رله در مدار فرمان قرار می گیرد و در صورت عمل کردن رله الکتروموتور را خاموش می کند.
- و - بی متال (رله حرارتی) : بی متال جهت حفاظت الکتروموتور از اضافه جریانهای جزئی که فیوز قادر به احساس آنها نمی باشد استفاده می شود. برای انتخاب بی متال در راه اندازی مستقیم جریان تنظیمی بی متال ۰/۵ بیش از جریان نامی الکتروموتور و در حالت راه اندازی ستاره $\frac{1}{3}$ جریان نامی الکتروموتور و در حالت مثلث $\frac{1}{\sqrt{3}}$ جریان نامی الکتروموتور، تعیین می شود. محدوده جریانهای بی متالهایی که ساخته می شوند عبارتند از : ۱-۰/۶، ۲-۱/۲، ۳-۰/۸، ۴-۱/۶، ۵-۱/۱، ۶-۱/۴، ۷-۱/۷، ۸-۵/۵، ۹-۶/۵، ۱۰-۱۲، ۱۱-۱۶، ۱۲-۱۴، ۱۳-۱۷، ۱۴-۲۰، ۱۵-۲۲، ۱۶-۳۲، ۱۷-۳۰، ۱۸-۴۵، ۱۹-۶۳، ۲۰-۴۰، ۲۱-۴۵، ۲۲-۳۲، ۲۳-۲۵، ۲۴-۲۰، ۲۵-۱۶، ۲۶-۱۱، ۲۷-۸، ۲۸-۶، ۲۹-۵، ۳۰-۴، ۳۱-۳، ۳۲-۲، ۳۳-۱/۷، ۳۴-۲/۵، ۳۵-۱/۷، ۳۶-۲/۵، ۳۷-۱/۷، ۳۸-۲/۵، ۳۹-۱/۷، ۴۰-۲/۵، ۴۱-۱/۷، ۴۲-۲/۵، ۴۳-۱/۷، ۴۴-۲/۵، ۴۵-۱/۷، ۴۶-۲/۵، ۴۷-۱/۷، ۴۸-۲/۵، ۴۹-۱/۷، ۵۰-۲/۵، ۵۱-۱/۷، ۵۲-۲/۵، ۵۳-۱/۷، ۵۴-۲/۵، ۵۵-۱/۷، ۵۶-۲/۵، ۵۷-۱/۷، ۵۸-۲/۵، ۵۹-۱/۷، ۶۰-۲/۵، ۶۱-۱/۷، ۶۲-۲/۵، ۶۳-۱/۷، ۶۴-۲/۵، ۶۵-۱/۷، ۶۶-۲/۵، ۶۷-۱/۷، ۶۸-۲/۵، ۶۹-۱/۷، ۷۰-۲/۵، ۷۱-۱/۷، ۷۲-۲/۵، ۷۳-۱/۷، ۷۴-۲/۵، ۷۵-۱/۷، ۷۶-۲/۵، ۷۷-۱/۷، ۷۸-۲/۵، ۷۹-۱/۷، ۸۰-۲/۵، ۸۱-۱/۷، ۸۲-۲/۵، ۸۳-۱/۷، ۸۴-۲/۵، ۸۵-۱/۷، ۸۶-۲/۵، ۸۷-۱/۷، ۸۸-۲/۵، ۸۹-۱/۷، ۹۰-۲/۵، ۹۱-۱/۷، ۹۲-۲/۵، ۹۳-۱/۷، ۹۴-۲/۵، ۹۵-۱/۷، ۹۶-۲/۵، ۹۷-۱/۷، ۹۸-۲/۵، ۹۹-۱/۷، ۱۰۰-۲/۵

۵۵-۸۰، ۷۰-۱۰۰، ۹۰-۱۱۰، ۸۸-۱۲۵، ۱۲۰-۱۷۰، ۱۴۰-۲۰۰، ۱۷۵-۲۵۰، ۲۲۵-۳۲۰، ۲۸۰-۴۰۰، ۳۵۰-۵۰۰، ۶۳۰-
 ۴۴۰ آمپر



شکل ۴-۶- مدار قدرت یک موتور سه فاز با راه اندازی مستقیم



شکل ۴-۷- مدار قدرت یک موتور سه فاز با راه اندازی ستاره - مثلث

- | | | | |
|--|---------------------|--|------------------|
| | ۵- بی متال | | ۱- کلید گردان |
| | ۶- کلید فیوز | | ۲- فیوز معمولی |
| | ۷- کلید حفاظت موتور | | ۳- رله کنترل فاز |
| | | | ۴- کنتاکتور |

ز - کلید حفاظت الکتروموتور^۱: وسیله‌ای است که هم برای قطع برق مدار قدرت الکتروموتور و هم برای حفاظت آن در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار به کار می‌رود. بنابراین در صورت استفاده از آن، نیازی به نصب وسیله حفاظتی دیگر در مدار نمی‌باشد. این کلیدها امکان تنظیم بی‌متال نصب شده در درون کلید را دارند و در اندازه‌های زیر ساخته می‌شوند:

- ۶ آمپر با امکان تنظیم بی‌متال از ۰/۱ تا ۶ آمپر
- ۱۶ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۰/۱ تا ۱۶ آمپر)
- ۲۵ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۱/۲ تا ۲۵ آمپر)
- ۶۳ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۱۰ تا ۶۳ آمپر)
- ۱۵۰ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۱۷ تا ۲۵۰ آمپر)
- ۱۶۰ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۴۰ تا ۱۶۰ آمپر)
- ۲۵۰ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۷۰ تا ۲۵۰ آمپر)
- ۴۰۰ آمپر (با امکان تنظیم بی‌متال از ۱۷۰ تا ۴۰۰ آمپر).

۴-۱۲-۳-۱-۳ تغذیه کننده روشنایی

یکی دیگر از تغذیه کننده‌های تابلوی اصلی است و وظیفه تغذیه تابلوی روشنایی را به عهده دارد. با توجه به آنکه توان مصرفی آن غالباً کمتر از ۱۰ کیلووات است، دارای اجزای کلید گردان و فیوز فشنگی می‌باشد.

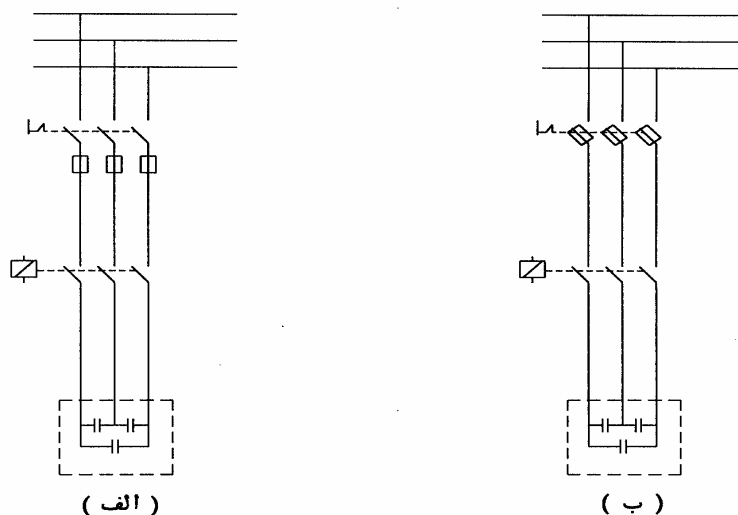
۴-۱۲-۳-۱-۴ تغذیه کننده تابلوی خازنی

این تغذیه کننده بیشتر مواقع از کلید قدرت مجهز به بوبین قطع سریع جهت قطع و وصل برق تابلوی خازنی و حفاظت آن استفاده می‌شود. کلید قدرت این تغذیه کننده ۱/۷ جریان نامی تابلوی خازنی در نظر گرفته می‌شود.

۴-۱۲-۳-۲ تابلوی خازنی

تابلوی خازنی جهت کنترل خازنهای مورد نیاز برای تصحیح ضریب توان در ایستگاه پمپاژ به کار می‌رود. این تابلو دارای تعدادی خازن، یکدستگاه رگولاتور و تعدادی تغذیه کننده می‌باشد. مدار این تغذیه کننده‌ها در شکل ۴-۸ ملاحظه می‌شود. در صورتی که پله‌های خازن کوچکتر از ۲۰ کیلووات باشد از مدار حالت (الف) و در صورتی که بزرگتر از این باشد از حالت (ب) استفاده می‌شود. اجزاء تغذیه کننده‌ها به شرح زیر می‌باشد:

الف - کلید گردان: جریان نامی کلید گردان به دلیل جریان وصل شدید خازن‌ها، ۱/۵ تا ۲ برابر جریان نامی خازن‌ها در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۴-۸- مدارهای فیوز تابلوی خازن

ب - فیوز : به دلیل وجود جریان وصل زیاد، جریان فیوز $1/75$ برابر جریان نامی خازن در نظر گرفته می شود.

ج - کلید فیوز : مشابه با فیوز انتخاب می شود.

هـ - کنتاکتور : مشابه با کنتاکتور تغذیه کننده الکتروموتور می باشد. یعنی توان آن می باید در کلاس AC3 دارای توان بزرگتر یا مساوی توان ظاهری خازن باشد.

۴-۱۲-۳-۳ تابلوی روشنایی

تابلوی روشنایی جهت تغذیه بارهای عمومی و روشنایی ایستگاه پمپاژ به کار می رود و توسط یکی از فیدرهای تابلوی اصلی تغذیه می شود. در فیدر ورودی این تابلو از کلید گردان و فیوز فشنگی استفاده می شود که ظرفیت آنها مشابه مدار تغذیه الکتروموتورها و با توجه به مصارف عمومی ایستگاه می باشد. در مدارهای تغذیه این تابلو نیز جهت حفاظت از کلیدهای مینیاتوری استفاده می شود که دارای قطع کننده حرارتی برای حفاظت اضافه جریان و قطع کننده سریع می باشند. این کلیدها برای ولتاژ تا ۳۸۰ ولت و قدرت قطع تا ۶ کیلو آمپر مطابق با استاندارد DIN ۴۶۲۷۷ در ظرفیتهای زیر تولید می شوند : $1/5$ ، ۱، $1/6$ ، ۲، ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۵، ۳۲، ۳۵، ۴۰ و ۵۰ آمپر

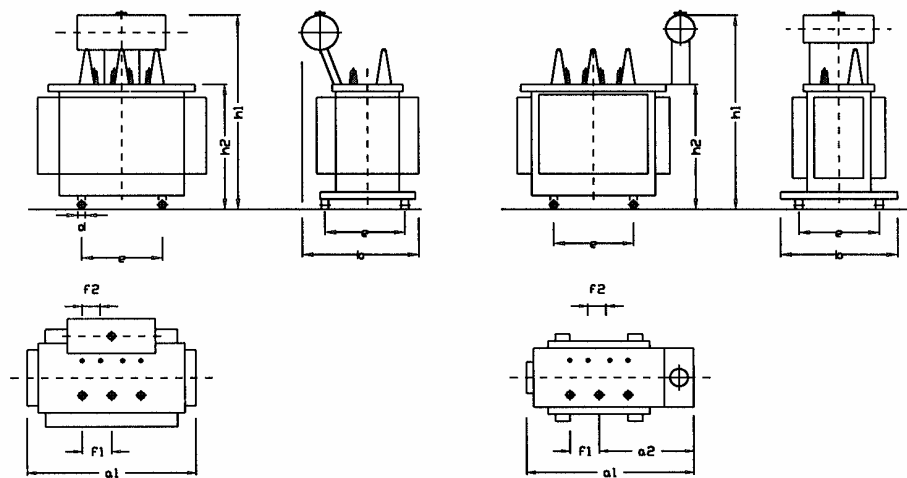
۴-۱۲-۴ ترانسفورماتورهای توزیع

ترانسفورماتورهای توزیع جهت تبدیل ولتاژ توزیع که غالباً ۲۰ یا ۳۳ کیلوولت می باشد به ولتاژ مناسب برای مصرف کننده که اغلب ۴۰۰ ولت می باشد، مورد استفاده قرار می گیرند. ترانسفورماتورهای توزیع مورد استفاده در ایستگاههای پمپاژ از نوع روغنی می باشد و جهت انتخاب آنها باید بیشترین بار مورد نیاز ایستگاه را محاسبه نمود و ظرفیت ترانسفورماتور را به نحوی انتخاب

نمود که بتواند این بار را در مدت زمان طولانی تأمین نماید. برای این منظور از تقسیم بیشترین بار ایستگاه (کیلووات) بر ضریب توان ایستگاه، توان ظاهری ایستگاه (کیلوولت آمپر) به دست می آید. ترانسفورماتور با توجه به این توان ظاهری و براساس اولین ظرفیت استاندارد بزرگتر انتخاب می شود. ابعاد و ظرفیت ترانسفورماتورها براساس استاندارد DIN ۴۲۵۰۰ مطابق با شکل ۴-۹ و جدول ۴-۱۲ می باشد.

هنگام سفارش ترانسفورماتور علاوه بر ظرفیت باید اطلاعات زیر نیز به سازنده ارائه گردد:

- ظرفیت نامی
- چگونگی نصب (فضای آزاد، فضای سرپوشیده)
- ولتاژ نامی ورودی
- ولتاژ نامی خروجی
- تعداد تپها و محدوده تغییرات ولتاژ^۱
- گروه برداری ترانسفورماتور
- فرکانس
- امپدانس



الف) تا ظرفیت ۲۵۰ کیلوولت آمپر

ب) ظرفیت ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوولت آمپر

شکل ۴-۹ - ترانسفورماتورهای توزیع

- بیشترین و کمترین دمای محیط
- ارتفاع محل نصب از سطح دریا
- حفاظتهای مورد نیاز
- چگونگی خنک شدن ترانسفورماتور
- کلاس عایقی

جدول ۴-۱۲- ابعاد و ظرفیت ترانسفورماتورهای توزیع

بیشترین فاصله مرکز بوشها، قرینه نسبت به وسط ترانسفورماتور f2	f1	چرخها (سانتی متر)		ارتفاع (سانتی متر)		عرض (سانتی متر)	طول (سانتی متر)		ظرفیت کیلوولت آمپر	
		E	d	h2	h1	B	A2	a1		
۲۸۵	۱۵۰*	۵۲۰	۱۲۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۷۵۰	-	۹۵۰	J	۵۰
		۵۲۰	۱۲۵	۱۱۰۰	۱۶۵۰	۸۰۰	-	۱۰۵۰		۱۰۰
		۵۲۰	۱۲۵	۱۱۵۰	۱۷۰۰	۸۰۰	-	۱۲۰۰		۱۶۰
		۵۲۰	۱۲۵	۱۲۰۰	۱۷۵۰	۹۰۰	-	۱۴۰۰		۲۵۰
		۶۷۰	۱۲۵	۱۳۵۰	۱۹۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۶۵۰	J	۴۰۰
		۶۷۰	۱۲۵	۱۴۵۰	۱۹۴۰	۹۳۰	۱۰۵۰	۱۸۰۰		۶۳۰
		۸۲۰	۱۶۰	۱۷۰۰	۲۴۰۰	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۲۰۵۰		۱۰۰۰
		۸۲۰	۱۶۰	۱۹۰۰	۲۶۰۰	۱۴۰۰	۱۱۵۰	۲۲۰۰		۱۶۰۰
		۱۰۷۰	۲۰۰	۲۱۰۰	۲۹۰۰	۲۲۰۰	۱۴۰۰	۲۶۰۰		۲۵۰۰

* با بوش DT 3150، مقدار f_2 برابر ۱۶۵ سانتی متر می باشد.

۴-۱۲-۵ کابلهای فشار ضعیف

جهت برق رسانی از ترانسفورماتورهای توزیع به تابلوها و الکتروموتورها از کابلهای عایق دار استفاده می شود. جنس هادی کابلها اغلب مس و یا آلومینیم می باشد. جنس عایق کابلها نیز اغلب لاستیک و یا پلاستیک می باشد. کابلها با توجه به نوع جنس رسانا، عایق، تعداد رشته و غیره طبق استاندارد DIN VDE 0271 با حروفی به شرح جدول ۴-۱۳ نامگذاری و شناسایی می شوند.

جدول ۴-۱۳ - علائم نامگذاری و شناسایی کابلها

علامت	شرح جنس رسانا و عایق
N	کابل نرمال با هادی مسی
NA	کابل نرمال با هادی آلومینیومی
Y	عایق PVC (اولین Y)
2Y	عایق PE (اولین 2Y)
2X	عایق XPLE (اولین 2X)
1H	کاغذ نیمه هادی بدور عایق سیم
F	روپوش محافظ فولادی گالوانیزه به صورت نوار (زره فولادی)
R	روپوش محافظ فولادی گالوانیزه مفتولی
C	هادی مسی سیم حفاظت زمینی که به صورت لوله دور عایقهای دیگر کشیده می شود
S	پوشش محافظ به صورت غلاف مسی برای محدود کردن میدان الکتریکی
Gb	محافظ فولادی نواری شکل که برای محکم کردن لایه F و R در جهت عکس روی آنها کشیده می شود.
Y	غلاف PVC دور کابل (دومین Y)
2Y	غلاف PE دور کابل (دومین 2Y)
I	علامت وجود یک هادی حفاظتی (هادی زمین) با غلاف سبز - زرد
علامت	شرح ساختمان ظاهری
Re	هادیهای کابل به صورت گرد و تک رشته می باشند.
Rn	هادیهای کابل به صورت گرد و چند رشته می باشند.
Se	هادیهای کابل به صورت مثلثی و تک رشته می باشند.
Sm	هادیهای کابل به صورت مثلثی و چند رشته می باشند.

مهمترین کابلهای مورد استفاده در ولتاژهای فشار ضعیف (کمتر از یک کیلوولت) کابلهای NYCY (کابل مسی با عایق داخلی و خارجی PVC) و NYCY (کابل مسی با عایق داخلی و خارجی و دارای زره مسی بین عایق داخلی و خارجی) می باشند. جریان مجاز کابلهای NYCY و NYCY ساخت ایران در جدول ۴-۱۴ ارائه گردیده است.

لازم به ذکر است که جریان مجاز کابلها ارائه شده در جدول ۴-۱۴ برای بیشترین درجه حرارت هادی ۷۰ درجه سانتی گراد و درجه حرارت محیط در هوای آزاد ۳۰ درجه سانتی گراد و درجه حرارت محیط در خاک ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد در صورتی که دمای محیط و یا خاک مقداری غیر از این مقادیر باشد. جریان مجاز کابلها با استفاده از ضرائب تصحیح ارائه شده در جدول ۴-۱۵ اصلاح می گردد.

جدول ۴-۱۴- جریان مجاز کابل‌های فشار ضعیف با ولتاژ یک کیلوولت

سه تا کابل یک سیمه سه فاز				کابل‌های سه و چهار سیمه		کابل‌های دو سیمه		کابل‌های یک سیمه جریان مستقیم		سطح مقطع (میلی متر مربع)
○○○		○ ○								
در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	
-	-	-	-	۱۸	۲۷	۲۱	۳۰	۲۶	۳۷	۱/۵
-	-	-	-	۲۵	۳۶	۲۹	۴۱	۳۵	۵۰	۲/۵
-	-	-	-	۳۴	۴۶	۳۸	۵۳	۴۶	۶۵	۴
-	-	-	-	۴۴	۵۸	۴۸	۶۶	۵۸	۸۳	۶
-	-	-	-	۶۰	۷۷	۶۶	۸۸	۸۰	۱۱۰	۱۰
۸۶	۱۱۰	۱۰۰	۱۲۰	۸۰	۱۰۰	۹۰	۱۱۵	۱۰۵	۱۴۵	۱۶
۱۲۰	۱۴۰	۱۳۵	۱۵۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۹۰	۲۵
۱۴۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۸۵	۱۳۰	۱۵۵	۱۵۰	۱۸۰	۱۷۵	۲۳۵	۳۵
۱۸۰	۲۰۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۸۵	-	-	۲۱۵	۲۸۰	۵۰
۲۲۵	۲۴۵	۲۶۰	۲۷۰	۲۰۰	۲۳۰	-	-	۲۷۰	۳۵۰	۷۰
۲۸۰	۲۹۵	۳۲۰	۳۲۵	۲۴۵	۲۷۵	-	-	۳۳۵	۴۲۰	۹۵
۳۳۰	۳۳۵	۳۷۵	۳۷۰	۲۸۵	۳۱۵	-	-	۳۹۰	۴۸۰	۱۲۰
۳۸۰	۳۸۰	۴۳۰	۴۲۰	۳۲۵	۳۵۵	-	-	۴۴۵	۵۴۰	۱۵۰
۴۴۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۷۰	۳۷۰	۴۰۰	-	-	۵۱۰	۶۲۰	۱۸۵
۵۳۰	۴۹۰	۵۹۰	۵۴۰	۴۳۵	۴۶۵	-	-	۶۲۰	۷۲۰	۲۴۰
۶۱۰	۵۵۰	۶۸۰	۶۲۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۳۰۰
۷۴۰	۶۵۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۸۵۰	۹۶۰	۴۰۰
۸۶۰	۷۴۰	۹۶۰	۸۲۰	-	-	-	-	۱۰۰۰	۱۱۱۰	۵۰۰

جدول ۴-۱۵ - ضریب تصحیح جریان مجاز کابلها با توجه به درجه حرارت محیط

۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	درجه حرارت محیط (سانتی‌گراد)
۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۹۵	۱	۱/۰۵	ضریب تصحیح (کابل در خاک)
۰/۵۰	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۱	۱/۰۶	۱/۱۲	۱/۱۷	ضریب تصحیح (کابل در هوای آزاد)

چنانچه کابلها در مجاورت یکدیگر قرار گیرند نیز با توجه به نحوه مجاورت، در جریان مجاز ضریب کاهش مجاورت اعمال می‌شود. اگر کابلها در لوله قرار گیرند ضریب اصلاح ۰/۸۵ در جریان مجاز کابلها اعمال می‌شود. در ایستگاههای پمپاژ در بیشتر مواقع کابلها در کانالهای بتنی و یا آجری با اندود سیمانی قرار می‌گیرند. برای این منظور رعایت نکات زیر الزامی است:

- شعاع قوس کانال در محل تغییر جهت، حداقل ۱۲ برابر قطر بزرگترین کابل باشد.
- کلیه کابلهای درون کانال یک تیکه بوده و از کاربرد مفصل خودداری شود.
- کابلها بر روی سینی کابل قرار گیرد و سینی نیز ۱۰ سانتی‌متر با کف کانال فاصله داشته باشد.
- فاصله بین کابلهای مجاور هم ولتاژ که روی سینی کابل قرار می‌گیرند باندازه قطر کابل ضخیم‌تر باشد.
- کابلهای غیر هم ولتاژ بر روی سینیهای مختلف قرار گیرند.
- کابلهای قدرت و کنترل در سینیهای مختلف قرار گیرند.
- سینی کابلهای با ولتاژ بیشتر در پایین قرار گیرد.
- فاصله بین سینیهای چند طبقه نصف عرض سینی بالایی باشد.
- هنگام خوابانیدن کابل، دمای کابل از صفر درجه کمتر نباشد، در غیر این صورت قرقره کابل قبل از خوابانیدن کابل گرم شود.
- در صورت تقاطع کابلها با هم یا با جاده، لوله آب و گاز و ...، کابلها از درون لوله‌هایی با قطر حداقل ۱/۵ برابر قطر کابل عبور داده شود.

۴-۱۲-۶ تابلوهای برق فشار متوسط ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت

چنانچه توان ظاهری ترانسفورماتور مورد نیاز ایستگاه پمپاژ از ۳۱۵ کیلو ولت آمپر (KVA) بیشتر باشد و به صورت زمینی نصب گردد استفاده از تابلوهای برق فشار متوسط نیز الزامی می‌گردد. این تابلوها ترکیبی است از یک یا چند وسیله کلیدی (قطع و وصل) برق فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم که کلیه متعلقات برقی و مکانیکی داخلی و قسمتهای بدنه آن به‌طور کامل در کارخانه سوار شده است.

استانداردهای قابل قبول در این تابلوها به شرح زیر می‌باشد:

- استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع (وزارت نیرو - امور برق).
- نشریه IEC 298 تابلوهای تمام بسته فلزی فشار متوسط
- نشریه IEC 56 کلیدهای قدرت فشار متوسط جریان متناوب
- نشریه IEC 185 ترانسفورماتورهای جریان
- نشریه IEC 186 ترانسفورماتورهای ولتاژ
- نشریه IEC 129 کلیدهای جدا کننده جریان متناوب و کلیدهای زمین

تابلوهای برق فشار متوسط ایستاده، تمام بسته و قابل دسترسی و فرمان از جلو می‌باشند و دارای اسکلت نگهدار از آهن به فرم نبشی، ناودانی، سپری و پوشش آن از ورقهای فلزی با ضخامت حداقل ۲/۵ میلی‌متر یا بیشتر ساخته می‌شوند و پس از شستشو با مواد مخصوص پاک کننده چربی و مانند آن با یکدست رنگ ضدزنگ، یکدست رنگ آستری و یک دست رنگ اصلی پوشیده می‌شود. ساختمان بدنه این نوع تابلوها باید به گونه‌ای باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد. کمترین ظرفیت الکتریکی شینها نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی تابلو کمتر باشد.

دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخل اینگونه تابلوها باید پس از گشودن در جلو، بدون تداخل با کار قسمتهای مختلف امکان‌پذیر باشد، همچنین کلیه وسایل داخل تابلو از قبیل: دژنکتور، سکسیونر، وسایل اندازه‌گیری، فیوز، رله، واحد اعلام خطر و غیره باید به نحوی نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک به سهولت در دسترس باشد. برای جلوگیری از انفجار در تابلوهای برق فشار متوسط هنگام وقوع اتصال کوتاه و همچنین خروج گازهای ناشی از آن، دریچه‌ای به ابعاد مناسب در قسمت فوقانی سلول تعبیه می‌گردد. عمل قطع و وصل کلیدها از روی درب تابلوها به راحتی و با اطمینان امکان‌پذیر خواهد بود. اینگونه تابلوها به اینترلاکهای لازم جهت ایجاد اطمینان و حصول به بیشترین شرایط ایمنی مجهز می‌باشند، به نحوی که امکان هیچ‌گونه عملکرد ناشی از مانور اشتباه وجود نداشته باشد.

۴-۱۲-۷ کابل‌های برق فشار متوسط ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت

کابل‌های برق فشار متوسط از نوع کابل‌هایی است تک رشته‌ای با حفاظ هادی از ماده نیمه هادی، عایق از پلی‌اتیلن مستحکم، حفاظ عایق از لایه نیمه هادی، نوار نیمه‌هادی، زره سیم مسی، نوار مسی، پوشش شفاف PVC و غلاف نهایی PVC. این نوع کابل‌های برق فشار متوسط برای نصب در زیرزمین و یا در داخل مجاری کابل مناسب بوده و آنها را می‌توان در زمینهای شیبدار و با کلیه شرایط مشکل دیگر به‌خصوص در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مورد استفاده قرار داد.

اصول و روشهای زیر باید در هنگام نصب کابلهای برق فشار متوسط رعایت گردند:

- کمترین فاصله بین کابلهای فشار ضعیف، یا فشار متوسط و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لولههای گاز، بخار، آب و سوخت باید برابر ۳۰ سانتی متر باشد.
- برای خواباندن کابلها باید از میزان درجه حرارتی که کابل باید تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود.
- تغییر جهت کانالهای کابلها باید به نحوی باشد که با شرایط مربوط به خم کردن کابلها مطابقت کند. شمار کابلهایی که در داخل هر کانال نصب می شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به سهولت امکان پذیر باشد.
- بیشترین تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به حدی باشد که کشیدن آن به سادگی امکان پذیر گردد. بنابراین قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۲ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.
- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می کند، هر یک از سوراخها باید دارای انحنای لازم با پوششهای مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری بعمل آید.
- در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن، بنابراین در حد امکان برای کشیدن و خواباندن کابلها از جوراب مخصوص کشیدن کابل و قرقره زیر کابل با فواصل مناسب استفاده شود.
- به منظور خواباندن کابلهای برق فشار متوسط در پیچها و خمهای کانالها باید به زاویه خمش کابلها دقت لازم بعمل آید تا هیچ نوع خرابی به عایقها و پوششهای کابل وارد نشود.
- به منظور جلوگیری از فساد و زنگ زدگی کابلها، خاک محل کابل کشی باید از نظر دارا بودن موادی همچون اسید، آهنک، نمک و کلر و غیره قبل از کابل کشی مورد آزمون قرار گیرد. در صورت نامساعد بودن نوع خاک، کابل مورد سفارش باید از نوع مقاوم در برابر عوامل ایجاد فساد و خوردگی موجود در آن انتخاب شود.
- عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابلهای زیرزمینی بستگی به تعداد کابلهایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می گیرند. همچنین عمق کانال از سطح زمین بستگی به تعداد کابلهایی دارد که روی یکدیگر قرار می گیرند. بنابراین فاصله بالاترین کابل فشار متوسط در زیرزمین تا سطح تمام شده پیاده رو نباید از یک متر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از ۱/۲ متر کمتر باشد.
- اگر تعداد کابلهای مورد لزوم برای نصب در داخل کانال زیرزمینی زیاد باشد بهتر است به جای قرار دادن کابلها بر روی یکدیگر، پهلوی هم کشیده شوند.
- در محلهایی که کابل فشار ضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی قرار می گیرد باید کانال به شکل پله ای حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شوند.
- مسیر کابل کشی باید به نحوی علامتگذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی محل آن به طور دقیق مشخص باشد.

پیوست ۱- کاربرد نمودار فراست

در کاربرد نمودار فراست اطلاعات زیر مورد نیاز است :

- رطوبت نسبی هوا (درصد)
- دمای هوا (فارنهایت)
- قطر روزنه آبیاش
- سرعت باد (مایل بر ساعت)
- فشار آب در آبیاش (پوند بر اینچ مربع)

ابتدا درصد رطوبت نسبی را روی خط ۱ پیدا کرده و این نقطه به نقطه دمای هوا در خط ۲ وصل می‌شود. این خط را ادامه داده تا کمبود بخار روی محور شماره ۴ را در نقطه‌ای (مثلاً نقطه A) قطع نماید. روی شماره ۷ فشار آب در آبیاش و روی خط ۹ سرعت باد را به دست آورده به هم وصل نمایید تا محور شماره ۸ را در نقطه‌ای مانند B قطع کند. چنانچه A و B را به هم وصل کنید، خط شماره ۶ را در محلی قطع می‌کند که برابر تلفات تبخیر و باد است، به‌طور مثال با توجه داده‌های زیر :

رطوبت نسبی = ۱۰ درصد

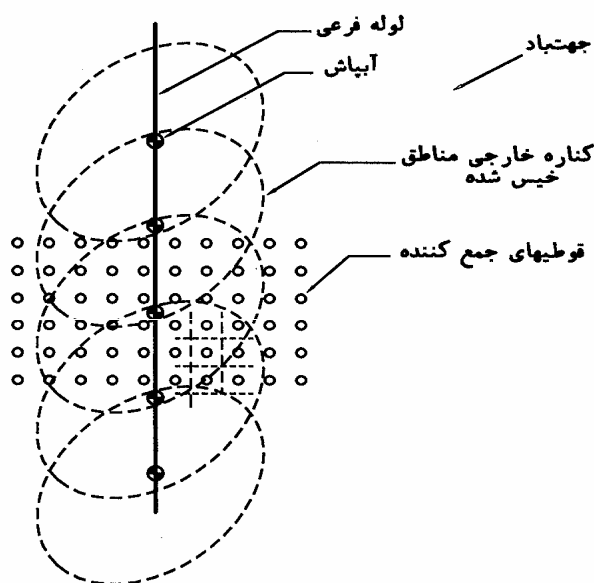
دمای متوسط هوا = $32/2$ درجه سانتی‌گراد

قطر روزنه آبیاش = $\frac{1}{16}$ اینچ $\approx 4/76$ میلی‌متر

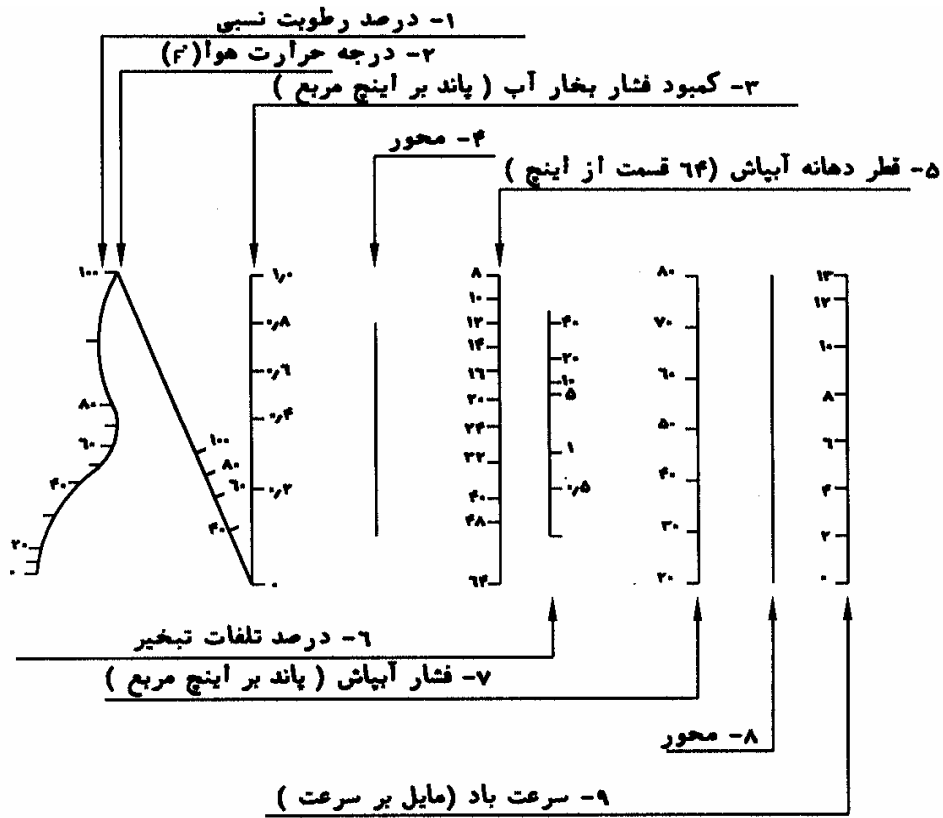
سرعت باد = ۸ کیلومتر بر ساعت

فشار آب در آبیاش = ۲۷۶ کیلوپاسکال

تلفات تبخیر و باد $8/5$ درصد خواهد بود.



شکل ۱- نحوه قرار گرفتن قوطیهای اندازه گیری ارتفاع آب در اطراف آبیاشها



شکل ۲- نمودار فراست برای اندازه گیری تلفات باد و تبخیر در آبیاری بارانی

پیوست ۲ - ضرایب محاسبه افت ناشی از اصطکاک

جدول شماره ۱ - مقادیر مختلف C در فرمول هیزن ویلیامز [۴۲]

C	جنس لوله
۱۵۰	لوله پلاستیکی (۴ اینچ و بزرگتر)
۱۴۰	لوله پلاستیکی (۲ و ۳ اینچ)
۱۴۰	آزبست سیمانی
۱۳۰	آلومینیوم (قطعات ۹ متری که بایست به هم متصل می‌شوند).
۱۳۰	فولاد گالوانیزه
۱۳۰	فولاد (نو)
۱۰۰	فولاد کهنه (۱۵ ساله)

جدول شماره ۲ - ضریب کاهنده بده (F) در لوله های دارای چند خروجی [۴۲]

تعداد خروجیها	F * (آخر)	F ** (وسط)
۱	۱/۰۰	۱/۰۰
۲	۰/۶۴	۰/۵۲
۳	۰/۵۳	۰/۴۴
۴	۰/۴۹	۰/۴۱
۵	۰/۴۶	۰/۴۰
۶	۰/۴۴	۰/۳۹
۷	۰/۴۳	۰/۳۸
۸	۰/۴۲	۰/۳۸
۹	۰/۴۱	۰/۳۷
۱۰-۱۱	۰/۴۰	۰/۳۷
۱۲-۱۴	۰/۳۹	۰/۳۷
۱۵-۲۰	۰/۳۸	۰/۳۶
۲۱-۳۵	۰/۳۷	۰/۳۶
بیشتر از ۳۵	۰/۳۶	۰/۳۶

* اولین آبپاش با فاصله S1 از لوله اصلی واقع شده است.

** اولین آبپاش با فاصله $\frac{1}{2} S$ از لوله اصلی واقع شده است.

جدول شماره ۳- افت انرژی ناشی از اصطکاک J (متر در هر صد متر) * [۴۲]

بده (لیتر بر ثانیه)	اینج ۲	اینج ۳	اینج ۴	اینج ۵	بده (لیتر بر ثانیه)	اینج ۲	اینج ۳	اینج ۴	اینج ۵
۰/۶۳	۰/۴۰	۰/۰۵			۱۶/۳۸				۱/۶۵
۱/۲۶	۱/۴۴	۰/۱۸	۰/۰۴		۱۷/۶۳				۱/۸۹
۱/۸۹	۳/۰۵	۰/۳۹			۱۸/۹۰				۲/۱۵
۲/۵۲	۵/۲۰	۰/۶۶	۰/۱۵		۲۰/۱۶				۲/۴۲
۳/۱۵	۷/۸۵	۱/۰۰			۲۱/۴۲				۲/۷۱
۳/۷۸	۱۱/۰۱	۱/۴۰	۰/۳۳		۲۲/۶۸				۳/۰۱
۴/۴۱	۱۴/۶۵	۱/۸۷	۰/۴۴		۲۳/۹۴				۳/۳۳
۵/۰۴	۱۸/۷۶	۲/۳۹	۰/۵۷	۰/۱۹	۲۵/۲۰				۳/۶۶
۵/۶۷	۲۳/۳۳	۲/۹۸	۰/۷۰	۰/۲۳	۲۶/۴۶				۴/۰۱
۶/۳۰	۲۸/۳۶	۳/۶۲	۰/۸۵	۰/۲۸	۲۷/۷۲				۴/۳۷
۷/۵۶		۵/۰۷	۱/۲۰	۰/۳۹	۲۸/۹۸				۴/۷۵
۸/۸۲		۶/۷۴	۱/۵۹	۰/۵۲	۳۰/۲۴				۵/۱۴
۱۰/۰۸		۸/۶۴	۲/۴۰	۰/۶۷	۳۱/۵۰				۵/۵۴
۱۱/۳۴		۱۰/۷۴	۲/۵۴	۰/۸۳	۳۲/۷۶				۵/۹۶
۱۲/۶۰		۱۳/۰۶	۳/۰۸	۱/۰۱	۳۴/۰۲				۶/۳۹
۱۳/۸۶		۱۵/۵۸	۳/۶۸	۱/۲۱	۳۵/۲۸				۶/۸۳
۱۵/۱۲		۱۸/۳۰	۴/۳۲	۱/۴۲	۳۶/۵۴				۷/۲۹
					۳۷/۸۰				۷/۷۶

* جنس لوله آلومینیوم قابل حمل با ضخامت دیواره ۱/۲۷ میلی‌متر است. طول قطعات ۹ متر است که با بست‌هایی به هم متصل می‌شوند. (C = ۱۳۰)

جدول شماره ۴- ضریب K برای اتصالات و شیرآلات در آبیاری بارانی [۴۲]

قطر اسمی - اینچ									شیر و یا اتصالات
۱۴	۱۲	۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۳	
									زانوها فلنجی
۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۴	۹۰ درجه معمولی
۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۵	۹۰ درجه با شعاع بلند
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۴۵ درجه با شعاع بلند
									زانوهای پیچی
							۰/۷۰	۰/۸۰	۹۰ درجه معمولی
							۰/۲۳	۰/۳۰	۹۰ درجه با شعاع بلند
							۰/۲۸	۰/۳۰	۴۵ درجه معمولی
									خمها
۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۳	خم برگشتی‌های فلنجی
							۰/۷۰	۰/۸۰	خم برگشتی پیچی
									سه راهی فلنجی
۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۶	انشعاب از خط
۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۳	انتهای خط (تبدیل یک خط به دو خط)
									سه راهی پیچی
							۰/۹	۰/۹	انشعاب از خط
							۱/۱۰	۱/۲۰	انتهای خط (تبدیل یک خط به دو خط)
									شیرآلات
۵/۴	۵/۴	۵/۵	۵/۶	۵/۷	۵/۸	۶	۶/۳	۷	شیر کروی (بشقابی) فلنجی
							۵/۷	۶	شیر کروی (بشقابی) پیچی
۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷۵	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۲۱	شیر کشویی فلنجی
							۰/۲۱	۰/۱۴	شیر کشویی پیچی
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	شیر یکطرفه فلنجی
							۲	۲/۱	شیر یکطرفه پیچی
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲/۱	۲/۲	شیر زاویه‌ای فلنجی
							۱	۱/۳	شیر زاویه‌ای پیچی
۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	شیر پایاب (سوپاپ)
۰/۵۳	۰/۶۰	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۹۵	۱/۰۵	۱/۲۵	صافی سبدی

جدول شماره ۵- ضریب K برای اتصالات و شیرآلات لوله‌های پلاستیکی
و آلومینیم سیستم آبیاری [۴۲]

قطر اسمی - اینچ								شیر و یا اتصالات
۱۱	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳	۲	
				۰/۳	۰/۴	۰/۸	۱/۲	کوپلرها ABC
			۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۶	قلابی
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲				حلقه‌ای
								زانوها
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	شعاع بلند
۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	فارسی بر
								سه راهی انشعاب شیر آبگیر (بسته)
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶		انتهای خط (تبدیل یک خط به دو خط)
۰/۸	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۶	انشعاب از خط
۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۱/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۸	انتهای خط (تبدیل دو خط به یک خط)
۱/۱	۱/۱	۱/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۲/۴	
								شیرآلات
۰/۵	۰/۵	۱/۶	۰/۸	۱	۱/۱	۱/۲	۱/۲	پروانه‌ای
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	کشویی
۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۸	۲	۲/۲	یکطرفه
								هیدرانت آبگیر (همراه باز کننده)
۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۳	۱/۵	صافی
۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۸	سه راه Y شکل (شعاع بند)

منابع و مأخذ

- ۱- اداره کل توسعه روشهای آبیاری تحت فشار، ۱۳۷۷، نشریات ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار (جلد اول تا پنجم)
- ۲- تبار احمدی، ضیاء ۱۳۷۰، آبیاری بارانی، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه مازندران
- ۳- تبار احمدی، ضیاء ۱۳۷۱، آبیاری قطره ای - ترجمه فصل ۷، بخش ۱۵ دستورالعمل مهندسی ملی اداره حفاظت خاک امریکا - دانشگاه مازندران
- ۴- حسینی ابریشمی، م و علیزاده امین ۱۳۷۲، آبیاری بارانی، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی
- ۵- رحیم زادگان، رحمان ۱۳۷۲، طراحی سیستمهای آبیاری بارانی، انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان
- ۶- صحاف امین، بیوک - فرشی، علی اصغر - ۱۳۷۷، آبیاری قطره ای - اصول و مبانی طراحی شبکه آبیاری قطره ای
- ۷- عالمی، م، ح ۱۳۶۰، طراحی سیستمهای آبیاری، دانش و فن، تهران
- ۸- علیزاده، امین - خیابانی، حمید - ۱۳۶۹، آبیاری قطره ای (با لوگ و گرگلی) - ترجمه و تدوین، انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی
- ۹- علیزاده، امین - ۱۳۶۳، کیفیت آب در آبیاری، انتشارات آستان قدس، مشهد
- ۱۰- علیزاده، امین، ۱۳۷۴، اصول طراحی سیستمهای آبیاری بارانی، انتشارات دانشگاه امام رضا
- ۱۱- علیزاده، امین، ۱۳۷۶، اصول و عملیات آبیاری قطره ای، انتشارات دانشگاه امام رضا
- ۱۲- فرشی، علی اصغر - شریعتی، محمد رضا - جارالهی، رقیه - قائمی، محمد رضا - شهبابی فر، مهدی - تولایی، میرمسعود - ۱۳۷۶، برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، پژوهش و تهیه: موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی کرج جلد ۲، ۱ و ۱۶۰۰ صفحه
- ۱۳- قاسم زاده مجاوری، فرهاد - ۱۳۶۹، ارزیابی سیستمهای آبیاری مزارع - ترجمه - انتشارات آستان قدس رضوی - شرکت به نشر
- ۱۴- کیا الحسنی، رضا- ۱۳۶۲، اصول طراحی آبیاری بارانی - نشر آب و خاک - معاونت امور زیر بنایی وزارت کشاورزی.
- ۱۵- ماهر، ب - ۱۳۶۸ - راهنمای طبقه بندی اراضی برای آبیاری - نشریه ۷۷۶ موسسه تحقیقات خاک و آب - وزارت کشاورزی
- ۱۶- وفایی، فرید - فرزانه، عزت - ۱۳۷۲ - آبیاری بارانی مکانیزه - نشریه شماره ۳۵ آبیاری و زهکشی FAO - نشر آب و خاک.

- 17- Allen, R.G. 1986. A Penman for all seasons. *J. Irrig. and Drain. Engrg* 112(4): 348-368.
- 18- Allen, R.G. and C.E. Brockway, 1983. Estimating consumptive use on a statewide basis. PP. 79-89 in *Proc. 1983 irrig. And Drain Specialty Conf. at Jackson. WY. ASCE New York. NY.*
- 19- Allen, R.G. and W.O. Pruitt. 1986. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. *J. Irrig and Drain. Engrg ASCE* 112(IR2): 139-155.
- 20- Allen, R.G. and W.O. Pruitt. 1991. FAO-24 reference evapotranspiration factors, *J. Irrig and Drain. Engrg, ASCE* 117(6): 758-773.
- 21- Ayers, R.S. and D.W. Wescot, 1985, *Water quality for agriculture. 2nd Ed. FAO, Irri. And Drain. Paper No. 29.*
- 22- Christiansen, J.E. 1942. *Irrigation by Sprinkling AES. Bul. 670 UV, Berkeley.*
- 23- Christiansen. J.E. 1968. Pan evaporation and evapotranspiration from climatic data. *J. Irrig. and Drain. Div. ASCE* 94:2-265.
- 24- Cuenca, R.H., 1989, *Irrigation System design. Prentice Hall Publ. New Jersey, USA.*
- 25- Doorenbos, J., and W.O. Pruitt,. 1995. *Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24 F.A.O Rome. Italy.*
- 26- Doorenbos. J. and W.O. Pruitt,. *Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 156 p.*
- 27- Duffie. J. A. and W.A. Beckman 1980. *Solar engineering of thermal processes. John Wiley and Sons, New York. 1-109.*
- 28- Eaton. F.M., 1950, *Significance of Carbonates in irrigation waters. Soil Sci. 69: 123-133.*
- 29- Finkle, H.J. 1982. *Pipe Flow, CRC Handbook of Irrigation Technology, Boca Roton Florida Crc Press.*
- 30- Haise, H.R., Kruse, G., Payne, M. L. and H.R. Duke, 1980 *Automation of surface Irrigation. USDA Research Report No. 1790 Wash. D.C.*
- 31- Hargreaves. G.H. 1983. Discussion "Application of Penman wind function" by Cuenca. R.H. and M.J. Nicholson *J. Irrig and Drain. Engrg. ASCE* 109(2):277-278.
- 32- Hoffman, R.S., Agas, E., Dowering, E.J. and B.L. Mc Neal 1980 in *Design and Operation, from Irrigation System, ASAE Monograph 3.*
- 33- Howell, T.A., and E. A. Hiler. 1974. *Designing trickle irrigation lateral for uniformity. J. irrig. Drainage Div., ASCE Proc. Paper 10983 100(IR4):433-454.*
- 34- Howell, T.A., and E. A. Hiler. 1974. *Trickle irrigation lateral design. Trans. ASAE* 17:902-908.
- 35- Idso. S.B. and R.B. Jackson. 1969. *Thermal radiation from the atmosphere. J. Geophys. Res. 74:5397-5403.*
- 36- James, K, 1988. *Farm Irrigation System design. John wiely and sons. New York.*
- 37- Jensen. J.R. 1988. *Effect of asymmertic, daily air temperature and humidity waves on calculation of reference evapotranspiration. Proc. European Economic Community Workshop on Management of*

- Earth Resources in Cash Crops and in Alternative Production Systems. Brussels. Belg. 24-25 Nov-1988. 12 p.
- 38- Jensen. M.E. 1974 (ed). Consumptive use of water and Irrigation water requirements. Rep. Tech. Com. on Irrig. Water Requirements. Irrig. and Drain. Div-ASCE. 227 pp.
- 39- Jensen. M.E.R.D. Burman, and R.G. Allen (ed). (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No.70-Am. Soc. Civil Engrs, New York, Ny. 442 p.
- 40- Karmeli, G. Peri, M. Iodes. 1985. Irrigation Systems: Design and Operation. Oxford University Press, CAPE Town.
- 41- Keller, J, 1980, Trickle Irrigation, Chapter 7 of Section 15 in Irrigation Washington D.C. USDA, SCS, Nat. Engineering Handbook.
- 42- Keller, J. and R.D. Blisner, 1992. Sprinkler and Trickle Irrigation, Avi Book. Van Nostrand Reinhold, New York.
- 43- Keller, J, 1983, National Engineering Handbook, Section 15, Irrigation Chapter "Sprinkle Irrigation", USDA, SCS.
- 44- Liang, T. 1971. Design of conduit system by dynamic programming, J. Hydraulics Div., ASCE Proc. Paper 7988 97 (HY3):383-393.
- 45- Linford, A. "Flow Measurement and Meters". 1961. Eand F.U. Spon, KTD, London.
- 46- Marsh, A. 1982. Guidelines for Predicting Possible Permeability Problems. Irrigation Association Conf. Proceedings.
- 47- Mass, E.V. and G.Hoffman. 1977. Crop Salt tolerance, J. Irrig and Drai. Div. ASCE. 103 (IR2): 115-134.
- 48- Monteith. J. L. 1985. Evaporation from land surfaces: Progress in analysis and Prediction since 1948.pp. 4-12 in Advances in Evapotranspiration. Proceedings of the ASAE Conference on Evapotranspiration. Chicago. III. ASAE, St. Joseph. Michigan.
- 49- Pruitt, W.O. and J. Doorenbos. 1977. Background and Development of Methods to Predict Reference Crop Evapotranspiration (ET_o). Appendix II in FAO-ID-24. pp 108-119.
- 50- Rehabilitation and Management of Irrigation Projects - Matt Macdonald Course Notes 1993.
- 51- Sevruk, B. and H. Geiger, 1981, Selection of distribution types for extremes of precipitation W M O - No 500.
- 52- Shalhevel, J. 1994, Using water of marginal quality for crop production, Agri. Water Manag, 24, 233-269.
- 53- Shalhevel, J. and B. Yaron. 1973. Effect of soil and water salinity on tomato growth. Plant Sci. 39: 285-292.
- 54- Smith, M. 1993. Cropwat, A computer program for irrigation planning and management. F.A.O Irrigation and Drainage Paper No. 46. Rome. Italy.

-
- 55- Smith, M., R. Allen, J. Monteith, a. Perrier. L, Pereira, and A. Segeren. 1991. Report of the expert Consultation on Procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. UN-FAO, Rome, Italy, 54 p.
 - 56- Tng. C.J. Benard. "Hand Book of fluid flow metering". 1st Edition - 1988, Trade and Technical Press Limited.
 - 57- United State Department of Agriculture, SCS, Eng. Div. 1967 "Irrigation Water Requirement" Technical Release No. 21. U.S. Government.
 - 58- Walker, W.R., 1989. Guidelines for designing and evaluating surface Irrigation Systems. FAO Irrigation and Drainage paper No. 45. Rome.
 - 59- Watters, G.Z. and J. Keller, 1978 Trickle Irrigation tubing hydraulic, ASCE No. 78-2015.
 - 60- Williams, G.S., and A. Hazen. 1960. Hydraulic Tables. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
 - 61- Wright, J.K. and M.E. Jensen. 1972. Peak water requirements of crops in southern Idaho. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE 96(IRI): 193-201.
 - 62- Wright, J.L. 1982. New Evapotranspiration Crop Coefficients. J, of Irrig. and Drain - Div., ASCE, 108:57-74.
 - 63- Wu, I.P. 1975. Design of drip irrigation main lines. J. Irrige. Drainage Div., ASCE Proc. Paper 11803 101 (IR 4): 265:278.
 - 64- Wu, I.P. and H.M. Gitlin. 1975. Energy gradient line for drip Irrigation laterals. Tech. Notes, J. Irrig. Drainage Div., ASCE Proc. Paper 11750 101(IR4):323-326.

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Design Criteria for Pressurized Irrigation Systems

این نشریه

با عنوان ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار تهیه شده است. در این نشریه، که با هدف افزایش کیفیت مطالعه و طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار و یکنواخت نمودن نحوه انجام آن در سطح کشور تدوین گردیده، مطالبی از قبیل: مطالعات پایه، طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار، ضوابط طراحی آبیاری بارانی، موضعی و ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری تحت فشار ارائه می‌گردد.

معاونت امور اداری و مالی

دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی

ISBN 964-425-544-5



9 789644 254826